

ANNA KOKKONEN, MAIJA NYKÄNEN, PERTTI PASANEN

*Rakennustyöpaikan pölyn
leviämisen hallinta
vesisumutusmenetelmällä*

Loppuraportti



Itä-Suomen yliopisto
Ympäristötieteen laitos
Kuopio
2014

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin laboratorio- ja kenttäoloissa pisaratekniikkaan perustuvan vesisumutusmenetelmän tehokkuutta alentaa rakennustyömaiden pölypitoisuuksia ja vähentää pölyn leviämistä työmaa-alueella pölyävän työvaiheen jälkeen. Hankkeessa laadittiin myös vesisumutusmenetelmän käyttöohje ilmanpuhdistuksessa rakennustyömailla (liite 1). Tutkimus osoitti, että vesisumutus on hyödynnettävissä muita pölyntorjuntakeinoja täydentävänä menetelmänä pölyn leviämisen hallintaan. Tässä hankkeessa käsiteltäväksi rajattu vesisumutustekniikka on tarkoitettu pölyävän työvaiheen jälkeen nopeuttamaan pölyn poistumista tilasta. Se ei sovellu käytettäväksi työvaiheen aikana työntekijän altistumisen alentamiseen.

Laboratoriokokeet toteutettiin tuottamalla testihuoneeseen rakennustyöväiheid pölypitoisuustasoja jäljittelevä pitoisuus. Kenttäkokeet suoritettiin neljällä korjaustyömaalla. Kuiva- ja märkäkokeiden aikaista pölyn alenemaa verrattiin toisiinsa mittaamalla pölypitoisuuksia jatkuvatoimisesti ja suodatinnäytein. Kokeissa sähkökäyttöisellä kannettavalla sumutinlaitteistolla ilmaan tuotettu vesimäärä (sumutuksen kesto 2–4 min) oli keskimäärin 0,5 l. Laboratoriokokeissa ilman suhteellinen kosteus vesisumutuksen aikana oli keskimäärin 75 % nousten 42 % sumutuksessa, kun kenttäkohteissa ilman suhteellinen kosteus nousi hetkellisesti 15–40 % ollen korkeimmillaan 80 %. Vesisumutuksen aiheuttama kosteuskuorma oli vähäinen, pinnat eivät kastuneet kenttäkohteissa.

Laboratorio- ja kenttätulokset osoittivat, että vesisumutus tehostaa erityisesti hienojakeisemman pölyn poistamista huoneilmasta, mutta sumutuksen puhdistusvaikutus kestää vain sumutuksen ja sen laskeuman ajan. Vesisumutus tuotti puhdasta ilmaa laboratoriokokeissa keskimäärin 21 m³ litraa vettä kohden. Kenttäkohteissa puhtaan ilman tuotto oli vastaavasti 16–188 m³ ilmaa litraa vettä kohti. Puhtaan ilman tuotto riippuu tilan koosta ja ilmanvaihdosta, vaikka itse sumutusmenetelmällä se on vakio.

Vesisumutus alensi työskentelytilan pölypitoisuutta työvaiheen jälkeen. Sumutus vähensi myös selvästi pölyn leviämistä työskentelytilan ulkopuolelle muualle työmaa-alueella. Vesisumutuksen puhtaan ilman tuotto johti laboratoriokokeissa 70–81 % ja kenttäkohteissa 77–99 % pölynpoistotehokkuuteen. Hengittyvän pölyn osalta keskimääräinen pölynpoistotehokkuus oli laboratoriossa 35 %. Kenttäkokeiden vesisumutuksen pölynpoistotehokkuudet hengittyvälle pölylle vaihtelivat huomattavasti kohteissa vallinneiden erilaisten kuiva- ja märkäkokeiden olosuhteiden vuoksi. Vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus vaihteli työskentelytilassa 3,2–95 % ja työskentelytilan ulkopuolella viereisessä tilassa -12–99 %.

Vaikka vesisumutuksen puhdistusvaikutus kestää vain sumutuksen ajan, pienikin pölypitoisuuden alentaminen työskentelytilassa nopeuttaa tilan puhdistumista ja vähentää selvästi pölyn leviämistä muualle työmaa-alueelle. Sumutuksen mitoituksessa on huomioitava tilan koko ja ilmanvaihtuvuus. Kun sumutuksen puhtaan ilman tuotto on suurempi kuin tilan ilmanvaihtuvuus, pölypitoisuus alentuu yli 50 % alkuperäisestä pitoisuustasosta. Sen sijaan puhtaan ilman tuoton ollessa ilmanvaihtuvuutta pienempi, vesisumutuksen puhdistusvaikutus jää alle 50 %. Näin ollen vesisumutusmenetelmä soveltuu parhaiten pienekköihin ja osastoituihin tiloihin, joissa ilmavirtaukset ovat heikkoja. Vesisumutusmenetelmä on tarkoitettu lyhytkestoiseen viimeistelykäyttöön siten, että pinnat eivät kastu.

ESIPUHE

Vaikka rakennustyömaiden pölynhallinta on kehittynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä, pölynhallinnalle asetetut tavoitteet eivät siltikään aina täyty. Edelleen perinteisistä pölyntorjuntakeinoista huolimatta pölypitoisuudet ovat haitallisen korkeita useissa erityisen pölyisissä työvaiheissa. Lisäksi haasteellista on helposti leviävän hienojakoisen pölyn kulkeutuminen työmaan sisällä, jolloin työmaa-alueella työskentelevät vähemmän pölyävää työtä tekevät henkilöt voivat altistua myös pölyvästä työvaiheesta peräisin olevalle pölylle. Tässä Työsuojelurahaston (hankenro 112249) rahoittamassa hankkeessa tutkittiin miten muita pölyntorjuntakeinoja täydentävällä vesisumutusmenetelmällä saadaan tehostettua tilan ilmanpuhdistusta. Sumutusmenetelmä on tarkoitettu pölyisten työvaiheiden jälkeen nopeuttamaan ilmaan leijaillemaan jääneen pölyn poistumista huonetilasta parantaen samalla pölyn leviämisen hallintaa vähentämällä pölyn määrää ilmassa. Sumutusmenetelmä edesauttaa tavoitepuhtaustasojen saavuttamista myös puhtaan rakentamisen P1-hankkeissa. Raportin liitteenä (liite 1) on hankkeen tutkimustuloksiin pohjautuen vesisumutusmenetelmän käyttöohje ilmanpuhdistuksessa rakennustyömailla. Lisäksi liitteeseen 2 tuotiin esille lisäaineiden käyttöön liittyviä ohjeita ja turvallisuusseikkoja, jotka on koottu tämän hankkeen ulkopuolisista tutkimuksista ja käytänteistä. Lopuksi on kuvattu esimerkki sumutuslaitteistosta ja sen käytöstä (liite 3).

Tutkimushankkeen ohjausryhmään kuuluivat tutkijoiden lisäksi Seppo Enbom (VTT), Anne-Marie Kurka (Työsuojelurahasto), Jouko Leppänen (JVT- ja kuivausliikkeiden liitto ry), Antti Pietilä (Meranti siivouspalvelu Ky), Aaro Seppälä (ASTQ Supply House Oy) ja Arto Säämänen (Työterveyslaitos). Tutkijat kiittävät ohjausryhmän jäseniä aktiivisesta ja asiantuntevasta osallistumisesta hankkeen edistämiseen.

Tutkimusryhmä kiittää hankkeen mahdollistanutta rahoittajaa, Työsuojelurahastoa. Lisäksi tutkijat kiittävät erityisesti tutkimuskohteiden rakennusyritysten työnjohtoa ja työntekijöitä myönteisestä suhtautumisesta ja osallistumisesta tutkimukseen.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	10
2 HANKKEEN TAVOITTEET	11
3 VEDEN KÄYTTÖ PÖLYNHALLINASSA	11
3.1 MATERIAALIN KASTELU	11
3.2 VESISUMUTUS	11
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	13
4.1 LABORATORIOKOKKEET	13
4.2 KENTTÄKOHTEET	14
4.2.1 Kerrostalo	14
4.2.2 Sairaala 1	16
4.2.3 Sairaala 2	18
4.2.4 Yliopisto	18
4.3 KUIVA- JA MÄRKÄKOKKEET	22
4.4 MITTAUSMENETELMÄT	23
4.4.1 Lämpötila- ja kosteusmittaukset	23
4.4.2 Ilmanvaihdon mittaukset	23
4.4.3 Hiukkasmittaukset	24
5 TULOKSET	25
5.1 LABORATORIOKOKKEET	25
5.1.1 Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila laboratorioskokeissa	25
5.1.2 Vesisumutuksen vaikutus pölytasoihin	26
5.2 KENTTÄKOKKEET	30
5.2.1 Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila kenttäkohteissa	30
5.2.2 Ilmanvaihtuvuus	33
5.2.3 Vesisumutuksen vaikutus työtilan pölypitoisuuksiin ja pölyn leviämisen hallintaan	33
6 YHTEENVETO	39
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	40
LÄHTEET	42

LIITTEET

Liite 1	Vesisumutuksen menetelmäohje
Liite 2	Vesisumutuksen menetelmäohje: pienpisaratekniikka – lisäaineiden käyttö
Liite 3	Vesisumutuksen menetelmäohje: esimerkki sumutuslaitteistosta ja käyttöohje

1 JOHDANTO

Rakennustyöntekijöiden turvallisuus on huomioitu lainsäädännössä. Valtioneuvoston asetuksessa VNa 205/2009 rakennustyön turvallisuudesta rakennuttajan velvollisuutena on huolehtia, että rakennushanketta suunniteltaessa rakennustyön toteuttaminen otetaan huomioon siten, että työ voidaan tehdä turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijöiden terveydelle. Samassa asetuksessa todetaan, että työnantajan on tunnettava ja otettava huomioon työn suunnittelussa työpaikan turvallisuus- ja terveysvaaroja sisältävät työt ja olosuhteet. Näihin toimenpiteisiin lukeutuu muun muassa pölyn vähentäminen ja sen leviämisen estäminen (VNa 2005/2009).

Rakennustyöntekijät altistuvat erilaisille pölyille työkohteesta ja –vaiheesta riippuen. Rakennuspölystä osa on helposti leviävää hienojakoista pölyä, jota voi muodostua hetkellisesti suuria pitoisuuksia etenkin piikkaus- ja hiontatyövaiheiden aikana. Rakennustyöntekijöiden pölyaltistumisen vähentämiseksi on annettu pölynhallinnan ohjeistusta muun muassa Rakennustietosäätiön toimesta Ratu- ja RT-korteissa (Ratu 1225-S, Ratu 82-0347, Ratu 82-0381, Ratu 82-383, Ratu 82-384, RT 07-10946). Pölynhallinta toteutetaan yleisen torjuntaperiaatteen mukaisesti ensisijaisesti estämällä pölyn muodostuminen. Se tarkoittaa mahdollisimman vähän pölyä muodostavien materiaalien ja menetelmien valintaa. Jos tämä ei ole mahdollista, on pölyn leviäminen estettävä. Tällöin pöly siepataan mahdollisemman läheltä sen syntykohtaa, eikä sen anneta levitä koko työskentelyalueelle. Jos pölyn muodostumista ja leviämistä ei voida estää, sitä tulee vähentää ja leviämistä rajata. Henkilökohtaisia suojaimia käytetään silloin, kun muiden keinojen avulla työntekijöiden altistumista ei voida riittävästi vähentää.

Uudis- ja korjausrakentamisessa ilmasta on mitattu useiden pölyvien työvaiheiden aikana etenkin hengittävän pölyn ja alveolijakeisen kvartsin ohjearvojen tason ylittäviä massapitoisuuksia (Asikainen ym. 2009, Kokkonen ym. 2013). Vaikka pölyntorjuntakeinoista esimerkiksi kohdepoistojen käytön on todettu vähentävän merkittävästi työntekijöiden pölyaltistumista, altisteiden raja-arvot ylittyvät silti useissa tapauksissa (Akbar-Khanzadeh ja Brillhart 2002, Croteau ym. 2002, Croteau ym. 2004, Heitbrink ja Collingwood 2005, Akbar-Khanzadeh ym. 2007, Meeker ym. 2009, Akber-Khanzadeh ym. 2010, Kokkonen ym. 2013). Jos pölyävissä työvaiheissa ei toteuteta tarpeen mukaista pölynhallintaa, leviää hienojakoinen pöly suurelle alueelle työmaalla, jolloin vähemmän pölyävää työtä tekevät henkilöt voivat altistua myös pölyävästä työvaiheesta peräisin olevalle pölylle. Pölyn poistumista ilmasta voidaan nopeuttaa lisäämällä tilan ilmanvaihtoa, käyttämällä ilman puhdistimia tai tuottamalla tilaan puhdasta ilmaa vesisumutusmenetelmällä.

Rakennustöiden puhtausluokituksessa esitetään tavoitteet tavanomaisten työ- ja asuintilojen puhtaudelle. Tavoitteena on varmistaa, että tilat ovat puhtaat vastaanottovaiheessa eikä sisäilmaan kulkeudu rakentamisvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Asetettujen vaatimusten laajuus ja taso määräytyvät pyrittävän sisäilmastoluokan (RT 07-10946) mukaan. Sisäilmastoluokista S1 määrittää yksilöllisen sisäilmaston, S2 hyvän sisäilmaston ja S3 tyydyttävän sisäilmaston, joka täyttää lakien vähimmäisvaatimukset (RT 07-10946).

Tämän hankkeen tavoitteena oli tutkia miten vesisumutusmenetelmällä saadaan tehostettua tilan ilmanpuhdistusta lisäämällä puhtaan ilman tuottoa tilaan rakennustyöpaikoilla. Rakentamisessa sumutusmenetelmä on tarkoitettu pölyisten työvaiheiden jälkeen

tehostamaan ilmaan leijailemaan jääneen pölyn poistumista huonetilasta. Tällöin työntekijä pääsee nopeammin jatkamaan seuraavaa työvaihetta. Sumutus myös parantaa pölyn leviämisen hallintaa vähentämällä pölyn määrää ilmassa.

2 HANKKEEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää perinteisiä pölyntorjuntamenetelmiä (kuten kohdepoistot) täydentävän pölynhallintakeinon, vesisumutuksen, tehokkuus vähentää rakennustyömaan pölypitoisuuksia ja pölyn leviämistä. Tavoitteena on selvittää menetelmän käytettävyyden muiden pölynhallintakeinojen rinnalla rakentamisympäristössä pölyisten työvaiheiden yhteydessä. Rakennusyriyksille syntyy uusi menetelmätapa perinteisten pölynhallintamenetelmien rinnalle, jolla voidaan parantaa pölynhallintaa ja edistää rakennustyöntekijöiden ja muiden rakennuksissa olevien työterveyttä, kun pyritään hyvän työympäristön toteuttamiseen. Projektista saatavan tiedon perusteella tuotetaan vesisumutusmenetelmän turvalliset soveltamisohjeet rakennustyömaille.

Hankkeen osatavoitteet ovat:

- tutkia laboratorio-olosuhteissa vesisumutusmenetelmän tehokkuutta vähentää rakennuspölypitoisuuksia.
- tutkia menetelmän tehokkuutta käytännössä vähentää rakennuspölytasoja ja pölyn siirtymistä rakennustilaan ja tilan ulkopuolelle.
- selvittää menetelmän käytettävyyttä ja soveltumista rakennustyömaille.
- laatia rakennuttajalle vesisumutusmenetelmän käyttöohjeistus.

3 VEDEN KÄYTTÖ PÖLYNHALLINNASSA

3.1 MATERIAALIN KASTELU

Perinteisesti vettä on käytetty pölyhaittojen torjuntaan kastelemalla pölyävä materiaali vedellä ennen sen käsittelyä. Vapaasti juoksevan tai suihkutetun veden käytöllä on raportoitu saavutettavan alveolijakeisen pölyn ja kvartsin osalta 63–98 % pölynpoistotehokkuus kaikkein pölyisimmissä töissä, kuten hionta-, piikkaus- ja sahaustyöt (Thorpe ym. 1999, Echt ym. 2003, Yereb 2003, Brouwer ym. 2004, Echt ym. 2007, Meeker ym. 2009, Carlo ym. 2010, Tjoe ym. 2011, Akbar-Khanzadeh ym. 2007, Akbar-Khanzadeh ym. 2010). Kuitenkaan aina kastelua ei voida tehdä esimerkiksi sähköisku-, jäätymis- tai liukastumisvaaran vuoksi (Croteau ym. 2004). Tällöin pölynhallintakeinona voidaan käyttää vesisumutusta.

3.2 VESISUMUTUS

Vesisumutuksessa pölyhiukkaset kiinnittyvät pisaroihin törmäys- ja diffuusiovaikutuksesta, sekä sähköisten voimien vaikutuksesta. Näillä ilmiöillä on vaikutusta hiukkasten kasvuun ja yhteen kokoontumiseen sekä laskeutumisnopeuteen ilmasta. Vesipisaroiden puhdistusmekanismiin ja keräystehokkuuteen vaikuttaa pisaran ja pölyhiukkasen koko. Esimerkiksi diffuusioliikkeen merkitys vähenee hiukkaskoon

kasvaessa. Täten agglomeraatio (hiukkasten törmääminen ja takertuminen toisiinsa) muodostuu merkittävämmäksi hiukkasen kasvumekanismiksi suuremmilla (<5 µm) hiukkasilla. Toisaalta suuremmilla hiukkasilla on myös enemmän pinta-alaa, johon pienempien hiukkasten on todennäköisempää tarttua. Puhdistumiseen vaikuttaa merkittävästi myös hiukkasen ja pisaran välinen liikenopeusero (Enbom ym. 1996). Vesisumutuksessa toisiinsa kiinnittyneet pölyhiukkanen ja sumupisara muodostavat suurempia, laskeutuvia hiukkasia (Säämänen ym. 2004). Tällöin hiukkasten lukumääräpitoisuus alenee, mutta yksittäisten hiukkasten massa kasvaa.

Vesisumutusmenetelmän puhdistusvaikutus puhtaan ilman tuottona ilmaistuna on itse menetelmällä vakio, mutta se riippuu erityisesti tilan koosta ja ilmanvaihdosta. Tilan koko vaikuttaa vesisumutuksen puhdistusvaikutukseen siten, että pienemmässä tilassa pölypitoisuuden alenema on suurempi kuin isommassa tilassa. Mitoituksessa on huomioitava, että vesisumutuksen puhtaan ilman tuotto on riittävä suhteessa tilan ilmanvaihtoon. Esimerkiksi 50 % puhdistuma saavutetaan, kun sumutuksen puhtaan ilman tuotto on yhtä suuri kuin tilan ilman vaihtuvuus. Jos tilan ilmanvaihto on suurempi kuin sumutuksen puhtaan ilman tuotto, puhdistuma on <50 %. Ilmanvaihtoa suuremmalla puhtaan ilman tuotolla saavutetaan puolestaan >50 % puhdistusvaikutus. Vesisumutuksen käytössä on kuitenkin huomioitava, että se on muita pölyntorjuntakeinoja täydentävä menetelmä tilan ilmanpuhdistukseen. Menetelmä ei korvaa esimerkiksi korjausrakentamisessa ja vahinkosaneerauksessa edellytettävän hallitun alipaineistuksen aiheuttavaa ilmanvaihtoa, mikä johtaa jo itsessään pölypitoisuuden laimentumiseen ilmassa. Mikäli vesisumutus ei tuota merkittävästi puhdasta ilmaa alipaineistetuissa tiloissa, ei vesisumutuksesta ole alipaineistuksen vastaavaa hyötyä. Vesisumutus soveltuu parhaiten tiloihin, joissa on pieni ilmanvaihtuvuus ja tilat eivät ole kovinkaan avaria.

Teollisuudessa vesisumutusmenetelmä on yleisesti käytössä sitomaan hienojakoista pölyä ilmasta. Rakennustyömailla sumutusmenetelmää voidaan hyödyntää pölyävän työvaiheen jälkeen tilan nopeampaan ilman puhdistukseen ennen seuraavaan työvaiheeseen etenemistä. Vesisumutekniikka soveltuu hyvin myös tilojen viimeistelyyn loppusiivouksen ensimmäisessä vaiheessa ennen toimintakokeita nopeuttaen tilojen käyttöönottoa. Käytännössä rakennustyömaalla vesisumutus toteutetaan sumuttamalla hienojakoista vesiaerosolia sähkökäyttöisellä kannettavalla sumuttimella, jonka jälkeen vesipisarat ja pöly muodostavat suurempia hiukkasia ja laskeutuvat alas (Seppälä 2011). Tämän jälkeen laskeutunut pöly on siivottavissa pinnoilta. Siivous kohdistuu vapaisiin pintoihin kuten lattia- ja tasopintoihin, kalusteisiin, kosketuspintoihin, pystysuoriin pintoihin sekä kattopintoihin. Puhdistusmenetelmän (kuiva, nihkeä, kostea, märkä, pesu) valinnassa huomioidaan pintamateriaali. Esimerkiksi lattianpinnat voidaan puhdistaa lastalla, imurilla tai mopilla. Imuroinnissa käytetään keskuspölynimuria tai M tai H- luokiteltua rakennusimuria. Kovat ja sileät pinnat puhdistetaan nihkeäpyyhinnällä mikrokuituisilla mopeilla ja liinoilla. Vesisumutusmenetelmän etuna on pienemmän vesimäärän käyttö vapaana virtaavan veden käyttöön verrattuna, ja siten kuivuminen ja siivoaminen ovat selvästi nopeampaa.

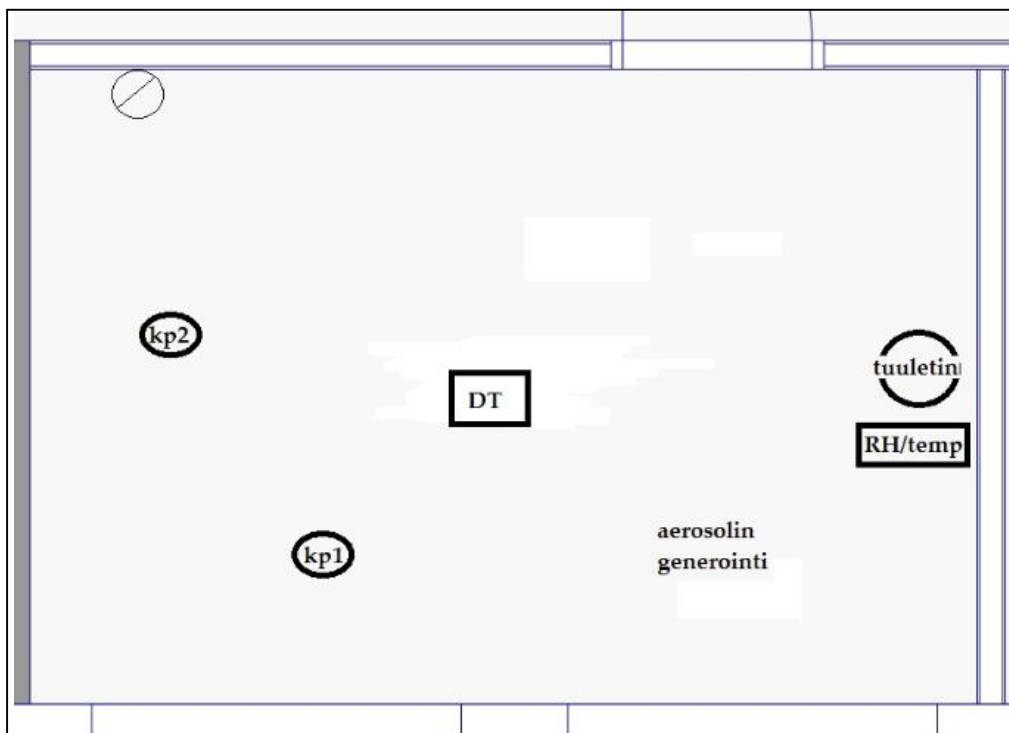
Tähän mennessä vesisumutusmenetelmän tehokkuutta alentaa rakennuspölypitoisuuksia on selvitetty muutamissa tutkimuksissa, pääasiassa vain laboratoriokokeina. Organiscakin ja Leonin (1994) tutkimuksessa vesisumutuksella saavutettiin jopa 92–94 % pölyn väheneminen testikammiossa, johon tuotettiin pölyä keinotekoisesti. Beamer ym. (2005) mukaan tiilien leikkaustyössä ilman pölynhallintaa hiukkasten lukumäärä oli $1,8 \times 10^6$ hiukkasta ja tehokkaimmalla sumutusvirtauksella $3,2 \times 10^5$ hiukkasta, mikä johti 79 %

pölynpoistotehokkuuteen. Näissä tutkimuksissa vesisumutusjärjestelmä asennettiin kiinteästi testikammioihin, eikä menetelmän soveltuvuutta selvitetty kenttäkokeissa.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 LABORATORIOKOKKEET

Laboratoriokokeet toteutettiin testihuoneessa, jonka pinta-ala oli 10 m² ja tilavuus 27 m³. Huoneeseen tuotettiin rakennustyövaiheiden pitoisuustasoja ja hiukkasten kokojakaumaa jäljittelevä pölypitoisuus harjageneraattorilla (Palas RBG 1000). Harjageneroinnilla saadaan tuotettua 0,1-100 µm kokoisia hiukkasia. Aineksena käytettiin rakennustyömaalta kerättyä lattiatasoitteenhiontapölyä. Huoneilma sekoitettiin tuulettimella kaikkien kokeiden ajan.



Kuva 1. Testihuoneen pohjapiirros. DT = hiukkasmittauslaite, kp1 ja kp2 = hengittävän pölyn kiinteät mittauspisteet, RH/temp = ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauspiste.



Kuva 2. Testihuone.

4.2 KENTTÄKOhteET

4.2.1 Kerrostalo

Tutkimuskohde oli kerrostalon korjaustyömaa. Kohteessa tehtiin kaksi mittausarjaa, joiden kokotiedot ovat esillä taulukossa 1. Mittauksessa 1 tutkimustilat oli osastoitu muusta työmaa-alueesta oviaukkoihin asennettujen muovikalvojen ja rimojen avulla. Sen sijaan mittauksessa 2 tiloja ei erotettu muusta korjausalueesta. Mittauksessa 1 työtilassa oli käytössä yksi ikkuna-aukkoon asennettu poistoimuri (malli ei tiedossa). Lisäksi tiloja tuuletettiin pitämällä ikkunoita auki. Mittauksessa 2 työskentelytilan läheisyydessä ei ollut lainkaan alipaineistajaa, eikä käytössä ollut tehostettua tuuletusta.

Taulukko 1. Kerrostalokohteen työskentelytilojen pinta-alat ja tilavuudet.

Koe	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)
Mittaus 1		
kuivakoe	50	175
märkäkoe	50	175
Mittaus 2*		
kuivakoe	10	35
märkäkoe	11	37

* Kuivakokeen hiontilassa kaksi avonaista oviaukkoa muuhun tilaan, märkäkokeessa vastaavasti yksi oviaukko.

Mittauksen 1 aikaan kohteessa suoritettiin hissikuilun purkua purkurobotin (Brokk 90) avulla (Kuva 3). Purkujäte tiputettiin hissikuilun pohjalle kellarikerrokseen. Mittauksessa 2 tutkimustiloissa tehtiin lattian hiontaa kohdepoistolla (Pullman Ermator S26) varustetulla työnnettävällä hiomakoneella (malli ei tiedossa) (Kuva 4). Mittausvälineet sijoitettiin mittauksessa 1 purkupisteen läheisyyteen ja työskentelytilan laidalle. Mittauksessa 2 mittalaitteet sijaitsivat työskentelytilassa ja sen ulkopuolella.



Kuva 3. Hissikuilun purkua (mittaus 1) purkurobotilla kerrostalokohteessa. Kuvan oikeassa alareunassa hiukkasmittalaitteet.

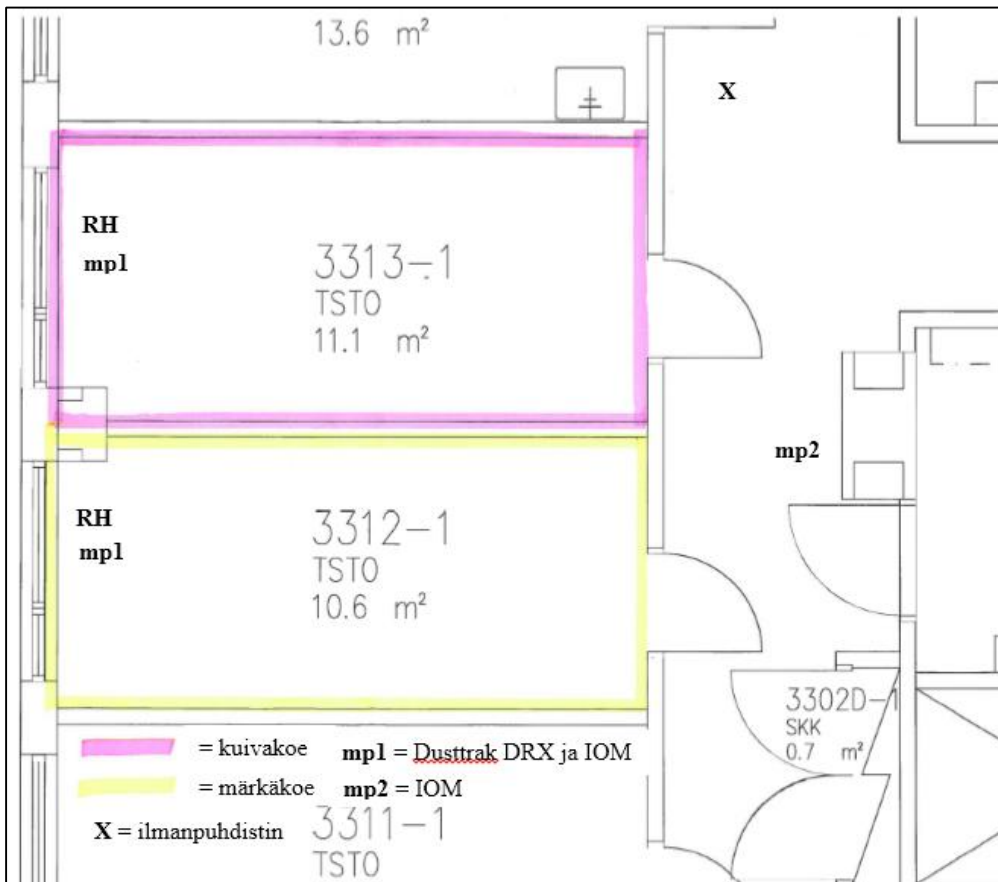


Kuva 4. Lattian hionta (mittaus 2) kerrostalokohteessa taka-alalla olevassa huoneessa.

4.2.2 Sairaala 1

Tutkimuskohteen korjattavat tilat olivat osa toiminnassa olevaa osastoa. Osastoa ympäröivät käytävät, joilla oli henkilö- ja potilasliikennettä. Korjausalue oli lohkottu muusta osastosta suojaseinin. Tutkimus suoritettiin kahdessa toimistohuoneessa, joiden pinta-alat olivat 11 m² ja tilavuudet 29 ja 30 m³ (Kuva 5). Kohteessa tehtiin mittausten aikaan lattian hiontaa käsihiomalaitteella (Hilti DG 150) kohdepoistoa (Pullman Ermator S26) käyttäen (Kuva 6). Mittausvälineet sijoitettiin korjausalueella työskentelytilaan ja sen ulkopuolelle.

Työmaalla oli normaalisti käytössä kaksi poistoimuria (Onnline Type KVFU-250A) alipaineen tuottamiseksi, mutta tutkimuksen ajan toinen tutkittavassa tilassa sijainneista alipaineistajista oli pois päältä. Lisäksi työmaalla oli käytössä yksi ilmanpuhdistin (Pullman Ermator a2000). Korjausalueen ilmanvaihtoa ei voitu sulkea, sillä ilmanvaihtojärjestelmä kattoi korjausalueen viereiset tilat. Ilmanvaihtokanavien päät oli tulpattu kiinni.

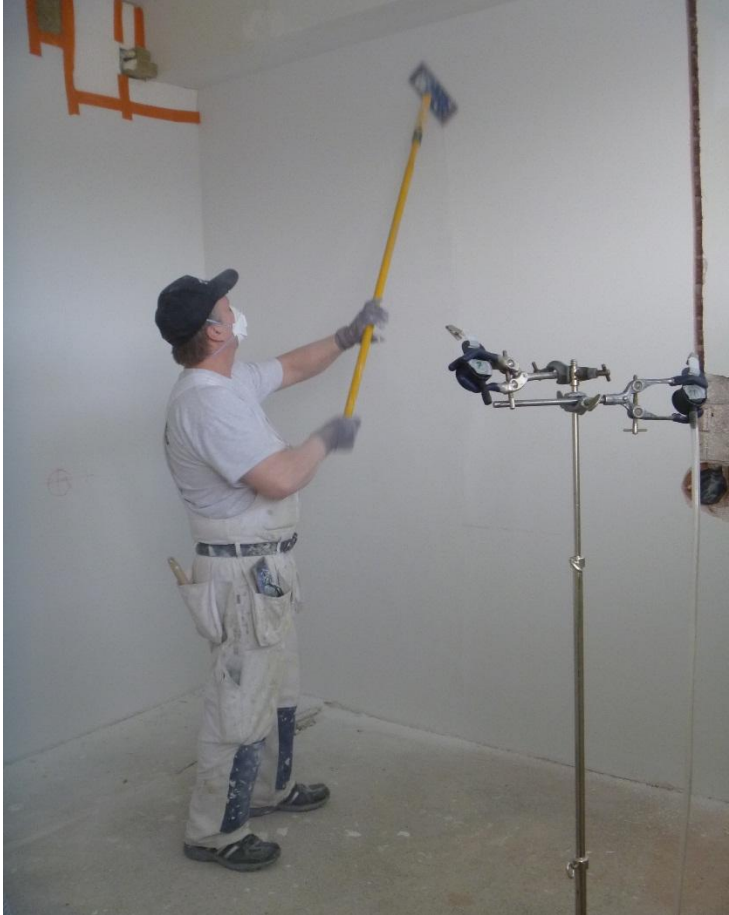


Kuva 5. Sairaaloikeuden 1 pohjapiirros.



Kuva 6. Sairaalan 1 mittaukset. Ikkunan vieressä hiukkasmittalaitteet.

Kohteessa tehtiin tutkimuksen aikaan lattian hiontaa kohdepoistolla (Dust logistics ME2800) varustetulla työnnettävällä hiomakoneella (Columbus) ja seinätasoitteen hiontaa ilman kohdepoistoa (Kuva 8). Mittausvälineet sijoitettiin korjausalueella työskentelytilaan ja sen ulkopuolelle.



Kuva 8. Seinätasoitteen hiontaa sairaalakohteessa 2.



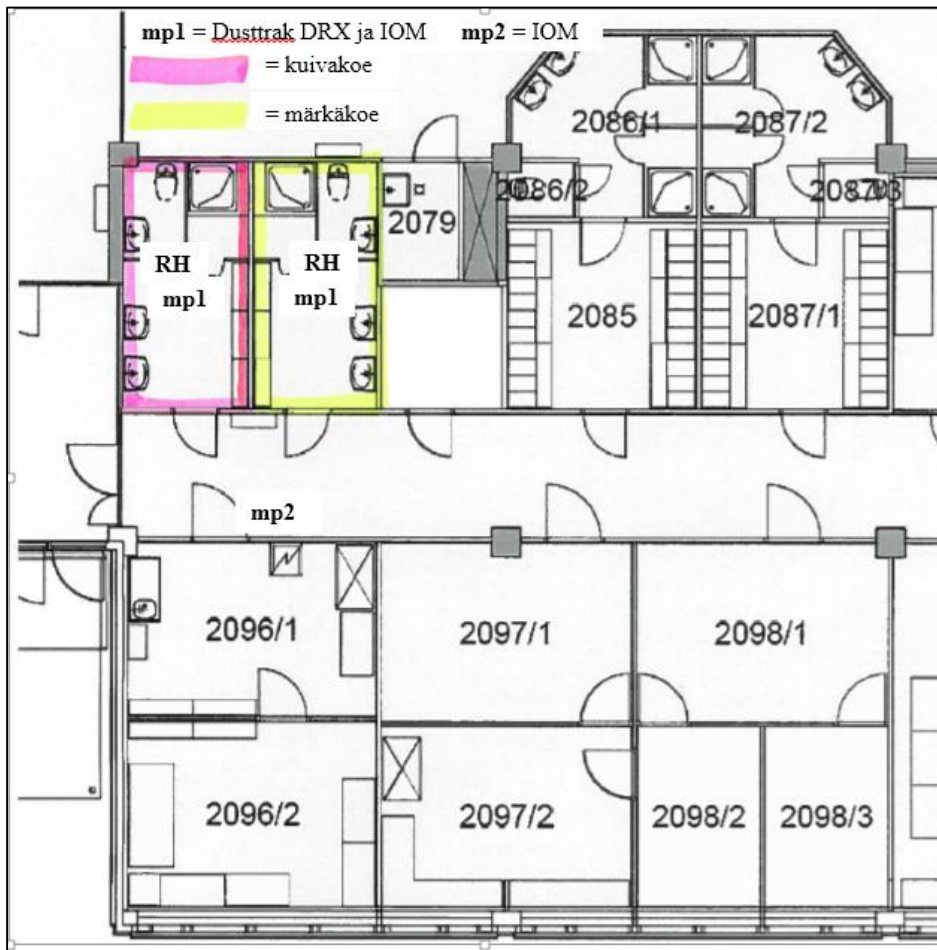
Kuva 9. Vesisumutus sairaalan 2 tutkimustilassa.

4.2.4 Yliopisto

Korjaustyömaa rajoittui kahden porraskäytävän väliin sisältäen opetustiloja ja käytäviä. Korjausaluetta ympäröivät toiminnassa olevat toimisto- ja opetustilat. Osastoinnissa käytettiin olemassa olevia seinärakenteita. Kerroksen ja porrashuoneiden välillä oli palo-ovet, joilla alue oli osastoitu muista tiloista. Sisäänkäynnin yhteydessä olevassa porraskäytävässä oli lisäksi sulkutila. Korjausalueen laajuus oli kokonaisuudestaan 630 m^2 ja tilavuus 1870 m^3 . Tutkimus suoritettiin kahdessa samanlaisessa huoneessa, joiden pinta-alat olivat 10 m^2 ja tilavuudet 30 m^3 (Kuva 10).

Työmaalla oli käytössä yksi poistoimuri (Vortex Heylo Drieaz) alipaineen tuottamiseksi. Puhallin oli sijoitettu keskelle saneerausaluetta ikkuna-aukkoon. Korjausalueen ilmanvaihtoa ei voitu sulkea, sillä ilmanvaihtojärjestelmä kattoi korjausalueen viereiset tilat. Ilmanvaihtokanavien päät oli tulpattu kiinni.

Mittausten aikaan tutkimustiloissa tehtiin lattian hiontaa kohdepoistolla (Pullman Ermator S24) varustetulla käsihiomalaitteella (Hilti DG 150) (Kuva 11). Mittausvälineet sijoitettiin korjausalueella työskentelytiloihin ja niiden ulkopuolelle.



Kuva 10. Yliopistokohteen pohjapiirros.



Kuva 11. Lattian hiontaa yliopistokohteessa.

4.3 KUIVA- JA MÄRKÄKOKKEET

Tutkimus suoritettiin kuiva- ja märkäkokeiden vertailupareina. Vesisumu (pisarakoko 10–80 μm) tuotettiin sähkökäyttöisellä kannettavalla sumuttimella (MicroJet Fogger, 600 W). Märkäkokeissa käytettiin tislattua vettä. Laboratoriossa (Taulukko 2) toteutetut koesarjat tehtiin 3. märkääkoetta lukuun ottamatta kolmena toistona. Yhdessä koesarjassa käytettiin veden pintajännitystä alentavaa tensidiä (Alifaattinen C8-C14-alkoksyylaatti, kauppanimi MCF PP-Agentti). Käytetty liuos oli 0,1 %.

Taulukko 2. Laboratoriotestien koesarjat.

Koe	Vesisumutuksen kesto (min)	Sumutuksen tilavuusvirta (dl/min)
Kuivakoe 1 (n=3)	-	-
Märkäkoe 1 (n=3)	2	2,3
Tensidikoe 1 (n=3)	2	1,9
Kuivakoe 2 (n=3)	*	-
Märkäkoe 2 (n=3)	2	2,0
Märkäkoe 3 (n=2)	4	2,3

* *Kuivakokeessa 2 käytettiin sumutuslaitteiston puhallusta päällä vastaavasti kuin märkäkokeessa 2 samankaltaisen ilman sekoittumisen saavuttamiseksi.*

Kenttäkohteiden märkäkokeiden sumutusajat ja veden tilavuusvirrat ovat esillä taulukossa 3.

Taulukko 3. Kenttäkohteiden märkäkokeet.

Koe	Vesisumutuksen kesto (min)	Sumutuksen tilavuusvirta (dl/min)
Kerrostalo		
mittaus 1	4	1,7
mittaus 2	2	2,1
Sairaala 1	2	2,0
Sairaala 2	4	2,4
Yliopisto	2	1,0

4.4 MITTAUSMENETELMÄT

4.4.1 Lämpötila- ja kosteusmittaukset

Vesisumun käytön materiaaleja kostuttava vaikutus arvioitiin käytetyn veden määrän ja mitatun suhteellisen kosteuden (Hobo U12-013) avulla. Työskentelytilan lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin jatkuvatoimisesti 10–30 sekunnin välein.

4.4.2 Ilmanvaihdon mittaukset

Laboratoriokokeissa tilan ilmanvaihto mitattiin merkkiaineen alenemamenetelmällä. Merkkiaineena käytettiin fluorihilivetyä R134a (1,1,1,2-tetrafluorietaani), jonka pitoisuus analysoitiin fotoakustisella infrapuna-analysaattorilla (INNOVA 1412 Photoacoustic field gas –monitori ja INNOVA 1303 Multipoint Sampler and Doser –näytteenkeräysyksikkö). Testihuoneen ilmanvaihtokertoimeksi todennettiin 0,2–0,4 1/h.

Kenttäkohteissa tilan ilmanvaihto arvioitiin märkäkokeiden ilman suhteellisen kosteuden alenemasta.

4.4.3 Hiukkasmittaukset

Laboratorio- ja kenttäkokeissa työskentelytilan pölyn massapitoisuutta [mg/m^3] ja sen ajallista vaihtelua seurattiin jatkuvatoimisella hiukkasmittarilla (TSI DustTrak 8533), joka mittaa halkaisijaltaan 0,1-15 μm hiukkasia (PM_{15}). Näytevirtaan liitettiin diffuusikuivain (TSI Diffusion Dryer 3062) vesisumutuksen aiheuttaman optisen mittausvirheen minimoimiseksi.

Sekä laboratorio että kenttäkokeissa mitattiin ilmasta hengittyvän pölyn pitoisuuksia työskentelytilan pitoisuuden selvittämiseksi. Näytteet otettiin IOM-keräimillä selluloosa-asettaattisuodattimille ja analysoitiin gravimetrisesti. Laboratoriossa näytteet kerättiin kahdesta kiinteästä mittauspisteestä (a ja b) sekä pölyn tuoton aikana että pölyn tuoton päättymisen jälkeen (pölyn alenema). Pölyn aleneman aikaan näytteet otettiin neljästä eri aikapisteestä (Taulukko 4). Kenttäkohteissa näytteet kerättiin kiinteästä mittaustaikasta työskentelytilasta sekä sen ulkopuolelta korjausalueelta pölyn leviämisen selvittämiseksi.

Taulukko 4. Hengittyvän pölyn mittauksen aikapisteet laboratoriokokeissa.

Koe	Pölyn aleneman aikapisteet (min)
Kuivakoe 1	3–6, 8–13, 18–23, 30–40
Märkäkoe 1	
Tensidikoe 1	
Kuivakoe 2	10–13, 15–20, 25–30, 37–47
Märkäkoe 2	
Märkäkoe 3	

Vesisumutuksen tehokkuus alentaa pölypitoisuuksia (PM_{15}) määritettiin sen tuottaman puhtaan ilman määrällä ($\text{CADR} = \text{Clean Air Delivery Rate}$, [l/s]) yhtälöllä

$$\text{CADR} = V(k_e - k_n) * 1000/3600, \quad (1)$$

missä V = testihuoneen tilavuus [m^3], k_e = pölypitoisuuden alenema [$1/\text{h}$] ja k_n = tyhjän huoneen pölypitoisuuden alenema [$1/\text{h}$] (Hak-Joon ym. 2012). Tulokset suhteutettiin käytettyyn vesimäärään, jolloin puhtaan ilman tuotto esitettiin kuutiometrillä ilmaa litraa vettä kohti.

Vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus määritettiin PM_{15} -jakeelle vertaamalla kuiva- ja märkäkokeiden pölyn alenemia toisiinsa. Hengittyvän pölyn osalta sumutuksen pölynpoistotehokkuus laskettiin kaavalla

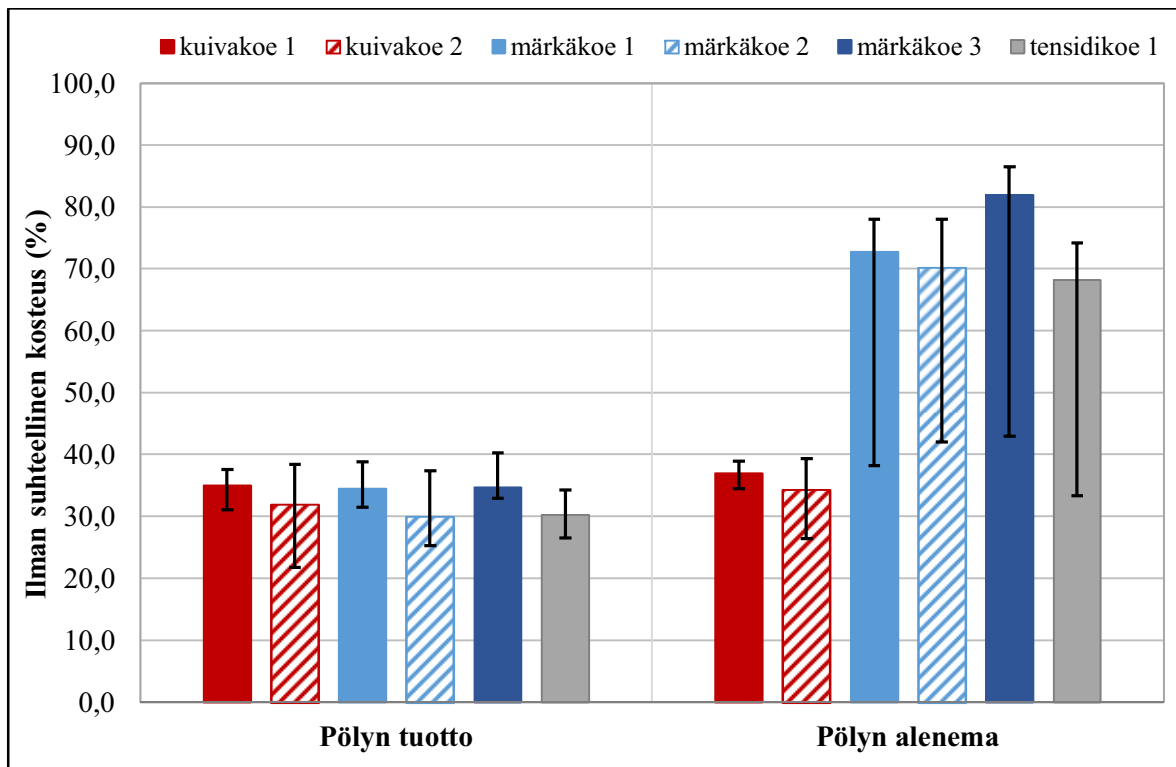
$$\text{Pölynpoistotehokkuus (\%)} = \frac{\left(\frac{\text{kuivakoe alenema}}{\text{kuivakoe pölyn tuotto}}\right) - \left(\frac{\text{märkäkoe alenema}}{\text{märkäkoe pölyn tuotto}}\right)}{\left(\frac{\text{kuivakoe alenema}}{\text{kuivakoe pölyn tuotto}}\right)}, \quad (2)$$

5 TULOKSET

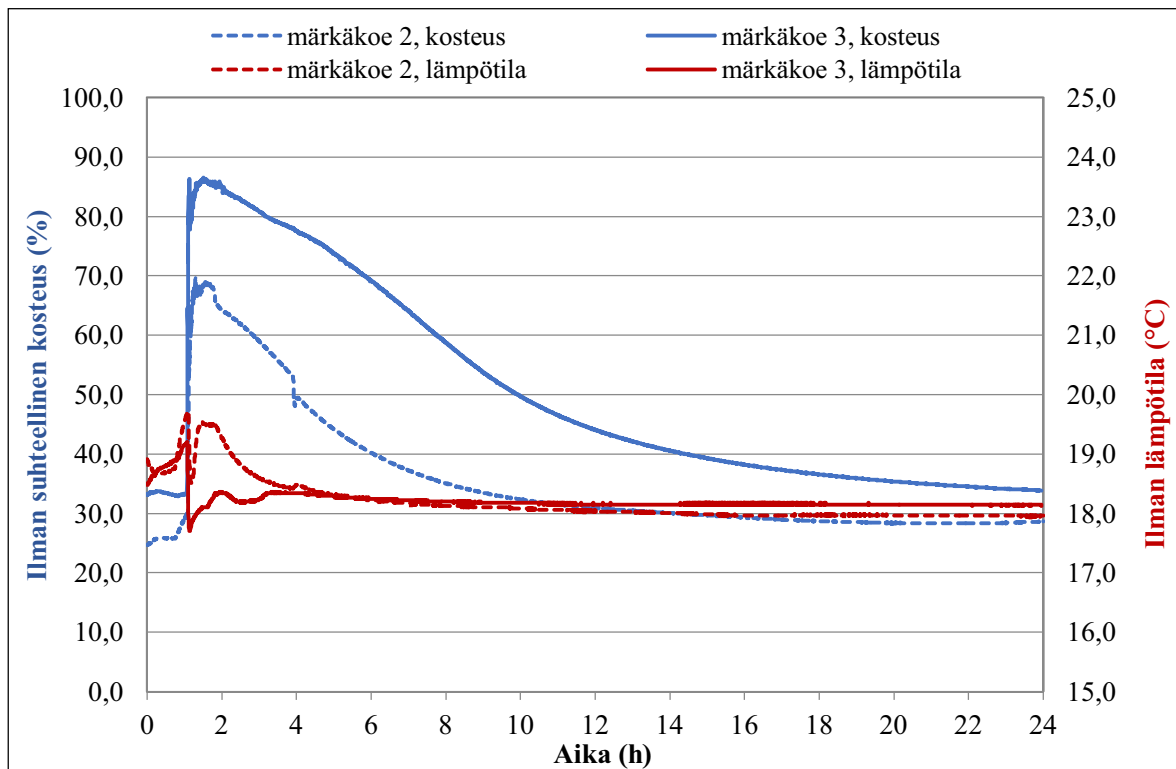
5.1 LABORATORIOKOKKEET

5.1.1 Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila laboratorioskokeissa

Vesisumutuksessa ilmaan syötetty veden määrä oli 1. märkäkokeessa keskimäärin 4,5 dl (4,2–5,8 dl), 2. märkäkokeessa 3,9 dl (3,4–4,2 dl), 3. märkäkokeessa 9,2 dl (8,8–9,6 dl) ja tensidikokeessa 3,8 dl (3,6–4,0 dl). Ilman suhteellinen kosteus (Kuva 12) nousi vesisumutuksen jälkeen 1. märkäkokeessa keskimäärin 38 %, 2. märkäkokeessa 40 %, 3. märkäkokeessa 47 % ja tensidikokeessa 38 %. Korkeimmillaan ilman suhteellinen kosteus oli 3. märkäkokeessa 87 %, missä sumutusaika oli neljä minuuttia. Kokeissa 1 ja 2 vaakapinnat eivät kastuneet, mutta kokeen 3 sumutuksen jälkeen pinnat jäivät märäksi näytteenoton loppuun saakka (50 min). Suhteellinen kosteus aleni lähtötasolleen noin puolessa vuorokaudessa (Kuva 13).



Kuva 12. Ilman suhteellinen kosteus pölyn tuoton aikana sekä pölypitoisuuksien alentuessa laboratorioskokeissa. Märkäkokeiden vesisumutukset suoritettiin pölyn tuoton lopettamisen jälkeen.

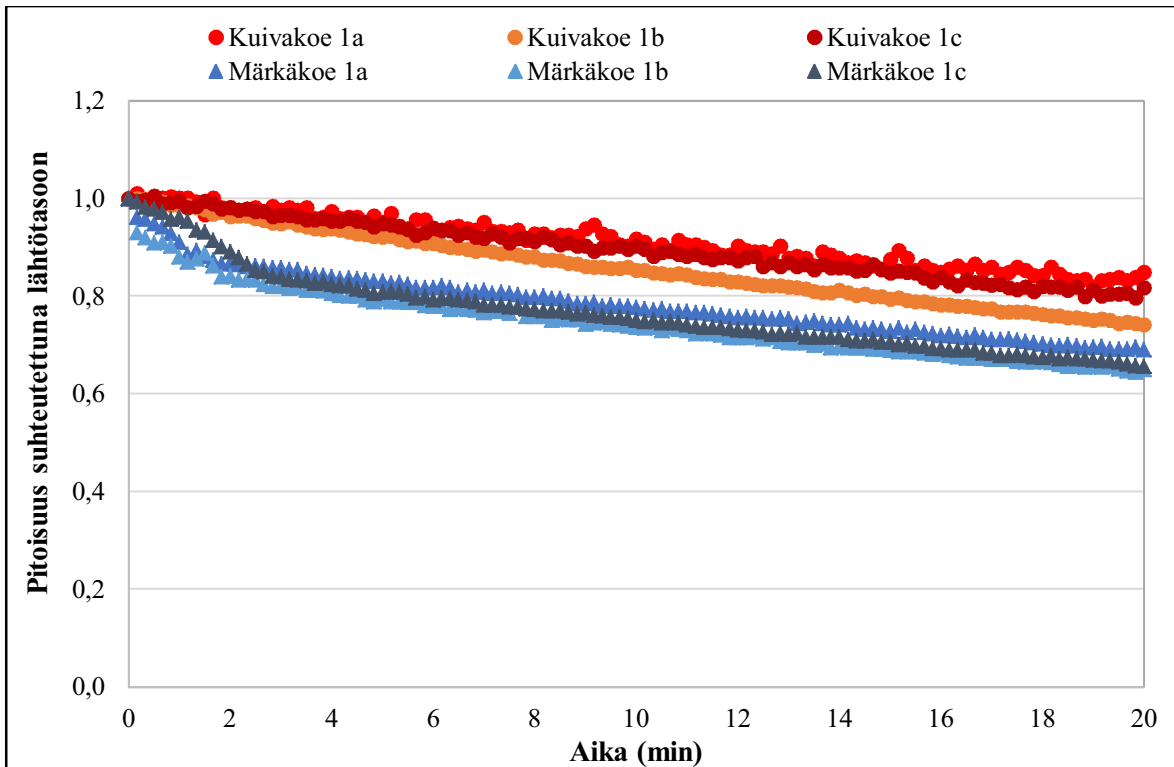


Kuva 13. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila märkäkokeessa 2 (sumutus 2 min) ja 3 (sumutus 4 min).

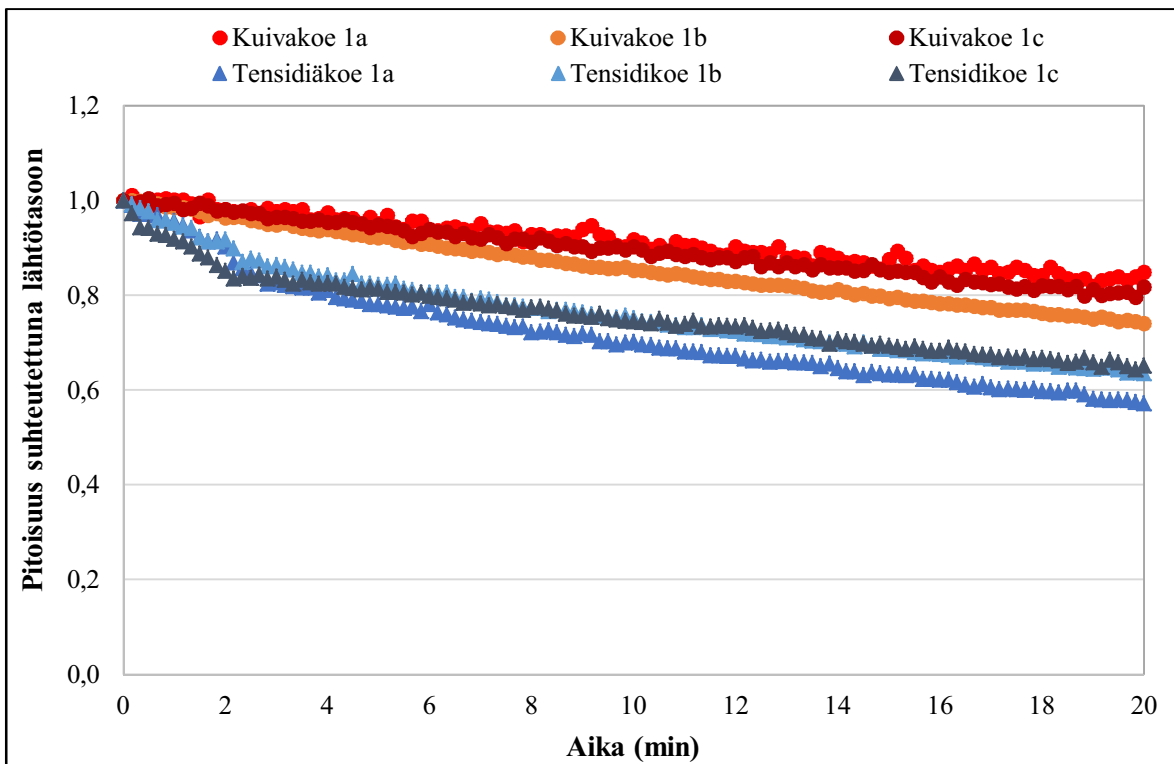
Ilman lämpötila oli kuivakokeissa keskimäärin 19,4 °C pölyn tuoton aikana ja 19,7 °C pölyn aleneman aikaan. Märkäkokeissa ilman lämpötilat olivat vastaavasti 19,3 °C ja 19,1 °C.

5.1.2 Vesisumutuksen vaikutus pölytasoihin

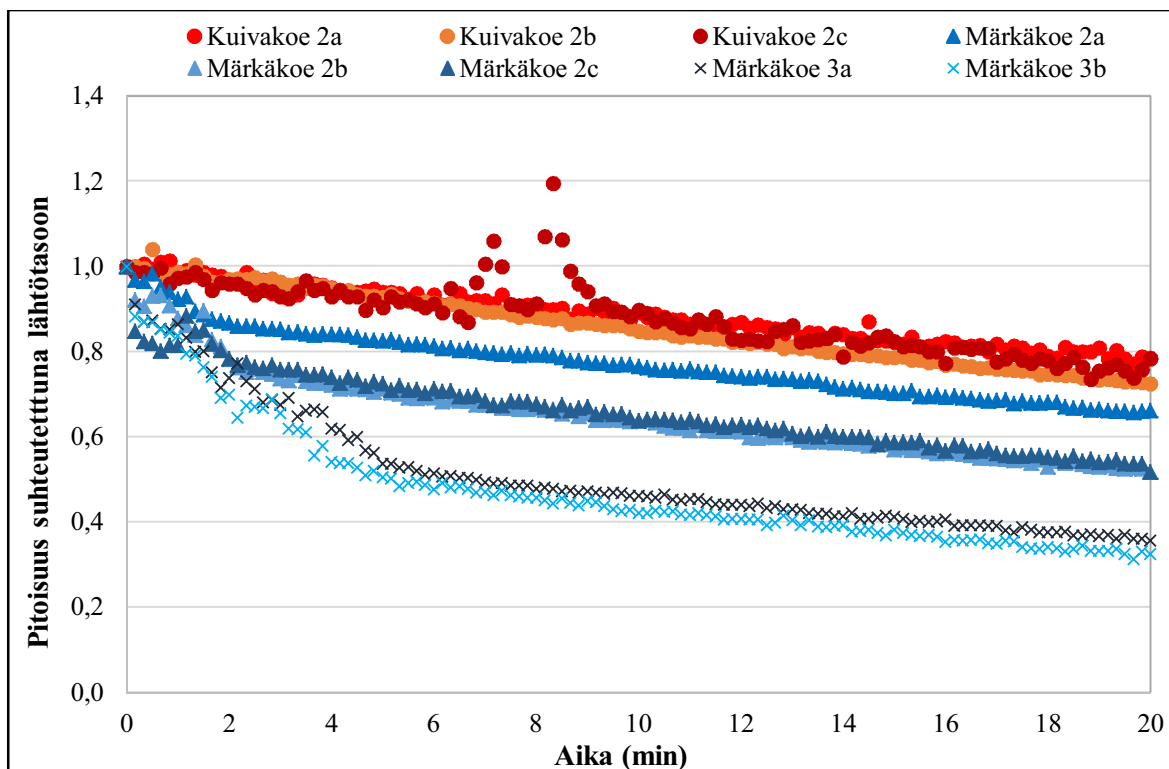
Kuiva-, märkä- ja tensidikokeiden pölypitoisuuden logaritmiset alenemat suhteutettuna lähtöpitoisuuteen ovat esille kuvissa 14–16. Kuvat osoittavat, että vesisumutuksen puhdistusvaikutus kestää vain sumutuksen ja sen laskeuman ajan. Sumutuksen jälkeen pölyn alenema on sama kuin kuivakokeissa havaittu luonnollinen puhdistuma hiukkasten laskeuman vaikutuksesta. Huomioiden hiukkasten laskeuman vaikutus, vesisumutus alensi pölypitoisuutta lähtötilanteesta kahden minuutin sumutuksella keskimäärin 30 %, kun neljän minuutin sumutuksella puhdistuma oli 50 %. Tensidejä käytettäessä puhdistuma oli sama kuin pelkällä vedellä.



Kuva 14. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen ensimmäisessä kuiva- ja märkäkoesarjassa. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.



Kuva 15. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen ensimmäisessä kuiva- ja tensidikoesarjassa. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.



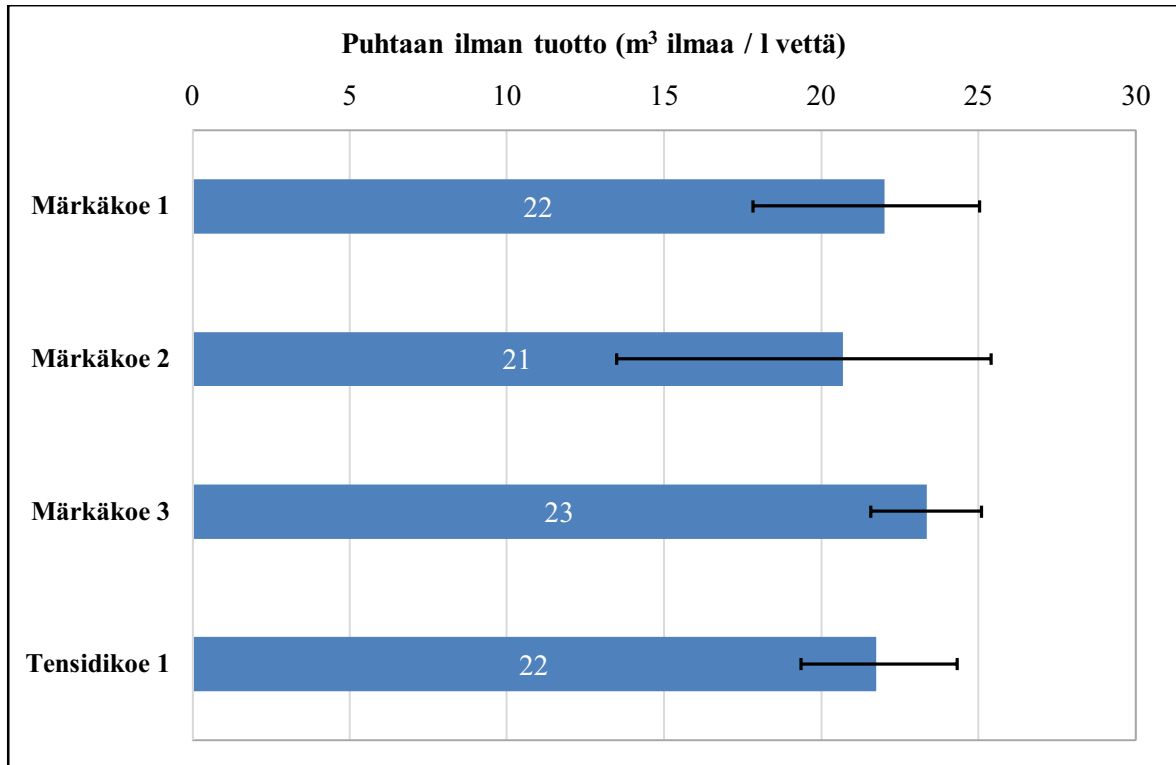
Kuva 16. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen toisessa ja kolmannessa kuiva- ja märkäkoesarjassa. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.

Märkäkokeen puhtaan ilman tuotto $0,1-15 \mu\text{m}$ hiukkasille hiukkaslaskeuman puhdistusvaikutukseen verrattuna oli ensimmäisessä testissä viisinkertainen ja toisessa kolminkertainen, kun sumutusaika oli kaksi minuuttia (Taulukko 5). Neljän minuutin sumutuksella ero oli viisinkertainen. Vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus oli märkäkokeissa 70–81 % ja tensidikokeessa 78 %. Laskennassa on huomioitu tilan ilmanvaihto.

Taulukko 5. PM_{15} -jakeen alenema ja puhtaan ilman tuotto sekä vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus laboratoriokeissa.

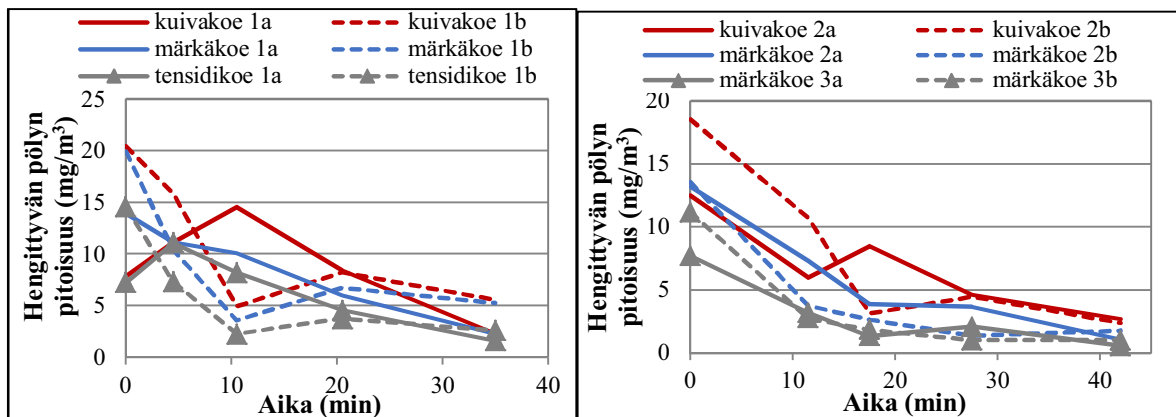
Koe	Pölypitoisuuden alenema (1/h)	Puhtaan ilman tuotto (l/s)	Pölynpoistotehokkuus (%)
Kuivakoe 1	2,0 (1,3–3,0)	15 (9,7–23)	
Märkäkoe 1	11 (10–12)	81 (77–88)	81
Tensidikoe 1	9,2 (8,2–11)	69 (61–81)	78
Kuivakoe 2	2,6 (2,2–2,8)	19 (17–21)	
Märkäkoe 2	8,6 (5,1–11)	64 (38–91)	70
Märkäkoe 3	12 (12–12)	90 (86–93)	78

Märkäkokeiden puhtaan ilman tuoton tulokset suhteutettiin sumutettuun vesimäärään (Kuva 17), jolloin vesisumutuksen puhtaan ilman tuotoksi saatiin kaikissa märkäkokeissa keskimäärin 21 m^3 ilmaa / 1 vettä. Tensidiä sisältäneen sumutuksen puhtaan ilman tuotto oli keskimäärin 22 m^3 ilmaa / 1 vettä, kun vastaavassa pelkkää vettä sisältäneessä märkäkokeessa 1 saavutettiin sama puhdistusvaikutus.



Kuva 17. Laboratoriokokeiden puhtaan ilman tuotto suhteutettuna käytettyyn vesimäärään.

Hengittävän pölyn pitoisuudet kuiva- ja märkäkokeissa ovat esillä kuvassa 18. Pitoisuuksien aleneminen vaihteli eri mittauspisteiden ja kokeiden välillä, mutta erot eivät olleet kovinkaan selviä. Pölypitoisuuden todellinen alenema (tilan ilmanvaihto huomioitu tuloksissa) oli kuivakokeissa keskimäärin 2,0 1/h, märkäkokeissa 2,6 1/h ja tensidikokeissa 2,5 1/h (Taulukko 6). Hengittävälle pölylle pölypitoisuuden alenemista laskettu vesisumutuksen keskimääräinen pölynpoistotehokkuus oli märkäkoesarjoissa 12–28 %. Tensidiä sisältäneen sumutuksen pölynpoistotehokkuus oli 24 % kun vastaavassa kokeessa ilman tensidiä tehokkuus oli 12 %.



Kuva 18. Hengittävän pölyn keskimääräiset pitoisuudet kuiva-, märkä- ja tensidikokeissa. Eri mittauspisteet merkitty tunnuksilla a ja b.

Taulukko 6. Hengittyvän pölyn alenema kuiva-, märkä- ja tensidikokeissa, sekä sumutuksen keskimääräinen pölynpoistotehokkuus.

Koe	Pölyn alenema (1/h)	Pölynpoisto- tehokkuus (%)
Kuivakoe 1	1,9	
Märkäkoe 1	2,1	12
Tensidikoe 1	2,5	24
Kuivakoe 2	2,2	
Märkäkoe 2	2,8	24
Märkäkoe 3	3,0	28

Vesisumutuksen pölynpoistotehokkuudet hengittyvän pölyn osalta vaihtelivat merkittävästi sekä mittaus- että aikapisteiden välillä ollen -16–66 % (Taulukko 7). Neljässä aikapisteessä pölynpoistotehokkuudeksi saatiin negatiivinen tulos. Näissä tapauksissa pölypitoisuus oli märkäkokeessa suhteessa kuivakoetta suurempi. Kaiken kaikkiaan keskimääräinen pölynpoistotehokkuus oli 1. märkäkokeessa 36 %, 2. märkäkokeessa 27 %, 3. märkäkokeessa 42 % ja tensidikokeessa 30 %. Suuri vaihtelu eri mittaus- ja aikapisteiden välillä johtui mitä todennäköisemmin epätäydellisestä ilman sekoittumisesta testihuoneessa. Mittauspisteet sijaitsivat eri puolella testihuonetta: mittauspiste a pölynsyötön ja mittauspiste b poistoilmapäätteen läheisyydessä. Tulokset kuitenkin osoittavat, että vesisumutus tehostaa hengittyvän pölyn poistumista huoneilmasta.

Taulukko 7. Vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus hengittyvän jakeen osalta eri aikapisteissä. Mittauspisteet merkitty tunnuksilla a ja b.

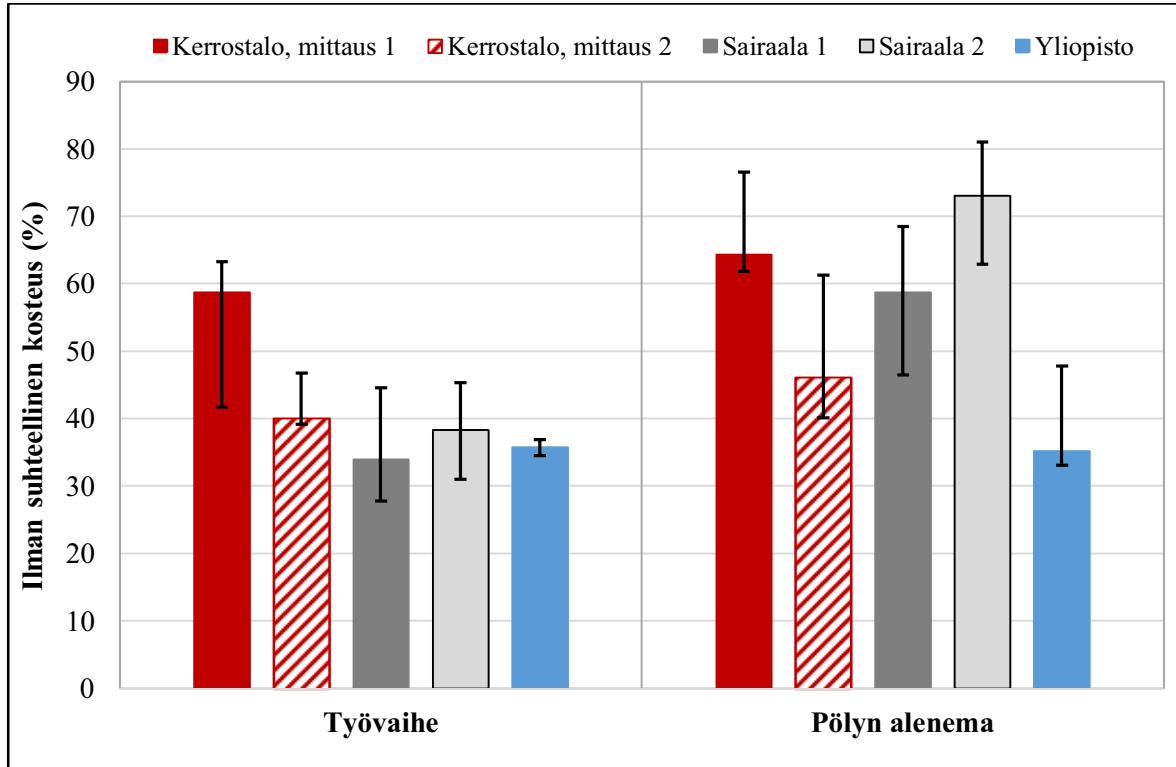
Koe	Aikapisteet			
	3-6 min	8-13 min	18-23 min	30-40 min
Märkäkoe 1a	43	61	60	45
Märkäkoe 1b	33	27	16	3,4
Tensidikoe 1a	-8,2	39	41	24
Tensidikoe 1b	35	36	36	34
	10-13 min	15-20 min	25-30 min	37-47 min
Märkäkoe 2a	-16	57	25	61
Märkäkoe 2b	52	-14	58	-2,5
Märkäkoe 3a	14	74	27	66
Märkäkoe 3b	57	3,9	63	30

5.2 KENTTÄKOKEET

5.2.1 Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila kenttäkohteissa

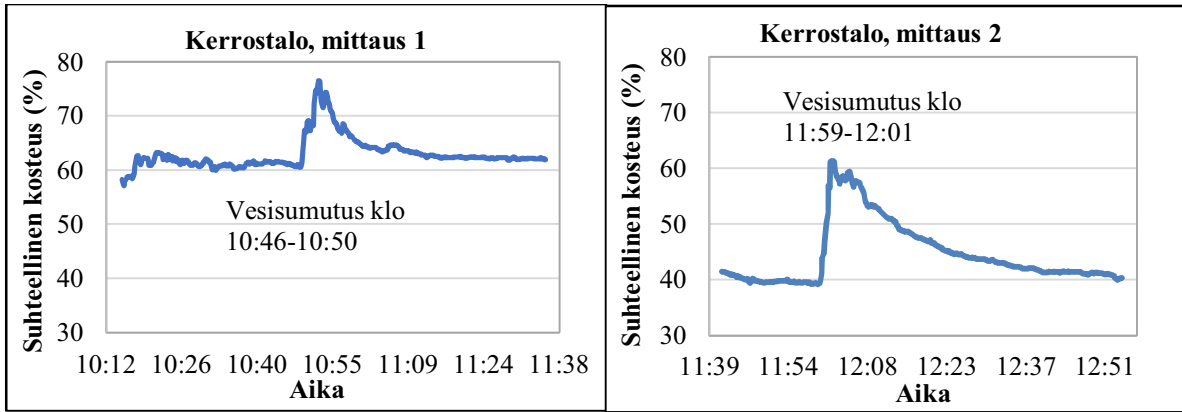
Ilman suhteellinen kosteus kenttäkohteiden märkäkokeissa työvaiheen aikana ja sen jälkeen pölypitoisuuden alentuessa on esillä kuvassa 19. Kerrostalokohteen mittauksissa ilman suhteellinen kosteus nousi vesisumutuksen jälkeen pölypitoisuuden alentuessa

keskimäärin 6 % verrattuna työvaiheen aikaiseen tilanteeseen. Ilmaan syötetty vesimäärä oli 1. mittauksessa 6,8 dl ja 2. mittauksessa 4,1 dl. Sairaalassa 1 kosteuden nousu oli keskimäärin 25 % työvaiheen aikaisesta tasosta sumutuksen jälkeiseen tilanteeseen verrattuna, kun vettä sumutettiin 3,9 dl. Sairaalassa 2 kosteuden nousu oli vastaavasti 35 % ja vettä käytettiin 9,4 dl. Yliopiston mittauksessa sumutuksen jälkeinen kosteus pysyi keskimäärin lähes samalla tasolla kuin työvaiheessakin. Tällöin sumutettu vesimäärä oli 2,0 dl.

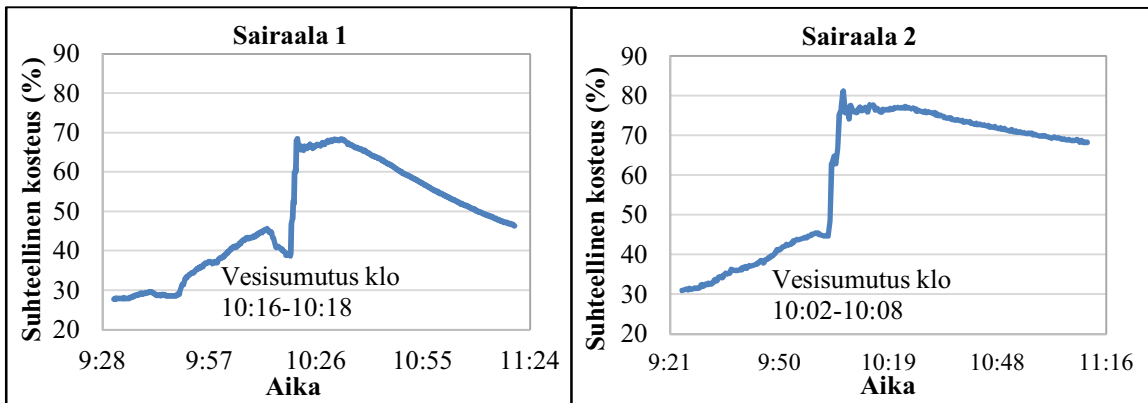


Kuva 19. Ilman suhteellinen kosteus kenttäkohteiden märkäkokeissa työvaiheen aikana ja sen jälkeen pölyn aleneman aikaan. Vesisumutus tehtiin työvaiheen päättymisen jälkeen.

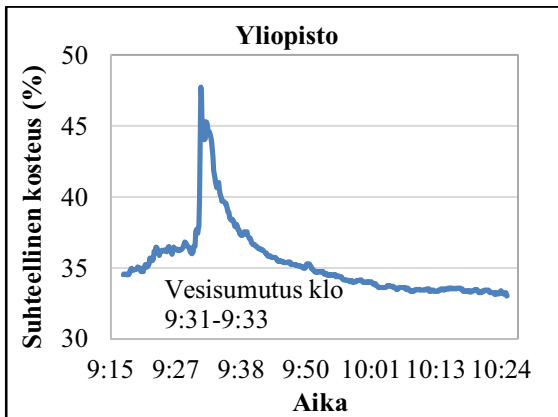
Kuvissa 20–22 on esillä kenttäkohteiden märkäkokeiden ilman suhteellinen kosteus ajan suhteen. Kerrostalon 1. mittauksissa kosteus nousi sumutuksen jälkeen hetkellisesti 15 % ja 2. mittauksessa 25 %. Sairaalassa 1 vesisumutuksen aiheuttama hetkellinen kosteuden nousu oli 30 %, sairaalassa 2 40 % ja yliopistossa 20 %. Sumutusten jälkeen kosteus alkoi nopeasti alentua takaisin työvaiheen aikaiselle tasolle kaikissa muissa kohteissa sairaalaa 2 lukuun ottamatta. Sairaalan 2 kosteuden hitaaseen laskuun vaikutti tilan tiivis osastointi, jolloin tilassa ei ollut merkittävää ilmanvaihtoa.



Kuva 20. Ilman suhteellinen kosteus ajan suhteen kerrostalokohteen märkäkokeissa.



Kuva 21. Ilman suhteellinen kosteus ajan suhteen sairaalakohteiden märkäkokeissa.



Kuva 22. Ilman suhteellinen kosteus ajan suhteen yliopistokohteen märkäkokeessa.

Ilman lämpötiloissa ei havaittu merkittäviä muutoksia vesisumutuksen vaikutuksesta (Taulukko 8). Yleisesti ottaen lämpötila laski hieman vesisumutuksen jälkeen.

Taulukko 8. Ilman lämpötila kenttäkohteissa työvaiheen aikana ja sen jälkeen pölypitoisuuden alentuessa.

Työmaa	Ilman lämpötila (°C)	
	Työvaihe	Pölyn alenema
Kerrostalo, mittaus 1		
kuivakoe	9,3	9,5
märkäkoe	10,1	9,9
Kerrostalo, mittaus 2		
kuivakoe	20,0	20,7
märkäkoe	21,7	21,9
Sairaala 1		
kuivakoe	25,4	24,6
märkäkoe	24,5	23,0
Sairaala 2		
kuivakoe	15,0	15,1
märkäkoe	24,5	24,3
Yliopisto		
kuivakoe	22,2	22,2
märkäkoe	22,8	22,7

5.2.2 Ilmanvaihtuvuus

Tutkimuskohteiden ilmanvaihtokertoimet vaihtelivat 0,2–2,2 1/h (Taulukko 9). Ilmanvaihtuvuudet arvioitiin märkäkokeiden ilman suhteellisen kosteuden alenemista (Kuvat 20–22), ja ilmanvaihdon oletettiin olevan sama myös kuivakokeissa.

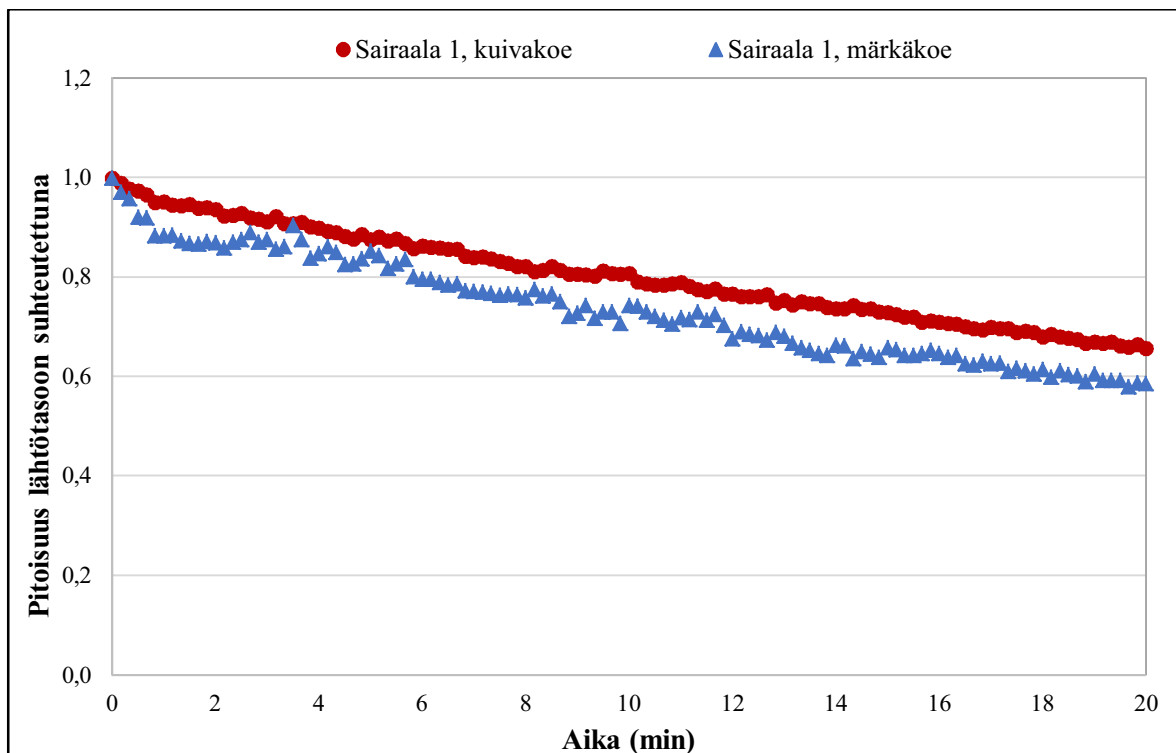
Taulukko 9. Kenttäkohteiden ilmanvaihtuvuudet märkäkokeiden ilman suhteellisen kosteuden alenemasta arvioituna.

Työmaa	Ilmanvaihtokerroin (1/h)
Kerrostalo	
mittaus 1	2,2
mittaus 2	0,9
Sairaala 1	
	0,5
Sairaala 2	
	0,2
Yliopisto	
	2,1

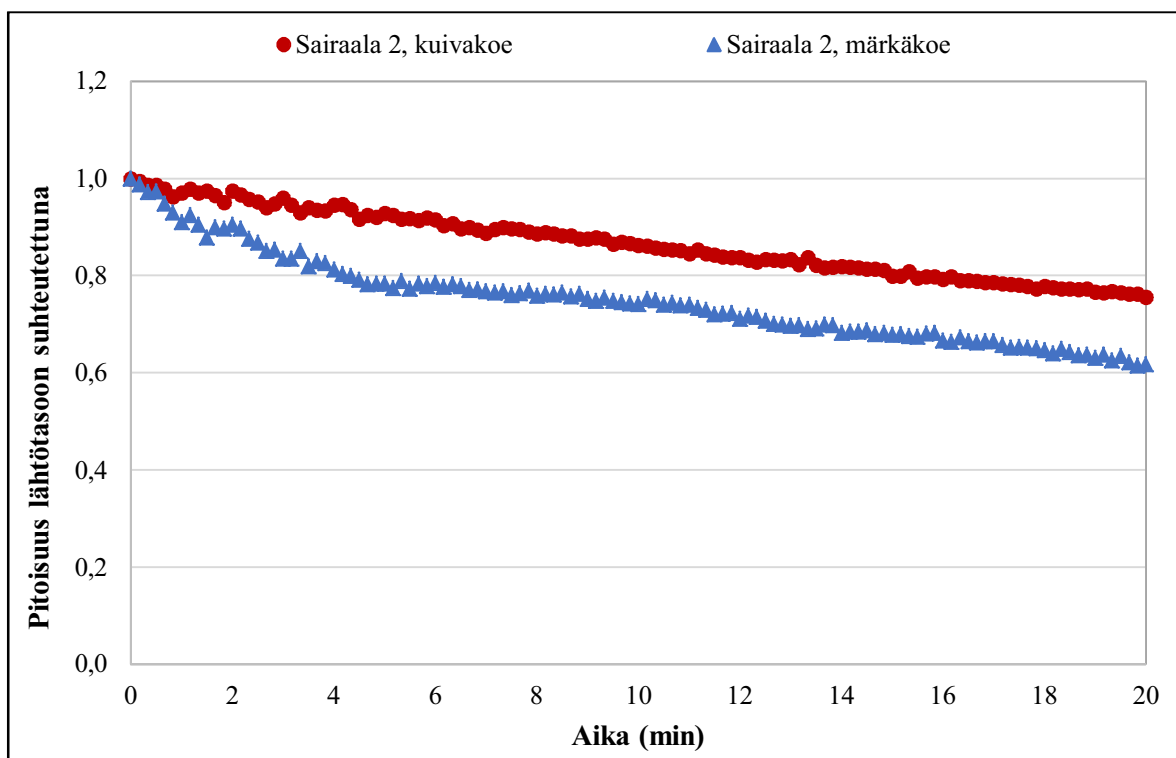
5.2.3 Vesisumutuksen vaikutus työtilan pölypitoisuuksiin ja pölyn leviämisen hallintaan

Kenttäkohteiden kuiva- ja märkäkokeiden pölypitoisuuden logaritmiset alenemat suhteutettuna lähtöpitoisuuteen ovat esille kuvissa 23–27. Kuten laboratoriokokeissa havaittiin, vesisumutuksen puhdistusvaikutus ei jatku enää sumutuksen ja sen laskeuman

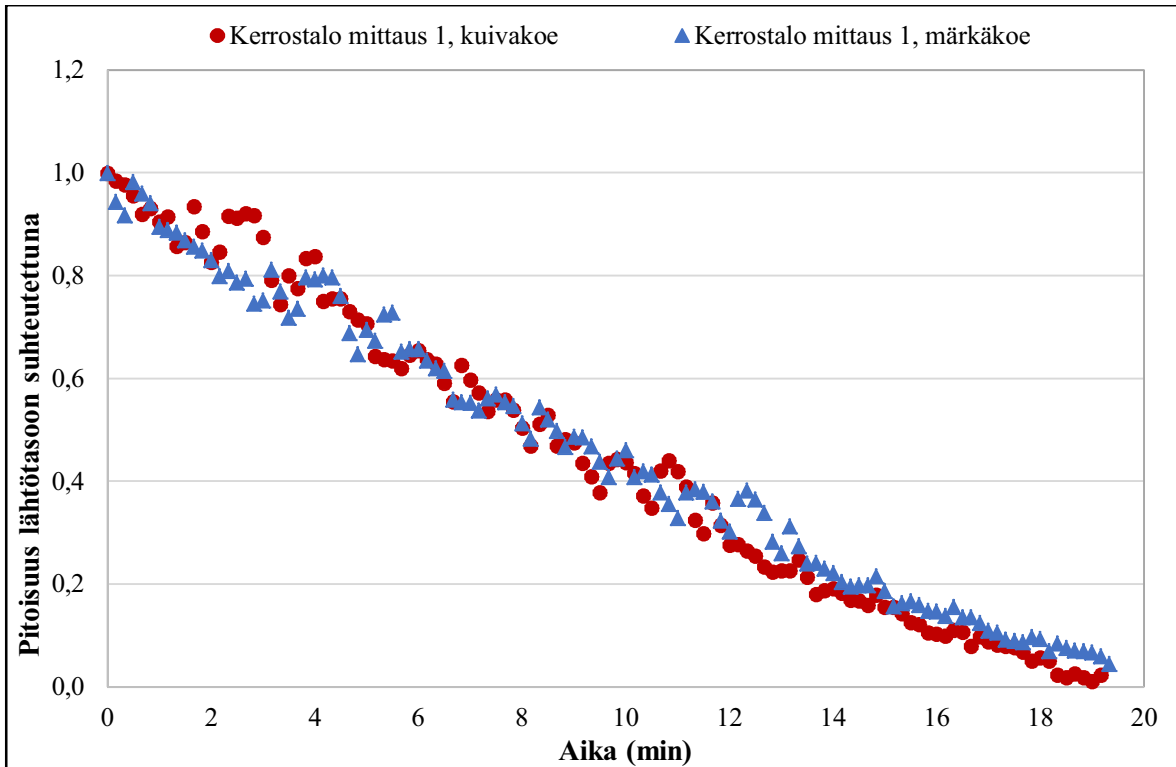
jälkeen, jolloin kuiva- ja märkäkokeiden alenemasuorat muuttuvat yhdensuuntaisiksi. Kun huomioidaan hiukkasten luonnollinen puhdistuma hiukkaslaskeuman vaikutuksesta, vesisumutus alensi pölypitoisuutta alkuperäisestä tasosta 10–40 % kenttäkohteissa.



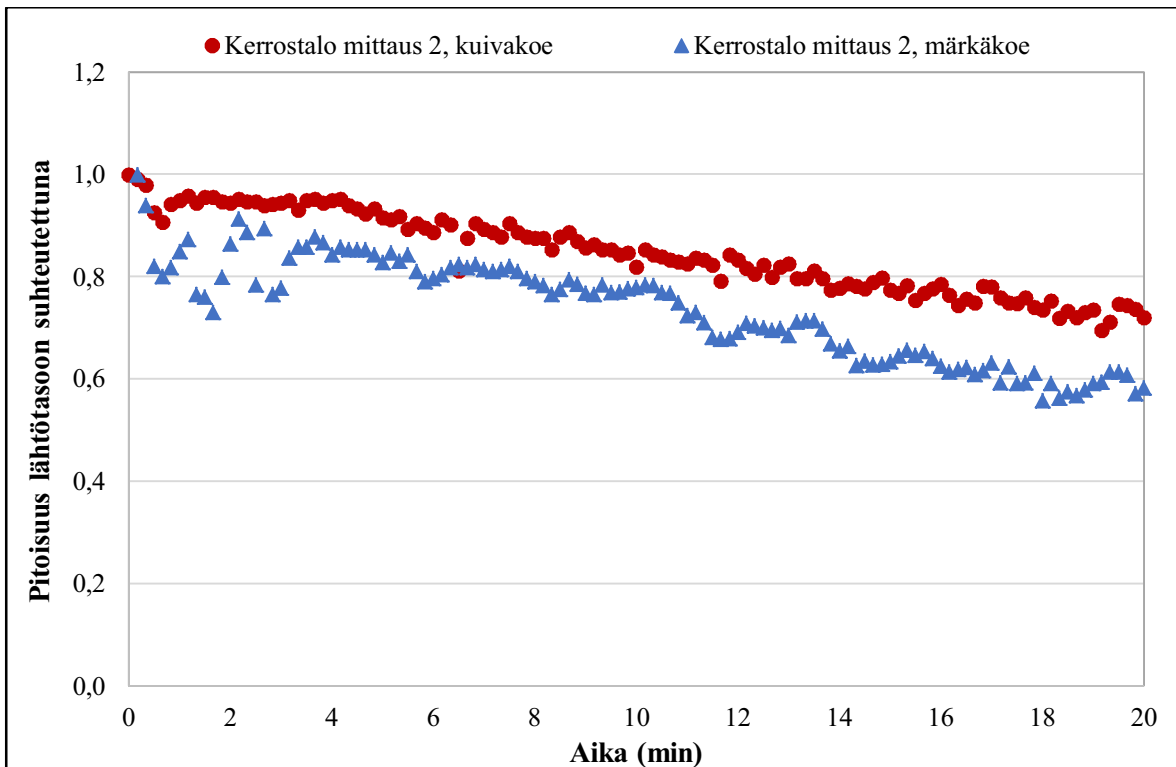
Kuva 23. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen sairaalassa 1. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.



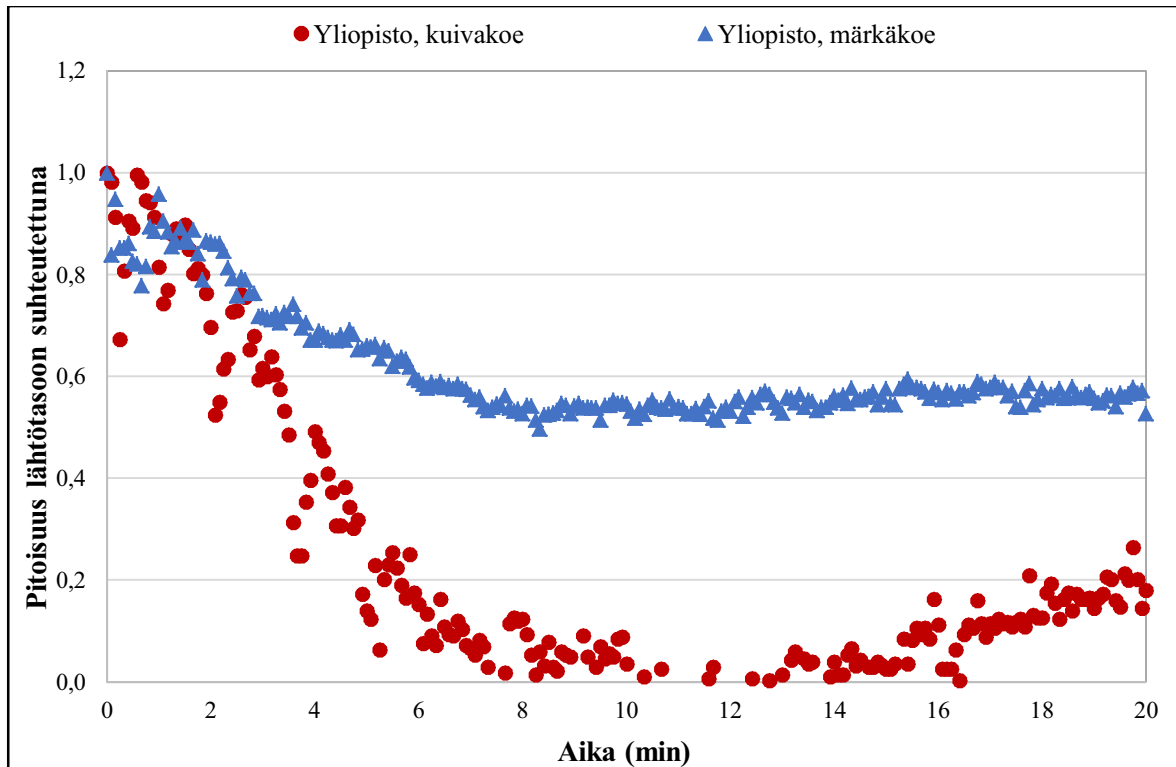
Kuva 24. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen sairaalassa 2. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.



Kuva 25. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen kerrostalokohteen mittauksessa 1. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.

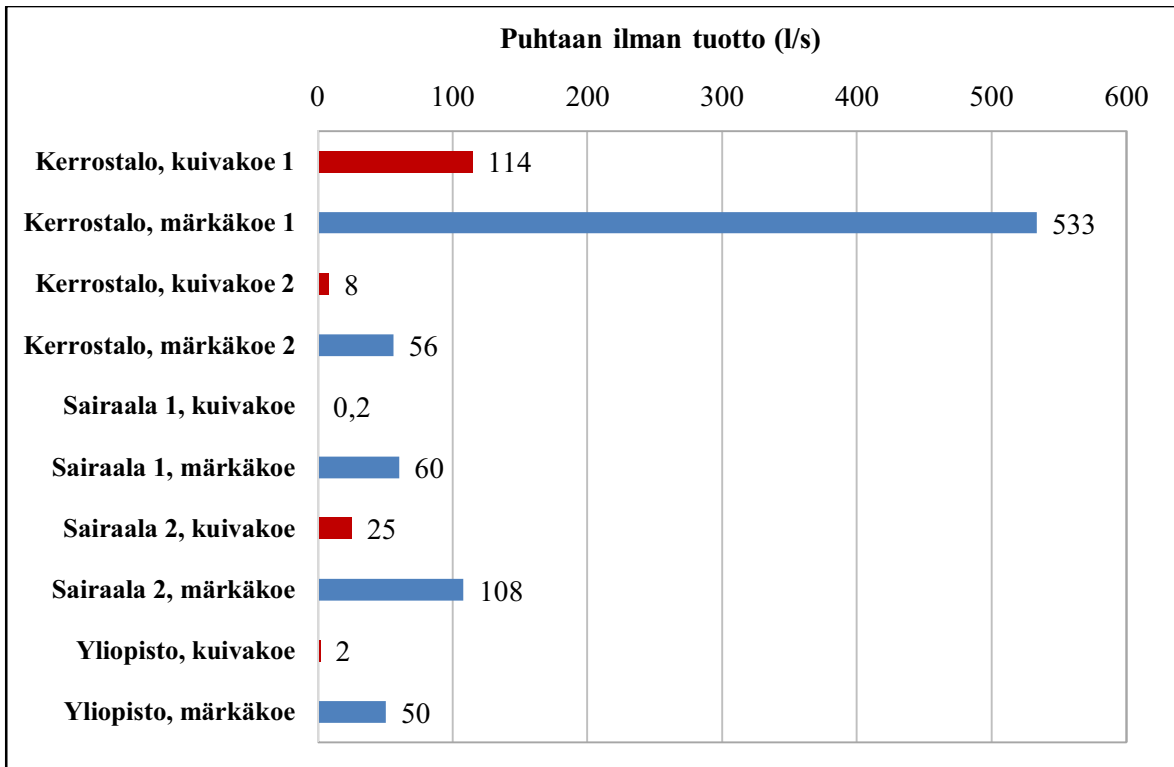


Kuva 26. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen kerrostalokohteen mittauksessa 2. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.

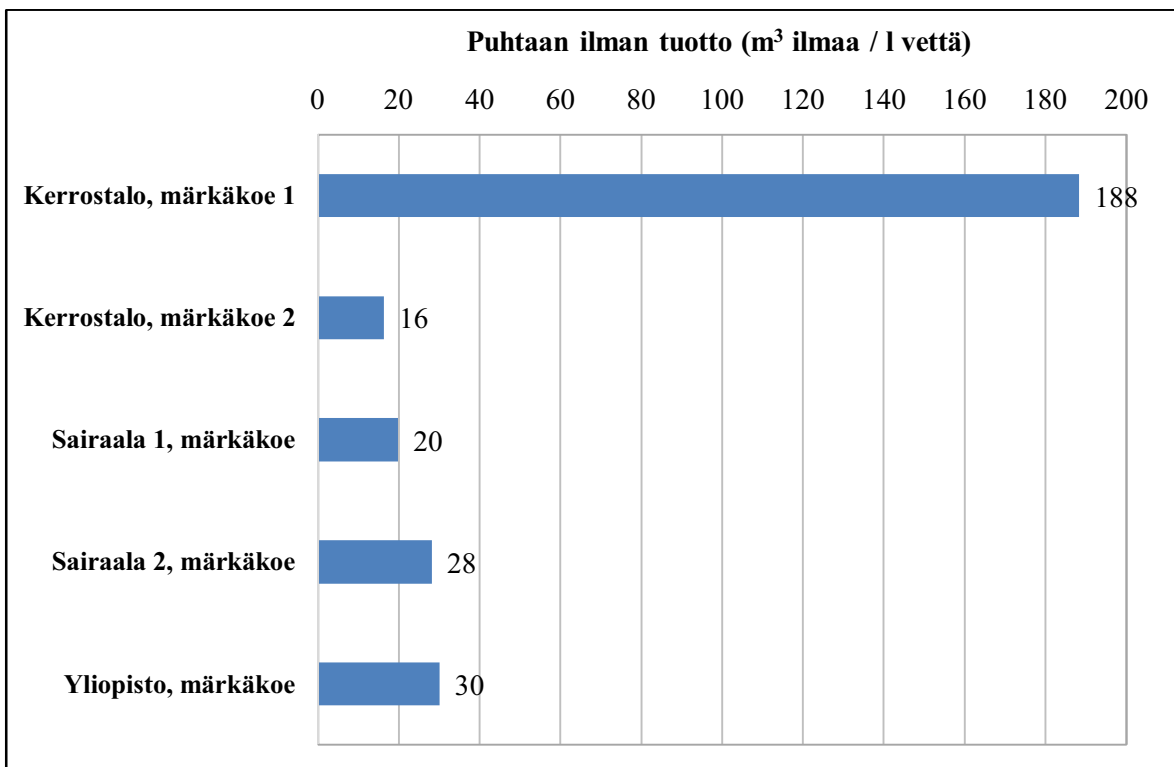


Kuva 27. Pölypitoisuuden alenema suhteutettuna lähtöpitoisuuteen yliopistossa. Alenemat ovat määritetty logaritmisista pitoisuuksista.

PM₁₅-tuloksista lasketut puhtaan ilman tuotot ovat esillä kuvassa 28. Laskennassa on huomioitu tilan ilmanvaihto olettaen sen olleen sama sekä märkä- että kuivakokeissa. Kerrostalokohteen 1. mittauksissa märkäkokeen puhtaan ilman tuotto hiukkaslaskeuman puhdistusvaikutukseen verrattuna oli viisinkertainen ja 2. mittauksessa seitsenkertainen. Ero oli vastaavasti sairaalassa 1 300-kertainen, sairaalassa 2 nelinkertainen ja yliopistossa 25-kertainen. Tulosten suurta vaihtelua selittävät erot tutkimuskohteiden koossa. Puhtaan ilman tuoton arvo on riippuvainen tilan koon lisäksi myös ilmanvaihdosta. Märkäkokeiden puhtaan ilman tuoton tulokset suhteutettiin sumutettuun vesimäärään (Kuva 29), jolloin vesisumutuksen puhtaan ilman tuotoksi saatiin 16–188 m³ ilmaa / l vettä.



Kuva 28. Kenttäkohteiden puhtaan ilman tuotto (PM_{15}) kuiva- ja märkäkokeissa.



Kuva 29. Kenttäkohteiden puhtaan ilman tuotto suhteutettuna käytettyyn vesimäärään.

Vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus pölypitoisuuden alenemasta määritettynä oli kenttäkohteissa 77–99 % 0,1-15 μm hiukkasille (Taulukko 10). Laskennassa on huomioitu ilmanvaihto.

Taulukko 10. PM₁₅ -jakeen pölynpoistotehokkuus kenttäkohteissa.

Työmaa	Pölynpoisto- tehokkuus (%)
Kerrostalo	
mittaus 1	79
mittaus 2	85
Sairaala 1	99
Sairaala 2	77
Yliopisto	97

Hengittyvän pölyn pitoisuudet työskentelytilassa ja sen ulkopuolella työvaiheen aikana ja sen jälkeen mitattuna on esillä taulukossa 11. Työvaiheen aikana työskentelytilan pitoisuudet ylittivät 90 % mittauksista Sosiaali- ja terveysministeriön (STMa 268/2014) asettaman epäorgaanisen pölyn kahdeksan tunnin haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP_{8h}) -ohjearvon 10 mg/m³. Työvaiheen päättymisen jälkeen tehty vesisumutus alensi työskentelytilan pitoisuuksia kuivakokeeseen verrattuna kaikissa kohteissa. Pölynpoistotehokkuus tosin vaihteli huomattavasti ollen 3,2–95 %. Vesisumutus vähensi myös pölyn leviämistä työtilan ulkopuolelle muualle työmaa-alueella yhtä mittausta lukuun ottamatta. Viereisiltä alueilta mitattu pölynpoistotehokkuus oli -12–99 %. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että olosuhteet kuiva- ja märkäkokeiden aikana olivat samankaltaiset ja hallitut ainoastaan sairaalakohteissa tehdyissä mittauksissa. Niissä vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus työtilasta mitattuna oli 86–95 % ja viereisestä tilasta 94–99 %. Kerrostalon 1. mittauksissa osa vesisumusta mitä todennäköisimmin poistui työtilasta voimakkaiden ilmavirtausten mukana (alipaineistaja työtilassa), jolloin menetelmän puhdistusvaikutus heikkeni (pölynpoistotehokkuus 15 % työtilassa). Kerrostalon 2. mittauksessa tutkimustilat erosivat toisistaan olosuhteiltaan: kuivakoe suoritettiin märkäkoetta avarammassa tilassa, josta johti kaksi avonaista oviaukkoa muuhun työtilaan. Täten kuivakokeen aikana tilan ilmanvaihtuvuus oli todennäköisesti märkäkoetta suurempi, mikä saattoi vaikuttaa vesisumutuksen heikkoon pölynpoistotehokkuuteen (työtilassa 3,2 %, tilan ulkopuolella -12 %). Kyseisessä mittauksessa pölyä levisi märkäkokeessa suhteessa enemmän työtilan ulkopuolelle kuivakokeeseen verrattuna. Yliopiston mittaukset suoritettiin puolestaan kahdessa samanlaisessa tilassa, jotka eivät kuitenkaan olleet osastoitu muusta työmaa-alueesta. Näin ollen vesisumutuksen pölynpoistotehokkuuteen (38 % työtilassa ja 47 % työtilan ulkopuolella) on saattanut vaikuttaa kuiva- ja märkäkokeissa mahdollisesti esiintyneet erilaiset ilmavirtaukset.

Taulukko 11. Hengittävän pölyn pitoisuudet työskentelytilassa ja sen ulkopuolella työvaiheen aikana ja sen jälkeen pölypitoisuuden alenemassa, sekä vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus.

Työmaa	Työtila		Viereinen tila	
	Työvaihe	Pölyn alenema	Työvaihe	Pölyn alenema
Kerrostalo, mittaus 1*				
kuivakoe (mg/m ³)	34	9,6	32	0,6
märkäkoe (mg/m ³)	42	10	43	0,2
pölynpoistotehokkuus (%)	15		72	
Kerrostalo, mittaus 2				
kuivakoe (mg/m ³)	17	3,9	8,3	3,0
märkäkoe (mg/m ³)	14	3,2	6,1	2,5
pölynpoistotehokkuus (%)	3,2		-12	
Sairaala 1				
kuivakoe (mg/m ³)	8,3	3,8	0,02	0,3
märkäkoe (mg/m ³)	17	0,4	3,5	0,2
pölynpoistotehokkuus (%)	95		99	
Sairaala 2				
kuivakoe (mg/m ³)	18	11	0,5	1,9
märkäkoe (mg/m ³)	38	3,2	0,9	0,2
pölynpoistotehokkuus (%)	86		94	
Yliopisto				
kuivakoe (mg/m ³)	11	2,0	3,6	5,5
märkäkoe (mg/m ³)	31	3,5	5,0	4,1
pölynpoistotehokkuus (%)	38		47	

* Mittauspisteinä oli viereisen tilan sijaan työtila kauempana työvaiheen suorittamiskohdasta.

6 YHTEENVETO

Sekä laboratorio- että kenttäkokeissa vesisumutuksen aiheuttama kosteuskuorma oli vähäinen. Laboratoriokokeissa ($V = 27 \text{ m}^3$) ilman suhteellisen kosteuden nousu kahden minuutin vesisumutusten (käytetty vesimäärä keskimäärin 0,5 l) aikana oli suhteellisen maltillista ollen noin 40 %. Pinnat eivät kastuneet. Sen sijaan neljän minuutin sumutus (käytetty vesimäärä keskimäärin 0,9 l) jätti vallinneissa oloissa pinnat märäksi näytteenoton loppuun asti. Silti ilman suhteellinen kosteus jäi korkeimmillaankin alle 90 %. Kenttäkohteissa ($V = 30\text{--}175 \text{ m}^3$) vettä sumutettiin työskentelytilaan sen koosta riippuen kahdesta neljään minuuttia, jolloin veden määrä oli isoimmista tiloissa suurimmillaan 0,9 l. Pinnat eivät kastuneet yhdessäkään kohteessa. Ilman suhteellinen kosteus nousi hetkellisesti korkeimmillaan 40 %, ja suurimmaksi kosteudeksi mitattiin noin 80 %. Kosteus alkoi alentua sumutuksen jälkeen nopeasti takaisin lähtötasolle.

Laboratorio- ja kenttätulokset osoittivat, että vesisumutus tehostaa erityisesti hienojakeisemman pölyn poistamista huoneilmasta. Sumutuksen puhdistusvaikutuksen havaittiin kuitenkin kestävän vain sumutuksen ja sen laskeuman ajan. Sen jälkeen pölypitoisuus alentuu hitaammin luonnollisena puhdistumana ilmaan leijumaan jääneiden

hiukkasten laskeutuman vaikutuksesta. Laboratorio-oloissa vesisumutuksen puhtaan ilman tuotoksi määritettiin keskimäärin 21 m^3 ilmaa / l vettä. Enbomin ym. (1996) laboratorio-oloissa ($V = 12 \text{ m}^3$) tehdyssä tutkimuksessa erilaisten sumutussuuttimien tyypilliseksi puhtaan ilman tuoton arvoksi raportoitiin $4\text{--}8 \text{ m}^3$ ilmaa / l vettä, mikä on samaa suuruusluokkaa tässä tutkimuksessa saatujen laboratoriotulosten kanssa. Kenttäkohteissa puhtaan ilman tuotto oli puolestaan $16\text{--}188 \text{ m}^3$ ilmaa / l vettä. Puhtaan ilman tuotto riippuu tilan koosta ja ilmanvaihdosta, vaikka itse sumutusmenetelmällä se on vakio. Isossa tilassa sumutuksesta aiheutuva pölypitoisuuden alenema on pienempi kuin pienessä tilassa. Tämä riippuvuussuhde selittää suuren vaihtelun kenttäkohteiden tuloksissa. Tutkimuskohteista neljä viidestä, jotka olivat kooltaan $30\text{--}60 \text{ m}^3$, puhtaan ilman tuotto oli $16\text{--}30 \text{ m}^3$ ilmaa / l vettä, kun yhdessä selvästi muita suuremmassa kohteessa (175 m^3) puhtaan ilman tuotoksi saatiin 188 m^3 ilmaa / l vettä.

Laboratoriokokeissa kahden minuutin sumutus sekä pelkkää vettä että tensidiä käytettäessä johti keskimäärin 30 % puhdistumaan (laskennassa huomioitu luonnollinen puhdistuma hiukkaslaskeuman vaikutuksesta). Neljän minuutin sumutuksella saavutettiin 50 % puhdistuma. Kenttäkohteissa vesisumutus alensi pölypitoisuutta alkuperäisestä tasosta 10–40 %. Kaikissa mittauksissa puhtaan ilman tuotto oli tilan ilmanvaihtuvuutta suurempi, mutta silti puhdistumaennusteen vastaisesti pölypitoisuudet eivät kuitenkaan alentuneet alkuperäisestä pitoisuustasosta yli 50 %. Tätä saattaa selittää kohteissa tehdyt lyhyet sumutukset ja suhteellisen pieni vesimäärä. Pitemmillä sumutusajoilla saavutettaisiin parempi puhdistuma. Veden käytön rajoittavana tekijänä on kuitenkin pintojen kastuminen.

Vesisumutuksen puhtaan ilman tuotto oli laboratoriokokeissa parhaimmillaan viisinkertainen hiukkaslaskeuman puhdistusvaikutukseen verrattuna, mikä johti 70–81 % pölynpoistotehokkuuteen. Kenttäkohteissa vesisumutuksen pölynpoistotehokkuus oli vastaavasti 77–99 %. Tuloksessa saattaa tosin olla epävarmuutta, sillä ilmanvaihdon oletettiin olevan sama sekä kuiva- että märkäkokeessa. Tulos on kuitenkin samansuuntainen laboratoriokokeiden kanssa viitaten vesisumutuksen alentavan tehokkaasti hienojakoisen pölyn pitoisuutta ilmassa.

Laboratoriokokeiden hengittyvän pölyn tuloksissa erot kuiva- ja märkäkokeiden välillä eivät olleet yhtä selviä kuin $0,1\text{--}15 \mu\text{m}$ kokoisten hiukkasten tapauksessa johtuen mitä ilmeisimmin tilan epätasaisesta ilmanvaihtuvuudesta. Kaiken kaikkiaan keskimääräinen pölynpoistotehokkuus oli märkäkokeissa 35 % ja tensidikokeissa 30 %. Myös kenttäkokeiden vesisumutuksen pölynpoistotehokkuudet hengittyvälle pölylle vaihtelivat huomattavasti kohteissa vallinneiden erilaisten kuiva- ja märkäkokeiden olosuhteiden vuoksi. Hallituimmissa koetilanteissa vesisumutuksen havaittiin kuitenkin alentavan merkittävästi pölypitoisuuksia työskentelytilassa (pölynpoistotehokkuus parhaimmillaan 95 %). Lisäksi sumutus vähensi selvästi pölyn leviämistä työskentelytilan ulkopuolelle muualle työmaa-alueella (pölynpoistotehokkuus parhaimmillaan 99 %).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vesisumutusmenetelmä on helppo- ja nopeakäyttöinen, muita pölyntorjuntakeinoja täydentävä menetelmä pölyn leviämisen hallintaan rakennustyömailla. Vesisumutuksen käytössä on kuitenkin huomioitava, että se ei korvaa esimerkiksi korjausrakentamisessa ja vahinkosaneerauksessa edellytettävän hallitun alipaineistuksen aiheuttavaa ilmanvaihtoa, mikä johtaa jo itsessään pölypitoisuuden laimentumiseen ilmassa. Mikäli vesisumutus ei

tuota merkittävästi puhdasta ilmaa alipaineistetuissa tiloissa, ei vesisumutuksesta ole alipaineistuksen vastaavaa hyötyä.

Vesisumutusmenetelmä on tarkoitettu käytettäväksi välittömästi pölyävän työvaiheen päättymisen jälkeen ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä, jolloin sumutuksella saadaan nopeutettua työskentelytilan ilman puhdistamista. Se ei sovellu käytettäväksi työvaiheen aikana työntekijän altistumisen alentamiseen. Vesisumutusmenetelmä nopeuttaa puhtaan rakentamisen P1- hankkeissa tavoitepuhtaustasojen saavuttamista.

Vesisumutuksen puhdistusvaikutus kestää vain sumutuksen ja sen laskeuman ajan. Siitä huolimatta pienikin pölypitoisuuden alentaminen työskentelytilassa pölyävän työvaiheen päättymisen jälkeen nopeuttaa tilan puhdistumista ja vähentää selvästi pölyn leviämistä muualle työmaa-alueelle. Veteen lisätyn tensidin ei havaittu merkittävästi parantavan sumutuksen tehokkuutta pelkkään veteen verrattuna. Tensidien käyttöä ei kuitenkaan tutkittu kovinkaan kattavasti tässä tutkimushankkeessa, ja niiden vaikutusta ja hyötyä ilman puhdistamisessa tulisikin selvittää perusteellisemmin.

Vesisumutusmenetelmä soveltuu parhaiten pienehköihin ja osastoituihin tiloihin, joissa sumutusta häiritsevät ilmavirtaukset ovat heikkoja. Tällöin vesisumu ei kulkeudu muualle tai haihdu ennen pölyhiukkasiin tarttumista. Vesisumutusmenetelmä on tarkoitettu lyhytkestoiseen käyttöön siten, että pinnat eivät saa kastua. Tässä tutkimuksessa lyhytkestoisten sumutusten ei todettu aiheuttavan haitallista kosteuskuormaa.

LÄHTEET

Akbar-Khanzadeh F ja Brillhart R. 2002. Respirable Crystalline Silica Dust Exposure During Concrete Finishing (Grinding) Using Hand-Held Grinders in the Construction Industry. *American Occupational Hygiene* 46: 341-346.

Akbar-Khanzadeh F, Milz S, Ames A, Susi P, Bisesi M, Khuder S, Akbar-Khanzadeh M. 2007. Crystalline Silica Dust and Respirable Particulate Matter During Indoor Concrete Grinding – Wet Grinding and Ventilated Grinding Compared with Uncontrolled Conventional Grinding. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 4: 770-779.

Akbar-Khanzadeh F, Milz S, Wagner C, Bisesi M, Ames A, Khuder S, Susi P, Akbar-Khanzadeh M. 2010. Effectiveness of Dust Control Methods for Crystalline Silica and Respirable Suspended Particulate Matter Exposure During Manual Concrete Surface Grinding. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 7: 700-711.

Asikainen V, Damsten H, Ihalainen M, Kalliokoski P, Karjala M-M, Korpi A, Kurnitski J, Kuuspalo K, Naarala J, Palonen J, Pasanen P, Soininen V. 2009. Rakennuspölylle altistumisen vähentäminen uudisrakentamisessa. Loppuraportti TSR-hanke 107051 (osa A). Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitosten monistesarja 3/2009.

Beamer B, Shulman S, Maynard A, Williams D, Watkins D. 2005. Evaluation of Misting Controls to Reduce Respirable Silica Exposure for Brick Cutting. *Annals of Occupational Hygiene* 49: 503-510.

Brouwer D, Spee T, Huijbers R, Lurvink M, Frijters A. 2004. Effectiveness of Dust Control by Atomisation of Water Sprays on Handheld Demolition and Soil Compacting Equipment. *Tijdschrift voor toegepaste arbowetenschap* 4: 68-74.

Carlo, Sheehy J, Feng H, Sieber W. 2010. Laboratory Evaluation to Reduce Respirable Crystalline Silica Dust When Cutting Concrete Roofing Tiles Using a Masonry Saw. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 7: 245-251.

Croteau G, Guffey S, Flanagan M, Seixas N. 2002. The Effect of Local Exhaust Ventilation Controls on Dust Exposures During Concrete Cutting and Grinding Activities. *American Industrial Hygiene Association Journal* 63: 458-467.

Croteau G, Flanagan M, Camp J, Seixas N. 2004. The Efficacy of Local Exhaust Ventilation for Controlling Dust Exposures During Concrete Surface Grinding. *The Annals of Occupational Hygiene* 48: 509-518.

Echt A, Sieber K, Jones E, Schill D, Lefkowitz D, Sugar J, Hoffner K. 2003. Control of Respirable Dust and Crystalline Silica from Breaking Concrete with Jackhammer. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 18: 491-495.

Echt A, Sieber W, Lefkowitz D, Meeker J, Susi P., Cardwell B., Heitbrink W. 2007. In-Depth Survey of Dust Control Technology for Cutting Concrete Block and Tuckpointing Brick. NIOSH, Report No. EPHB 282-13.

Enbom S, Heinonen K, Lehtimäki M. 1996. Vesisumun käyttö pölyhallinnassa. INVENET-Teknologiaohjelma. Raportti 62. Tekes, MET.

Hak-Joon K, Bangwoo H, Yong-Jin K, Young-Hun Y, Tetsuji O. 2012. Efficient test method for evaluating gas removal performance of room air cleaners using FTIR measurement and CADR calculation. *Building and Environment* 47: 385-393.

Heitbrink W. ja Collingwood S. 2005. Protecting Tuckpointing Workers from Silica Dust: Draft Recommendations for a Ventilated Grinder. The Center to Protect Worker's Rights. s. 1-8.

Kokkonen A, Linnainmaa M, Koski H, Kanerva T, Laamanen J, Lappalainen V, Merivirta M-L, Piirainen J, Rautiala S, Säämänen A, Pasanen P. 2013. Pölyhallinta korjausrakentamisessa, Loppuraportti hankkeesta Epäpuhtauksien hallinta saneeraushankkeissa – Puhdas ja turvallinen saneeraus, Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences No 12.

Meeker J, Cooper M, Lefkowitz D, Susi P. 2009. Engineering Control Technologies to Reduce Occupational Silica Exposures in Masonry Cutting and Tuckpointing. *Public Health Reports* 124: 101-111.

Organiscak J, Leon M. 1994. Influence of Coal Type on Water Spray Suppression of Airborne Respirable Dust. *Aerosol Science and Technology* 21: 110-118.

Ratu 82-0381: Kivihiihliipikeä sisältävien rakenteiden purku. 2011. Rakennustieto Oy.

Ratu 82-0383: Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. 2011. Menetelmät. Rakennustieto Oy.

Ratu 82-0384: Tavanomaiset purkutyöt. Vaaralliset aineet – käsittely ja suojaus. 2011. Rakennustieto Oy.

Ratu 82-0347: Asbestia sisältävien rakenteiden purku. 2009. Rakennustieto Oy.

Ratu 1225-S: Pölyntorjunta rakennustyössä. Suunnitteluohje, 2009. Rakennustieto Oy.

RT 07-10946: Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustieto Oy.

Seppälä A. 2011. ULV-menetelmällä sisäilma puhtaaksi. Tiedote 2011-11-01.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 26.3.2014/268.

Säämänen A, Riipinen H, Kulmala I, Welling I. 2004. Pölyntorjunta. s.1-141.

Thorpe A, Ritchie A, Gibson M, Brown R. 1999. Measurements of the Effectiveness of Dust Control on Cut-off Saws Used in the Construction Industry. *The Annals of Occupational Hygiene* 43, 443-456.

Tjoe Nij E, Hilhorst S, Spee T, Spierings J, Steffens F, Lumens M, Heederik D. 2003. Dust Control Measures in the Construction Industry. *Annals of occupational Hygiene* 47: 211-218.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205.

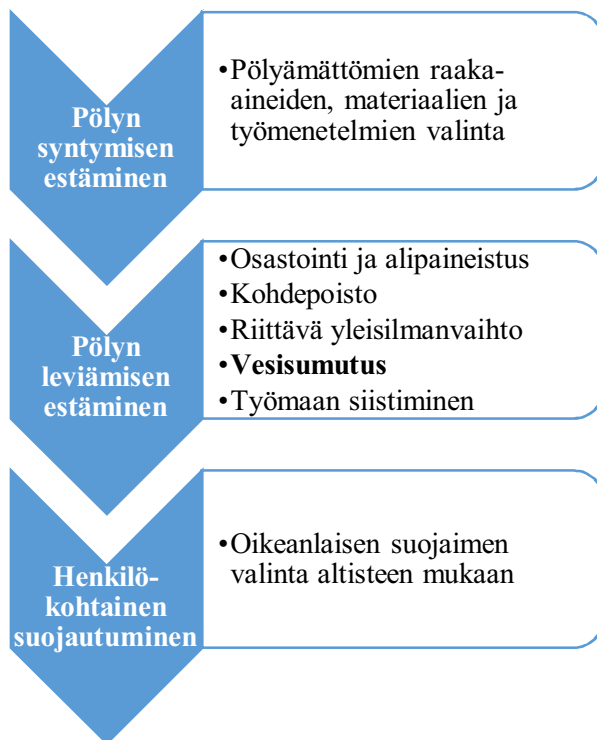
Yereb D. 2003. Evaluation of Dry and Wet Block Cutting and Recommendation for Masonry Company. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 18: 145-150.

VESISUMUTUSMENETELMÄN KÄYTTÖ ILMANPUHDISTUKSESSA RAKENNUSTYÖMAILLA

Tämä menetelmäohje sisältää vesisumutusmenetelmän käytön kuvauksen. Menetelmä soveltuu muita pölyntorjuntakeinoja täydentäväksi keinoksi pölyn leviämisen hallintaan. Vesisumutuksella saadaan tehostettua tilan ilmanpuhdistusta lisäämällä puhtaan ilman tuottoa tilaan. Menetelmä soveltuu käytettäväksi pölyävän työvaiheen jälkeen nopeuttamaan ilmaan leijaillemaan jääneiden hiukkasten poistumista ilmasta. Se ei sovellu käytettäväksi työvaiheen aikana työntekijän altistumisen alentamiseen.

PÖLYNTORJUNNAN PÄÄKEINOT

Pölyntorjunnan periaatteiden mukaisesti ensisijaisesti estetään pölyn syntyminen. Sen jälkeen rajoitetaan pölyn leviämistä ja viimeisenä toimenpiteenä huolehditaan henkilökohtaisesti suojautumista. Vesisumutus, työmaakielessä ”ilman pesu”, on ilmanpuhdistusmenetelmä, jolla nopeutetaan ilman puhdistumista. Vesisumuteknikka soveltuu hyvin myös tilojen viimeistelyyn loppusiivouksen ensimmäisessä vaiheessa ennen toimintakokeita nopeuttaen tilojen käyttöönottoa.



KÄYTTÖOLOSUHTEET JA TURVALLISUUS

Hallitsematon veden käyttö kuormittaa rakenteita ja materiaaleja rakennustyömailla. Materiaalien ja pintojen kastuminen voi aiheuttaa sähköisku-, jäätymis- tai liukastumisvaaraa. Vesisumutus tulee tehdä lyhytkestoisesti, jolloin pinnat eivät jää märäksi siten, että se vaatisi erityistä kuivaamista. Sumutusmenetelmää, kuten muitakin pölyntorjuntakeinoja käytettäessä tulee noudattaa tavanomaisia työturvallisuusperiaatteita. Yritysjohto ja työnjohto vastaavat ammattimaisessa käytössä kaikista työturvallisuuteen ja suojaamiseen liittyvistä varotoimenpiteistä

Vesisumutuksen hiukkasten poistomekanismien ja panosluonteisen käytön vuoksi menetelmä soveltuu parhaiten pienehköihin (alle 60 m³), muusta työmaa-alueesta osastoituihin tiloihin, joissa on pieni ilmanvaihtuvuus (ks. tarkemmin kohta Mitoitus).

Sumutuksessa käytetään huoneenlämpöistä vettä, ellei laitteiston käyttöohjeissa toisin mainita. Käytettävän veden tulee olla puhdasta vähintään juomavesilaatuista vettä. Sumutuksessa on vältettävä seisoneen veden käyttöä mahdollisen Legionella tms. -mikrobikasvun varalta.

Laitteistokohtaisia säätöjä tehtäessä on huomioitava, että suuremmalla sumun pisarakoolla saavutetaan parempi pölyn puhdistusvaikutus. Laittekohtaisesta käyttöohjeesta selviää veden virtaus ml/min. Joidenkin laitteiden ohjeissa on myös esitetty keskimääräinen pisarakoko.

Yleisiä turvallisuusohjeita

- Kohteessa oleville henkilöille on tiedotettava vesisumutuksen käytöstä ja siihen liittyvistä turvallisuusasioista.
- Vesisumutukseen liittyvät tekniset järjestelyt on suunniteltava ja varmistettava huolellisesti.
- Kaikkien kohteessa olevien pintojen ja esineiden käsittelyn kesto tulee varmistaa ja sen perusteella poistaa tai suojata herkät materiaalit ja esineet.
- Sumuvirtauksen on päästävä vapaasti purkautumaan laitteen suuttimesta, mieluiten 3-5 m esteettömän matkan, jolloin pisaraviuhka pääsee nopeasti edeten laajenemaan tiloihin. Rajallisella sumutusetaisyydellä esiintyy voimakasta pisarakoon kasvua, joka aiheuttaa liiallista kertymää osalle pinnoista.
- Laitetta on säilytettävä lämpimässä ja estettävä siihen mahdollisesti jääneen veden jäätyminen.
- Sumutuslaitteiston tulee olla huollettu ja tarkastettu ennen käyttöönottoa.
- Vian tai toimintahäiriön ilmetessä laite on heti poistettava käytöstä huoltoja ja korjausta varten. Samalla on varmistettava, ettei viallinen laite ole aiheuttanut vahinkoa käsiteltävässä kohteessa ja ryhdyttävä korjaaviin toimenpiteisiin sekä mahdollisen vahingon rajaamiseen.

MITOITUS

Vesisumutuksen puhdistusvaikutus kestää vain sumutuksen ja hiukkasten poistuman ajan. Menetelmän puhdistusvaikutus puhtaan ilman tuottona ilmaistuna on vakio, mutta puhdistuma riippuu tilan koosta ja ilmanvaihtuvuudesta. Myös käytetyllä veden määrällä on merkitystä. Kooltaan 10–60 m³ kokoisissa tiloissa, joissa ei ole merkittävää ilmanvaihtoa, vesisumutuksen puhtaan ilman tuotoksi on tyypillisesti raportoitu 4-30 m³ ilmaa / 1 vettä. Tilan koko vaikuttaa vesisumutuksen puhdistusvaikutukseen siten, että pienemmässä tilassa pölypitoisuuden alenema on suurempi kuin isommassa tilassa.

Mitoituksessa on huomioitava, että vesisumutuksen puhtaan ilman tuotto on riittävä suhteessa tilan ilmanvaihtoon. Esimerkiksi 50 % puhdistuma saavutetaan, kun sumutuksen puhtaan ilman tuotto on yhtä suuri kuin tilan ilman vaihtuvuus. Jos tilan ilmanvaihto on suurempi kuin vesisumutuksen puhtaan ilman tuotto, pölypitoisuuden alentumisnopeus alkuperäisestä nopeudesta on alle 50 %. Ilmanvaihtoa suuremmalla puhtaan ilman tuotolla saavutetaan puolestaan yli 50 % puhdistuksen tehostuminen.

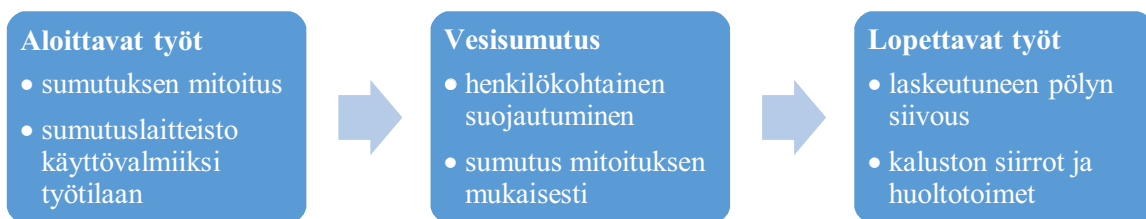
Sumutusaika valitaan siten, että pinnat eivät kastu merkittävästi. Käytännössä sumutusajaksi suositellaan alle 60 m³ kokoisissa tiloissa muutamia minutteja sumutuslaitteiston veden tilavuusvirrasta riippuen. Esimerkiksi 30 m³ kokoisessa tilassa vettä voidaan tavallisesti sumuttaa ilmaan noin 0,5 l pintoja kastelematta. Vastaavasti 60 m³ tilassa vettä voidaan käyttää noin 1 l. Optimaalinen sumutuksen kesto on määritettävä tilakohtaisesti tarkkailemalla visuaalisesti pintojen

kastumista sumutuksen aikana. On huomioitava, että tilan pinnat sietävät lyhytkestoisen kostumisen.

RAJOITUKSET

Vesisumutuksella on rajallinen puhdistusvaikutus suurissa ja avarissa tiloissa. Niissä vaikutusta voidaan tehostaa käyttämällä puhallinta virtauksen / sumun tasaisen leviämisen edesauttamiseksi. Tiloissa, joissa on suuri ilmanvaihtuvuus, sumutuksen puhdistusvaikutus on heikko. Tällöin ilmanvaihto yksinään poistaa hiukkaset tilan ilmasta. Sumutuksella ei ole merkittävää puhdistusvaikutusta esimerkiksi sellaisissa tiloissa, joissa on alipaineistaja käytössä. Lisäksi on huomioitava, että vesisumu ei sovellu kaikkien alipaineistajien tai imurien suodatintyyppien kanssa käytettäväksi (tarkistettava märkäluku).

VESISUMUTUKSEN SUORITUS



Aloittavat työt

Esivalmisteluina arvioidaan käytettävä vesimäärä ja sumutuksen kesto huomioiden tilan koko. Sumutuslaite valmistellaan käyttövalmiuteen laitekohtaisen käyttöohjeen mukaisesti. Laitteisto siirretään käyttövalmiiksi tilaan ennen työvaiheen aloittamista. Tarvittaessa sumutuslaitteisto suojataan pölyltä työvaiheen ajaksi.

Laitekohtaisesta käyttöohjeesta selviää veden virtaus ml/min. Huomaa työmaarajoitukset: työmailla saa käyttää vain tarkoitukseen soveltuvia, CE- vaatimusten mukaisia laitteita, joissa on selkeä suomenkielinen käyttöohje!

Käsiteltävien tilojen tiivistys, alipaineistus ja suojaus on tehtävä määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Kaikki hälytys- automaatio- ja säätölaitteiden toiminta on selvítettävä ja tehtävä tarpeenmukaiset ilmoitukset, esim. valvonnalle.

Vesisumutus

Vesisumutus suoritetaan tilannekohtaisen mitoituksen mukaisesti välittömästi pölyävän työvaiheen päättymisen jälkeen. Mikäli kohteessa on käytössä alipaineistaja tai ilmanpuhdistaja, on eduksi antaa sen tarvittaessa kierrättää ilmaa n. 2-4 tunnin ajan. Myös sumutusmenetelmää käytettäessä tulee huomioida tavanmukainen työvaiheen aikainen henkilökohtainen suojaus altisteen mukaisesti.

Lopettavat työt

Vesisumutuksen laskeuman jälkeen tila siivotaan ennen siirtymistä seuraavaan työvaiheeseen. Siivous kohdistuu vapaisiin pintoihin kuten lattia- ja tasopintoihin, kalusteisiin, kosketuspintoihin, pystysuoriin pintoihin sekä kattopintoihin. Myös piiloon jäävät pinnat puhdistetaan. Puhdistusmenetelmän (kuiva, nihkeä, kostea, märkä, pesu) valinnassa huomioidaan pintamateriaali. Esimerkiksi lattianpintojen imuroinnissa käytetään keskuspölynimuria tai M tai H- luokiteltua rakennusimuria. Kovat ja sileät pinnat puhdistetaan nihkeäpyyhinnällä mikrokuituisilla mopeilla ja

liinoilla. Sumutuslaitteisto siirretään tilasta pois siivoustoimien jälkeen. Käytön jälkeen kalusto puhdistetaan ja huolletaan laitekohtaisen käyttöohjeen mukaisesti.



PUHTAUSLUOKAN P1 TOTEUTUSOHJEET JA VESISUMUTEKNIIKAN SOVELTAMINEN

Vesisumutusmenetelmä edesauttaa tavoitepuhtaustasojen saavuttamista myös puhtaan rakentamisen P1-hankkeissa. Rakennuttajan kohteelle asettamat sisäilmastotavoitteet ja niiden perusteella määritetty puhtausluokka esitellään työmaan käynnistyessä pidettävissä rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kokouksissa. Kohteessa noudatettavasta puhtausluokasta laaditaan kirjallinen tiedote, joka jaetaan työmaan kaikille osapuolille. Keskeisille urakoitsijoille järjestetään ennen töiden aloittamista koulutustilaisuus, jossa heille selvitetään kohteen sisäilmastotavoitteet ja niiden toteutumiseksi noudatettavat ohjeet ja tehtävät. (RT 07-10946)

Puhtauden arvioinnin jälkeen toimintakoevalmiit tilat erotetaan omiksi osastoiksi, jos tilojen läheisyydessä suoritetaan pölyviä tai likaavia työvaiheita. Pölyävissä töissä osaston sisäpuolella käytetään kohdepoistolla varustettuja työkaluja ja laitteita ja varmistetaan riittävästä ilmanvaihdosta tilassa. Toimintakoevalmiit tilat merkitään "Puhtausluokan P1 tila" -merkinnällä. (RT 07-10946)

Toimintakoevalmiissa tiloissa siivotaan aina sen jälkeen, kun on suoritettu pölyviä töitä. Siivouslaitteiden osalta on noudatettava valmistajan käyttö- ja huolto-ohjeita. (RT 07-10946)

VESISUMUTUKSEN MENETELMÄOHJE: PIENPISARATEKNIikka – LISÄAINEIDEN KÄYTTÖ

PIENPISARATEKNIikka, ULV

Vesisumumenetelmistä ns. ULV (Ultra Low Volume) -pienpisaratekniikka on merkittävin. Nimitystä ULV käytetään levitysmenetelmistä, joiden avulla voidaan tasaisesti kattaa 100 m² alue alle 0,5 litralla vettä. Tämä on mahdollista kun vesi saatetaan sumuksi, jossa on paljon pieniä, jokseenkin samankokoisia pisaroita. Tällaisella aerosolisumutusmenetelmällä on mahdollista käsitellä pieniä ja suuria tiloja vähäisellä työmäärällä ja nestemeneillä.

Pienpisaratekniikkaa on käytetty mm. seuraavissa toimenpiteissä:

- Asbestialtistuksen vähentäminen kostuttamalla rakenteet mahdollisimman pienellä vesimäärällä
- Vahinkosaneeraus, hajunpoisto ja desinfektio, ilman kautta ULV- menetelmällä
- Pintojen kostutus ennen purkumenetelmiä, asbesti- ja villaeristeet jne.
- Pölynsidonta-aineiden levitys IV-kanaviin ja rakenteisiin
- Mikrobivaurioiden jälkeinen pölyttömäksi siivous

Pisarakoko

Yhden millilitran määrän vettä sisältävän pisaran pinta-ala on 5 cm². Kun tämä 1 ml:n pisara muunnetaan hienojakoiseksi aerosoliksi, jonka keskimääräinen pisaraläpimitta on 5 µm, niin tuotettujen 1,9 miljardin pisaran kokonaispinta-alaksi tulee 6000 cm², joten vaikutuspinta-alan lisääntymiskerroin on 6000.

Pienet pisarat leijailevat kauemmin kuin suuret ja pystyvät siten leviämään ilmavirtojen mukana kaasun tavoin. Pisaroiden elinikä riippuu kuitenkin merkittävästi niiden haihtumisnopeudesta. Taulukossa 1 on esillä esimerkkinä hiukkasten koon vaikutus laskeutumisaikaan.

Taulukko 1. Hiukkaskoko (oletuksena kooltaan muuttumaton hiukkanen, jonka tiheys on 1) ja sen vaikutus laskeutumisaikaan.

Hiukkasen halkaisija (µm)	Laskeutumisaika, 3 m huonekorkeus
1	28 h
10	17 min
25	4 min
100	11 s

Haihtumis- ja agglomointinopeus

Hienojakoisen aerosolin pisarat haihtuvat ja / tai agglomeroituvat, (törmätessään sulautuvat suuremmiksi pisaroiksi) nopeasti lyhyessä ajassa. ULV- sumutukseen on kehitetty apuaineiksi tensidejä pintajännityksen alentamiseen, jolloin aerosolisumu kostuttaa pölyhiukkaset pelkkää vettä paremmin. Agglomointinopeutta voidaan säädellä myös ohjaamalla aerosolipisaroiden sähköistä varausta. Koska ULV- sumuttimien avulla levitettävät aerosolit ovat suhteellisen tasaisia ja hienjakoisia, annostelu on mahdollista tehdä tarkasti, jolloin veden yliannostelun riskiä voidaan vähentää.

**VESISUMUTUKSEN MENETELMÄOHJE:
PIENPISARATEKNIikka – LISÄAINEIDEN KÄYTTÖ****TURVALLISUUS**

Vesisumutustekniikassa käytettävät laitteet on tarkoitettu vain koulutettujen ammattihenkilöiden käytettäväksi. Kaikissa laitteiden käyttöön liittyvissä turvallisuusasioissa on paikallisten lakien, asetusten, määräysten, ohjeiden ja suositusten tarkka noudattamisvelvollisuus. Yritysjohdo ja työnjohto vastaavat ammattimaisessa käytössä kaikista työturvallisuuteen ja suojaamiseen liittyvistä varoimenpiteistä sekä muista ammattimaiseen työskentelyyn liittyvistä seikoista. Yrityksen tulee huolehtia tarvittavista riskikartoituksista ja turvata vahinkoriskit ja muut seuraamukset, mm. vakuutusyhtiön kanssa tehtävän kartoituksen yhteydessä. Myös materiaalien vesisumun kesto on huomioitava.

Sumutuslaitteen käyttäjät ja työhön liittyvät muut työntekijät on perehdytettävä ja koulutettava laitteiden käyttöön. Nämä koulutukset tulee dokumentoida kirjallisesti. Laitteiden käyttöohjeet ja niissä käytettävien aineiden käyttöturvallisuustiedotteet on oltava aina käyttäjien ja työn valvojien helposti saatavilla. Sumutuksen aikana tiloissa ei saa tarpeettomasti oleskella.

ULV- aerosolisumutinlaitteita voidaan käyttää paikallisia ohjeita noudattaen:

- Sisätilojen desinfektioon, esim. kasvihuoneet, varastotilat, siilot, eläinsuojat, saniteettitilat, tuotantotilat, vahinkosaneeraus
- Kasvinsuojeluaineiden levittämiseen kasvihuoneissa ja muoviteltoissa
- Tuholistorjuntaan eläinsuojissa jne.
- Ilman kostutukseen kasvihuoneissa
- Pölyn sidontaan tuotantotiloissa, rakennus- ja saneeraustöissä.

Aineet

Seuraavanlaisia aineita voidaan levittää ULV- aerosolisumuttimilla:

- Vettä tai Vesi-/tensidiliuosta pölynsidontatarkoituksiin (esim. PP- Agenti)
- Pisarakokoa pienentäviä ja pintajännitystä alentavia vesiliuoksia (esim. PP- Agenti)
- Desinfektioaineita (kuten 3 % vetyperoksidiliuos, 1 % alikloorihapoke, otsonivesi), jotka on laimennettu sopiviksi käyttöliuoksiksi.

Vesi

Käytettävän veden tulee olla puhdasta juomavesilaatuista, roskatonta vettä. Kuten kaikessa aerosolisumutuksessa, on varmistettava veden laatu ja vältettävä seisonen veden käyttöä mahdollisen Legionella tms – mikrobikasvun varalta.

Kohteiden valmistelu

Asianmukaiseen työskentelyyn liittyvät mm. seuraavat huomioon otettavat seikat:

- Käsiteltävät tilat tulee ilmastollisesti eristää ja tiivistää siten, ettei sumua pääse leviämään hallitsemattomasti ja aiheuttamaan vahinkoja.
- Tilojen perusteellinen tuuletusmahdollisuus on suunniteltava etukäteen.
- Käsitelyyn liittyvät tekniset järjestelyt, kuten ajastus, mahdollinen kauko-ohjaus, valaistus, lämmitys ja jäähditys on suunniteltava ja varmistettava huolellisesti.

**VESISUMUTUKSEN MENETELMÄOHJE:
PIENPISARATEKNIikka – LISÄAINEIDEN KÄYTTÖ**

- Tietyn kokoisissa ja korkeissa tiloissa on varmistettava sumun tasainen kantautuminen ja leviäminen esim. puhaltimien avulla.
- Sumuvirtauksen on päästävä vapaasti purkautumaan laitteen suuttimesta, mieluiten 3-5 m esteettömän matkan, jolloin pisaraviuhka pääsee nopeasti edeten laajenemaan tiloihin. Muussa tapauksessa esiintyy voimakasta kondensoitumista ja pisarakoon kasvua, joka aiheuttaa liiallista kertymää osalle pinnoista.
- Laitetta on säilytettävä lämpimässä ja estettävä siihen mahdollisesti jääneen nesteen jäätyminen.

Yleisiä turvallisuusohjeita

- Kaikille kohteessa oleville henkilöille on tiedotettava käsittelystä ja siihen liittyvistä varoajoista ja muista turvallisuusasioista.
- ULV- sumuttimen tulee olla huollettu ja tarkastettu ennen käyttöönottoa.
- Vian tai toimintahäiriön ilmetessä laite on heti poistettava käytöstä huoltoa ja korjausta varten. Samalla on varmistettava, ettei viallinen laite ole aiheuttanut vahinkoa käsiteltävässä kohteessa ja ryhdyttävä korjaaviin toimenpiteisiin sekä mahdollisen vahingon rajaamiseen.
- Sähköasennukset ja –laitteet tulee tarkistaa ennen kompressorin kytkemistä pistorasiaan. Verkkovirran tulee olla 220-240 V/ 10 A.
- Kaikkien kohteessa olevien pintojen ja esineiden käsittelyn kesto tulee varmistaa huolellisesti ja sen perusteella poistaa tai suojata herkäät materiaalit ja esineet!
- Käyttäjän tulee hallita kemikaalilain perusasiat, käyttöturvallisuustiedotteiden tulkinta sekä voimassaolevat turvallisuusmääräykset ja -ohjeet.
- Oleskelu käsiteltävässä tilassa käsittelyn alusta aina tuuletuksen jälkeiseen tilanteeseen asti on sallittu vain asianmukaisiin henkilösuojaimiin pukeutuneena.
- Sumutettavan aineen etiketin ja/tai käyttöturvallisuustiedotteen suojautumisohjetta on noudatettava suojaimia valittaessa. Suojaimina on käytettävä CE- merkittyjä, järjestelmä-hyväksytyjä hengityksensuojaimia, suojavaatetusta ja –käsineitä.
- Vaikka sumua ei enää näy ilmassa, se ei tarkoita, etteikö vaaraa ei enää ole; tärkeintä on noudatta varoajoja ja suorittaa perusteellinen tuuletus ennen tiloihin menoa suojaamattomana!
- Käsittelyyn menevä ainemenekki on tarkoin mitoitettava etukäteen. Sekoitettua/laimennettua ainetta ei tulisi kaataa takaisin alkuperäiseen astiaansa, vaan se on kerättävä asianmukaisesti hävitettäväksi.
- Sivullisten pääsy käsiteltäviin tiloihin on estettävä vartioinnilla ja / tai asianmukaisilla opasteilla.

**VESISUMUTUKSEN MENETELMÄOHJE:
ESIMERKKI SUMUTUSLAITTEISTOSTA JA KÄYTTÖOHJE**

MicroJet Fogger on sähkökäyttöinen muovirunkoinen ULV aerosolisumutin. Se soveltuu mm. vesiliukoisten hajunpoistokemikaalien, desinfektioaineiden ja ilmanvaihtokanavien pinnoiteaineiden levitykseen sekä ilman kostutukseen ja "pesuun". **HUOM. Ei liuotainaineiden tai muiden syttyvien aineiden levitykseen. Hengityksensuojainta ja suojalaseja on käytettävä sumutuksen yhteydessä!**

TEKNISET TIEDOT:

- *Mitat K 30 cm, L 23cm, P 35 cm, paino 7 kg*
- *Puhallusletkun pituus 80 cm*
- *Säädettävä suutin letkuosan päässä; sumutusvolyymi 0 - 5 dl/min*
- *Aerosolikoko 10 - 60 mikroni; kantama huonetilassa 5 - 10 m*
- *Polyetyleenisäiliö, vetoisuus n. 5 l*
- *Sähköliitäntä 230 V 10 A, puhallusturbiinin moottorin teho 600 W.*



MicroJet fogger, sumutinkone, aerosoliaggregaatti, pienpisarasumutin soveltuu veden ja vesiliukoisten kemikaalien sumutukseen hienojakoisena aerosolina. Sillä voidaan myös kostuttaa tai "pestä" ilmaa pölyävissä olosuhteissa, kuten purku- ja saneeraustyömailla. Nesteen virtausta säädetään letkun suutinpäässä olevan venturin säätönupista. Pienin virtausasento antaa huoneen lämmössä keskimäärin alle 20 mikronin aerosolikoon. Tämän kokoiset aerosolit leijuvat pitkään huoneilmassa ja ne muodostavat suuren pisarapinta-alan ilmaa vasten. Kun virtausta lisätään säätönupista, keskimääräinen pisarakoko kasvaa enimmillään 80 mikroniin. Suuret pisarat kulkeutuvat ilmapirrassa ja laskeutuvat tai asettuvat pinnoille. Sumun tasaista leviämistä suurissa tiloissa voidaan edesauttaa asentamalla letku esim. laminaarivirtauspuhaltimen suuaukon yhteyteen (asennuslevy).

TEHOKAS JA TURVALLINEN KÄYTTÖ

MicroJet ottaa imuilman koneen rungon alla, sivulla olevasta ilmanottoaukosta. Huolehdi, ettei kone saa liiallista määrää kosteutta tai pölyä imuilman mukana. Tarkasta ja vaihda tarvittaessa suodatin. Sumuta aina laitteesta pois päin. Sumutinta tulee käyttää vähintään 70 cm korkeudelle lattiapinnasta, jottei imuilma sieppaa pölyä laitteeseen.

Suuttimen neulaventtiilin tulee olla suljettuna, laitetta kuljetettaessa tai kun se ei ole käytössä. Toimenpide estää nesteen takaisinimun moottoriin. Sulje letkun päässä oleva neulaventtiili ennen koneen sammuttamista / käynnistämistä.

Laitetta ei ole tarkoitettu pitkään, yhtämittaiseen käyttöön. Tarvittaessa voidaan käyttää pistorasiaan liitettävää ajastinta. Jatkuvaan käyttöön on saatavana paineilmakäyttöisiä sumuttimia, kuten Pfalz.

Laitteen saa kytkeä vain maadoitettuun pistorasiaan. MicroJet:iä ei ole tarkoitettu ulkokäyttöön! Ulkokäyttöön on saatavana suuritehoisia pölynhallintasumuttimia.

Laitteen käytön yhteydessä on käytettävä asianmukaista hengityksensuojainta, suojalaseja ja -vaatetusta, esim. P3-luokan hengityksensuodattimella varustettu kokonaamari.

Vältä puhallusletkun venyttämistä, koska se saattaa aiheuttaa sen sisällä säiliöstä venturisuuttimeen johtavan letkun/istukoiden rikkoontumisen. Tuolloin on vaihdettava joko venturi tai säiliön läpivientistukat. Älä tee omia "vivityksiä" laitteeseen. Kyseinen toimenpide katkaisee takuun ja saattaa altistaa sinut vaaralle.

HUOM! Sulje letkun päässä oleva neulaventtiili ennen koneen sammuttamista/ käynnistämistä.

**VESISUMUTUKSEN MENETELMÄOHJE:
ESIMERKKI SUMUTUSLAITTEISTOSTA JA KÄYTTÖOHJE****KÄYTTÖ TYÖMAALLA**

- Huom! Noudata työmaan turvallisuusohjeita!
- Mittaa käsiteltävän huonetilan ilmatila (m³) ja laske levitettävä vesimäärä venturin säätötaulukon ja em. tutkimuksen antamien suositusten pohjalta.
- Määrittele tarvittava virtausnopeus; mitä pienempi virtausnopeus, sitä pienempi pisarakoko. On otettava huomioon, että pisarakoko vaihtelee hieman huoneen lämpötilasta riippuen. Mitoita tilaan tarvittava nestemäärä ja ota huomioon mahdolliset lisätäytöt.
- Tee käsiteltävässä tilassa ensin katselmus, jolla varmistat lopullisen työsuunnitelman. Poista tai suojaa käsittelylle herkäät esineet ja materiaalit ja osastoi tila tarvittaessa. Sammuta mahdolliset vaaraa aiheuttavat sähkölaitteet yms. Kytke pois ilmanvaihtolaitteet, venttiilit ja poistopuhaltimet. Käytä tarvittaessa apupuhaltimia aerosolisumun tasaisen leviämisen varmistamiseksi.
- Merkitse käsittelyalue tarvittavilla opaste- ja varoituskylteillä.
- Valmistelujen jälkeen täytä säiliö mitoittamallasi määrällä nestettä; ota huomioon annostelu ja mahdolliset pintajännitystä alentavat apuaineet.
- Aseta sumutin työn kannalta sopivaan paikkaan. Aseta suuttimeen oikea virtausaste säätönuppia kääntämällä. Seuraava taulukko on ohjeellinen:
¼ kierrosta auki = n. 10 ml/min
½ kierrosta auki = n. 22 ml/min
¾ kierrosta auki = n. 35 ml/min
1 kierros auki = n. 74 ml/min
- Käynnistä laite käyttökatkaisijasta ja sumuta tilaan laskettu määrä ainetta. Sulje venturin virtausventtiili ennen sumuttimen sammuttamista. MicroJet:in suuttimen neulaventtiilin tulee olla suljettuna, laitetta kuljetettaessa tai kun se ei ole käytössä.
- Sumutin tuottaa märkää aerosolia, joten varo pintojen ja esineiden liiallista kastelua, etenkin suuttimen lähialueella.
- Noudata suunniteltua käsittelyaikaa varmistaaksesi oikea nestemäärän.

HUOLTO

- Tarkista venturi ja suutinosan kulumisen ja vahingoittumisen varalta. Jos se ei ole kunnossa, laite ei tuota oikeaa pisarakokoa.
- Tarkista letkut ja tiivisteet sekä suodatin säännöllisesti ja huolla tarvittaessa. Tyhjennä ja huuhtelee säiliö ja suorita puhtaan veden avulla letkujen ja suuttimen huuhtelu joka käytön jälkeen. Älä jätä vettä laitteen säiliöön; mikrobien kasvuvaara!
- Tarkista, puhdista tai tarvittaessa vaihda ilmanottoaukon suodatin.
- Tarkkaile moottorin ääntä, esim. laakerin vioittuminen saattaa johtaa suurempaan moottorivaurioon.

Sähkölaitteiden korjaustoimenpiteet ja mahdollinen moottorin vaihto on annettava maahantuojan tai sen valtuuttaman huoltoliikkeen tehtäväksi.

Viite: ASTQ Supply House Oy; B&G MicroJet Fogger käyttöohje, Pfalz-Technik, turvallisuusohjeet.

Grano Oy
Kuopio, 2014

Itä-Suomen yliopiston kirjasto
PL 107, 80101 Joensuu
puh. +358-50-3058396
<http://www.uef.fi/kirjasto>

ISBN: 978-952-61-1473-6
ISBN: 978-952-61-1474-3 (PDF)