

Kati Huttunen, Hanna Leppänen, Anniina Salmela, Miina Juntunen, Merja Korkalainen, Martin Täubel, Anne Hyvärinen, Juha Pekkanen ja Anne M. Karvonen

Kosteusvauriot ja niissä viihtyvät mikrobit – riski terveydelle?

Sisäympäristöissä niin työpaikoilla kuin asunnoissakin esiintyy erilaisia epäpuhtauksia ja muita tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa ohimeneviä ärsytys- tai yleisoireita tai lisätä riskiä sairastua kroonisesti. Kosteusvauriot lisäävät erityisesti hengitystieoireiden ja -sairauksien riskiä. Lisärisikin aiheuttajana on pidetty kosteusvaurion mahdollistamaa mikrobikasvua, mutta viime vuosikymmeninä kertynyt tutkimusnäyttö ei tue tätä näkemystä ja syytekijät ovat edelleen tuntemattomia. Epäiltäessä kosteusvauriota ensisijainen tutkimus on rakennustekninen tarkastus. Jos kosteusvaurio on todettavissa aistinvaraisesti tai kosteusmittauksin, mikrobien tarkemmasta määrittämisestä ei ole lisähyötyä: oleskelu- ja työtilojen kosteusvauriota pidetään lain mukaan mahdollisena terveyshaittana riippumatta mikrobien määrästä tai laadusta. Terveysperusteisten raja-arvojen määrittämiseksi kosteusvaurioiden terveysvaikutuksia määrittävistä tekijöistä tarvitaan lisätietoa.

Huonon sisäilman syynä ovat useimmiten rakennuksen riittämätön ilmanvaihto, puutteellinen siivous, kuiva ilma tai liian korkea lämpötila, jotka lisäävät yleis- ja ärsytysoireita. Yksi oireiluun yhdistetyistä tekijöistä on kosteusvaurioituneen rakennusmateriaalin yhteys oleskelutiloihin. Sen saattavat aiheuttaa esimerkiksi maaperästä nouseva kosteus, vuotava katto tai putkirikko.

Vaikka kosteusvaurioiden yhteydestä terveysriskeihin tiedetään jo paljon, on vielä epäselvää, mitkä tekijät niitä aiheuttavat ja millä mekanismeilla vaikutukset välittyvät. Rakenteiden liiallinen kosteus voi johtaa mikrobivaurioon eli homesienistä, hiivoista ja bakteereista koostuvaan kasvustoon sekä lisätä rakennusmateriaalien hajoamista ja niiden kemiallisia päästöjä. Kosteusvauriorakennusten haitallisten vaikutusten on tämän vuoksi arvioitu liittyvän lisääntyneeseen altistumiseen eri epäpuhtauksille, erityisesti mikrobeille, niiden aineenvaihduntatuotteille sekä materiaalien kemikaalipäästöille. Ympäristön mikrobien tiedetään kuitenkin vaikuttavan terveyteen positiivi-

sestikin, eikä kosteusvaurioituneiden rakennusten mikrobien määrä tai laatu vaikuta selittävän havaittuja terveydellisiä haittoja.

Vaikka sisäilmaan liittyvän oireilun yleisimpiä syitä ovat ilmanvaihdon puutteisiin liittyvät tekijät, erityisesti kosteusvaurioiden ja niissä viihtyvien indikaattorimikrobien terveysriskit ovat saaneet julkisuudessa paljon huomiota. Viime vuosina aiheesta on julkaistu paljon uutta tutkimustietoa.

Miten kosteusvaurioituneessa rakennuksessa oleskelu vaikuttaa terveyteen?

Rakennusten kosteusvaurioiden on havaittu olevan astman riskitekijä, ja ne ovat yhteydessä myös alahengitystieoireisiin kuten yskään, hengenahdistukseen ja hengityksen vinkumiseen (1,2). Tyypillisiä kosteusvaurioihin yhteydessä olevia ylähengitystieoireita ovat nenän tukkoisuus tai vuotaminen, kurkkukipu ja käheys (3). Vahvin näyttö on kodin näkyvien kosteusvaurioiden yhteydestä astman pahenemisen

ja uuden astman riskin lisääntymiseen, vaikka syysuhdetta ei ole vielä voitu todeta (4–8). Myös hengitystieinfektiot ja allerginen nuha ovat kosteusvauriorakennuksissa tavallista yleisempiä, joskin ne ovat mahdollisesti sekoitettavissa muihin samankaltaisia hengitysteiden oireita aiheuttaviin tekijöihin (3).

Kosteusvauriorakennuksissa asuvilla useimmin tavatut hengitystie-, silmä- ja iho-oireet sekä yleisoireet kuten päänsärky ja väsymys ovat valtaosalla lieviä ja helpottavat yleensä rakennuksesta poistumisen jälkeen. Pitkittyneissä ja eri elinryhmiin yleistyneissä oireissa voi olla kyseessä jopa ympäristöherkkyyden kriteerit täyttävä toiminnallinen häiriö (3,9).

Onko kosteusvaurion sijainnilla, laajuudella tai vakavuudella merkitystä?

Kosteusvaurioihin mahdollisesti liittyvistä terveyshaitoista eniten tutkimusnäyttöä on kertynyt astmaan sairastumisen riskistä, johon kosteusvaurion sijainnin tiedetään vaikuttavan. Riski on sitä suurempi, mitä enemmän tilassa oleskellaan, eli suurin riski on makuuhuoneessa, seuraavaksi suurin pääasiallisissa oleskelutiloissa ja pienin muissa sisätiloissa (10,11). Yhteys astmaan on havaittu monissa uusissa seurantatutkimuksissa, jotka perustuvat kosteusvaurion objektiiviseen toteamiseen eli ne eivät ole alttiita muistiharhalle kuten vanhemmat tutkimukset (7). Altistumisen todennäköisyyteen vaikuttaa kosteusvaurion sijainnin lisäksi yhteys pääasiallisiin oleskelutiloihin: käytännössä vauriolla voi olla altistumisen kannalta merkitystä vain, jos vauriopaikasta on ilmayhteys oleskelutiloihin.

Riskin suuruuteen vaikuttaa myös se, onko kosteusvaurio tunnistettu näkyvän kosteusvaurion, näkyvän homekasvuston vai homeen hajun perusteella. Esimerkiksi tuoreessa pitkittäistutkimusten meta-analyysissa kosteusvaurio (riskisuhde 1,13), näkyvä home (1,34) ja homeen haju (1,48) olivat astman riskitekijöitä, kun ne perustuivat kaksiluokkaihin (kyllä tai ei) muuttujiin (7). Vaurion laajuuden tai vakavuuden annosvasteesta ei kuitenkaan ole riittävää tutkimusnäyttöä, koska vain harvassa

tutkimuksessa on käytetty esimerkiksi vaurion pinta-alaan perustuvaa moniluokkaista altistumisen arviota (12).

Altistumisen arvioinnin kannalta on siis tärkeää huomioida sekä kosteusvaurion sijainti rakennuksen eri tiloissa että ilmayhteys. Terveysperusteisten raja-arvojen määrittämiseksi tarvitaan lisää tietoa annosvastesuhteesta, eli lisää tutkimuksia, joissa vaurioiden laajuutta ja vakavuutta kuvaavat muuttujat on luokiteltu yksityiskohtaisemmin.

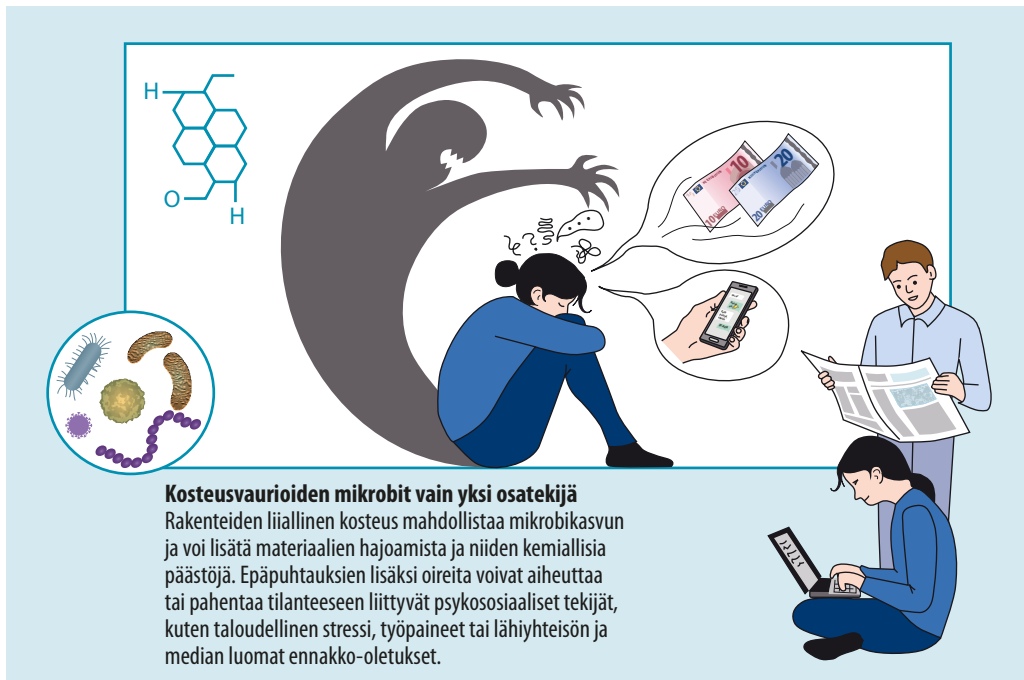
Millä mekanismeilla kosteusvauriot voivat aiheuttaa haittaa terveydelle?

Kosteusvaurioihin liittyvien terveyshaittojen arvioinnin keskeinen ongelma on puutteellinen tieto niiden syntymekanismeista. Kosteusvaurioihin liittyy mikrobien lisäksi muitakin mahdollisesti terveydelle haitallisia altisteita, kuten materiaalipäästöjä, jotka muiden sisäympäristön altisteiden ja psykososiaalisten tekijöiden ohella voivat myötävaikuttaa oireiden syntyyn (**KUVA**).

Vaurioituneista materiaaleista haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) joukossa on limakalvoja ärsyttäviä, herkistäviä ja jopa karsinogeenisiä yhdisteitä. Näiden pitoisuudet ovat kuitenkin tyypillisesti selvästi terveysperusteisia raja-arvoja pienempiä myös rakennuksissa, joissa epäillään sisäilmaongelmaa (13,14). Eurooppalaisessa tutkimuksessa toimistotyypissä ympäristöissä VOC-pitoisuuksien suuren tuessa myös oireiden todennäköisyys lisääntyi, mutta vastaavia tai merkittävämpiä oireiden riskitekijöitä olivat esimerkiksi henkilökohtaiset tekijät ja työn kuormittavuus (15).

Kosteusvaurioituneissa rakennuksissa esiintyvillä mikrobeille herkistyminen on mahdollista, mutta homeallergia on oireiden syynä vain harvoin. Kosteusvaurioituneissa rakennuksissa viihtyvälle *Aspergillus fumigatus* -home sienelle herkistyneitä on Suomessa vain muutamia prosentteja, eikä allergeenien välisen ristireagoinnin vuoksi allergian aiheuttajaa välttämättä edes tunnisteta oikein (16–18).

Tuoreessa suomalaistutkimuksessa kosteusvaurioihin liittyvien oireiden vuoksi eri-



KUVA. Kosteusvaurioihin liittyvien terveysriskien monet syyt.

koissairaanhoitoon tulleissa potilaissa ei ollut enempää *Aspergillus fumigatus* -homeelle herkistyneitä kuin verrokkiryhmässä. Myöskään potilaiden seerumin IgE-vasta-ainepitoisuudet kahdeksaa kosteusvauriorakennuksissa esiintyvää mikrobia vastaan eivät olleet suurentuneet, joten allergiategiä arvioitiin olevan tarpeettomia oireiden selvityksessä (17,19).

Jotkin sisäympäristön mikrobeista ovat opportunistisia taudinaiheuttajia eli voivat käynnistää infektion immuunipuutteisissa yksilöissä. Infektion aiheuttava mikrobi voi teoriassa olla peräisin myös kosteusvauriosta, mutta mikrobin alkuperää olennaisempi tekijä on potilaan haavoittuvainen tila. Infektioille altistavia tekijöitä ovat muun muassa immunosuppressiohoidot, vakavat hengitystiesairaudet tai keuhkovauriot. Näitä infektioita esiintyy lähes yksinomaan sairaalaympäristöissä ja rajallisissa potilasryhmissä (8).

Mikrobien rakennekomponenteilla ja toksisilla aineenvaihduntatuotteilla tiedetään olevan laaja kirjo haitallisia ominaisuuksia. Eläin- ja solukokeissa niiden on havaittu lisäävän tulehdusreaktioita ja solukuolemaa sekä voimistavan toistensa vaikutuksia, kun useam-

malle tekijälle altistutaan yhtä aikaa (19,20). Kosteusvauriorakennusten astmariskin arvellaankin liittyvän mikrobien ylläpitämään epäspesifiseen tulehdusreaktioon (17,21). Erityisen suurille mikrobimäärille altistuvilla tavataan myös allergista alveoliittia ja orgaanisten pölyjen aiheuttamaa toksista oireyhtymää (ODTS). Tällöin kyseessä on lähes poikkeuksetta ammattialtistuminen esimerkiksi homehtuneen orgaanisen materiaalin käsittelyssä. Mikrobien ja niiden aineenvaihduntatuotteiden pitoisuudet kosteusvauriorakennuksissa ovat kuitenkin useita kertaluokkia terveystuotteisiin liitettyjä pienempiä (3,8).

Rakennukseen liittyvien epäpuhtauksien lisäksi oireita voivat aiheuttaa tai pahentaa niin yksilölliset kuin psykososiaalisetkin tekijät, kuten sosiaalinen ja taloudellinen stressi tai ennako-oletukset haittavaikutuksista. Oireet voivat pitkittyä aivojen stressijärjestelmien häiriinnyttyä esimerkiksi neurogeenisen tulehduksen ja keskushermoston herkistymisen vuoksi (3). Sisäilmaan liittyvän oireilun ja sairastumisen uusi hoitosuositus käsittelee laajasti potilaan oikeanlaista kohtaamista ja psykoedukaatiota keinoina hillitä toiminnallisten mekanismien

Ydinasiat

- ▶ Kertyneen tutkimustiedon mukaan mikrobien osuus kosteusvaurioiden terveysriskeissä vaikuttaa luultua vähäisemmältä.
- ▶ Huolelliset rakennustekniset tutkimukset ovat mikrobimittauksia hyödyllisempiä kosteusvaurioiden terveydellisen merkityksen arvioinnissa.
- ▶ Kosteusvauriomikrobeille ei ole terveysperusteisia raja-arvoja, koska terveysriskeihin liittyviä mikrobiston komponentteja ei ole tunnistettu pitoisuuksien ollessa sisäympäristöissä tavattavia.
- ▶ Kosteusvaurioiden ehkäisy ja korjaaminen pidentävät rakennusten käyttöikää sekä hyödyttävät käyttäjien hyvinvointia.

osuutta oireilussa (3). Jos keskushermosto on herkistynyt jollekin ympäristökijälle, oireilu voi laajentua koskemaan muitakin tekijöitä. Esimerkiksi kosteusvaurioihin liittyvän oireilun vuoksi erikoissairaanhoidon vastaanotolle tulleista 39 % diagnosoitiin kemikaaliherkiksi, kun vertailuryhmässä esiintyvyys oli 10 % (17,19).

Selittävätkö mikrobit kosteusvaurioihin liittyviä terveysriskejä?

Kosteusvaurioiden tiedetään lisäävän mikrobien määrää, joten kosteusvauriorakennusten terveysriskien todennäköisimpänä syynä on pidetty bakteereita ja sieniä (1,22,23). Sisäympäristön mikrobistoon vaikuttavat kosteusvaurioiden lisäksi muutkin asiat kuten rakennuksen ikä, käyttötarkoitus ja sijainti, henkilöiden määrä ja tiheys sekä lemmikkieläimet.

Tuoreessa systemoidussa kirjallisuuskatsauksessa ei löydetty mikrobia tai mikrobimerkkiainetta, joka olisi ollut johdonmukaisesti yhteydessä kosteusvaurioon tai terveysvaikutuksiin, vaikka tutkimuksissa oli mukana yhteensä tuhansia mikrobeja tai mikrobimarkkereita ja yli sata terveyspäätetapahtumaa (24). Mikrobien

osuutta kosteusvaurioiden terveyshaittoihin selvitettiin vain yhdessä tutkimuksessa, jossa havaittiin *Sphingomonas*-bakteerisuvun ja gramnegatiivisten bakteerien merkkiaineen, endotoksiinin, selittävän noin kolmasosan kosteusvaurion ja hengitystieoireiden välisestä yhteydestä (25).

Toisaalta sisäympäristön mikrobit voivat myös vaikuttaa positiivisesti terveyteen, joten mikrobien määrästä ei voida suoraan päätellä sisäympäristön haitallisuutta. Epidemiologisissa tutkimuksissa on havaittu, että kosteusvauriorakennusten tapaan myös karjatiloilta mikrobimäärät ovat suuremmat kuin muissa rakennuksissa, mutta karjatiloilta kasvaneilla lapsilla on vähemmän astmaa ja allergisia sairauksia kuin muilla lapsilla (26). Kodin mikrobiston maatilamaisuus ja erityisesti ulkoa sisälle kantautuvat maaperän mikrobit suojaavat astmaan sairastumiselta myös kaupunkikodeissa. Ympäristön biodiversiteetti vaikuttaa ihmisen omaan mikrobiomiin ja immuunisäätelyyn, mikä voisi selittää havaittuja terveyshyötyjä (27).

Päätelmien tekeminen kosteusvauriomikrobien terveysvaikutuksia selvittävästä tutkimuksesta on vaativaa, koska eri maiden rakennuskanta on erilainen ja tutkimuksissa käytetyt menetelmät sekä mikrobinäytteiden keräyksessä että niiden analysoinnissa vaihtelevat. Tutkimuksissa rakenteita ei myöskään ole avattu kosteusvaurion laajuuden toteamiseksi. Vaikuttaa siltä, että mikrobit eivät ole ainakaan voimakkain kosteusvaurioiden haittavaikutuksia selittävä tekijä, mutta vaihtelevien menetelmien ja tutkimuskohteiden vuoksi ei ole mahdollista tarkemmin määrittää, kuinka suuri niiden osuus on.

Kuinka rakennuksen mikrobivaurioita selvitetään?

Rakennuksen sisäpinnalla todettu korjaamaton kosteus- tai lahovaurio on syy käynnistää tarkemmat selvitykset ja tarvittavat korjaukset mahdollisen terveysriskin poistamiseksi. Ensimmäinen selvittämiskeino on rakennustekninen tutkimus, jossa asiantuntija arvioi tilojen ja rakenteiden kuntoa aistinvaraisesti ja kosteusmittausin sekä tarvittaessa rakenteita avaamalla.

Jos rakennusmateriaalissa tai sen pinnalla epäillä mikrobikasvua, jota ei voida aistinvaraisesti todeta, voidaan rakennusteknisen selvityksen tueksi ottaa mikrobiologisia näytteitä. Sisäilmatilanteiden terveydellisen merkityksen arvioinnissa mikrobimittauksilla katsotaan olevan merkitystä lähinnä kosteusvaurion todentamisessa, ei niinkään sairastumisen vaaran arvioinnissa (8,28).

Eniten käytettyjä mikrobien analyysimenetelmiä ovat rakennusmateriaaleista tehtävät laimennossarja- ja suoraviljelymenetelmät, joihin on saatavilla laajat vertailuaineistot. Kohteista voidaan kerätä myös pintasively- tai ilmanäytteitä, mutta niissä on huomioitava, että näytteen mikrobisto voi olla peräisin muistakin normaaleista lähteistä kuten ulkoilmasta (29). Nämä viranomaiskäyttöön soveltuvat menetelmät on kuvattu asumisterveysasetuksen soveltamishjeessa (30), mutta myös muita vertailuaineistojen perusteella luotettavaksi osoitettuja menetelmiä voidaan käyttää. Vertailuaineistoja on kerätty esimerkiksi qPCR-menetelmällä, jolla voidaan havaita myös elinkykynsä menettäneet mikrobit.

Mikrobien rakennekomponenttien, mikrobittoksiinien ja mikrobien tuottamien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (MVOC) määrittämiselle, sekvensointimenetelmälle tai sisäympäristöstä kerätyn näytteen toksisuudelle ei ole olemassa riittävän laajoja vertailuaineistoja, joiden avulla epänormaalit määrät voitaisiin tunnistaa. Ilman vertailuaineistojen perusteella määritettyjä tulkintarajoja ne eivät sovellu viranomais-toimintaan (29,31).

Mitä indikaattorimikrobien esiintymisestä voidaan päätellä?

Kosteusvaurioindikaattoreiksi kutsutaan mikrobeja, joiden esiintymisen on ajateltu viittaavan kosteusvaurion olemassaoloon. Ne ovat muiden rakennuksissa esiintyvien mikrobien tapaan yleensä peräisin ulkoilmasta ja maaperästä, mutta ne viihtyvät hyvin kosteusvaurioituneiden rakennusten tarjoamissa olosuhteissa. Ensimmäinen kansainvälisen tutkijaryhmän laatima konsensuslista indikaattorimikrobeista julkaistiin vuonna 1992, ja suomalaiset tutki-

jaryhmät ovat myöhemmin täydentäneet listaa yleisesti kosteusvaurioituneissa rakennuksissa havaituilla mikrobeilla.

Useita kosteusvaurioindikaattorina pidettyjä mikrobeja ei havaita nykyisissä rakennusmateriaalinäytteissä ollenkaan tai niiden esiintyvyys on erittäin vähäistä (32). Tulkinta mikrobikasvusta tehdäänkin yleensä kokonaismikrobipitoisuuden perusteella, ja näytteessä esiintyvien mikrobien lajeja tarkastellaan ainoastaan, kun mikrobipitoisuus ei riitä osoittamaan mikrobikasvua selvästi. Valtaosassa näytteistä mikrobikasvu on joko selvää tai sitä ei havaita lainkaan (32). Indikaattorimikrobien havainnoimisesta on siis harvoin hyötyä mikrobikasvun määrittämisessä.

Julkisuudessa eräät indikaattorimikrobit, kuten aktinomykeetit eli sädesieniksi kutsuttu *Actinomycetales*-suvun bakteerien ryhmä, ovat saaneet maineen terveydelle erityisen haitallisena mikrobiryhmänä. Aktinomykeetit ovat biologisesti aktiivinen ryhmä, joka tuottaa useita aineenvaihduntatuotteita. Aktinomykeetti-itiöt lisäävät tulehdusreaktioita koe-eläinten keuhkoissa, mutta vaikutus on havaittu vasta pitoisuuksien ollessa paljon suurempia kuin rakennusten sisäympäristöissä tavataan (33).

Kosteusvauriorakennuksissa esiintyvien aktinomykeettien yhteydestä terveyteen on ristiriitaisia tuloksia. Joissakin tutkimuksissa niiden on todettu olevan yhteydessä suurentuneeseen uloshengityksen huippuvirtauksen (PEF) arvojen vaihteluun sekä granulomatoottisen sairauden kaltaisiin oireisiin aikuisilla sekä lasten alahengitystieoireiden ja astman riskin lisääntymiseen (34–36). Toisaalta myös viitteitä suojaavista vaikutuksista on löytynyt, sillä suurentuneen aktinomykeettipitoisuuden on havaittu liittyvän sekä lasten että aikuisten parempaan hengitysteiden terveyteen (36–38).

Joissain yksittäisissä tapauksissa kosteusvaurioindikaattorimikrobit kuten aktinomykeetit voivat siis auttaa tunnistamaan kosteusvaurioituneen rakennuksen, mutta niiden esiintymisen kosteusvauriokohteessa ei osoita terveydelle haitallisempaa altistumista, eikä esimerkiksi IgG-vasta-ainemäärityksestä ole hyötyä altistumisen arvioinnissa (3).

Voidaanko sisäympäristön mikrobeille määrittää terveysperusteisia raja-arvoja?

Terveysperusteisten raja-arvojen määrittämiseksi pitäisi pystyä määrittämään vaikutuksen annosvaste ja tunnistaa tarkemmin, millainen mikrobisto on terveydelle haitallinen. Nykyisin käytössä olevat toimenpiderajat perustuvat mikrobien esiintymiseen tausta-aineistossa eli niiden avulla tunnistetaan epätyypillisiä olosuhteita, ei terveysvaikutuksia aiheuttavia pitoisuuksia. Sisäympäristön mikrobisto vaihtelee paljon rakennuksen sijainnin, mittauksen ajankohdan ja rakennuksen käyttäjien mukaan (39). Runsaaseen mikrobistoon on liitetty sekä haitallisia että suojaavia terveysvaikutuksia (40). Yksinomaan mikrobien kokonaismäärän tai yksittäisten lajien esiintymisen perusteella ei siis pystytä määrittämään terveydelle haitallisen altistumisen rajaa, josta terveysperusteisen raja-arvon voisi johtaa.

Asumisterveysasetus säätelee Suomessa kotien ja muiden oleskelutilojen sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä, kosteusvauriot mukaan lukien. Kosteusvaurion mahdollisesti aiheuttaman terveyshaitan selvittämiseen

ja ehkäisemiseen velvoittaa jo aistinvaraisesti todettu korjaamaton kosteusvaurio, joka on ilmayhteydessä oleskelutiloihin (30). Jos kosteusvaurio on osoitettu ja sille altistuminen on mahdollista, ei terveyshaittaa arvioiva terveys- ja suojeluviranomainen tarvitse toimenpiteisiin velvoittamista varten mikrobimittauksia, koska ne eivät vaikuta terveydellisen merkityksen arviointiin.

Lopuksi

Hyvä ja viihtyisä sisäympäristö on merkittävä tekijä tilan käyttäjien toimintakyvyn ja terveyden edistämiseksi, joten havaittuihin epäkohtiin on puututtava asianmukaisesti. Vaikka tutkimusnäyttö kosteusvauriorakennusten mikrobikasvun haitallisesta vaikutuksesta terveyteen on luultua heikompaa, on todennäköistä, että kosteusvauriot lisäävät erityisesti hengitystieoireilua ja astman riskiä. Kosteus- ja mikrobivaurioita tulee siksi ehkäistä kiinnittämällä huomiota hyvään rakennustapaan ja rakennuksen jatkuvaan ylläpitoon sekä riittävään huoltamiseen. Hyvin rakennetut ja huolletut rakennukset säästävät pitkällä aikavälillä myös taloudellisia resursseja ja luonnonvaroja. ■

KATI HUTTUNEN, FT, dosentti, erikoistutkija

HANNA LEPPÄNEN, FT, erikoistutkija

ANNIINA SALMELA, FT, RTA, erikoistutkija

MERJA KORKALAINEN, FT, dosentti, erikoistutkija

MARTIN TÄUBEL, FT, dosentti, johtava tutkija

ANNE HYVÄRINEN, FT, tutkimusprofessori, yksikönpäällikkö

ANNE M. KARVONEN, FT, dosentti, johtava tutkija

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, elintavat ja elinympäristöt -yksikkö

MIINA JUNTUNEN, FM, tutkija

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, elintavat ja elinympäristöt -yksikkö

Itä-Suomen yliopisto, ympäristö- ja biotieteiden laitos

JUHA PEKKANEN, LKT, professori

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, elintavat ja elinympäristöt -yksikkö

Helsingin yliopisto, kansanterveystieteen osasto

VASTUUTOIMITTAJA

Seppo Meri

SIDONNAISUUDET

Kati Huttunen: Hankkeet (Sisäilma ja terveys: potilaiden diagnosointi, hoito ja kuntoutus -työryhmä, Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Hanna Leppänen: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Anniina Salmela: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Miina Juntunen: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Merja Korkalainen: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Martin Täubel: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Anne Hyvärinen: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Juha Pekkanen: Luentopalkkio/asiantuntijapalkkio (Lääkäripäivät, RATEKO), hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

Anne M. Karvonen: Hankkeet (Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma)

KIRJALLISUUTTA

1. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Geneva: World Health Organization 2009.
2. Tischer C, Täubel M, Kirjavainen PV, ym. Early-life residential exposure to moisture damage is associated with persistent wheezing in a Finnish birth cohort. *Pediatr Allergy Immunol* 2022;33:e13864.
3. Sisäilmaan liittyvän oireilun ja sairastumisen hoitosuositus. Lääkärin tietokannat. Terveysportti. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2024. www.terveysportti.fi/apps/dtk/ltk/article/hsu00028.
4. Mendell MJ, Mirer AG, Cheung K, ym. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect* 2011;119:748–56.
5. Quansah R, Jaakkola MS, Hugg TT, ym. Residential dampness and molds and the risk of developing asthma: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2012;7:e47526.
6. Caillaud D, Leynaert B, Keirsbulck M, ym. Indoor mould exposure, asthma and rhinitis: findings from systematic reviews and recent longitudinal studies. *Eur Respir Rev* 2018;27:170137.
7. Agache I, Canelo-Aybar C, Annesi-Maesano I, ym. The impact of indoor pollution on asthma-related outcomes: a systematic review for the EAACI guidelines on environmental science for allergic diseases and asthma. *Allergy* 2024;79:1761–88.
8. Hurraß J, Heinzow B, Walser-Reichenbach S, ym. AWMF mold guideline “Medical clinical diagnostics for indoor mold exposure” – update 2023 AWMF register no. 161/001. *Allergol Sel* 2024;8:90–198.
9. Pekkanen J, Salmela A, Hyvärinen A, ym. Faktantarkistusta: sisäilma ja terveys. *Duodecim* 2023;139:31–7.
10. Karvonen AM, Hyvärinen A, Korppi M, ym. Moisture damage and asthma: a birth cohort study. *Pediatrics* 2015;135:e598–606.
11. Pekkanen J, Hyvärinen A, Haverinen-Shaughnessy U, ym. Moisture damage and childhood asthma: a population-based incident case-control study. *Eur Respir J* 2007;29:509–15.
12. Mendell MJ, Macher JM, Kumagai K. Measured moisture in buildings and adverse health effects: a review. *Indoor Air* 2018;28:488–99.
13. Wallenius K, Hovi H, Mahiout S, ym. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyypisissä työympäristöissä: päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Tietoa työstä. Helsinki: Työterveyslaitos 2021.
14. Juntunen M, Salmela A, Jalkanen K, ym. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet asunnoissa: Pitoisuustasot, yleisimmät yhdisteet ja terveysvaikutukset. *Työpäperi* 5/2022. Helsinki: Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2022.
15. Sakellaris I, Saraga D, Mandin C, ym. Association of subjective health symptoms with indoor air quality in European office buildings: the OFFICAIR project. *Indoor Air* 2021;31:426–39.
16. Heinzerling LM, Burbach GJ, Edenharter G, ym. GA2 LEN skin test study I: GA2LEN harmonization of skin prick testing: novel sensitization patterns for inhalant allergens in Europe. *Allergy* 2009;64:1498–506.
17. Nynäs P, Vilpas S, Kankare E, ym. Clinical findings among patients with respiratory symptoms related to moisture damage exposure at the workplace—the SAMDAW study. *Healthcare* 2021;9:112.
18. Fukutomi Y, Taniguchi M. Sensitization to fungal allergens: Resolved and unresolved issues. *Allergol Int* 2015;64:321–31.
19. Nynäs P, Vilpas S, Kankare E, ym. Laboratory test results in patients with workplace moisture damage associated symptoms—the SAMDAW study. *Healthcare* 2023;11:971.
20. Korkalainen M, Täubel M, Naarala J, ym. Synergistic proinflammatory interactions of microbial toxins and structural components characteristic to moisture-damaged buildings. *Indoor Air* 2017;27:13–23.
21. Vincent M, Corazza F, Chasseur C, ym. Relationship between mold exposure, specific IgE sensitization, and clinical asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2018;121:333–9.
22. Jayaprakash B, Adams RI, Kirjavainen P, ym. Indoor microbiota in severely moisture damaged homes and the impact of interventions. *Microbiome* 2017;5:138.
23. Mendell MJ, Adams RI. The challenge for microbial measurements in buildings. *Indoor Air* 2019;29:523–6.
24. Lahdensivu J, Pakkala T, Pikkuvirta J, ym. Rakennusten kosteusvauriot ja ylläpönneminen muuttuvassa ilmastossa - RAIL. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:2. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia 2023.
25. Adams RI, Leppänen H, Karvonen AM, ym. Microbial exposures in moisture-damaged schools and associations with respiratory symptoms in students: a multi-country environmental exposure study. *Indoor Air* 2021;31:1952–66.
26. von Mutius E, Vercelli D. Farm living: effects on childhood asthma and allergy. *Nat Rev Immunol* 2010;10:861–8.
27. Roslund MI, Parajuli A, Hui N, ym. A placebo-controlled double-blinded test of the biodiversity hypothesis of immune-mediated diseases: environmental microbial diversity elicits changes in cytokines and increase in T regulatory cells in young children. *Ecotoxicol Environ Saf* 2022;242:113900.
28. Reijula K, Korenius P, Keränen H, ym. Terveydellisen merkityksen arviointi sisäilmatilanteissa. Tietoa työstä. Helsinki: Työterveyslaitos 2022.
29. Leppänen H, Jalkanen K, Salmela A, ym. Mikrobikasvuston selvittämisessä käytettävät menetelmät kosteusvauriokohteissa: kirjallisuuskatsaus. *Työpäperi* 56/2022. Helsinki: Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2022.
30. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa IV, Asumisterveysasetus § 20. Ohje 8/2016. Helsinki: Valvira 2016.
31. Mahiout S, Korkalainen M, Wallenius K, ym. Miksi sisäilman haitallisuutta ei voida arvioida toksisuusteesteillä. *Duodecim* 2019;135:735–43.
32. Viljamaa A, Leppänen H, Jalkanen K, ym. Kosteusvaurioindikaattorimikrobin rooli mikrobikasvuston määrittämisessä rakennusmateriaalista: aineistokatsaus. *Työpäperi* 53/2022. Helsinki: Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2022.
33. Jussila J, Pelkonen J, Kosma VM, ym. Systemic immunoresponses in mice after repeated exposure of lungs to spores of *Streptomyces californicus*. *Clin Vaccine Immunol* 2003;10:30–7.
34. Järvi K, Hyvärinen A, Täubel M, ym. Microbial growth in building material samples and occupants’ health in severely moisture-damaged homes. *Indoor Air* 2018;28:287–97.
35. Hyvärinen A, Sebastian A, Pekkanen J, ym. Characterizing microbial exposure with ergosterol, 3-hydroxy fatty acids, and viable microbes in house dust: determinants and association with childhood asthma. *Arch Environ Occup Health* 2006;61:149–57.
36. Park JH, Cox-Ganser JM, White SK, ym. Bacteria in a water-damaged building: associations of actinomycetes and non-tuberculous mycobacteria with respiratory health in occupants. *Indoor Air* 2017;27:24–33.
37. Johansson E, Reponen T, Vesper S, ym. Microbial content of household dust associated with exhaled NO in asthmatic children. *Environ Int* 2013;59:141–7.
38. Simoni M, Cai GH, Norbäck D, ym. Total viable molds and fungal DNA in classrooms and association with respiratory health and pulmonary function of European schoolchildren. *Pediatr Allergy Immunol* 2011;22:843–52.
39. Nevalainen A, Täubel M, Hyvärinen A. Indoor fungi: companions and contaminants. *Indoor Air* 2015;25:125–56.
40. Kirjavainen PV, Hyytiäinen H, Täubel M. The environmental microbiota and asthma. Kirjassa: Cox MJ, Ege MJ, Von Mutius E, toim. *The lung microbiome*. Lausanne: European Respiratory Society 2019.