

**TILAAJAN OHJE: MIKROBIVAURIOITUNEEN OMAKOTITALON  
TUTKIMUKSET JA KORJAUS**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus,  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)  
Kevät 2021  
Joni Ranta-aho

---

Tekijä Joni Ranta-aho

Vuosi 2021

Työn nimi Tilaajan ohje: Mikrobivaurioituneen omakotitalon tutkimukset ja korjaus

Ohjaajat Anssi Knuutila (HAMK), Jani Kallio (Konsulttitoimisto Kolona Oy)

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä käsitellään mikrobivaurioituneen omakotitalon korjausprosessia tutkimusvaiheesta toteutukseen. Työn tavoitteena on tuoda mikrobivaurioituneen omakotitalon omistajan tietoisuuteen korjaushankkeen eri vaiheet ja niissä huomioon otettavat asiat. Opinnäytetyön lopputuotoksena tehtiin tiivis tilaajan ohje hankekokonaisuudesta, josta mikrobivaurioituneen omakotitalon omistaja saa toimintaohjeet mikrobivaurion kanssa toimimiseen. Työssä käsitellään pintapuolisesti myös muita sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä.

Sisäilmaongelmista ja mikrobivaurioista löytyy nykyään paljon tietoa eri lähteistä, josta maallikon voi olla hankala poimia oleelliset asiat. Tämä opinnäytetyö täydentää lopputuotoksena tehtyä tilaajan ohjetta. Työn tavoitteena on myös syventää omaa osaamista aiheeseen liittyen.

Työn toimeksiantajana on Konsulttitoimisto Kolona Oy.

Avainsanat Mikrobivaurio, omakotitalo, kuntotutkimus, korjaussuunnittelu

Sivut 39 sivua ja liitteitä 13 sivua

---

Author Joni Ranta-aho

Year 2021

Subject Householders guide: Microbial damaged detached house`s surveys and repairs

Supervisors Anssi Knuutila (HAMK), Jani Kallio (Konsulttitoimisto Kolona Oy)

---

**ABSTRACT**

This thesis deals with a microbial damaged detached house`s repairing process from the building surveys to repairs as a householder. The goal of the thesis was to produce information about different phases of the repairing process to householders who are dealing with microbial damage. As the outcome of the thesis a summary was made about the project entirety where a microbial damaged detached householder gets a guideline about dealing with microbial damage. This thesis also tells its reader about other indoor air problems.

A lot of information about the indoor air problems and microbial damage can be found today and laymen may struggle to find the key points from the amount of information available. This thesis supplements the guideline. The goal of the thesis was also to deepen my own knowledge about the subject.

This thesis was commissioned by Konsulttitoimisto Kolona Oy.

Keywords Microbial damage, detached house, building survey, renovation designing

Pages 39 pages and appendices 13 pages

## Sisälllys

1	JOHDANTO.....	1
2	SISÄILMAONGELMAT JA SISÄILMAAN VAIKUTTAVAT TEKJÄT.....	2
2.1	Sisäympäristöön vaikuttavat fysikaaliset tekijät.....	2
2.1.1	Lämpötila.....	2
2.1.2	Ilmankosteus .....	3
2.1.3	Ilmanvaihto .....	3
2.1.4	Veto .....	3
2.1.5	Melu .....	4
2.1.6	Radon .....	4
2.2	Sisäympäristön mikrobit ja kosteus .....	4
2.3	Muita sisäilmassa esiintyviä epäpuhtauksia .....	5
2.3.1	VOC.....	6
2.3.2	PAH.....	6
2.3.3	Epäorgaaniset kuidut .....	7
3	RAKENNUKSEN KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIO .....	7
3.1	Kiinteistökauppoja koskevat vastuut .....	7
3.2	Riskirakenteet .....	8
3.3	Terveystieteellisten olosuhteiden arvioiminen .....	8
3.3.1	Sisäilman toksisuus.....	9
3.4	Sisäilmanäytteet.....	9
3.4.1	Mikrobit.....	10
3.4.2	PAH.....	11
3.4.3	VOC.....	11
3.5	Mikrobivaurion toteaminen.....	12
4	TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET .....	12
4.1	Tutkijan pätevyudet .....	12
4.2	Tutkimusten kulku.....	13
4.3	Alkuperäiset suunnitelmat.....	14
4.4	Rakenteiden ilmavuotokartoitus .....	14
4.5	Rakennetutkimukset .....	17
4.6	Asbesti- ja haitta-ainekartoitus.....	19
4.6.1	Asbesti .....	19
4.6.2	PAH.....	21

4.6.3	Muita haitta-aineita .....	21
5	KORJAUSSUUNNITTELU .....	22
5.1	Prosessin kulku.....	23
5.2	Suunnittelijan pätevyudet.....	23
5.3	Korjaustoimenpiteiden valinta.....	26
5.4	Avustukset ja energiatehokkuuden parantaminen .....	30
6	RAKENNUTTAMINEN .....	30
6.1	Rakennuslupa.....	31
6.2	Pätevyudet .....	32
7	VALVONTA JA LAADUNVARMISTUS .....	32
7.1	Laadunvarmistus .....	33
7.1.1	Purkuvaihe.....	33
7.1.2	Rakennusvaihe .....	33
7.2	Korjausten onnistumisen seuranta.....	34
8	TILAAJAN OHJEEN KOOSTAMINEN JA TULOKSET.....	35
9	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
	Lähteet.....	37

## **Kuvat, taulukot ja kaavat**

Kuva 1.	Sisäilman laatua heikentäviä fysikaalisia tekijöitä ja epäpuhtauksia .....	2
Kuva 2.	Toimenpiderajat ja viitearvoja sisäilman mittauksille .....	10
Kuva 3.	Sisäilmaongelmaisen rakennuksen kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen.....	13
Kuva 4.	Rakennuksen painesuhteiden tarkastelua paine-eromittarilla .....	15
Kuva 5.	Rakenteiden ilmapuotokohtien kartoitusta merkkiainekokeen avulla .....	16
Kuva 6.	Alapohjan läpiviennin ilmatiiveyden tarkastelua merkkisavun avulla .....	16
Kuva 7.	Ulkoseinään tehty rakenneavaus .....	18
Kuva 8.	Kosteusmittausta alajuoksun alapinnasta .....	18
Kuva 9.	Haitta-aineet rakennusmateriaaleissa ja tarvikkeissa eri vuosikymmeninä .....	19
Kuva 10.	Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmiä .....	29

Kuva 11. Alapohjan ja ulkoseinän liittymän tiivistystä .....34

## **Liitteet**

Liite 1      Tilaajan ohje: Mikrobivaurioituneen omakotitalon tutkimukset ja korjaus

## 1 JOHDANTO

Olen työskennellyt noin puolitoista vuotta mikrobivaurioituneisiin kohteisiin erikoistuneessa konsulttiyrityksessä. Omiin työtehtäviini kuuluu pääasiassa kuntotutkimusten tekeminen, korjaussuunnittelu sekä työnaikainen valvonta. Aihe opinnäytetyöhön tuli omista kokemuksistani työelämässä, jossa havaitsin pientalojen omistajien epätietoisuutta siitä, miten mikrobivaurioituneen rakennuksen kanssa tulisi toimia rakennuksen omistajan roolissa. 2019 lopussa lasketun tiedon mukaan Suomen rakennuskannasta noin 85 % on erillisiä pientaloja ja rakentamisen huippuvuosina 1970 – 1989 rakennettiin yhteensä n. 354 000 erillistä pientaloa. Tuona ajankohtana käytettiin myös rakenneratkaisuja, jotka nykyään luokitellaan riskirakenteeksi. Tämä vahvistaa käsitystä siitä, että vaikka työ on rajattu vain omakotitaloihin, on opinnäytetyöllä suuri kohderyhmä. (Tilastokeskus, 2019)

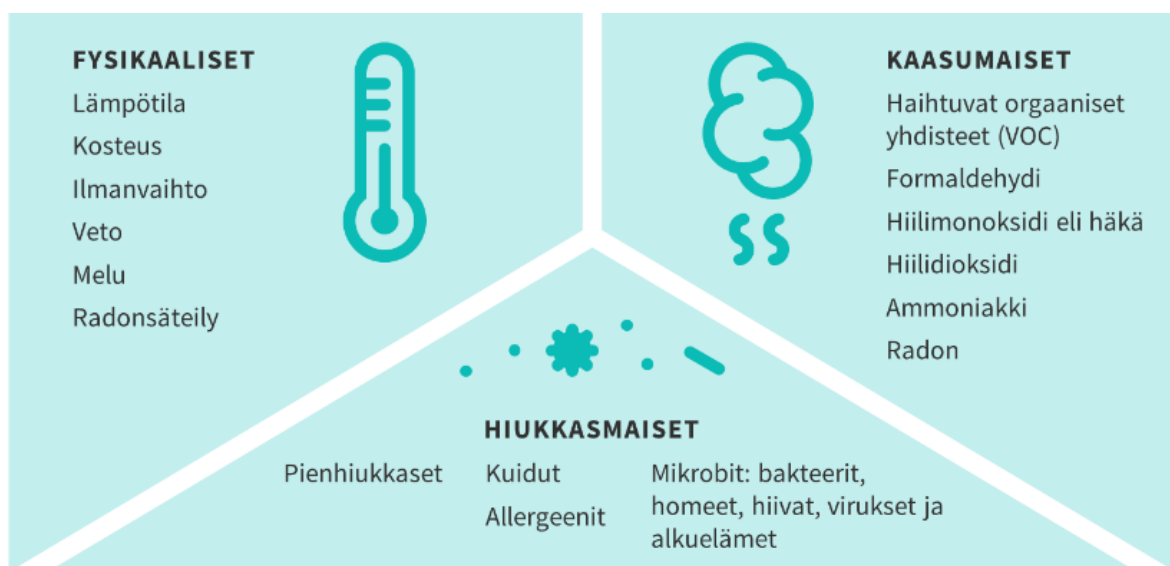
Opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä yleisellä tasolla mikrobivaurioituneen omakotitalon tutkimisen, korjaussuunnittelun ja korjauksen eri vaiheet, jotta mikrobivaurioituneen rakennuksen omistaja saisi selkeän kokonaiskuvan hankkeesta ja hänen olisi helpompi varautua prosessiin. Opinnäytetyössä käydään läpi myös muita sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä sekä niiden huomiointia prosessissa, mutta tämän opinnäytetyön sisältö painottuu mikrobivaurioihin, sekä niiden aiheuttamiin ongelmiin ja näiden ongelmien korjaamiseen.

Hankekokonaisuudesta on tavoitteena tämän opinnäytetyön pohjalta koota tiivis tilaajan ohje mikrobivaurioituneen omakotitalon tutkimiseen ja korjaamiseen (Liite 1), josta omakotitalon omistaja saa nopeasti kokonaiskuvan hankkeesta. Tämä opinnäytetyö toimii ohjetta täydentävänä tietoperustana.

## 2 SISÄILMAONGELMAT JA SISÄILMAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Rakennuksen sisäilmaan ja sen laatuun vaikuttavat ilmanvaihtoratkaisut, rakennuksen sijainti, rakennustapa, rakennusmateriaalit, käyttö, sääolot ja mahdolliset vauriot rakenteissa sekä materiaalipäästöt. Usein sisäilmaongelmien syynä on useampi haitallinen tekijä samanaikaisesti. Kuvassa 1 esitellään sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä. (Sisäilmayhdistys ry, 2008a)

Kuva 1. Sisäilman laatua heikentäviä fysikaalisia tekijöitä ja epäpuhtauksia. (THL, 2019a)



### 2.1 Sisäympäristöön vaikuttavat fysikaaliset tekijät

Fysikaalisia tekijöitä, joilla on vaikutusta sisäilmaan ovat sisäilman lämpötila ja kosteus, veto, ilman liike, valaistus, värinä ja säteily. Suurin osa fysikaalisten tekijöiden vaikutuksista ovat ainoastaan asumismukavuuteen vaikuttavia asioita, mutta esimerkiksi radonsäteily ja melu voivat aiheuttaa ihmiselle terveyshaittoja. (THL, 2019a)

#### 2.1.1 Lämpötila

Lämpötilan huoneilmassa tulee olla oleskeluun ja asumiseen soveltuva. Lämpötila vaikuttaa asumismukavuuteen yksilöllisesti. Lämpötilan ollessa liian korkea tai liian matala, voi niistä aiheutua terveyshaittoja. Lämpötiloilla on vaikutusta myös rakenteiden toimivuuteen, minkä



vuoksi se voi välillisesti aiheuttaa myös tätä kautta terveyshaittoja. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (545/2015) eli lyhyemmin Asumisterveysasetuksessa ja sen soveltamisohjeessa kerrotaan asetetut terveellisen sisäympäristön lämpötilarajat. (THL, 2019a)

### **2.1.2 Ilmankosteus**

Ilmankosteus vaihtelee huoneilmassa rakennuksen käytön ja ulkoilman olosuhteiden mukaan. Sisäilman ilmankosteutta lisääviä käytöstä aiheutuvia tekijöitä ovat esimerkiksi suihkun käyttö, ruuan laitto ja pyykin kuivatus. Ilmankosteus ei saisi nousta pitkäksi ajanjaksoksi niin korkeaksi, että se aiheuttaisi kosteuden tiivistymistä ja lisäisi mikrobikasvun riskiä. (THL, 2019a)

Sisäilman kosteudelle ei ole asumisterveysasetuksessa säädelyjä raja-arvoja, mutta Rakennustieto Oy:n julkaisemassa Sisäilmaluokitus 2018- ohjekortissa (Rakennustieto Oy, 2018) kerrotaan, että ilman suhteellisen kosteuden tulee pysyä alle 60 %. Kosteutta voidaan arvioida sisäilman osalta myös kosteuslisänä. Sillä tarkoitetaan sisätiloissa syntyvää lisäkosteutta ulkoilmaan nähden. Kosteuslisän ollessa enemmän kuin 3-4 g/m<sup>3</sup>, riski mikrobivauriolle rakenteiden pinnoissa ja rakenteissa nousee. Ilmankostutus ei myöskään saa aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioiden riskiä. (Valvira, 2016, osa I)

### **2.1.3 Ilmanvaihto**

Ilmanvaihdon tarkoitus on poistaa sisäilmasta epäpuhtauksia ja tuoda tilalle riittävä määrä puhdasta ilmaa. Tuloilma tulee ottaa paikasta, jossa ei ole lähettyvillä epäpuhtauksia aiheuttavia tekijöitä, kuten jätekatoksia, ja se on johdettava sisäilmaan niin, ettei korvausilman mukana kulkeudu epäpuhtauksia rakenteista huoneilmaan. (THL, 2019a)

### **2.1.4 Veto**

Ilmanvaihdon ilmanliike, alhainen lämpötila, tuloilman suuntaus sekä lämpösäteily saattavat aiheuttaa vetoa. Huonolaatuiset ikkunat ja rakennuksen ulkovaipan epätiivetydet voivat myös

aiheuttaa vetoa. Alle 20°C:n lämpötilassa herkkyys vedontuntemukselle suurenee. (THL, 2019a)

### **2.1.5 Melu**

Ympäristössä saattaa olla useita eri melunlähteitä ja kaikki ihmiset altistuvat melulle jossain määrin. Liian voimakas melu häiritsee lepoa ja keskittymistä. Meluhaitan suuruuteen vaikuttaa mm. äänenvoimakkuus, kapeakaistaisuus, taajuus ja impulssimaisuus. Myös henkilön yksilölliset ominaisuudet sekä melulle altistumisen aika ja paikka vaikuttavat haitan suuruuteen. Meluhaittoja voi aiheutua esimerkiksi liikenteestä ja rakennustyömaista, sekä asuntojen sisällä tapahtuvasta toiminnasta ja teknisistä laitteista. (THL, 2019a)

### **2.1.6 Radon**

Radon on hajuton ja mauton maaperässä esiintyvä radioaktiivinen kaasu, joka saattaa kulkeutua sisäilmaan. Suomessa sisäilmojen radonpitoisuudet ovat keskimäärin korkeampia kuin muualla maailmassa. Korkeat radonpitoisuudet sisäilmassa johtuvat maaperämme korkeista radonpitoisuuksista. Radonpitoisuuteen sisäilmassa voidaan vaikuttaa rakennustavalla. Säteilyturvakeskuksen sivuilta löytyy lisätietoa radonalueista ja radonin torjumisesta. (THL, 2019a)

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen asuntojen radonpitoisuuden enimmäisarvoista mukaan huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää 400 Bq/m<sup>3</sup>. (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista 944/1992)

## **2.2 Sisäympäristön mikrobit ja kosteus**

Ilman mikrobipitoisuus vaihtelee Suomessa vuodenaikojen mukaan runsaasti. Maan ollessa lumen peitossa on ulkoilmassa hyvin vähän mikrobeja. Suurimpia mikrobilähteitä ulkoilmassa ovat maaperä, kasvit, vesi, kaukokulkeutumat sekä erilaiset pistemäiset lähteet kuten esimerkiksi viljapellot. Sisäilman mikrobistoon vaikuttavat ulkoilman mikrobien lisäksi

mikrobien sisälähteet, joita ovat esimerkiksi elintarvikkeet, polttopuut, huonekasvit, ilmastokostuttimet, huonepöly, kotieläimet sekä ihminen itse.

Ulkoilmasta sisälle kulkeutuu runsaasti mikrobeja. Yleisimpiä näistä ovat mm. Cladosporium-, Penicillium-, ja Aspergillus- sukujen sienet ja maaperäbakteerit kuten aktinomykeetit eli sädesienet. (THL, 2019a)

Eniten mikrobikasvuston alkamiseen vaikuttaa kosteus. Mikrobikasvun alkamisen edellytyksenä on myös se, että materiaalissa on mikrobeja, itiöitä tai pieni määrä vanhaa kasvustoa. Mikrobikasvustoa voi esiintyä lähes minkä materiaalin pinnalla tahansa, jos siinä on mikrobeille sopivia ravinteita. Esimerkiksi kostean betonin pinnalle voi muodostua homekasvustoa, jos sen pinnalla on huonepölyä tai muuta likaa.

Home- ja lahovauriot vaativat pitkäaikaisen kosteusrasituksen, joka ylittää materiaalin tai rakenteen kosteudensietokyvyn. Tilapäinen nopeasti kuivuva kosteusrasitus ei yleensä aiheuta haittaa. (Sisäilmayhdistys ry, 2008b).

Rakennuksissa, joissa on kosteusvaurio, esiintyy tietyn kaltaisia mikrobeja. Tällaisissa tapauksissa sisäilmassa olevat mikrobilajistot muuttuvat usein erilaisiksi vaurioitumattomaan rakennukseen tai ulkoilmassa oleviin lajistoihin verrattuna. Näitä mikrobilajistoja kutsutaan kosteusvaurioindikaattoreiksi.

Esimerkiksi aktinomykeetteihin kuuluvat sädesienet ovat yleensä merkki kosteusvauriosta. Ne kasvattavat rihmastoja, kuten sienet, ja tuottavat itiöitä sekä viihtyvät hyvin erityisen kosteissa olosuhteissa. (THL, 2019a)

### **2.3 Muita sisäilmassa esiintyviä epäpuhtauksia**

Joskus homeen tai ”mummonmökkimäisen” hajun syynä asunnossa voi olla puu, joka on käsitelty kloorifenolilla. Sitä on käytetty Suomessa vuosina 1930-1980 esimerkiksi puunsuoja-aineissa. Kloorifenolia sisältävät puunsuoja-aineet saavat kosteissa olosuhteissa elävien mikrobien aineenvaihduntaprosessit synnyttämään pahanhajuisia kloorianisoleja. Nykyään aineen käyttö on kielletty.

Pieninä pitoisuuksina kloorianisolia ei pidetä vaarallisena, mutta sen aiheuttama hajuhaitta on epämiellyttävä asunnon käyttäjälle ja haju tarttuu herkästi puuhun, rakennusmateriaaleihin, tekstiileihin ja irtaimistoon. (Rinne, 2018, s. 206)

Sisäilmassa saattaa olla myös muita kaasumaisia epäpuhtauksia, kuten pistävän hajuista ammoniakkaa, formaldehydiä ja radonia. Rakennuksissa saattaa olla myös muita haitallisia aineita, jotka eivät välttämättä vaikuta sisäilmaan heikentävästi, mutta jotka purku- ja korjaustöiden yhteydessä saattavat olla ihmiselle ja ympäristölle vaarallisia.

### **2.3.1 VOC**

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Volatile Organic Compound) ovat ilmassa olevia kaasuja tai hiukkasia. Näiden yhdisteiden lähteinä toimivat esimerkiksi rakennusmateriaalit, maaperä, maalit, pesuaineet, palonestoaineet ja tupakan poltto. Uusista rakennusmateriaaleista saattaa emittoitua suuria määriä yhdisteitä. Uusien rakennusmateriaalien lisäksi VOC-yhdisteitä syntyy, kun materiaali vanhenee tai hajoaa. Kosteus, otsoni, kuumuus, UV-säteily ja kuluminen nopeuttavat prosessia materiaalikohtaisesti. Ihminen saattaa haistaa monet yhdisteet, ennen kuin niiden määrä ilmassa aiheuttaa altistumista. Hajuhaittojen lisäksi yhdisteillä on erilaisia terveyshaittoja, kuten silmä-, iho-, limakalvo-, ja hengitysteiden oireet. Osa yhdisteistä on myös syöpää aiheuttavia. (Rinne, 2018, s. 204)

### **2.3.2 PAH**

PAH-yhdisteitä eli polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä syntyy epäpuhtaassa palamisessa. Teollisuuden, liikenteen ja puun polttamisen lisäksi niitä voi syntyä myös tupakoidessa, lihan grillaamisessa ja kivihiilitervan (kreosootti) valmistamisessa. PAH-yhdisteet saattavat aiheuttaa syöpää ja mutaatioita. Rakentamisessa eniten käytetty PAH-yhdisteitä sisältävä materiaali on kivihiilipiki eli kreosootti. Sitä on käytetty esimerkiksi bitumipapereissa, eristelevyissä, maaleissa ja vedeneristeissä. Kreosoottia on käytetty 1800-luvun lopulta alkaen yli sadan vuoden ajan. Jos rakennuksessa havaitaan ratapölkkymäinen haju tai sieltä löydetään sille haisevaa materiaalia, on syytä teettää materiaalista laboratorioanalyysi. (Rinne, 2018, s. 205 - 206)

### 2.3.3 Epäorgaaniset kuidut

Epäorgaanisia kuituja ovat esimerkiksi lasikuidut sekä mineraalivillakuidut. Kuituja saattaa esiintyä sisäilmassa leijuvana ja pinnoille laskeutuvana. Mineraalivillakuitujen halkaisija on alle 3 µm:stä noin 8 µm:iin. Mineraalivillakuituja löytyy rakennuksien lämmöneristemateriaaleista, ilmanvaihtokanavien eristysmateriaaleissa, ilmanvaihtosuodattimissa sekä muissa huonetilojen äänenvaimennusmateriaaleissa kuten akustiikkalevyistä ja paneeleista. Sisäilmasta löydettyt kuidut ovat yleisimmin ilmanvaihtojärjestelmän vanhoista äänenvaimentimista. Keuhkoihin hiukkaset pääsevät kulkeutumaan silloin, kun ne ovat kooltaan pienempiä kuin 5 µm. (Sisäilmayhdistys ry, 2008c)

## 3 RAKENNUKSEN KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIO

Mikrobit, sienet, virukset ja alkueliöt voivat kasvaa rakenteissa, jos niillä on kasvamiseen edellytetyt kosteat olosuhteet. Rakennusten rakenteisiin kulkeutuva kosteus voi olla peräisin monesta eri lähteestä, esimerkiksi sade- ja sulamisvesistä, sisä- ja ulkoilmasta, maaperästä tai käyttövedestä. Rakennusaikaista rakennekosteutta voi jäädä rakenteisiin, jos esimerkiksi rakennusmateriaalit ovat olleet alttiina sadevedelle rakennusaikana tai jos betonin ei anneta kuivua riittävästi. Myös kosteuden kapillaarinen siirtyminen, vuodot, tiivistyminen tai puutteellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa kosteusvaurion.

Rakennuksia ei selvästi voida jakaa vaurioituneisiin ja vaurioitumattomiin. Rakenteiden toimivuus kosteusteknisesti voi muuttua rakennusten vanhetessa ja kuluessa. Melkein mikä tahansa rakennusmateriaali homehtuu, kun se on kostea tarpeeksi kauan. Jos puurakenteissa on pitkäaikaisia kosteusvaurioita, saattaa niissä esiintyä myös lahoamista. (THL, 2019b)

### 3.1 Kiinteistökauppoja koskevat vastuut

Jos ostetussa kiinteistössä havaitaan ongelmia ja kiinteistökauppa on tuore, kannattaa ostajan tehdä reklamaatio myyjälle mahdollisimman pian. Ostaja ei voi vedota virheeseen, josta hän on tiennyt tai hänen oletetaan tienneen kauppoja tehdessä esimerkiksi tehdyn

kuntotarkastuksen perusteella. Jos havaitut ongelmat ovat pieniä, voidaan asiasta yrittää sopia ostajan ja myyjän kesken. Jos havaitut ongelmat ovat suurempia ja laaja-alaisia, on syytä olla aikaisessa vaiheessa yhteydessä asuntokauppariitoja hoitavaan juristiin. Myyjän vastuu aika kiinteistökaupassa on viisi vuotta, mutta ostajalla on oikeus vedota havaittuun virheeseen viiden vuoden jälkeenkin, jos myyjän menettely on ollut kunnianvastaista tai törkeän huolimaton. (Maakaari 549/1995)

### **3.2 Riskirakenteet**

Pientalojen riskirakenteet kohdistuvat usein maata ja sen aiheuttamaa kosteusrasitusta lähellä oleviin rakennusosiin tai muusta syystä kosteudelle runsaasti altistuviin rakennuksiin. Rakenne saattaa olla riski myös, jos herkästi vaurioituvia rakennusmateriaaleja on käytetty paikoissa, jossa kosteusrasitus on suuri ja rakenteen kuivuminen hidasta. Mahdollinen sisäilman kosteuden pääsy rakenteisiin saattaa myös aiheuttaa riskejä. Vaikka rakenne on riskirakenne, se ei kuitenkaan aina tarkoita sitä, että rakenne olisi vaurioitunut. Pientalojen riskirakenteiden esimerkkejä löytyy laajasti [hometalkoot.fi](http://hometalkoot.fi)- verkkojulkaisun Tunnista- ja tutki riskirakenne- opetusmateriaalista. (Kosteus- ja hometalkoot, 2012)

### **3.3 Terveydellisten olosuhteiden arvioiminen**

Terveydellisten olosuhteiden arviointiin asuinrakennuksissa ja muissa oleskelutiloissa on säädetty Asumisterveysasetus (545/2015) ja sen soveltamiseen on laadittu soveltamisohje. Näiden mukaisesti tulee terveyshaittaa lähteä selvittämään, poistamaan tai rajoittamaan jos rakennuksessa ylittyy toimenpideraja. Toimenpiderajan ylittymisestä rakennuksessa määritellään Asumisterveysasetuksessa (545/2015 § 20) seuraavaa:

Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua.

Mikrobikasvu todetaan ensisijaisesti rakennusmateriaalista mikrobien kasvatukseen perustuvalla laimennossarja- tai suoraviljelymenetelmällä ja mikroskopoimalla tehdyllä analyysillä. Mikrobiahaitta voidaan todeta myös 6-vaiheimpaktorilla otetun ilmanäytteen tai pintasivelynäytteen laimennossarjamenetelmällä tehdyllä analyysillä. Ilmanäytteen osalta on oltava ilman mikrobipitoisuuden lisäksi myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylittymisestä.

Rakennuksen mikrobikasvun arviointiin voidaan käyttää laimennossarja- tai suoraviljelymenetelmän lisäksi myös muuta menetelmää, jos menetelmän luotettavuus on osoitettu 4 §:n 4 momentissa tarkoitetulla tavalla tai menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys laimennossarjamenetelmällä saatuihin tuloksiin on varmistettu.

### **3.3.1 Sisäilman toksisuus**

Sisäilmasta tiivistetyn veden tai huonepölyn toksisuuspitoisuuksia mittaamalla ei varmuudella voida luokitella tai tunnistaa rakennuksia, joissa on kosteusvaurio eikä toksisuuspitoisuuksien tarkastelua voida käyttää altistumisen arvioinnissa tai ongelmien korjausten kiireellisyyden määrittelyssä. Toksisuutta mittaavissa menetelmissä mitataan kaikkien myrkyllisyyttä aiheuttavien tekijöiden yhteisvaikutusta, minkä vuoksi yksittäisten tekijöiden vaikutuksia tuloksiin ei voida eritellä. Vaikka sisäilmassa ei havaittaisi toksisuutta, vaurioituneet rakenteet tulee aina korjata. (THL, 2019b)

### **3.4 Sisäilmanäytteet**

Sisäilmanäytteitä ottamalla voidaan saada selville haitallisten aineiden pitoisuuksia sisäilmassa. Sisäilmanäytteitä voidaan ottaa erilaisilla keräimillä suoraan sisäilmasta tai pyyhintänäytteillä ja laskeumanäytteillä materiaalien pinnoilta. Sisäilmanäytteitä voidaan ottaa myös esimerkiksi laadunvarmistukseen liittyen korjaus- ja purkutoimenpiteiden yhteydessä. Sisäilmanäytteet eivät kerro mahdollisten haitallisten aineiden lähdettä. Kuvassa 2 esitellään toimenpiderajoja ja viitearvoja sisäilman mittauksille. (Ympäristöministeriö, 2016, s.68)

Kuva 2. Toimenpiderajat ja viitearvoja sisäilman mittauksille. (Ympäristöministeriö, 2019, s.86)

Yhdiste tai mittaussuure	Toimenpideraja <sup>a</sup>	Muu viitearvo	Yhdiste tai mittaussuure
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	400 (kokonaispitoisuus), 50 (yksittäinen yhdiste)	> 100 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10	6 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10	4 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Naftaleeni (C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> )	ei saa esiintyä hajua, 10	< 2 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Styreeni (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> )	40		µg/m <sup>3</sup>
Formaldehydi (HCHO)	50 (vuosi), 100 (30 min)	> 15 <sup>d</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Hilimonoksidi (CO)	7 (hetkellinen)		µg/m <sup>3</sup>
Tupakansavu	0,05 (nikotiinipitoisuus)		µg/m <sup>3</sup>
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	50 (24 h mittaus)		µg/m <sup>3</sup>
Pienhiukkaset (PM <sub>2,5</sub> )	25 (24 h mittaus)	< 10 (S1) <sup>c</sup> < 10 (S2) < 10 (S3)	µg/m <sup>3</sup>
Teolliset mineraalikulut	0,2 (2 viikon laskeuma)		kuitua/cm <sup>2</sup>
Asbestikulut	0,01 (sisäilmassa), ei saa esiintyä pintapölyssä	< 0,01 <sup>d</sup>	kuitua/cm <sup>2</sup>
Mikrobit	Kts. Asumisterveysasetuksen 20 § Mikrobit		-
Hilidioksidipitoisuus (CO <sub>2</sub> ) (Suurempi kuin ulkoilman pitoisuus)	1150	< 350 (S1) <sup>c</sup> < 550 (S2) < 800 (S3)	ppm
Radon (Rn)	400 <sup>b</sup>	< 100 (S1) <sup>c</sup> < 100 (S2) < 200 (S3)	Bq/m <sup>3</sup>

<sup>a</sup> Asumisterveysasetus (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015)

<sup>b</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön päätös n:o 944/92

<sup>c</sup> Sisäilmastoluokitus (RT 07-1 | 299)

<sup>d</sup> Sisäympäristön viitearvoja (Työterveyslaitos, 2017)

Muokattu Ympäristöministeriö 2019, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, taulukon 5.1. pohjalta.

### 3.4.1 Mikrobit

Mikrobien määrää voidaan mitata sisäilmasta esimerkiksi 6-vaiheimpaktorilla otetun ilmanäytteen analyysillä. Sisäilmassa mikrobipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti ja virhelähteitä on monia. Tämän vuoksi pelkästään ilmanäytteen perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä mikrobivaurioista luotettavasti tai määrittää rakennuksen sisäilman terveellisyyttä. Asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan mikrobihaitta voidaan todeta ilmanäytteen perusteella, mutta se vaatii myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylittymisestä. (Ympäristöministeriö, 2016, s.63)



### 3.4.2 PAH

Sisäilman pitoisuus PAH-yhdisteiden osalta on syytä tutkia, jos epäillään PAH-yhdisteiden kulkeutumista ja haihtumista sisäilmaan. On suositeltavaa selvittää yhdisteiden pitoisuus kaasumaisten ja hiukkasmaisten PAH-yhdisteiden näytteillä. Kaasumaiset ilman PAH-yhdisteet kerätään pumpun avulla XAD2-adsorbenttiin (yleensä n. 3-100 l, 0,2-1 l/min nopeudella). Näytteet otetaan tilan normaaleissa olosuhteissa. Näytteenotto PAH-yhdisteiden osalta, jotka ovat sitoutuneet hiukkasiin, tehdään keräämällä pölynäyte suodattimelle pumpun avulla (yleensä n. 10–1000 l, 1–20 l/min nopeudella). Ilmanäytettä ottaessa tutkittavia pintoja harjataan puhtaalla harjalla niin, ettei kontaminoitumista tapahdu. Ilmanäytteiden PAH-yhdisteiden määrittäminen tehdään materiaalianalysoinnin tavoin PAH(16)-yhdisteanalyysillä. Analyysituloksissa esitellään 16 eri yhdisteen pitoisuudet yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asumisterveysasetuksessa (545/2015) on esitetty toimenpiderajoja, jotka koskevat asuintiloja. (Ympäristöministeriö, 2016, s.80)

### 3.4.3 VOC

Sisäilmasta otettava VOC-näyte on syytä ottaa, jos epäillään VOC-yhdisteiden kulkeutumista tai haihtumista sisäilmaan. Se kerätään pääsääntöisesti pumpun avulla Tenax-TA -adsorbenttiin standardin ISO 16000-6:2011 (ISO 16000-6:2001/2011) mukaisesti (yleensä n. 8-12 l, 50-200 ml/min nopeudella). Kyseiselle menetelmälle on saatavilla eniten vertailuaineistoja tulosten tulkinnan tueksi. Tuuletusta tulee välttää n. 12 tunnin ajan tiloissa, josta näytteet otetaan. Ilmanvaihto ja korvausilmaventtiilit ovat normaalitoiminnassa. VOC-näytteitä kerätessä on näytteiden kerääjän oltava tarkkana. Näytteenottaja ei saa käyttää hajusteita, syödä purukumia, polttaa tupakkaa tai tehdä mitään muuta ennen näytteenottoa tai sen aikana, joka voisi vaikuttaa näytteisiin. Tulokset VOC-analyseista ilmoitetaan yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asumisterveysasetuksessa (545/2015) on esitetty viitearvoja, jotka perustuvat edellä mainitun standardin mukaisesti tehtyihin menetelmiin. Eri menetelmillä tehtyjä tuloksia ja viitearvoja ei voida vertailla keskenään. (Ympäristöministeriö, 2016, s.69)

### 3.5 Mikrobivaurion toteaminen

Jos mikrobivaurio on selvästi silmin havaittavaa ja mikrobikasvu on ilmeistä, ei mikrobiologisia määrittämiä tarvitse välttämättä tehdä, sillä näkyvät mikrobi- ja kosteusvauriot tulee aina korjata. Tilanne saattaa usein olla kuitenkin epäselvä, eikä vaurioiden laajuutta, olemassaoloa tai syytä tiedetä. Silloin rakennukseen tulee tehdä sisäilma- ja rakennetekninen kuntotutkimus. Kuntotutkimuksessa tarkastetaan rakenteiden kunto ja otetaan tarvittaessa mikrobiologisia näytteitä mikrobikasvun varmistamiseksi.

Jos mikrobinäytteitä analysoidaan, ensisijaiseksi tarkasteluksi suositellaan analysointia rakennusmateriaalinäytteestä. Sen avulla saadaan varmistettua mahdollisen mikrobikasvuston olemassaolo materiaalissa.

Näytteenottoaika valitaan niin, että analysoitavat materiaalinäytteet edustavat tarkasteltavaa rakennetta hyvin. Laboratorio analysoi näytteen ja tulkitsee tuloksia. Laboratorion tutkimustulosten perusteella tehdään muun rakennuksesta saatujen tietojen perusteella kokonaisarvio rakennuksen ja rakenteiden kunnosta. (THL, 2019b)

## 4 TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET

Koko prosessi lähtee usein liikenteeseen asukkaan havaitsemasta ongelmasta kohteessa. Kyseessä voi olla esimerkiksi pitkittynyt oireilu, jota tapahtuu ainoastaan kohdeasunnossa ollessa, tai on jatkunut esimerkiksi muuton jälkeen asunnossa asutun ajan. Usein myös poikkeavat hajut tai tunkkaisuus sisäilmassa saattavat olla syy asukkaan haluun tutkia asuntoa ja rakennusta.

### 4.1 Tutkijan pätevydet

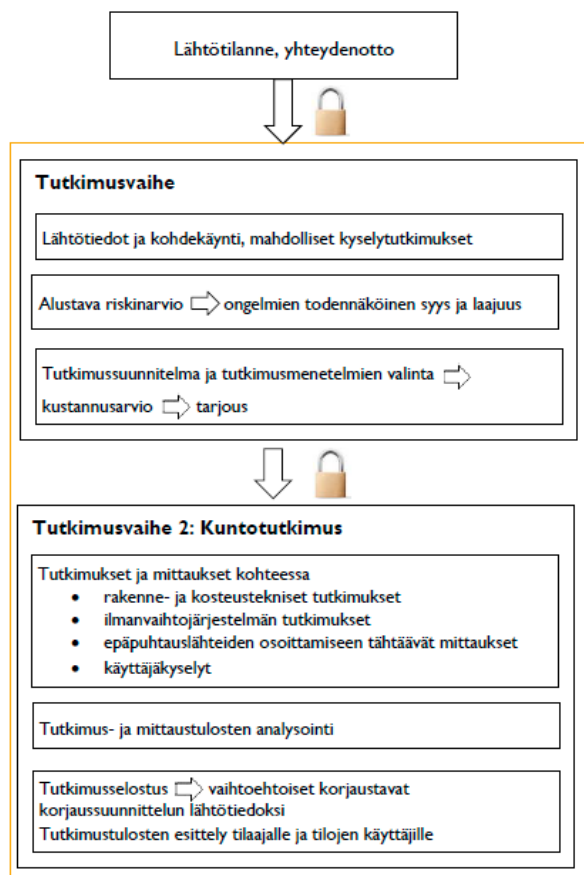
Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015 liitteessä 3 (545/2015) määritellään rakennusten kosteus- ja homevaurioihin sekä sisäilmaongelmiin liittyvän terveydensuojelulain §49 (Laki terveydensuojelulain muuttamisesta 1237/2014) mukaisen ulkopuolisen asiantuntijan koulutuksen sisältö ja osaamisvaatimukset.

Rakentamisen sertifikaatteja myöntävän Eurofins Expert Services Oy:n (ent. VTT) myöntämä Rakennusterveysasiantuntijan (RTA) pätevyys on ainut Asumisterveysasetuksessa hyväksytty pätevyys henkilölle, joka saa yksin toimia ulkopuolisena asiantuntijana, kun epäillään sisäilmaongelmaa tai etsitään syytä ongelmalle. FISE Oy:n myöntävän Kosteusvaurion kuntotutkija- pätevyyden (KVKT), sekä vastaavasti Eurofins Expert Services Oy:n myöntävän Sisäilma-asiantuntijan- pätevyyden (SISA) omaavat henkilöt saavat toimia ulkopuolisina asiantuntijoina yhteistyössä toistensa kanssa. (545/2015)

## 4.2 Tutkimusten kulku

Kuvassa 3 esitellään tutkimusvaiheen kulku yhteydenotosta tutkimusraporttiin.

Kuva 3. Ympäristöoppaan 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, kuva 2.1. Sisäilmaongelmaisen rakennuksen kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen. (Ympäristöministeriö, 2016, s.21)



Työn sisällön määrittely, mahdollinen tarjouskilpailu, sopimus

Ennen tutkimuksia kuntotutkijan kannattaa tehdä alustava tutkimussuunnitelma eteenkin suuremmissa kohteissa. Tutkimussuunnitteluvaiheessa on syytä pyrkiä tekemään kohdekäynti tutkittavaan rakennukseen. Tällöin saadaan mahdollisimman hyvä kokonaiskuva kohteen luonteesta ja saadaan arvioitua tutkimusten laajuus etukäteen mahdollisimman tarkasti. Mittauksissa ja tutkimuksissa tulee käyttää kohteeseen soveltuvia sekä validoituja ja yleisesti hyväksytyjä menetelmiä. Mittaus- ja tutkimustulosten tulkintaa varten tulee olla saatavilla soveltuvat viitearvot ja raja-arvot tai yleisesti hyväksytyt ohjeet. Mittauskohtien lukumäärä, sekä tutkimusten laajuus suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Tutkimusten laajuutta rajoittavat yleensä kustannustekijät. Tästä syystä on tärkeää kohdistaa tutkimukset pintapuolisten tarkasteluiden ja riskianalyyysien perusteella oikeisiin paikkoihin. (Ympäristöministeriö, 2016, s.30)

### **4.3 Alkuperäiset suunnitelmat**

Ennen varsinaista tutkimusta kohteessa on tutkijan syytä perehtyä vanhoihin suunnitelmiin ja muihin rakennusta koskeviin asiakirjoihin, jotta saadaan mahdollisimman kattavat lähtötiedot rakennuksen historiasta ja muodostettua kokonaiskuva rakennuksesta. Rakennuspiirustuksien perusteella löydetään usein mahdolliset kohteen riskin paikat, joihin tutkimuksia on syytä kohdentaa. Alkuperäisten rakennepiirustusten paikkaansa pitävyyteen ei kannata luottaa, vaan rakenteiden todellinen toteutustapa tulee selvittää tutkimuksien yhteydessä. Hyvin usein kohteissa havaitaan suunnitelmista poikkeavia rakenneratkaisuja. Asukasta on myös syytä kuulla hänen tekemistään havainnoista ja mahdollisista dokumentoimattomista rakennukseen kohdistuneista toimenpiteistä ennen muiden tutkimusten aloittamista.

### **4.4 Rakenteiden ilmapuotokartoitus**

Ennen rakenneavauksia rakenteiden ilmatiiveyttä on syytä tarkastella, sillä maaperässä ja rakenteissa on epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi villakuituja, mikrobikasvuston itiöitä, rihmaston kappaleita sekä mikrobitoiminnan aiheuttamia kaasumaisia aineenvaihduntatuotteita. Näiden kulkeutuessa sisäilmaan ne heikentävät sisäilman laatua. Aistinvaraisen arvioinnin tukena rakenteiden tiiveyttä tarkasteltaessa voidaan käyttää merkisavua, merkkiainelaitteistoa sekä lämpökameraa. (Ympäristöministeriö, 2016, s.58)

Ennen rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelua mitataan rakennuksen painesuhteet. Painesuhteisiin vaikuttavat tuuli, savupiippuvaikutus, ilmanvaihto sekä tilojen käyttö. Painesuhteista sisäilman ja ulkoilman välillä voidaan arvioida ilman liikkumisen suuntaa ja määrää rakenteiden läpi. Ilmavirrat kuljettavat lämpöä, kosteutta ja epäpuhtauksia. Suomessa asuinrakennukset on yleensä suunniteltu hieman alipaineiseksi kosteuskonvektion aiheuttaman vaurioitumisriskin vuoksi. Hallitsemattomat ilmavirrat kuljettavat rakenteeseen vesihöyryä, jossa se saattaa tiivistyä vedeksi. Kuvassa 4 näytetään rakennuksen ulkoilman ja sisäilman välisen paine-eron mittaamista. (Ympäristöministeriö, 2016, s.118)

Kuva 4. Rakennuksen painesuhteiden tarkastelua paine-eromittarilla. Sisätilan ja ulkoilman välinen paine-ero on -3.4 Pa, jota voidaan vanhemmassa rakennuksessa pitää normaalina.



Tarkin ilmatiiveyden tarkastelun menetelmä on merkkiainetutkimus. Merkkiainekokeessa lasketaan tarkasteltavan rakenteen sisään merkkiainekaasua. Sisätilojen alipaineisuudesta johtuen merkkiainekaasu pyrkii rakenteiden läpi ilmavirtojen mukana huonetilaa kohti. Huonetilan puolella etsitään mahdollisia ilmavuotoja merkkiaineanalysointilaitteen avulla, joka havaitsee merkkiainekaasun. Tyypillisiä ilmavuotokohtia ovat rakenteiden liittymä- ja läpivientikohdat. Kuvassa 5 esitellään merkkiaineanalysointilaitteella tehtävää ilmavuotokartoitusta ja kuvassa 6 näytetään ilmavuotojen tarkastelua merkkisavun avulla.

Tarkasteltavan tilan alipaineen tulee olla vähintään  $-5$  Pa, jotta ilmavirtausten suunta on varmasti sisäänpäin. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 59 - 60)

Kuva 5. Rakenteiden ilmapuotokehtien kartoitusta merkkiainekokeen avulla. Kuvassa merkkiaineanalyysointilaitteella tarkastellaan ulkoseinän ja alapohjan liittymää, jossa on havaittavissa ilmapuotoja.



Kuva 6. Alapohjan läpiviennin ilmatiiveyden tarkastelua merkkisavun avulla. Merkkisavu liikkuu kuvan tilanteessa pyörremäisenä viivana, joka kertoo ilmapuodoista läpiviennissä.



## 4.5 Rakennetutkimukset

Kuntotutkimuksessa tehdään aina tilojen ja rakenteiden aistinvarainen tarkastelu sekä riskiarvio. Aistinvaraisen tarkastelun apuna voidaan käyttää esimerkiksi pintakosteudenosoitinta. Pintapuolinen kosteuskartoitus tehdään tyyppillisesti suunnitelmissa ja aistinvaraisissa tarkastelussa havaituille riskialueille sekä vesipisteiden läheisyyteen ja märkätiloihin. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 39 - 49)

Pintapuolisten tarkasteluiden ja rakenteiden ilmapuotokartoituksen jälkeen tehdään rakenneavauksia lisäselvitystä vaativien rakenteiden osalta. Rakenneavauksessa tarkastetaan rakenteen rakennetyyppi, arvioidaan aistinvaraisesti rakenteen kuntoa, tehdään kosteusmittauksia tarvittavilta osin sekä otetaan tarvittaessa materiaalinäytteitä mikrobianalyysiin, mikäli vauriot eivät ole muilla tavoin todennettavissa. Rakenneavauksissa saadaan selville rakenteiden suunnitelmien mukaisuus. Rakenneavauksia tehdään paikkoihin, joissa oletetaan olevan vaurio tai joissa on havaittu mahdollinen riskin paikka. Kuvassa 7 rakennuksen ulkoseinään on tehty rakenneavaus ja kuvassa 8 saman avauksen alajuoksun kosteuspitoisuuksia mitataan. Tutkija määrittää kohteessa avauskohtien koot ja määrän havaintojensa perusteella. Havainnot tulee dokumentoida valokuvin ja tekstein. Materiaalinäytteitä voidaan ottaa haitta-aineselviksiä tai mikrobianalyysiä varten. Näytteenotot tehdään desinfioitujen näytteenottovälineiden avulla rakenteesta. Näytteet tulee ottaa ja säilyttää niin, etteivät ne kontaminoidu keskenään tai häiriidy minkään muun ulkopuolisen tekijän vuoksi. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 39 - 49)

Jos materiaali on silminnähdyn vaurioitunut tai se on laho, ei materiaalinäytteenottoa välttämättä tarvita. Tässä tapauksessa vaurioiden dokumentoiminen on erityisen tärkeää. Materiaalinäytteitä voidaan analysoida, vaikka vaurio olisi ilmeinen, jos halutaan lisätietoa mikrobilajistosta tai jos tarvitaan lisänäyttöä esimerkiksi riitatapaukseen. Materiaalinäytteistä tehtävät mikrobianalyysit toimivat tukena rakennustekniselle tarkastelulle. Asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan ensisijainen mikrobikasvuston esiintymisen toteaminen materiaalissa tehdään suoraviljelymenetelmällä, laimennososasarjamenetelmällä tai mikroskopoimalla tehdyllä analyysillä. Mikrobikasvun arvioimiseen voidaan käyttää myös muita menetelmiä, jos menetelmän luotettavuus on osoitettu Asumisterveysasetuksessa mainituin tavoin. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 39 - 49)

Kuva 7. Ulkoseinään tehty rakenneavaus (n. 30x30 cm). Sisäverhouslevyt, höyrynsulku ja eristeet poistettu. Alajuoksu ja tuulensuojalevy näkyvissä.



Kuva 8. Kosteusmittausta alajuoksun alapinnasta. Kosteusmittarin lukema 20,1 painoprosenttia ja raja-arvo on 18, joten alajuoksu voidaan todeta kosteaksi. Jos kosteuksia mitataan painekyllästetystä puusta, tulee ottaa huomioon kyllästysaineiden ja puun suolapitoisuuden vaikutus mittaustuloksiin.





## 4.6 Asbesti- ja haitta-ainekartoitus

Asbesti- ja haitta-ainekartoitus kannattaa suorittaa jo hankesuunnitteluvaiheessa, jotta niistä aiheutuvat toimenpiteet voidaan ottaa huomioon suunnittelussa. Kartoitus tulee suorittaa kuitenkin viimeistään ennen purkutöiden aloittamista, jos on epäily siitä, että kohteen rakennusmateriaalit saattavat sisältää haitta-aineita. Haitta-ainekartoitus vaatii tekijältään erikoisosaamista ja syvää perehtymistä aiheeseen. Epäilyistä haitta-aineita sisältävistä materiaaleista otetaan materiaalinäytteet, jotka toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Kartoituksessa otettuja näytteitä käsitellään aina niin kuin ne sisältäisivät ko. haitta-ainetta, kunnes on saatu analyysi laboratoriolta niiden vaarattomuudesta. (Ympäristöministeriö, 2016, s.78)

Haitta-aineiden kartoitus sekä purku vaatii aina erityistä huolellisuutta työturvallisuuteen ja jätteenkäsittelyyn liittyen, sekä pölynhallinnan suhteen.

Kuva 9. Haitta-aineet rakennusmateriaaleissa ja tarvikkeissa eri vuosikymmeninä.

(Ympäristöministeriö, 2016, s.76)

Ajanjakso	Asbesti	Mineraaliöljyt	PAH-yhdisteet (kreosootti)	PCB-yhdisteet	Metalli-yhdisteet
...1900	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty
1900 - 1930	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty
1930 - 1940	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty
1940 - 1950	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty
1950 - 1960	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty	käytetty
1960 - 1970	käytetty	käytetty	mahdollisesti	käytetty	käytetty
1970 - 1980	käytetty	käytetty	mahdollisesti	mahdollisesti	käytetty
1980 - 1990	käytetty	käytetty	mahdollisesti	ei tiedossa 1)	käytetty
1990 - 2000	mahdollisesti	käytetty	mahdollisesti	ei tiedossa 1)	käytetty
2000 - 2010	ei tiedossa <sup>1)</sup>	käytetty	ei tiedossa <sup>1)</sup>	ei tiedossa <sup>1)</sup>	käytetty

1) Ei tunnettua käyttöä ko. vuosikymmenenä

Muokattu Ympäristöoppaan 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, taulukko 3.3. pohjalta.

### 4.6.1 Asbesti

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015 määrää seuraavaa:

Rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, johon voi sisältyä asbestipurkutyötä, on huolehdittava asbestikartoituksen tekemisestä.

Asbestikartoituksessa on

- 1) paikallistettava purettavassa kohteessa oleva asbesti,
- 2) selvitettävä asbestin ja sitä sisältävien materiaalien laatu ja määrä,
- 3) selvitettävä rakenteissa olevan asbestin ja sitä sisältävien materiaalien pölyävyys niitä käsiteltäessä tai purettaessa.

Asbestikartoituksen tekijältä edellytetään riittävää perehtyneisyyttä asbestiin, sen esiintymiseen ja rakenteiden purkamiseen sekä suunnitellun kartoituksen laadun ja laajuuden edellyttämää ammatillista osaamista.

Asbestikartoitus on dokumentoitava ja se on luovutettava asbestipurkutyöhön ryhtyvän työnantajan tai itsenäisen työsuorittajan käyttöön.

Mitä tässä pykälässä säädetään rakennuttajasta tai muusta, joka ohjaa ja valvoo rakennushanketta, sovelletaan työturvallisuuslain 49 §:ssä tarkoitetulla yhteisellä työpaikalla pääasiallista määräysvaltaa käyttävään työnantajaan.

Tämä tarkoittaa sitä, että ainakin kaikkiin ennen vuotta 1994 valmistuneisiin rakennuksiin on tehtävä asbestikartoitus ennen purkutöiden aloittamista. Asbestin käyttö kiellettiin vuonna 1994. Vaikka myyminen on ollut kiellettyä vuoden 1994 alusta, ei silti voida olla täysin varmoja, ettei asbestia olisi käytetty tai myyty vielä sen jälkeenkin.

Asbesti on yleinen nimi monelle luonnosta saatavalle kuitumaiselle silikaattimineraalille. Asbestilajeja ovat krysotiili, krokidoliitti, antofylliitti, tremoliitti, aktinoliitti ja amosiitti eli grüneriitti. Asbestianalyysit toteutetaan mikroskooppisesti. (Ympäristöministeriö, 2016, s.78)

Asbestia sisältävistä materiaaleista ja niiden käyttövuosista löytyy tietoa esimerkiksi työterveyslaitoksen julkaisusta Asbesti rakennusmateriaaleissa. (Työterveyslaitos, 2016)

#### 4.6.2 PAH

PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit haisevat yleensä voimakkaasti. Ratapölkkymainen haju kertoo monesti siitä, että materiaali sisältää PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteiden analysointi on tarpeen esimerkiksi purkujäteluokan määrittämisen, materiaalin sisäilmavaikutuksen arvioinnin ja mahdollisen hajunlähteen löytämiseksi. (Ympäristöministeriö, 2016, s.76)

Materiaaleista analysoidaan yhteensä 16 PAH-yhdistettä Yhdysvaltojen ympäristösuojeluviranomaisen EPA:n (United States Environmental Protection Agency) mukaisesti. Yksittäisten PAH-yhdisteiden pitoisuuksien lisäksi laboratorion tulee ilmoittaa tuloksissa PAH(16)-summakonsentraatio. Tämän perusteella saadaan materiaalista määriteltyä esimerkiksi jäteluokitus. (Ympäristöministeriö, 2016, s.78)

#### 4.6.3 Muita haitta-aineita

Haitta-aineita ovat myös esimerkiksi PCB (Polyklooratut bifenyylit) ja raskasmetallit.

PCB-näytteitä analysoidaan materiaalinäytteestä yleensä lähinnä purkujätteen luokituksen selvittämiseksi. Analyysi tehdään PCB(7)-yhdisteanalyysillä, joka on kuvattu standardissa SFS-ISO 10382 (SFS-ISO 10382/2007). Yksittäisten PCB- pitoisuuksien lisäksi laboratorion tulee ilmoittaa tuloksissa PCB(7)-summakonsentraatio. Tämän perusteella saadaan materiaalista määriteltyä esimerkiksi jäteluokitus.

Raskasmetalleista tehdään analyysit AAS-laitteistolla tai ICP-laitteistolla riippuen analysoitavasta metallista. Yleisimpiä määriteltäviä metalleja ovat lyijy, elohopea, arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, nikkeli, antimoni ja sinkki. (Ympäristöministeriö, 2016, s.79)

Asbestia tai muita haitta-aineita sisältäviä materiaaleja saattaa tulla vastaan purkutöiden yhteydessä. Niihin on aina reagoitava ja selvítettävä mahdollisten haitta-aineiden sisältö materiaaleissa ennen töiden jatkamista.

Kuva 2. Esimerkkejä haitta-aineiden esiintymisestä rakennusmateriaaleissa.

(Ympäristöministeriö, 2016, s.77)

Haitta-aine	Materiaali tai rakenne ja aikakausi, jolloin käytetty
Asbesti	Ilmanvaihtokanavat (krysotiili, amosiitti, krokidoliitti, 1930-1970-luku) Asbestisementtiputket (krysotiili, amosiitti, krokidoliitti, antofylliitti 1930-1980-luku) Asbestisementtilevyt (krysotiili, antofylliitti ja joskus krokidoliitti, v. 1910-1990) Lattia- ja seinätasoitteet (antofylliitti, 1950-1970-luku) Lattiapäällysteet märkätiloissa (antofylliitti, krysotiili, v. 1954-1975) Muovitapetit märkätiloissa (krysotiili, 1970-luku) Sisätilapäällysteiden bitumiliimat (antofylliitti tai krysotiili, 1950-1960-luku) Keraamisten laattojen kiinnityslaastit (antofylliitti, 1960-1970-luku) Julkisivumaalit (krysotiili, v. 1960-1988) Putkieristeet (krokidoliitti, krysotiili, amosiitti, antofylliitti, v. 1930-1977) Vedeneristeet/bitumiliuokset (krysotiili, v. 1927-1986) Palonsuoja- ja akustiikkalevyt (krokidoliitti, antofylliitti, krysotiili, 1950-1970-luku) Palonsuojaruiskutus (krokidoliitti, amosiitti, v. 1939-1977)
Mineraaliöljyt	Polttoaineet, leikkuunesteet, moottoriöljyt ja muut voiteluaineet (mineraaliöljyllä pilaantunut rakenne on tavallisesti ulkoisen lähteen pilaama) Asfaltit ja valuasfaltit
PAH-yhdisteet (kreosootti)	Puumateriaalin kyllästysaineet, bitumituotteet (joissakin tuotteissa vielä 1990-luvulla) Asfaltit ja valuasfaltit
PCB-yhdisteet	Saumaussmassat (...1989) Lämpölasit (v. 1960-1977) Korroosionestomaalit, kondensaattorit ja muuntajat
Metalliyhdisteet	Saumaussmassat (...1989) Korroosionestomaalit (lyijyä vielä 1990-luvulla) Väriaineet Lamput (edelleen käytössä, myös energiansäästölamput) Jäähdytys-, voitelu- ja kyllästysnesteet (ulkopuolinen lähde) Lämpömittarit

Muokattu Ympäristöoppaan 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, taulukko 3.4. pohjalta.

## 5 KORJAUSSUUNNITTELU

Rakennuksen kuntotutkimusraportti toimii keskeisenä lähtötietona korjaussuunnittelussa. Optimaalinen tilanne korjaussuunnittelun aloittamiselle on se, että rakennuksen tutkija on mukana myös korjaussuunnitteluvaiheessa. Silloin rakennuksen ongelmista saadaan paras mahdollinen kuva ja korjaussuunnittelussa osataan huomioida oikeat asiat niin, että ongelma saadaan poistettua mahdollisimman hyvin ja kustannustehokkaasti. Ensisijaisena tavoitteena korjauksessa on minimoida käyttäjien altistuminen. Suunnitelmissa tulee esittää

korjaustavat mahdollisimman yksityiskohtaisesti erityisesti rakenteiden liitoskohdissa. Rakennepiirustusten lisäksi on hyvä tehdä myös kirjallinen korjaustyöselostus, jossa selitetään tarkemmin korjauksen toteutustapoja ja työtekniikoita. Korjaustapoja ja niiden laajuutta kannattaa tarkastella kokonaisuutena niin, että korjaus sovitetaan yhteen talon muiden rakennusosien käyttöikien kanssa. (Ympäristöministeriö, 2019, s.8 - 10)

On hyvin yleistä, että suunnitelmia joudutaan tarkentamaan tai muuttamaan korjaustoimenpiteiden tekemisen aikana. Myös mahdollisia lisätutkimuksia saatetaan tehdä korjaussuunnittelun aikana.

## **5.1 Prosessin kulku**

Prosessi etenee yleensä pääpiirteittäin niin, että kohteeseen, jossa on asukkaan epäilemä sisäilmaongelma, tehdään kuntotutkimus. Kuntotutkimus kohdennetaan aistinvaraisten ja muiden havaintojen perusteella todettuihin ongelmakohtiin. Rakenteiden ja taloteknisten ratkaisuiden kunnon ja toimivuuden selvittämisen jälkeen saadaan selville kohteen sisäilmaa heikentävät tekijät. Kuntotutkimusten tulosten perusteella tehdään korjaussuunnitelmat, joissa rakennuksen tai rakennuksen osan mahdolliset puutteet tai vaurioituneet rakenteet korvataan rakennusfysikaalisesti ja kosteusteknisesti toimivilla ratkaisuilla riittävässä laajuudessa.

## **5.2 Suunnittelijan pätevyudet**

Valtioneuvoston asetus (214/2015) määrittelee rakennusfysikaalisten suunnittelutehtävien ja kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävien vaatimusluokista seuraavaa:

Rakennusfysikaalinen suunnittelutehtävä on tavanomainen, jos suunniteltava rakennus on teknisiltä ja toiminnallisilta vaatimuksiltaan tavanomainen ja suunnittelussa voidaan käyttää yleisiä suunnitteluohjeita ja vakiintuneita ratkaisuja eikä rakennuksen ympäristöstä tai rakennuspaikasta aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia.

Rakennusfysikaalinen korjaus- ja muutostyön suunnittelutehtävä on tavanomainen, jos korjaus- ja muutostyön tekniset ja toiminnalliset vaatimukset ovat yksinkertaiset eikä rakennuksen ympäristöstä, rakennuspaikasta tai rakennuksen käyttötarkoituksesta tai ominaisuudesta aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on tavanomainen, jos suunnittelun kohteessa on selkeästi määritettäviä ja rajattavia kosteus- tai homevaurioita eikä rakennuksen käyttötarkoituksesta tai ominaisuudesta aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia. (214/2015 § 21)

Rakennusfysikaalinen suunnittelutehtävä on vaativa, jos:

1) suunniteltavaan rakennukseen kohdistuvasta rakennusfysikaalisesta rasituksesta aiheutuu erityisiä vaatimuksia suunnittelulle; taikka

2) suunniteltavan rakennuksen käyttötarkoituksesta tai ominaisuudesta aiheutuu erityisiä vaatimuksia rakennusfysikaaliselle suunnittelulle.

Rakennusfysikaalinen korjaus- ja muutostyön suunnittelutehtävä on vaativa, jos korjaus- ja muutostyön tekniset tai toiminnalliset vaatimukset ovat korkeat tai rakennuksen ympäristöstä, rakennuspaikasta tai rakennuksen käyttötarkoituksesta tai ominaisuudesta aiheutuu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on vaativa, jos suunnittelun kohteessa on laajoja kosteus- tai homevaurioita tai vaurioiden korjaus edellyttää rakenteiden kosteufysikaalisen toiminnan merkittävää muuttamista. (214/2015 § 22)

Rakennusfysikaalinen suunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa, jos:

1) suunniteltavaan rakennukseen kohdistuvasta voimakkaasta rakennusfysikaalisesta rasituksesta aiheutuu poikkeuksellisia vaatimuksia suunnittelulle;

2) suunniteltavan rakennuksen käyttötarkoituksesta, rakenteiden vaativuudesta tai muusta ominaisuudesta aiheutuu poikkeuksellisia vaatimuksia rakennusfysikaaliselle suunnittelulle; taikka

3) suunnittelu edellyttää uusien tai muutoin erittäin vaativien suunnittelu-, laskenta- tai mitoitusmenetelmien käyttöä.

Rakennusfysikaalinen korjaus- ja muutostyön suunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa, jos korjaus- ja muutostyön tekniset tai toiminnalliset vaatimukset ovat poikkeuksellisen korkeat tai rakennuksen ympäristöstä, rakennuspaikasta tai rakennuksen käyttötarkoituksesta tai ominaisuudesta aiheutuu suunnittelulle poikkeuksellisia vaatimuksia.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa, jos:

1) rakennuksessa on laajoja rakenteiden sisäisiä kosteus- tai homevauriota aikaisemmasta kosteusvaurion korjauksesta huolimatta;

2) rakenteiden kosteusfysikaalinen toiminta on varmistettava erityisillä teknisillä järjestelmillä tai erityismenetelmillä; taikka

3) rakennuksen käyttötarkoituksesta, sisäilmaston tavoitetasosta tai muusta ominaisuudesta aiheutuu suunnittelulle poikkeuksellisia vaatimuksia.

(214/2015 § 23)

Edellä mainittujen asetuksen pykälien perusteella mikrobivaurioisen kohteen korjaussuunnittelu luokitellaan useasti vaativasta luokasta ylöspäin. Lähtökohtaisesti mikrobivaurioituneessa rakennuksessa on rakennusfysikaalisesti toimimattomia rakenneosia, ja niiden rakennusfysikaalista toimintaa on muutettava merkittävästi. Tästä

syystä suunnittelutehtävien vaativuusluokaksi määritellään usein vaativammaksi, kuin tavanomainen suunnittelutehtävä. Pienet helposti rajattavien vaurioiden suunnittelutehtävät voivat olla vaativuusluokaltaan tavanomaisia.

FISE Oy myöntää pätevyksiä ja ylläpitää rekisteriä, josta löytyy eri vaativuusluokkien suunnittelijoiden pätevyksiä sekä pätevyysvaatimukset.

### **5.3 Korjaustoimenpiteiden valinta**

Mikrobivaurioituneiden kohteiden korjaussuunnittelussa on aina yli- tai alikorjaamisen mahdollisuus. Suunnittelijan tulee määritellä toimenpiteet ja korjausten perusteellisuus tapauskohtaisesti. Suunnittelijan ja urakoitsijan kannalta merkittäviä perusteita korjausratkaisuille ovat myös tilaajan vaatimukset sekä hankkeen taloudelliset resurssit. Jos vaurioituminen on etenevä tai aktiivinen, rakennusosa tulee yleensä korvata uudella ja rakennusfysikaalisesti toimivalla ratkaisulla. Joissain tapauksissa vaurion aiheuttajan poistaminen ja rakennusosien tiivistäminen riittää siihen, että saadaan vaurion aiheuttamat haitat hallintaan. Ympäristöministeriön julkaisemasta Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus- oppaasta (Ympäristöministeriö, 2019 s. 108-280) löytyy valmiita rakennedetaljeja erilaisten yleisten ongelmien korjaustapoihin. Suunnittelijan tulee kuitenkin aina harkita tapauskohtaisesti parasta korjausmenetelmää suunniteltavaan kohteeseen. Suunnittelijan tulee olla suunnitteluvaiheessa yhteydessä rakennuksen omistajaan ja olla tietoinen myös hänen mielipiteistään korjaustapoihin ja laajuuteen liittyen. Kuvassa 10 esitellään korjausmenetelmiä yleisellä tasolla, sekä niiden soveltuvuuksia eri tilanteisiin. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 32 - 39)

Kokonaisuuden hahmottaminen ja sen hallinta on keskeinen tekijä suunnitteluvaiheessa. Jos korjaustoimenpiteet ovat laajoja, kannattaa myös rakennuksen muita osia uusien niiden käyttöikä huomioiden. Ilmanvaihto on myös tärkeä asia, joka tulee ottaa huomioon rakennuksen kokonaisuutta tarkasteltaessa. Mikrobivaurioituneiden rakennusten korjauksessa rakenteiden ilmatiiveyttä parannetaan lähes poikkeuksetta, ja ilmanvaihdon toiminta on tarkistettava ja säädettävä korjausten yhteydessä. Korjaustoimenpiteitä kannattaa ajatella pitkällä tähtäimellä. Aina korjaushetkellä edullisin oleva toimenpide ongelman hallintaan saamiseksi ei tule halvimmaksi pidemmällä aikavälillä. Perusteellisempi



korjaus poistaa ongelman varmasti ja pidentää rakenteen käyttöikää, minkä vuoksi se saattaakin olla pidemmän ajanjakson kuluessa edullisempi. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 32 - 39)

Kuntotutkimuksissa rakenteita tutkitaan yleensä pistokoemaisesti, eikä sen perusteella välttämättä saada tarvittavaa kokonaiskuvaa vaurioiden laajuudesta. Tästä syystä korjaussuunnitteluvaiheessa vastaan tulevia epäselvyyksiä rakenteiden ja vaurioiden osalta kannattaa tutkia lisää mahdollisimman paljon suunnitteluvaiheessa. Kun suunnitteluvaiheessa ollaan selvillä mahdollisimman hyvin korjaustarpeesta, tulee korjaustyön aikana mahdollisimman vähän vastaan yllätyksiä. Ikinä ei kuitenkaan voida varmistua täysin kaikesta rakenteiden sisällä olevasta, joten suunnitelmia joudutaan usein tarkentamaan korjausvaiheen yhteydessä. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 32 - 39)

Rakennusten ja rakennusosien kosteusteknistä toimivuutta suunnitellessa tulee noudattaa ympäristöministeriön asetusta rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017), joka määrittelee esimerkiksi seuraavat reunaehdot:

### **3 § Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden olennaiset tekniset vaatimukset**

Pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää sen kosteustekniselle toimivuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. Suunnittelijan on rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa selvítettävä rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toimivuus.

Rakennuksen, rakenteiden ja rakennusosien on oltava sisäiset ja ulkoiset kosteusrasitukset huomioon ottaen kosteusteknisesti toimiva niiden suunnitellun teknisen käyttöiän ajan. Rakennuksen liian suuri kosteuspitoisuus tai kosteuden kertyminen rakennuksen osiin tai sisäpinnoille ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa rakennuksessa oleskeleville terveyshaittaa.

#### **4 § Rakennuksen kosteustekninen toimivuus rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa**

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen ei tarvitse tehdä muutoksia, jos rakennus on kosteusteknisesti toimiva. Korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa kosteusteknisesti toiminut rakenne, jonka tekninen käyttöikä on loppunut tai joka on kosteustekniseltä toiminnaltaan vaurioitunut, voidaan korjata rakennusaikaista rakentamistapaa noudattaen. Jos rakenteessa ei ole kosteustekniseltä toimivuudeltaan muutosta vaativaa suunnittelu- tai toteutusvirhettä, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa ensisijaisesti noudatettava alkuperäisen rakenteen toimintatapaa. Korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa voidaan noudattaa tätä asetusta, jos tarkoituksena on parantaa rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta. Jos rakenne on omiaan aiheuttamaan terveyshaittaa tai vaurioita rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa noudatettava tätä asetusta.

Yllä olevan asetuksen mukaan rakennusta tulee siis tarkastella yksittäisten rakennusosien koostamana toimivana kokonaisuutena. Rakennuksen korjausten vaikutukset ilmanvaihtojärjestelmään on otettava huomioon korjauksissa. Suunnittelijan on suunnittelun alkuvaiheessa tehtävä tarvittava määrä rakenneavauksia ja tarkastuksia rakennukseen niin, että hän saa selvitettyä rakenteiden todellisen toteutustavan ennen korjaussuunnittelua.

Kuva 10. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmiä.

(Ympäristöministeriö, 2019, s.37)

Korjausmenetelmä	Korjauksen soveltuvuus	Keskeiset onnistumisen edellytykset	Riskitekijät onnistumiselle
Kosteusteknisen toimivuuden parantaminen	Kaikissa tapauksissa, jos ei ennestään toimiva	Rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kokonaisvaltainen tarkastelu. Toimivuuden parantamisen mahdollistavien korjausmenetelmien valinta.	Kosteusteknistä toimivuutta ei tarkastella tai ymmärretä rakennuksessa kokonaisvaltaisesti. Vanhan rakennusosan kosteusteknisen toimivuuden puutteet tai vanhat rakenteet on selvitetty huonosti.
Rakennusosan uusiminen	Uusiminen on rakennusteknisesti ja suojelunäkökulmista mahdollista, korjauksen kannalta tarpeellista ja siihen on käytettävissä tarvittavat resurssit.	Uusittavan osan tarkoituksenmukainen rajaaminen. Hankkeen kokonaisvaltainen hallinta, resurssien riittävyys. Uuden rakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus.	Ympäröivien rakenteiden, stabiiliteetin, paloturvallisuuden, taloteknisten järjestelmien ja ääneneristyksen riittämätön hallinta. Liitokset ympäröiviin rakenteisiin. Pölynhallinta. Joudutaan samalla purkamaan hyviä, toimivia rakenteita.
Kuivaaminen	Kun löydetään kosteaa materiaalia, jota ei ole kannattavaa poistaa. Riittää yksin, jos vaurio on paikallinen, eikä ole ehtinyt aiheuttaa mikrobikasvua materiaaleihin, ja kaikkien kastuneiden rakenteiden kuivaaminen mahdollista.	Varmistetaan siitä, että (1) kaikki kastuneet rakenteet ovat kuivat ennen rakenteiden sulkemista, (2) mikrobikasvu ei ole ehtinyt alkaa, (3) materiaalit eivät ole vaurioituneet.	Huolimaton kastuneiden rakenteiden kartoitus ja riittämätön kuivaaminen. Rakenteiden sulkeminen ennen niiden riittävää kuivumista. Rakenteeseen jää mikrobivaurioita, joita ei ole huomattu, tai kuivaaminen on liian hidasta niin, että rakenne ehtii sen aikana mikrobivaurioitua.
Rakennuksen painesuhteiden muuttaminen	Paine-eron aiheuttamien epäpuhtauksien kulkeutumisen hallinta laajempaa korjausta odottaessa tai sen jälkeen. Painesuhteiden tarkastaminen ja ilmanvaihdon säätäminen sisältävät kaikkiin korjaustoimenpiteisiin.	Taloteknisten järjestelmien, ilmavirtausten, painesuhteiden ja ilmavuotojen hallinta, rakenteiden kosteusteknisen käyttäytymisen hallinta.	Rakennuksen taloteknistä ja rakennusfysikaalista toimintaa ei tarkastella kokonaisuutena. Tuulen aiheuttaman ja termisen paine-eron vaikutukset, jotka eivät ole hallittavissa pelkästään ilmanvaihdolla (tuulinen rakennuspaikka, korkea rakennus, korkeat kullut tai epätiiviit vaipparakenteet).
Rakennusosien ilmatiiveyden parantaminen	Vaurio ei ole etenevä, vaurio on vähäinen tai siitä sitä ei voida poistaa kokonaan esim. rakenneteknisistä syistä. Terveystaiton poistuminen korjauksilla on vahvasti perusteltu.	Korjauksella saadaan estettyä epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan. Lisäksi tehdään etenevän vaurion korjaustoimet. Korjauksien kokonaisvaltainen hallinta (muun muassa ilmanvaihto)	Epäpuhtauslähde jää ilmayhteyteen sisätilan kanssa, tiivistyksien rikkoutuminen esimerkiksi käyttäjien tai huollon toiminnan vuoksi. Etenevän vaurion korjaustoimien puuttuminen. Vuotojen lisääntyminen jonkun toisen rakennusosan kauttatiivistämisen seurauksena. Pitkäaikaisesta käytöstä nykymenetelmillä ei ole kokemusta, käyttöikä epävarma.
Kapselointikorjaus			

Muokattu Ympäristöministeriö 2019, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, taulukko 3.1. pohjalta.

## 5.4 Avustukset ja energiatehokkuuden parantaminen

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) myöntää avustuksia kosteus- ja mikrobivaurioituneiden asuinrakennusten kuntotutkimuksiin ja näiden rakennusten peruseräparannusten suunnittelukustannuksiin. Ara myöntää avustuksia myös rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, joista voi olla hyötyä myös mikrobivaurioituneiden rakennusten korjausten yhteydessä. Jos vauriot ovat laajoja ja rakenteita joudutaan uusimaan laajasti, kannattaa suunnittelussa ja korjauksessa miettiä myös rakennuksen energiatehokkuuden parantamista. (ARA, 2020)

Jos rakennuksen korjaustoimenpiteet ovat laajuudeltaan sellaisia, että hanke vaatii rakennusluvan, tulee noudattaa Ympäristöministeriön asetusta rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (4/13) ja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta vaatimusten mukaan.

## 6 RAKENNUTTAMINEN

Jos rakennushankkeeseen ryhtyvä on maallikko, kannattaa hänen käyttää rakennuttamisessa apunaan ulkopuolista ammattitaitoista rakennuttajaa, sillä rakennushankkeeseen ryhtyvällä on maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan velvollisuus vastata hankkeen läpiviennistä. Ulkopuolisen rakennuttajan tehtävänä on toimia tilaajan edustajana ja varmistaa hankkeen eri vaiheiden tavoitteiden toteutuminen. Mikrobivaurioituneisiin kohteisiin erikoistunut rakennuttaja pystyy hyödyntämään verkostoaan ja kilpailuttamaan urakan hyväksi havaituilla urakoitsijoilla, joilla on kokemusta vastaavanlaisista kohteista. Tällöin urakkavaiheen laadunvarmistus helpottuu, kun voidaan olla varmempia siitä, että urakoitsija ymmärtää hankkeen luonteen ja eri työvaiheiden tärkeyden.

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta (958/2012 § 117 c) määrittelee rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuusta rakennuksen terveellisyyteen seuraavaa:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on

terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi.

Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousveteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävinä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovelluttava tarkoitukseensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita.

Ympäristöministeriön asetuksella voidaan antaa uuden rakennuksen rakentamista, rakennuksen korjaus- ja muutostyötä sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutosta varten tarvittavia tarkempia säännöksiä rakennukselta edellytettävistä terveellisyyteen liittyvistä fysikaalisista, kemiallisista ja mikrobiologisista olosuhteista, taloteknisistä järjestelmistä ja laitteistoista sekä rakennustuotteista.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä on siis hyvin isossa roolissa koko projektin onnistuneessa läpiviennissä.

## **6.1 Rakennuslupa**

Kohteen vaurioiden laajuuden ja korjaustapojen selviämisen jälkeen saadaan käsitys siitä, ovatko korjaustoimenpiteet laajuudeltaan ja luonteeltaan sellaisia, että hanke vaatii rakennuslupan. Jos rakennuslupan tarvittavuudesta on epäselvyyttä, on syytä olla yhteydessä rakennusvalvontaan ja kysyä rakennuslupan tarpeellisuudesta. Rakennuslupa-asiat hoidetaan lupapiste.fi- palvelun kautta.

Rakennuslupa tarvitaan vähintään silloin, kun rakennuksen kantaviin rakenteisiin tehdään muutoksia, käyttötarkoitusta muutetaan, tehdään mittavia taloteknisiä muutoksia tai muutoksia, jotka vaikuttavat paloteknisiin ratkaisuihin. Rakennuslupa vaaditaan myös, jos

tehdään sellaisia toimenpiteitä, joilla on vaikutusta rakennuksen käyttäjän turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin.

## 6.2 Pätevyudet

FISE Oy myöntää tarvelähtöisiä RAP- ja RAPS- pätevyksiä rakennuttajalle.

Ylemmän pätevyystason (RAPS) tavoitteena on varmistaa laadullisesti, teknisesti ja taloudellisesti vaativien rakennuskohteiden rakennuttamisen hallinta ja kyky toimia rakennuttajaorganisaation esimiehenä.

Yleisen rakennuttajan pätevyys kattaa talonrakentamisen lisäksi infra- ja talotekniikan sektorit. (FISE Oy, n.d.)

Rakennuttajalle ei kuitenkaan ole laissa tai asetuksissa määritelty pätevyysvaatimuksia.

## 7 VALVONTA JA LAADUNVARMISTUS

Korjausten suunnitteluvaiheessa asetetaan mitattavissa olevat laadulliset tavoitteet korjauksen toteutukselle sekä tilojen terveellisyydelle korjausten jälkeen. Korjausten onnistumisen kannalta on tärkeää, että kaikki korjauksen suunnitteluun, valvontaan ja toteutukseen osallistuvat osapuolet ovat tiiviisti yhteistyössä keskenään ja tiedon liikkumisen osapuolten välillä on toimittava mahdollisten suunnitelmien muutosten ja muiden yllätysten vuoksi. Tämän vuoksi esimerkiksi työmaakokoukset ovat tärkeä osa laadunvarmistusta. (Ympäristöministeriö, 2019, s.72)

Korjaushankkeen kosteudenhallinta on erityisen tärkeää, jotta rakenteisiin ei aiheudu vaurioita korjausvaiheen aikana ja se on syytä tuoda esille korjaussuunnitelmissa. Tällöin urakoitsija osaa varautua tarpeenmukaisten varastotilojen hankkimiseen, sekä väliaikaisiin rakenneosien suojauksiin. Suunnitteluvaiheessa kannattaa tuoda myös esille loppusiivousmenettely, joka on mikrobivaurioisen kohteen onnistumisen ja luovutuksen kannalta tärkeää. Loppusiivouksen yhteyteen on syytä sisällyttää ilmanvaihtokanavien puhdistus. (Ympäristöministeriö, 2019, s.72)

## 7.1 Laadunvarmistus

Suunnitelmissa tulee selkeästi olla esillä työnaikaiset ja -jälkeiset laadunvarmistustoimenpiteet ja toimintatavat niin, että saadaan estettyä myöhemmät kiistat ja sekaannukset. Mikrobivaurioisen kohteen korjausten aikainen laadunhallinta on erittäin tärkeää, sillä korjaustoimenpiteiden toteutus vaatii usein erikoisosaamista.

### 7.1.1 Purkuvaihe

Purkuvaiheessa korjaustoimenpiteen kohteena oleva rakennusosa on rajattava muista osista niin, ettei pöly pääse leviämään muihin rakennuksen osiin. Pölyväisissä vaiheissa tulee käyttää kohdepoistolla varustettuja työvälineitä. Purkutyövaihe on syytä ohjeistaa Ratu 82-0383 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku- ohjekortin mukaan suoritettavaksi. Ohjekortissa kerrotaan pölynpoiston ja osastoinnin toteutuksista, sekä työntekijän suojautumisesta ja työtavoista.

Työn aikana tulee valvoa pölynhallinnan toimivuutta tarvittavilla toimenpiteillä. Kaikki pölyn kulkeutuminen puhtaisiin tiloihin on estettävä. Esimerkiksi ilmanvaihtokanavat on tukittava korjattavalta alueelta. Alipaineistuksen toimivuutta voidaan tarkastella aistinvaraisesti esimerkiksi suojaseinien ”pullistumisella” likaisen alueen suuntaan tai mittaamalla paine-eroa puhtaan ja likaisen tilan välillä. Valvonnassa on syytä kiinnittää huomiota myös työntekijöiden turvallisuuteen, sillä varsinkin purkuvaiheessa työntekijöiden altistumisriski haitallisille aineille on pölyämisen vuoksi korkea. (Ratu 82-0383)

### 7.1.2 Rakennusvaihe

Rakennusvaiheen laadunvalvonnassa tulee tarkastaa erityisesti peittyviä työvaiheita. Mikrobivaurioisen kohteen korjauksissa on tärkeää se, ettei rakenteiden sisään jätetä ylimääräistä rakennuspölyä ja että kaikki peittyvät pinnat puhdistetaan mekaanisesti ennen uusien rakennekerrosten asennusta. Rakennustyömaan yleinen siisteys korreloi useasti valmiin työn laatuun. Kuvassa 11 esitellään alapohjan ja ulkoseinän liittymän tiivistystä.

Kuva 11. Alapohjan ja ulkoseinän liittymän tiivistystä. Alustan puhtaus ja pohjustus on tärkeää rakenteiden tiivistyksiä tehdessä.



Yksi tärkeä vaihe korjausten onnistumisen varmistamisessa on rakenteiden tiiveyden tarkastelu esimerkiksi merkkiainekokeella RT 14-11197- ohjekortin mukaisesti. Rakenteiden tiiveys on varmistettava, että saadaan ei-halutut ilmavirtaukset rakenteissa ja niiden läpi poistettua. Urakoitsijan on syytä teettää mallityö ennen loppujen tiivistystöiden tekemistä, jotta voidaan varmistua tiivistystyön laadusta jo varhaisessa vaiheessa. Rakenteiden tiiveys tarkistetaan heti tiivistystöiden jälkeen ennen pintamateriaalien asennusta. Tällöin mahdollisia ilmapuotokehtia saadaan vielä paikattua helposti. (RT 14-11197)

## 7.2 Korjausten onnistumisen seuranta

Rakennuksen käyttäjän rooli korjausten onnistumisen seurannassa on suuri. Tärkeä seurantaperuste on rakennuksen käyttäjän havainnot esimerkiksi mahdollisista poikkeavista hajuista tai käyttäjän oman terveydentilan muutoksista. Korjatuissa tiloissa voidaan myös tehdä erilaisia seurantakatselmuksia ja -mittauksia. Urakoitsijan on osallistuttava käyttö- ja huolto-ohjeen laadintaan. Käyttö- ja huolto-ohjeista tulee selvittää tilojen ylläpitoon liittyvät



toimenpiteet, sekä esimerkiksi tieto siitä, miten korjaukset tulee ottaa huomioon tulevia remontteja tehdessä. Jos tiivistyskorjauksessa rakennuksessa tehdään remonttia, tulee remontin tekijän olla tietoinen tiivistyksistä ja olla vaurioittamatta niitä remontin aikana.

(Ympäristöministeriö, 2019, s.81)

## **8 TILAAJAN OHJEEN KOOSTAMINEN JA TULOKSET**

Mikrobivaurioituneen pienkohteen korjausprosessin saattaminen vaurioepäilystä korjausvaiheen kautta valmiiksi terveelliseksi ja turvalliseksi rakennukseksi on haastavaa ja se vaatii suuren ammattitaidon omaavia tekijöitä projektin joka osa-alueella alusta loppuun. Parhaat lähtökohdat prosessin onnistumiselle on silloin, kun hankkeen eri vaiheisiin osallistuvat tahot toimivat saumattomasti yhteistyössä.

Hankkeen alkuvaiheessa kannattaa huolellisesti valita pätevä ja vastaavanlaisiin kohteisiin erikoistunut asiantuntija selvittämään ongelmaa. Näin saadaan hanke heti kustannustehokkaille raiteille ja rakennuksen ongelmakohdat sekä korjaustarpeet selvitettyä, jolloin resursseja jäisi mahdollisimman paljon itse ongelman korjaamiseen. Mitä valveutuneempi mikrobivaurioituneen omakotitalon omistaja on hankkeen kulusta, sitä tehokkaampaa on resurssien ohjaaminen ja hallinta.

Tilaaajan ohjeen (Liite 1) tavoitteena oli tehdä tiivis ja kattava ohje aiheesta, joka myötäilisi tämän opinnäytetyön sisältöä niin, että ohjeen lukijan on helppo saada lisätietoa eri aihealueista ohjeen pintapuolisen tiedon jälkeen tästä opinnäytetyöstä tarvittaessa. Itse ohjeen kokoaminen ja tiivistäminen oli haastavaa tiedonpaljouden vuoksi. Ohjeen koostaminen perustui omiin kokemuksiin ja eri lähteiden tulkitsemiseen. Ohjeeseen yritettiin sisällyttää kaikki tarpeellinen, mutta pitää se kuitenkin sen pituisena, että lukija saa lyhyen lukemisen jälkeen mahdollisimman hyvän käsityksen hankkeen kokonaiskuvasta.

Opinnäytetyön toimeksiantajan puolelta oleva opinnäytetyöohjaaja kommentoi tilaaajan ohjetta selkeäksi ja sanoi opinnäytetyössä kiteytyvän hyvin sisäilmaongelmista kärsivien pienkohteiden korjausprosessin eri vaiheet. Hän uskoi opinnäytetyöstä olevan hyötyä monelle pienkohteen omistajalle ja muille asiasta kiinnostuneille.

## 9 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ohjetta voitaisiin kehittää antamalla ohje luettavaksi tämänlaisen hankkeen läpi käyneille tai prosessin alussa oleville omakotitalon omistajille. Tästä saadun tiedon avulla voitaisiin optimoida ohjetta vastaamaan vielä paremmin tilaajan tarpeita. Tämän opinnäytetyön tietoperustaa voitaisiin myös muokata niin, että se kattaisi huomioon otettavat asiat silloin, kun rakennus on kerrostalo tai muu rakennustyyppi, tai jos tilaajana olisi As. Oy. Silloin ohjetta voitaisiin soveltaa myös muun vaurioituneen rakennuskannan omistajille ja antaa ohjeet sen tutkimiseen ja korjaamiseen tilaajan näkökulmasta. Ohjetta voitaisiin myös visuaalisesti muokata paremman näköiseksi ja havainnollisemmaksi graafisen alan ammattilaisen toimesta.

Opinnäytetyö sisältää paljon yleistä tietoa mikrobivaurioista rakennuksessa, sivuaa muita sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä ja käsittelee koko korjausprosessin eri vaiheita, joten mielestäni opinnäytetyöstä voisi olla hyötyä myös alan uusille työntekijöille perehdytysmateriaalin muodossa.

## Lähteet

- ARA. (2020). Avustus kuntotutkimukseen ja perusparannuksen suunnitteluun. Haettu 13.3.2021 osoitteesta [https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat ja avustukset/Korjausavustukset/Kuntotutkimus ja perusparannuksen suunnittelu](https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Korjausavustukset/Kuntotutkimus_ja_perusparannuksen_suunnittelu)
- FISE Oy. (n.d.). Yleinen rakennuttaja RAP ja RAPS. Haettu 10.4.2021 osoitteesta <https://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/rakennuttajat/rakennuttaja/>
- Helsingin kaupunki. (2020). Rakennusluvan hakeminen – ohjeet ja lomakkeet. Haettu 29.5.2021 osoitteesta <https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/ennakkotietoa-rakentamiseen/tarvitsenko-luvan/>
- ISO 16000-6:2011. (2011). Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID. SFS Online.
- Kosteus- ja hometalkoot. (2012). Tunnista ja tutki riskirakenne. Pientalojen riskirakenteet. haettu 20.2.2021 osoitteesta <http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html>
- Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 958/2012. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120958>
- Laki terveydensuojelulain muuttamisesta 1237/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141237>
- Maakaari 540/1995. I osa. Kiinteistön saanto. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950540>
- Rakennustieto Oy. (2018). Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustieto.
- Ratu 82-0383. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. <https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/ratu-82-0383-kosteus-ja-mikrobivaurioituneiden-rakenteiden-purku-menetelmat>
- Rinne, H. (2018). Materiaalioppi: Mistä on vanhat talot tehty. WSOY.
- RT 14-11197. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. <https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/rt-14-11197-rakenteiden-ilmatiiveyden-tarkastelu-merkkiainekokein>
- SFS-ISO 10382. (2007). Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls. Gas-chromatographic method with electron capture detection. SFS Online.

Sisäilmayhdistys ry. (2008a). Yleisimmät sisäilmaongelmat. Haettu 20.2.2021 osoitteesta

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>

Sisäilmayhdistys ry. (2008b). Mikrobikasvun edellytykset. Haettu 20.2.2021 osoitteesta

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>

Sisäilmayhdistys ry. (2008c). Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. Haettu 20.2.2021 osoitteesta

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Hiukkasmaiset-epapuhtaudet>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista 944/1992.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

THL. (2019a). Mitkä tekijät vaikuttavat sisäilman laatuun? Haettu 3.4.2021 osoitteesta

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/mitka-tekijat-vaikuttavat-sisailman-laatuun->

THL. (2019b). Kosteus ja mikrobivaurio rakennuksessa. Haettu 3.4.2021 osoitteesta

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/epailetko-sisailmaongelmaa/kosteus-ja-mikrobivaurio-rakennuksessa>

Tilastokeskus. (2019). Rakennuskanta 2019. Haettu 8.5.2021 osoitteesta

[https://www.stat.fi/til/rakke/2019/rakke\\_2019\\_2020-05-27\\_kat\\_002\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/rakke/2019/rakke_2019_2020-05-27_kat_002_fi.html)

Työterveyslaitos, (2016). Asbesti rakennusmateriaaleissa. Haettu 27.2.2021 osoitteesta

<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/asbesti-rakennusmateriaaleissa.pdf>

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150798>

Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 214/2015.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214>

Valvira, (2016) Asumisterveysasetuksen soveltamisohje.

<https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>

Ympäristöministeriö. (2016). Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Hansaprint Oy.

Ympäristöministeriö. (2019). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Haettu 6.3.2021 osoitteesta

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM\\_2019\\_18\\_21\\_1019.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_21_1019.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13.

[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/NUMEROITU-25\\_2\\_2013YM\\_asetus\\_lopullinen](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/NUMEROITU-25_2_2013YM_asetus_lopullinen)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

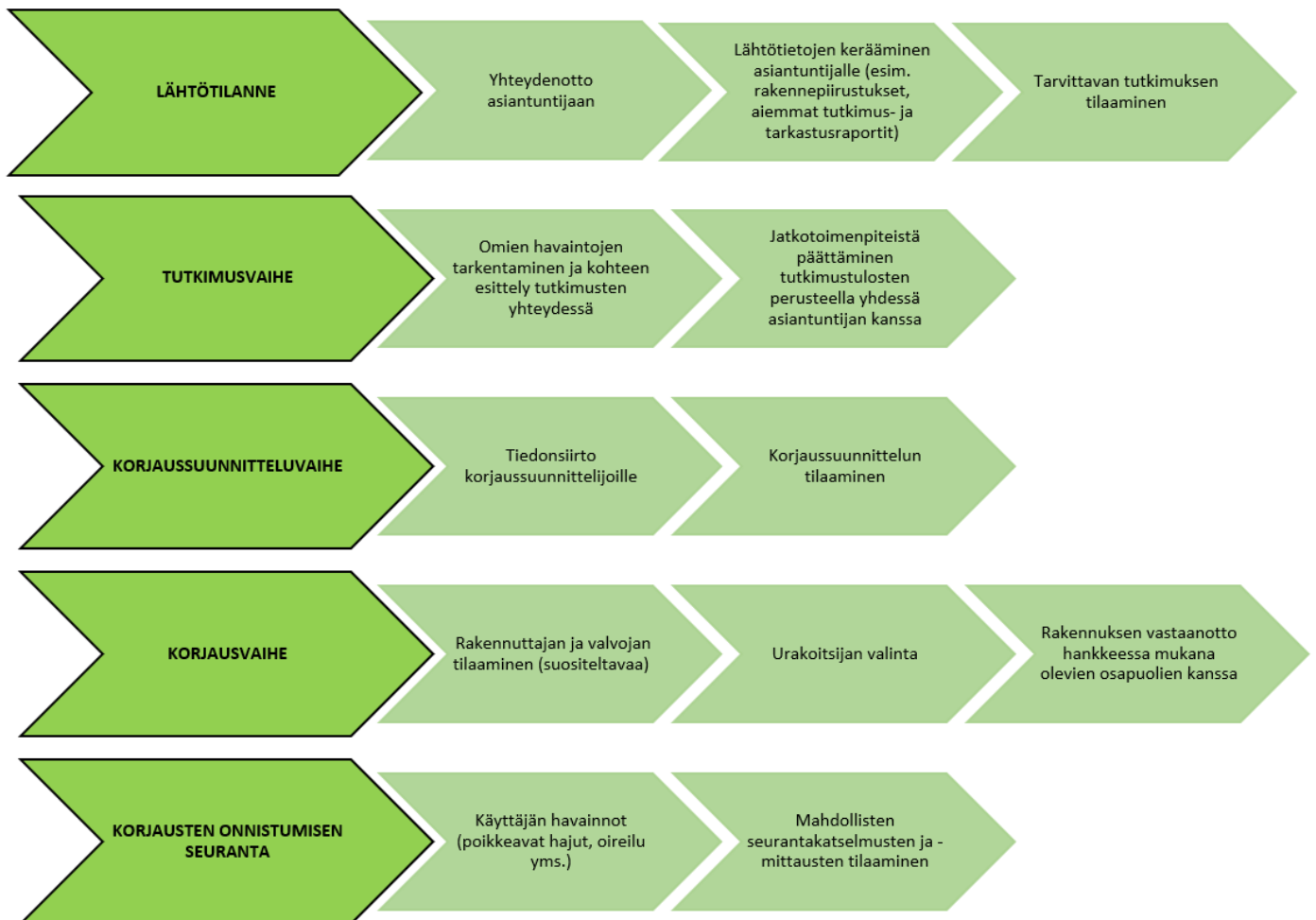
**Liite 1: Tilaajan ohje: Mikrobivaurioituneen omakotitalon tutkimukset ja korjaus**

**TILAAJAN OHJE:  
MIKROBIVAURIOITUNEEN OMAKOTITALON  
TUTKIMUKSET JA KORJAUS**

# Sisällys

Tilaajan tehtävät .....	1
Sisäilman laatu.....	2
1 SISÄILMAONGELMAT JA SISÄILMAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT .....	2
1.1 Fysikaaliset tekijät.....	2
1.2 Sisäympäristön mikrobit ja kosteus .....	2
1.3 Muita sisäilmassa esiintyviä epäpuhtauksia .....	2
Vauriot .....	3
2 RAKENNUKSEN KOSTEUS- JA MIKROBIVAUROIO.....	3
2.1 Riskirakenteet .....	3
2.2 Terveystieteellisten olosuhteiden arvioiminen.....	3
2.3 Sisäilmanäytteenotus .....	4
2.3.1 Mikrobit .....	4
2.3.2 PAH ja VOC.....	4
2.4 Mikrobivaurion toteaminen.....	4
Tutkimukset.....	5
3 TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET .....	5
3.1 Tutkijan pätevyudet .....	5
3.2 Tutkimusten kulku .....	5
3.3 Rakenteiden ilmapuotokartoitus .....	6
3.4 Rakennetutkimukset.....	6
Korjaussuunnittelu .....	7
4 KORJAUSSUUNNITTELUPROSESSI .....	7
4.1 Asbesti- ja haitta-ainekartoitus.....	7
5 KORJAUSSUUNNITTELU .....	7
5.1 Suunnittelijan pätevyudet.....	7
5.2 Korjaustoimenpiteiden valinta.....	8
5.3 Avustukset .....	8
Rakennuttaminen, valvonta ja laadunvarmistus.....	9
6 RAKENNUUTTAMINEN .....	9
6.1 Rakennuslupa .....	9
7 VALVONTA JA LAADUNVARMISTUS .....	9
7.1 Laadunvarmistus.....	10
7.2 Korjausten onnistumisen seuranta .....	10
Lähteet.....	11

# Tilaajan tehtävät



Kuva 1. Tilaajan tehtävät hankkeen eri vaiheissa.

Yllä olevassa kuvassa (Kuva 1) esitetään pääpiirteittäin tilaajan tehtävät hankkeen eri vaiheissa. Aina ennen työn tilaamista kannattaa eri palveluntarjoajat kilpailuttaa, eli pyytää tarjouksia useammalta eri taholta ja selvittää samalla palveluntarjoajan pätevyys ja kokemus kyseisen hankevaiheen suorittamiseen. Korjausvaiheessa urakoitsijan kilpailuttaminen on suositeltavaa antaa ulkopuolisen rakennuttajan vastuulle, sillä vastaavanlaisiin hankkeisiin erikoistunut rakennuttaja pystyy hyödyntämään omia verkostojaan ja tavoittamaan hyväksi todettuja rakennusliikkeitä toteuttamaan työtä.



# Sisäilman laatu

## 1 SISÄILMAONGELMAT JA SISÄILMAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Rakennuksen sisäilmaan ja sen laatuun vaikuttavat **ilmanvaihtoratkaisut, rakennuksen sijainti, rakennustapa, rakennusmateriaalit, käyttö, sääolot ja mahdolliset vauriot rakenteissa sekä materiaali päästöt**. Usein sisäilmaongelmien syynä on useampi haitallinen tekijä saman aikaisesti. (Sisäilmayhdistys ry, 2008a)

### 1.1 Fysikaaliset tekijät

Fysikaalisia tekijöitä, joilla on vaikutusta huoneilmaan ovat sisäilman **lämpötila ja kosteus, veto, ilman liike, valaistus, värinä ja säteily**. Suurin osa fysikaalisten tekijöiden vaikutuksista ovat ainoastaan asumismukavuuteen vaikuttavia asioita, mutta esimerkiksi radonsäteily ja melu voivat aiheuttaa ihmiselle terveyshaittoja. (THL, 2019a)

### 1.2 Sisäympäristön mikrobit ja kosteus

Home- ja lahovauriot vaativat pitkäaikaisen kosteusrasituksen, joka ylittää materiaalin tai rakenteen kosteudensietokyvyn. Tilapäinen nopeasti kuivuva kosteusrasitus ei yleensä aiheuta haittaa. Sisäilmaan mikrobeja kulkeutuu ulkoilmasta, sekä vaurioituneista rakenteista. (Sisäilmayhdistys ry, 2008b)

### 1.3 Muita sisäilmassa esiintyviä epäpuhtauksia

Sisäilmassa saattaa esiintyä myös muita epäpuhtauksia, kuten haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (**VOC**), polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (**PAH-yhdisteet**), **epäorgaanisia kuituja** (esim. mineraalivillakuidut) sekä esimerkiksi mummon mökkimäisen hajun aiheuttavia **kloorianisoleja**. Sisäilmassa saattaa olla myös muita kaasumaisia epäpuhtauksia, kuten pistävän hajuista **ammoniakkia ja formaldehydiä**. (Rinne, 2018, s. 206)

# Vauriot

## 2 RAKENNUKSEN KOSTEUS- JA MIKROBIVAUURIO

Mikrobit, sienet, virukset ja alkueliöt voivat kasvaa rakenteissa, jos niillä on kasvamiseen edellytetyt kosteat olosuhteet. Rakennusten rakenteisiin kulkeutuva kosteus voi olla peräisin monesta eri lähteestä, esimerkiksi sade- ja sulamisvesistä, sisä- ja ulkoilmasta, maaperästä tai käyttövedestä. Rakennusaikaista rakennekosteutta voi jäädä rakenteisiin, jos esimerkiksi rakennusmateriaalit ovat olleet alttiina sadevedelle rakennusaikana tai jos betonin ei anneta kuivua riittävästi. Myös kosteuden kapillaarinen siirtyminen, vuodot, tiivistyminen tai puutteellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa kosteusvaurion. (THL, 2019b)

### 2.1 Riskirakenteet

Pientalojen riskirakenteet kohdistuvat usein maata ja sen aiheuttamaa kosteusrasitusta lähellä oleviin rakennusosiin tai muusta syystä kosteudelle runsaasti altistuviin rakenneosiin. Mahdollinen sisäilman kosteuden pääsy rakenteisiin saattaa myös aiheuttaa riskejä. Vaikka rakenne on riskirakenne, se ei kuitenkaan aina tarkoita sitä, että rakenne olisi vaurioitunut. Pientalojen riskirakenteiden esimerkkejä löytyy laajasti [hometalkoot.fi](http://hometalkoot.fi) julkaisemasta Tunnista- ja tutki riskirakenne- opetusmateriaalista. (Kosteus- ja hometalkoot, 2012)

### 2.2 Terveydellisten olosuhteiden arvioiminen

Terveydellisten olosuhteiden arviointiin rakennuksissa, on säädetty Asumisterveysasetus (STMa 545/2015) ja sen soveltamiseen on laadittu soveltamisohje. Asetuksen toimenpiderajojen ylittymisen seurauksena tulee lähteä selvittämään terveyshaittaa. Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa,

taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua. (STMa 545/2015 § 20)

## **2.3 Sisäilmanäytteet**

Sisäilmanäytteitä ottamalla voidaan saada selville haitallisten aineiden pitoisuuksia sisäilmassa. Sisäilmanäytteet eivät kerro mahdollisten haitallisten aineiden lähdettä.

### **2.3.1 Mikrobit**

Sisäilmassa mikrobipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti ja virhelähteitä on monia. Tämän vuoksi pelkästään ilmanäytteen perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä mikrobivaurioista luotettavasti tai määrittää rakennuksen sisäilman terveellisyyttä. Asumisterveysasetuksen (STMa 545/2015) mukaan mikrobihaitta voidaan todeta ilmanäytteen perusteella, mutta se vaatii myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylittymisestä. (Ympäristöministeriö, 2016, s.63)

### **2.3.2 PAH ja VOC**

Sisäilman pitoisuus PAH- ja VOC-yhdisteiden osalta on syytä tutkia, jos epäillään yhdisteiden kulkeutumista ja haihtumista sisäilmaan. Asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) on esitetty toimenpiderajoja kyseisten yhdisteiden pitoisuuksille. (Ympäristöministeriö, 2016, s.80)

## **2.4 Mikrobivaurion toteaminen**

Jos mikrobivaurio on selvästi silmin havaittavaa ja mikrobikasvu on ilmeistä, ei mikrobiologisia määrittämiä tarvitse välttämättä tehdä, sillä näkyvät mikrobi- ja kosteusvauriot tulee aina korjata. Tilanne saattaa usein olla kuitenkin epäselvä, eikä vaurioiden laajuutta, olemassaoloa tai syytä ole selvillä. Silloin rakennukseen tulee tehdä sisäilma- ja rakennetekninen kuntotutkimus. Kuntotutkimuksessa tarkastetaan rakenteiden kunto ja otetaan mikrobiologisia näytteitä mikrobikasvun varmistamiseksi tarvittaessa. (THL, 2019b)

# Tutkimukset

## 3 TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET

Jos epäilet talossasi mikrobivauriota, on syytä olla yhteydessä lain mukaan pätevätyneeseen asiantuntijaan. Tämä ulkopuolinen asiantuntija neuvoo, kuinka asian kanssa on viisainta edetä. Jos omien aistinvaraisten havaintojen tueksi halutaan alustavaa mikrobivaurioepäilyn vahvistamista ennen tarkempia tutkimuksia, voidaan olla yhteydessä esimerkiksi homekoiratutkimuksia tarjoavaan yritykseen.

### 3.1 Tutkijan pätevydet

Rakentamisen sertifikaatteja myöntävän Eurofins Expert Services Oy:n (ent. VTT) myöntämä Rakennusterveysasiantuntijan (RTA) pätevyys on ainut STMa 545/2015 hyväksymä pätevyys henkilölle, joka saa yksin toimia ulkopuolisena asiantuntijana, kun epäillään sisäilmaongelmaa tai etsitään syytä ongelmalle. FISE Oy:n myöntävän Kosteusvaurion kuntotutkija- pätevyyden (KVKT), sekä vastaavasti Eurofins Expert Services Oy:n myöntävän Sisäilma-asiantuntijan- pätevyyden (SISA) omaavat henkilöt saavat toimia ulkopuolisina asiantuntijoina yhteistyössä toistensa kanssa. (STMa 545/2015)

### 3.2 Tutkimusten kulku

Ennen tutkimuksia kuntotutkija tekee alustavan tutkimussuunnitelman. Mittauskohtien lukumäärä, sekä tutkimusten laajuus suunnitellaan aina tapauskohtaisesti.

Tutkimussuunnitteluvaiheessa kannattaa tarjota tutkijalle kaikki mahdollinen materiaali taloon liittyen, kuten kuntotarkastusraportit ja rakennepiirustukset. Näiden lähtötietojen ja mahdollisen kohdekäynnin perusteella tutkija määrittää tutkimusten tarpeellisen laajuuden. Myös henkilökohtaisista kokemuksista ja havainnoista kannattaa mainita tutkijalle.

### 3.3 Rakenteiden ilmapuotokartoitus

Ennen rakenneavauksia rakenteiden ilmatiiveyttä on syytä tarkastella, sillä maaperässä ja rakenteissa on epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi villakuituja, mikrobikasvuston itiöitä, rihmaston kappaleita sekä mikrobitoiminnan aiheuttamia kaasumaisia aineenvaihduntatuotteita. Näiden kulkeutuessa huoneilmaan ne heikentävät sisäilman laatua. Aistinvaraisen arvioinnin tukena rakenteiden tiiveyttä tarkasteltaessa voidaan käyttää merkkisavua, merkkiainelaitteistoa sekä lämpökameraa. (Ympäristöministeriö, 2016, s.58)

Ilmapuotokartoituksen yhteydessä talon painesuhteita kannattaa tarkastella. Niihin vaikuttavat tuuli, savupiippuvaikutus, ilmanvaihto sekä tilojen käyttö. Painesuhteista sisäilman ja ulkoilman välillä voidaan arvioida ilman liikkumisen suuntaa ja määrää rakenteiden läpi. Ilmavirrat kuljettavat lämpöä, kosteutta ja epäpuhtauksia. Hallitsemattomat ilmavirrat kuljettavat rakenteeseen vesihöyryä, jossa se saattaa tiivistyä vedeksi. (Ympäristöministeriö, 2016, s.118)

### 3.4 Rakennetutkimukset

Kuntotutkimuksessa tehdään aina tilojen ja rakenteiden aistinvarainen tarkastelu sekä riskiarvio. Aistinvaraisen tarkastelun apuna voidaan käyttää esimerkiksi pintakosteudenosoitinta.

Pintapuolisten tarkasteluiden ja rakenteiden ilmapuotokartoituksen jälkeen tehdään rakenneavauksia lisäselvitystä vaativien rakenteiden osalta. Rakenneavauksessa tarkastetaan rakenteen rakennetyyppi, arvioidaan aistinvaraisesti rakenteen kuntoa, tehdään kosteusmittauksia tarvittavilta osin sekä otetaan materiaalinäytteitä.

Havainnot tulee dokumentoida valokuvoin ja tekstein. Materiaalinäytteitä voidaan ottaa haitta-aineselvityksiä tai mikrobianalyysiä varten. Jos materiaali on silminnähdessä vaurioitunut tai se on laho, ei materiaalinäytteenottoa välttämättä tarvita. Tässä tapauksessa vaurioiden dokumentointi on erittäin tärkeää. Materiaalinäytteitä voidaan analysoida, vaikka vaurio olisi ilmeinen, jos halutaan lisätietoa mikrobilajistosta tai jos tarvitaan lisänäyttöä esimerkiksi riitatapaukseen. Asumisterveysasetuksen (STMa 545/2015) mukaan ensisijainen mikrobikasvuston esiintymisen toteaminen materiaalissa tehdään suoraviljelymenetelmällä, laimennososasarjamenetelmällä tai mikroskopoimalla tehdyillä analyysillä. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 39 - 49)

# Korjaussuunnittelu

## 4 KORJAUSSUUNNITTELUPROSESSI

Rakenteiden ja taloteknisten ratkaisuiden kunnon ja toimivuuden selvittämisen jälkeen saadaan selville kohteen sisäilmaa heikentävät tekijät. Kuntotutkimusten tulosten perusteella tehdään korjaussuunnitelmat, joissa rakennuksen tai rakennuksen osan mahdolliset puutteet tai vaurioituneet rakenteet korvataan rakennusfysikaalisesti ja kosteusteknisesti toimivilla ratkaisuilla riittävässä laajuudessa.

### 4.1 Asbesti- ja haitta-ainekartoitus

Asbesti- ja haitta-ainekartoitus kannattaa suorittaa jo hankesuunnitteluvaiheessa, jotta niistä aiheutuneet ongelmat voidaan ottaa huomioon suunnittelussa. Kartoitus tulee suorittaa kuitenkin viimeistään ennen purkutöiden aloittamista, jos on epäily siitä, että kohteen rakennusmateriaalit saattavat sisältää haitta-aineita.

## 5 KORJAUSSUUNNITTELU

Ensisijaisena tavoitteena korjauksessa on poistaa vaurioista aiheutuva terveyshaitta.

Suunnitelmissa tulee esittää korjaustavat mahdollisimman yksityiskohtaisesti erityisesti rakenteiden liitoskohdissa. Korjaustapoja ja sen laajuutta kannattaa tarkastella kokonaisuutena niin, että korjaus sovitetaan yhteen talon muiden rakennusosien käyttöikien kanssa.

(Ympäristöministeriö, 2019, s.8 - 10)

### 5.1 Suunnittelijan pätevyudet

Valtioneuvoston asetus (VNa 214/2015) määrittelee rakennusfysikaalisten suunnittelutehtävien ja kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävien vaativuusluokat. FISE Oy myöntää pätevyksiä ja

ylläpitää rekisteriä, josta löytyy eri vaativuusluokkien suunnittelijoiden pätevyksiä sekä pätevyysvaatimukset.

## **5.2 Korjaustoimenpiteiden valinta**

Mikrobivaurioituneiden kohteiden korjaussuunnittelussa on aina yli- tai alikorjaamisen mahdollisuus. Suunnittelijan tulee määritellä toimenpiteet ja korjausten perusteellisuus tapauskohtaisesti. Suunnittelijan ja urakoitsijan kannalta merkittäviä perusteita korjausratkaisuille ovat myös tilaajan vaatimukset sekä hankkeen taloudelliset resurssit. Jos vaurioituminen on etenevä tai aktiivinen, rakennusosa tulee yleensä korvata uudella ja rakennusfysikaalisesti toimivalla ratkaisulla. Joissain tapauksissa vaurion aiheuttajan poistaminen ja rakennusosien tiivistäminen riittää siihen, että saadaan vaurion aiheuttamat haitat sisäilmaan hallintaan.

Ilmanvaihto on myös tärkeä asia, joka tulee ottaa huomioon rakennuksen kokonaisuutta tarkasteltaessa. Mikrobivaurioituneiden rakennusten korjauksessa rakenteiden ilmatiiveyttä parannetaan lähes poikkeuksetta, ja ilmanvaihdon toiminta on tarkistettava ja säädettävä korjausten yhteydessä. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 32 - 39)

Rakennusten ja rakennusosien kosteusteknistä toimivuutta suunnitellessa tulee noudattaa ympäristöministeriön asetusta rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (YMa 782/2017).

## **5.3 Avustukset**

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) myöntää avustuksia kosteus- ja mikrobivaurioituneiden asuinrakennusten kuntotutkimuksiin ja näiden rakennusten peruseräparannusten suunnittelukustannuksiin. Ara myöntää avustuksia myös rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, joista voi olla hyötyä myös mikrobivaurioituneiden rakennusten korjausten yhteydessä. Jos vauriot ovat laajoja ja rakenteita joudutaan uusimaan laajasti, kannattaa suunnittelussa ja korjauksessa miettiä myös rakennuksen energiatehokkuuden parantamista. (ARA, 2020)

# Rakennuttaminen, valvonta ja laadunvarmistus

## 6 RAKENNUTTAMINEN

Jos hankkeeseen ryhtyvä on maallikko, kannattaa hänen käyttää rakennuttamisessa apunaan ulkopuolista ammattitaitoista rakennuttajaa, sillä rakennushankkeeseen ryhtyvällä on maankäyttö- ja rakennuslain mukaan velvollisuus vastata hankkeen läpiviennistä. Ulkopuolisen rakennuttajan tehtävänä on toimia tilaajan edustajana ja varmistaa hankkeen eri vaiheiden tavoitteiden toteutuminen. Mikrobivaurioituneisiin kohteisiin erikoistunut rakennuttaja pystyy hyödyntämään verkostoaan ja kilpailuttamaan urakan hyväksi havaituilla urakoitsijoilla, joilla on kokemusta vastaavanlaisista kohteista. Tällöin urakkavaiheen laadunvarmistus helpottuu, kun voidaan olla varmempia siitä, että urakoitsija ymmärtää hankkeen luonteen ja eri työvaiheiden tärkeyden.

### 6.1 Rakennuslupa

Kohteen vaurioiden laajuuden ja korjaustapojen selviämisen jälkeen saadaan käsitys siitä, ovatko korjaustoimenpiteet laajuudeltaan ja luonteeltaan sellaisia, että hanke vaatii rakennusluvan. Jos rakennusluvan tarvittavuudesta on epäselvyyttä, on syytä olla yhteydessä rakennusvalvontaan ja kysyä rakennusluvan tarpeellisuudesta. Rakennuslupa-asiat hoidetaan lupapiste.fi- palvelun kautta.

## 7 VALVONTA JA LAADUNVARMISTUS

Jo korjausten suunnitteluvaiheessa asetetaan mitattavissa olevat laadulliset tavoitteet korjauksen toteutukselle sekä tilojen terveellisyydelle korjausten jälkeen. Korjausten onnistumisen kannalta on tärkeää, että kaikki korjauksen suunnitteluun, valvontaan ja toteutukseen osallistuvat osapuolet ovat tiiviisti yhteistyössä ja tiedon liikkuminen osapuolten välillä toimii.



## **7.1 Laadunvarmistus**

Suunnitelmissa tulee selkeästi tulla esille työnaikaiset ja -jälkeiset laadunvarmistus toimenpiteet ja toimintatavat niin, että saadaan estettyä myöhemmät kiistat ja sekaannukset. Mikrobivaurioisen kohteen korjausten aikainen laadunhallinta on erittäin tärkeää, sillä korjaustoimenpiteiden toteutus vaatii usein erikoisosaamista.

## **7.2 Korjausten onnistumisen seuranta**

Rakennuksen käyttäjän rooli korjausten onnistumisen seurannassa on suuri. Tärkeä seurantaperuste on rakennuksen käyttäjän havainnot esimerkiksi mahdollisista poikkeavista hajuista tai käyttäjän oman terveydentilan muutoksista. Korjatuissa tiloissa voidaan myös tehdä erilaisia seurantakatselmuksia ja -mittauksia. Urakoitsijan on osallistuttava käyttö- ja huolto-ohjeen laadintaan. Käyttö- ja huolto-ohjeissa tulee selvittää tilojen ylläpitoon liittyvät toimenpiteet, sekä esimerkiksi tieto siitä, miten korjaukset tulee ottaa huomioon tulevia remontteja tehdessä. Jos tiivistyskorjatussa rakennuksessa tehdään remonttia, tulee remontin tekijän olla tietoinen tiivistyksistä ja olla vaurioittamatta niitä remontin aikana. (Ympäristöministeriö, 2019, s.81)

## Lähteet

- ARA. (2020). Avustus kuntotutkimukseen ja perusparannuksen suunnitteluun. Haettu 13.3.2021 osoitteesta [https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat\\_ja\\_avustukset/Korjausavustukset/Kuntotutkimus\\_ja\\_perusparannuksen\\_suunnittelu](https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Korjausavustukset/Kuntotutkimus_ja_perusparannuksen_suunnittelu)
- Kosteus- ja hometalkoot. (2012). Tunnista ja tutki riskirakenne. Pientalojen riskirakenteet. haettu 20.2.2021 osoitteesta <http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html>
- Rinne, H. (2018). Materiaalioppi: Mistä on vanhat talot tehty. WSOY.
- Sisäilmayhdistys ry. (2008a). Yleisimmät sisäilmaongelmat. Haettu 20.2.2021 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>
- Sisäilmayhdistys ry. (2008b). Mikrobikasvun edellytykset. Haettu 20.2.2021 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>
- Sisäilmayhdistys ry. (2008c). Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. Haettu 20.2.2021 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Hiukkasmaiset-epapuhtaudet>
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>
- THL. (2019a). Mitkä tekijät vaikuttavat sisäilman laatuun? Haettu 3.4.2021 osoitteesta <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/mitka-tekijat-vaikuttavat-sisailman-laatuun->
- THL. (2019b). Kosteus ja mikrobivaurio rakennuksessa. Haettu 3.4.2021 osoitteesta <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/epailletko-sisailmaongelmaa-/kosteus-ja-mikrobivaurio-rakennuksessa>
- Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 214/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214>
- Ympäristöministeriö. (2016). Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Hansaprint Oy.
- Ympäristöministeriö. (2019). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Haettu 6.3.2021 osoitteesta [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM\\_2019\\_18\\_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y)