

## HIMIKKO-HANKE SELVITTÄÄ ILMANPUHDISTIMIEN TOIMIVUUTTA EPÄPUHTAUKSIEN POISTAMISESSA KOULUISSA

Hanna Leppänen, Taina Siponen, Kaisa Jalkanen, Miina Juntunen, Pekka Taimisto, Tarja Yli-Tuomi, Martin Täubel ja Anne Hyvärinen

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

### TIIVISTELMÄ

Hankkeessa kerätään tietoa koulurakennusten sisä- ja ulkoilman hiukkaspitoisuuksista ( $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ ), mikrobeista (virukset, bakteerit ja sienet) ja kemiallisista yhdisteistä (VOC-yhdisteet). Luokkien siivoustasoa arvioidaan pintapölykertymämittauksilla ja ilmanvaihtoa mitataan, jotta myös näiden merkitys epäpuhtauksien hallintaan voidaan huomioida. Ilmanpuhdistimien (HEPA-suodatus ja adsorptiotekniikka) vaikutusta sisäilman epäpuhtauksien määrään selvitetään toistamalla mittaukset ilmanpuhdistimen ollessa käytössä sekä ns. nollatoiminnolla (pelkkä ilman kierrätys, ei suodatinta) ja vertaamalla tuloksia tilan taustapitoisuuksiin (ei ilmanpuhdistinta käytössä). Lisäksi opettajien ja oppilaiden kokemia olosuhdehaittoja ja oireita selvitetään päiväkirjan avulla.

### TAUSTAA

Ilmanpuhdistimia käytetään turvaamaan toimintaa sisäilmaongelmaisissa rakennuksissa, vaikka niiden tehokkuudesta tähän tarkoitukseen on vain vähän tutkittua tietoa käytännön olosuhteissa. Tämänhetkiset kokeelliset tutkimukset ovat puutteellisia osoittamaan ilmanpuhdistimien hyötyjä allergioita ja astmaa sairastaville, vaikka joitakin viitteitä hyödyistä on havaittu /1/. Tarvitaan lisää tutkimusta ilmanpuhdistimien tehokkuudesta vähentää sisäilman epäpuhtauksia ja niistä aiheutuvia vaikutuksia terveyteen. Tietoa voidaan käyttää ohjeistuksen luomiseen ilmanpuhdistimien oikeasta käytöstä ja kohdentamisesta erilaisissa sisäympäristöissä.

Liikenneympäristöissä, joissa myös koulut usein sijaitsevat, pakokaasupäästöt nostavat ultrapienien hiukkasten ( $PM_{0,1}$ ) ja pienhiukkasten ( $PM_{2,5}$ ) pitoisuuksia. Pienhiukkasia ja erityisesti suurempia hengitettäviä ( $PM_{10}$ ) hiukkasia syntyy myös ajoneuvojen ja tien pinnan kulumisen seurauksena.  $PM_{2,5}$  ja  $PM_{10}$  pitoisuuksien on havaittu olevan kouluympäristöissä pääasiassa sisälähteistä peräisin, kun taas ultrapieniä hiukkasia kuvaava hiukkasten lukumääräpitoisuus selittyy ulkolähteillä /2/. Tutkimusten mukaan kaupunki-ilman hiukkaset voivat aiheuttaa terveyshaittaa myös Suomen suhteellisen matalilla pitoisuuksilla /3,4/. Ajoneuvot tuottavat myös kaasumaisia ilmansaasteita, jotka kulkeutuvat usein tehokkaasti sisätiloihin. Lisäksi mm. siivouksessa käytettävät kemikaalit sekä rakennus- ja pintamateriaalit voivat toimia epäpuhtauslähteinä /5,6/. Sisäilmassa esiintyvät haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) voivat aiheuttaa ohimeneviä ärsytys- ja hengitystieoireita /7-9/. Yksittäisten VOC-yhdisteiden pitoisuudet ovat olleet kouluympäristöissä tyypillisesti matalia /5, 10-12/ ja alittaneet WHO:n /13/ raja-arvot. Sisäilman mikrobit ovat pääosin peräisin ulkoilmasta kulkeutuen mm. ilmanvaihdon sekä tilojen käyttäjien vaatetuksen välityksellä /14/. Myös ihmiset ovat merkittävä sisäilman bakteerien lähde /15/. Kosteusvaurioista

aiheutuva mikrobikasvu on yksi mahdollinen sisäilman mikrobilähde. Kosteusvauriot ovat astman riskitekijä ja voivat aiheuttaa hengitystieoireita /16/. Virusinfektioiden leviämistä mallintavissa tutkimuksissa koulujen on osoitettu olevan merkittävässä roolissa virusinfektioiden tartunnassa /17,18/.

Ilmanpuhdistimia käytetään vähentämään altistumista ja siihen liittyvää koettua oireilua /19/. Mekaanisella suodatuksella voidaan poistaa sisäilmasta hiukkasmaisia epäpuhtauksia mm. siitepölyä, huonepölyä, viruksia, bakteereita, homeitiöitä, eläinten hilsettä ja pienhiukkasia /20/. Suodattimet voivat toimia kasvualustana mikrobeille ja olla siten kontaminaatiolähde, joten niiden vaihtoväliin tulee kiinnittää huomiota. Adsorptiolla voidaan poistaa tehokkaasti erilaisia kemiallisia yhdisteitä /21/. Adsorboituneet yhdisteet voivat emittoitua uudelleen ja myös adsorbentit voivat toimia kasvualustana mikrobeille, joten niidenkin säännöllinen vaihto on tärkeää. Joidenkin ilmanpuhdistustekniikoiden haittapuolena ovat sivutuotteina syntyvät terveydelle haitalliset yhdisteet, mutta mekaanisessa suodatuksessa ja adsorptiossa ei näitä sekundääriepäpuhtauksia synny.

## TUTKIMUSKOHTEET JA MENETELMÄT

Tutkimus tehdään kuopiolaisissa kouluissa, joiden rakenteiden ja teknisten järjestelmien kunto tunnetaan. Tutkimukseen valitaan yhteensä 30 luokkatilaa 6 koulusta. Mittaukset tehdään pääasiassa normaaliluokissa ja lisäksi muutamassa käsityöluokassa, jotta altistumistilanteita pystytään arvioimaan laajemmin. Kenttämittaukset suoritetaan vuosien 2021–2022 aikana.

### Hiukkasmittaukset

PM<sub>2,5</sub>- ja PM<sub>10</sub>-massapitoisuuksien selvittämiseksi kerätään suodatinnäytteitä koulujen sisä- ja ulkoilmasta niiden pääasiallisina toiminta-aikoina Harvard-impaktoreilla. Suodatinkeräysten lisäksi jokaisessa kohteessa mitataan hiukkaspitoisuuksia jatkuvatoimisesti yhdessä luokahuoneessa sekä pihalla tarkemman vuorokaudenaikaisen pitoisuusvaihtelun selvittämiseksi.

### Mikrobimittaukset

Mikrobimäärityksiä varten kerätään sisäilman laskeutunutta pölyä standardoidusti petriمالjoille. Näytteistä eristetään DNA, jonka jälkeen bakteerien ja sienten pitoisuudet määritetään qPCR-menetelmällä. Bakteeri- ja sieniyhteisöjen sekvensointi tehdään Illumina MiSeq amplicon -tekniikalla, käyttäen bakteerien 16S rRNA geenin ja sienten ITS1 -aluetta. Hankkeessa määritetään myös yleisimpiä hengitystievirus PCR-menetelmillä. Näytemateriaaleina käytetään pääasiassa laskeutunutta pölyä, jonka lisäksi aerosolialtistumista pyritään määrittämään henkilökohtaisilla bioaerosolikeräimillä (UPAS) kerätyistä aktiivisista ilmanäytteistä.

### VOC-mittaukset

Näyteenkeräys VOC-yhdisteiden määrittämiseksi tehdään Radiello-passiivikeräimellä kahdesta luokkatilasta sekä ulkoa jokaisessa koulukohteesta. Näytteet analysoidaan kaasukromatografi-massaspektrometrillä määrittäen pitoisuus lähes 30 eri yhdisteelle yhtiötyökumppanin toimesta (VITO, Belgia).

Luokkien siivoustasoa arvioidaan pintapölykertymämittauksilla ja ilmanvaihtoa mitataan, jotta myös näiden merkitys epäpuhtauksien hallintaan voidaan huomioida. Myös luokkien käyttöastetta seurataan. Tiloja säännöllisesti käyttäville opettajille ja 3–6. luokan oppilaille annetaan täytettäväksi olosuhdehaittoja ja oireita selvittävä päiväkirja.

### **TUTKIMUSASETELMA**

Huoneilman puhdistimien (HEPA-suodatus ja adsorptio) toimivuuden arvioimiseksi mittaukset jokaisessa kohteessa jaetaan kolmeen kahden viikon tarkastelujaksoon: lähtötilanteen mittaukset ilman huoneilman puhdistinta, ilmanpuhdistin päällä normaalisti ja ilmanpuhdistin päällä ilman suodatinta, jolloin puhdistin ainoastaan kierrättää huoneilmaa. Toinen ja kolmas tarkastelujakso suoritetaan sokkoutetusti siten, etteivät tilassa oleskelevat tiedä, milloin puhdistimessa on suodatimet paikoillaan. Tutkimukseen on valittu mukaan ainoastaan laitevalmistajia, joilla on Kuopion Tilapalveluiden kilpailutuksessa hyväksytty puitesopimus ja jotka ovat käytössä entuudestaan kuopiolaisissa kouluissa. Ilmanpuhdistinten mitoituksessa on käytetty nykyistä mitoitusta kuvaamaan kuntien normaalia ilmanpuhdistimien käyttöä.

### **TUTKIMUKSESTA ODOTETTAVAT TULOKSET**

Tutkimuksessa syntyy kattava data-aineisto siitä, kuinka tiettyä tekniikkaa käyttävät ilmanpuhdistimet vähentävät erilaisia sisäilman epäpuhtauksia, kuten hiukkasia, mikrobeja sekä kemiallisia yhdisteitä. Hankkeessa saadaan tärkeää tietoa ilmanpuhdistimien käytön vaikutuksesta erilaisten sisäilma-altisteiden pitoisuuksiin sekä raportoituihin oireisiin ja olosuhteisiin kouluympäristössä.

Ilmanpuhdistimia käytetään yleisesti muun muassa kouluissa, joissa raportoidaan oireilua, vaikka niiden tehokkuudesta tähän tarkoitukseen on verrattain vähän tutkittua tietoa. Useimmat tutkimukset ilmanpuhdistimien tehosta on tehty kammioissa laboratorio-olosuhteissa, joissa olosuhteet ovat aivan erilaiset kuin esimerkiksi luokahuoneessa, jossa on paljon ihmisiä, erilaisia sisäilman epäpuhtauksia ja lisäksi ilmanvaihto voi poiketa suuresti kammion kontrolloiduista olosuhteista.

Tällä tutkimuksella tuotetaan tärkeää käytännön tietoa siitä, voidaanko ilmanpuhdistimilla koulujen muuttuvissa olosuhteissa vähentää altistumista erilaisille sisäilman epäpuhtauksille ja edelleen vähentää tilaa käyttävien henkilöiden kokemaa olosuhdehaittoja ja oireita. Tieto luo pohjaa aihetta koskevalle ohjeistukselle päätöksen teon tueksi ja auttaa kuntia ilmanpuhdistimien hankinta- ja vuokrauspäätöksissä. Tulosten avulla pystytään nykyistä paremmin ohjeistamaan ilmanpuhdistimien käytössä sekä kohdentamaan käyttö oikein ja näin ollen turvaamaan tiloissa oleskelu erilaisissa altistumisolosuhteissa.

### **KIITOKSET**

Haluamme kiittää Kuopion kaupunkia tutkimuskohteista sekä niiden teknisten järjestelmien ja rakenteiden kunnan raportoinnista. Haluamme kiittää hankkeen päärahoittajaa Työsuojelurahastoa (hanke 200355) sekä muita rahoittajia: ympäristöministeriötä, opetus- ja kulttuuriministeriötä, sosiaali- ja terveysministeriötä, Kuopion kaupungin tilakeskusta ja ympäristöterveydenhuoltoa. Kiitämme UniQAir Oy ja Inspector Sec Oy -laitevalmistajia ilmanpuhdistimien lainaamisesta tutkimukseen.

**LÄHDELUETTELO**

1. Institute of Medicine (IOM) (2000). Clearing the Air: Asthma and Indoor Air Exposures. Committee on the Assessment of Asthma and Indoor Air, Division of Health Promotion and Disease Prevention.
2. Morawska, L., Ayoko, G.A., Bae, G.N., Buonanno, G., Chao, C.Y.H., Clifford, S., Fu, S.C., Hänninen, O., He, C., Isaxon, C., Mazaheri, M., Salthammer, T., Waring, M.S. (2017) Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure. *Environment International*, 108:75-83.
3. Kettunen, J., Lanki, T., Tiittanen, P., Aalto, P., Koskentalo, T., Kulmala, M., Salomaa, V., Pekkanen, J. (2007) Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels. *Stroke*, 38:918-922.
4. Lanki, T., Pekkanen, J., Aalto, P., Elosua, R., Berglind, N., D'Ippoliti, D., Kulmala, M., Nyberg, F., Peters, A., Picciotto, S., Salomaa, V., Sunyer, J., Tiittanen, P., Von Klot, S., Forastiere, F. for the HEAPPS study group. (2006) Associations of traffic related air pollutants with hospitalisation for first acute myocardial infarction: the HEAPPS study. *Occupational & Environmental Medicine*, 63:844-851.
5. Zhang, G., Spickett, J., Rumchev, K. et al. (2016) Indoor environmental quality in a 'low allergen' school and three standard primary schools in Western Australia. *Indoor Air*, 16 (1):74-80.
6. Mendel, M.J. (2007) Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: a review. *Indoor Air* 17 (4): 259-277.
7. SCHER Scientific Committee on Health and Environmental Risks. Opinion on risk assessment on indoor air quality. 29 May 2007.
8. Hulin, M., Simoni, M., Viegi, G., Annesi-Maesano, I. (2012). Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *Eur Respir J*, 40(4):1033-45.
9. Bernstein, J.A., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I.L., Fritz, P., Horner, E., Li, N., Mason, S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A., Tarlo, S.M. (2008) The health effects of non-industrial indoor air pollution. *J Allergy Clin Immunol.*, 121(3):585-91.
10. Smedje, G., Norback, D., Edling, C. (1997) Subjective indoor air quality in schools in relation to exposure. *Indoor air*, 7(2):143-150.
11. Godwin & Batterman. (2007) Indoor air quality in Michigan schools. *Indoor Air*, 17(2):109-21.
12. Zhong, L.X., Su, F.C., Batterman, S. (2017) Volatile Organic Compounds (VOCs) in Conventional and High Performance School Buildings in the US. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1).
13. World Health Organization. (2010). In: World Health Organization Regional office for Europe (Ed.), WHO Guidelines for indoor Air Quality: Selected pollutants. Copenhagen.

14. Meadow, J.F., Altrichter, A.E., Kembel, S.W., Kline, J., Mhuireach, G., Moriyama, M., Northcutt, D., O'Connor, T.K., Womack, A.M., Brown, G.Z., Green, J.L. and Bohannon, B.J.M. (2014) Indoor airborne bacterial communities are influenced by ventilation, occupancy, and outdoor air source. *Indoor Air*, 24:41-48.
15. Täubel, M., Rintala, H., Pitkäranta, M., Paulin, L., Laitinen, S., Pekkanen, J., Hyvärinen, A., Nevalainen, A. (2009) The occupant as a source of house dust bacteria. *J Allergy Clin Immunol.*, 124(4):834-40.
16. World Health Organization. (2009) WHO Guidelines for indoor air quality: dampness and mould.
17. Ferguson, N., Cummings, D., Fraser, C., Cajka, J., Cooley, P., Burke, D. (2006) Strategies for mitigating an influenza pandemic. *Nature*, 442(27).
18. Zivkovic Gojovic, M., Sander, B., Fisman, D., Krahn, M., Bauch, C. (2009) Modelling mitigation strategies for pandemic (H1N1) 2009. *CMAJ*, 181 (10).
19. Hyvärinen, A., Marttila, T., Kero, P., Pekkanen, J., Ung-Lanki, S., Lampi, J., Leppänen, H., Jalkanen, K., Turunen, M., Haverinen-Shaugnessy, U., Annala, P., Suonketo, J., Niemi, J. (2017) Avaimet terveelliseen ja turvalliseen rakennukseen (AVATER) – Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2017.
20. EPA. United States Environmental Protection Agency. (2009). Residential Air Cleaners (Second Edition): A Summary of Available Information. EPA 402-F-09-002.
21. Chen, W., Zhang, J., Zhang, Z. (2005). Performance of Air Cleaners for Removing Multiple Volatile Organic Compounds in Indoor Air. *ASHRAE Transactions* 111(1):1101-1114.

# SISÄILMASTOSEMINAARI 2022

Messukeskus  
15.3.2022



Sisäilmayhdistys ry

SIY Raportti 40

# **SISÄILMASTOSEMINAARI 2022**

15.3.2022

Toimittajat:

Mervi Ahola  
Anna Merikari

Sisäilmayhdistys ry

Puheenjohtaja prof. Risto Kosonen  
Toiminnanjohtaja DI Mervi Ahola

Sisäilmastoseminaarin ohjausryhmä 2022:

Mervi Ahola  
Kati Huttunen  
Anne Hyvärinen  
Paavo Kero  
Hanna Keränen  
Anne Korpi  
Hannu Koskela  
Risto Kosonen  
Katri Leino  
Tero Marttila  
Sami Niemi  
Pertti Pasanen  
Juha Pekkanen  
Anna-Mari Pessi  
Anna Saarinen  
Heidi Salonen  
Piia Sormunen  
Jorma Säteri  
Marianna Tuomainen  
Katja Tähtinen  
Tuula Vasankari  
Kirsi Villberg  
Aki Vuokko  
Mika Vuolle  
Leif Wirtanen

Sisäilmayhdistys raportti 40

SISÄILMASTOSEMINAARI 2022  
Mervi Ahola ja Anna Merikari (toim.)

Kannen kuva: Ympäristöministeriö, tekijä 3Dolli Oy  
artikkelista *Ympäristöministeriön hanke koulurakennusten korjausten visualisoimisesta*

Artikkeleiden sisällöstä vastaavat kirjoittajat, eikä niitä ole vertaisarvioitu.

SIY Sisäilmatieto Oy  
ISSN 1237-1866  
ISBN 978-952-5236-53-8  
Painopaikka Grano Oy, Vaasa