

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuja artikkeleita](#)

Kosteus- ja homevauriot

Eero Palomäki, arkkitehti

Tutkimusinsinööri, Tampereen aluetyöterveyslaitos

eero.palomaki@occuphealth.fi

1 Kosteus- ja homevauriot rakennuksissa

1.1 Kosteusvaurioiden yleisyys

Jokainen rakennus tarvitsee seuranta- ja huolto- ja korjauksia pysyäkseen kunnossa. Selvitysten mukaan kosteusvaurioiden määrä ja niiden aiheuttamat terveyshaitat ovat kuitenkin valitettavan yleisiä. Tämä kertoo, että suunnittelussa ja rakennusvaiheessa on tehty virheitä ja kunnossapidosta on tingitty.

Viime vuosina on julkaistu useita suomalaisia tutkimuksia, joissa on selvitetty kosteusvaurioiden yleisyyttä rakennuskannassamme. Pientalo- ja kartoittaneessa tutkimuksessa todettiin, että tutkituista rakennuksista 82 % :ssa oli kosteusvaurio (Partanen ym. 1995). Kerrostaloja kartoittaneen tutkimuksen tulokset olivat varsin samansuuntaiset, 60 %:ssa tutkituista kerrostaloasunnoista todettiin kosteusvaurio (Koivisto ym. 1996). Myös päiväkodeissa (Jaakkola ym. 1994) ja kouluissa (Teijonsalo ym. 1991, Loikkanen ym. 1997) tehdyissä kartoituksissa on kosteusvaurioita löytynyt yli puolessa tutkituista rakennuksista.

1.2 Mikä on kosteus- ja homevaurio?

Määritelmän mukaan kosteusvaurio tarkoittaa rakenteen tai materiaalin liian korkeaa kosteuspitoisuutta. Kosteusvaurion olemassaolo ei siis edellytä kosteuden aiheuttamaa havaittavaa vauriota, vaan jo kosteuspitoisuuden nouseminen niin korkeaksi, että vaurioituminen pidemmällä aikavälillä on todennäköistä, voidaan katsoa kosteusvaurioksi (Torikka ym. 1999).

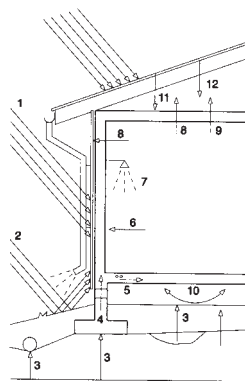
Homevauriolla tarkoitetaan pinnan tai materiaalin poikkeavasti kohonnutta mikrobipitoisuutta (kontaminaatio). Koska mikrobeja ja itiöitä on periaatteessa kaikkialla, voidaan kontaminaationa pitää tilannetta, jossa esiintyy ei-toivottua mikrobikasvua tai -solukkoa.

1.3 Kosteusvaurioiden syntymekanismit

Kosteus rasittaa rakennusta ja rakenteita monesta erilaisesta sekä rakennuksen sisä- että ulkopuolisesta kosteudenlähteestä. Kuvassa 1 esitetään erilaisia kosteudenlähteitä.

Kosteuden kertyminen rakenteisiin on aina virhe. Vaurio syntyy rakennusfysikaalisten lainalaisuuksien mukaisesti riippumatta siitä, mikä on ollut esim. vallitseva rakentamiskäytäntö rakennusaikana. Rakennusteknisesti homevaurioiden tutkiminen onkin rakenteiden kosteusteknistä tarkastelua ja vaurioiden paikallistamista. Korjausten onnistuminen edellyttää tietoa siitä, kuinka vaurio on päässyt syntymään ja kuinka rakenteen tulisi toimia, jotta virheitä jatkossa voidaan välttää.

1. Sade ja tuulenpaine
2. Roiskevesi ja pintavedet
3. Maaperän kosteus
4. Rakennekosteus ja kapillaarivesi
5. Putkir, yms. vuodot
6. Sisäilman kosteus
7. Käyttötavat
8. Diffuusio
9. Ilmavuoto
10. Puuteellinen tuuletus
11. Katto-, liitos- ja läpimeno- vuodot
12. Tuuletuksen puute ja kondensio



Kuva 1. Kosteudenlähteet.

Maasta peräisin oleva kosteus

Maaperästä rakenteisiin kohdistuvan kosteusrasituksen lähteitä ovat esimerkiksi seuraavat:

- *Pohja- ja vajovedet*
Rakennuksen vieressä maanpinta tulee muotoilla siten, etteivät vedet jää seinän vierelle. Salaojien puutteellinen toiminta on yleisimpiä vaurioiden aiheuttajia. Korkealle nousseen veden hydrostaattinen paine saattaa nousta riittävästi aiheuttaen veden tunkeutumisen rakenteisiin, esim. keväällä lumen sulamisvesien vaikutuksesta.
- *Kapillaarinen imu*
Täytyöissä käytetyt maalajit eivät kykene aina katkaisemaan kapillaarisen imun vaikutusta maaperästä. Kun kapillaarisen imun katkaiseva kerros ei toimi, vesi voi nousta betonilaattaan ja seiiniin. Vedennousun korkeuteen esim. seinässä vaikuttaa käytetty materiaali ja pinnoitus.
- *Diffuusio*
Vesihöyry siirtyy alapohjasta sisäänpäin pienemmän höyryn osapaineen suuntaan.

Virhealttiit tai väärin toteutetut rakenteet

Rakentamisessa on käytetty monia riskialttiita rakenneosia, jolloin toteutuksen virheet realisoituvat erilaisina vaurioina. Valitettavasti myös suunnittelupöydällä ”onnistutaan” tekemään virheitä, jotka lyhentävät rakenteiden käyttöikää ja aiheuttavat homevaurioita. Rakenteita myös korjataan väärin oikean tiedon puuttuessa.

Yleisimpiä vaurioita ovat erilaiset vesikatteen vuodot. Kaikki katteen läpiviennit tulee toteuttaa huolellisesti, koska ne ovat erityisen riskialttiita. Aluskatteen puuttuminen on valitettavaa yleistä. Myös sadeveden poisto on varmistettava, ja kourut ym. on säännöllisesti huollettava. Yläpohjatilaa ei saa jättää mitään tuuletusputkia tai avonaisia iv-kanavien päitä, koska lämpimän ilman mukana yläpohjaan kulkeutuu huomattava määrä kosteutta, joka voi kylmänä vuodenaikana tiivistyä rakenteisiin ja katteen alapinnalle. Tällöin vettä voi kirjaimellisesti sataa sisään ilman että katto vuotaisi.

Ulkoseinään kohdistuu paljon kosteusrasitusta. Sadevedet voivat päästä rakenteisiin mm. muuraussaumoista, vuotavien katto- ja seinäpellitysten, puutteellisten tiivistysten ja ikkunarakojen kautta. Pitkät räystäät suojaavat ulkoseinää. Myös julkisivuverhouksen taustan tuuletuksesta tulee huolehtia.

Ryömintätilaiset, ns. tuulettuvat alapohjat ovat usein ongelmallisia. Alapohjan maanpinnan taso saattaa olla pihaan nähden alhaalla ja pintavedet pääsevät valumaan ryömintätilaan. Maaperästä pelkästäänkin voi vettä haihtua alapohjatilaa suuria määriä ja tuuletukset ovat usein puutteellisia. Korjausten yhteydessä tuuletus on saatettu kokonaan poistaa, jolloin ra-



Kuva 2. Kolme vuotta vanha märkätilan seinärakenne on pahoin kastunut ja lahovaurioitunut. Hanakulmat ovat jääneet tiivistämättä ja kipsilevyseinässä on käytetty kosteussulkuemulsiota vedeneristykseen sijasta.

kenteisiin pääsee syntymään vakavia home- ja lahovaurioita (esim. lattiasieni).

Kosteiden tilojen rakenteissa on tehty vakavia virheitä, erityisesti uusissa rakennuksissa. Seinissä on käytetty yleisesti levymäisiä rakenteita, usein kipsilevyä, joka yhdessä puuttuvan tai puutteellisen vesieristykseen kanssa on osoittautunut erittäin vika-alttiiksi rakenteeksi. Läpivientien tiivistämättömyys aiheuttaa myös nopeasti vakavan vaurion. Kosteissa tiloissa on tärkeää käyttää mekaanisesti rasitusta kestävää vedeneristystä laatoituksen alla ja huolehtia mm. kaivojen tiiviyydestä ja liittymisestä vedeneristykseen.

LVI-järjestelmän toimimattomuus

LVI-järjestelmien toimimattomuus on varsin yleistä ja järjestelmien ikääntyminen lisää rakenteiden vaurioitumisriskiä. Putki- ja viemäri- vuodot ovat varsin tavallisia ja ongelmallisia, erityisesti ollessaan rakenteiden sisällä. Tilastojen mukaan rakennuksessa tapahtuu vesivahinko kerran viidessä vuodessa. Putkien sisäpuolel-

le saattaa muodostua sakkaumia ja syöpymiä, myös putkien hitsaukset ja juotokset saattavat rikkoonutua. Siksi rakenteiden sisällä olevat ilman suojaputkea asennetut vesiputkistot muodostavat merkittävän riskin, ja ne kannattaa uusia pinta-asennuksiksi ennen vahingon syntymistä.

Myös ilmanvaihdon riittämättömyys tai sen puuttuminen sekä liiallinen ali- tai ylipaineisuus voivat olla osallisena vaurion syntyyn. Ylipaineisuus kuljettaa lämpimän vuotoilman mukana rakenteisiin kosteutta, joka kertyy tai tiivistyy (kondensoituu) materiaaleihin rakenteen sisällä kylmänä vuodenaikana. Pelkällä koneellisella poistoilmanvaihdon varustettu rakennus muodostuu alipaineiseksi, kun korvausilmasta ei ole huolehdittu. Alipaineisiin tiloihin voi kulkeutua vuotoilmaa rakenteiden kautta esim. alapohjan ryömintätilasta, ulkoseinistä tai yläpohjasta, jotka voivat olla kontaminoituneet. Siksi ilmanvaihto tulee mitoittaa riittäväksi toimintoihin nähden ja ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtojen tulee olla tasapainossa tai poistoilmavirran hieman suurempi.

Käyttäjien aiheuttama kosteusrasitus

Rakennuksen käyttö rasittaa myös rakenteita. Ongelmia aiheuttavat mm. väärät pintamateriaalit, tilojen muuttunut käyttötarkoitus tai pelkkä huolimattomuus ja välinpitämättömyys. Käyttäjien velvollisuus on ilmoittaa vioista tai näkyvistä vaurioista välittömästi, jotta toimenpiteisiin voidaan ryhtyä viipymättä ja estää laajemmat vauriot.

2 Mikrobit

2.1 Mikrobikasvu materiaaleissa

Kaikkialla elinympäristössä on mikrobeja eli bakteereja, home- ja hiivasieniä sekä niiden itiöitä. Myös hyvässä kunnossa olevien rakennusten ilma-, materiaali- ja pintasivelynäytteissä voi olla pieniä määriä sisäilmalle tyypillisiä mikrobeja. Jos rakennuksen sisäpinnat tai rakenteet ovat riittävän kauan liian kosteat, alkavat tavalliset sisäilman mikrobit kasvaa, jolloin sisäilmaan leviää ajoittain tavallista suurempia määriä itiöitä. Kosteusvauriokohtiin alkaa myös muodostua sellaisten homeisten ja sieniä muistuttavien bakteerien (aktinomykeetit) kasvustoja, joita ei yleensä esiinny sisätiloissa. Pitkään hyvin kosteana pysynyt rakenne lahoaa, ja siihen voi kasvaa myös kantansienien (basidiomykeetit) eli tavallisen lakki- tai kääpäsiemen rihmastoja. Laho- ja kantansienetkin voivat levittää itiöitään ympäristöön.

Mikrobikasvu on mahdollista, kun materiaalin suhteellinen kosteus on suurempi kuin 75 %. Rakenteissa esiintyvät homekasvustot johtuvat aina erilaisista lähteistä rakennusmateriaaleihin

Taulukko 1. Kosteusvaurioihin viittaavia mikrobeja.

Runsasta kosteutta vaativat ($a_w > 0,90$)
Aspergillus fumigatus
Exophiala
Phialophora
Trichoderma
Ulocladium
Stachybotrys *
Fusarium *
Mucor
 Sädesienet (*Streptomyces*)
 Hiivat (esim. *Rhodotorula*)
 Gramnegatiiviset bakteerit (esim. *pseudomonas*)

Kohtalaista kosteutta vaativat (a_w 0,80–0,90)
Aspergillus versicolor * (+12 °C)
Aspergillus flavus
Cladosporium

Vähäiseen kosteuteen tyytyvät (a_w <0,80–0,90)
Aspergillus versicolor * (+25 °C)
Eurotium
Penicillium
Wallemia

* tuottaa toksiineja

kertyneestä kosteudesta, joka on ylittänyt materiaalin sietokyvyn. Homeen kehittyminen riippuu olennaisesti kosteudesta, lämpötilasta ja niiden vaikutusajasta sekä materiaalista. Lyhytaikaiset ja tilapäiset kosteusongelmat eivät yleensä aiheuta haittaa, mutta kuiviin olosuhteisiin tarkoitetut rakenteet ja materiaalit eivät kaikki kestä pitkäaikaisia tai usein toistuvia kosteusrasituksia.

Eri mikrobilajeilla on erilaiset vaatimukset kasvualustan kosteuden suhteen. Mikrobilajeja, joita esiintyy rakennuksissa vain kosteusvaurioiden yhteydessä, kutsutaan kosteusvaurioon viittaaviksi mikrobeiksi. Taulukossa 1 esitetään em. mikrobeja ja niiden kasvuolosuhteita.

3 Kosteus- ja homevauriomikrobien terveysvaikutukset

3.1 Terveysvaikutukset

Homevauriorakennuksessa terveyshaittojen aiheuttajia ovat homesienien itiöiden lisäksi haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), mykotoksiinit, allergeenit ja sienirihmastojen kappaleet. Ainoastaan itiöpotuisuuskien määrittäminen on rutiininnomaisessa käytössä oleva menetelmä. Altistuminen tapahtuu pääasiassa ilman kautta. Kasvustoista muodostuvat itiöt ja homeitten aineenvaihduntatuotteet siirtyvät ilmaan sekä liikkuvat ilman, tavaroiden ja ihmisten mukana.

Kasvustoista voi päästä ilmaan kuivuessa tai mekaanisen käsittelyn seurauksena myös sienirihmastojen kappaleita ja muuta solukkoa.

Kosteusvaurioiden aiheuttaman mikrobialistuksen vaikutukset terveyteen ovat seuraavanlaisia:

- **Ärsytysvaikutukset**
Ärsytysoireet ovat tavallisimpia. Tyypillisiä oireita ovat silmien ja ihon kirvely ja punoitus, nuha, kurkkukipu ja pitkittynyt yskä. Oireet häviävät yleensä nopeasti altistumisen päätyttyä.
- **Yleisoireet**
Yleisoireita ovat mm. väsymys, pahoinvointi, kuumeilu ja nivelkivut.
- **Hengitystietulehdukset**
Pitkittyneet tai usein toistuvat hengitysteiden tulehdukset voivat lisäytyä mikrobialistuksen seurauksena. Esim. keuhkoputkentulehdus voi tulla krooniseksi.
- **Allergiset sairaudet**
Allergisista sairauksista astma ja allerginen nuha ovat tyypillisimmät.
- **Homepölykeuhko ja orgaanisen pölyn aiheuttama keuhkotulehdus (ODTS)**
Homepölykeuhko on homepölyn aiheuttama allergisella mekanismilla ilmenevä kuumeinen keuhkotulehdus, joka voi olla vakava. ODTS ilmenee tyypillisesti pian altistumisen jälkeen kuumeena ja flunssan tyypisinä oireina, jotka ovat ohimeneviä eivätkä aiheuta pysyviä muutoksia keuhkoissa.

3.2 Terveyshaitan toteaminen

Terveydensuojelulain 1 §:n nojalla terveyshaitalla tarkoitetaan esimerkiksi elinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai sen oiretta. Terveyshaitana pidetään myös altistumista terveydelle vaaralliselle aineelle tai tekijälle siinä määrin, että sairauden tai sen oireiden syntyminen on mahdollista. Tällainen tilanne saattaa tulla silloin, kun ihminen asuu tai oleskelee asunnossa tai tilassa, jossa hän voi altistua mikrobikasvustosta peräisin oleville soluille tai sen aineenvaihduntatuotteille.

Terveydensuojelulain tarkoittama terveyshaitta on mm. silmin havaittava mikrobikasvusto asunnon tai oleskelutilan rakenteissa tai sisäpinoilla.

4 Kosteus- ja homevaurio-rakennusten tutkiminen

4.1 Vaurioiden paikallistaminen

Vesi jättää yleensä rakenteisiin jäljet, jotka voidaan harjaantuneella silmällä tunnistaa pienistäkin merkeistä. Tyypillisiä merkkejä kosteudesta

ovat erilaiset pinnoitteiden muodonmuutokset, rikkoutumiset tai irtoamiset, värimuutokset tai näkyvä homekasvu. Aika ajoin aistittava homeenhaju tai maakellarimainen haju johtuvat todennäköisesti rakennuksessa esiintyvistä mikrobikasvustosta. Kaikki mikrobikasvustot eivät kuitenkaan aiheuta helposti aistittavaa erityishajua.

Tilanteissa, joissa vaurioita ei kyetä aistinvaraisesti paikallistamaan, tulee tehdä ns. riskiarvion kartoitus, jossa selvitetään rakenteiden kosteusrasitushistoria sekä arvioidaan rakennetyyppien herkkyyttä vaurioille. Kun rakenteisiin on kohdistunut vuotoja tai poikkeuksellista kosteusrasitusta, jotka ovat kuitenkin jo kuivuneet mutta saattaneet aiheuttaa mikrobikasvua, rakenteessa saattaa olla sisäilmaan vaikuttava epäpuhtauslähte.

4.2 Kosteus- ja homevaurioiden kartoittaminen

Rakennuksen kuntoa ja terveellisyyttä tutkitaan nykyisin monin eri tavoin erilaisia nimikkeitä käyttäen. Rakennusteknisellä selvityksellä tarkoitetaan rakenteiden kosteustekniseen toimintaan painottuvaa kuntotutkimusta, johon voi liittyä näytteidenottoa mahdollisen mikrobikasvuston toteamiseksi, sekä tarvittavien korjaus-toimien määrittämistä.

Kosteus- ja homevaurioiden tutkimuksia tekevillä tulee olla vahva teoreettinen ja käytännön kokemus rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta, selvä käsitys rakenteiden erilaisista kosteusteknisistä vauriotavoista sekä erilaisista korjaustavoista ja -menetelmistä sekä eri aikakausien rakentamistapojen tuntemus.

Rakennustekninen selvitys tehdään kohteessa systemaattisesti. Sen tarkoituksena on

1. selvittää käytetyt rakenteet ja tunnistaa mahdolliset riskirakenteet
 2. paikallistaa vaurioiden sijainti ja niiden laajuus
 3. selvittää vaurion tai vaurioiden syntymekanismit
 4. määritellä tarvittavat toimenpiteet syyn tai syiden poistamiseksi
 5. selvittää rakenteiden ja materiaalien purkutarve
 6. antaa ohjeet rakenteiden korjaamiseksi
 7. antaa ohjeet ympäristön suojaamiseksi.
- Tärkeää on selvittää kaikki vaurion syntymismahdollisuudet eikä tyytyä ensiksi tarjolla olevaan oletukseen. Esimerkiksi lattiarakenteen kosteuden voi aiheuttaa pinnoitteen vuotaminen ja putkivuoto samanaikaisesti.

Kosteusvaurioiden tutkimuksessa käytettäviä menetelmiä ovat

- aistinvaraiset pintoja rikkomattomat menetelmät näköhavainnoin, haistelemalla, kuuntele-

Taulukko 1. Henkilösuojainten käyttö ja tilan erottamisen vaatimukset purkutöissä (Rautiala et al 1996).

Purettava materiaali	Hengityksen-suojaimet	Suoja-käsiineet	Suoja-puku	Tilan erotta-minen	Tilan erotta-minen+alipaine	Kohde-poisto-laite	Sulku-kammio
ei näkyviä vaurioita, ei oireita	P2						
näkyvä vaurio, tieto vauriosta	P2						
ei näkyvää vauriota, mutta tyypillisiä oireita	P2						
pieni, paikallinen näkyvä homevaurio <0,5 m ²	P2						
näkyvä homekasvu laajoilla alueilla <0,5 m ² tai materiaali mikrobien saastuttama	P3						
todettu toksiineja tuottavia sienisukuja, näkyvä musta homekasvu, rakenteet märkiä, pitkäaikainen kosteus	P3						

malla ja päättämällä (harjaantuneet aistit ovat ammattilaisen tärkeä työkalu yhdistyneenä rakenteiden tuntemukseen)

- mittaaminen rakenteita rikkomatta käyttäen apuna kosteudenilmaisinta, pintalämpömittaria (esim. infrapunapintalämpömittaria) tai lämpökameraa
- rakenteiden sisäosien mittaaminen tai kuvaaminen, esim. koetuspiikin, suhteellisen kosteuden mittarin, endoskoopin ja fiberoskoopin avulla
- rakenteiden aukaiseminen perustelluista paikoista (samalla voidaan ottaa tarvittavat materiaalinäytteet laboratorioanalyysiin)
- mikrobi tutkimukset.

4.3 Mikrobiologiset tutkimukset

Kosteusvaurioiden tutkimisessa tavallisimmat mittaukset ovat rakennuksessa tehtävät mikrobimittaukset ja rakennuksessa oleskelevien veren vasta-ainetutkimukset. Homeille altistumisesta ja ylipäättään homeen esiintymisestä rakennuksessa tarvitaan luotettavaa, mittauksin tuotettua tietoa mm. seuraavissa tapauksissa:

- korjausavustusta haettaessa (avustuksen saaminen edellyttää, että homevaurio on todettu mittauksilla)
- vahinkovakuutustapauksissa
- ammattitautien tutkimuksissa
- kosteusvauriota epäiltäessä
- kun halutaan varmistua, onko kosteusvauriossa todella home tai jokin toksiineja tuottava laji
- homevaurion laajuutta selvitetessä.

Altistumisen toteennäyttämiseksi tarvitaan tietoa altistumisen laadusta ja määrästä. Altistumisen osoittamisessa käytetään rakennuksesta otettavia mikrobinäytteitä (materiaali-, pinta- ja ilmanäytteet) sekä veren vasta-ainetutkimuksia (ryhmätason mittari mm. työterveyshuollon käyttöön). Kasvatukseen perustuvilla menetelmillä, jotka ovat yleisimminkin käytössä, pystytään kasvattamaan vain noin 10 % mikrobeista. Näistäkin vain osa pystytään tunnistamaan. Mittauksilla ei haetakaan rakennuksen kaikkia mikrobeja, vaan ensisijaisesti varmistetaan siitä, onko kyseessä homevaurio.

Näytteet

Homekasvun osoittamiseksi paras keino on ottaa näyte suoraan epäillystä materiaalista. Materiaalista irrotetaan vähintään 10 g:n pala ja lähetetään puhtaassa muovipussissa laboratorioon. Vanhoissa rakennuksissa on syytä ottaa vertailunäyte vastaavasta vaurioitumattomasta materiaalista. Materiaalinäytteillä voidaan myös määrittää vaurion reuna-alueella, mitä materiaaleja pitää puhdistaa tai korvata.

Pintanäyte otetaan rakenteen pinnassa olevasta kasvustosta, kiinnittyneestä tai laskeutuneesta pölystä. Etuna materiaalinäytteeseen on, ettei pintaa tarvitse rikkoa. Näyte otetaan kostutetulla vanupuikolla joko puskuriliuokseen tai suoraan elatusalustoille viljelyä varten. Myös teipinäytteitä käytetään, jotka mikroskopoidaan heti. Pintanäytteistä saadaan myös tietoa vauriosta leviävien mikrobien esiintymisestä ja leviämisestä. Pinnalle laskeutuneesta pölystä otettu pintanäyte kuvaa kyseisen tilan pitempiaikaista mikrobien esiintymistä kuin ilmanäyte.

Tuloksista ilmenee mikrobien määrä ja suvusto. Määrä ilmoitetaan materiaalinäytteissä cfu/g (cfu= pesäkkeen muodostava hiukkanen) ja pinnanäytteissä cfu/cm² tai suhteellisella asteikolla.

Ilman hetkellisiä itiöpitoisuuksia tutkitaan aktiivisilla ja passiivisilla ilmanäytteillä. Aktiivisessa näytteenotossa ilmanäytteet otetaan fraktioivalla impaktorilla (Andersen-keräin) suoraan viljelyalustalle. Keräyksessä käytetään eri elatusalustoja homeille ja bakteereille. Näytteiden kasvatus ja analysointi sekä analyysitulosten arviointi on syytä tehdä ympäristömikrobiologiaan erikoistuneessa laboratoriossa.

Sisäilmanäytteenotossa keräysaika on noin 5–15 minuuttia. Lumettomana kautena otetaan ulkoilmanäyte vertailunäytteeksi. Ilmanäytteillä voidaan selvittää paitsi huoneilman mikrobien määrää ja laatua myös ilmastointijärjestelmän mikrobikontaminaatiota, jolloin otetaan ilmanäyte esim. suodattimen tai ilman kostutusyksikön molemmin puolin.

Tulosten tulkinta

Mikrobipitoisuuksille ei ole olemassa raja-arvoja. Tällaisten raja-arvojen asettaminen on erittäin vaikeaa, koska täsmällisiä annos-vastesuhteita mikrobien osalta ei ole. Vaste on aina yksilöllinen ja riippuu mm. altistuneen henkilön ominaisuuksista ja myös altistavasta mikrobista.

Mikrobiologisten tutkimusten tavoitteena on osoittaa rakennuksen homevauriot ja toisaalta osoittaa homeille altistuminen. Tuloksista tarkastellaan materiaali-, pinta- ja ilmanäytteiden mikrobien määrää ja suvustoa: poikkeavatko määrät tavanomaisesta, poikkeako lajisto ulkoilmasta, esiintyykö kosteusvaurioon viittavia lajeja ja esiintyykö mykotoksiineja tuottavia mikrobeja. Määrää tärkeämpi tarkastelukohde on suvusto. Ilmanäytteiden tulos voi olla tavanomainen, vaikka rakennuksessa on merkittäviä kosteusvaurioita. Homevaurion tai altistumisen osoittamista ei voida jättää pelkästään ilmanäytteiden varaan, vaan aina on syytä ottaa myös muita näytteitä rakennuksesta. Parhaimmillaan ilmanäytteet tukevat muiden näytteiden tuloksia. Kosteusvaurioon viittaavien lajien esiintyminen materiaali-, pinta- tai ilmanäytteissä viittaa homevaurioon. Sisätilaan voi joutua vähäisessä määrin em. lajeja myös kulkeutuneena homeisten polttopuiden tai multaisten juurten käsittelystä, maataloustyöstä tai maatalouden tiloissa käytettyjen vaatteiden mukana.

Tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että mikrobikasvusto on elävää ja sen suvusto sekä ympäristöön siirtyvien itiöiden määrä vaihtelee. Sieni-itiöpitoisuudet vaihtelevat mm. ulkoilmapitoisuuksien, sisäilman kosteuden ja ilmastointilaitteiden vaikutuksesta.

Myös muut sisäilmatekijät, kuten lämpöolojen epäkohdat, riittämätön ilmanvaihto tai materiaaleista vapautuvat epäpuhtaudet, voivat aiheuttaa samankaltaisia oireita ja terveyshaittoja kuin homeet. Sisäilmaston perustekijöiden (ilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, ilman liikenopeuden sekä hiilidioksidipitoisuuden) mittaukset ovat helposti liitettävissä kosteus- ja homevaurioselvityksiin. Ilman tunkkaisuuteen voi olla syynä riittämätön ilmanvaihto. Liika lämpö ja veto voivat myös aiheuttaa silmiä ja hengityselintä ohireilua.

5 Kosteus- ja homevaurioiden korjaaminen

Rakennusteknisessä selvityksessä annetaan toimenpide-esityksiä vaurioiden korjaamiseksi ja syiden poistamiseksi. Niiden pohjalta voidaan tehdä korjaussuunnitelma. Rakennusteknisessä selvityksessä ei ole useinkaan päästy avaamaan rakenteita kyllin paljon, jotta olisi pystytty täydellisesti arvioimaan vaurion laajuutta. Korjaussuunnittelun onkin edettävä purkutöistä saatujen havaintojen mukaan tarkentuen ja tarvittavilta osin muuttuen.

Korjaustyön aikana itiöpitoisuudet nousevat todella korkeiksi, joten työsuojeluun ja ympäristön suojaukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Korjaustyössä noudatetaan seuraavia periaatteita:

1. Selvitä vaurion aiheuttaja ja laajuus.

Tämä on avain korjausten onnistumisen. Korjauksiin ei ole syytä ryhtyä, jos vaurion aiheuttaja ja laajuus ovat epäselviä. Jos syy jää selvittämättä, vaurio voi uusiutua ja korjaukseen käytetyt rahat menevät hukkaan.

2. Erotä tila esim. muoviseinän ja huolehdi tilan alipaineisuudesta. Kytkä ilmanvaihto pois ja sulje kanavien päät.

Asbestityökäytännöt ovat toimivia ja suotavia homevaurioiden korjauksen suojaamisessa. Suojaseinät estävät pölyn ja mikrobien leviämistä ja vähentävät näin siivoustarvetta.

3. Käytä P2/P3-luokan hengityksensuojainta, suojaa myös silmät ja tarvittaessa iho.

Purkutöiden aikana ilman mikrobipitoisuudet nousevat erittäin suuriksi ja siksi henkilösuojauksesta tulee huolehtia asianmukaisesti.

4. Poista vaurioituneet, uusittavissa olevat materiaalit.

Oireilu saattaa jatkua, jos mikrobilähteitä jää rakenteisiin, siksi kaikki korjaukset ulotetaan selvästi vaurioituneen alueen ulkopuolelle. Kaikessa kastuneessa materiaaliassa on tapahtunut mikrobikasvua ja kuolleetkin itiöt

voivat aiheuttaa oireita. Näin ollen ns. vanhaa lahoa ei tule jättää rakenteisiin. Lohovauriotapauksissa, etenkin lattiasienen (*Serpula*) ollessa kyseessä, poistetaan tervettä puuta vähintään 0,5 metrin etäisyydelle näkyvästä vaurioalueesta. Tapauskohtaista harkintaa tulee käyttää, jotta korjauksen onnistuminen voidaan varmistaa. Tarvittaessa otetaan näytteitä laboratoriaoanalyysejä varten. Rakennuslahottajien analyysejä tekevät mm. VTT ja Turun yliopisto.

5. Kuivata rakenteet.

Kaikki kosteat rakenteet, joita ei voida uusia, tulee kuivattaa. Rakenteiden kuivattaminen kestää usein pitkän aikaa. Joissakin tapauksissa rakenteiden uusiminen voi olla nopeampi ja taloudellisestikin edullisempi ratkaisu kuin aikaa vievä kuivatus. Rakenteen kuivatuksen riittävyys tulee todentaa asianmukaisella mittauksella.

6. Puhdista peittyvät pinnat harjaamalla, hiomalla tai kemiallisesti.

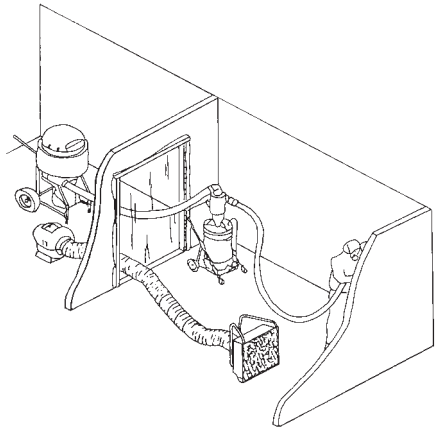
Mikrobikasvusto poistetaan esim. höyläämällä, hiomalla tai harjaamalla. Puhdistettavat pinnat pestään yleispuhdistusaineella. Desinfiointi- ja homeenestoaineet eivät korvaa em. toimenpiteitä. Niitä voidaan täydentävä käsittelynä käyttää harkiten erikoistilanteissa (esim. jos ei voida poistaa vaurioitunutta pintaa).

7. Tilojen kaikille pinnoille tehdään perusteellinen loppusiivous, jotta mikrobijäämät saadaan tarkasti poistettua.

Korjausten jälkeen tiloissa tulee tehdä perusteellinen ns. pölyttömäksi siivous käyttäen mikro- tai HEPA-suodattimella varustettua imuria. Itiöiden koko on niin pieni, että tavalliset suodattimet imurissa päästävät ne lävitseen. Imuroinnissa on otettava huomioon hyllyjen taustat, hyllyillä olevat tavarat, sähköjohdot ym. pölyä keräävät tavarat ja pinnat. Myös katto ja seinät imuroidaan. Imuroinnin jälkeen seuraavana päivänä pinnat nihkeäpyyhittään käyttäen pyyhittävälle pinnalle soveltuvaa desinfiointia pesuainetta. Myös valaisimet on pyyhittävä. Huolellinen siivous takaa korjaustyön onnistumisen. Siivouksen aikana on vältettävä kaikenlaista läpikululiikennettä, ettei pölyä siirry takaisin siivottuihin tiloihin.

8. Korjaustoimien onnistumisen valvonta

Kosteus- ja homevaurioiden korjaaminen edellyttää erityistä perehtyneisyyttä rakenteiden kosteustekniseen käyttäytymiseen ja korjausrakentamiseen. Samoin kuin uudisrakentamisessa tilaajan tulee varmistaa korjausten asianmukainen valvonta, jotta tilaajan edusta huolehditaan korjausten onnistumiseksi. Työn valvojana voi toimia esim. korjaustyön suunnittelija. Tilaajan tulee saa-



Kuva 3. Korjausten alaiset tilat erotetaan ympäristöstään ilmanvaihdoillisesti esim. muoviseinillä. Tila alipaineistetaan ja työssä käytetään kohdepoistolla varustettuja laitteita. Alipaineistus ylläpidetään kunnes kohde on siivottu. Työntekijät käyttävät P2/P3-luokan hengityksensuojaimia ja asianmukaista suojavaate-tusta.

da riittävän seikkaperäinen työn kuvaus ja dokumentointi tehdyistä töistä.

Korjausten jälkiseuranta voidaan toteuttaa jälkikäteen tehtävillä kontrollimikrobimittauksilla tai sisäilmastokyselyillä. Kontrollimittaukset voidaan tehdä muutaman kuukauden kuluttua korjausten valmistuttua. Mikrobimittaukset ovat hyödyttäviä (paitsi työhygieeniset mittaukset) korjausten aikana ja välittömästi korjausten jälkeen.

KIRJALLISUUTTA

Aurola R., Välikylä T, toim.: Asumisterveysopas. Pori, Ympäristö ja terveys -lehti. 1997. 144 s.

Flannigan B., Morey, P.R.: Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden torjunta (Control of moisture problems affecting biological indoor air quality) Käännös: Nevalainen et al. Sisäilmayhdistys ry, SIY raportti 7 (ISIAQ-guideline TFI-1996). 1996. 76 s.

Koivisto J. et al.: Asuinkerrostalojen kosteusvauriot – yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Kuopio, Kansanterveyslaitos, KTL B9/1996. 86 s.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöopas 29. Ympäristöministeriö, Rakennustieto Oy 1997. 79s.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas 28. Ympäristöministeriö, Rakennustieto Oy 1997. 143 s.

Kosteus rakentamisessa, RakMK C2 opas. Ympäristöopas 51. Ympäristöministeriö, Rakennustieto Oy 1999.

Kosteusvauriorakennusten korjaus- ja purkutöiden ohjeistamistyöryhmän mietintö. Työministeriö, Työhallinnon julkaisu nro 136. 1996. 25 s.

Leivo V, toim.: Opas kosteusongelmiin – rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka julkaisu 95. 1998. 158 s.

Loikkanen et al.: Koulujen kosteus- ja homeongelmat, tutkimuksia pääkaupunkiseudulla. Työterveyslaitos. 1997. 28 s.

Lumme P, Merikallio T.: Betonin kosteuden hallinta. Kestävä kivitalo -projekti, Suomen Betonitieto Oy. 1997. 31 s.

Partanen et al.: Pientalojen kosteusvauriot – yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Kansanterveyslaitos, KTL B6/1995. 48 s. RATU 82-0088. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku, turvalliset työmenetelmät. Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy. 1997.

Rautiala et al.: Rakennustyöntekijöiden mikrobialtistuminen ja altistumisen vähentäminen rakennusten purku- ja korjaustöissä, Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitos. 1997.

Ruotsalainen et al.: Sisäilmaston kuntotutkimus. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry, SuLVI julkaisu 4. 1997. 118 s.

Seuri M, Reiman M.: Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Rakennustieto Oy 1996.

Sisäilmaohje. Sosiaali- ja terveysministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1997:1. 72 s.

Terveellinen sisäilma. Sisäilmatietokeskus. 1996. 243 s.

Tikkanen et al.: Homevaurioiden rakennustekniset syyt. Ympäristöministeriö. 1996. 62 s.

Torikka et al.: Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus. TTKK Talonrakennustekniikka. Julkaisu 99. 1999. 106 s.



Vesivahinkojen kuivaus ja saneeraus Kosteusmittaukset Putkivuotojen kartoitus Tulipalojen jälkivahinkojen torjunta Rakennusaikaisen kosteuden poisto

Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton hyväksymä jälkivahinkojen torjuntaliike – ISO 9002 laatusertifikaatti



Helsinki
Espoo

24h 0400 439 964
(09) 3509 4120
(09) 881 1307

www.munters.fi
Nummela
Porvoo
Karjaa

0400 770 943
(019) 524 4529
(019) 233 900