

Myrkyllisessä sisäilmassa

työskentelee sairaita ihmisiä

■ **Professori Mirja Salkinoja-Salosen tutkimusryhmä uskoo osoittaneensa suoran yhteyden sisäilman toksisuuden ja tiloja käyttävien ihmisten terveyshaittaoireiden väliltä. Helsinkiläiskouluissa tehty pioneiritutkimus on herättänyt vilkasta keskustelua.**

**Teksti ja kuvat:
Teija Horppu**

Professori **Mirja Salkinoja-Salosen** johtamassa kaksoissokkotutkimuksessa etsittiin keinoja, joiden avulla sisäilmaongelmaisten kiinteistön remontti voitaisiin kohdistaa oikeaan paikkaan. Samalla selvitettiin, onko toksisten sisätilanäytteiden ja tiloja käyttävien ihmisten terveyshaittaoireiden välillä korrelaatiota.

Helsinkiläisten koulujen luokkatiloista kerättiin pöly- ja mikrobinäytteitä, joiden toksisuus tutkittiin laboratoriossa. Lisäksi kerättiin tietoa opettajien kokemista terveyshaittaoireista. Tutkimuksen rahoittivat Helsingin kaupunki ja Työsuojelurahasto.

Helsingin kaupunki toivoi tutkimuksesta mittaria, jolla laittaa kiireellisyysjärjestykseen sisäilmaongelmaisten rakennusten korjaukset. Mirja Salkinoja-Salosen mielestä tavoite saavutettiin: ”Samasta sisätilasta otettujen näytteiden laboratoriossa todettu toksisuus on toimiva työkalu, kun halutaan tunnistaa terveyshaittaoireita aiheuttavat tilat.”

”Tässä ja useissa muissa tutkimuksissa sisätila- ja mikrobinäytteen toksisuuden suora mittaus on osoittautunut keinoksi tunnistaa nisäkässoluille myrkyllisten aineiden sekä niitä tuottavien mikrobin läsnäolo ja määrä.”

Valtavasta tietomäärästä on ehditty analysoida vasta osa. ”Nyt on ajettu yhteen koulun ja oireiden korrelaatio. Yhteen pitäisi ajaa myös tilan ja oireiden korrelaatio.”

**Toxtest-hanke
valinnan äärellä**

Toksiinitutkimukset ovat kiistelty aihe

tutkijoiden ja viranomaisten keskuudessa. Yksimielisiä ollaan siitä, että tarvitaan vahva näyttö, ennen kuin jokin tutkimusmenetelmä voidaan ottaa viranomaiskäyttöön. Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) ympäristöterveysyksikön johtaja **Jari Keinänen** pitää tuoretta tutkimusta lupaavana.

”Salkinoja-Salosen mukaan tulokset osoittavat toksisuuden ja oireiden korrelaation, ja korrelaatio havaittiin nyt ensimmäisen kerran.”

”Kuten normaalistikin tutkimustyössä, tuloksia voidaan pitää luotettavina vasta, kun ne pystytään toistamaan toisen tutkimusryhmän tutkimuksessa. Koska tutkimus ei ollut kliininen, aineistolla ei pystytty osoittamaan toksisuuden ja erilaisten oireiden välistä syy-seuraussuhdetta.”

Työterveyslaitoksen mukaan verrokkituloksia voidaan odottaa Toxtest-hankkeen vertailevasta tutkimuksesta. Siihen valitaan kosteusvaurioisia kohteita, joissa ihmiset ovat oireilleet, ja kontrollikohteiksi terveitä kohteita, joissa ei ole oireiltu. Kohteista kerättävien pölynäytteiden toksisuus analysoidaan useilla menetelmillä, myös Helsingin yliopiston siirtömenetelmällä. Lopuksi tarkastellaan, kuinka hyvin eri menetelmät pystyvät erottelemaan toisistaan sairast ja terveet kohteet.

Tulosten perustella valitaan yksi tai

”Ongelmana on, ettei tiedetä, mille ihmiset yksittäisessä kohteessa ovat herkistyneet.”

Kosteus- ja hometalkoot

- Vuonna 2009 käynnistetty, ympäristöministeriön vetämä ohjelma.
- Vauhdittaa rakennuskannan tervehdyttämistä, tuottaa uutta tietoa, taitoa ja työkaluja eri toimijoiden käyttöön sekä vaikuttaa asenteisiin.
- Pyrkii löytämään suoraan käytäntöön vietäviä ratkaisuja ja toimintamalleja.
- Yhteistyötä mm. ministeriöiden, valtionhallinnon, kuntasektorin, yritysten ja järjestöjen kanssa.
- Lisätietoja: www.hometalkoot.fi.

kaksi tutkimusmenetelmää, joiden kehittämistä jatketaan. Lisäksi arvioidaan, voidaanko sisäilman toksisuudelle asettaa viitearvot.

Työterveyslaitos ei vielä muuta kannanottoaan

Työterveyslaitoksen (TTL) vuoden 2010 kannanotossa ei suositella toksisuuden tai mikrobitoroksiinien määrittämistä osana sisäilmaongelmien tunnistamista tai terveyshaitan arviointia. TTL ei aio muuttaa kannanottoaan yksittäisen tutkimuksen pohjalta, mutta päivittää sitä, kun luotettava tutkimustietoa tulee tarpeeksi.

”Salkinoja-Salosen käyttämä menetelmä on lupaava. Alan kannalta on ratkaisevaa, jos Toxtest-hankkeessa saadaan tutkimustuloksia, jotka puoltavat toksisuuden hyödyntämismahdollisuuksia”, sanoo tutkimusprofessori **Harri Alenius**.

”Viranomainen joutuu harkitsemaan asioita hyvin tarkkaan. Se ei tarkoita sitä, että vähätelisimme jonkin tutkimusryhmän tuloksia. Päinvastoin kaikki toivovat, että sopiva tutkimusmenetelmä löydetään.”

STM:n Jari Keinästä harmittaa, että Salkinoja-Salosen tutkimuksen oirekyselyssä käytettiin sitä varten tehtyä omaa kyselyä. ”Tulosten vertailtavuuden kan-



Mirja Salkinoja-Salonen sai itsekkin tuntumaa terveysoireisiin. Eräässä koulussa hän näki näytteitä kerätessään useita henkilöitä, joilla oli verestävät silmät. Myöhemmin samana päivänä tutkijattava ihmetteli, mikä kollegalla oli hätänä – professorin toinen silmä oli muuttunut tomaatinpunaiseksi.



Joskus puhdistimet helpottavat tilannetta, joskus jopa pahentavat.



nalta olisi ollut parempi, että olisi käytetty esimerkiksi Örebro-kyselyä.”

TTL on vastikään laatinut ohjeet konsulttipalvelujen tilaamisesta sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi. Ne neuvovat miten edetä, jos epäilee työpaikalla sisäilmasto-ongelmaa, millaista asiantuntijapalvelua pitää tilata ja kuka on pätevä asiantuntija.

”Ongelmien ratkaisun edellytys on, että tilaaja osaa tilata tarvittavan palvelun ja saa vertailukelpoisia tarjouksia”, sanoo TTL:n vanhempi asiantuntija **Eero Palomäki**.

Ilmanpuhdistinten toimivuus tutkimatta

Sisätilojen ilmanlaatua arvioivat terveystarkastajat eivät ota huomioon toksisuusarvoja, sillä Suomessa ei ole määritelty, mitä pitää mitata, kun halutaan arvioida tilojen kuntoa terveyden kannalta. Tilojen käyttäjien terveyshaittaoireet saattavat jatkua myös korjausten jälkeen, vaikka sisäilma täyttäisi viralliset hyvän sisäilman kriteerit.

Viranomaisten viilattaessa kantojaan sisäilmaongelmaisissa kouluissa sinnitelään. Moni koulu turvautuu ilmanpuhdistimiin, joita markkinoilla on puolisen tusinaa erilaista.

Tutkimissaan kouluissa Mirja Salkinoja-Salonen näki monenlaisia puhdistimia. ”On tapauksia, joissa ilmanpuhdistimista on ollut apua. Suomessa ei kuitenkaan ole tutkittu, mikä puhdistin auttaa parhaiten.”

Kosteus- ja hometalkoiden ohjelmapäällikkö **Juhani Pirinen** kertoo, että joskus puhdistimet helpottavat tilannetta, joskus jopa pahentavat. Hän pitää suurena puutteena sitä, ettei laitteita ole tutkittu autenttisissa homevauriokohteissa.

”Kokemusten mukaan puhdistimet auttavat oireisiin, jotka liittyvät hiukkasiin. Jos taas oireet liittyvät kaasuihin tai toksiineihin, laitteista ei välttämättä ole apua. Ongelmana on, ettei tiedetä, mille ihmiset yksittäisessä kohteessa ovat herkistyneet.”

Samantapainen ongelma liittyy homeen desinfiointi- ja puhdistusmenetelmiin. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos ei suosittele esimerkiksi otsonoinnin käyttöä, koska ei tiedetä, voiko otsonointi pilkkoa yhdisteitä uusiksi myrkyllisiksi yhdisteiksi.

”Haluaisimme tutkia, mitkä menetelmät toimivat. Suomesta ei kuitenkaan löydy tahoja, joka rahoittaisi tutkimusta



Mirja Salkinoja-Salonen

Mirja Salkinoja-Salonen on ympäristökysymysten menestyneimpiä suomalais-tutkijoita. Hän on mm. kehittänyt saastuneiden maiden mikrobiologisen puhdistusmenetelmän ja tutkinut mikrobien tuottamia myrkyjä. Eläkkeelle siirryttyään hän on jatkanut tutkimustyötään.

- Syntynyt 1940. Luonnontieteiden kandidaatiksi 1963.
- Amsterdamissa Vrije Universiteitissa 1963–1973.
- Helsingin yliopiston mikrobiologian apulaisprofessori 1973–1992, professori 1992–2008.
- Suomen Akatemian akatemiaprofessori 1995–2000.



Helsinki-läiskoulun seinästä kerätty kipsimururinäyte.

siitä, toimiiko jokin laite vai ei”, Pirinen ihmettelee.

Korjauksia ilman yhteistä näkemystä

Sisäilmaongelmaisista kouluista riittää Suomessa riesaksi asti. Silti kiinteistöjä korjataan näppituntumalla ilman varmaa tietoa, missä ongelmapesäke sijaitsee ja minne korjaus pitäisi kohdentaa.

Tampereen teknillisessä yliopistossa viime syksynä valmistunut **Paavo Kerön** diplomityö antaa karun kuvan kuntien kiinteistöjen kosteus- ja homevaurioiden selvittämisestä ja korjaamisesta.

Yhteinen näkemys puuttuu, ja eri osapuolten lausunnot ovat ristiriitaisia. Yksimielisyyttä ei aina ole edes siitä, mitä pitäisi tutkia ja miten mittaustuloksia tulkitä, eikä korjauksia osata laittaa tärkeysjärjestykseen.

Ongelmakouluja korjataan paljon, mutta usein korjaus epäonnistuu. Joitain rakennuksia on korjattu kolmekin kertaa, mutta ongelmat ovat vain jatkuneet. Lopulta toimiva koulurakennus on purettu.

Tärkeää olisi, että ongelmapesäke saataisiin kerralla kuntoon. Korjattava kiinteistön kohta pitäisi saada paikannettua täsmällisesti ja luotettavasti.

”Ongelmat eivät jakaudu samassa

Näin tutkimus tehtiin

Mirja Salkinoja-Salosen johtama sisäilman toksisuustutkimus on tiettävästi maailman suurin. Mukana oli 403 opetustilaa 15 helsinkiläiskoulusta, joista osan tiedettiin kärsivän sisäilmaongelmista. Terveyshaittakyselyn vastaajiksi hyväksyttiin vakituiset opettajat, jotka olivat työskennelleet samassa tilassa ainakin yhden lukuvuoden ajan vähintään seitsemän tuntia viikossa. Näitä vastauksia saatiin 382 opettajalta.

Kaikista opetukseen liittyvistä tiloista kerättiin kolme näytettä, joista yksi oli yli 1,5 metrin korkeudelta kerätty yläpinnapöly ja kaksi yhden oppitunnin aikana avoimiin viljelymaljoihin laskeutuneita näytteitä.

Kaksoissokkotutkimuksessa näytteenottaja ja laboratoriohenkilöstö eivät tieneet, oliko työpisteessä oireiltu, eikä oirekyselyn täyttänyt opettaja tiennyt työpisteensä toksisuutta. Kun toksisuusanalyysit ja terveyshaittakyselyn tulokset olivat valmistuneet, niiden koodit avattiin ja tutkittiin, missä määrin terveystaiteiden esiintyvyys korreloi

näytteiden toksisuuden kanssa.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin toksisuuden vastehakuista mittausta. Menetelmä sopii tilanteisiin, joissa ei etukäteen tiedetä, mitkä aineet voivat aiheuttaa haitallisen lopputuleman.

Näytteiden toksisuus mitattiin yläpölyjen etanoliutteesta ja laskeumamaljojen kasvustoista neljän viikon kasvatuksen jälkeen sian siittiöillä toteutetuilla solutesteillä. FT, mikrobiologi **Maria A. Andersson** ja Mirja Salkinoja-Salonen ovat kehittäneet näytteiden keruumenetelmät ja toksisuuden tutkimusmenetelmät.

Solutoksikologisessa mittauksessa vaurio voidaan todeta tunneissa tai vuorokausissa. Menetelmällä saadaan selville sellaisiakin solutason vaurioitavia mekanismeja, jotka ilmenevät ihmisessä tai eläimessä hitaasti tai joille koe-eläimet eivät ole herkkiä.

Toksisuuden kriteerinä oli, että sisätilapölyn tai laskeumaviljelmien tai molempien tehollinen toksisuus eli EC_{50} -arvo oli korkeintaan 12 mikrogrammaa millilitrassa. EC_{50} -arvo kuvaa pienintä



Sian siittiöillä toteutettu solutoksikologinen mittaus myötäilee EU:n Reach-kemikaaliasetusta, joka edellyttää eläinkokeiden vähentämistä.

ympäristöaltisteen pitoisuutta, jolle altistettuna yli puolet soluista vaurioituu.

”Ilmastointi kuljettaa toksiineja myös tiloihin, joissa toksisuuden aiheuttajaa ei ole.”

Näin toksiinit ja oireet korreloivat

Terveyshaittaoireiden yliesiintyvyyttä havaittiin koulurakennuksissa, joista toksista pölyä tai toksiinia tuottavia mikrobikasvustoja löytyi useammasta kuin joka kolmannelta työtilasta. Edellytyksenä oli, että yli 10 työtilaa tutkittiin.

Terveyshaittaoireita koskevassa kyselyssä usein yliesiintyviä terveystaiteita olivat kipu, sairauden tunne, silmä- ja niveleoireet sekä neurologiset oireet. Alla olevat luvut on pyöristetty lähimpään prosenttiyksikköön.

Sisätilanäytteiden toksisuus ja terveystaiteet

- Kun näytteistä vähintään kolmannes oli toksisia, jopa lähes 60 %:lla oli silmäoireita ja jopa yli 35 %:lla niveleoireita.
- Kun näytteistä alle kolmannes oli toksisia, korkeintaan 25 %:lla oli silmäoireita ja 15 %:lla niveleoireita.

Toksiset pölyt ja terveystaiteet

- Kun toksisia pölyjä löytyi viidestä tai useammasta työtilasta, jopa lähes 80 %:lla oli silmäoireita ja jopa 65 %:lla sairauden tunnetta.
- Kun toksisia pölyjä löytyi alle viidestä työtilasta, korkeintaan noin 30 %:lla oli silmäoireita ja noin 30 %:lla sairauden tunnetta.



Laskeumamaljat altistettiin tunnin ajan mikrobeille, joita kasvatettiin neljän viikon ajan ennen toksisuuden mittausta.

Näytteet eniten toksisia (5 koulua, laskeumamaljanäytteistä 66 % toksisia)

- Keskimäärin 35 %:lla oli sairauden tunnetta.
- Keskimäärin 49 %:lla oli silmäoireita.

Näytteet vähiten toksisia (5 koulua, laskeumamaljanäytteistä 22 % toksisia)

- Keskimäärin 9 %:lla oli sairauden tunnetta.
- Keskimäärin 19 %:lla oli silmäoireita.

Eniten toksisia yläpölyjä (4 koulua, 10–15 toksista yläpölyä/koulu)

- Keskimäärin 24 %:lla oli sairauden tunnetta.
- Keskimäärin 21 %:lla oli yleiskunnon laskua.

Vähiten toksisia yläpölyjä (6 koulua, vähemmän kuin 5 toksista yläpölyä/koulu)

- Keskimäärin 9 %:lla oli sairauden tunnetta.
- Keskimäärin 12 %:lla oli yleiskunnon laskua.



Maria A. Andersson (vas.) ja Mirja Salkinoja-Salonen kehittävät näytteiden keruumenetelmät ja toksisuuden tutkimusmenetelmät.



kiinteistössä tasaisesti. Toksisuuden lähde on yhdessä tilassa, mutta ilmastointi kuljettaa toksiineja myös tiloihin, jossa toksisuuden aiheuttajaa ei ole”, Mirja Salkinoja-Salonen sanoo.

”Ongelmapesäkkeen löytämiseksi kiinteistön joka tilasta pitäisi ottaa 5–10 näytettä, joista yksi tuloilmaventtiin suulta.”

Ohje homerakenteiden puhdistamisesta

Kun korjausta vaativa kohta on saatu varmistetuksi, on tiedettävä, mitä rakenteille pitää tehdä. Suomen Sisäilma-keskus kokoaa yhteistyössä Kosteus- ja homealkoiden kanssa homevaurioisten rakenteiden puhdistusohjetta, joka valmistuu tänä keväänä.

Puhdistus on vain yksi korjausprosessin palanen. Sitä ennen pitää poistaa kaikki vaurioon johtaneet syyt sekä poistettavissa olevat vaurioituneet materiaalit. Erityisen tärkeää on poistaa materiaalit, joita ei voida puhdistaa. Näitä ovat esimerkiksi paperi, vanhat purut ja kutterilastut sekä kipsilevyn kaltaiset yhdistelmäateriaalit.

Vaurioituneet materiaalit, joita ei voida poistaa, puhdistetaan mahdollisimman hyvin. Menetelmiä ovat mekaaninen puhdistus, pölyn poisto, pyyhintä ja desinfiointi. Turvaavina lisätoimina käytetään tarpeen ja kohteen mukaan rakenteellisia ratkaisuja, kuten kapselointia ja tuulettuvia rakenteita.

Yleisimpiä rakenteiden materiaaleja ovat betoni, tiili, puu, muovi ja metallit.

”Kullakin materiaalilla on niiden käsitelyyn vaikuttavia erilaisia ominaisuuksia.

Esimerkiksi puu toimii kasvualustana, kun taas metallin pinnalla kasvusto tapahtuu sille kertyneessä pölyssä”, kuvailee ohjeistoa kokoava tutkimusinsinööri **Petri Hartikainen**.

Ohjeistusta on koottu hakemalla tutkimustuloksia ja kokemuksia hyväksi havaituista puhdistustavoista. Haasteena on tutkimustiedon pirstaleisuus, eikä kaikista materiaaleista ole löytynyt tutkittua tietoa. □

Kirjoittaja on vapaa toimittaja. teija.horppu@thor-viestinta.fi

Tutkimustiimit

Toksisuustutkimukset:

- PhD, professori Mirja Salkinoja-Salonen
- FT, mikrobiologi Maria A. Andersson
- FM, biokemisti, laboratoriopäällikkö Katri Nelo
- FM, kemisti, tutkijakoulutettava Pekka J. Salin

Terveyshaittakyselytutkimus:

- TkT, yliopettaja Manne Hannula
- LL, korva-, nenä- ja kurkkutautien erik.lääk. Tuomas Holma
- LK Janne T. Salin
- LT, professori Ville Valtonen

”Merkittävä lisä menetelmävalikoimaan”

Helsingin kaupunki on tyytyväinen koulujen sisäilmasta ja henkilökunnan terveyshaittaoireista tehtyyn tutkimukseen.

”Toivomme, että tutkimuksesta on hyötyä toksisuustutkimusmenetelmän kehittämisessä. Uskomme, että lähitulevaisuudessa se on yksi merkittävä lisä menetelmävalikoimassa, kun tutkimme kiinteistöjen sisäilmaongelmia”, sanoo Helsingin kaupungin kiinteistöpäällikkö **Sari Hildén**.

Tutkimusaineiston analysointi on vielä kesken, eikä kaupunki ole vielä saanut kaikkea oleellista tietoa, kuten tilakohtaisia tuloksia. Tutkimuksesta on kuitenkin jo saatu arvokasta tietoa, jonka perusteella se voi kohdentaa jatkoselvityksiä.

”Saimme vahvistusta arvioillemme joidenkin koulujen sisäilmaongelmista, mutta myös muutama yllätys tuli puoleen ja toiseen. Olemme jo näiden tulosten pohjalta käynnistäneet kohteissa lisäselvityksiä, joiden perusteella ryhdytään tarvittaviin korjauksiin”, Hildén kertoo.

Helsingin kaupunki on vuosia tutkinut kiinteistöjään perinteisillä tutkimusmenetelmillä ja korjannut sisäilmaongelmia vuosittain kymmenillä miljoonilla euroilla.

Esimerkki tyypillisestä ongelmasta ovat 1960–70-luvun kiinteistöjen ulkoseinän eristeistä löytyvät mikrobit. Kukaan ei pysty sanomaan, pitääkö eristeet uusia vai onko osa mikrobeista normaalia mikrobikasvustoa.

”Tuhlaammeko rahaa väärin paikkoihin, jos puramme ulkoseinän ulko-verhouksen ja uusimme eristeen, vai poistammeko sisäilmaongelman aiheuttajan?” Hildén havainnollistaa.