



Elisa Kaikkonen

Kapseloimalla tehtyjen sisäilmakorjausten onnistuminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

4.5.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Elisa Kaikkonen
Otsikko: Kapseloimalla tehtyjen sisäilmakorjausten onnistuminen
Sivumäärä: 37 sivua
Aika: 4.5.2021

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työjohto
Ammatillinen pääaine: Talonrakennustekniikka
Ohjaajat: Työjohtaja Ismo Nurkkala

Lehtori Markus Immonen

Tässä opinnäytetyössä käsitellään erilaisia julkisten kohteiden sisäilmaongelmia, niiden korjaamista kapseloinnilla ja kapseloinnin tehoa pidemmällä kuin muutaman vuoden aikavälillä. Opinnäytetyö tehtiin Tuusulan maalaus- ja tasoitetyöt Oy:lle, jonka työt ovat pääasiallisesti erilaisia sisäilmakorjauksia. Opinnäytetyön lähteinä käytettiin erilaisia virallisia internet- sekä kirjallisuuslähteitä sekä kahden eri eteläsuomalaisen kunnan edustajan haastatteluita.

Työssä käsitellään sisäilmaongelmien laajuutta Suomessa sekä erilaisia sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä niiden mittausmenetelmiä. Työssä käydään läpi myös tiivistyskorjaukset, niiden tekotapa eri tuotteilla ja tuotteet sekä laadunvarmistusmenetelmät.

Tiivistyskorjauksia on tehty Suomessa jo toistakymmentä vuotta, mutta nykyisillä menetelmillä korjauksia on tehty vasta n. 10 vuotta. Nykyisellä tarkkuudella tiivistyskorjauksia ei ole vielä tehty edes kymmentä vuotta. Laadukkaan tiivistyskorjauksen saavuttamiseksi on kunnollisten suunnitelmien lisäksi ensiarvoisen tärkeää ymmärtää se, mitä ollaan tekemässä. Tiivistyskorjauksia tehdessä tulee muistaa myös se, ettei tiivistyskorjaus ole pelkästään vaurioituneen rakenteen kapselointi, vaan se pitää sisällään myös mm. ilmanvaihdon mahdolliset korjaus- ja muutostyöt sekä puhdistustyöt ja irtaimiston ja tekstiilien puhdistuksen. Tiivistyskorjaukseen liittyy myös huolellinen siivous.

Tässä tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella, tiivistyskorjaukset nykyisin onnistuvat useimmiten, johtuen nykyisistä menetelmistä ja ymmärryksen sekä osaamisen parantumisesta. Käyttäjien oireilua pidetään usein mittarina sisäilmakorjausten onnistumiselle tai epäonnistumiselle. Oireilun syy ei kuitenkaan aina ole sisäilmaongelmasta johtuva, vaan esimerkiksi huono siivouksen taso tai ilmanvaihdon ongelmat voivat vaikuttaa oireiluun. Laadunvarmistustestejä tehdään nykyään kaikkiin korjattuihin rakennuksiin molemmissa haastatelluissa kunnassa.

Avainsanat: sisäilma, sisäilman epäpuhtaudet, tiivistyskorjaus, kapselointi,

Abstract

Author: Elisa Kaikkonen
Title: Success of Indoor Air Repairs by Encapsulation
Number of Pages: 37 pages
Date: 4 May 2021

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Degree Programme in Construction Management
Professional Major: Building Construction
Instructors: Ismo Nurkkala, Construction Manager
Markus Immonen, Senior Lecturer

This thesis is focused on indoor air problems, repairing the problems by encapsulation and the effectiveness of the encapsulation. The thesis was made for a company called Tuusulan maa- laus- ja tasoitetyöt Oy. The company mainly repairs different types of indoor air problems. The sources for this thesis were official internet and literature sources and interviews with repre- sentatives of two southern Finnish municipalities.

Indoor air problems in Finland, the factors affecting indoor air quality and the measurement methods of different problems are the main subjects of this thesis. The thesis also covers different encapsulation products and how their function, different ways of performing indoor air repairs and quality assurance methods.

In Finland encapsulations/sealing repairs have been made for over a decade. With the current methods repairs have been made only approximately for 10 years but with the current accuracy repairs have been made for under ten years. To achieve high-quality repairs, proper plans are required but it is also very important to understand what the repair is about and why it is done. While doing the repair, it should also be remembered that the sealing repair is not only about encapsulation but also includes cleaning of furniture, textiles and the air ventilation system and possibly repairs or alterations to the air ventilation system. To achieve the wanted result, also careful cleaning after the repair is mandatory.

Nowadays sealing repairs are mostly successful due to current methods and improvement of understanding and expertise in the encapsulation. When measuring the success or failure of the repairs, the most important factor is the symptoms of users. However also poor level of cleaning or ventilation problems can cause symptoms. Quality assurance tests are done in every renovated building in both municipalities interviewed.

Keywords: indoor air, indoor air impurities, sealing repair, encapsulation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sisäilmaongelmat	1
2.1	Mikrobit ja homesienet	2
2.1.1	Kosteusvaurioindikaattorit	2
2.1.2	Näytteenotto ja viitearvot	2
2.1.3	<i>Aspergillus</i> -suvun homeet	3
2.1.4	<i>Penicillium</i> -suvun homeet	5
2.1.5	<i>Stachybotrys</i> -suku	6
2.1.6	Aktinomykeetit eli sädesienet	7
2.2	Asbesti	9
2.2.1	Mittaus ja viitearvot	10
2.3	Radon	10
2.3.1	Mittaus ja viitearvot	10
2.4	VOC-yhdisteet	10
2.4.1	Mittaus ja viitearvot	11
2.5	PAH-yhdisteet	13
2.5.1	Mittaus ja toimenpiderajat	13
3	Kosteusvauriot	15
4	Kapselointi	16
4.1	Kapseloinnin materiaalit ja menetelmät	19
4.1.1	Pinnoitteet	19
4.1.2	Höyrynsulkukalvot	24
4.2	Kapseloinnin onnistuminen ja laadunvarmistus	25
4.3	Kapseloinnin epäonnistuminen	25
5	Kapselointien onnistuminen, asiantuntijoiden haastattelut	26
6	Tulokset ja yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet ja käsitteet

2-EH: 2-etyyli-1-heksanoli

a_w : veden aktiivisuus

B(a)P: Bentso(a)pyreeni; tunnetuin ja tutkituin PAH-yhdiste

H13: Imurin H-luokitus, jonka erotusaste on 99,95 % ja läpäisyaste 0,05 %

HTP-arvo: haitalliseksi tunnettu pitoisuus

PAH: polycyclic aromatic hydrocarbons; polysykliset aromaattiset hiilivedyt

pmy/g: pesäkkeitä muodostavia yksiköitä per gramma (englanniksi cfu eli colony forming unit)

RH_{min} : suhteellinen kosteus, min viittaa minimiarvoon

STM: Sosiaali- ja terveysministeriö

THL: Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos

toksiini: myrkky (esim. mikrobit tuottavat ilmaan toksiineja)

TTL: Työterveyslaitos

TXIB: 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi- isobutyraatti

VOC: Volatile organic compound; haihtuva orgaaninen yhdiste

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tiivistyskorjausten onnistumista ja tehoa, kun kapseloinneista on kulunut useampi (vähintään 5 vuotta). Lisäksi selvitetään tiivistyskorjausten onnistumiseen ja epäonnistumiseen vaikuttavia tekijöitä sekä millä perusteella korjaukset katsottiin onnistuneeksi tai epäonnistuneeksi. Tiivistyskorjauksia on tehty parikymmentä vuotta, mutta tehtyjen korjausten tehoa esimerkiksi viimeisen 10 vuoden aikana on tutkittu vain vähän.

Tämä opinnäytetyö tehdään yritykselle Tuusulan maalaus- ja tasoitetyöt Oy. Yritys tekee paljon sisäilmakorjauksia erilaisissa julkisissa kuntien ja kaupunkien kiinteistöissä. Aihe on ajankohtainen niin yritykselle kuin muillekin, johtuen sisäilmaongelmien suuresta määrästä sekä aiheen saamasta palstatilasta.

2 Sisäilmaongelmat

Sisäilmaongelmat ovat yleisiä Suomessa. Usein sisäilmaongelmat liittyvät joko pahaan hajuun, terveyshaittoihin tai ilman tunkkaisuuteen. Sisäilmaongelmat yhdistetään monesti kosteusvaurioihin tai homeeseen, mutta näin ei kuitenkaan aina ole, vaan ongelmia on muitakin.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Työterveyslaitos sekä Suomen Kuntaliitto laativat vuonna 2018 SisäNyt-selvityksen, jossa tarkastellaan sekä sisäilman laatua että siihen liitettyjä terveyshaittoja julkisissa ja yksityisissä rakennuksissa Suomessa ja Ruotsissa. Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain Suomen sisäilmaongelmiin. Suurin osa Suomen kunnista on laatinut kirjallisen ohjeen, jossa on määritelty toimijoiden roolit ja vastuut sekä sisäilmaongelmien käsittelyprosessi. Toimintatavat kunta- ja valtiotasolla sekä yliopistokiinteistöissä ovat melko vakiintuneita, kun puolestaan yksityisellä sektorilla toiminta on osittain vielä vakiintumatonta. (Salmela, ym. 2019.)

THL:n, Työterveyslaitoksen ja Suomen Kuntaliiton selvityksen mukaan työpaikoilla oireilu on kolme kertaa kotona oireilua yleisempää. Eniten sisäilmaoireita koettiin kuntalan työpaikoilla verrattuna valtion ja yksityisen alan työpaikkoihin. Kuntien oman arvion mukaan 5–18 prosentissa rakennusten kokonaisneliömäärästä esiintyy merkittäviä sisäilmaongelmia. (Salmela, ym. 2019.) Yleisimmin merkittäviä kosteus- ja homevaurioita

esiintyy kouluissa ja päiväkodeissa (12–18 % kerrosalasta) sekä hoitolaitoksissa (20–26 % kerrosalasta) (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL) 250–2020: 19).

Tärkeimpiä oireisiin ja sairastavuuteen vaikuttavia sisäilman epäpuhtauksia ovat pienhiukkaset, radon, kosteusvauriot, erilaiset mineraalikuudit, asbesti, haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC- ja PAH-yhdisteet sekä homesienet ja mikrobit. Homesienistä ja mikrobeista osa johtuu kosteusvaurioista. Seuraavissa kappaleissa on tietoa edellä mainituista ongelmista. (Lampi, ym. 2018: 20–22.)

2.1 Mikrobit ja homesienet

Kosteusvaurioituneesta rakenteesta voi siirtyä sisäilmaan mikrobeja, jotka aiheuttavat erilaisia altistusoireita. 1–3 % suomalaisista ovat allergisia tavanomaisille homesienille, allergisten ihmisten osuus on n. 5 % kosteusvauriorakennuksen muuttuneessa mikrobialtistuksessa. Osa mikrobeista voi joissain olosuhteissa tuottaa ilmaan myrkyjä eli toksiineja. Eläinkokeissa nämä mykotoksiinit ovat aiheuttaneet muun muassa maksa-, munuais- ja hermokudosvaurioita ja osa mykotoksiineista on todettu eläinkokeissa karsinogeenisiksi. (Mikrobit sisätiloissa 2008.)

2.1.1 Kosteusvaurioindikaattorit

Kosteusvaurioindikaattorilla tarkoitetaan mikrobia, joka usein esiintyy vaurioituneissa materiaaleissa tai vaurioituneiden kohteiden ilmassa, mutta joka harvoin esiintyy vauriottomissa kohteissa. Kosteusvaurioindikaattorimikrobeita tai -mikrobiryhmiä ovat mm. aktinomykeetit, *Acremonium* -sukuryhmä, *Aspergillus fumigatus*, *A. ochraceus*, *A. restricti*, *A. versicolores*, *A. terreus*, *A. usti* ja *Eurotium* -lajiryhmät, *Engyodontium*, *Chaetomium*, *Exophiala*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Phialophora*, *Scopulariopsis* ja *Coelomyces* -sukuryhmät, *Oidiodendron*, *Paecilomyces*, *Sporobolomyces*, *Stachybotrys*, *Memnoniella*, *Trichoderma*, *Tritirachium* sekä *Wallemia*. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa IV 2016: 8.)

2.1.2 Näytteenotto ja viitearvot

Mikrobinäytteet voidaan ottaa joko ilma-, pinta- tai materiaalinäytteenä ja niissä määritetään sienet, bakteerit ja hiivat. Näytteenottomenetelmä vaikuttaa näytteen tutkimistaan, joka voi olla kasvatuksellinen tai mikroskooppinen laskentamenetelmä.

Mikroskooppisella menetelmällä voidaan arvioida mikrobien yhteismäärää, mutta mikrobien tunnistaminen on hankalaa. Tämän takia usein käytetään sekä kasvatus- että mikroskooppimenetelmää. Terveissäkin rakennuksissa voi olla mikrobeja ja tämän takia onkin tärkeää tunnistaa mikä laji on kyseessä. Näytteet ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa: (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa IV 2016.)

- = ei mikrobeja
- + = niukasti mikrobeja (1–19 pesäkettä)
- ++ = kohtalaisesti mikrobeja (20–49 pesäkettä)
- +++ = runsaasti mikrobeja (50–199 pesäkettä)
- ++++ = erittäin runsaasti mikrobeja (≥ 200 pesäkettä)

Mikrobikasvuston toimenpiderajat vaihtelevat riippuen mm. mikrobien lajista, niiden indikaattorimerkityksestä ja monipuolisuudesta. Kun näytteen home- ja hiivasienten pitoisuus on $>10^4$ pmy/g tai aktinomykeettien pitoisuus 3000 pmy/g, voidaan katsoa rakennusmateriaalissa esiintyvän mikrobikasvustoa. Aktinomykeettien esiintymisessä otetaan huomioon myös indikaattorimerkitys, kun pitoisuudet <3000 pmy/g. Kun bakteeripitoisuus on $>10^5$ pmy/g, viittaa se bakteerikasvuun materiaalissa. Mikäli näytteessä havaitaan kosteusvaurioindikaattoreita ja sienten kokonaispitoisuus on alle 10^4 pmy/g (5000–10 000 pmy/g) voivat löydökset kuitenkin viitata mikrobikasvustoon. Löydökset voivat viitata mikrobikasvustoon myös silloin, kun näytteen sienisuvusto on poikkeuksellisen yksipuolinen (vain 1-2 lajia/sukua) ja pitoisuus on <5000 pmy/g. (Valviran asumisterveysohje IV). Mikrobikasvustoja mitattaessa, voidaan lajinimen sijasta käyttää ilmaisuja sp. ja spp. (esim. *Penicillium* sp.). Tämä tarkoittaa sitä, että näytteessä esiintyi yhtä (sp.) tai useampaa (spp.) lajia, mutta niitä ei määritelty. Lyhenne sp. tarkoittaa yhtä lajia ja lyhenne spp. tarkoittaa useampaa lajia. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016: 127.)

2.1.3 *Aspergillus*-suvun homeet

Aspergillus on tyypillinen kosteusvauriokohteessa esiintyvä mikrobisuku. *Aspergillukset* hyödyntävät vähäisenkin kosteuden ja jos tämä laji on valtalaji, on se viittaus

kosteusvaurioon. *Aspergillus*-suvun kosteusvaurioita indikoivia lajeja ovat muun muassa *A. ochraceus*, *A. versicolor*, *A. fumigatus*, *A. restrictus*, *A. sydowii*, *A. penicillioides* ja *A. terreus*. Näistä lajeista vain kaksi (*Aspergillus penicillioides* ja *A. restrictus*) eivät tuota toksiineja. (Kosteusvauriokohteiden yleisimmät mikrobit.)

2.1.3.1 *Aspergillus ochraceus*

Homelaji kuuluu nuijahomeiden sukuun. Laji tuottaa toksisia dihydroisokumariinia, sitriinia sekä okratoksiini A:ta. *Aspergillus ochraceus* saastuttaa ruokatarvikkeita ja on yleinen sisäilman sieni. Tämän homelajin pesäkkeet kasvavat nopeasti, jopa 45–55 mm viikossa ja optimaalinen kasvulämpötila on n. 25 °C. Kyseinen sieni voi vaikuttaa lapsuusiän astman kehittymiseen sekä sieni voi liittyä allergisen bronkopulmonaalisen aspergilloosin, invasiivisen aspergilloosin sekä kroonisen keuhkoaspergilloosin kehittymiseen. (Roy, ym. 2021; *Aspergillus ochraceus* – an overview.)

2.1.3.2 *Aspergillus versicolor*

Aspergillus versicolor -homesieni on yleinen toksiineja tuottava maaperähome, joka pesiytyy vettyvään kartonkiin sekä kipsilevyihin, jotka on valmistettu kierrätetyistä raaka-aineista. Tuottaakseen toksiineja sieni tarvitsee viileämmässä (+12 °C) lämpötilassa kohtalaisen kosteuden (a_w 0,80–0,90), korkeammassa lämpötilassa (+25 °C) sieni tyytyy vähäisempään kosteuteen (a_w <0,80–0,90). (Palomäki; Mohamed, ym. 2019.)

2.1.3.3 *Aspergillus fumigatus*

Aspergillus fumigatus on *Aspergillus nigerin* lisäksi yleisin sieni, jota löytyy saastuneista ruokatarvikkeista. Mikrobi on yleinen mm. kompostilaitosten ja maataloustilojen työilmassa, johtuen kasvualustastaan, joita ovat kosteat kasvimateriaalit. *Aspergillus fumigatus* on *Aspergillus nigerin* lisäksi yleisin sieni, jota löytyy saastuneista ruokatarvikkeista. (Ghafori, ym. 2020: 1.) Laji pitää märästä kasvualustasta (vesiaktiivisuus >0,90) ja on toksiinintuottokykyinen (Putus 2017).

2.1.3.4 *Aspergillus sydowii*

Aspergillus sydowii on *Aspergillus* -suvun vähemmän tutkittu sieni, joka on löydetty 1900-luvun alkupuolella. Kyseistä lajia löytyy kuitenkin kaikkialta maailmasta ja kaikenlaisista ympäristöistä. Laji esiintyy maaperän lisäksi meressä, sillä kestää suolaa. Kyseinen laji voi saastuttaa ruokaa sekä aiheuttaa ihmisille infektioita. Meressä *Aspergillus sydowii* tuhoaa koralleja ja Marine Pollution Bulletinin (Greco, ym. 2017) tutkimuksessa lajia

löydettiin ensimmäisen kerran Välimerestä vuonna 2017. (Greco, ym. 2017; Ghafari, ym. 2020.)

2.1.3.5 *Aspergillus terreus*

Aspergillus terreus on tärkeä *Aspergillus*-suvun laji. Kyseinen laji tuottaa itiöitä, jotka leviävät tehokkaasti ympäristöön. Optimaalinen kasvulämpötila on 35–40 °C ja maksimaalisen kasvun sieni saavuttaa 45–48 °C lämpötilassa. *A. terreuksella* on suuri ekonominen arvo, koska se on erinomainen itakonihapon ja lovastatiinin teollinen tuottaja. Lajilla on tärkeä rooli niin lääketieteessä kuin ruuan ja kemiankin aloilla. (Huang, ym. 2021).

2.1.3.6 *Aspergillus penicillioides* ja *Aspergillus restrictus*

Vaikka kyseessä on eri lajit, ovat ne joko hyvin lähisukuisia tai niiden ominaisuudet ovat samankaltaisia. Kumpikin lajeista viittaa kosteusvaurioon rakennuksessa. Molempien sienten vähimmäiskosteusvaatimus $RH_{\min} < 75 \%$, joka on *Aspergillus*-lajin sienten välillä alhaisin kosteus. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016: 128–131.)

2.1.4 *Penicillium*-suvun homeet

Penicillium on sisäilman yleisimmin ja runsaimmin esiintyvä sienisuku. Kyseessä on ensimmäisen vaiheen mikrobi, mikä tarkoittaa sitä, että se kasvaa kastuneisiin rakennusmateriaaleihin ensimmäisten joukossa. Itiöitä on pieniä määriä kaikkialla, myös terveissä rakennuksissa, *Penicillium* voi kuitenkin sekä allergisoida että tuottaa toksiineja. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaisen raja-arvon ylittyessä, tulee selvittää ja poistaa mikrobilähde. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa IV 2016.)

Kaikki *Penicillium*-suvun homeet eivät kuitenkaan tuota toksiineja, vaan osaa homeista käytetään myös esim. ruuan valmistuksessa (homejuustot, *Penicillium roquefortii* ja *P. camembertii*) (Putus 2017). Homejuustojen lisäksi myös penisilliini on nimetty *Penicillium*-lajin mukaan; vuonna 1928 tutkija Alexander Fleming huomasi, että *Penicillium notatum* -laji erittää ainetta, joka estää bakteereiden kasvua. Kuitenkin vasta toisen maailmansodan alettua, alkoi myös kiinnostus antiseptisiä aineita kohtaa. 1940-luvulla aloitettiin penisilliinin massatuotanto, kun ensin oli löydetty parempia elatusaineita ja *Penicillium notatum* -laji, joka kasvoi upoksissa elatusaineessa. (Alexander Fleming 2018; Kosteusvauriokohteiden yleisimmät mikrobit ja niiden terveysvaikutukset.)

Mikrobialtistuksen osoittamiseen käytetyssä vasta-ainekokeessa testataan seuraavat *Penicillium*-suvun homeet: *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. crustosum*, *P. expansum* ja *P. glabrum* ja *P. species*. *P. brevicompactum* on maatalousmikrobi sekä puussa esiintyvä home. *P. chrysogenum*, *P. crustosum*, *P. expansum* ja *P. glabrum* tuottavat homepölyä ja *P. species* voi esiintyä kosteusvauriokohteessa. (Homepöly, vastaaineet (altistuksen perusteella määräytyvät erityistutkimukset) 2019.)

Useimmat *Penicillium*-suvun lajit vaativat n. 25 °C lämpötilassa vähintään RH 80 %, mutta osa lajeista pärjää myös matalamassa, RH_{min} 75 %. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016: 131).

2.1.5 *Stachybotrys*-suku

Stachybotrys-suvun sienet ovat hidaskasvuisia ja tavallisilla kasvualustoilla ne voivat jäädä nopeammin lisääntyvien ja kasvavien homeiden ja sienten alle. *Stachybotrystä* löydetään harvoin ilmanäytteistä, koska niiden viljely maljoilla on tehotonta. Itiöt ovat liimahuntuisia ja isokokoisia (n. 7 µm), ne aerosolisoituvat huonosti ja laskeutuvat nopeasti, tämän takia itiöitä ei löydy ilmasta juurikaan. Huonon viljelytehokkuuden ja myrkyllisyyden takia on tämän homesienen kohdalla noudatettava nollatoleranssia; sisäympäristönäytteiden viljelymaljoilta löytyessä edes yksi pesäke, on vaurion syy etsittävä ja korjattava. *Stachybotrys*-suvussa on useita alalajeja, joista tunnetuin/vaarallisin on *Stachybotrys chartarum* (ennen *Stachybotrys atra*). (Espoon homekoirat 2018; Putus 2017: 50–53.)

2.1.5.1 *Stachybotrys chartarum* (ent. *Stachybotrys atra*)

Esiintyy kosteusvauriorakennuksista, joissa käyttäjät oireilevat runsaasti ja missä koetaan terveyshaittoja. Mikrobin esiintyminen vaatii pitkään kestänyttä märkyttä, se on siis hidaskasvuinen kosteusvaurioindikaattorimikrobi. Mikrobi vaatii vähimmäiskosteudeksi yli RH 90 % kaikissa lämpötiloissa (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016: 132). Mikrobi ilmaantuu rakennukseen pitkän ajan kuluessa, eli kyseessä on tertiäärivaiheen mikrobi (Salkinoja-Salonen 2016:36–38; Espoon homekoirat 2018).

Mikrobi kasvaa mustana tai harmaana mattona tapeteissa, kipsilevyjen pahnissa sekä muissa paperipitoisissa materiaaleissa ja kuitu- ja lastulevyissä. Selluloosapitoisten

materiaalien lisäksi home suosii kiviainesta kuten betonia ja mineraalivillaa. Mikäli itiöitä löytyy rakenteista, on vaurioituneita materiaaleja poistettava riittävällä laajuudella; pelkkä desinfiointiaine ei poista mikrobikasvustoja. (Salkinoja-Salonen 2016: 36–38; Espoon homekoirat 2018.)

2.1.6 Aktinomykeetit eli sädesienet

Aktinomykeetit eli aktinobakteerit ovat laaja ryhmä gram-positiivisesti värjäytyviä maa-peräbakteereita. Nimestään huolimatta sädesienet ovat bakteereita, mutta niillä on kyky muodostaa rihmastoja ja itiöitä (kasvutapa homesienten tapainen). (Katsaus mikrobeihin 2008; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016: 127.)

Aktinobakteerit eivät vaadi kasvualustaltaan paljoa, vaan ne voivat lisääntyä ja kasvaa olosuhteissa, joissa muut mikrobit eivät. Tällaisia olosuhteita ovat esimerkiksi kuumat lähteet, valtameren syvimät osat sekä pH:n ääripäät. Koeolosuhteissa aktinomykeetit ovat pystyneet kasvamaan jopa pH 10:ssä (jopa betonissa). Aktinobakteerit tappavat muita mikrobeja antimikrobisilla ja solutoksisilla aineilla. Samalla ne kuitenkin voivat elää symbioosissa tiettyjen mikrosienten kanssa ja kasvaa niiden rihmaston pinnalla. (Putus 2017: 80–81.)

2.1.7 Muut homesuvut

Muita homelajeja ovat mm. *Chaetomium*, *Fusarium* sekä erilaiset puutavaran mikrobisuvut, mm. *Acremonium* ja *Trichoderma*, jotka kaikki ovat kosteusvaurioindikaattoreita. *Chaetomium* viihtyy erilaisilla selluloosaa sisältävillä kasvualustoilla, kivimateriaalilla tai keraamisilla alustoilla harvemmin. *Fusarium* puolestaan kasvaa esim. korren sisällä heinissä ja viljassa sekä kasvihuoneissa sitä esiintyy niin kasvualustoissa kuin onttohartisissa kasveissa puuvartisen kasvien korrensisäisenä loisena. (Putus 2017.)

Chaetomium-suvun homeita on tunnistettu yli 180 lajia, joista kaikki indikoivat kosteusvauriota ja tuottavat toksiineja. Kyseistä sukua havaitaan yleensä vasta pitkään kestäneissä, vakavissa kosteusvauriokohteissa. *Chaetomiumin* kasvua edistää tietyt ravintoaineet, joita *Aspergillus fumigatus* sille tuottaa. Myös amebat ja muut alkueliöt auttavat kasvussa bakteereita ja tiettyjen toksiinintuottajahomeiden kasvua (mm. *Acremonium*, *A. versicolor*, *Chaetomium* ja *Trichoderma*). *Stachybotryksen* tavoin *Chaetomium* on hidasikasvuinen, eikä se välttämättä tule viljelyssä esiin, johtuen siitä, että kyseinen home

saattaa jäädä nopeasti lisääntyvien ja kasvavien homeiden alle. Vaikka *Chaetomiumia* ei ole tutkittu yhtä paljon kuin esim. *Stachybotrysta*, eikä se ole suomalaisissa tutkimuksissa tai viranomaissuosituksissa noussut esiin, ei sen terveyshaittoja pidä kuitenkaan vähätellä. *Chaetomium* erittää mm. karsinogeenisiä, teratogeenisiä ja keuhkokudokselle haitallisia toksineja. (Putus 2017: 34–37.)

Fusariumia todetaan harvoin asuinrakennuksissa tai kosteusvaurion yhteydessä ja tästä syystä pitää suhtautua erityisellä vakavuudella, mikäli itiöitä esiintyy ilmanäytteessä. Jos *Fusariumia* on materiaalinäytteissä, tarkoittaa se yleensä sitä, että kosteusvaurio on pitkäkestoinen (sekundaari- tai tertiaarivaiheen vaurio). *Fusariumia* saattaa kuitenkin olla kasvustossa jo aiemmin, jos rakennusmateriaaleissa on käytetty erilaisia luonnonmateriaaleja (esim. kierrätysmateriaalit, olki ja turve). Useat *Fusarium*-suvun homeet ovat mahdollisesti mikrobeja, jotka tuottavat toksineja. STM:n korjausohjeessa *Stachybotryksen* lisäksi *Fusarium* mainitaan mikrobeina, joiden esiintyessä kosteusvauriokohteessa, tulisi korjauksen aikana noudattaa vastaavia suojaus- ja eristystoimia kuin asbestityön aikana. (Putus: 42–48.)

Puutavaran mikrobisukuihin kuuluu kosteusvaurioindikaattorimikrobien (*Acremonium* ja *Trichoderma*) lisäksi myös *Aureobasidium* (*Pullularia* sp.). Kosteusvaurion yhteydessä kasvavat myös muut puutavaralle tyypilliset home-, lahottaja- ja sinistäjä sienet. Nämä sienet kosteusvaurion yhteydessä eivät välttämättä tarvitse kasvualustakseen puuperäistä materiaalia, vaan voivat kasvaa myös muulla materiaalilla. Herkimpiä homehtumaan ovat prosessoidut puumateriaalit, joiden pinta on rikottu, esimerkiksi toja-levy, lastulevy, hake ja sahanpuru. Mainituista mikrobeista toksineja tuottaa kuitenkin vain *Acremonium* ja *Trichoderma*, jotka ovat myös allergisoivia. *Aureobasidium* on myös allergisoiva ja aiheuttaa infektioita, mutta ei kuitenkaan tuota toksineja. (Putus 2017: 56–59.)

Erilaisia sieniä ja homeita tunnetaan kymmeniä tuhansia, mutta niistä vain pieni osa on ollut terveystutkimuksen kohteena. IgE-testillä voidaan määrittää altistuminen tai herkistyminen kuitenkin vain noin 40 mikrobille. Infektioita aiheuttavia mikrobeja, homeita tai hiivoja ovat tyypillisesti muun muassa *Candida*-laji, *Trichosporon*, *Aspergillus terreus*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Exophiala* ja *Phialophora*. Edellä mainituilla mikrobeilla on hyvä vastustuskyky useimmiten käytettäville sieniantibiooteille ja näiden mikrobien hoito onkin erittäin kallista ja vaikeaa sekä vaatii usein jopa leikkaushoitoa. (Putus 2017: 74–78.)

2.2 Asbesti

Asbesti on yleisnimitys useille kuitumineraaleille, joita ovat krysotiili, aktinoliitti, antofylliitti, amosiitti, krokidoliitti ja tremoliitti. Asbestia käytettiin yleisesti vuosina 1922–1993, pelkästään Suomessa tuossa ajassa käytettiin asbestia n. 300000 tonnia. Asbestia pidettiin ihmeaineena erinomaisen tulenkestävyytensä vuoksi, vuonna 1988 asbestipurkutytöt tulivat luvanvaraisiksi. Asbestin käyttö kiellettiin kokonaan vuonna 1994 ja kaikki ennen em. vuotta valmistuneisiin rakennuksiin on tehtävä asbestikartoitus ennen purkutöiden aloittamista (asbestilaki 2016). Asbestipitoisten materiaalien ollessa ehjiä tai kapseloituja ei asbestista ole vaaraa, eikä näitä tarvitse erikseen poistaa/poistattaa rakennuksesta. Mikäli asbestipitoinen materiaali rikkoutuu, vapautuu siitä hengitysilmaan asbestipölyä. Pöly on terveydelle erittäin vaarallista, koska asbestikuidut ovat niin pieniä, että ne varastoituvat keuhkoihin pysyvästi. (Bestlab asbesti.)

Krysotiili eli valkoinen asbesti on lyhytkuituinen ja se oli asbestisementtiteollisuudessa paljon käytetty. Monissa väri-, katto-, verhouk- ja muovituotteissa on käytetty krysotiilia täyte- ja lujitusaineena. (Asbesti 2020.)

Aktinoliitti ja tremoliitti eivät kumpikaan ole olleet kaupallisia asbestituotteita. Molempia voi esiintyä muissa asbestilaaduissa ja mineraaleissa epäpuhtauksina. (Asbesti 2020.)

Antofylliittiä on käytetty täyte- ja lujitusaineena emäksen- tai haponkestävyyttä vaativissa tuotteissa, joita ovat mm. asbestipahvit sekä sementti- ja eristemassat. Antofylliitti on soveltunut myös lämpö- ja äänieristykseen. (Asbesti 2020.)

Amosiittia eli ruskeaa asbestia on käytetty putkieristeenä, lämpökattiloiden ja lämminvesivaraajien eristeenä sekoitettuna piimaan ja magnesiumkarbonaatin kanssa. Amosiitti on pitkäkuituinen mineraali. (Asbesti 2020.)

Krokidoliitin eli sinisen asbestin käyttö kiellettiin Suomessa jo vuonna 1976. Suomessa kyseistä asbestia on käytetty haponkestävyyttä vaativiin kohteisiin ruiskutettuna palo-, ääni- tai kondenssieristeenä. (Asbesti 2020.)

2.2.1 Mittaus ja viitearvot

Ennen purkutöiden aloittamista on tehtävä asbestikartoitus, jonka perusteella rakenteet puretaan joko normaalina tai asbestipurkuna. Purkutöiden valmistuttua ja ennen tilan luovutusta eteenpäin, tulee tilassa mitata asbestipitoisuus ilmamittauksena. Työntekijän hengitysilman raja-arvo on 0,01 kuitua / cm³. (Raja-arvot 2020.)

2.3 Radon

Radon on sisäilmassa mahdollisesti esiintyvä radioaktiivinen jalokaasu, jota ei voi aistia mitenkään. Ainoa keino saada radonpitoisuus selville on mittaaminen. Radonin tärkein lähde on talon alla oleva maaperä, rakennukseen radon kulkeutuu alapohjassa olevien rakojen kautta. Radonpitoisuuden mittauksen tulisi kestää 2 kuukautta ja mittaus tulisi tehdä mieluiten syyskuun ja toukokuun välisenä aikana. (Radon 2021; Asuntojen radonia koskevat viitearvot ja määräykset 2019.)

2.3.1 Mittaus ja viitearvot

Radonin viitearvot ovat jo olemassa olevassa rakennuksessa 300 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m³), uudessa rakennuksessa radonpitoisuus ei saisi ylittää arvoa 200 Bq/m³. Radonkorjauksen menetelmä riippuu mitatusta radonpitoisuudesta. Radonpitoisuuden ylittäessä 300 Bq/m³ voidaan radonpitoisuutta alentaa joko radonimurilla, joka imee ilmaa lattialaatan alta tai radonkaivolla, joka asennetaan muutaman metrin päähän rakennuksen perustuksista. Radonkaivo soveltuu kuitenkin ainoastaan karkeille hiekka- ja soramaille rakennetuille taloille. Radonpitoisuuden ollessa 200–300 Bq/m³ voidaan harkita helposti toteutettavia korjausmenetelmiä, joita ovat esim. huonosti toimivan ilmanvaihdon parantamista sekä selvien vuotokohtien tiivistämistä. (Asuntojen radonia koskevat viitearvot ja määräykset 2019; Radonkorjaukset 2020.)

2.4 VOC-yhdisteet

Sisäilmassa on satoja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-yhdisteitä (volatile organic compound), joiden pitoisuudet ovat kuitenkin yleensä pieniä. Erityisesti useamman yhdisteen yhteisvaikutuksen epäillään aiheuttavan terveyshaittoja, mutta kuitenkin myös yksittäinen yhdiste voi olla haitallinen. VOC-yhdisteet ovat kaasuja, joihin kuuluu esim. aromaattiset hiilivedyt kuten tolueeni ja bentseeni, aldehydit, alkaanit, ketonit, terpeenit,

halogenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit kuten etanoli, n- butanoli sekä propanoli. (Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut.)

Sisäilman VOC-yhdisteet ovat lähtöisin ulkoilmasta, rakennuksesta tai ihmisten toiminoista rakennuksessa. Päästölähteitä ovat joskus mikrobikasvustot, pesuaineet sekä rakennus- ja sisustusmateriaalit, joista erittyvät päästöt puolestaan ovat peräisin erilaisista liuotin- ja raaka-ainejäämistä sekä valmistusprosessissa syntyneistä reaktio- ja hajoamistuotteista. (Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut.)

Yleinen VOC-yhdisteitä muodostava rakenne on suoraan kostean betonirakenteen päälle liimattu muovimatto, sillä betonin emäksisyys voi aiheuttaa liimassa ja muovimattossa hajoamisreaktion. Alustan riittävä kuivuus tulisi aina mitata luotettavalla menetelmällä ennen päällystämistä. Vanhoissa rakennuksissa VOC-päästöjä voi aiheutua esimerkiksi siitä, että lattiarakenne on kastunut, väärin korjattu tai vanha muovimatto on jätetty poistamatta uusien rakenteiden alta. (Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut.)

2.4.1 Mittaus ja viitearvot

VOC-näytteenotossa on huomioitava tuloksiin vaikuttavat tekijät, joita ovat erityisesti korkeat lämpötilat sekä kosteus. Nämä tekijät voivat suurentaa VOC-emissioiden määrää. Mittauksia tehdessä tulee huomioida ja raportoida tekijät, jotka mahdollisesti vaikuttavat tuloksiin. (Rakennuksen sisäilma- ja kosteustekninen kuntotutkimus 2016: 69.)

VOC-yhdisteiden näytteenotto tapahtuu joko aktiivisesti 4–12 litran ilmanäytteellä tai passiivisesti diffuusiokeräimellä. Formaldehydien ja muiden aldehydien aktiivinen näytteenotto on 60–100 litran ilmanäyte ja passiivinen DNPH:lla päällystetyllä suodattimella. Aktiivinen näytteenotto on nopeampi tapa mitata ja silloin saadaan helpommin arvioitua näytteenottoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Passiivinen näytteenotto kestää formaldehydillä vuorokauden tai viikon ja muilla VOC-yhdisteillä 2–4 viikkoa. (Wallenius, ym. 2021.)

Rakenteiden pintaemissioiden mittaus voidaan tehdä sekä bulk-materiaali- että FLEC-näytteestä. Bulk-materiaalinäytteestä tehtävä VOC-analyysi tehdään nimensä mukaisesti suoraan näytepalasta. Näytepala sisältää yleensä pintamateriaalia, liimaa, tasotetta ja pohjustusmateriaalia, tämän takia tulos kuvaa näiden kaikkien yhteisemissiota. Materiaalinäytteestä saadaan vain suuntaa antava tulos, josta selviää yhdisteet ja niiden osuus kyseisestä näytteestä. FLEC-näytteenotossa saadaan selville ainoastaan

emissiot, jotka haihtuvat rakenteen pinnalta. Tällä menetelmällä näyte kerätään suoraan rakennepinnalta ja kyseistä menetelmää voidaan käyttää ainoastaan tasaisilla lattiapinnoilla, jolloin FLEC-kupu saadaan tiiviisti kiinni mitattavalle pinnalle. Sisäilman olosuhteet (RH, T), pintarakenteen lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus mitataan FLEC-näytteenoton yhteydessä kaikissa mittauspisteissä. Bulk-materiaalinäyte-analyysin ja FLEC-analyysin tuloksia tulee verrata toisiinsa sekä VOC-analyysiin. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016: 71–74)

VOC-yhdisteille on erilaisia viitearvoja, esimerkiksi 2-etyyli-1-heksanolille (2-EH), 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatille (TXIB), styreenille sekä naftaleenille on omat arvonsa. Tolueenivasteella lasketun VOC:ien kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty yksittäisten yhdisteiden toimenpiderajoja. (Asetus 545/2015 2015.)

Taulukko 1. Yksittäisten yhdisteiden toimenpiderajoja

Yhdiste	Toimenpideraja
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatti (TXIB)	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Naftaleeni	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ei saa esiintyä hajua
Styreeni	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehydi	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vuosikeskiarvo), $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 minuutin keskiarvopitoisuus)
Yksittäinen VOC (muu kuin yllä mainitut)	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2.5 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt (eng. polycyclic aromatic hydrocarbons) ovat hiilivetyjä, jotka koostuvat yhteen liittyneistä aromaattisista renkaista. Orgaanisten aineiden (esim. puu) palaessa epätäydellisesti syntyy PAH-yhdisteitä. Rakennusmateriaaleissa PAH-yhdisteitä on mm. kivihiilipiessä (kreosootti), jota on käytetty vedeneristeenä 1800-luvulta lähtien, kreosoottia on käytetty myös muun muassa ratapölykyissä ja sähköpylväissä. Sisäilmassa PAH-yhdisteiden lähteitä ovat pääasiallisesti saastuneet maat ja kreosootti. Maasta PAH-yhdisteet pääsevät sisäilmaan epätiivien alapohjarakenteiden kautta. Bentso(a)pyreeni (B[a]P) on tunnetuin ja tutkituin PAH-yhdiste. PAH-yhdisteet tulee aina ensisijaisesti poistaa rakenteista mahdollisuuksien mukaan. (Kemialliset epäpuhtaudet 2008; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016.)

2.5.1 Mittaus ja toimenpiderajat

PAH-näytteenotto tehdään ilmasta. Yhdisteitä kerätään sekä XAD-putkeen että suodattimelle. Tämä johtuu siitä, että kevyemmät yhdisteet adsorboituvat XAD-putkeen, kun taas raskaammat, hiukkasiin sitoutuneet, yhdisteet jäävät suodattimelle. Pelkästään toisella tavalla kerätessä ei saataisi kaikkia yhdisteitä näytteeseen. Näytteenoton tulisi kestää n. 1,5 tuntia. (PAH-ilmanäytteenotto-ohje 2019.)

STM:n julkaisussa (HTP-arvot 2020: haitallisiksi tunnetut pitoisuudet 2020) on määritelty raja-arvot mm. bentso(a)pyreenille. HTP-arvo tarkoittaa pienintä ilman kemikaalipitoisuutta, jonka sosiaali- ja terveysministeriö arvioi voivan aiheuttaa vaaraa tai haittaa työntekijän terveydelle. Julkaisussa bentso(a)pyreenin HTP8h -arvo on 0,01 mg/m³, mikä tarkoittaa aineen 8 tunnin altistumisen haitalliseksi tunnettua pitoisuutta. (HTP-arvot 2020: haitallisiksi tunnetut pitoisuudet 2020.)



Kuva 1, suodattimella varustettu pumppu (PAH-yhdisteiden näytteenotto ilmasta).



Kuva 2, XAD-putkella varustettu pumppu (PAH-yhdisteiden näytteenotto ilmasta).

3 Kosteusvauriot

Jo vuosikymmenien ajan rakentamisen ja kiinteistönpidon suurimpia haasteita ovat olleet kosteus- ja homeongelmat. Home- ja kosteusongelmia aiheuttavat syyt alkavat jo rakennusvaiheessa, näitä syitä ovat muun muassa hankkeen kokonaishallinnan ontuminen, suunnitteluvirheet sekä rakentamisaikaisen sääsuojauksen ja olosuhdehallinnan puutteet. Käytön aikaisia syitä kosteusvaurioiden syntyyn ovat mm. puutteet käytössä, ylläpidossa ja ilmanvaihdossa. Myös rakenteiden, ilmanvaihtotekniikan, rakennusmaan laatu- ja rakennustason, rakennusten ja niiden käyttötapojen sekä hankeprosessin muutokset ovat vaikuttavia tekijöitä kosteusvaurioiden synnyssä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL) 250–2020: 17–18.)

Kosteusvauriot aiheuttavat erilaisia vaurioita, joita ovat mikrobiologiset (homehtuminen ja lahoaminen) sekä kemialliset ja fysikaaliset (muodonmuutokset sekä aineiden hajoaminen, kuten ruostuminen ja emissiot) (Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate 2008). Kosteusvaurioita korjattaessa tulee ottaa huomioon koko rakennus ja kaikki sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät, kuten ilmanvaihto sekä siivouksen taso. Korjausta aloitettaessa tulee tehdä riittävän kattavat kuntotutkimukset korjaussuunnittelun pohjaksi. Ensimmäisenä tehdään kuntoarvio aistinvaraisin menetelmin rakenteita rikkomatta. Kuntoarvio tulee tehdä viiden vuoden välein ja siinä voidaan todeta poikkeamia, jotka tulisi selvittää esim. sisäilma- ja kosteusteknisellä kuntotutkimuksella. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL) 250–2020: 212.)

Kuntotutkimus aloitetaan selvittämällä lähtötilanne, käymällä kohteessa sekä alustavalla riskiarviolla. Näiden perusteella laaditaan tutkimussuunnitelma/-selostus. Kuntotutkimus tehdään siten, että saadaan määriteltyä todellinen kunto, korjaustarpeet ja -menetelmät. Tässä tutkimuksessa joudutaan usein käyttämään rakenteita rikkovia menetelmiä. Kuntotutkimuksessa tutkitaan tarkasti sisäilman laatuun vaikuttavat rakenneosat ja talotekniset tekijät sekä kosteusvaurioituneet tai vaurioituneiksi epäillyt rakenteet. Kuntotutkimus sisältää mahdollisesti käyttäjäkyselyitä, aistinvaraisen tarkastelun sekä pintakosteusmittaukset, rakenneavaukset ja -kosteusmittaukset, sisäilmaolosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittaamisen, haitta-ainetutkimukset, ilmanvaihtojärjestelmän tutkimukset sekä epäpuhtauksien kulkeutumisen ja tiiveyden tutkimukset.

Tutkimusselostus laaditaan kuntotutkimuksen pohjalta ja siinä esitetään poikkeamat ja vauriot, jotka vaativat toimenpiteitä sekä niiden laajuus, sijainti ja syyt. Yleensä

tutkimusselostuksen lopussa esitetään kullekin vaurioituneelle rakenteelle korjaustapaehdotus, mutta lopullinen korjaustapa päätetään kuitenkin vasta korjaussuunnitteluvaiheessa. Tutkimussuunnitelmassa esitetään myös arvio eri korjaustoimenpiteiden kiireellisyydestä, tähän arvioon voidaan käyttää apuna altistumisolosuhdearviota. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL) 250–2020: 212–216.)

Korjauksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon laatu- sekä käyttöikätaavoitteet ja rakenteellisen toimivuuden vaatimukset. Korjausten päätavoite on se, ettei korjauksen jälkeen rakenteiden sisäpinnoissa esiintyisi mikrobi- tai kosteusvaurioita. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL) 250–2020.)

4 Kapselointi

Haitta-aineiden kapselointi on tehokas keino estää rajallisella alueella esiintyvien ja sisäilmaan kulkeutuvien haitta-aineiden pääsy rakenteista sisäilmaan. Kapseloinnin ensisijainen tavoite on saada haitta-aineita sisältävä rakenne eristettyä sitä ympäröivästä ilmasta. Kapseloinnilla voidaan estää asbestin, mikrobien, VOC- tai PAH-yhdisteiden pääsy sisäilmaan. Kapselointikorjaus voidaan toteuttaa silloin, kun vaurio ei ole etenevä, vaurio on vähäinen tai vaurioitunutta kohtaa ei voida poistaa esimerkiksi rakennusteknisistä syistä. Kapselointia käytetään silloin, kun rakenne säilytetään, mutta rakenteisiin syväälle imeytyneet hajut ja haitta-aineet täytyy saada pois huoneilmasta. Kuvassa 4 on esitetty eri korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia. (Weijo, ym. 2019.)

Rakenteiden ilmatiiveyden parantaminen on kyseessä silloin, kun tiivistämisen kohteena ovat vain rakenteiden saumojen, reunojen ja läpivientikohtien kautta tapahtuvat konvektiot eli ilmavirtaukset. Kapseloinnista on kyse silloin, kun eristettävä alue on koko rakenteen pinta-ala ja eristämisessä otetaan huomioon myös diffuusion vaikutus. (Weijo, ym. 2019.)

Kapseloinnissa ei ole kyse ainoastaan kapseloivan aineen levittämisestä, vaan kaikki mahdolliset raot ja halkeamat täytyy tukkia ilmatiiviiksi. Lattioiden halkeamat injektoidaan ja esim. patterien kannakkeet, pienet reiät ja seinä-lattialiittymät tiivistetään ilmansulkumassalla, polyuretaanivaahdolla tai kapselointiin tarkoitetulla saumanauhalla. Kapseloinnin jälkeen esimerkiksi jalkalistoja kiinnittäessä tulee huolehtia siitä, ettei naula/ruuvi puhkaise tiivistettyä pintaa. Suositeltavaa on käyttää liimattavaa jalkalistaa, mutta vaihtoehtona on myös tiivistää ruuvien tai naulan reikä. (Weijo, ym. 2019; TKR

tiivistysdetaljivihko 2021: 16.) Sisäilmakorjauksia tehdessä alipaineistuksen tulisi olla päällä jatkuvasti, mutta kuitenkin kapselointiaineen kuivumisen aikana alipaineistus tulisi olla pois päältä sekä läpivetoa yms. tulee välttää. Alipaineistus voi vaikuttaa kapselointiaineen pysyvyyteen ja toimintaan sekä kapseloitavaan pintaan voi tulla ilmakuplia. Tämä ohje koskee ainakin TKR:n tuotteita. (TKR-koulutus 2021.)



Kuva 3, patterin kannakkeet sekä lattian ja seinän raja tiivistetty ilmansulkumassalla

Tiivistämiskorjausten yhteydessä tulee tarkastaa ja säätää ilmanvaihtojärjestelmän toiminta. Ilmanvaihto tulee säätää siten, että se on mahdollisimman tasapainoinen ulkoilmaan ja laatan alapuoliseen maahan nähden sekä välipohjarakenteiden välillä. Painesuhteiden tulisi olla sellaiset, että epäpuhtauksien kulkeutuminen rakennuksen sisäilmaan vähenee. Suuri alipaine tilassa voi lisätä epäpuhtauksien kulkeutumista tilaan. (Weijo, ym. 2019.)

Ilmanvaihdon lisäksi on tiivistyskorjausten yhteydessä huolehdittava siivouksesta. Siivous on tärkeä osa sisäilmakorjausta, sillä sen avulla varmistetaan, ettei tiloihin jää pölyä tai muita epäpuhtauksia korjauksen jälkeen. Siivous aloitetaan normaalilla rakennussiivouksella, ilmanvaihtojärjestelmän suodattimien vaihdolla ja päätelaitteiden puhdistuksella sekä tarvittaessa ilmanvaihtolaitteiden ja -kanavien puhdistuksella. Tämän jälkeen imuroidaan kaikki pinnat ja kalusteet (seinät, sisäkatto, lattia, valaisimet, hyllyjen taustat, patterien välit, yms.) vähintään H13-luokan HEPA-suodattimella varustetulla imurilla.

Imuroinnin jälkeen tehdään ns. vedetön siivous, jossa käytetään esivalmisteltuja mikro-kuitupyhkeitä, jotka ovat sopivan kosteita/nihkeitä. Vedetön siivous tehdään kuitenkin aikaisintaan vuorokauden kuluttua imuroinnista, jotta suurimmat pölyhiukkaset ovat laskeutuneet ja ne saadaan poistettua. Puhdistusaineeksi riittää yleispuhdistusaine, eikä desinfioivia aineita tarvitse käyttää (pl. tilanteet, joissa viemäriveresi on saastuttanut tiloja.) (Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen 2016.)

Irtaimisto siirretään korjauksen ajaksi pois ja sen puhdistus voidaan aloittaa jo tässä vaiheessa imuroinnilla. Ennen siirtoa takaisin tulee kalusteet ja tavarat puhdistaa perusteellisesti. Jos puhdistus ei ole mahdollista tai riittävä toimenpide, tulee tavarat ja kalusteet uusia kokonaan. Puhdistuksen tulee tapahtua erillisessä vauriottomassa ja alipaineistuksessa tilassa. Tekstiilit pestään korkeassa, vähintään 60 °C, lämpötilassa tai kemiallisella pesulla, matot yms. pestään tai pesetetään pesulassa tuotteiden pesuohjeiden mukaisesti. Myös tuuletus ja kuumalla raudalla silittäminen voi poistaa homeen hajua. Atk-laitteet kannattaa puhdistuttaa asiantuntevalla taholla. Kalusteet ja tavarat tulee uusia, mikäli niissä on selkeä homeen haju tai näkyvää hometta tai jos katsotaan tuotteen puhdistamisen olevan niin haastavaa/kallista, että tavara kannattaa uusia. Jos tavaroissa ei ole näkyvää hometta tai selkeää hajua, voi perusteellinen puhdistus riittää, mutta mikäli näiden kalusteiden tai tavaroiden huomataan aiheuttavan oireita, tulee nekin uusia. (Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen 2016.)

Taulukko 3.2. Kiviaineisten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia.

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen ⁴	Kapselointi	Paine-erojen hallinta ¹	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmapuotojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x	x	x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita ³	x ²	x ²	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita ³	x ²	x ²	x	x

¹ Ali- ja ylipaineistustoimenpiteissä on otettava huomioon koko rakennuksen painesuhteet.

² Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

³ Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

⁴ Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmapuotoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

Taulukko 3.3. Puu- ja kevytrakenteisten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia.

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen ⁴	Kapselointi	Paine-erojen hallinta ¹	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmapuotojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x		x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita ³		x ²	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita ³			x	x

¹ Puurakenteiden yli- ja alipaineistus hankalaa puurakenteen huonon tiivistettävyyden vuoksi.

² Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

³ Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

⁴ Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmapuotoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

Kuva 4, korjausmenetelmien soveltuvuuden arviointia (Weijo, ym. 2019: 56).

4.1 Kapseloinnin materiaalit ja menetelmät

Kapseloinnissa on käytössä erilaisia menetelmiä, jotka voidaan jakaa pinnoitteisiin ja höyrynsulkukalvoihin. Sekä pinnoitteilla että kalvoilla on oltava korkea höyrynsulkuvastus. Jokaisesta kohteesta tehdään oma korjaus-/tiivistämissuunnitelma. Korjauksissa tulee ottaa huomioon käytettävän tuotteen tai materiaalin alustavaatimukset (kosteus, lujuus) sekä käytettävien tuotteiden tulisi olla vähäpäästöisiä ja testattuja materiaaleja.

4.1.1 Pinnoitteet

Kapseloinnissa käytettäviä pinnoitteita on huomattavasti enemmän kuin kalvoja. Pinnoitteita ovat mm. Nantenin Epoxy Barrier, TKR Peruspinnoite ja Hyytelöt, Bettonin Uzin

PE460 ja PE480, ja Blowerproof-menetelmä, Ardexin EP2000 sekä Kiillon tiivistysjärjestelmä. Kuvassa 8 on esitetty eri tuotteiden ominaisuuksia.

Nantenin Epoxy Barrier on lattian kapselointiin käytettävä tuote, joka yhdessä Fescon Oy:n lattiatasoitteen kanssa tarjoaa kokonaisratkaisun sisäilmakorjauksiin. Epoxy Barrieria ei voida käyttää päällimmäisenä kerroksena, vaan se tulee päällystää (kaikki yleisimmät lattiamateriaalit sopivat). Mikäli lattia pinnoitetaan Nantenin pinnoitustuotteella, tulee se levittää 48 tunnin sisällä kapseloinnista. Nantenin pinnoitetta ei voi levittää seiniin. (Lattioiden haitta-ainekapselointi 2021; Nanten Epoxy Barrier 2021.)



Kuva 5, Lattian tiivistys Nantenin Epoxy Barrierilla

TKR Peruspinnoite ja Hyytelöt toimivat vesieristeenä, hajusulkuna, haitta-aineiden, kaasujen ja mikrobien sulkuna sekä IV-kanavien kunnostuksessa, pinnoituksessa ja tiivistyksessä. TKR:n menetelmää voidaan käyttää niin pysty- kuin vaakapinnoillakin ja TKR voidaan jättää lopulliseksi pinnaksi tai maalata/pinnoittaa muuten. (TKR tuoteopas: tuotteet, menetelmät ja ohjeet 2020.)



Kuva 6, TKR-asennus käynnissä. 1. kerros asennettu



Kuva 7, TKR-asennus käynnissä. 2. kerros asennettu

Bettonin Uzin PE460 ja PE480 ovat kapselointiaineita lattiaan, Blowerproof Liquidia käytetään seiniin. PE460 voidaan käyttää alustalla, jonka kosteus on max 95 % RH, PE480 sopii kosteammalle alustalle, alusta saa olla kostea, mutta siinä ei saa olla seisovaa vettä. Mikään tuotteista ei jätä lopullista pintaa, vaan pinta täytyy maalata tai pinnoittaa muuten. (Blowerproof Liquid 2019; Uzin PE460 2015; Uzin PE480 2019.)

Ardexin EP 2000 käytetään kapillaarista ja diffuusiokosteutta vastaan sekä haitta-aineiden hallinnassa. EP 2000 voidaan käyttää ainoastaan vaakasuorilla pinnoilla, eikä sitä voi jättää lopulliseksi pinnaksi, vaan se täytyy päällystää. Ardexilla on kuitenkin EP 2001 W, joka on erityisesti seinä- ja kattopinnoille. Ardexilla on myös EP 1400, jota ei voi käyttää kapillaarikosteuden hallintaan. (Ardex EP 2000 2021; Ardex EP 2001 W 2019; Ardex EP 1400 2020.)

Kiillon tiivistysjärjestelmä sisältää Kiilto Blockin, Kiilto Hydrablockin sekä Kiilto Airblockin. Block ja Hydrablock ovat muuten ominaisuuksiltaan vastaavia vaakapinnoilla käytettäviä tuotteita, mutta Block ei sovellu kapillaari- eikä diffuusiokosteuden hallintaan. Airblock puolestaan on pysty-, vaaka- ja kattopinnoilla sekä erilaisissa liitoksissa, saumoissa ja läpivienneissä käytettävä tuote. Kaikki pinnoitteet voidaan jättää lopullisiksi pinnoiksi tiloissa, joihin ei tule UV-säteilyä. Vaikka säteilyä ei tulisi, tulee pinnoitustarve katselmoida tapauskohtaisesti. Tuotteista Block ja Hydrablock ovat 2-komponenttisia, niihin kuuluu sulkuaine ja kovete, kun taas Airblock on yksikomponenttinen tuote. (Kiilto Airblock Fiber 2021; Kiilto Block Hardener Kovete 2021; Kiilto Block Sulkuaine 2021; Kiilto Hydrablock Hardener Kovete 2021; Kiilto Hydrablock Sulkuaine 2021.)

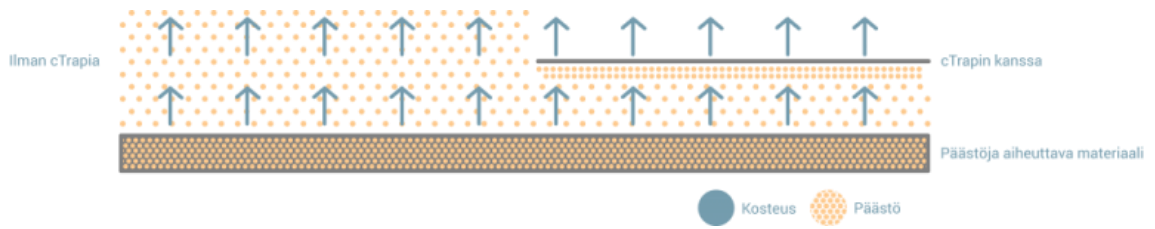
Tuote	Vaakapinnat	Pystypinnat	Lopullinen pinta	Kosteus
Epoxy Barrier	x			
TKR Peruspinnoite	x	x	x	x^1, x^2
TKR Hyytelöt	x	x	x	x^1, x^2
Uzin PE460	x			x^1, x^3
Uzin PE480	x			x^1, x^4
Blowproof liquid		x		x^4
EP 2000	x			x^1, x^3
EP 2001 W	x			x^1, x^3
EP 1400		x		x^3
Kiilto Block	x		x	x^5
Kiilto Hydrablock	x		x	x^1, x^3
Kiilto Airblock	x	x	x	
x^1 suojaa kapillaarista ja diffuusiokosteutta vastaan				
x^2 alusta <85 % RH				
x^3 alusta <95 % RH, Hydrablock 97 % RH				
x^4 alusta saa olla kostea, ei seisovaa vettä				
x^5 päälle pinnoitus: pohjustus Blockilla, kun <90 % RH. Lopullinen pinta: pohjustus Hydrablockilla, kun <90 % RH				

Kuva 8, taulukko eri tuotteiden ominaisuuksista (Nanten Epoxy Barrier 2021; TKR tuoteopas: tuotteet, menetelmät ja ohjeet 2020; Blowerproof Liquid 2019; Uzin PE460 2015; Uzin PE480 2019; Ardex EP 2000 2021; Ardex EP 2001 W 2019; Ardex EP 1400 2020; Kiilto Airblock Fiber 2021; Kiilto Block Hardener Kovete 2021; Kiilto Block Sulkuaine 2021; Kiilto Hydrablock Hardener Kovete 2021; Kiilto Hydrablock Sulkuaine 2021).

4.1.2 Höyrynsulkukalvot

Kapselointiin käytettäviä höyrynsulkukalvoja on huomattavasti vähemmän kuin pinnoitteita, tuotteita ovat mm. Isover Vario Xtra sekä cTrap.

cTrap ei kuitenkaan ole varsinaisesti höyrynsulkukalvo, vaan kangas, joka sitoo päästöaineita itseensä. Kangas ei kuitenkaan toimi kosteussulkuna ja mikäli se asennetaan kosteutta vapauttavan esim. betonilattian päälle, täytyy lattialle asentaa ensin kosteussulku. cTrapia ei saa asentaa ennen kosteusvaurion korjaamista, vaan vaurio tulee korjata ja mahdollinen näkyvä home poistaa. Kangas voidaan asentaa lattiaan, kattoon tai seinille ja tämän jälkeen pinnoittaa kipsilevyllä (seinä ja katto) tai halutulla lattiamateriaalilla. Toisin kuin pinnoitteisiin, kankaaseen voi tehdä reikiä (esim. kiinnittäessä), eikä sen toiminta silti heikkene. (cTrap: puhdasta sisäilmaa; Miten cTrap toimii.)



Kuva 9, cTrap päästää läpi kosteuden, mutta ei päästöjä (Miten cTrap toimii?).

Isover Vario Xtra on älykäs höyrynsulkukalvo, jota voidaan käyttää myös kapseloinneissa. Kalvo mukautuu sääolosuhteisiin, mikä ehkäisee rakenteen vaurioitumista kosteuden päästessä poistumaan. Kalvo on haju- ja ilmatiivis. (ISOVER Vario® Xtra 2021.)

4.2 Kapseloinnin onnistuminen ja laadunvarmistus

Kapseloinnin onnistuminen riippuu pelkän kapseloinnin lisäksi myös ilmanvaihdon puhdistuksesta ja säädöistä sekä siivouksesta. Onnistumiseen vaikuttaa luonnollisesti myös se, miten onnistuminen tässä tapauksessa määritellään. Onko kapselointi onnistunut, jos tilojen käyttäjille ei tule enää oireita, mutta tiiveyttä ei ole tarkastettu merkkiainekokeella tai jos tiiveys on tarkastettu, mutta käyttäjillä on edelleen oireita?

Tarkat ohjeet merkkiainekokeen tekemiseen löytyy RT-kortista RT 14-11197. Merkkiainekoea käytetään tutkimaan rakenteen sisällä ja sen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia erityisen kaasun ja sitä havaitsevan mittalaitteen avulla. Merkkiainekokeessa mitattavaan rakenteeseen porataan reikä, johon merkkiainekaasun syöttöletku asetetaan. Kaasua tulee syöttää riittävästi, jotta se leviää koko tutkittavalle alueelle. Koe tehdään alipaineisessa tilassa, jolloin kaasu tulee rakenteen mahdollisista vuodoista tilaan, jossa se mitataan. Merkkiainekaasuna käytetään typpi-vety-seosta (N_2 95 %, H_2 5 %), rikkiheksafluoridia (SF_6) tai muita kemiallisesti heikosti reagoivia kaasuja, jotka eivät aiheuta terveydellistä haittaa tai syttymisvaaraa ja ovat luotettavasti havaittavissa sekä helposti erotettavissa ilman luonnollisista kaasupitoisuuksista. Rikkiheksafluoridi on hyvä avoimien tilojen (yläpohjat, ryömintätilat ja kuilut) mittauksiin. (RT 14-11197 2015.)

4.3 Kapseloinnin epäonnistuminen

Yleisin syy kapseloinnin epäonnistumiselle on se, että kapselointi on virheellisesti tehty. Syitä väärin tehtyihin tiivistyskorjauksiin ovat mm. osaamattomuus, huolimattomuus,

ymmärtämättömyys tai suunnittelun puutteet. Epäonnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat esim. alustan likaisuus, pölyisyys ja epätasaisuus. (Heli Hakamäki diplomityö 2015).

5 Kapselointien onnistuminen, asiantuntijoiden haastattelut

Kapselointien onnistumisesta haastattelin kahden eteläsuomalaisen kunnan edustajaa, jotka työskentelevät kunnissaan sisäilmakorjausten parissa. Kunnista käytetään tässä työssä nimiä Kunta 1 ja Kunta 2 ja edustajista Edustaja 1 ja Edustaja 2. Haastattelussa edustajat vastasivat kysymyksiin, muun muassa minkälaisia kohteet olivat, minkä tyyppisiä sisäilmaongelmia kohteissa on ollut ja onko korjaustoimenpiteet onnistuneet vai epäonnistuneet. Kunnan 1 edustaja vastasi kysymyksiin enemmän yleisellä tasolla, kun taas kunnan 2 edustaja vastasi kysymyksiin kohteittain siten, että hän sanoi ensin kohteen, jonka jälkeen kysyttiin kysymykset. Esitetty kysymys on otsikkona seuraavissa kappaleissa.

Minkälainen kohde oli ja kuinka monta vuotta sitten korjaukset on tehty?

Kunta 1: Erilaisia kunnan kiinteistöjä; päiväkoteja, kouluja, terveyskeskuksia yms. Korjauksia on tehty jo pidempään, nykyisillä menetelmillä n. 10 vuotta ja nykyisellä tarkkuudella hieman alle 10 vuotta.

Kunta 2: Kunnan 2 läpikäytyt kohteet olivat päiväkoteja ja kouluja viimeisen 10 vuoden ajalta.

Mitä sisäilmaongelmia kohteissa on ollut ennen korjauksia ja minkä kokoisiin alueisiin korjattavat tilat jaettiin?

Molemmissa kunnissa kohteiden pääasialliset ongelmat olivat VOC-päästöt. Osassa kohteita ollut myös viittauksia mikrobivaurioihin. Molemmissa kunnissa korjaustyöt pyrittiin jakamaan lohkoihin siten, että tehtiin esim. palo-ovien erottamat alueet, oireita aiheuttavia tiloja, vaikka olisivat eri kohdissa kohdetta tai tilojen ikäjärjestyksessä (mikäli oli esim. eri vuosikymmenillä valmistuneita tiloja). Molemmissa kunnissa oli myös kohteita, jotka oli korjattu kokonaisuudessaan kerralla. Korjaustöiden jakaminen johtui siitä, että työt tulisi tehdä koulujen loma-aikoina käytössä olevien tilojen rajallisen määrän vuoksi.

Mitä tuotteita/materiaaleja kohteissa on käytetty?

Kunta 1: Kapseloinnit tehdään pääosin TKR:llä ja lattiapinnoitteena käytetään vinyylilankkuja, keraamisia laattoja tai tekstiilipalamattoa. Mitään pinnoitteita ei nykyään enää kiinnitetä liimaamalla, vaan keraamiset laatat kiinnitetään laastilla ja tekstiilipalamatot tarvittaessa teippikiinnityksellä. On myös kohteita, joissa ongelmista on päästy eroon pelkästään lattiamateriaalin vaihdolla.

Kunta 2: Kunnassa ei ole tiettyä tuotetta/menetelmää, jota käytettäisiin eniten, vaan käytettyihin tuotteisiin on vaikuttanut muun muassa kohteen laatu ja jäljellä oleva käyttöaika. Kohteissa on käytetty esimerkiksi cTrap, Ardexin EP 2000 ja TKR. Käytetyt pinnoitteet ovat olleet vinyylilankku, liimattava homogeeninen muovimatto, irtoasennettava hengittävä muovimatto ja tekstiilipalamatto tarvittaessa teippikiinnityksellä.

Molemmissa kunnissa sisäilmakorjauksissa vaurioituneita rakenteita korjataan mahdollisimman paljon, sitten vasta tehdään tiivistystoimenpiteet.

Mikä on ollut tehtyjen korjauksien tavoite ja kohteiden jäljellä oleva käyttöikä ennen korjauksia?

Kunta 1: Korjauksia pyritään tekemään siten, että saataisiin pitkäkestoisia ja toimivia ratkaisuja seuraavaan peruskorjaukseen saakka. Peruskorjaus sykli on noin 30 vuotta. Usein ajatellaan, että sisäilmakorjaus kapseloimalla olisi vain muutaman vuoden kestävä ratkaisu, mutta näin ei kuitenkaan ole. Edustaja mainitsi myös, että esimerkiksi kylpyhuoneissa käytetyt vedeneristeet eivät oikein asennettuna mene luonnollisella tavalla (ilman kohteeseen kuulumatonta rasiutusta) rikki, kun asennuksesta on kulunut tietty määrä vuosia. Tämän takia ei oikein ole syytä siihen, että kapselointi oikein tehtynä ja ilman ulkopuolisia tekijöitä (esim. ilkiivalta) lakkaisi yhtäkkiä toimimasta.

Kunta 2: On kohteita, joihin on tehty korjauksia, jotta saadaan terveelliset tilat rakennuksen jäljellä olevaksi käyttöikäksi ennen uuden vastaavan rakennuksen valmistumista. On myös kohteita, joissa tavoitteena on sama kuin kunnassa 1, eli saada pidempiaikaisia ratkaisuja sisäilmaongelmiin.

Kapseloinnin lopputulos eli ovatko kapseloinnit onnistuneet vai epäonnistuneet ja millä perusteilla onnistuminen/epäonnistuminen on mitattu?

Molemmissa kohteissa kapseloinnit ovat ainakin suppeahkolla otannalla onnistuneet. Onnistumisen mittarina on käytetty käyttäjäkyselyitä oireista ja laadunvarmistusmittauksia. Kunnassa 2 tehdään laadunseurantamittauksia (merkkiainekoe, VOC-mittaus) vuosittain. Molemmissa kunnissa myös käyttäjät raportoivat oireistaan. Kunnan 1 edustaja mainitsi, että nykyään käyttäjät ilmoittavat oireista paremmin kuin ennen.

Epäonnistumisen mittarina molemmissa kunnissa on käytetty käyttäjäkyselyitä ja käyttäjän raportoimia oireita. Kunnassa 2 on tehty laadunvarmistusmittauksia kaikkiin korjattuihin kohteisiin ja on kohteita, joissa laadunvarmistusmittausten perusteella korjaukset ovat onnistuneet, mutta tilojen käyttäjät ovat edelleen raportoineet oireita. Tällöin vaikka korjaukset olisivat onnistuneet mittausten perusteella, katsotaan korjaus kuitenkin epäonnistuneeksi edelleen jatkuvan oireilun takia.

Kunnan 2 edustaja mainitsi myös nykyään tehtävien korjausten onnistumisen yhdeksi tekijäksi työmenetelmät ja käytettävät tuotteet sekä ymmärryksen ja osaamisen parantumisen. Vanhemmissa (yli 10 vuotta) tiivistyskorjauksissa on tehty ainoastaan esim. lattia-seinäliittymiä tai ikkuna-seinäliittymiä ja jätetty mm. kattojen rajat, läpiviennit ja muut reiät tiivistämättä, jolloin esimerkiksi seinässä oleville haitta-aineille on edelleen jäänyt kulkureitti huoneilmaan.

Molemmissa kunnissa oli myös tilanteita, että kahteen eri kohteeseen oli tehty samat korjaustoimenpiteet ja mittaukset. Kuitenkin jostain syystä toisessa kohteessa käyttäjät saivat edelleen oireita, mutta toisessa oireita ilmoitettiin aiempaa vähemmän tai ei ollenkaan. Kahdesta samalla tavalla tehdystä kohteesta toinen jouduttiin poistamaan käytöstä oireilun takia, toinen jatkoi käytössä normaalisti.

Ovatko korjatut kohteet edelleen käytössä ja jos eivät ole, onko syy korjausten epäonnistuminen vai jokin muu (käyttötarkoituksen muutos tai kohteen tarpeen loppuminen)?

Korjatut kohteet olivat enimmäkseen edelleen käytössä, molemmissa kunnissa oli kuitenkin myös kohteita, jotka oli jouduttu poistamaan käytöstä edelleen korjausten jälkeen jatkuvan oireilun takia. Molemmissa kunnissa korjauksia on tehty sekä määrittelemättömäksi ajaksi että määrätyksi ajaksi, esimerkiksi 5 vuodeksi ennen uuden vastaavan rakennuksen valmistumista.

6 Tulokset ja yhteenveto

Haastattelujen perusteella voidaan tehdä tulkinta, että käyttäjien oireilu on kuitenkin tärkein mittari korjausten onnistumista tarkastellessa. Vaikka korjaukset näyttäisivät mitausten perusteella onnistuneen, ei työtä kuitenkaan voida ajatella onnistuneena, mikäli käyttäjien oireet eivät selvästi vähene tai lopu kokonaan.

Oikein tehtyjen tiivistyskorjausten tehon kestosta ei tule olla huolissaan, sillä kapseloinnissa käytettäviä tuotteita sekä vastaavia tuotteita käytetään myös vedeneristeinä, eivätkä esimerkiksi kylpyhuoneissa käytettävät vedeneristeet mene itsestään rikki tai yhtäkkiä rikkoudu normaalilla kulutuksella.

Yleisimmät syyt tiivistyskorjausten epäonnistumisiin (väärin toteutettu) ovat pohjan huono kunto, esim. heikko rakenne, riittävän osaamisen puute tai ymmärtämättömyys siitä mitä ollaan tekemässä. Esimerkiksi ei ymmärretä, että rakenteen tulee olla tiivis, eikä sinne voi jättää pieniäkään rakoja, jotka ei muunlaisessa työssä välttämättä haittaisi. Tämä on ollut vanhemmissa korjauksissa ongelmana, sillä on jätetty esimerkiksi pistorasiat tai muut reiät tiivistämättä.

Tiivistyskorjauksia voidaan tehdä oikein tai väärin, mutta kumpikaan ei takaa onnistumista tai epäonnistumista, koska sisäilmakorjauksissa ei ole kyse ainoastaan rakenteiden ilmatiivistyksestä. Sisäilmakorjaukset käsittävät myös muun muassa ilmanvaihdon korjaukset ja puhdistukset sekä irtaimistojen puhdistukset. Näin ollen, vaikka tiivistykset olisi tehty oikein, mutta ilmanvaihto olisi jäänyt puhdistamatta, voidaan tiloissa edelleen saada samanlaisia oireita kuin ennen korjauksia. Mikäli kapselointi on teoriassa (mittaukset, yms. kunnossa) onnistunut, mutta oireilu jatkuu edelleen, tulisi miettiä, voiko oireiluun olla muuta syytä kuin sisäilmaongelmat. Mikäli tilat ovat puhtaat, eikä siellä ole ongelmaa aiheuttaneita ongelmia, ei pitäisi olla oireitakaan.

Ei ole yksinkertaista tapaa sanoa, onko tiivistyskorjaus onnistunut vai epäonnistunut, vaan korjaus voi olla molempia samaan aikaan. Korjaus voi olla teoriassa onnistunut (tiivis rakenne, ilmanvaihto ja irtaimisto puhtaat), mutta oireilu jatkuu edelleen, jolloin korjaus on katsottava epäonnistuneeksi. Tärkein tekijä on kuitenkin käyttäjäkyselyistä selviävä oireilu ja sen laatu sekä määrä. Mikäli oireilu on vähentynyt huomattavasti tai loppunut kokonaan, voidaan tehdyt korjaustoimenpiteet katsoa onnistuneeksi. Oireiluun vaikuttaa myös muut tekijät kuin itse oireita aiheuttavat epäpuhtaudet, kuten THL:n

raportista (Lampi, ym. 2018) käy ilmi. Näitä tekijöitä ovat mm. sosiaaliset tekijät (työyhteisön tuki ja muiden riskikäsitteet), yksilölliset tekijät (sairaudet, psykososiaaliset tekijät), huoli ja pelko sekä välttäminen ja varominen. Huoli ja pelko voivat vaikuttaa oireiluun siten, että ollessaan huolissaan asiasta, ihminen saattaa havainnoida ja tulkita oireitaan tarkemmin kuin vähemmän huolestunut ihminen. (Lampi, ym. 2018.) Tällaisessa tilanteessa oireita voidaan tulkita sisäilmasta johtuviksi, vaikka näin ei todellisuudessa olisi.

Nykyään käytettävillä tuotteilla kapseloinnit ovat kuitenkin useimmiten onnistuneet ja oireilu vähentynyt merkittävästi tai loppunut kokonaan. Kapseloinnin tehon ei myöskään pitäisi yhtäkkiä loppua itsestään tietyn ajan kuluttua, vaikka usein kapselointia pidetään vain väliaikaisena tai lyhytkestoisena ratkaisuna. Sisäilmakorjausten lopputulokseen voi vaikuttaa myös käytettävät pinnoitteet, vaikkakin nykyään käytettävät pinnoitteet ovat tutkittuja ja päästöttömiä.

Lähteet

Alexander Fleming. 2018. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Alexander_Fleming>. 25.1.2021. Luettu 1.4.2021

Ardex EP 1400. 2020. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Ardex Oy. <<https://ardex.fi/wp-content/uploads/2020/02/ARDEX-EP-1400-h%C3%B6rynsulku-haitta-aineita-vas-taan.pdf>>. 02/2020. Luettu 12.4.2021

Ardex EP 2000. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Ardex Oy. <<https://ardex.fi/wp-content/uploads/2021/01/ARDEX-EP-2000-hoyrynsulku.pdf>>. 1/2021. Luettu 12.4.2021

Ardex Ep 2001 W. 2019. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Ardex Oy. <<https://ardex.fi/wp-content/uploads/2019/05/ARDEX-EP-2001-W-höyrynsulku.pdf>>. 05/2019. Luettu 12.4.2021

Asbesti. 2020. Verkkoaineisto. Insinööritoimisto K. Parila Oy. <<https://kariparila.fi/asbestikartoitus/asbesti.html>>. Luettu 1.4.2021

Asetus 545/2015. 2015. Verkkoaineisto. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsinki: Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>>. 23.4.2015. Luettu 4.4.2021

Aspergillus ochraceus - an overview. Verkkoaineisto. Sciencedirect. <<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/aspergillus-ochraceus>>. Luettu 30.3.2021

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje: Osa IV Asumisterveysasetus 20§. 2016. Verkkoaineisto. Valvira. <<https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>>. 19.2.2020. Luettu 29.3.2021

Asuntojen radonia koskevat viitearvot ja määräykset. 2019. Verkkoaineisto. Säteilyturvakeskus. <<https://www.stuk.fi/aiheet/radon/asuntojen-radonia-koskevat-viitearvot-ja-maaraykset>>. 9.12.2019. Luettu 3.4.2021

Bestlab asbesti. Verkkoaineisto. Bestlab. <<https://www.bestlab.fi/asbesti/>>. Luettu 1.4.2021

Blowerproof Liquid. 2019. Verkkoaineisto. Tekninen tiedote. Betton Oy. <<https://betton.fi/wp-content/uploads/2020/01/BLOWERPROOF-LIQUID.pdf>>. 1.11.2019. Luettu 12.4.2021

cTrap: puhdasta sisäilmaa. Verkkoaineisto. cTrap AB. <<https://ctrapp.se/fi/>>. Luettu 12.4.2021

Espoon homekoirat. 2018. Verkkoaineisto. Aspergillus viittaa kosteusvaurioon. <www.espoonhomekoirat.fi/homekoiratarkastus/aspergillus-viittaa-kosteusvaurioon/>. 1.5.2018. Luettu 30.3.2021

Ghafori, Shamimeh; Habibipour, Reza & Bayat, Samiye. 2020. Verkkoaineisto. Optimization of a real-time PCR assay for identification of *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus niger* from flour samples: Comparison of phenotypic and genotypic methods. Gene reports. <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2452014420304076?token=C6BF340A89687AC5B416AD2E7C4A238CED32BB18CD176EA07DF1F9BB0BD973126224F249E6CE773FC9D698E1028B9E9F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210505064328>>. 3.12.2020. Luettu 30.3.2021

Greco, G.; Capello, M.; Cecchi, G.; Cutroneo, L.; Piazza, S. Di & Zotti, M. 2017. Verkkoaineisto. Another possible risk for the Mediterranean Sea? *Aspergillus sydowii* discovered in the Port of Genoa (Ligurian Sea, Italy). Marine Pollution Bulletin. <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0025326X17305386?token=5955B9ADB5795079458E6392A4B3C8C818A6D4E834676FD5D21DF1B214B76068F61A0A123229A73FA6685A593ABA74C2&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210505064603>>. 23.6.2017. Luettu 30.3.2021

Hakamäki, Heli. 2015. Verkkoaineisto. Toteutustavan vaikutus ulkovaipparakenteen sisäpinnan ilmavuototiivistysten pysyvyyteen. Diplomityö.

<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/18661/master_Hakam%c3%a4ki_Heli_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 1.10.2015. Luettu 29.3.2021

Homepöly, vasta-aineet (altistuksen perusteella määräytyvät erityistutkimukset). 2019. Verkkoaineisto. Fimlab. <<https://fimlab.fi/tutkimus/6629>>. 3.9.2019. Luettu 24.4.2021

HTP-arvot 2020: Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. 2020. Verkkoaineisto. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2020:24. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162457/STM_2020_24_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 1.10.2020. Luettu 5.4.2021

Huang, Xuenian; Men, Ping; Tang, Shen & Lu, Xuefeng. 2021. Verkkoaineisto. *Aspergillus terreus* as an industrial filamentous fungus for pharmaceutical biotechnology. Current Opinion in Biotechnology 2021. <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S095816692100032X?token=6E31D7F4C2291690C621C8F21540E26CF0FA24BDF88E9B6622C9F3051AAC41519E41DA37B767A7397670222CD321853F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210505064608>>. 06/2021. Luettu 30.3.2021

ISOVER Vario® Xtra. 2021. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland Oy/ISOVER. <<https://www.isover.fi/tuotteet/varior/isover-varior-xtra#documentation>>. Luettu 12.4.2021

Katsaus mikrobeihin. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Katsaus-mikrobeihin>>. 2008. Luettu 3.4.2021

Kemialliset epäpuhtaudet. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>>. 2008. Luettu 5.4.2021

Kiilto Airblock Fiber. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Kiilto Oy. <<https://pim.kiilto.com/kiilto-pim-api/api/pdf/download/3b2dfc07-2d4a-4b5c-904d-ad26f83d0d9d>>. 17.2.2021. Luettu 12.4.2021

Kiilto Block Hardener Kovete. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Kiilto Oy. <<https://pim.kiilto.com/kiilto-pim-api/api/pdf/download/b464465b-99f4-4d92-8f21-6f77413127b6>>. 28.4.2021. Luettu 28.4.2021

Kiilto Block Sulkuaine. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Kiilto Oy. <<https://pim.kiilto.com/kiilto-pim-api/api/pdf/download/97e5e52a-90f9-46b0-9a8f-8ccdc9967ea>>. 17.2.2021. Luettu 12.4.2021

Kiilto Hydrablock Hardener Kovete. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Kiilto Oy. <<https://pim.kiilto.com/kiilto-pim-api/api/pdf/download/9a3053c5-78c0-40f2-9991-995b0e9c4700>>. 28.4.2021. Luettu 28.4.2021

Kiilto Hydrablock Sulkuaine. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Kiilto Oy. <<https://pim.kiilto.com/kiilto-pim-api/api/pdf/download/f7880c95-2aa6-4f7c-beb1-c097ffa0f094>>. 17.2.2021. Luettu 12.4.2021

Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>>. 2008. Luettu 30.4.2021

Kosteusvauriokohteiden yleisimmät mikrobit ja niiden terveysvaikutukset. Verkkoaineisto. Cleanside. <<https://www.cleanside.fi/wp-content/uploads/2018/12/Mikrobit.pdf>>. Luettu 29.3.2021

Lampi, Jussi; Pekkanne, Juha & Ohjelmatyöryhmä. 2018. Terve ihminen terveissä tiloissa: Kansallinen sisäilma- ja terveys -ohjelma 2018–2028. Helsinki: Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy

Lattioiden haitta-ainekapselointi. 2021. Verkkoaineisto. Fescon Oy & Nanten Oy. <<https://www.fescon.fi/ratkaisut/lattiat/lattioiden-haitta-ainekapselointi>>. 2021. Luettu 12.4.2021

Mikrobit sisätiloissa. 2008. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Mikrobien-terveyshaitat>>. Luettu 29.3.2021

Miten cTrap toimii. Verkkoaineisto. cTrap AB. <<https://ctrapp.se/fi/miten-ctrapp-toimii/>>. Luettu 12.4.2021

Mohamed, Gamal A.; Ibrahim, Sabrin R.M. & Asfour, Hani Z. 2019. Verkkoaineisto. Antimicrobial metabolites from the endophytic fungus *Aspergillus versicolor*. *Phytochemistry letters*. <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1874390019306512?token=18BE0D487FAC57FEFB4B70C537D47927568FCCD2AB0EA110FB8289E1F9573CFD6E1372C7B86ADD9D4E73DB23E3FBCEA7&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210505063938>>. 10.12.2019. Luettu 31.3.2021

Nanten Epoxy Barrier. 2021. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Nanten Oy. <<https://nanten.fi/wp-content/uploads/2021/02/Nanten-Epoxy-Barrier.pdf>>. 2021. Luettu 12.4.2021

Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen. 2016. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home_puhdistus.pdf>. 2016. Luettu 8.4.2021

PAH-ilmanäytteenotto-ohje. 2019. Verkkoaineisto. Mikrobioni. <<https://mikrobioni.fi/wp-content/uploads/2019/12/ao13-pah-ilmanaytteen-ottaminen.pdf>>. 12.8.2019. Luettu 5.4.2021

PAH-yhdisteiden näytteenotto ilmasta. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/service-document/pah-yhdisteiden-naytteenotto-ilmasta/>>. Luettu 5.4.2021

Palomäki, Eero. Verkkoaineisto. Kosteus- ja homevauriot. Rakennustieto Oy. Luettu 30.3.2021

Putus, Tuula. 2017. Home ja terveys. 3., uudistettu painos. Pori: Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy

Radon. 2021. Verkkoaineisto. Säteilyturvakeskus. <<https://www.stuk.fi/aiheet/radon>>. 27.1.2021. Luettu 3.4.2021

Radonkorjaukset. 2020. Verkkoaineisto. Säteilyturvakeskus. <<https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radonkorjaukset>>. 1.12.2020. Luettu 3.4.2021

Raja-arvot. 2020. Verkkoaineisto. Työsuojelu. <<https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/kemialliset-tekijat/raja-arvot>>. 13.11.2020. Luettu 5.4.2021

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Verkkoaineisto. Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2016. Luettu 28.3.2021

Roy, Sangeeta; Saha, Bodhisattwa & Bhattacharya, Swati Gupta. 2021. Verkkoaineisto. Identifying novel allergens from a common indoor mould *Aspergillus ochraceus*. Journal of Proteomics. <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1874391921000555?token=91AC28BFF58E1C5145B0D8318F059851274F524419F14930A19F2C27433172E0D391F42908489C62B5BF35E8FAF58B6B&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210505063052>>. 21.2.2021. Luettu 31.3.2021

RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Rakennustieto Oy.

Salkinoja-Salonen, Mirja Sinikka. 2016. Verkkoaineisto. Diagnostisia työkaluja rakennusten patologiaan. Helsingin yliopisto: Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. <<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/175841>>. 18.10.2016. Luettu 29.3.2021

Salmela, Anniina; Tähtinen, Katja; Hartikainen, Tarja; Pekkanen, Juha; Lampi, Jussi; Jalkanen, Kaisa; Niemi, Jussi; Lappalainen, Sanna; Lahtinen, Marjaana; Sainio, Markku; Manninen, Titta; Wallenius, Kaisa; Salmi, Kari; Reijula, Kari; Lindqvist, Hanne & Hyvärinen, Anne. 2019. Sisäilma ja terveys: kehitys, nykytilanne, seuranta ja vertailu eri maiden sekä julkisen ja yksityisen sektorin välillä. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59. Verkkoaineisto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161843/59_19_Sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys_netti.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. 17.10.2019. Luettu 26.3.2021

Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <<https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-epapuhtaudet-ja-hajut/>>. Luettu 7.4.2021

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2020. RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Hansaprint Oy.

TKR-koulutus. 2021. Koulutus. TKR sisäilmakorjausten hallintajärjestelmä. 3.3.2021

TKR tiivistysdetaljivihko. 2021. Verkkoaineisto. TKR-Marketing Oy. <<http://www.tkr.fi/files/tkr-tiivistys-detaljivihko-1-4-2021.pdf>>. 1.4.2021. Luettu 12.4.2021

TKR Tuoteopas: tuotteet, menetelmät ja ohjeet. 2020. Verkkoaineisto. TKR-Marketing Oy. <<http://www.tkr.fi/files/tkr-tuoteopas-sivunumeroilla-19-11-2020.pdf>>. 7.9.2020. Luettu 12.4.2021

Uzin PE460. 2015. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Betton Oy. <https://betton.fi/wp-content/uploads/2019/04/uzin_PE_460.pdf>. 4.3.2015. Luettu 12.4.2021

Uzin PE480. 2019. Verkkoaineisto. Tuoteseloste. Betton Oy. <https://betton.fi/wp-content/uploads/2019/04/uzin_PE_480.pdf>. Luettu 12.4.2021

Wallenius, Kaisa; Hovi, Hanna; Mahiout, Selma; Remes, Jouko; Rautiala, Sirpa; Jokela, Pirjo; Leino, Katri & Liukkonen, Tuula. 2021. Verkkoaineisto. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyyppisissä työympäristöissä. Helsinki: Työterveyslaitos. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140940/TTL_978-952-261-957-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2021. Luettu 7.4.2021

Weijo, Inari; Lahdensivu, Jukka; Turunen, Timo; Ahola, Susanna; Sistonen, Esko; Vornanen-Winqvist, Camilla; Annala, Petri. 2019. Verkkoaineisto. Kosteus- ja mikrobivaurioiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Vantaa: Rakennustieto Oy. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. 08/2019. Luettu 6.4.2021