

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistalenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Kakko, L., Reunanen, E., Mikkola, R., Mannerström, M., Alapieti, T., Täubel, M., Kylmäkorpi, P., Heinonen, T. & Salonen, H. (2020) Siivouskemikaalien ja -menetelmien vaikutukset kouluympäristön mikrobistoon ja sisäilman laatuun. Sisäilmastoseminaari 2020. SIY SISÄILMATIETO OY, s. 81 - 86.

URL:

https://www.sisailmayhdistys.fi/content/download/4691/30364/version/1/file/Sis%C3%A4ilmastoseminaari_2020.pdf

SIIVOUSKEMIKAALIEN JA -MENETELMIEN VAIKUTUKSET KOULUYMPÄRISTÖN MIKROBISTOON JA SISÄILMAN LAATUUN

Leila Kakko^{1,2}, Eija Reunanen¹, Raimo Mikkola², Marika Mannerström³, Tuomas Alapieti², Martin Täubel⁴, Paula Kylmäkorpi⁵, Tuula Heinonen³ ja Heidi Salonen²

¹ Tampereen Ammattikorkeakoulu

² Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos

³ Tampereen Yliopisto, FICAM

⁴ Terveysten- ja hyvinvoinnin laitos, Terveysturvallisuusosasto, Ympäristöterveys

⁵ Espoon kaupunki

TIIVISTELMÄ

Joulukuussa 2019 päättyneessä kaksivuotisessa hankkeessa selvitettiin 13 pääkaupunkiseudun lukiossa ja yhdessä päiväkodissa käytettäviä kemikaaleja ja erilaisten siivousmenetelmien ja siivouskemikaalien välittömiä ja välillisiä vaikutuksia sisäilman laatuun ja mikrobistoon erilaisissa olosuhteissa. Lisäksi kahdessa lukiossa ja yhdessä päiväkodissa tehtiin sisäilmamittauksia ennen ja jälkeen siivouksen intervention. Mittaus- ja haastattelutulokset olivat koulujen kesken samansuuntaisia, vaikka siivouksen suoritti eri toimijat. Mikrobitasojen mittaustuloksissa ei voitu havaita johdonmukaista muutosta eri siivousjaksojen välillä, eikä minkään mikrobiryhmän määrät eronneet kemikaalittoman siivotun jakson osalta verrattuna kohteiden tavalliseen siivoukseen.

TAUSTA JA TAVOITTEET

Koulujen sisäilma on ollut esillä useissa yhteyksissä viime vuosina. Sisäilmaoireilu on aiheuttanut kunnille kustannuksia ja henkilöstölle poissaoloja sekä työtehon laskua. Yhtenä osasyynä on pidetty kemikaaleille herkistymistä ja siksi on esitetty toiveita kemikaalikuorman vähentämisestä. Siivouksen aiheuttamaa kemikaalikuormaa ei juurikaan ole tutkittu, vaikka asia on ollut esillä. Siivouksen menetelmä valinnoilla ja koneiden käytön lisäämisellä voitaneen vaikuttaa siivouskemikaalien leviämiseen ilmaan ja kertymiseen pinnoille. Ammattimaisen siivouksen käsite vaihtelee eri maissa, joten vertailtavuus on haasteellista /1-6/.

Puhtausalan sanasto määrittelee siivouksen olevan sisätiloissa tehtävää pintojen puhdistusta, suojausta ja hoitoa sekä erilaisia järjestelyitä, joissa puhtaus tuotetaan ammattimaisesti. Ammattimainen siivous on siivousmenetelmien oikeaa ja tarkoituksen mukaista käyttöä ja siihen kuuluu myös siivousaineiden, -koneiden ja -välineiden oikeat valinnat siivottava kohde huomioiden. Siivouksessa käytetään pääsääntöisesti esivalmisteltua siivousta, joka tarkoittaa mikrokuituisten siivoustekstiilien kostuttamista etukäteen ohjeistuksen mukaisesti /5, 6/.

Kemiallisille epäpuhtauksille, jotka ovat peräisin rakennusmateriaaleista ja ulkoilmasta on olemassa toimenpiderajoja Asumisterveysasetuksessa 2015 /8/. Osa toimenpiderajoista perustuu ongelmien tunnistamiseen ja osa on terveysperusteisia.

Useissa julkisissa rakennuksissa yhdeksi mahdolliseksi sisäilmaongelmien aiheuttajiksi on epäilty erilaisia siivouskemikaaleja /1,2, 7/.

Rakennuksissa käytettyjen kemikaalien määrä ja laatu korostuivat energiatehokkuus-direktiivin (EPBD) (EU) 2018/844 myötä. Direktiivi edellyttää energian säästöä myös ilmanvaihdon osalta, jolloin ilmanvaihto on helposti alimitoitettu rakennuksen kemikaalikuormaan /9/ nähden.

Tutkimushankkeen tavoitteena oli selvittää oppilaitoksissa ja päiväkodissa käytettävien kemikaalien määrää ja laatua sekä erilaisten siivousmenetelmien ja siivouskemikaalien välittömiä ja välillisistä vaikutuksista sisäilman laatuun ja mikrobiomiin. Tässä julkaisussa käsitellään osaa tutkimustuloksista.

TUTKIMUSKOHTEET

Koko hankkeen tutkimuskohteina oli 13 lukiorakennusta ja yksi päiväkotiki ja yksi yliopiston rakennus. Kohteet sijaitsivat pääkaupunkiseudulta, kolmen eri kaupungin alueelta. Kenttätutkimuksiin (kemialliset, mikrobiologiset, ja toksikologiset tutkimukset) valituista koulurakennuksista toinen oli 16 vuoden ikäinen ja toinen perusparannettu 11 vuotta sitten. Päiväkoti oli väistötilana toimiva uudisrakennus. Tutkimuskohteet valittiin yhteistyössä kaupunkien kanssa hankkeen ohjausryhmässä. Kohteissa ei ollut tiedossa olevia sisäilmaongelmia.

TUTKIMUSMENETELMÄT

Kenttätutkimusten mittaukset tehtiin kolmessa eri vaiheessa aina kaksi viikkoa kerrallaan. Ennen toisen ja kolmannen vaiheen tutkimusjaksoa oli vuonna 2018 kahden ja vuonna 2019 neljän viikon siirtymäaika, jolloin käytössä oli tulevan tutkimusjakson aikainen siivousmenetelmä. Mittausaikataulut on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kenttätutkimusten aikataulu.

2018	Vaihe I		Vaihe II		Vaihe III	
	2.viikon jakso	hiihtoloma	2. viikon jakso	2.viikon jakso	2. viikon jakso	2.viikon jakso
Koulu 1	29.1.-13.2.		26.2. ->	12.3. ->	26.3. ->	9.4. - 23.4.
		19.2.-				
Koulu 2	30.1.-13.2.	25.2.	27.2.->	13.3. ->	27.3. ->	10.4. - 24.4.
Päiväkoti	31.1.-13.2.		28.2. ->	14.3. ->	28.3. ->	11.4. - 25.4.
	Tavallinen siivous		Kemikaaliton	Kemikaaliton	Tavallinen siivous	Tavallinen siivous
	Tutkimusjakso		ei tutkimuksia	Tutkimusjakso	ei tutkimuksia	Tutkimusjakso
2019	Vaihe I		Vaihe II		Vaihe III	
	2.viikon jakso	Joulu ja uusivuosi	4. viikon jakso	2.viikon jakso	hiihtoloma	4. viikon jakso
Koulu 1	3.12.-17.12.		7.1. ->			25.2. ->
		21.2.-				
Koulu 2	3.12.-17.12.	6.1.	7.1. ->		18.2.-24.2.	25.2. ->
Päiväkoti	3.12.-17.12.		7.1. ->			25.2. ->
	Tavallinen siivous		Kemikaaliton	Kemikaaliton		Tavallinen siivous
	Tutkimusjakso		ei tutkimuksia	Tutkimusjakso		ei tutkimuksia
					Tavallinen siivous	Tavallinen siivous
					ei tutkimuksia	Tutkimusjakso

Eri vaiheiden (I, II, III) aikana käytetyt siivousmenetelmät olivat:

I. Siivousmenetelmät ja –aineet olivat kohteen päivittäisessä käytössä olevia.

II. Siivouksessa ei käytetty ollenkaan kemikaaleja vaan ainoastaan vesijohtovettä ja uusia mikrokuitutuotteita sekä moppeja. Siivoustekstiilit pestiin omina koneellisinaan ja

pyykinpesuainetta käytetään minimiannostusmäärä. Aina ennen tutkimuskohteen siivoustehtävien pesemistä pyykinpesukoneella ajettiin välihuuteluohjelma.

III. Siivousmenetelmät ja –aineet olivat kohteen päivittäisessä käytössä olevia.

Käytetyt tutkimusmenetelmät on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. SIBI-hankkeessa toteutetut tutkimukset.

	Tutkimus	Tutkimusmenetelmä	Näyttemäärä (toteutettu 1 ja/tai 2 tutkimusvuoden aikana)
Kenttäkokeet: 2 lukiota ja päiväkotia	Kemialliset näytteet		
	VOC-yhdisteet	Ilmanäyte Tenax TA (8 l)	1 näyte / kohde / tutkimusjakso (1 & 2 v)
	Karboonyyliyhdisteet	Ilmanäyte Sep-Pak (100 l)	1 näyte / kohde / tutkimusjakso (1 & 2 v)
	Mikrobinäytteet		
	Elinkykyiset mikrobit ilmanäytteestä	RCS-keräin: 100 l TC liuskalla, 1000 l YM liuskalla, ulkonäytteet 100 l	1 näyte / kohde / liuska sisältä ja ulkoa kaikissa tutkimusjaksoissa (1 & 2 v)
	Mikrobien qPCR-analyysi	Laskeumamaljat: 6 maljaa / huone	6 huonetta kouluissa, 4 päiväkodissa (1 & 2 v)
	Mikrobien NGS-sekvensointi	Laskeumamaljat: 6 maljaa / huone	6 huonetta kouluissa, 4 päiväkodissa (2 v)
	Elinkykyiset mikrobit pölynäytteestä	Laskeumamaljat: 3 maljaa / huone	1 huone kouluissa ja päiväkodissa (2v)
	Toksisuusnäytteet		
	Huurreveden toksisuus	E-keräin	3 huonetta / kohde sekä ulkoilma (1 & 2 v)
	Online-mittaukset		
	TVOC, T, RH, CO ₂ , CO, CH ₂ O	Graywolf mittauspaketti: TG 501 ja IQ 610-anturit	1 huone / kohde, 2 viikon mittaus / tutkimusjakso (1 & 2 v)
	TVOC, T, RH, CO ₂ , CO	Smartwatcher-mittalaite	1 huone / kohde, 2 viikon mittaus / tutkimusjakso (1 & 2 v)
	Siivouksen laatu		
	Pintojen mikrobiologinen puhtaus	Hygicult TPC	10 näytettä / huone, 6 huonetta kouluissa ja 4 päiväkodissa (1 v)
Pintojen valkuaisainejäämät	PRO Clean - pintahygieniatesti	10 näytettä / kohde (1v)	
Haastattelut ja kyselyt: 13 lukiota ja päiväkotia	Kyselyt, haastattelut ja havainnointit		
	Siivouskemikaalit ja -menetelmät kohteissa	Haastattelu ja havainnointi	1 kerta / kohde (1 v)
	Oireolosuhde-haittakysely	Online-kysely	(1 v)

Ilmanäytteiden sytotoksisuustestaus

Sisäilman toksisuus testattiin altistamalla ihmisen THP-1 monosyyteistä erilaistettua makrofagisolua 24 tunniksi sisäilmasta kerätyille huurrevesinäytteille (Sisäilmatutkimuspalvelut Elisa Aattela Oy) ja mittaamalla solujen elävyys WST-1 – testillä. Altistettujen solujen elävyysprosentti määritettiin vertaamalla niitä altistamattomiin kontrollisoluihin. Tulosten tilastolliseen analysointiin käytettiin t-testiä. Sisäilmanäytteiden toksisuus tutkittiin kolmessa eri vaiheessa vuosien 2018 ja 2019 aikana Taulukon 1 mukaisesti. Näytteet kerättiin 3-4 luokasta. Sisäilmanäytteiden keruun yhteydessä kerättiin myös ulkoilmanäytteet.

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

VOC analyysit

Ilmanäytteiden TVOC-pitoisuudet olivat yleisesti matalia/normaaleja läpi mittausten, 5-50 µg/m³ kohteesta riippuen. Vaihtelu TVOC-pitoisuuksissa mittausjaksojen välillä oli pientä (n. 10-20 µg/m³), mutta suurimmat pitoisuudet kaikissa kohteissa mitattiin vesisiivouksen aikana. Jatkuvatoinisissa VOC mittauksissa ei havaittu selvää pitkäaikaista VOC pitoisuuksien nousua siivousjaksojen aikana, jotka olisivat olleet korkeampia kuin henkilöiden aiheuttamat VOC päästöt. Mittausjaksoissa VOC pitoisuuden nousut korreloivat henkilöiden määrään. Henkilöiden aiheuttamat VOC pitoisuuksien nousut ovat voineet aiheutua biopäästöistä kuten karbonyylit, alkyylialkoholit, aromaattiset alkoholit jne. sekä kosmetiikan ja hygieniatuotteiden käytöstä.

Mikrobiologiset analyysit

Bakteerimäärät olivat hieman korkeampia RCS mikrobikeräimellä TC liuskalle kerätyissä ilmanäytteissä kemikaalittoman siivouksen aikana verrattuna tavalliseen siivoukseen I mittausperiodilla 12/2017-04/2018, mutta samaa muutosta ei havaittu toisen mittausperiodin aikana 12/2018-04/2019. Johtuen eri tuloksista mittausperiodien välillä jäi epäselväksi, aiheutuiko muutos bakteerien määrässä eri siivousmenetelmistä. Mikrobien qPRC tulosten perusteella ei havaittu johdonmukaista pelkästään vedellä tapahtuvan siivouksen vaikutuksia mikrobiotasoihin laskeutuneessa pölyssä. Tiettyjen mikrobiryhmien vaihtelut tavallisen siivouksen ja intervention vaiheiden välillä johtuivat todennäköisesti ulkomikrobitasojen kausivaihteluista eikä siivoustoimenpiteistä.

Ilmanäytteiden sytotoksisuustestaus

Ensimmäisen tutkimusperiodin (vuonna 2018) toisella tavallisen siivouksen jaksolla mitattiin alhaisimmat sytotoksisuudet verrattuna muihin siivousjaksoihin. Ulkoilmasta kerättyjen vesinäytteiden sytotoksisuudet olivat samaa luokkaa kuin sisäilmasta kerättyjen vesinäytteiden kaikissa siivousjaksoissa, joten ulkoilmasta tiivistetyn veden sytotoksisuus saattoi osaltaan selittää sisäilmasta kerätyn veden sytotoksisuuden. Ilman suhteellisella kosteudella ja sytotoksisuudella näytti myös olevan yhteys; mitä korkeampi ilman suhteellinen kosteus, sen toksisempi näyte. Toisen tutkimusperiodin (vuonna 2019) aikana sisäilmasta kerätyn veden sytotoksisuuden taso oli kaikkienensa alhaisempi ensimmäiseen tutkimusperiodiin verrattuna. Sisäilman veden sytotoksisuudessa tapahtui pieni kasvu siirryttäessä kemikaalittomasta tavalliseen siivoukseen: Kemikaalittoman siivouksen aikana vain yhden luokan tiivistetty vesinäyte

kolmesta oli lievästi sytotoksinen, palattaessa tavalliseen siivoukseen kahden luokan tiivistetty vesinäyte kolmesta oli sytotoksisia. Molemmissa tapauksissa myös ulkoilmasta tiivistetty vesinäyte oli sytotoksinen. Sisäilman suhteellisessa kosteudessa ei tapahtunut muutosta eri siivousjaksojen aikana.

Siivouksen laatu

Mitatut mikrobimäärät vaihtelevat kohteiden, mittauspaikkojen ja –ajankohtien välillä. Ei huomattavissa olevia johdonmukaisuuksia eri siivousjaksojen välillä.

Haastattelu- ja havainnointitutkimukset

Tulokset on pääsääntöisesti käsitelty vuoden 2019 Sisäilmastoseminaarissa /10/ Siivousaineissa käytetyt tehoaineet olivat pääasiassa ionittomia tensidejä, joiden pitoisuus tiivisteissä vaihteli 5-30 %. Käyttöliuoksissa ohjeistuksen mukainen laimennos vaihteli 1-5 ml /1-5 litraan kohteesta ja käyttötarkoituksesta riippuen.

JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tulosten perusteella käytettäessä kemikaalitonta siivousta ei havaittu sisäilman mikrobien määrissä tai laadussa eroja verrattuna tavalliseen siivoukseen. Tämä voidaan tulkita siten että kemikaaliton siivous ei huononna sisäilman mikrobiologista laatua. Toisaalta se viittaa siihen, että kemikaaleilla tai niiden pitoisuudella, joita käytettiin siivouksessa, ei ollut vaikutusta yleisesti sisäilman mikrobiomiin. Havaitsimme laskeutuneiden pölyjen mikrobitasoissa suuria eroja tutkittujen rakennusten sisällä ja niiden välillä. Merkittävimpiä olivat päiväkodista mitatut moninkertaisesti korkeammat bakteeri- ja sienitasot verrattuna luokkahuoneisiin lukioissa. Havainto tiettyjen mikrobiryhmien vähentymisestä pelkällä vedellä siivouksen aikana tutkimusperiodi 2:ssa ei kuitenkaan selkeytynyt täysin tässä tutkimuksessa. Tämän havainto motivoi tulevaisuudessa mahdollisesti tehtävää tarkennettua tutkimusta.

Sisäilman toksisuudesta mittaa sisäilmasta kerätyn vedensytotoksisuutta näytteenottohetkellä, joten tulokseen vaikuttaa käytettyjen siivousaineiden lisäksi ja monet muuttujat kuten: tilan tuuletus, tilan käyttö eli oliko tila ollut tyhjillään vai oliko siellä juuri ollut ihmisiä (vaatteet, kemikaalit, kosmetiikka), onko tilassa käytetty liimoja, maaleja tai muita kemikaaleja, rakennusmateriaalien päästöt jne. Lisäksi tulokseen vaikuttaa ulkoilman kemialliset saasteet (riippuen tuuleuksesta, ilmanvaihdosta, korvausilman suodattuksesta jne). Jotta siivousmenetelmien vaikutus sisäilman veden toksisuuteen voitaisiin luotettavasti selvittää käytetyillä toksisuustestillä, pitäisi näiden muuttujien vaikutus pystyä eliminoimaan.

Tutkimuskohteissa tehtyjen haastattelujen tulokset olivat vastauksiltaan samankaltaisia ja kohteiden välillä ei havaittu merkittäviä eroja. Haastattelututkimuksen heikkouksena voidaan pitää sitä, että siivoustilanteesta saadut tiedot perustuvat haastateltavien sen hetkiseen kertomaan. Siivouskemikaalien käyttö oli vähäisempää kuin oli oletettu. Kohteissa käytettiin lisäostutukseen usein vain pelkkää vesijohtovettä. Siivoustiloissa säilytettiin jonkin verran vanhoja ja/tai muuten käytöstä poistettuja siivousaineita. Tämä voi johtaa harhaan runsaasta siivouskemikaalien käytöstä. Kaikissa kohteissa ei ollut tietoa meneillään olevasta hankkeesta, joten tiedottamiseen eri osapuolille pitää jatkossa kiinnittää enemmän huomiota. Lisäksi tutkimuksen kohteena oli vain osa rakennuksesta, joten samassa koulussa käytettiin samaan aikaan myös kemikaaleja ja koneellisia menetelmiä, vaikkei mittauksen kohteena olleissa luokissa niin tehtykään.

Tutkimusten perusteella voidaan selkeästi osoittaa lisätutkimuksen tarve helpommin kontrolloitavissa olosuhteissa.

Tarkemmin saatuihin tuloksiin voi tutustua hankkeen loppuraportin valmistuttua kevään 2020 aikana.

LÄHDELUETTELO

1. Nazaroff W., Weschler C. 2004. Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmospheric environment*. 38; issue 18. pp 2841-2865.
2. Nørgaard AW, Kudal JD, Kofoed-Sørensen V, Koponen IK, Wolkoff P. 2014. Ozone-initiated VOC and particle emissions from a cleaning agent and an air freshener: risk assessment of acute airway effects. *Environ Int*. 68:209-218.
3. Wessels S, Ingmer H. 2013. Modes of action of three disinfectant active substances: A review. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 67: 456–467.
4. Potera C. 2011. INDOOR AIR QUALITY: Scented Products Emit a Bouquet of VOCs *Environ Health Perspect*. 119: A16.
5. SFS 5967 (2010) Puhtausalan sanasto.
6. Kakko L., Koskinen M., Rynänen P. & Vainio A. (toim.) 2016. Siivous turvaa elin- ja työympäristösi turvallisuuden ja viihtyisyyden. <https://puhtausala.fi/tietoa-alasta/toimialatietoa>
7. Rufo J. C, Madureira J., Paciência I., Sousa J. R. B, Oliveira Fernandes E., Slezakova K., Pereira M. C., Aguiar L., Teixeira J. P., Pinto M., Delgado L., and Moreira A. 2016 Exposure to emissions from cleaning products in primary schools: A test chamber study. In book: *Occupational Safety and Hygiene IV* Edited by Pedro M. Arezes, etc. Press 2016 Pages 25–28.
8. Asumisterveysasetus. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. <http://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>
9. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844.2018 <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>
10. Kakko L, Reunanen E, Kylmäkorpi P, Alapieti T, Mikkola R, Andersson M, Leppänen H, Täubel M, Hyvärinen A ja Salonen H. Siivouskemikaalien ja –menetelmien käytön haastattelu ja havainnointi SIBI-hankkeen tutkimuskohteissa Sisäilmastoseminaari 2019. SIY raportti 37, p. 307-310.