

# Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas

Alaotsikko

ISSN painettu

ISBN painettu

ISSN verkkojulkaisu

ISBN verkkojulkaisu

Painopaikka ja -aika

## KUVAILULEHTI

Julkaisija	Ministeriö Osasto			Julkaisu-aika xx.xx.20xx
Tekijä(t)				
Julkaisun nimi				
Julkaisusarjan nimi ja numero				
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ kieliversiot				
Tiivistelmä				
Asiasanat				
Asianumerot				
Rahoittaja/kustantaja				
	ISSN (painettu)	ISBN (painettu)	ISSN (verkkajulkaisu)	ISBN (verkkajulkaisu)
	Sivumäärä	Kieli	URN-tunnus	
Julkaisujen myynti/ jakelu				

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Ministerium Avdelning		Utgivningsdatum xx.xx.20xx	
Författare				
Publikationens namn				
Publikationsseriens namn och nummer				
Publikationens tema				
Publikationens delar/ språkversioner				
Referat				
Nyckelord				
Ärendenummer				
Finansiering/förläggare				
	ISSN (tryckt)	ISBN (tryckt)	ISSN (webbpublikation)	ISBN (webbpublikation)
	Sidantal	Språk	URN	
Beställningar/ distribution				

# SISÄLLYS

JOHDANTO.....	7
1 Korjaussuunnittelusta onnistuneisiin korjauksiin .....	8
1.1 Kosteusvauriokorjaushankkeen kulku .....	8
1.2 Lainsäädäntö.....	12
1.3 Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävän vaativuusluokat.....	17
1.4 Korjaussuunnittelijan pätevyysvaatimukset.....	18
2 Kosteus- ja mikrobivaurion korjaussuunnittelu .....	20
2.1 Korjaushankkeen osapuolet ja tehtävät.....	20
2.2 Korjaushankkeen tehtäväkokonaisuudet ja niiden sisältö .....	22
2.3 Korjaussuunnitelmat.....	23
2.3.1 Yleissuunnitelmat .....	23
2.3.2 Toteutussuunnitelmat .....	26
2.3.3 Kosteudenhallinta .....	30
2.3.4 Pölyn- ja puhtaudenhallinta .....	31
2.3.5 Korjaustöiden laadunvarmistussuunnitelma .....	32
2.3.6 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje .....	33
2.3.7 Seurantasuunnitelma.....	34
3 Korjausmenetelmät .....	35
3.1 Yleistä valintaperusteista.....	35
3.1.1 Korjausmenetelmien yleiset valintaperusteet .....	35
3.1.2 Kokonaisuuden hallinta .....	37
3.1.3 Korjausten onnistumista tukevia tekijöitä.....	39
3.1.4 Korjausmateriaalien valinta .....	40
3.1.5 Korjausmenetelmien soveltuvuus eri tilanteisiin .....	41
3.1.6 Rakenteiden kuivattaminen .....	43
3.1.7 Vaurioituneiden rakennusmateriaalien poistaminen .....	45
3.2 Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät.....	47
3.2.1 Rakennuksen ulkopuoliset kuivatusrakenteet.....	47
3.2.2 Maanvastaiset alapohjat.....	50
3.2.3 Ryömintätilaiset alapohjat.....	51
3.2.4 Maanvastaiset seinät.....	54
3.2.5 Sokkelit.....	55
3.2.6 Ulkoseinät.....	56
3.2.7 Yläpohjat ja vesikatot.....	58
3.2.8 Välipohjat.....	60
3.2.9 Märkätilat.....	61
3.2.10 Liitosdetaljit ja läpiviennit .....	62
3.3 Erittymenettelyä vaativat korjausmenetelmät .....	66
3.3.1 Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen.....	70
3.3.2 Kapselointi.....	71
3.3.3 Rakennuksen painesuhteiden hallinta .....	73
3.4 Muut korjausmenetelmät .....	76
3.4.1 Kuitukorjaukset.....	76
3.4.2 Kosteuden siirtymistä rajoittavat korjausmenetelmät.....	76
3.5 Työmaan olosuhteiden hallinta.....	79
3.5.1 Pölyn- ja puhtauden hallinta .....	79
3.5.2 Purkutyöt ja vaurioituneiden rakennusmateriaalien poistaminen.....	81
3.5.3 Kosteudenhallinta .....	82
3.5.4 Jäävien pintojen puhdistaminen .....	83

4	Laadunvarmistusmenetelmät .....	85
4.1	Purkutyöt .....	88
4.2	Pölyn- ja puhtaudenhallinta .....	88
4.3	Kosteudenhallinta .....	89
4.4	Tiivistyskorjaukset .....	90
4.5	Kapselointikorjaukset .....	92
4.6	Talotekniset järjestelmät.....	93
5	Korjausten onnistumisen seuranta .....	96
5.1	Sisäilmastokyselyt .....	97
5.2	Rakenteiden seuranta käytön aikana .....	98
5.3	Sisäilman epäpuhtauksien mittaukset .....	101
5.4	Sisäilman olosuhdeseuranta .....	104
5.5	Taloteknisten järjestelmien toimivuuden seuranta.....	105
6	Energiatehokkuuden parantaminen.....	108
6.1	Asetus energiatehokkuuden parantamisesta .....	108
6.2	Rakennusosien kosteusteknisen toimivuuden huomioon ottaminen .....	109
6.3	Ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen.....	111
	LÄHTEET .....	113
	Liite 1. Termien selitykset .....	126
	Liite 2 Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät	
	Liite 3 Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät	
	Liite 4 Maanvastaisten seinien korjausmenetelmät	
	Liite 5 Sokkeleiden korjausmenetelmät	
	Liite 6 Ulkoseinien korjausmenetelmät	
	Liite 7 Yläpohjan ja vesikaton korjausmenetelmät	
	Liite 8 Välipohjien korjausmenetelmät	
	Liite 9 Märkätilojen korjausmenetelmät	
	Liite 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit	

# JOHDANTO

## TULOSSA

### LAUSUNTOKIERROSTA VARTEN TEKSTISTÄ:

Tämä opas on päivitystä vuonna 1998 kirjoitetulle kosteus- ja homevauriotuneen rakenteen korjaus-oppaalle. Opas on käytännössä kirjoitettu kokonaan uudelleen päivittämättä edellistä versiota. Tämän oppaan on tarkoitus toimia perusteoksena kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeen hallitulle läpiviennille ja korjaussuunnittelulle. Oppaan runkoteksti esittää periaatteita koko hankkeen hallitsemiselle – kuten hankkeen kulku, suunnitelmien sisältö, korjaustavan valinta sekä työmaavaiheen olosuhteiden hallinta ja laadunvarmistus - ja liitteeseen on viety rakennusosittaisten korjausvaihtoehtojen esitykset piirustuksineen. Liitteet toimivat suunnittelijalle esimerkkinä korjaustapojen toteutuksesta, mutta ne eivät ole valmiita, kopioidavia detaljeja, vaan jokainen menetelmä vaatii tapauskohtaisen suunnitelman toteutusta varten.

Tekstissä on viittauksia erilaisiin lähteisiin, jotka yhdenmukaisestaan ja/tai korjataan taittovaiheessa. Lisäksi kuvatekstien numeroinnissa on puutteita, jotka tarkastatetaan taittovaiheessa. Tekstiin violetilla on jätetty tekstiosuudet, joita on tarkoitus esittää valmiissa oppaassa korostettuna tekstinä, esim. laatikossa muun tekstin joukossa (kuten Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -oppaassa). Oppaaseen esittää vielä myös havainnollistavia valokuvia nyt esitettyjen tai vielä puuttuvien valokuvien tilalle.

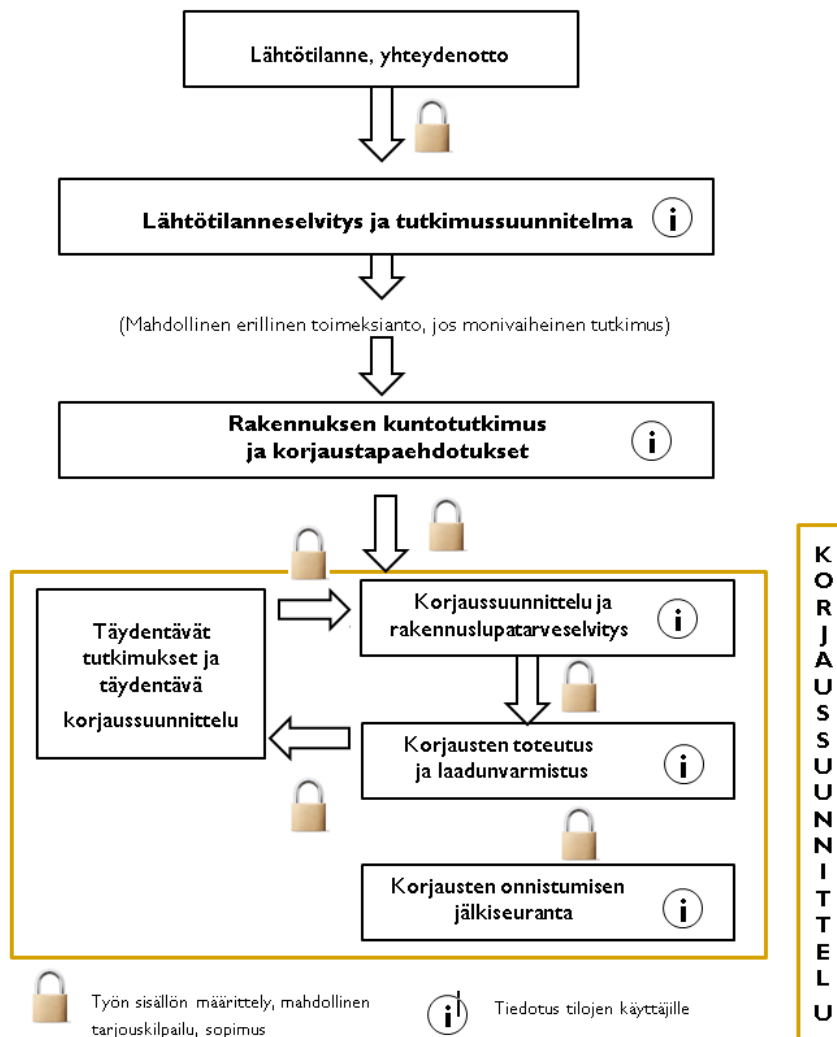
# 1 Korjaussuunnittelusta onnistuneisiin korjauksiin

## 1.1 Kosteusvauriokorjaushankkeen kulku

**Korjausten tavoitteena on tehdä rakennuksesta terveellinen ja turvallinen.**

Korjaustyön tavoitteena on muuttaa korjattavat rakenteet rakennusfysikaalisesti toimiviksi sekä palauttaa rakennus terveelliseksi ja turvalliseksi sekä teknisesti käyttötarkoitustaan palvelevaan kuntoon. Vanhasta rakennuksesta ei kuitenkaan ole tarkoitus tehdä ominaisuuksiltaan uutta vastaavaa rakennusta. Korjaustyön peruseriaatteena on, että joko vaurioituneet materiaalit ja muut epäpuhtauslähteet poistetaan tai epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään. Lisäksi rakennusosat ja talotekniset järjestelmät korjataan siten, etteivät vauriot uusiudu.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeen kulku on esitetty kuvassa 1.1. Sisäilmasto-ongelmien kokonaisvaltaista ratkaisuprosessia on kuvattu tarkemmin Työterveyslaitoksen ohjeessa *Tilaaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen* (Tähtinen K. ja Lappalainen S., 2016).





**Kuva 1.** Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeen kulku. Työn sisällön määrittelyyn ja rakennusluvan tarpeen selvittämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

**Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raportti toimii korjaussuunnittelun keskeisenä lähtötietona.**

Kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyön suunnittelu käynnistyy lähtötietojen hankinnalla, ja niistä tärkeimpänä voidaan pitää rakennuksen kunnosta laadittua selvitystä eli **kosteus- ja sisäilmateknisten tutkimusten tutkimusraporttia**. Muita tarvittavia lähtötietoja vanhoissa kohteissa ovat alkuperäiset sekä mahdollisten perus- ja muiden korjausten rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmat, työselostukset ja aiemmin tehtyjen kuntotutkimusten raportit. Uudiskohteiden ongelmien selvittämisessä tarvitaan lisäksi työmaa-aikaisia laadunvarmistusdokumentteja kuten kosteudenhallintasuunnitelmaa ja kosteudenmittauspöytäkirjoja ja tarvittaessa ilmanvaihtosuunnitelmia sekä mittaus- ja säätöpöytäkirjoja.

Yleensä kuntotutkija on hankkinut tarvittavat asiakirjat kuntotutkimussuunnitelman laadintaa varten, mutta mikäli niitä ei ole käytettävissä, korjaussuunnittelijan on pyydettävä niitä tilaajalta tai sovittava niiden hankkimisesta erikseen tilaajan kanssa. Vanhoissa kohteissa alkuperäisten suunnitelmien saaminen voi olla hankalaa eikä tilaajalla ole välttämättä niitä suoraan käytettävissä. Tällöin suunnitelmia voi etsiä esimerkiksi kuntien ja kaupunkien rakennusvalvontojen arkistoista sekä Kansallisarkiston toimipisteistä (entisistä maakunta-arkistoista).

Kuntotutkimusten tulokset on suositeltavaa käydä läpi kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan keskinäisessä neuvottelussa korjaussuunnittelun alkuvaiheessa ja tarvittaessa uudelleen suunnittelun aikana. Kuntotutkijan mukanaolo on suositeltavaa myös korjaustöiden aikana (esimerkiksi purkutöiden aikana pidettävissä katselmuksissa).

Korjaussuunnittelija vastaa maankäyttö- ja rakennuslain mukaan siitä, että hänellä on käytettävissään tarvittavat lähtötiedot. Tämän vuoksi suunnittelijan on syytä tarkastella vanhoja suunnitelmia varmistuakseen siitä, että kaikki riskirakenteet on tunnistettu ja kyseiset alueet tutkittu, sekä tehdä esitys mahdollisista jatko- tai lisätutkimustarpeista.

**Korjausvaihtoehtoja tulee tarkastella teknisestä, terveydellisestä ja taloudellisesta näkökulmasta.**

Suunnittelun alkuvaiheessa määritellään rakennusosittain (rakennuksen ulkopuoliset osat, alapohjat, maanvastaiset seinät, ulkoseinät, välipohjat, märkätilat sekä yläpohjat ja vesikatto) tutkittavat korjausvaihtoehdot ja tarkastellaan niitä teknisten, taloudellisten ja rakennuksen terveellisyyteen liittyvien näkökulmien (riskien) perusteella. Myös tarkastelu energiatehokkuuden osalta tehdään tarvittaessa. Käytettävät korjausmenetelmät sekä niihin mahdollisesti liittyvät riskit tulee käydä läpi yhdessä kiinteistönomistajan ja yleensä myös kuntotutkijan kanssa.

**Korjaussuunnitelmassa tulee osoittaa, miten haitta tai sen vaikutus poistetaan.**

Korjaussuunnittelijan on suositeltavaa laatia rakennusosakohtainen yhteenveto käytettävistä korjausmenetelmistä ja osoittaa siinä, miten haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan suunniteltujen korjausten avulla eli osoittaa, että korjaukset kohdistuvat tutkimuksissa havaittuihin ongelmiin. Yhteenvedon perusteella

voidaan helposti havaita, että kaikkia tutkimuksissa havaittuja ongelmia ja puutteita on käsitelty korjaussuunnitelmassa. Rakennustekniset korjaukset vaikuttavat lähes poikkeuksetta rakennuksen taloteknisten järjestelmien toimintaan, minkä vuoksi hankkeeseen on kiinnitettävä riittävän varhaisessa vaiheessa ainakin ilmanvaihto- ja rakennusautomaatiosuunnittelijat.

Sen jälkeen, kun käytettävät korjausmenetelmät on päätetty, laaditaan riittävän yksityiskohtaiset korjaussuunnitelmat ja työselostukset, joissa esitetään purettavat, korjattavat ja uusittavat rakenteet sekä korjausmenetelmät ja materiaalit. Suunnitelmassa on kiinnitettävä erityistä huomiota eri rakennusosien yksityiskohtien esittämiseen. Rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus selvitetään ja osoitetaan tarvittaessa laskelmien avulla. Selostuksissa annetaan työmaatoteutusta kuten kosteuden- sekä pölyn- ja puhtaudenhallintaa ja rakennustöiden laadunvarmistusta koskevia ohjeita.

Työmaa-aikaisella olosuhteiden hallinnalla ja laadunvarmistustoimenpiteillä sekä niiden tulosten dokumentoinnilla on erittäin suuri merkitys korjaustyön onnistumisen kannalta, ja niitä koskevat ohjeet ja vaatimukset on sisällytettävä korjaussuunnitelmaan. Jo suunnitteluvaiheessa on hyvä pohtia, miten korjaustöiden onnistumista ja rakennuksen toimivuutta aiotaan seurata rakennuksen käytön aikana. Esimerkiksi rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen liitettäviin paikannuskaavioihin voidaan merkitä, minkä rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien toimintaa suositellaan seurattavaksi säännöllisesti.

**Erittäin vaativissa hankkeissa voidaan käyttää erityismenettelyä.**

Erittäin vaativissa hankkeissa suositellaan noudatettavaksi erityismenettelyä, vaikka rakennusvalvontaviranomainen ei sitä vaatisi. Tällöin käytetään yleensä ensisijaisesti suunnitelmien ulkopuolista tarkastusta, Erittäin vaativana voidaan pitää hanketta, jossa suunnittelu- tai työnjohtotehtävä on poikkeuksellisen vaativa tai lähellä tätä vaativuustasoa. Erityismenettelyn soveltamista kosteusvaurion korjaustyön suunnittelussa on kuvattu julkaisussa RIL 241-2016 *Rakennuksen turvallisuuden ja terveellisyysvarmistaminen – erityismenettelyn soveltamisohje*.

**Suunnitelmia on varauduttava muuttamaan korjaustyön aikana.**

Laajojen, monimuotoisten sekä korjaushistorialtaan runsaiden rakennusten korjaushankkeessa on varauduttava rakennustyön aikana paljastuviin yllätyksiin kattavista kuntotutkimuksista huolimatta. Tällaiset tilanteet edellyttävät yleensä lisätutkimuksia sekä korjaussuunnitelmien muuttamista tai täydentämistä, millä on yleensä vaikutusta aikatauluun sekä tutkimus-, suunnittelu- ja korjauskustannuksiin.

**Korjausten onnistumista voidaan seurata eri tavoin.**

Mikäli kosteus- ja mikrobivauriot ja muut epäpuhtauslähteet on kyetty luotettavasti selvittämään, näiden ongelmakohtien oikein toteutetun korjauksen voidaan olettaa poistavan rakennuksen sisäilmaongelmat. Purku- ja korjaustöiden aikana on huolellisesti valvottava niiden suunnitelmienmukaista toteutusta ja katselmoitava ne vaiheittain sekä laadittava katselmuksista muistiot. Niihin on liitettävä valokuvia luotettavuuden parantamiseksi. Toteutuksen onnistumista arvioidaan korjaussuunnitelmissa määriteltyjen laadunvarmistustoimenpiteiden avulla.

Korjausten onnistumisen seurannan työkaluna voidaan käyttää sisäilmastokyselyä, joka on tehty tutkimusten alkuvaiheessa ja tehdään uudelleen korjausten valmistumisen jälkeen. Sisäilmasta tehtäviä mittauksia voidaan käyttää suuntaa-antavana työkaluna sisäilman laadun parantumisen todentamisessa. On kuitenkin huomattava, että mittaustulokset eivät luotettavasti todenna tai poissulje sisäilmahaittojen olemassaoloa. Mittaukset samoin kuin kyselyt on pääsääntöisesti suositeltavaa tehdä vertailukelpoisuuden vuoksi samana vuodenaikana kuin korjausta edeltäneet selvitykset. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016)

**Tiedottamista käyttäjille ei saa unohtaa korjaushankkeen aikana.**

Korjaussuunnittelun ja korjaustyön etenemisestä sekä seurantatutkimusten tuloksista on muistettava tiedottaa rakennuksen käyttäjille noudattaen samoja periaatteita kuin tutkimusvaiheessa. Ohjeita ja käytännön esimerkkejä viestinnän hoitamisesta löytyy Työterveyslaitoksen oppaasta *Selätä sisäilmastokiista – viesti viisaasti* (Lahtinen et al., 2010)

## 1.2 Lainsäädäntö

Rakennusten sekä asuin- ja työtilojen terveydellisistä oloista, rakennusten suunnittelusta ja niiden rakentamisesta säädetään *maankäyttö- ja rakennuslaissa* (132/1999, MRL), *terveydensuojelulaissa* (763/1994, TSL) ja *työturvallisuuslaissa* (738/2002, TTL) sekä lakien nojalla annetuissa asetuksissa ja näitä selventävissä alemmissa ohjeissa. Suojellun rakennuksen korjaus- ja muutostyössä on otettava huomioon myös *laki rakennusperinnön suojelemisesta* (498/2010).

Rakennusten yleisestä terveellisyydestä, turvallisuudesta ja käyttökelpoisuudesta on säädetty *maankäyttö- ja rakennuslain* 12 §:ssä (Rakentamisen ohjauksen tavoitteet), 117 §:ssä (Rakentamiselle asetettavat vaatimukset), 117 a–g §:ssä (Olennaiset tekniset vaatimukset) ja 166 §:ssä (Rakennuksen kunnossapito). MRL 166 §:n mukaan rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se täyttää terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset.

***Terveydensuojelulain* 26 ja 27 §:n mukaan asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa sisäilman olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu tilassa oleskeleville terveyshaittaa. Jos sisäilman olosuhteista voi aiheutua terveyshaittaa asunnossa tai muussa tilassa oleskelevalle, on toimenpiteisiin haitan tai siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi ryhdyttävä viipymättä. Työpaikkojen terveydellisistä vaatimuksista sekä työnantajan vastuusta on säädetty *työturvallisuuslaissa*.**

Rakennushankkeeseen ryhtyvän (yleensä kiinteistönomistajan) huolehtimisvelvollisuudesta on säädetty maankäyttö- ja rakennuslain 119 §:ssä. Sen mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava myös siitä, että rakennushankkeessa on kelpoisuusvaatimukset täyttävät suunnittelijat ja työnjohtajat ja että muillakin rakennushankkeessa toimivilla on heidän tehtäviensä vaativuus huomioon otettuna riittävä asiantuntemus ja ammattitaito.

Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä. (MRL 117 §)

**Kosteusvaurion korjaustyön luvanvaraisuudesta on neuvoteltava ennakkoon kunnan rakennusvalvontaviranomaisen kanssa.**

Rakennuksen korjaus- ja muutostyötä varten tarvitaan rakennuslupa, jos työllä ilmeisesti voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin (MRL 125 §). Kunnan rakennusvalvontaviranomainen määrittelee rakennusluvan tarpeen, joten tämä asia on syytä selvittää mahdollisimman varhaisessa vaiheessa käytävässä ennakkoneuvottelussa. Vähäisen kosteus- ja mikrobivaurion korjaus ei yleensä edellytä rakennuslupaa.

Rakennusvalvontaviranomainen voi hankkeen laatu ja laajuus huomioon ottaen tarvittaessa edellyttää, että rakennuslupahakemukseen liitetään myös pätevän henkilön

laatima selvitys rakennuksen kunnosta (MRL 131 §). Selvityksen sisällöstä säädetään ympäristöministeriön *asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (YMa 216/2015) sekä sitä selventävässä ympäristöministeriön *ohjeessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (YM3/601/2015). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden tai muuten sisäilmaongelmaisten rakennusten kuntotutkimusten suunnittelusta, tekemisestä sekä tutkimustulosten analysoinnista ja raportoinnista on kerrottu Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -oppaassa (Ympäristöministeriö, 2016).

Jos korjauskohde on terveydensuojeluviranomaisella vireillä, suunnitteluvaiheessa on hyvä keskustella myös terveydensuojeluviranomaisen kanssa, että korjaus-toimenpide kohdistuu todettuun terveyshaittaan ja mitä dokumentaatiota korjaushankkeesta terveydensuojeluviranomainen tarvitsee terveyshaitan poistumisen arviointia varten.

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat olennaiset tekniset vaatimukset. Ne koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita sekä energiatehokkuutta. Lain 117 §:ssä säädetään lisäksi rakennusten käyttö- ja huolto-ohjeen laadintavelvoitteesta.

Tarkemmat rakentamista koskevat asetukset ja ympäristöministeriön ohjeet perustelumuiotioineen on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Näiden lisäksi rakennusalan järjestöt ja yhdistykset ovat laatineet erilaisia suunnittelua ja rakentamista koskevia ohjeita, joiden yleisesti katsotaan edustavan hyvää rakennustapaa.

Rakentamista koskevia suunnitelmia ovat rakennussuunnitelma sekä erityissuunnitelmat. Rakennussuunnitelma sisältää rakennuksen pääpiirustukset, joihin kuuluvat asemapiirros sekä pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirustukset. Erityissuunnitelmat sisältävät tarpeelliset muut piirustukset, laskelmat ja selvitykset. (MRL 120 §)

Rakentamisen suunnittelussa on oltava suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta vastaava pääsuunnittelija. Pääsuunnittelijan on rakennushankkeen ajan huolehdittava, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden siten, että rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset täyttyvät. (MRL 120 a §)

Pääsuunnittelijan tehtäviä on tarkennettu vuonna 2015 annetussa *valtioneuvoston asetuksessa maankäyttö- ja rakennusasetuksen muuttamisesta*. Sen 48 §:n mukaan pääsuunnittelijan on yhteistyössä rakennushankkeeseen ryhtyvän kanssa huolehdittava hankkeen aikataulusta ja suunnitteluajan riittävydestä, suunnittelun lähtötietojen kattavuudesta ja ajantasaisuudesta sekä lähtötietojen toimittamisesta muille suunnittelijoille, suunnitelmien riittävydestä, lupa-asiakirjojen ja erityissuunnitelmien ja selvitysten laatimisesta ja toimittamisesta rakennusvalvontaviranomaisille, lupapäätöksen jälkeen suunnitelmiin tehtävien muutosten suunnittelun yhteensovittamisesta, suunnittelijoiden vastuunjaosta ja yhteistyöstä sekä suunnittelun yhteensovittamisen menettelyistä. Korjaus- ja muutostyössä pääsuunnittelijan tehtävänä on lisäksi selvittää hankkeen laadun ja laajuuden edellyttämällä tavalla rakennuksen rakennushistoria, rakennuksen ominaispiirteet ja kunto, aiemmin tehdyt korjaukset ja muutokset sekä rakennustyön aikana rakenteita avattaessa tai purettaessa ilmi tulevien seikkojen vaikutukset suunnitteluun.

Rakentamisen suunnittelussa on oltava rakennussuunnitelmasta vastaava rakennussuunnittelija sekä tarvittavat erityissuunnittelijat (MRL 120 b ja 120 c §). Suunnittelijoiden on maankäyttö- ja rakennuslain mukaan huolehdittava, että heillä on käytössään suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot ja että suunnitelmat täyttävät rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset.

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on erityisalan suunnittelutehtävä.**

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjauksissa tarvittavaa erityissuunnittelijaa kutsutaan **kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijaksi**. Tästä erityisalan suunnittelutehtävästä on säädetty valtioneuvoston *asetuksessa rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä* (214/2015) ja siitä on annettu ympäristöministeriön *ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista* (YM1/601/2015). Tehtävässä korostuu rakentamisen terveellisyysseikkojen huomiointaminen, ja suunnittelussa tarvittavaa erityisosaamista on perusteltua painottaa, jotta korjausten suunnittelun laatua voidaan parantaa ja sitä kautta varmistaa rakennustyön laatua. Tässä oppaassa on käytetty kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijasta yleisnimeä ”korjaussuunnittelija”.

Ympäristöministeriön *asetuksen rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta* (782/2017) 3 §:n mukaan 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 selvitettävä rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toimivuus. Lisäksi asetuksen 4 §:ssä säädetään, miten rakennuksen korjaus- ja muutostyössä voidaan erilaisissa tapauksissa menetellä rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden suhteen.

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä kosteusvaurion korjaussuunnitelmaan on sisällyttävä tiedot toimenpiteistä, joilla kosteusvaurion aiheuttama haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttöäjiin poistetaan sekä tieto siitä, miten korjattu rakenne toimii sen suunnitellun käyttöajan aikana (YMa 216/2015, 16 §). Korjausten tavoitteena on ensisijaisesti poistaa haitan aiheuttanut vaurio tai virhe (YM3/601/2015). Korjaus- tai muutostyössä rakennepiirustuksiin on lisäksi sisällytettävä tieto käyttöön jäävistä rakenteista ja niiden toiminnasta sekä mahdollisista purettavista rakenteista (YMa 216/2015, 11 §).

Energiatohokkuutta on parannettava rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Energiatohokkuuden parantamisesta säädetään ympäristöministeriön *asetuksessa rakennuksen energiatohokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä* (YMa 4/2013).

Maankäyttö- ja rakennuslain 120 d §:n mukaan suunnittelutehtävät jaetaan neljään vaativuusluokkaan, jotta voidaan määritellä suunnittelutehtävässä tarvittava suunnittelijan kelpoisuus. Mitä vaativammasta suunnittelutehtävästä on kyse, sitä korkeampaa koulutusta ja pitempää työkokemusta suunnittelussa edellytetään. Yleiset vaativuusluokat ovat vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävässä ei kuitenkaan ole vähäiseksi määriteltäviä suunnittelutehtäviä. (ks. luku 1.3), Rakennusvalvontaviranomainen arvioi rakennuksen kunnosta tehtyjen selvitysten perusteella hankkeen suunnittelu- ja työjohtotehtävien vaativuusluokan.

Rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuusvaatimuksista (koulutuksesta ja kokemuksesta) säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 120 e §:ssä ja sen mukaan korjaus- tai muutostyön suunnittelijalla tulee olla kokemusta korjausten tai muutostöiden suunnittelutehtävistä. Kelpoisuusvaatimuksista on annettu selventävät ohjeet ympäristöministeriön *ohjeessa rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta* (YM2/601/2015).

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on ilmoitettava kirjallisesti rakennusvalvontaviranomaiselle, kenet hän on valinnut pääsuunnittelijaksi ja rakennussuunnittelijaksi sekä erityissuunnittelijoiksi (MRL 120 g §). Ilmoitukseen on sisällytettävä suunnittelijan suostumus tehtävään sekä kelpoisuuden arvioimiseksi tarvittavat tiedot suunnittelijan koulutuksesta ja kokemuksesta. Rakennusvalvontaviranomaisen on arvioitava sille ilmoitetun suunnittelijan 120 d ja 120 e §:n mukainen kelpoisuus kyseiseen tehtävään (MRL 120 f §).

Rakennusvalvontaviranomainen voi MRL 150 d §:n nojalla edellyttää myös rakennuksen korjaus- ja muutostyössä, että erittäin vaativassa rakennushankkeessa on käytettävä erityismenettelyä, jos kohteeseen liittyy erityinen riski siitä, että esimerkiksi terveellisyyden tai rakennusfysikaalisen toimivuuden vaatimuksia ei saavuteta. Korjaus- ja muutostyössä erityismenettelynä käytetään yleensä riippumattoman ja pätevän asiantuntijan tekemää erityissuunnitelmien ja mahdollisesti myös työmaatoetukseen ulkopuolista tarkastusta (MRL 150 c §).

Rakennuslupaa edellyttävässä rakennustyössä on oltava rakennustyötä johtava vastaava työnjohtaja. Vastaavan työnjohtajan on vastattava rakennustyön kokonaisuudesta ja laadusta sekä huolehdittava, että rakennustyö tehdään myönnetyn luvan, rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaisesti (MRL 122 §). Jos rakennuslupaa edellyttävä rakennustyö tai osa siitä on vaativa, rakennusvalvontaviranomainen voi rakennusluvassa, aloituskokouksessa tai erityisestä syystä rakennustyön aikana määrätä, että rakennustyössä on oltava myös muiden erityisalojen työnjohtajia (MRL 122 a §).

Rakennustyön johtotehtävät jaetaan samoihin vaativuusluokkiin (MRL 122 b §) kuin suunnittelutehtävät ja työnjohtajan sekä erityisalalan työnjohtajan kelpoisuusvaatimuksista säädetään maankäyttö- ja rakennuslain 122 c §:ssä. Näitä on selvennetty ympäristöministeriön *ohjeessa rakentamisen työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja rakentamisen työnjohtajien kelpoisuudesta* (YM4/601/2015).

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tarvitaan hyvin usein työmaa-aikaista purku- ja suojaussuunnitelmaa sekä kosteudenhallintaa koskevia suunnitelmia. Purku- ja suojaussuunnitelman sisällöstä säädetään ympäristöministeriön *asetuksen rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* 14 §:ssä. Suunnitelmassa on esitettävä tiedot purettavista rakennusosista, purkutoimenpiteistä ja niiden aiheuttamien haittojen estämisestä, säilytettävien rakennusosien ja pintojen suojaamisesta sekä toimenpiteistä, joilla korjaustyöalue erotetaan rakennuksen käytössä olevasta osasta ja miten pölyn leviäminen korjaustyöalueelta käytössä olevaan osaan estetään. Kosteudenhallintaa koskevien selvitysten ja suunnitelmien sisällöstä kerrotaan ympäristöministeriön *asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä* (15 §) sekä ympäristöministeriön *asetuksessa rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta* (12 ja 13 §). Suunnitelmissa on esitettävä tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineet ja –tuotteet sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta sekä toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja

–tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan.

Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on yleisen edun kannalta valvoa rakennustoimintaa sekä osaltaan huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan, mitä maankäyttö- ja rakennuslaissa tai sen nojalla säädetään tai määrätään. Valvontatehtävän laajuutta ja laatua harkittaessa otetaan huomioon rakennushankkeen vaatavuus, luvan hakijan ja hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden asiantuntemus ja ammattitaito sekä muut valvonnan tarpeeseen vaikuttavat seikat. Tästä on annettu ympäristöministeriön *ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta* (YM5/601/2015).

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennustyömaalla pidetään rakennustyön tarkastusasiakirjaa (MRL 150 f §). Rakennusluvassa tai aloituskokouksessa sovittujen rakennusvaiheiden vastuuhenkilöiden sekä työvaiheita tarkastaneiden on varmennettava tekemänsä tarkastukset rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Rakennustyön tarkastusasiakirjaan tehtävät merkinnät muodostavat koko rakennustyön kulun kuvauksen, joka alkaa rakennustyön aloittamisen edellytysten toteutamisesta ja päättyy loppukatselmuksen yhteydessä rakennusvalvontaviranomaiselle loppukatselmuspöytäkirjan liitteeksi luovutettavaan tarkastusasiakirjan yhteenvetoon.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa siitä, että rakennukselle laaditaan käyttö- ja huolto-ohje silloin, kun toimenpide edellyttää rakennuslupaa (MRL 117 i §). Käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää rakennuksen käyttötarkoitus ja rakennuksen ominaisuudet sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä ja kunnossapitovollisuudesta huolehtimista varten. Käyttö- ja huolto-ohjeen on oltava loppukatselmuksessa riittävässä laajuudessa valmis ja toimitettavissa rakennuksen omistajalle (MRL 153 §).

**Työturvallisuuslain** (738/2002) nojalla säädetyn valtioneuvoston *asetuksen rakennustyön turvallisuudesta* (VNa 205/2009) mukaan rakennuttajan (= maankäyttö- ja rakennuslain mukainen rakennushankkeeseen ryhtyvä) on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen hankkeen vaatavuutta vastaava pätevä turvallisuuskoordinaattori. Turvallisuuskoordinaattorin on huolehdittava asetuksen 5-9 §:ssä tarkoitetuista turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä.

Rakennuttajan on huolehdittava, että rakennushanketta suunniteltaessa ja valmisteltaessa arkkitehtonisessa, rakennusteknisessä ja teknisten järjestelmien suunnittelussa sekä rakennushankkeen toteuttamisen järjestelyihin liittyvässä suunnittelussa otetaan huomioon rakennustyön toteuttaminen siten, että työ voidaan tehdä turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijöiden terveydelle. Rakennuttajan on suunnitellutoimeksiannossa edellytettävä suunnittelijoilta työturvallisuuden huomioonottamista rakentamisessa.

Suojeltuja rakennuksia korjattaessa on otettava huomioon niiden erityispiirteet. Muilta osin kuin asema-, yleis- tai maakuntakaava-alueella rakennussuojelu toteutetaan **lailla rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010)**. Rakennusperinnön säilyttämiseksi voidaan suojella rakennuksia, rakennelmia, rakennusryhmiä tai rakennettuja alueita, joilla on merkitystä rakennushistorian, rakennustaiteen, erityisten ympäristöarvojen tai rakennuksen käytön tai siihen liittyvien tapahtumien kannalta.



Kaavan suojelumääräyksissä tai rakennusperintölain mukaisessa suojelupäätöksessä määritellään mihin osiin tai ominaisuuksiin suojelu rakennuksessa kohdistuu. Sellaisia voivat olla esimerkiksi julkisivut, kiinteä sisustus ja ympäristö. Käytännössä suojelu tarkoittaa, että rakennus ja/tai ympäristö on säilytettävä suojelun edellyttämässä kunnossa ja siinä tehtävät korjaukset ja muutokset on tehtävä kulttuurihistoriallista arvoa vaarantamatta. Muutoksia tai suurempia korjauksia tehtäessä on yleensä pyydettävä lausunto museoviranomaiselta (maakuntamuseolta tai Museovirastolta) rakennusvalvonnan, ELY:n, kirkkohallituksen tai opetus- ja kulttuuriministeriön lupapäätöksen pohjaksi. (Museovirasto, 2017)

Ajantasaiset versiot Suomen lainsäädännöstä ovat luettavissa sähköisessä Finlex-palvelussa ([www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)). Lainsäädäntöä selventävät alemmat ohjeet ja tausta-aineistot löytyvät ympäristöministeriön sivuilta ([www.ym.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset)).

### 1.3 Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävän vaativuusluokat

Rakennuksen suunnittelua ja suunnittelijoita koskeva maankäyttö- ja rakennuslain sääntely uudistettiin 1.9.2014 voimaan tulleella muutoksella. Uudistuksessa suunnittelutehtävien vaativuusluokkia koskeva sääntely sekä siihen liittyvä suunnittelijoiden kelpoisuussääntely siirrettiin lain tasolle, sillä ne oli aiemmin määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Uutena suunnittelualana otettiin mukaan kosteusvaurion korjaustyön suunnittelu ja sitä tarvitaan yleensä rakennuksissa, joissa olevat kosteus- ja mikrobivauriot aiheuttavat tai voivat aiheuttaa terveyshaitan.

Uudistetun sääntelyn avulla rakennushankkeeseen ryhtyvä voi paremmin ennakoida velvollisuutensa rakennuksen suunnittelussa ja suunnittelijoiden valinnassa ja hankkia hankkeen suunnittelutehtävien vaativuuden edellyttämät suunnittelijat. Viranomaisen tehtävänä on hankekohtaisesti määrittää suunnittelutehtävien vaativuus ja hyväksyä siihen kelpoinen suunnittelija.

Korjausrakentamista koskevilla lisäyksillä ja tarkennuksilla pyritään lisäämään entistä suunnitelmallisempaa korjaustoimintaa, joka pidentää rakennuksen käyttöikä. Kosteusvaurioiden aikaisempaa asiantuntevammalla korjaussuunnittelulla on tarkoitus luoda edellytyksiä korjaus- ja muutostyön onnistumiselle.

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävän vaativuusluokka voi olla joko tavanomainen, vaativa tai poikkeuksellisen vaativa.**

Suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisperusteet on esitetty *valtioneuvoston asetuksen rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä* perustelumuihistiossa.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on tavanomainen, kun kosteus- ja mikrobivauriot ovat selkeästi määritettäviä ja rajattavia eikä rakennuksen käyttötarkoituksesta tai muusta ominaisuudesta aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia. Tällaisessa tapauksessa vauriot esiintyvät pääosin rakenteiden pinnoilla tai rakenteiden sisäiset vauriot ovat selvästi rajattavalla alueella ja vauriot ovat yksinkertaisin menetelmin havaittavia.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on vaativa, jos suunnittelun kohteessa on laajoja kosteus- tai mikrobivaurioita tai vaurioiden korjaus edellyttää raken-

teiden kosteusteknisen toiminnan huomattavaa muuttamista. Tällainen on esimerkiksi laajan kosteusvaurion korjaussuunnittelu, jossa julkisivua ja muita rakenteita sekä lämmöneristeitä on uusittava. Jos kosteusvaurion korjaustyö kohdistuu suojeltuun rakennukseen, mutta se ei vaikuta suojeltuihin ominaispiirteisiin, suunnittelutehtävä kuuluu yleensä vaativaan luokkaan.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa seuraavissa tapauksissa:

- rakennuksessa on laajoja rakenteiden sisäisiä kosteus- tai mikrobivaurioita aikaisemmasta kosteusvaurion korjauksesta huolimatta.
- rakenteiden kosteustekninen toiminta on varmistettava erityisillä teknisillä järjestelmillä (esimerkiksi alipaineistuksella) tai muilla erityismenetelmillä, kun vaurioituneita materiaaleja ei voida poistaa esimerkiksi rakennussuojelullisista tai muista syistä.
- rakennuksen käyttötarkoituksesta, sisäilmaston tavoitetasosta tai ominaisuudesta aiheutuu poikkeuksellisia vaatimuksia (esimerkiksi kosteusvauriokorjaus sairaalassa, jonka erityisluonne edellyttää poikkeuksellista sisäilman puhtautta sekä lämmön ja kosteuden hallintaa).
- korjattavan rakennuksen rakenteissa on poikkeuksellisen runsaina pitoisuuksina rakennusmateriaaliperäisiä tai rakennuksen käytöstä rakenteisiin kulkeutuneita haitta-aineita, jotka on otettava suunnittelussa huomioon.
- kosteusvauriokorjaus kohdistuu suojeltuun rakennukseen ja korjaus vaikuttaa suojeltuihin ominaispiirteisiin (esimerkiksi sisätiloiltaan suojellun rakennuksen vaikean kosteusvaurion korjaus, joka edellyttää rakennushistoriallisen tutkimuksen, rakennus- ja rakennesuunnittelun sekä taloteknisen suunnittelun vaativaa yhteensovittamista).

## 1.4 Korjaussuunnittelijan pätevyysvaatimukset

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijalta edellytetään monipuolista osaamista ja kokemusta.**

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaus- ja muutostyön suunnittelu vaatii erityisosaamista sekä tiivistä yhteistyötä rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tehneen kuntotutkijan kanssa. Vaurioiden ja sisäilmaa heikentävien puutteiden korjaaminen edellyttää, että korjaussuunnittelija tuntee eri aikakausille ominaiset rakenneratkaisut ja rakennetyypit, talotekniset järjestelmät, rakennusmateriaalit ja riskirakenteet. Suunnittelun lähtötietojen analysoinnissa korostuu korjaussuunnittelijan kyky osata tulkita vanhoja suunnitelmia ja selostuksia. Suunnittelijan tulee lisäksi hallita rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta erityisesti lämmön- ja kosteudensiirtymismuotojen osalta, jotta hän ymmärtää kosteus- ja mikrobivaurion syntymekanismien ja osaa ottaa ne huomioon suunnitellessaan korjauksia. Oleellista on myös tuntee purku- ja korjaustöissä käytettävät työmenetelmät sekä niitä koskevat työturvallisuusmääräykset ja laadunvarmistusmenetelmät.

Suunnittelijalta edellytetään lisäksi haitta-aineiden ja sisäympäristön mikrobiologisten ja kemiallisten epäpuhtauslähteiden normaalien pitoisuuksien sekä niiden mittaus- ja

tutkimusmenetelmien tuntemusta, jotta hän kykenee arvioimaan kuntotutkimusraportissa esitetyjä tuloksia ja niiden edellyttämiä toimenpiteitä. Epäpuhtauksien kulkeutumisreittien vaikutuksen ymmärtämiseksi suunnittelijan on tunnettava erityyppisten ilmanvaihtojärjestelmien toimintaperiaatteet sekä ilmavuotoreittien ja rakennuksen painesuhteiden merkitys. Vaikeissa ja moniongelmaisissa kohteissa eri osapuolten välisen yhteistyön ja viestinnän merkitys lisääntyy, ja korjaussuunnittelijan on kyettävä perustelemaan valitsemaansa korjausratkaisut sekä rakennuksen omistajalle että tilojen käyttäjille.

Suunnittelijoiden pätevyudet voidaan todentaa riippumattoman tahon tekemällä pätevyysmenettelyllä.

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaussuunnitelmia laativien henkilöiden koulutustausta ja osaaminen sekä korjaus- ja muutostyön suunnittelutehtävän tyypin ja vaativuusluokan tulkinta vaihtelevat tällä hetkellä paljon. Viime vuosina suunnittelijoiden koulutusta, osaamistasoa ja pätevyyden todentamisjärjestelmiä on kehitetty ja yhtenäistetty. Ympäristöministeriön *ohjeessa rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta* on määritelty eri vaativuusluokissa edellytettävä tutkinto, opintojen sisältö sekä vaadittava suunnittelukokemus. Vaativassa ja poikkeuksellisen vaativassa suunnittelutehtävässä opintoihin tulee olla sisältynyt rakennusfysiikan ja rakennetekniikan opintojen lisäksi taloteknisten järjestelmien, sisäympäristöolosuhteiden ja kuntotutkimusmenetelmien opintosuorituksia.

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijoiden pätevyksiä todentaa FISE Oy, ja se on määritellyt eri aiheiden opinnoille vähimmäisopintopistemäärät sekä suunnittelukokemuksen vähimmäismäärät. Voimassa olevista pätevyyksistä ylläpidetään FISE:n toimesta julkista henkilötietolain mukaista rekisteriä, joka on selattavissa FISE:n verkkosivustolla ([www.fise.fi](http://www.fise.fi)). Pätevyyden voi osoittaa myös muulla tavoin.

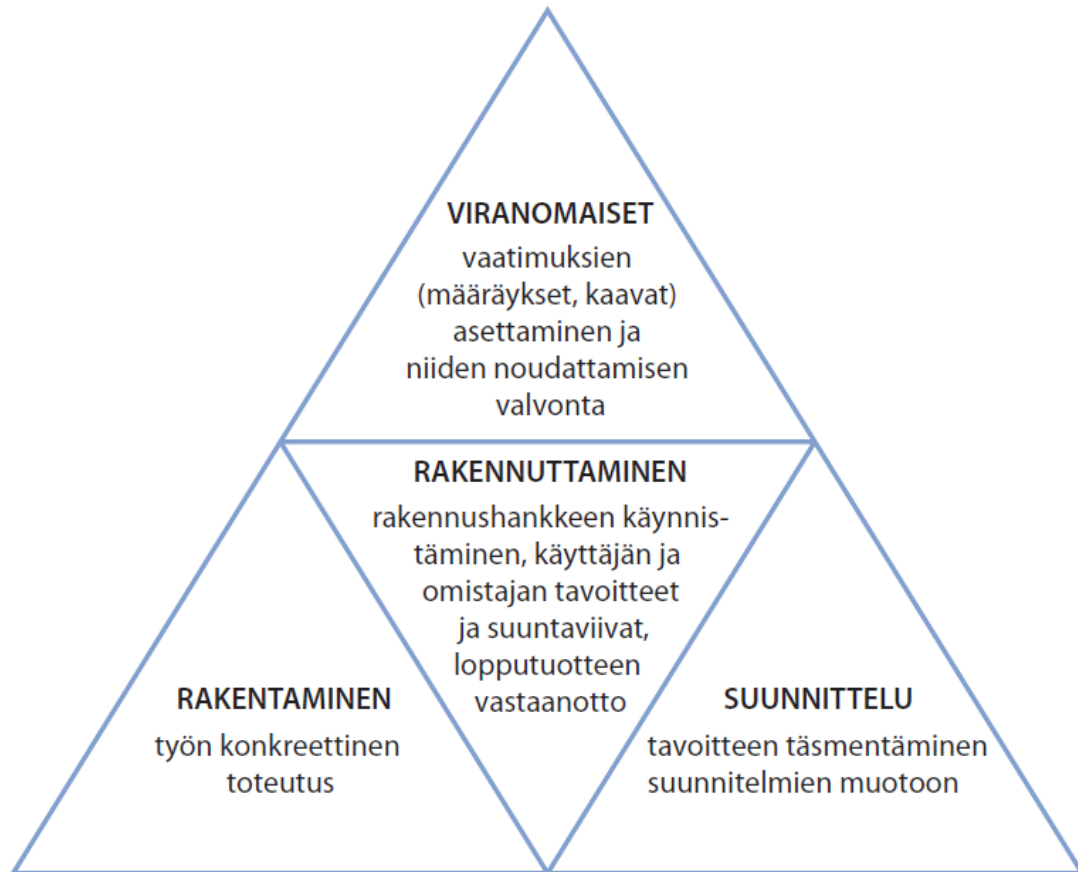
Työkokemus on tärkeä osa pätevyystodentamista.

Käytännön työkokemuksen kerryttäminen on pätevyyden hankkimisessa tärkeää. Työkokemusta tulee hankkia tekemällä korjaussuunnitelmia yhteistyössä kokeneen korjaussuunnittelijan kanssa erityyppisten ja -ikäisten rakennusten korjaus- ja muutostöitä varten. Kokenut suunnittelija toimii suunnittelun alkuvaiheessa korjausmenetelmien valinnasta vastaavana suunnittelijana sekä myöhemmin korjaussuunnitelmien ja -työselostusten tarkastajana. Kosteus- ja mikrobivaurioiden kuntotutkijana hankittu työkokemus on hyödyksi suunnittelijalle varsinkin vanhojen suunnitelmien tarkastelussa ja vaurioiden syiden analysoinnissa.

## 2 Kosteus- ja mikrobivaurion korjaussuunnittelu

### 2.1 Korjaushankkeen osapuolet ja tehtävät

Korjaushankkeeseen kuuluu eri osapuolia, ja ne voidaan jakaa otsikoiden rakennuttaminen, suunnittelu, rakentaminen ja viranomaiset mukaisesti (RT 10-11222).



**Kuva 2.1.** Rakennushankkeen osapuolet voidaan jakaa karkeasti rakennuttamiseen, suunnitteluun, rakentamiseen sekä rakennushankkeen toteutusta sääteleviin ja tarkasteleviin viranomaisiin. (RT 10-11222)

Rakennushankkeeseen ryhtyvä on se taho, jolle rakentamisen luvat on myönnetty, eli kiinteistönomistaja. Rakennusalan arkikielessä rakennushankkeeseen ryhtyvää kutsutaan rakennuttajaksi tai tilaajaksi. Tilaaja voi käyttää hänelle kuuluvien tehtävien hoitamisessa apuna erillistä rakennuttajakonsulttia.

Tilaajan on huolehdittava siitä, että korjaustyö suunnitellaan ja toteutetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaisesti. Lisäksi hänellä edellytetään olevan riittävät valmiudet hankkeen toteuttamiseen hankkeen vaativuusluokka huomioon otettuna ja lisäksi hänen edellytetään käyttävän kelpoisuusvaatimukset täyttäviä suunnittelijoita ja työnjohtajia.

Rakennushankkeeseen nimetty pääsuunnittelija vastaa suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta sekä suunnitteluryhmän työn koordinoinnista. Suunnitteluryhmään kuuluvat rakennussuunnittelija ja erityissuunnittelijat, joita ovat rakennesuunnittelija,

talotekniset suunnittelijat (LVI- ja sähkösuunnittelijat) ja myös esimerkiksi geotekninen suunnittelija sekä elinkaarisuunnittelija. Rakennussuunnittelijan (arkkitehdin) tehtävänä on kehittää hankkeen tavoitteiden pohjalta lopputuotteelle arkkitehtoninen kokonaisratkaisu. Rakennesuunnittelija vastaa rakennuksen rakennusteknisistä suunnittelutehtävistä, ja hänen tehtäviinsä kuuluu perinteisen rakennesuunnittelun ohella kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävä eli korjaussuunnittelu. Lämmitys-, ilmanvaihto-, sähkö-, automaatio- sekä vesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelu muodostavat kukin omat suunnittelualueensa. Ne esiintyvät jossakin muodossa myös kosteus- ja mikrobivaurioiden korjauksissa, ja erityisesti ilmanvaihtosuunnittelun merkitys voi olla korjaustyön onnistumisen kannalta huomattava.

Heti hankkeen alkuvaiheessa tilaajan on tiedostettava, mitä suunnitelmia ja selostuksia korjaustyön toteuttamiseksi tarvitaan, ja määriteltävä tarjouspyynnöissä yksityiskohtaisesti, kenen vastuulle niiden laadinta kuuluu. Kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyössä tarvitaan tavanomaiseen peruskorjaushankkeeseen verrattuna lisäksi tiettyjä erityissuunnitelmia ja -selostuksia kuten esimerkiksi alipaineistussuunnitelmaa, rakennusosien liittymien ilmanpitävyyden parantamista koskevia detaljeja ja korjaustyön onnistumisen seurantasuunnitelmaa sekä työmaan kosteuden-, pölyn- ja puhtaudenthallintaa ja laadunvarmistusta koskevia ohjeita.

Korjaussuunnitelmien sisällölle asetettavat vaatimukset perustuvat Rakennesuunnittelun tehtäväluetteloon RAK12 (RT 10-11128). Siinä tehtävät on jaoteltu vastaavalle erityissuunnittelijalle kaikissa hankkeissa kuuluviin tehtäviin, korjaushankkeisiin sisältyviin tehtäviin ja erikseen tilattaviin tehtäviin. Erikseen tilattavat tehtävät on sovittava aina erikseen. On huomattava, että tällä hetkellä käytössä olevissa eri suunnittelualojen tehtäväluetteloissa ei ole käsitelty kaikkia kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyössä tarvittavia suunnitelmia ja selostuksia, joten tilaajan on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnittelutehtävien sisältöön tarjouspyyntöjä laatiessaan.

Rakennushankkeessa voi olla suunnittelijoiden lisäksi suunnittelun eri osa-alueiden erityisasiantuntijoita. Erityistehtäviä ovat esimerkiksi kosteuden- ja puhtaudenthallintatehtävät, palotekniset suunnittelutehtävät, akustiset suunnittelutehtävät sekä sisäilma-asiantuntijan tehtävät. Asiantuntijat voidaan kytkeä rakennushankkeeseen joko erikseen tai osana aikaisemmin mainittuja rakennus-, rakenne- ja taloteknisen suunnittelun toimeksiantoja (RT 10-11222). Asiantuntijoiden osaamista voidaan hyödyntää myös rakennuttamistehtävien hoitamisessa ja lisäksi työmaavaiheessa urakoitsijoiden tukena opastamassa esimerkiksi erityisten korjausmenetelmien työsuoritusta ja laadunvalvontaa.

**Kokonaisuuden hallinta on välttämätön edellytys korjaustyön onnistumiselle.**

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaustyön suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota kokonaisuuden hallintaan. Siinä on tarkasteltava korjausten ja niiden yhteydessä tehtävien muutosten vaikutuksia koko rakennuksen rakennusfysikaaliseen toimivuuteen, vaikka korjaustyö kohdistuu mahdollisesti vain osaan rakennuksesta. Useat rakennuksen eri tiloihin ja rakennusosiin kohdistuvat osakorjaukset saattavat sotkea kokonaisuuden, mikäli ne suunnitellaan ja toteutetaan toisistaan irrallisina. Rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien yhteensopivuuden varmistamisen merkitys korostuu uudisrakentamiseen verrattuna, koska korjattuun rakennukseen jää väistämättä ainakin vähäisessä määrin epäpuhtauslähteitä eli vanhoja rakennusmateriaaleja, eikä korjatun rakennuksen ilmanpitävyyttä saada kohtuullisin toimenpitein vastaamaan uudisrakentamisessa saavutettavissa olevaa tasoa.

Kokonaisuuden hallinta edellyttää hankkeen eri osapuolilta paneutumista korjattavan rakennuksen erityispiirteisiin sekä rakennuksen kunnosta laadittuihin selvityksiin. Nämä toimivat rakennuksen alkuperäisten ja mahdollisissa aiemmissa korjauksissa laadittujen suunnitelmien ja selostusten ohella korjaussuunnittelun keskeisenä lähtötietoaineistona. Pääsuunnittelijalta edellytetään kykyä ymmärtää, miten tehtävät korjaukset vaikuttavat sisä- ja ulkoarkkitehtuuriin liittyvien näkökohtien lisäksi rakennuksen tekniseen toimivuuteen sekä valmiutta osata sovittaa nämä tavoitteet yhteen rakennuksen turvallisuuden ja terveellisyyden varmistamiseksi.

Urakoitsijat ovat rakennushankkeen osapuolia, jotka rakennuttajan toimeksiannosta vastaavat lopputuotteen konkreettisesta tuottamisesta eli tässä tapauksessa korjaustyön tekemisestä. Rakennushankkeessa on tyypillisesti useita eri urakoitsijoita, jotka tekevät sopimuksella tietyn työkokonaisuuden eli urakan. Rakennuttajan on nimettävä yhteiselle rakennustyömaalle päätoteuttaja. Rakennuslupaa edellyttävässä rakennustyössä on oltava rakennustyötä johtava vastaava työnjohtaja. (RT 10-11222)

Rakennusvalvontaviranomaisen tehtävä on valvoa rakennustoimintaa yleisen edun kannalta sekä huolehtia osaltaan, että rakentamisessa noudatetaan, mitä laissa tai sen nojalla säädetään tai määrätään. Huomio kohdistetaan pääosin siihen, että hankkeen toteuttamisesta vastuulliset henkilöt täyttävät heille määrättyt tai heille muutoin kuuluvat velvollisuutensa. (RT 10-11222)

## 2.2 Korjaushankkeen tehtäväkokonaisuudet ja niiden sisältö

Kosteus- ja mikrobivaurion korjaushanke kuten muutkin talonrakennushankkeet vietään läpi vaiheittain, ja siihen sisältyvät tehtäväkokonaisuudet on määritelty Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelossa HJR18 (RT 10-11284).

Laajempi kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyö käynnistyy yleensä **hankesuunnittelulla**, mutta paikallisten, pienialaisten ja korjausmenetelmiltään yksinkertaisten hankkeiden osalta voidaan siirtyä suoraan yleissuunnitteluvaiheeseen. Rakennuksen kunnon selvittämisen eli esimerkiksi sen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tekemisen katsotaan sisältyvän hankesuunnitteluvaiheeseen. Tällöin määritellään kosteus- ja mikrobivaurioiden edellyttämät rakennusosakohtaiset korjaustoimenpiteet ja korjausasteet vertailemalla eri vaihtoehtoja. Lisäksi määritellään energiatehokkuuden tavoitteet, sisäilmastoa, kosteudenhallintaa ja puhtaudenhallintaa koskevat laadutavoitteet sekä otetaan huomioon rakennussuojelumääräysten vaikutus. Tätä prosessia on käsitelty tarkemmin tämän oppaan luvussa 4, Laadunvarmistusmenetelmät. Lisäksi tässä vaiheessa on hyvä suunnitella projektin tiedottaminen ja viestintä, sillä vaikeimmissa sisäilmaongelmista kärsivissä kohteissa onnistuneen tiedottamisen merkitystä ei voida liiaksi korostaa.

Tehtäväluettelon HJR18 mukaan hankkeen varsinaiset suunnittelijat eivät ole mukana vielä hankesuunnitteluvaiheessa, vaan heidät valitaan vasta hankesuunnitelman hyväksymisen jälkeen. Hankesuunnitelmaa laadittaessa on kuitenkin suositeltavaa käyttää kosteus- ja mikrobivauriokorjauksiin erikoistuneita suunnittelijoita ja hyödyntää heidän asiantuntemustaan korjausmenetelmiä valittaessa ja arvioitaessa niihin liittyviä riskejä ja niiden kustannuksia.

**Suunnittelun valmisteluvaiheessa** määritellään suunnittelutehtävien vaativuusluokat (ks. luku 1.3), suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset (ks. luku 1.4) sekä erityisuunnittelijoiden ja -asiantuntijoiden tarve ja tehtävät.

Suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden valinnan jälkeen siirrytään **ehdotus- ja yleissuunnitteluun**. Tästä vaiheesta käytettiin aiemmin nimitystä luonnossuunnittelu. Yleissuunnittelun tuloksena syntyvät rakennusluvan hakemista varten tarvittavat suunnitelmat ja selvitykset sekä päätökset rakennusosakohtaisesti käytettävistä korjausmenetelmistä.

**Toteutussuunnittelussa** yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. **Rakentamisen valmistelussa** määritellään rakennustöiden toteutusta koskevat vaatimukset ja laadunvarmistusmenetelmät esimerkiksi kosteudenhallinnan, puhtaudenhallinnan ja ilmatiiviyyden osalta. Näiden kahden vaiheen aikana on tärkeää huolehtia, että suunnitteluprosessi johtaa asetettuihin tavoitteisiin ja tuottaa toiminnallisesti, taloudellisesti, esteettisesti, teknisesti, ympäristöllisesti ja muilta vaatimuksiltaan hyväksyttävät suunnitelmat (HJR18). Suunnittelun ohjaus ja pääsuunnittelijan johdolla tehtävä suunnitelmien yhteensovitus ovat tässä vaiheessa erittäin tärkeitä, jotta suunnitelmat ovat ristiriidattomat työmaatoteutusta varten. Rakennuksen terveellisuuden varmistamisessa voidaan käyttää tukena rakennusterveysasiantuntijaa tai rakennusten terveellisyteen syventynyttä korjaussuunnittelijaa (RIL 241-2016).

**Rakentamisessa** varmistetaan sopimuksen- ja suunnitelmien mukainen toteutus, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet (HJR18). Katavista kunto- ja haitta-ainetutkimuksista sekä huolellisesta suunnittelusta huolimatta on varauduttava siihen, että suunnitelmia joudutaan täydentämään ja muuttamaan purku- ja korjaustöiden aikana paljastuvien tietojen perusteella. Rakentamisen aikana on huolehdittava rakennustyön valvonnasta, työn tarkastamisesta ja todentamisesta sekä rakennustuotteiden kelpoisuuden toteutamisesta. Korjausrakentamisessa on tarpeen ja perusteltua käyttää kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan asiantuntemusta normaalin työmaavalvonnan tukena, ja heidät on suositeltavaa pyytää mukaan työmaakokouksiin ja urakoitsijapalaveriihin. Tarvittavista käyttö- ja ylläpitovalmiuksista huolehditaan rakennukselle laadittavan käyttö- ja huolto-ohjeen sekä korjaustöiden seurantasuunnitelman avulla.

**Vastaanotossa** tarkistetaan, että korjaustyö on tehty suunnitelmien mukaisesti ja että rakennus toimii korjaustöiden jälkeen suunnitellulla tavalla. Lisäksi huolehditaan, että urakoitsijoiden luovutusasiakirjat (esimerkiksi laadunvarmistusdokumentit), rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje sekä korjaustöiden seurantasuunnitelma on tehty asianmukaisesti. Rakennusvalvontaviranomainen hyväksyy rakennuksen loppukatselmuksessa käyttöön otettavaksi.

Varsinaiset rakennustyöt päättyvät **käyttöönottoon**, jossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus. **Takuuaikana** seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään taloteknisiin järjestelmiin takuuajan säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet. Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeissa toimivuuden ja sisäilman laadun seuranta jatketaan yleensä myös takuuajan jälkeisenä aikana.

## 2.3 Korjaussuunnitelmat

### 2.3.1 Yleissuunnitelmat

Kuntotutkimuksen tekemisen ja tulosten raportoinnin jälkeen rakennuksen korjaushankkeen seuraava vaihe on korjaussuunnittelu. Korjaussuunnittelussa on oleellista,

että kuntotutkimukseen liittyvät asiakirjat on toimitettu korjaussuunnittelijalle jo suunnittelun käynnistämisenvaiheessa. Korjaustyön onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi on erityisen tärkeää, että korjaussuunnittelija ja kuntotutkija tekevät kiinteää yhteistyötä koko korjaussuunnitteluprosessin ajan (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016) Kuntotutkijan asiantuntemusta on syytä hyödyntää myös korjaustyön aikana varsinkin katselmoitaessa rakenteita purkutöiden yhteydessä.

**Korjaussuunnittelijan ja kuntotutkijan on suositeltavaa yhdessä tarkastella rakennuksen vauriot ja korjaustarpeet käymällä myös kohteessa.**

Korjaussuunnittelijan ensimmäinen tehtävä on perehtyä kuntotutkimusraporttiin ja kohteesta käytettävissä oleviin suunnitelma-asiakirjoihin sekä luoda käsitys kohteen rakenneratkaisuista, niiden rakennusfysikaalisesta toimivuudesta ja tarvittavista korjauksista sekä mahdollisesta jatkotutkimustarpeesta.

Lähtötietoaineistoon perehtymisen jälkeen pidettävässä kokouksessa korjaussuunnittelija ja kuntotutkija käyvät läpi korjausta vaativien vaurioiden syyt, rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät mahdollisine vaihtoehtoisine ratkaisuineen, rakenteiden kriittiset liittymädetaljit sekä korjaustyön onnistumisen kannalta olennaiset laadunvarmistustoimenpiteet. Laajoissa ja vaativissa kohteissa kokouksia on syytä järjestää useampia kuin yksi tiedonsiirron varmistamiseksi. Tilaajan tulee kuntotutkimusta tilatessaan huolehtia siitä, että kuntotutkija on tarvittaessa käytettävissä myös korjaussuunnittelu- ja korjaustyövaiheissa.

**Korjausten tavoitteena on aina ensisijaisesti poistaa haitan aiheuttanut vaurio tai virhe, mutta tämä ei ole kaikissa tapauksissa, esimerkiksi suojelluissa rakennuksissa, mahdollista.**

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaustyöt kohdistuvat suurimmaksi osaksi rakennuksen vaipan rakenteisiin sekä välipohjiin ja väliseiniin. Korjaukset eivät yleensä edellytä perustus- ja runkorakenteisiin tehtäviä muutoksia välipohjia lukuun ottamatta.

Korjaussuunnittelussa on myös otettava huomioon, toteutetaanko kohteessa samanaikaisesti taloteknisiä korjauksia, sillä niiden edellyttämät purku- ja rakennustyöt sekä taloteknisten asennusten vaatimat liitokset ja kiinnitykset rakenteisiin vaikuttavat rakennusteknisiin korjauksiin. Lisäksi on varmistettava, että talotekniset asennukset tehdään siten, ettei niistä aiheudu vaaraa rakenteiden toimivuudelle. Lisäksi on syytä ottaa huomioon palo-osastointivaatimukset ja suunnitella tarvittavat korjaukset, sillä vanhojen rakennusten palo-osastoinnissa saattaa esiintyä huomattaviakin puutteita.

**Korjaushankkeissa tarvitaan yleensä myös ilmanvaihto- ja rakennusautomaatiosuunnittelijoita.**

Rakennustekniset korjaukset parantavat yleensä huomattavasti rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä, minkä vaikutus rakennuksen ilmanvaihtoon on otettava huomioon. Ilmanvaihtojärjestelmään tehtävät muutokset on suunniteltava ja järjestelmä säädettävä siten, että sisätilat ovat lievästi alipaineisia ulkoilmaan verrattuna ja painesuhteet pysyvät hallittuina ilmanvaihdon eri käyttöasetuksilla (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016). Näiden tehtävien hoitaminen edellyttää ilmanvaihto- ja rakennusautomaatiosuunnittelijoiden käyttämistä. Korjaussuunnittelijan ja



ilmanvaihtosuunnittelijan yhteistyötä tarvitaan myös suunniteltaessa rakenteisiin niiden rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistamiseksi tarvittavia koneellisia tuuletus- ja alipaineistusjärjestelmiä.

Korjaussuunnittelijan on suositeltavaa tehdä rakennusosakohtainen yhteenveto käytettävistä korjausmenetelmistä käyttöikineen ja osoitettava sen avulla, että korjaukset kohdistuvat tutkimuksissa havaittuihin ongelmiin. Yhteenvedon tueksi suositellaan laadittavaksi piirustukset keskeisimmistä rakennetyypeistä ja kriittisimmistä rakennusosien liittymistä sekä selvitys ilmanvaihtojärjestelmään tehtävistä muutoksista. Yhteenveto toimii jo rakennuslupaa haettaessa dokumenttina siitä, miten kosteus- ja mikrobivaurion aiheuttama haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan sekä miten korjattu rakenne tai järjestelmä toimii sen suunnitellun käyttöikänsä aikana.

Yhteenveto toimii toteutussuunnittelun lähtötietona, ja sen perusteella voidaan alustavasti arvioida korjauskustannuksia, korjaustyön kestoa sekä mahdollisia väistötilatarpeita. Se on hyväksyttävä tilaajalla ennen toteutussuunnittelun käynnistämistä, mutta sitä joudutaan yleensä täydentämään toteutussuunnittelun aikana suunnitteluratkaisujen tarkentuessa.

**Erityisen vaativissa korjauskohteissa on suositeltavaa laatia rakennusfysikaalinen ja rakennuksen terveellisyysriskiarvio ja riskianalyysi.**

Korjaussuunnittelijan tekemä yhteenveto voi toimia erityisen vaativissa kohteissa yleensä laadittavina rakennusfysikaalisena ja myös rakennuksen terveellisyysriskiarviona ja riskianalyysinä, mikäli korjaussuunnittelija on syventynyt rakennusten terveellisyteen. Muussa tapauksessa terveellisyysriskiarvion ja riskianalyysin laadinnasta vastaa erillinen rakennusterveysasiantuntija. Riskiarviossa arvioidaan erityisesti (RIL 241-2016):

- rakennusfysikaalisten kuormien suuruus ja vaativuus (vesi, kosteus, lämpö, melu jne.)
- rakennuksen terveellisyteen liittyvät olosuhteet ja niihin vaikuttavat tekijät (fysikaaliset, kemialliset tai biologiset rasitukset ja mahdolliset sisäilmaston haittatekijät)
- sisäilmavaatimukset
- suunnittelun ja toteutuksen vaativuus ja siihen liittyvän vahingon todennäköisyys
- vahinkoseuraamukset ja niiden suuruusluokka
- käytön ja ylläpidon vaativuus
- erityismenettelyn tarve ja sisältö.

Riskianalyysin tehtävänä on tarkentaa riskiarviossa esiin tulleita rakennuksen terveellisyteen vaikuttavia olosuhderiskejä ja esittää tapoja, miten niitä hallitaan. Rakennuksen terveellisyysriskianalyysi on osittain jatke rakennusfysikaaliselle riskianalyysille, jossa kosteustekniset ja sisäympäristön laatuun vaikuttavat tekniset ratkaisut on käsitelty. Terveellisyysriskianalyysissa käsitellään laajemmin sisäympä-

ristövaikutuksia sekä muita terveellisyteen vaikuttavia riskikohteita kuten materiaalien tai rakenteiden sisältämiä epäpuhtauksia, materiaalien päästöjä ja työmaa-aikaisia puhtaudenhallintatoimenpiteitä. (RIL 241-2016)

**Erytymenettelyä käytetään tyypillisesti suunnitelmien ulkopuolista tarkastusta.**

Suunnitelmien ulkopuolisen tarkastuksen tehtävänä on varmistaa rakennuksen terveellisuuden ja rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta, että laaditut suunnitelmat ovat hankkeen vaatavuuteen nähden riittävän kattavia eivätkä ne sisällä puutteita tai virheitä. Ulkopuolisen tarkastuksen yleisiä periaatteita, vaiheistusta ja sisältöä on käsitelty tarkemmin julkaisussa Erytymenettelyn soveltaminen – rakennuksen turvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot (RIL 241-2016).

### 2.3.2 Toteutussuunnitelmat

Korjaushankkeessa joudutaan aina purkamaan olemassa olevia pintamateriaaleja ja rakenteita sekä yleensä myös taloteknisiä järjestelmiä, minkä vuoksi korjaussuunnittelijan on määritettävä purettavien rakenteiden laajuus, laadittava purkuun liittyvät mahdolliset alustavat tuentasuunnitelmat sekä annettava purkutöiden työturvallisuutta ja työmenetelmien valintaa koskevat ohjeet. Laadittavat suunnitelmat ovat (RT 10-11128):

- alustavat purkusuunnitelmat (tasokaaviot, joissa esitetään purettavien ja säilytettävien rakenteiden laajuus; yleisleikkaukset purettavista rakenteista; rajapintojen liittymädetaljit)
- purkuihin liittyvät mahdollisesti tarvittavat rakenteiden tuentasuunnitelmat (esimerkiksi ulkoseinän puurungon tuenta valesokkelirakennetta korjattaessa)
- purkutyöselostus.

**Korjaushankkeessa on aina laadittava purkamista koskevat selostukset ja suunnitelmat.**

Purkutyöselostus on yleiskuvaus purkutyöstä, jonka avulla purku-urakoitsija voi suunnitella purkutyön omaan kalustoonsa ja kokemukseensa soveltuvin menetelmin. Purkutyöselostus sisältää edellä mainittujen alustavien purku- ja tuentasuunnitelmien lisäksi yleensä vähintään seuraavat tiedot ja asiakirjat (soveltaen RunkoRYL 2010, KorjausRYL 2016):

- kohdetiedot
- vanhat suunnitelmat
- rakennuksen kunnosta tehdyt selvitykset (rakenneselvitykset, kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset, selvitykset pilaantuneesta maasta, haitta-ainetutkimukset)
- selvitykset rakennuksen tai rakenteiden jäykistyksestä ja vakavuudesta sekä rakenteiden sallituista hyötykuormista
- purkujärjestystä koskevat ohjeet

- sallitut työkoneiden painot ja muut rasitukset sekä selvityksen sallitusta purkujätteen pudottamisesta ja varastoinnista kantavien rakenteiden päälle
- ohjeet purkumenetelmien ja jäävien pintojen suojauksesta, puhdistusmenetelmien valinnasta sekä pölyntorjunnasta, (ks. tämän oppaan luvut 3.1.6 ja 3.1.7)
- ympäröivien rakennusten ja rakenteiden, mukaan lukien piha- ja katualueiden, suojaus
- ympäröivien alueiden, mukaan lukien vesikattojen, sade- ja pintavesien ohjaus.

Korjaussuunnittelijan laatiman purkutyöselostuksen ja purkutyökohteeseen tutustumisen perusteella purku-urakoitsija laatii yksityiskohtaisemman purkamisen toteutus suunnitelman eli purkutyösuunnitelman. Se on hyväksyttävä tilaajan edustajalla ja tarvittaessa viranomaisilla (RunkoRYL 2010, KorjausRYL 2016). Korjaussuunnittelijan on tarkastettava purkutyösuunnitelma niin, että varmistutaan rakenteellisen kokonaisuuden toteutumisesta (RT 10-11128).

Korjaussuunnitelmissa esitetään korjattavat ja uusittavat rakenteet sekä korjausmenetelmät ja korjauksissa käytettävät materiaalit. Suunnitelmissa on kiinnitettävä erityistä huomiota eri rakennusosien liittymien yksityiskohtaiseen esittämiseen. Piirustuksissa on tärkeää osoittaa selkeästi, mitkä ovat jääviä, alkuperäisiä rakenteita ja materiaaleja sekä mitkä ovat uusia rakenteita ja materiaaleja. Lisäksi suunnittelijan on huolellisesti mietittävä suunnitelmissa esitettyjen ratkaisujen toteutuskelpoisuutta eli sitä, miten korjaustyöt työmaalla käytännössä tehdään.

Rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus osoitetaan tarvittaessa (esimerkiksi poikkeuksellisen vaativissa kohteissa tai käytettäessä rakenneratkaisuja, joista ei ole aiempaa kokemusta) rakennusfysikaalisten laskelmien avulla. Niiden avulla varmistutaan rakennusosien rakennusfysikaalisesta kokonaistoimivuudesta.

**Korjaushankkeissa ei voida välttyä yllätyksiltä.**

Laajojen, monimuotoisten sekä muutos- ja korjaushistorialtaan moninaisten rakennusten korjaushankkeessa on varauduttava purkutöiden aikana paljastuviin yllätyksiin, vaikka kohteeseen on tehty kattavat kuntotutkimukset. Tällaiset korjaushankkeelle tunnusomaiset tilanteet edellyttävät yleensä kuntotutkijan ja korjaussuunnittelijan tekemiä työmaakatselmuksia, lisätutkimuksia sekä korjaussuunnitelmien muuttamista tai täydentämistä, mihin on varauduttava niin tutkimus- ja suunnitteluressseissa kuin työmaan aikataulussa.

Korjaussuunnitelmien sisällöstä annetaan ohjeita RT-kortissa 10-11128 Rakennus suunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Suunnitelma-asiakirjat voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- rakennetyypit (yleensä mittakaavassa 1:10)
- kerroskohtaiset tasojen mittapiirustukset tai paikannuskaaviot (yleensä mittakaavassa 1:50)
- rakenneleikkaukset (yleensä mittakaavassa 1:20)

- detaljipiirustukset (yleensä mittakaavassa 1:5 tai 1:10)
- työselostukset.

Purkutyötä varten laadittavissa rakennetyypeissä esitetään, mitkä rakennekerrokset ja -materiaalit kustakin rakenneosasta puretaan ja mitkä säilytetään. Rakennetyypeistä on ilmeistä rakennekerrosten paksuudet ja niissä on suositeltavaa mainita varmuuden vuoksi, mitkä materiaalit sisältävät haitta-ainetutkimuksen perusteella haitta-aineita. Korjaustyötä varten tehtävät rakennetyypit sisältävät jäävien rakennekerrosten lisäksi uudet rakennekerrokset yksityiskohtaisine materiaalitietoineen. Työnsuoritusta ja työturvallisuutta koskevat yksityiskohtaiset ohjeet pyritään yleensä esittämään erillisissä työselostuksissa.

Myös tasojen mittapiirustusten tai paikannuskaavioiden kohdalla on suositeltavaa noudattaa samaa periaatetta kuin rakennetyypeissä, eli purkutyötä ja korjaustyötä varten laaditaan erilliset piirustukset tai kaaviot. Purettavien rakennusosien suunnitelmien laadinnassa hyödynnetään vanhojen suunnitelmien ohella rakennuksesta tehdyn kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tuloksia, mutta on huomattava, että rakennetyypikaavioiden laadinta ei sisälly kuntotutkijan tehtäviin, ellei sitä ole erikseen tilattu. Korjaustyötä varten tehtävissä mittapiirustuksissa tai paikannuskaavioissa esitetään jäävien ja uusien rakennusosien rakennetyyppien sekä lisäksi rakenneleikkausten ja detaljipiirustusten sijaintimerkinnot. Vesikattorakenteista laaditaan yleensä erillinen vesikattopiirustus.

Rakenneleikkauksissa esitetään eri rakennusosiin liittyvät lämmön-, veden- ja kosteudeneristykset sekä ilman- ja höyrynsulut liitoksineen, saumoineen sekä läpivientikohtineen. Lisäksi niissä näytetään rakennusosien tuuletusjärjestelyt, miten veden ja kosteuden tunkeutuminen rakenteiden sisään estetään sekä miten ulkoverhouksen taakse tunkeutunut vesi ja kosteus pääsevät poistumaan rakenteita vahingoittamatta.

**Yksityiskohtien suunnittelu on korjaushankkeissa erityisen tärkeää.**

Rakennusosien liitosten, saumojen ja läpivientikohtien luotettavan toteutuksen varmistamiseksi sekä suunnitelmien luettavuuden ja ymmärrettävyyden parantamiseksi niistä on tehtävä rakenneleikkauksia täydentävät yksityiskohtaiset detaljipiirustukset. Korjaussuunnittelija laatii ne yhteistyössä rakennussuunnittelijan (arkkitehdin) kanssa, jotta niissä esitetyt ratkaisut täyttävät teknisten vaatimusten lisäksi rakennuksen arkkitehtuurille asetetut tavoitteet. Perinteisten pystysuuntaisten detaljien tuoksi on tapauskohtaisesti piirrettävä myös vaakasuuntaiset detaljit esimerkiksi ikkunoiden ja ulkoseinän liittymistä. Suunnittelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi Kuivaketju10-toimintamalliin ([www.kuivaketju10.fi](http://www.kuivaketju10.fi)) sisältyvää Suunnittelijan tarkistuslistaa, joka tarjoaa vähimmäistason suunnitelmissa esitettävälle asiaille.

Alapohjien osalta keskeisintä on osoittaa, miten vältetään maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan. Ryömintätalissa alapohjissa on kiinnitettävä huomiota myös ryömintätalun tuulettumiseen. Detaljipiirustuksia on suositeltavaa laatia vähintään seuraavista kohdista:

- alapohjan sekä ulko- ja maanvastaisten seinien liittymät
- alapohjan ja kantavien pystyrakenteiden (pilareiden ja väliseinien) liittymät

- alapohjan ja ei-kantavien väliseinien liittymät
- alapohjan työsaumat, liikuntasaumat sekä läpivientikohdat (esimerkiksi johdot, putket ja kaivot)

Välipohjarakenteisiin mahdollisesti jäävien epäpuhtauksien sisäilmaan pääsyn estämisen osoittamiseksi tehdään vähintään seuraavat detaljipiirustukset (erityisesti kerroksellisten ja täyhteitä sisältävien välipohjien kohdalla):

- välipohjan sekä ulko- ja maanvastaisten seinien liittymät
- välipohjan sekä kantavien pystyrakenteiden ja ei-kantavien väliseinien liittymät
- välipohjan liikuntasaumat sekä läpivientikohdat (esimerkiksi johdot, putket ja kaivot)

Ulkoseinissä on tärkeintä osoittaa, että viistosateen ja tuiskulumen haitallinen tunkeutuminen rakennuksen ulkopuolelta rakenteiden sisään on estetty, että kosteutta ei kulkeudu sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi haitallisessa määrin rakenteiden sisään ja että rakenteissa olevat epäpuhtaudet eivät siirry sisäilmaan. Keskeisiä detaljeja ovat:

- ulkoseinän ala- ja yläpää sekä ulkoverhouksen epäjatkuvuuskohdat ja liittymät (räystään suoja- ja myrskypellit, julkisivua vasten olevien kermien ja peltien ylösnostot, tuuletusjärjestelyt, ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden poisto)
- ikkunoiden, ovien ja läpivientien liittyminen ympäröiviin rakenteisiin (ikkunapellitykset, saumaukset, tuuletusjärjestelyt, tuulensuojakerroksen liittymät, ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden poisto); näistä tarvitaan sekä vaaka- että pystysuuntainen detaljipiirustus
- ulkoseinään liittyvien katosten, parvekkeiden ja ilmanvaihtolaitteiden liittymät
- ulkoseinän ja yläpohjan liittymät (mukaan lukien ulkoseinän ilmansulun liittyminen rakenteen läpimenevään yläpohjakannattajaan)
- ulkoseinän ja väliseinän liittymät (vaakasuuntainen detaljipiirustus)
- ulkoseinän nurkkaliittymät (vaakasuuntainen detaljipiirustus)
- ulkoseinän elementti- ja liikuntasaumat (vaakasuuntainen detaljipiirustus).

Yläpohjan detaljipiirustuksissa esitetään, miten rakenne tuuletetaan, miten sisäilman vesihöyryn haitallinen kulkeutuminen diffuusion tai konvektion vuoksi estetään ja miten vältytään sadeveden, lumen ja sulamisveden haitalliselta tunkeutumiselta vesikatto- ja yläpohjarakenteisiin, seiniin ja sisätiloihin. Detaljipiirustuksia laaditaan seuraavista kohdista:

- räystäät ja rintatäitteet (aluskatteen ja vedeneristeen ulottuma ulkoseinällä sekä ylösnostot)

- rakenteen lävistävien johtojen, putkien, kanavien ja piippujen läpivientikohdat (ilman- ja höyrynsulku, aluskate ja vedeneriste)
- kattokaivot.

Märkätiloista laaditaan vähintään seuraavat piirustukset:

- lattiapiirustus, jossa esitetään lattiapinnan korkeustasot vähintään jokaisen nurkan, lattiakaivon ja kynnyksen kohdalla
- detaljit lattian vedeneristeen nostosta kaikkiin erilaisiin ympäröiviin rakenteisiin
- detaljit vedeneristeen liittämistä lattiakaivoon, hanakulmarasioihin ja muihin läpivienteihin sekä kynnykseen.

Rakennus- tai korjaustyöselostus ja erilliset työselostukset täydentävät suunnitelmia, ja niiden sekä Rakennustöiden yleisten laatuvaatimusten (RYL) muodostaman kokonaisuuden avulla määritellään rakennuksen laadulliset ominaisuudet. Ne täydentävät toisiaan niin, että RYL:ssä esitetään hankkeesta toiseen samanlaisina esiintyvät laatuvaatimukset, kun rakennus- ja työselostuksissa esitetään hankekohtaisesti määriteltävät laatuvaatimukset. Kun selostuksissa viitataan RYL:iin, tulevat voimaan niiden julkaisujen määräykset ja ohjeet, joihin RYL:n kyseisessä kohdassa viitataan (Sisä-RYL 2013). Erillisiä työselostuksia suositellaan laadittavaksi esimerkiksi purkutöistä, vaativista vedeneristystöistä ja rakenteiden ilmanpitävyyden parantamiseen tähtäävistä korjauksista.

### 2.3.3 Kosteudenhallinta

Rakennuslupavaiheessa laadittavaan rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen, kosteudenhallinnan henkilöresurssit sekä tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä (YM asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta). Tästä henkilöstä käytetään myös nimityksiä kosteuskoordinaattori ja kosteudenhallintakoordinaattori.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen ja siihen on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä. Lisäksi siinä kerrotaan, miten rakennustuotteet ja keskeneräiset rakennusosat suojataan kastumiselta ja epäpuhtauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana sekä miten varmistetaan siitä, että rakenteet ovat kuivuneet riittävästi ennen niiden peittämistä kuivumista hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella. (YM asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta)

Kosteudenhallintaselvityksessä ja -suunnitelmassa tulee käsitellä seuraavat asiat (Sisäilmastoluokitus 2008/RT 07-10946, Betonirakentamisen laatuohjeet 2013/ BY 47, RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen):

- kosteudenhallinnan organisointi (eri osapuolten tehtävät ja vastuut sekä työmaan perehdytys)

- kosteusteknisesti kriittisten rakennusosien kartoitus eli luettelo rakenteista, joiden suunnitteluun ja toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia
- lattioiden ja seinien päällyste- ja pinnoitemateriaalien edellyttämät alustan (suhteellisen) kosteuden enimmäisarvot
- aikataulusuunnittelu: kosteudelle herkillä materiaaleilla päällystettävien betonirakenteiden kuivumisaika-arviot erilaisissa toteutusolosuhteissa sekä menettelytavat aikataulussa pysymiseksi (materiaalivalinnat, rakenneratkaisut, työjärjestys, riittävän hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen ja tarvittaessa parantaminen, koneellinen kuivatus)
- työmaalle tulevien materiaalien, tarvikkeiden ja rakenneosien suojaus kastumiselta
- runkorakenteiden ja eristetilojen suojaus sade- ja sulamisvesien aiheuttamalta kastumiselta
- työnaikaisten vesivahinkojen torjunta (käytettävä kalusto, vahinkojen raportointikäytäntö)
- kosteudenmittausuunnitelma (kuivumisolosuhteiden seurantamittaukset, rakenteiden kuivumisen seurantamittaukset ja rakenteiden päällystettävyyssmittaukset)
- kosteudenhallinnan dokumentointi (kosteudenmittauspöytäkirjat, vesivahinkojen korjaamisen osoittavat dokumentit).

Työmaan kosteudenhallintaa koskevaa ohjeistusta on saatavissa Kuivaketju10-toimintamallin ([www.kuivaketju10.fi](http://www.kuivaketju10.fi)) työmaatoteutusta koskevasta ohjekortista. Rakentamisen kosteudenhallinta -sivustolle ([www.kosteudenhallinta.fi](http://www.kosteudenhallinta.fi)) on koottu tietoa, mitä rakennushankkeen eri vaiheissa tulee huomioida kosteudenhallinnan kannalta, mitä kunkin osapuolen tulee tehdä, mitä asioita eri rakenteissa tulee ottaa huomioon sekä mitä toimia kosteudenhallinnan eteen tulee tehdä.

### 2.3.4 Pölyn- ja puhtaudenhallinta

Pölyn- ja puhtaudenhallinnan tavoitteena on varmistaa muun muassa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat silloin, kun ne luovutetaan käyttäjälle ja että rakennuksen käytön aikana sisäilmaan ei kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Lisäksi tarkoituksena on vähentää työntekijöiden altistusta epäpuhtauksille, kuten pölylle sekä osaltaan vähentää työturvallisuusriskejä työmaalla. Nykyisin korjaushankkeissa pyritään yleisesti noudattamaan Sisäilmastoluokitus 2008:ssa määriteltyä puhtausluokkaa P1.

Korjaussuunnittelijan tulee laatia suunnitteluvaiheessa yhteistyössä muiden suunnittelijoiden ja asiantuntijoiden kanssa työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat vaatimukset ja ohjeet. Näistä käytetään myös nimitystä pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja. Urakoitsija laatii näihin vaatimuksiin ja ohjeisiin pohjautuen työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelman. Vaatimuksissa, ohjeissa ja suunnitelmassa on käsiteltävä ainakin seuraavia asioita:

- miten työmaan pölyn- ja puhtaudenhallinta on organisoitu (eri osapuolten tehtävät ja vastuut sekä työmaan perehdytys)
- miten työntekijöiden altistusta työnaikaisille epäpuhtauksille erityisesti pölyn osalta vähennetään (esimerkiksi työkoneet ja -menetelmät, koneellinen pölynhallinta, henkilökohtainen suojautuminen ja siivous)
- miten jäävät rakenteet, rakennusosat ja pinnat suojataan purkamisen ja rakentamisen aikana
- miten pölynhallinta hoidetaan ja miten pölyn leviäminen ympäröiviin tiloihin estetään erityisesti purkutöiden aikana (= osastointi- ja alipaineistussuunnitelma)
- miten käytössä olevassa rakennuksessa varmistetaan purkamisen ja rakentamisen aikana palo-osastoinnin toimivuus sekä ilmanvaihdon työn kohteena olevasta alueesta riippumaton toiminta
- miten uudet rakennusmateriaalit, tarvikkeet ja laitteet kuljetetaan, varastoidaan ja suojataan niin, että ne eivät likaannu, kastu tai muuten vaurioidu ennen asennusta, asennuksen aikana tai asennuksen jälkeen
- miten työmaan jätehuolto hoidetaan
- miten työmaata siivotaan rakennustyön aikana
- miten pölyävät ja likaavat työvaiheet voidaan tehdä loppuun ennen lopullisten pintojen tekoa sekä ilmanvaihtolaitteiden toimintakokeita ja säätötyötä
- miten ilmanvaihtokanavat ja -kanavaosat voidaan asentaa ja suojata pölyävien työvaiheiden välissä
- miten loppusiivous toteutetaan kaksivaiheisena (ennen toimintakokeita ja ennen vastaanottoa) sekä miten sen vaatimustenmukaisuus (puhtaustaso) todennetaan molemmissa vaiheissa
- miten P1-puhtaustason saavuttaneet tilat säilytetään puhtaina toimintakoevalmiudesta vastaanottoon saakka
- miten korjattavassa rakennuksessa ennen korjauksia käytössä ollut irtaimisto pitää puhdistaa ennen sen mahdollista tuomista korjattuihin tiloihin
- miten saavutettua puhtaustasoa ylläpidetään ensimmäisten käyttökuukausien aikana.

### 2.3.5 Korjaustöiden laadunvarmistussuunnitelma

Onnistuneen korjaustyön yhtenä peruspilarina toimii työnaikainen laadunvarmistus, ja korjaussuunnittelijan on annettava ohjeet, miten rakennustyön suunnitelmien mukainen suoritus varmistetaan ja todennetaan. Joko osittain tai kokonaan erittäin vaativassa hankkeessa rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää erityismenettelytoimenpiteenä laadunvarmistusselvitystä antamalla siitä rakennusluvassa lupamääräys (RIL 241-2016).



Laadunvarmistusta koskevia ohjeita ja vaatimuksia annetaan tyypillisesti rakennus- tai korjaustyöselostuksessa, erillisissä työselostuksissa sekä kosteudenhallintaa että pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevissa vaatimuksissa ja ohjeissa. Varsinkin erittäin vaativissa hankkeissa on suositeltavaa koota kaikki vaadittavat laadunvarmistustoimenpiteet yhteen asiakirjaan (laadunvarmistussuunnitelmaan) ja viitata siinä, missä selostuksissa ja selvityksissä on annettu tarkemmat ohjeet laadunvarmistuksen toteutustavoista sekä niiden tulosten hyväksymisestä ja dokumentoinnista.

Urakoitsijan hankekohtaisten laadunvarmistustoimenpiteiden (mm. tarkastusasiakirjan käytön) tehtävänä on varmistaa ja osoittaa, että toteutus noudattaa suunnitelmia ja täyttää viranomaisvaatimukset sekä toteutusprosessin että lopputuloksen osalta. Rakennustyön tarkastusasiakirja on maankäyttö- ja rakennuslain määrittelemä työkalu tarkastuksen hallintaan, ja siihen on rakennusvaiheiden vastuu- ja työvaiheita tarkastaneiden henkilöiden varmennettava tekemänsä tarkastukset. (RIL 241-2016)

Rakennustyön tarkastusasiakirjan käyttöä ja sisältöä on kuvattu ympäristöministeriön ohjeessa (YM5/601/2015) rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Kaikista laadunvarmistustoimenpiteistä on laadittava tarkastusmuistiot tai mittausraportit ja luovutettava nämä tilaajalle ennen vastaanottoa.

Korjaustöiden laadunvarmistuksessa käytettäviä menetelmiä on käsitelty tämän oppaan luvussa 4, Laadunvarmistusmenetelmät.

### 2.3.6 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen eli huoltokirjan laadinta edellyttää hankkeen eri osapuolten osallistumista ja tiivistä yhteistyötä, jotta se sisältää kiinteistön johdonmukaisessa ylläpidossa tarvittavat tiedot. Hankkeeseen suositellaan nimettäväksi erillinen huoltokirjakoordinaattori, joka huolehtii suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden toimittamien tietojen keräämisestä ja tallentamisesta huoltokirjaan. Pienemmissä korjaushankkeissa tämä työ voidaan sisällyttää rakennuttajakonsultin tai jonkun suunnittelijan tehtäviin. Huoltokirjan on oltava valmiina ennen hankkeen vastaanottoa.

**Huoltokirja on työväline rakennuksen koko elinkaaren hallintaan.**

Korjaussuunnittelijan tehtävänä on huolehtia seuraavista toimenpiteistä:

- rakennusosien yleiskuvauksen laatiminen sillä tarkkuudella, että kiinteistöä tuntematonkin ammattilainen saa yleiskuvan kiinteistöstä
- salaojien paikantamisperustuksen laatiminen
- rakennusfysikaalisiin riskeihin ja riskirakenteisiin liittyvien paikantamisperustusten tekeminen tarvittaessa yhdessä sisäilma-asiantuntijan kanssa; niissä esitetään esimerkiksi haitta-aineiden sijainti, tiivistyskorjattujen rakennusosien pintojen ja liittymien sijainti sekä erityistä tarkkailua vaativat rakennusosat ja niiden toimivuuden varmistavat ilmanvaihtojärjestelmät (esimerkiksi alipaineistusjärjestelmä)
- rakennusosien huolto- ja tarkastusvälien, kunnossapitajaksojen ja tavoitteellisten käyttöikien määrittäminen; näistä löytyy tietoa esimerkiksi RT-kortista 18-10922 Kiinteistöjen tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset

Rakennus- ja talotekniset suunnittelijat tuottavat huoltokirjaan vastaavat tiedot omien vastuualueidensa osalta.

### 2.3.7 Seurantasuunnitelma

Seurantasuunnitelman avulla arvioidaan korjaustyön onnistumista, todennetaan korjaustyölle asetettujen tavoitteiden toteutuminen sekä varmistetaan korjattujen tilojen tai rakennuksen hallittu vastaanotto korjaustyön vastaanottamisen jälkeen. Sisäilman laadun pysyvyyttä seurataan yleensä viiden ensimmäisen käyttövuoden aikana kohdekohtaisesti laadittava seurantasuunnitelman mukaisesti. Seuranta voidaan jakaa takuuajana eli kahden ensimmäisen vuoden aikana tehtävään seurantaan ja sen jälkeen tehtävään seurantaan.

#### **Korjaustyön onnistumisen todentamista varten laaditaan seurantasuunnitelma.**

Seurantasuunnitelmassa kerrotaan, miten korjaustyön onnistuminen sisäilman laadun kannalta tullaan selvittämään ja mikä on seurantamittausten aikataulu. Seuranta sisältää yleensä tilojen aistinvaraisen arvioinnin (esimerkiksi puhtaustason arvioinnin), sisäilman fysikaalisten, kemiallisten ja mikrobiologisten tekijöiden mittauksia, ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastelun, rakenteiden toimivuuden varmentamisen sekä käyttäjien kokemusten arvioinnin esimerkiksi käyttäjäkyselyjen avulla.

Seurantasuunnitelman laadinta on suositeltavaa aloittaa hyvissä ajoin korjaustyön aikana, jotta se on valmis korjaustyön vastaanottoon mennessä. Suunnitelman laativat yhdessä korjaussuunnittelija ja seurannan käytännön toteutuksesta vastaava sisäilma-asiantuntija. Seurannassa käytettäviä menetelmiä on käsitelty tarkemmin tämän oppaan luvussa 5, Korjausten onnistumisen seuranta. Seurantaan sisältyvien toimenpiteiden tekemisestä ja niiden tuloksista on tiedotettava rakennuksen käyttäjille.

## 3 Korjausmenetelmät

### 3.1 Yleistä valintaperusteista

Rakenteet ja rakennusosat on kannattavinta uusida, kun niiden käyttöikä on lähes loppussa ja/tai kun ne ovat vaurioituneet niin pahasti, ettei korjaaminen ole enää teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa tai mahdollista. Käyttöikänsä päässä olevissa huoltamattomissa rakennusosissa vauriot voivat edetä nopeasti. Rakennusmateriaalien ja rakenteiden käyttöikään vaikuttavat myös rasisolosuhteet. Korjausten viivästyttäminen voi aiheuttaa vaurion pahenemisen ja leviämisen ympäröiviin rakenteisiin. Korjaustyön laajuus, vaurioiden vakavuus ja korjauskustannukset voivat moninkertaistua viivästyttämisen johdosta. Onnistuneen korjaushankkeen edellytykset ovat:

- oikean korjauslaajuuden määrittäminen,
- oikean korjausmenetelmän valinta,
- teknisen kokonaisuuden hallinta,
- tavoiteltavan käyttöiän määrittäminen

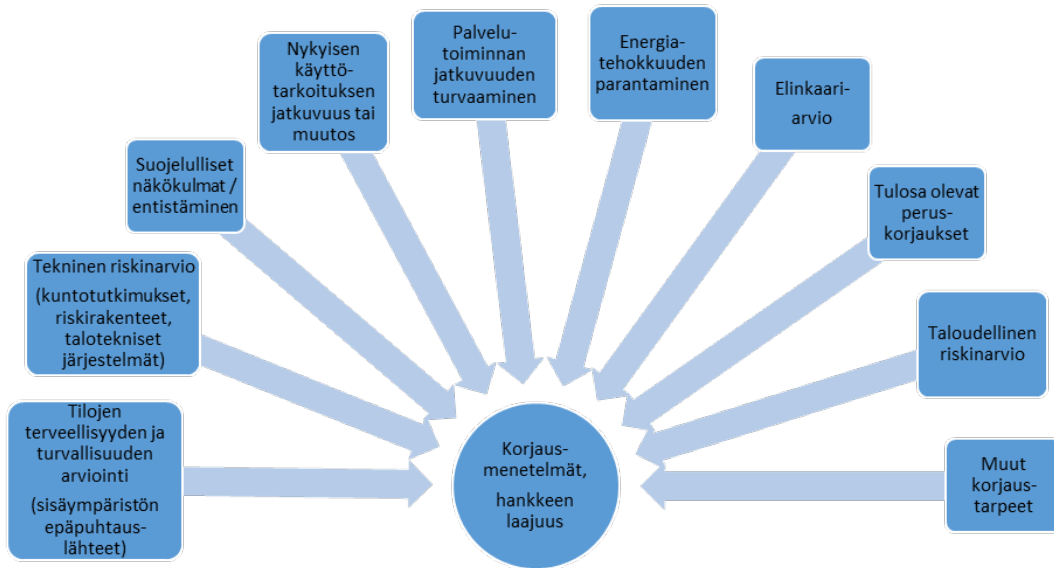
Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaustoimenpiteisiin kuuluvat yleensä:

- joko rakenteiden kuivaaminen (luku 3.1.6) tai purkaminen (luku 3.1.7) tai molemmat,
- rakennuksen tai rakenteen rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistaminen,
- jäävien pintojen puhdistaminen,
- työnaikainen ja loppusiivous mahdolliset haitta-aineet huomioon ottaen,
- talotekniikan säädöt korjausten jälkeen, erityisesti ilmanvaihdon toiminnan varmistaminen.

#### 3.1.1 Korjausmenetelmien yleiset valintaperusteet

**Korjausmenetelmien valintaan vaikuttavat kiinteistöstrategia, rakenteen kosteustekninen toimivuus, rakenteessa esiintyvät epäpuhtaudet ja haitta-aineet, rakenteen epätiiviyyskohdat, vaurioiden laajuus sekä korjaushankkeen erityiset tavoitteet.** Valinta perustuu myös rakennuksen kunnossapitosuunnitelmaan eli pitkän tähtäimen suunnitelmaan (PTS), joka sisältää kiinteistön ylläpito- ja korjaustoimenpiteet aikatauluineen ja kustannusarvioineen. PTS sisältää esimerkiksi periaatepäätökset siitä, käytetäänkö rakennusosat ja talotekniset järjestelmät elinkaarensa loppuun ja uusitaan vasta, kun se on välttämätöntä, jolloin elinkaarta voidaan pidentää kohdennetuilla paikallisilla korjauksilla.

**Kuvassa 3.1** on esitetty kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmien valintaan vaikuttavia tekijöitä.



**Kuva 3.1.** Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmien valintaan vaikuttavia tekijöitä.

**Rakennuksen omistajan eli korjaushankkeen tilaajan näkökulmasta** korjausmenetelmien valintaa ohjaavia perusteita ovat yleensä taloudelliset resurssit, rakennuksen elinkaariarvio, energiatehokkuuden parantaminen sekä mahdolliset käyttötarkoituksen muutokset korjaushankkeen yhteydessä. Tarveselvitys- ja hankesuunnittelu- vaiheissa on selvitettävä tilojen soveltuvuus käyttäjille nykyisessä ja suunnitellussa tulevassa käyttötarkoituksessa. Rakennuksen kunnon ja korjaustarpeiden kokonaisvaltainen arviointi ennen hankkeen aloitusta on tärkeää myös taloudellisten resurssien riittävyyden takaamiseksi hankkeen loppuun saakka. Aina kaikki hankkeen korjaukset eivät ole kosteus- ja mikrobivaurioiden korjauksia, vaan hankkeeseen yhdistetään usein peruskorjauksia ja tilamuutoksia, jolloin kustannukset nousevat.

**Rakennuksen käyttäjien näkökulmasta** korjausmenetelmien valintaperusteita ovat erityisesti tilojen turvallisuus, terveellisyys ja viihtyisyys sekä korjaushankkeen kesto. Tilojen terveellisuuden ja turvallisuuden arviointiin kuuluvat altistumisolosuhteiden arviointi (kosteus- ja mikrobivaurion ja muiden altisteiden vaikutukset sisäilmaolosuhteisiin) sekä olosuhteiden terveydellisen merkityksen arviointi (altistumisaika, muut altistumiseen vaikuttavat tekijät). Jos korjaustyön aikaiseen väistötilojen käyttöön ei nähdä tarvetta, on kohteen työntekijöiden terveellinen ja turvallinen työskentely-ympäristö turvattava työnaikaisin järjestelyin, jotka on hyvä määritellä ja dokumentoida jo hankesuunnittelu- vaiheessa. Väistötilojen tarve voi puolestaan vaikuttaa korjaustoimenpiteiden ajoitukseen tai vaiheittaiseen toteutukseen.

Tilojen terveellisuuden ja turvallisuuden arviointi vaikuttaa korjaushankkeen laajuuteen ja kiireellisyyteen. Arvioinnissa ovat apuna työ- ja ympäristöterveyden asiantuntijat. Mikäli vaurioiden vaikutus sisäilmaolosuhteisiin on epätodennäköinen tai altistumisaika tilapäinen tai lyhyt, terveysperusteisia suosituksia ei yleensä anneta. Tällöin taloudellisen ja teknisen riskinarvion perusteella voidaan päätyä suppeampiin korjaustoimenpiteisiin. **Vauriot on kuitenkin korjattava.** Altistumisolosuhteiden ja olosuhteiden terveydellisen merkityksen perusteella voidaan puolestaan päätyä laajempiin korjauksiin kuin tekninen riskinarvio tai rakennuksen elinkaariarvio edellyttäisivät.

**Suunnittelijoiden tai urakoitsijan näkökulmasta** määräviä valintaperusteita ovat tilaajan vaatimukset ja taloudelliset resurssit. Niukoilla resursseilla voidaan päätyä ratkaisuihin, jotka eivät ole sopivia tai riittäviä vaurion ja sen syiden poistamiseksi, ja vastaavasti rajoittamattomilla resursseilla voidaan päätyä ylikorjaamiseen. Korjaussuunnittelun lähtökohtana ovatkin perusteelliset kuntotutkimukset ja kattavat lähtötiedot, joiden perusteella eri korjausvaihtoehdot ja niiden kustannukset voidaan perustella tilaajalle luotettavasti. Korjaushanke edellyttää yleensä tiivistä yhteistyötä eri alojen suunnittelijoiden kesken ja vastuullisen kuntotutkijan kanssa. Korjaustyön suunnittelijoiden ja suorittajien on oltava perehtyneitä käytettyihin menetelmiin.

Korjaussuunnittelijan on ennen suunnitteluprosessia tunnettava kokonaisvaltaisesti vaurion aiheuttaneet tekijät. Vaurioiden korjaamisen lisäksi on poistettava vaurioiden syyt.

Korjaussuunnittelija voi linjata korjaustyön sisältöä esimerkiksi seuraavan rungon perusteella:

1. Kosteusvaurion tai sisäilmaongelman syy poistetaan.
2. Mikroivaurioituneet materiaalit poistetaan.
3. Kastuneet materiaalit kuivataan tai poistetaan.
4. Rakenteet uusitaan kosteus- ja lämpöteknisesti toimiviksi.
5. Jäljelle jäävät runkorakenteet, joita ei voi poistaa, puhdistetaan mekaanisesti tai kapseloidaan. (RT 18-11238)
6. Jos jäljelle jääneille rakenteille tehdään hajunpoisto, käytetään biosidiasetuksen mukaisia yhdisteitä, joista ei jää jäämiä rakennusosiin. Puhdistuksen jälkeen rakenteet kuivataan ja tuuletetaan huolellisesti.
7. Irtaimisto suojataan ja puhdistetaan.
8. Rakenteiden ilmavuodot katkaistaan kaikilta vaipan osilta. Erityisesti maaperästä tulevat mahdollisesti mikrobiperäistä hajua sisältävät ilmavuodot estetään.
9. Kemikaalien määrä sisäilmassa minimoidaan korjauksen yhteydessä ja sen jälkeen (M1-materiaalit).
10. Valetut ja muuratut rakenteet kuivatetaan riittävän kuiviksi ennen pinnoitusta.
11. Ilmanvaihtojärjestelmän kunto, toiminta ja painesuhteet varmistetaan. Järjestelmä puhdistetaan ja säädetään korjausten yhteydessä. Toiminta tarkistetaan korjausten jälkeen, myös käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto.

(FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 2016; Suomen Kiinteistöliitto, 2003; Pitkäranta (toim.), 2016; Asikainen ja Peltola (toim.), 2008; Kero, 2013; Nieminen et al., 2013; Lappalainen et al., 2016; Tähtinen et al., 2013; Lappalainen et al., 2017; Latvala et al., 2017.)

### 3.1.2 Kokonaisuuden hallinta

Kokonaisuuden hallinta on oleellista korjaushankkeen onnistumisessa. Yksittäisten tekijöiden tarkastelu ja korjaaminen ilman kokonaisuuden hallintaa voi johtaa epäonnistuneeseen lopputulokseen ja vaurioiden uusiutumiseen. Jokaisessa vaurioitilanteessa on myös omia erityispiirteitä, jotka tulee ottaa huomioon korjausratkaisuja suunniteltaessa. Korjausalueen rajaus tehdään vaurioitumisen perusteella. Yksittäisen vaurioituneen rakennusosan perusteella ei ole syytä korjata koko rakennusta läpikotaisin.

Korjaussuunnittelijan on pohdittava kokonaisvaltaisesti yksittäisen korjauksen vaikutusta muihin korjauksiin.

Rakennusta tarkastellaan aina rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien (LVI, rakennusautomaatio (RAU), sähkö) muodostamana kokonaisuutena. Talotekniset järjestelmät on otettava rakenneteknisestä näkökulmasta huomioon jo tarveselvitys- sekä hanke- ja toteutussuunnitteluvaiheissa. Pohdittavia tekijöitä ovat muun muassa ilmanvaihdon merkitys sisäilmalle, ilmanvaihtojärjestelmien liittyminen toisiinsa sekä erillisen LVI-suunnittelijan tarve. Jos talotekniikkaa lisätään korjaushankkeen yhteydessä, järjestelmille on mitoitettava riittävät tilat, kuten siirryttäessä painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseen ilmanvaihtoon. Tällöin esimerkiksi uusien ilmanvaihtokanava- ja sähköistysreittien vaatimat rei'itykset eivät saa heikentää rakenteen kantavuutta, ilmatiiviyttä, paloturvallisuutta tai ääneneristävyttä. Korjausten vaikutukset esimerkiksi ilmatiivyyteen on arvioitava.

Useat rakenteiden vaurioitumismekanismit ovat kosteusperusteisia, joten kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeessa tulee samalla korjattua myös muita rakennetta ikäännyttäneitä tekijöitä. Esimerkiksi kosteusvaurioituneen vaipparakenteen korjaussuunnitteluun on sisällytettävä raudotteiden korroosion korjaaminen. Tämä on merkittävä osa kokonaisuuden hallintaa.

Hankkeessa otetaan huomioon kosteustekniset ja palotekniset sekä lämmöneristykseen, ääneneristykseen ja stabiliteettiin liittyvät asiat. Valittujen korjausratkaisujen vaikutukset koko rakennuksen toimintaan ja ominaisuuksiin on arvioitava.

**Rakennuksen peruskorjaus ja käyttötarkoituksen muutos** ovat lähtökohtaisesti isoja hankkeita, joissa rakennuksen olemassa olevat ja tulevat toivotut olosuhteet on otettava hyvin kokonaisvaltaisesti huomioon. Usein samassa yhteydessä lisätään tai muutetaan talotekniikkaa sekä parannetaan energiatehokkuutta. Sama pätee laajoihin sisäilmakorjauksiin.

Parantunut lämmöneristys tai lisäeristäminen vaikuttaa lämmitystarpeeseen. Esimerkiksi rakennuksen ulkovaippaan tehtävät korjaukset tyypillisesti parantavat sekä rakennuksen lämmöneristystä että ilmatiiviyttä. Usein korjaushankkeiden yhteydessä tavoitellaankin parantunutta energiatehokkuutta edellä mainituilla toimenpiteillä. **Ensisijaisesti on kuitenkin otettava huomioon sisäilman olosuhteiden muuttuminen** tiivyyden, ilmanvaihdon ja lämmitystarpeen muutosten takia sekä huolehdittava sisäilman laadusta uusien olosuhteiden vallitessa. Tilakohtaiset ilmanvaihtomäärät on suunniteltava tarvittaessa uudestaan.

**Sisäilmakorjausten** tavoitteena on poistaa sisäilman laatuun vaikuttavat epäpuhtauslähteet ja muut sisäilman laatua heikentävät tekijät tai estää niiden kulkeutuminen sisäilmaan. Ongelmat ilmenevät usein monen syyn, kuten virheellisten rakenneliittymäkohtien, sisäilman tekijöiden (fysikaaliset tekijät, hiukkasmaiset epäpuhtaudet, kaasumaiset yhdisteet) ja ilmanvaihdon ongelmien summana. Epäpuhtauksien kulkeutuminen vuotoilman mukana rakenteiden epätiiviyskohtien kautta sisäilmaan voi korostua epätiiviiden rakennusratkaisujen ja käytettyjen materiaalien takia. **Siirtyminen painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseen ilmanvaihtojärjestelmään ei saa lisätä mahdollista epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan kasvaneen alipaineen vaikutuksesta.** Korjausmenetelmät riippuvat vaurioitumismekanismista ja vaurioiden sijainnista rakennuksessa. Sisäilmakorjaushanke voi käsittää joko yksittäisen rakennusosan korjauksen tai korjauksia liittyen kaikkiin rakennusosiin ja taloteknisiin järjestelmiin. Rakennusfysikaalinen kokonaisuus otetaan aina huomioon. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden kokonaisvaltainen tarkastelu ja painesuhteiden tasapainotus on sisäilmakorjauksessa oleellista.

Markkinoilla on tarjolla erilaisia ilmanpuhdistusmenetelmiä, joiden avulla on mahdollista puhdistaa sisäilmasta jopa nanoluokan kokoiset hiukkaset ja kaasumaisia epäpuhtauksia. Ilmanpuhdistimien ja huonekohtaisten ilmanvaihtojärjestelmien käyttökelpoisuus ja hyöty on kuitenkin pohdittava tapauskohtaisesti erikseen. Molemmat toimivat täydentävinä elementteinä kokonaisuuden hallinnassa, usein väliaikaisratkaisuin. Siivoustasoa ei tule laskea niitä käytettäessä. (Hyvärinen et al., 2017.)

Sisäilmaongelmien ratkaisemista edesauttaa usein monialainen yhteistyö. Tässä oppaassa käsitellään vain rakennusteknistä näkökulmaa. Lisäksi korjaushankkeen menestyksekkääseen toteuttamiseen ja sisäilmaongelmien ratkaisemiseen voidaan tarvita useiden muiden osa-alueiden asiantuntemusta, kuten kliinisen lääketieteen (Norman, 2007), mikrobiologian ja psykologian näkökulmista.

**Suojeltujen rakennusten** kunnostustöistä on aina neuvoteltava vastaavan viranomaisen kanssa (ELY-keskus, museoviranomaiset). Korjaaminen edellyttää rakennuksen ominaisuuksien ja erityispiirteiden tarkkaa huomioinnin ottamista. Suojellun rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön on arvioitava, ja rakennustaidetta ja kaupunkikuvaa on vaalittava korjaus- ja muutostyössä. Arvokiinteistöissä tavoitteena ovat yleensä mahdollisimman vähäiset muutokset ja restauroinnin ja konservoinnin suosiminen. Korjaustavan valintaan vaikuttaa myös tilojen nykyinen tai suunniteltu käyttötarkoitus. Suojeltujen rakennusten korjaushanke vaatii moniammatillisen ryhmän, jotta eri tahojen asettamien reunaehtojen, tavoitteiden ja suunnitelmien toteuttaminen onnistuu. (Asikainen ja Peltola (toim.), 2008; RIL 107, 2012; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011)

### 3.1.3 Korjausten onnistumista tukevia tekijöitä

Järjestelmällisellä tietojen hallinnalla ennakoidaan korjaushankkeen vaiheita, hallitaan hankkeen osa-alueita ja vältetään riskitekijöitä. Koottujen tietojen avulla voidaan myös arvioida korjausten vaikutusta sisäilman laatuun sekä rakennuksen tekniseen käyttöikänsä. Tiedot on hyvä koota yhteen paikkaan esimerkiksi arviointi- ja seurantalomakkeen avulla.

Useilla kiinteistönomistajilla on käytössään omat laadunvarmistuskäsikirjat (STUK, 2017), jotka pohjautuvat voimassa oleviin standardeihin (SFS-EN ISO 9000 Laadunhallintajärjestelmät, perusteet, ja SFS-EN ISO 9001 Laadunhallintajärjestelmät, vaatimukset). Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaamisessa voidaan soveltaa kyseisiä standardeja ja menettelytapoja. Tarkastusasiakirjan käyttö laadunvarmistusmenettelynä on velvoittava (MRL 150 f §, YM5/601/2015).

**Käyttäjää on tiedotettava avoimesti** tehdyistä havainnoista ja korjausmenetelmistä jo kuntotutkimusvaiheesta alkaen. Käyttäjille on kerrottava valittujen toimenpiteiden valintakriteerit sekä vaikutukset rakennuksen terveellisyydelle ja turvallisuudelle. Jos rakennuksen vauriot ovat ehtineet vaikuttaa käyttäjien hyvinvointiin tai tietoja vaurioista on levinnyt käyttäjille vain epämääräisinä huhuina, ilmapiiri rakennuksessa työskentelevien tai asuvien keskuudessa voi olla huonontunut, huoli terveydestä suuri ja luottamus kiinteistönomistajaan heikkoa. Kiinteistönomistajan vastuulla on huolehtia, että käyttäjät saavat ajantasaista tietoa hankkeen etenemisestä sekä kertoa mielipiteensä rakennuksen ongelmista. Korvaavia soveltuvia tiloja on järjestettävä sisäilmaongelman takia sisäympäristölle herkistyneille käyttäjille tasavertaisesti ja yhteisöllisyys säilyttäen.

Urakoitsijan on tiedotettava käyttäjiä työmaan tapahtumista hyvissä ajoin sekä perusteltava toimenpiteet, jotka edellyttävät käyttäjiltä tiettyjä toimintatapoja korjausten onnistumiseksi. Näitä ovat esimerkiksi suojausten ja osastoinnin merkitys, taloteknisten järjestelmien käyttö hankkeen aikana sekä liikkuminen työmaan läheisyydessä.

Lisäksi kiinteistönomistajan kannalta on tärkeää kiinteistönomistajan organisaation sisäisen informaation jouheva kulku sekä sujuva yhteistyö korjaushankkeen kaikkien osapuolten kesken. Työterveyslaitoksen oppaassa on kuvattu suunnitelmallinen eteneminen sisäilmaongelmatapauksessa, hyvät toimintatavat ongelmien ratkaisemisessa työpaikalla ja tilojen käyttäjien huomioonottaminen (Lappalainen et al., 2017).

Korjaustyön jälkeen on nimettävä vastuullinen taho, joka huolehtii asianmukaisista tarkastuksista, huollosta ja uusimisesta määrävälein. **Oikeilla huoltotoimilla taataan suunniteltu käyttöikä, vältetään uusia isoja ja kalliita korjauksia ja ennakoitaan tulevia korjaustarpeita.** Jos kunnossapito laiminlyödään, peruskorjaustarve voi tulla lyhyenkin käyttöajan jälkeen ja ilman, että siihen voidaan huolella valmistautua. Hyvä ylläpito säilyttää ja parantaa myös kiinteistön arvoa. (Kero, 2013; Nieminen et al., 2013; Lappalainen et al., 2017; Työterveyslaitos, 2016)

Kaikilla rakenteilla ja rakennusmateriaaleilla on rajallinen tekninen käyttöikä, ja kaikki rakennusosat ja talotekniset järjestelmät vaativat säännöllistä huoltoa ja ylläpitoa.

### 3.1.4 Korjausmateriaalien valinta

Korjausmateriaaleiksi valitaan **kosteusteknisesti yhteensopivia** tuotteita. Valinnassa otetaan huomioon myös seuraavia tekijöitä:

- rakennepaksuudet,
- ulkoisten voimien vaikutukset,
- kerroksellisten rakenteiden ominaispiirteet,
- rakenteiden ja eri materiaalikerrosten kuivumiskyky,
- vanhan rakenteen materiaaliominaisuudet ja toimintatapa (onko tarkoitus muuttaa vanhan rakenteen toimintatapaa),
- uuden rakenteen materiaaliominaisuudet,
- kosteustekniset ominaisuudet,
- palotekniset ominaisuudet,
- rakennusakustiset ominaisuudet,
- lämmönjohtavuus (lämmöneristeiden paksuudet),
- lämmöneristeiden ominaisuudet (eristävyys, asennustapa, kosteustekniset ominaisuudet),
- erillisen höyryn- tai ilmansulkukerroksen tarve.

**Materiaalivalintojen merkitys korostuu rakenneyksityiskohdissa ja liitosratkaisuissa** sekä silloin, kun rakenteen toimivuus riippuu suoraan materiaalin kosteusteknisistä ominaisuuksista. Esimerkiksi höyrynsulkumateriaalin on oltava kestävä, jotta se ei repeile kiinnikeasennusten yhteydessä. Riskeinä uusille materiaaleille ovat vanhan rakenteen korkea alkukosteus tai rakentamisen yhteydessä kastuneet uudet materiaalikerrokset. Materiaalien tulee olla ilmakestäviä ja kuivumiskykyisiä. **Materiaalien sääsuojauksessa** varastoinnin ja asennuksen aikana noudatetaan esimerkiksi



Kuivaketju10-toimintamallia (<http://kuivaketju10.fi/>). Valmistuksesta materiaaliin jäänyt kosteuspitoisuus ei saa kasvaa varastoinnin, kuljetuksen ja asennustöiden aikana.

Materiaalien rajapinnat ovat erityisen tärkeitä valittaessa yhteensopivia tuotteita. Rakennusfysikaaliset ominaisuudet, kuten vesihöyrynläpäisy, on arvioitava erikseen. Materiaalit, jotka eivät ole herkkiä mikrobivaurioitumiselle, lisäävät korjattujen rakenteiden toimintavarmuutta. Orgaanista eristemateriaalia sisältävät rakenteet ovat vaurioherkkiä eikä niitä yleensä suositella. Huomionarvoista kuitenkin on, että puurakenteet voivat hyvin suunniteltuina ja toteutettuina tasata kosteutta.

**Laattojen ja mattojen materiaalivalintoihin** vaikuttavia tekijöitä ovat hyvä vesihöyrynläpäisevyys (tärkein materiaalin valintaperuste maanvastaisessa alapohjassa), kulutuksenkestävyys, joustavuus, äänenvaimennus, askelääneneristys, siivottavuus ja huollettavuus (siivouksen kannalta hyvät materiaalit läpäisevät huonosti vesihöyryä), hygieniavaatimukset terveydenhuollon tiloissa sekä tuotteessa käytetty pehmitin. PUR-pintaistat muovilaatat kestävät kulutusta ja ovat helppoja siivota, mutta läpäisevät kuitenkin huonosti vesihöyryä. Muovimatto valitaan usein tiloissa, joissa vaaditaan lattiamateriaalin hygieenisyyttä tai sähkönjohtavuutta. Esimerkiksi kuivapuriste- ja tiililaatta sekä massalattia ovat soveltuvia ratkaisuja tiloissa, joissa **pintamateriaalin on oltava hyvin vesihöyryä läpäisevä**, kuten lämmöneristämättömiä alapohjarakenteita päällystettäessä. Jos pintamateriaali on tiivis, on pintamateriaalin ja betonilaatan välinen rako tuuletettava. Linoleumia valittaessa on syytä huomioida linoleumin primääriemissiot, jotka voivat aiheuttaa haju- ja ärsytyshaittoja.

**Korjausmateriaalien päästöluokan tulee olla M1.** Hajuttomia materiaaleja suositetaan. Rakennusmateriaaliin sitoutuneiden kaasumaisten yhdisteiden poistuminen materiaalista on hidasta, mikä vaikuttaa esimerkiksi ilmanvaihdon toiminnan suunnitteluun uusien materiaalien asennuksen tai vaurioiden korjaamisen jälkeen. Vaurioituneen materiaalin purkamisessa ja jatkokäsittelyssä otetaan huomioon kappaleessa **3.5.2** esitetyt asiat. (RIL 255-1, 2014; Nieminen et al., 2013; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Käyhkö, 2017)

Sisäpintojen materiaalien tutkimus ja luokittelu edistyy jatkuvasti. Kalustemateriaalien pääsy M1-luokituksen piiriin on tärkeä osa tätä kehitystä. Materiaalien hajut, päästöt, kulutuskestävyys ja siivottavuus ovat merkittäviä sisäympäristön laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimustietoa on saatavilla myös uudeltaisista materiaaliratkaisuista, jotka eivät vielä ole laajassa käytössä. Esimerkiksi kupari voi olla tulevaisuudessa sisätilojen kosketuspintojen uusi antimikrobinen materiaali, sillä se vähentää kosketuspinoilla kokonaisbakteereja ja indikaattoribakteereja (*Staphylococcus Aureus*, enterobakteerit ja enterokokit), ja juomavesiputkistoiden sisäpinoilla sillä voi myös olla vaikutusta putkistojen mikrobisyhteisöihin ja veden kemialliseen laatuun. (Inkinen et al., 2017).

### 3.1.5 Korjausmenetelmien soveltuvuus eri tilanteisiin

Korjaushankkeen voivat käynnistää hyvin erilaiset lähtötilanteet, kuten vesivahinko, peruskorjaus, rakennuksen käyttötarkoituksen muutos tai erityisesti sisäilmaongelman poistamiseen tähtäävä korjaus. Kaikissa lähtötilanteissa, esimerkiksi sisäilmakorjaushankkeissa, rakennuksessa ei välttämättä ole kosteus- tai mikrobivauriota. Tässä opassa esitellyt korjausmenetelmiä voidaan osin soveltaa myös tällaisissa korjaushankkeissa.

**Ensisijainen korjausmenetelmä on terveyshaittaa aiheuttavan tekijän poistaminen.** Yleensä tämä tarkoittaa vaurioituneen materiaalin sekä vaurion syyn poistamista. Kunnossa olevia ja toimivia rakenteita ei kuitenkaan kannata uusida. Eri rakennusosat voidaan myös korjata eri periaatteita noudattaen. Toissijaisena vaihtoehtona on epäpuhtauksien jättäminen rakenteisiin, jolloin korjausten tavoitteena on estää epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan. Tilanteessa, jossa vaurioituminen on aktiivinen ja etenevä, tai jossa rakenne on jo kosteusvaurioitunut, vaurioitunut rakenne on kuitenkin poikkeuksetta korjattava. Myöskään riskirakenteen säilyttäminen tai korjaamatta jättäminen ei ole suositeltavaa, ja edellyttää järjestelmällistä rakenteen toimivuuden ja ympäröivien olosuhteiden hallintaa ja seurantaa. **Kaikissa tapauksissa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta tulee parantaa.**

**Vesivahinkotilanteessa** käytettäviin korjausmenetelmiin vaikuttaa se, kuinka nopeasti vahinko on havaittu. Jos havainto tehdään nopeasti, korjaukseksi voi riittää rakenteiden kuivaaminen ja vaurioituneiden materiaalien uusiminen. Jos vahinko on ehtinyt vaikuttaa rakenteisiin pidemmän aikaa, korjaaminen voi vaatia laajempia materiaali- vaihtoja tai materiaalien puhdistamista. Aina on suositeltavaa varmistaa materiaalien kunto.

**Maanvastaisten rakenteiden** korjausmenetelmiä voivat olla kosteudenhallinta erikoislaastiratkaisuilla tai injektoinnilla, ulkopuolinen vedeneristys tai salaojien lisääminen tai kunnostus. **Rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen** vaikuttavia tärkeitä korjauksia ovat märkätilojen korjaukset, lattiapäällystekorjaukset sekä vesi- ja viemäri- vahinkojen korjaukset. **Viemäri- vahinkotapauksessa** voidaan soveltaa tiivistyskorjausta vahingon aiheuttajan poistamisen ja onnistuneen kuivatuksen jälkeen. Tällöin ei ole kysymys vain vesivahingon korjaamisesta, vaan joudutaan korjaamaan myös kontaminoitunutta materiaalia. **Muita sisäilman laadun parantamiseen tähtäviä** korjauksia ovat esimerkiksi haitta-aineiden kapselointi, rakenteiden ilmatiiviyden parantaminen, tilojen tai rakenteiden alipaineistus, kuitukorjaukset ja radonkorjaukset. Näitä rakennusosakohtaisia ja erityismenettelyä vaativia korjausmenetelmiä on käsitelty luvuissa 3.3 ja 3.4.

**Ilmanvaihdon toiminnan varmistaminen ja rakennuksen painesuhteiden hallinta ovat välttämättömiä toimenpiteitä kaikissa kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa.**

**Taulukossa 3.1** esitetään keskeisten korjausmenetelmien soveltuvuus sekä onnistumisen edellytykset ja riskit. Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta tulee kaikissa tapauksissa ottaa huomioon. Esimerkiksi ilmatiiviyttä parantavat toimenpiteet ja painesuhteiden hallinta kuuluvat hankkeen kokonaisuuteen, vaikka pääasiallisena korjaustapana on vaurioituneiden materiaalien uusiminen. Toisinaan rakenteen ilmatiiviyys voi lämmöneristävyyttä parantavien korjausten jälkeen vastata uudisrakentamista.

**Taulukko 3.1.** Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmiä. Rakennuksen painesuhteiden muuttamista sekä tiivistys- ja kapselointikorjauksia on käsitelty luvussa 3.3.

Korjausmenetelmä	Korjauksen soveltuvuus	Keskeiset onnistumisen edellytykset	Riskitekijät onnistumiselle
Kosteusteknisen toimivuuden parantaminen	Kaikissa tapauksissa	Rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kokonaisvaltainen tarkastelu	Kosteusteknistä toimivuutta ei tarkastella rakennuksessa kokonaisvaltaisesti
Rakennusosan uusiminen	Uusiminen on rakennusteknisesti ja suoje-lunäkökulmista mahdollista ja siihen on käytettävissä tarvittavat resurssit.	Hankkeen kokonaisvaltainen hallinta, resurssien riittävyys.	Ympäröivien rakenteiden, stabi-liteetin, paloturvallisuuden, talotekniikan ja ääneneristysten jättäminen huomiotta.
Kuivaaminen	Kun löydetään kostea materiaalia, jota ei ole kannattavaa poistaa. Riittää yksin, jos vaurio on paikallinen, eikä ole aiheuttanut mikrobikasvua tai vaurioita materiaaleihin, ja kaikkien kastuneiden rakenteiden kuivaaminen on mahdollista.	Varmistutaan siitä, että (1) kaikki kastuneet rakenteet ovat kuivat ennen rakenteiden sulke-mista, (2) mikrobikasvu ei ole ehtinyt alkaa, (3) materiaalit eivät ole vaurioituneet.	Huolimaton kastuneiden rakenteiden kar-toitus ja riittämätön kuivaaminen. Rakenteiden sulkemisen ennen niiden riittävää kuivumista.
Rakennuksen painesuhteiden muuttaminen	Paine-eron aiheuttamien epäpuhtauksien kulkeutumisen hallinta laajempaa korjausta odotettaessa tai sen jälkeen. Vähintään painesuhteiden tarkistaminen sisältyy kaikkiin korjaustoimenpiteisiin.	Talotekniikan, il-mavirtausten, painesuhteiden ja il-mavuotojen hallinta, rakenteiden kosteusteknisen käyttäytymisen hallinta.	Rakennuksen taloteknistä ja rakennus-fysikaalista toimintaa ei tarkastella kokonaisuutena.
Tiivistys- tai kapselointikorjaus	Vaurio ei ole etenevä, vaurio on vähäinen ja sitä ei voida poistaa kokonaan esim. rakenneteknisistä syistä. Terveyshaitan poistuminen korjauksilla on vahvasti perusteltu.	Korjauksella saadaan estettyä epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan. Lisäksi tehdään etenevän vaurion korjaustoimet. Korjauksien kokonaisvaltainen hallinta (mm. ilmanvaihto).	Epäpuhtauslähde jää ilmayhteyteen sisätilan kanssa, tiivistyksen rikkoutuminen esim. käyttäjien tai huollon toiminnan vuoksi. Etenevän vaurion korjaustoimien puuttuminen.

### 3.1.6 Rakenteiden kuivattaminen

Rakenteiden kuivattaminen on aloitettava mahdollisimman pian kosteusvaurion (vesivahingon) havaitsemisen jälkeen. Näin vaurion eteneminen voidaan pysäyttää ja vaurioalueen laajenemista rajoittaa. Ennen kuivattamista on kartoitettava, mitkä rakenteet

kannattaa kuivata ja mitkä vaihtaa. Harkittu materiaalien vaihto voi nopeuttaa huomattavasti muiden rakenteiden kuivattamista. **Ennen rakenteiden koneellista kuivattamista on tarkistettava, että rakenteisiin ei ole jäänyt mikrobivaurioituneita materiaaleja, koska vaurioituneen materiaalin kuivattaminen voi levittää epäpuhtauksia laajalle alueelle.** Jos mikrobivaurioita ei ole vielä ehtinyt muodostua ja vaurion on aiheuttanut vesijohto- tai muuten puhdas vesi, voi korjaustoimenpiteeksi riittää, että kastuneet rakenteet kuivatetaan ja veden vaurioittamat materiaalit poistetaan ja korvataan uusilla.

Kuivattaminen vaikuttaa muihin työmenetelmiin, korjaustyön aikatauluun sekä korjaustyössä käytettäviin materiaaleihin. Kuivatustapa valitaan tapauskohtaisesti korjaussuunnittelijan toimesta. Jos vaurio on vähäinen ja hetkellinen, rakenteet voidaan avata kunnolla sekä vaurion syy poistaa, kuivuminen voi tapahtua luonnollisella ilman kierrolla ilman tehostustoimia. Kuivumisajat voivat kuitenkin tällöin olla hyvin pitkiä. Kuivaaminen voi olla myös hyvin hankalaa erityisesti kerroksellisten rakenteiden sisältä. Koneellista kuivatusta vaativat yleensä esimerkiksi betonilattiat, koska niiden luonnollinen kuivuminen on hyvin hidasta. Betonilattian laatu vaikuttaa betonin kuivumiseen.

Kuivattamiseen vaikuttavat sisäilman olosuhteet. Mikäli rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on niin korkea, ettei rakenteesta pääse haihtumaan kosteutta, on sitä alennettava. Ilman noin 50 %:n suhteellinen kosteus on yleensä riittävän alhainen. Vastaavasti ilman lämpötilan on oltava vähintään 20 °C, jotta kuivuminen on mahdollista. Ilman kuivattaminen on tarpeen yleensä kesän kosteina jaksoina, kunhan tarvittaessa osastoinnilla varmistetaan, ettei kuivateta ulkoilmaa. Kylminä vuodenaikoina on huolehdittava riittävästä lämpötilasta ja ilmanvaihdosta. Ilman vapaa liikkuminen rakenteen ympärillä pitää varmistaa. Massiivirakenteissa kuivaaminen voidaan tehdä lämmittämällä.

Kuivumista voidaan tehostaa (Asikainen ja Peltola (toim.), 2008):

1. imemällä ilmaa rakenteiden läpi,
2. lämmittämällä rakenteiden läpi imettävää ilmaa,
3. lämmittämällä rakennetta paikallisesti,
4. alentamalla ilman suhteellista kosteutta rakenteen ympäriltä.

**Koneellinen kuivaus voidaan jakaa tila-, eristetila- ja lämpökuivaamiseen.** Yleisimmin käytetty kuivausmenetelmä on tilakuivaus, jossa kuivaaminen perustuu kastunutta rakennetta ympäröivän ilman kosteustason alentamiseen adsorptio- tai kondenssikuivaimilla. Adsorptiokuivaimissa kostea ilma puhalletaan ulos, ja kondenssikuivaimissa kosteus kerätään erilliseen astiaan tai viemäroidään.

**Eristetilan kuivauksessa on käytössä kolme eri menetelmää: imukuivaus, puhalluskuivaus ja imu-puhalluskuivaus.** Menetelmiä käytetään esimerkiksi sandwich-elementtien eristetilan ja maanvaraisen betonilattian eristetilan kuivaamiseen. Menetelmissä rakenteeseen porataan 1-1,5 m:n välein 32-50 mm:n reiät, joiden kautta rakenteeseen joko puhalletaan kuivaa ilmaa tai siitä imetään ilmaa pois tarkoituksenmukaisella laitteistolla. Imu-puhalluskuivausmenetelmässä rakenteeseen samanaikaisesti puhalletaan kuivaa ja imetään pois kostea ilmaa.

**Lämpö- ja infrakuivausmenetelmässä** rakenne lämmitetään sauvakuivaimella, lämpömatolla tai mikroaaltokuivaimella riittävään lämpötilaan ja jäähdytetään, minkä jälkeen rakenteesta höyrystyvä kosteus tuuletetaan puhaltimien ja kosteuskerääjien kanssa pois rakenteen läheisyydestä. Menetelmää käytetään massiivirakenteille, kuten tiili- ja betoniseinille.

**Kuivatuksen lopputulos varmistetaan aina kosteusmittauksin.**

Kuivatuksen etenemistä ja lopputulosta seurataan aina kosteusmittauksin. Erityisesti paksujen rakenteiden kuivuminen on varmistettava huolellisesti ennen korjausten jatkamista. Mittaukset on tehtävä riittävän monesta kohdasta ja riittävän monelta syvyydeltä. On myös ymmärrettävä, mihin suuntaan rakenteista poistuva vesi siirtyy, ettei sitä siirretä esimerkiksi lämmittämällä toisen rakenteen sisälle. Kuivatuksen suunnittelu, kosteuden mittaaminen ja tulosten tulkinta on suoritettava aina ammattitaitoisen asiantuntijan toimesta.

### 3.1.7 Vaurioituneiden rakennusmateriaalien poistaminen

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjauksessa saavutetaan paras lopputulos, jos mikrobivaurioituneet rakennusosat poistetaan mahdollisimman laajasti niin, että vaurioitunutta tai kostunutta materiaalia ei jää rakenteisiin. Vaurioituneen rakenteen laajuus on aina määritettävä ja korjaus ulotettava jonkin verran vauriokohtaa laajemmalle alueelle. Tapauksissa, joissa ongelmien aiheuttaja pystytään perusteellisesti kuntotutkimuksessa yksiselitteisesti määrittelemään, voidaan toimenpiteet rajata hyvin selkeästi pelkästään vauriokohtien korjaamiseen. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi vaurioituneet kylpyhuoneen rakenteet ja vesivuotojen aiheuttamat paikalliset vauriot. Rakenteeseen on voinut päästä myös nestemäisiä aineita, kuten esimerkiksi jäteöljyä, bensiiniä, polttoöljyä, joiden poistaminen rakennetta purkamatta on mahdollista. **Vaurioituneen materiaalin poistaminen kokonaisuudessaan on varmin ja ensisijainen menettelytapa. Eristemateriaalit poistetaan vaurioalueelta kokonaan.**

Toisinaan vaurioiden laajuus voi olla osittain epäselvä ja selvitä vasta korjausten aikana, tai vaurioiden perusteellinen korjaaminen on kustannuksiltaan kohtuuttoman kallista rakennuksen arvoon nähden. Tällöin korjaustoimenpiteillä ja korjausten onnistumisen seurannalla varmistetaan, etteivät rakenteisiin jätetyt epäpuhtauslähteet ole yhteydessä sisäilmaan.

**Mikrobivaurio ei poistu kuivaamalla.** Erityisesti kerrosvahvuudeltaan hyvin ohuet tai erityisen huokoiset materiaalit on syytä poistaa, koska niiden puhdistaminen materiaalin sisässä olevasta mikrobikasvustosta tai sinne kulkeutuneista epäpuhtauksista on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Kaikki sisäilman kanssa yhteydessä olevat vaurioituneet materiaalit on uusittava tai estettävä niiden yhteys sisäilmaan. Haitta-aineiden ja mikrobikasvuston esiintyminen vaikuttavat myös purkumenetelmiin. Jos mikrobivaurio on kantavissa tai muissa rakenteissa, joita ei esimerkiksi kustannussyistä voida poistaa, täytyy rakenteen pinta hioa tai jyrsiä niin syväälle, että vaurioitunut materiaali saadaan poistettua. Yleensä mikrobivauriot ovat materiaalin pinnassa, pois lukien huokoiset materiaalit. Toimenpiteet on suunniteltava kantavien rakenteiden suunnittelijan kanssa.

Päätös rakennuksen tai rakennusosien purkamisesta kokonaan tehdään yleensä silloin, kun rakenteiden korjausaste on yli 70 % eikä rakennuksen tai rakenteiden säilyttämiselle ole suojelullisesta näkökulmasta perusteita. Yleensä rakennus nykyaikaistetaan, jolloin uudisrakentaminen tulee edullisemmaksi. Jos rakennus on tulossa pian

elinkaarensa päähän, purkamispäätös voidaan tehdä matalammallakin korjausasteella. Laajoissa korjaushankkeissa, joissa rakenteet on vaurioiden laajuuden vuoksi uusittava kokonaan, on suurimmat korjauskustannukset. Pitkällä tähtäimellä lopputulos on kuitenkin pysyvin ja edullisin verrattuna tilanteeseen, jossa sisäilman kanssa yhteydessä oleva vaurioitunut materiaali jätetään rakenteeseen tilapäisillä ratkaisuilla.

**Ylikorjaamista on kuitenkin vältettävä.** Jos vaurioitunut materiaali ei ole yhteydessä sisäilmaan, vaurion syy on poistettu ja rakenteen kuivuminen ja koko rakennuksen rakennusfysikaalinen toiminta jatkossa on varmistettu, laajamittaista purkamista ei tarvita. Mikäli vaurioitunutta materiaalia on jätettävä rakennukseen, voidaan epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estää tiivistys- tai kapselointikorjauksilla (luku 3.3).

Vaurioitunut rakennusosa tulee lähtökohtaisesti uusida nykyisiä määräyksiä ja ohjeita vastaavaksi.

Rakennusosia uusittaessa tulee uudet rakenteet suunnitella rakennusfysikaalisesti toimiviksi nykyisten määräysten ja ohjeiden mukaisesti (katso luvut 1 ja 2). Tällöin vaurion uusiutuminen estetään jatkossa. Kosteusteknisesti toimivaan rakennusosaan ei korjaustyön yhteydessä tarvitse tehdä muutoksia. Kosteusteknisesti toimiva rakenne, joka on tullut käyttöikänsä päähän, voidaan korjata rakennusaikaista rakentamistapaa noudattaen. Kosteusteknisesti toimivan rakennusosan käyttötarkoituksen muutoksessa tai rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta parannettaessa pyritään noudattamaan alkuperäisen rakenteen toimintatapaa (MRL 4 §).

Korjausmenetelmiin voidaan tarvittaessa yhdistää rakenteiden tiiviyyttä parantavia toimenpiteitä. Ilmanvaihdon toiminta on tarkistettava ja säädettävä kaikkien korjaustoimenpiteiden yhteydessä.



MALLIKUVA X. a) Riskirakenteeksi luokitellun valesokkelin vaurio (Ympäristöopas 2016). b) purettu ja korjattu rakenne, joka vastaa nykyisiä määräyksiä ja ohjeita (<http://www.suomela.fi/wp-content/uploads/2015/08/valesokkeli-korjausrakentaminen.jpg>). Esitetään parempi kuvapari. RAMBOLL/AALTO

## 3.2 Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät

Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät käsitellään oppaassa rakennetyypeittäin. Tässä luvussa sekä liitteissä käsitellään tyypillisimmät rakennuskannassa esiintyvät rakenteet, joissa on esiintynyt kosteus- ja homevaurioita. Rakenteisiin liittyvät tyypillisimmät liitosdetaljit on käsitelty luvussa *3.2.10 Liitosdetaljit*. Kappaleissa esitetään periaatteet eri rakennusosien korjaukselle ja oppaan liitteissä 2-10 on esitetään rakennetyypeittäin eritasoiset korjausvaihtoehdot tyypillisille, korjattaville rakenteille. Liitteiden piirustukset eivät toimi valmiina detaljeina, vaan niissä esitetään korjauksen kannalta olennaisia muutoksia vanhaan rakenteeseen verrattuna.

Rakenteisiin syntyneiden vaurioiden syyt ja laajuus on selvitettävä riittävällä varmuudella kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen perusteella. Korjauksilla tulee ensisijaisesti poistaa vaurioituneet materiaalit sekä vaurioitumismekanismi.

Korjausmenetelmät esitetään kolmentasoisina korjaustapoina:

- 1) Perusteellinen rakenteen uusiminen ja toimivuuden parantaminen, jossa myös kantavaan rakenteeseen voi kohdistua merkittäviä korjaustoimenpiteitä tai se uusitaan. Tekstissä tämä korjaustapa esitetään aina otsikolla ”**rakenteen uusiminen**”.
- 2) Rakenteen osittainen uusiminen, jossa vaurioituneet materiaalit poistetaan kantavaan rakenteeseen saakka laajoilta alueilta. Samalla parannetaan rakenteen ilmanpitävyyttä tiivistämällä rakenteiden liitoksia ja läpivientejä.
- 3) Pääasiassa pintarakenteisiin liittyvä korjaus, jossa rakennetta korjataan sen ilmatiiviyttä ja tuuletusta parantamalla sekä paikallisilla, selkeästi rajattavilla vauriokorjauksilla. Samalla parannetaan rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Tässä korjausvaihtoehdossa vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen.

**Korjausvaihtoehtoa numero 3 tulee käyttää ainoastaan terveyshaitan rajoittamiseen silloin, kun terveyshaittaa aiheuttavaa tekijää ei voida poistaa. Ensisijainen korjaustoimenpide tulee aina olla terveyshaittaa aiheuttavan tekijän poistaminen.**

Jokaiseen rakennetyyppiin erityisesti liittyvät laadunvarmistus- ja seurantatoimenpiteet on käsitelty lyhyesti kunkin korjaustavan kohdalla. Laadunvarmistusmenetelmät on käsitelty yleisellä tasolla luvussa *4 Laadunvarmistusmenetelmät*.

Esitettävät korjausrakennetyypit ovat periaatteellisia, ja korjaussuunnittelussa on otettava huomioon kunkin kohteen erityispiirteet ja yksityiskohdat. Oppaan liitteissä 2-10 olevissa korjausrakennetyypeissä esitetyt rakennevahvuudet ovat viitteellisiä, mutta tyypillisiä kyseisten rakenteiden valmistumisajankohdille. Lopullisen valinnan rakenteiden korjaustavasta tekee kohteen korjaussuunnittelija.

### 3.2.1 Rakennuksen ulkopuoliset kuivatusrakenteet

Kosteus- ja mikrobivaurioiden yksi yleinen aiheuttaja ovat puutteelliset rakennuspaikan kuivatusrakenteet ja puutteellinen sadevedenpoisto. Rakenteisiin ohjautuvat sade-, sulamis- ja pohjavedet mahdollistavat kosteusvaurion synnyn maaperään yhteydessä olevissa rakenteissa. Rakennuksen perustus- ja maanvastaisiin rakenteisiin liittyvissä korjauksissa tulee kiinnittää huomiota myös kuivatus- ja sadevedenpoistojärjestelmien korjaustarpeisiin.

Kiinteistöjen tyypillisiä kuivatusrakenteiden puutteita ovat sadevesien ohjautuminen kohti rakennusta (maanpinta rakennuspaikalla kallistuu kohti rakennusta), kapillaarinen vedennousu maaperästä alapohja- ja maanvastaisiin seinärakenteisiin, ulkoseinään tai sen läpi tunkeutuva vesisade, katon vesivuotojen tunkeutuminen yläpohja- ja ulkoseinärakenteisiin sekä puutteellinen sadevedenpoistojärjestelmä (räystäskourujen ja syöksytorvien kautta tuleva vesi ohjautuu kohti ulkoseinä- ja perustusrakenteita). Myös rakennuspaikan salaojitus on usein puutteellinen: Sitä ei joko ole, salaojaputket on sijoitettu väärään paikkaan perustuksiin nähden, ne eivät toimi suunnitellulla tavalla, tai järjestelmässä on tukoksia.

### Sadevesien ohjaus vesikatolta

Sadevedet ohjataan pois vesikatolta joko ulko- tai sisäpuolisella vedenpoistolla. Ulkopuolinen vedenpoisto soveltuu parhaiten jyrkille katoille, joissa on leveät räystäät. Räystäskouruilta sadevesi ohjataan syöksytorville ja sadevesikaivoille. Syöksytorven ja sadevesikaivon asemointi toisiinsa nähden tulee olla sellainen, ettei vesi roisku rännikaivon reunan yli kovallakaan sateella.

Sisäpuolisessa sadevedenpoistojärjestelmässä kattovedet ohjataan kattokaivoihin ja niistä sadevesiviemäriin. Kattokaivojen tukkeutumisen varalta räystäsrakenteeseen seinälinjan ulkopuolelle voidaan ulottaa ylijuoksutuskouru tai putki (ns. ulosheitäjä), joka varmistaa, että sadevedet ohjautuvat hallitusti pois katolta kattokaivon tukkeutuessa. Sisäpuolisessa vedenpoistojärjestelmässä olennaista on, että kattokaivo on liitetty tiiviisti sadevesiviemäriin. Lisäksi viemäriiitoksen tulee olla liitetty tiiviisti yläpohjan höyrynsulkurakenteeseen. Kantavan rakenteen yläpuolella ei sallita sadevesijärjestelmän vaakavetoja.

### Sadevesien poisohjaus perustusten viereltä

Sade- ja sulamisvedet tulee johtaa pois rakennuksen viereltä. Rakennusta ympäröivä maanpinta muotoillaan rakennuksesta poispäin viettäväksi siten, että maanpinta kallistuu rakennuksesta poispäin kolmen metrin matkalla vähintään 150 mm. Jos rakennus rajoittuu katuun tai tontin reunaan, tulee kallistukset tarkastella tapauskohtaisesti. Mikäli tontilla sijaitsee rakennusta kohti viettävä rinne, ylärinteen puolelta tulevien sadevesien tulee ohjautua rakennuksen ohi.

Rakennuksen vierellä maanpinnan tulee olla vähintään 300 mm valmista lattian pintaa alempana kellarin lattiaa lukuun ottamatta. Jos lattian yläpinta on erityisestä syystä (esimerkiksi sisäänkäyntien kohdalla) tätä alempana, on varmistuttava, ettei sade- ja sulamisvesiä tunkeudu ja siirry lattia- ja seinärakenteisiin.

### Salaojitus

Rakennuspohja tulee salaojittaa maaperästä kapillaarisen veden nousun estämiseksi perustusrakenteisiin. Rakennuspohja voidaan jättää salaojittamatta, mikäli erikseen selvitettyä perusmaan vedenläpäisykyky on todettu riittävän hyväksi eikä korkein pohjaveden korkeus ole ollut haitallinen.

Salaojaputkistojen tulisi pääsääntöisesti sijaita rakennuksen perustusten ulkopuolella ja anturan alapinnan alapuolella. Syvälle meneviä pilareita tai perusmuuriperustuksia käytettäessä tulee salaojaputken olla pilarien välisen sokkelipalkin alapuolella tai riittävän syvällä perusmuurin yläosan suojaamiseksi alempana olevalta kosteudelta.



Mikäli salaojajärjestelmä on osin tai kokonaan puutteellinen, se tulee korjata pohjarakenteiden suunnittelijan laatiman salaojasuunnitelman mukaisesti. Yleensä järjestelmä rakennetaan kokonaan uudestaan, jolloin rakennusta ympäröivä maa-aines kaivetaan pois. Tällöin myös sokkelin, maanvastaisen seinän ja perustusten kunto sekä kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus voidaan tarkastaa ja tarvittaessa korjata. Korjauskohteissa, missä sokkeli rajoittuu katuun, voidaan harkita myös rakennuksen sisäpuolista salaojitusta.

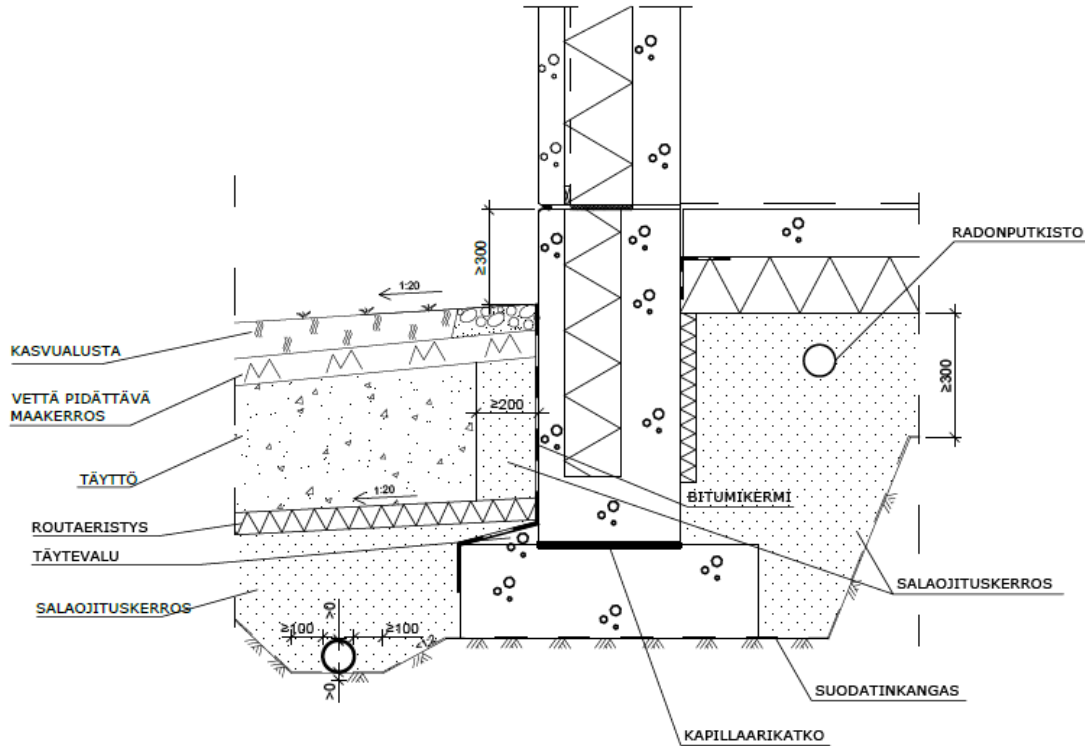
Rakennuksen salaojajärjestelmä koostuu salaojaputkista, salaojituskerroksesta, salaojakaivoista, tarkastusputkista/-kaivoista ja kokoojakaivosta (perusvesikaivosta). Vedet johdetaan yleensä perusvesikaivosta hulevesiviemäriin, mutta joissakin tapauksissa ne on luvallista johtaa joko kivipesään tai avo-ojaan. Salaojituskerroksen tarkoituksena on siirtää vedet salaojaputkistoihin. Se tehdään karkearakeisesta maa-aineksesta rakennuksen ympärille ja alle. Järjestelmän toiminnan kannalta olennaista on, että salaojituskerros muodostaa suoraan salaojaputkistoon yhteydessä olevan materiaalikerroksen.

Salaojaputket asennetaan pääsääntöisesti suoraviivaisesti tarkastuskaivoittain. Yksi loiva kaarre voidaan kuitenkin sallia kutakin kaivoväliä kohti. Kaivot tulisi sijoittaa rakennuksen nurkkien läheisyyteen sekä salojien liittymä- ja korkoerokohtiin. Salaojaputkien kaltevuuden tulee olla vähintään 1:200; tavallinen kaltevuus on 1:100.

Sade- ja pintavesien sekä katoilta valuvien vesien pääsy salaojitujärjestelmään on estettävä.

Rakennuksen vierustalla sokkeliä tai maanvastaista seinää vasten tulee olla pystysalaojakerros, jonka paksuus on vähintään 200 mm. Käytettävän alustäyttömateriaalin tulee täyttää voimassa olevat kapillaarikatkerroksen läpäisevyysuositukset. (RIL 126-2009) Salaojituskerros voidaan toteuttaa myös teollisesti valmistetuilla tuotteilla.

Rakennuspohjan kuivattamiseen liittyviä suunnittelunäkökohtia on esitetty mm. julkaisuissa RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus ja RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet.



9

## Kuva x. Perustusten kuivusrakenteet

### 3.2.2 Maanvastaiset alapohjat

#### *Yleistä maanvastaisten alapohjien vaurioitumisesta ja vaurioista*

Maanvastaisiin alapohjarakenteisiin voi syntyä kosteus- ja mikrobivaurioita kapillaarisesti nousevan kosteuden tai diffuusiolla maaperästä siirtyvän kosteuden seurauksena. Muita kosteuslähteitä, jotka voivat aiheuttaa maanvastaisiin lattiarakenteisiin kosteusvaurioita, ovat rakenteen yläpuoliset tai sisäiset putkivuodot, maaperässä olevat lämmönlähteet tai rakennusaikainen kosteus. (mm. Pitkäranta, 2016) Maanvastaisissa rakenteissa korkea kosteuspitoisuus aiheuttaa vaurioita lattioiden pintarakenteissa ja liittyvissä rakenteissa. Lattian pintarakenteiden vaurioita ovat mm. lattiapinnoitteiden tai niiden kiinnittämisessä käytettyjen liimojen hajoaminen, lattiapinnoitteiden irtoaminen alustastaan, erilaiset värimuutokset sekä mikrobivauriot (Asikainen ja Peltola, 2008).

Maanvastaisten rakenteiden alla on tyypillisesti mikrobikasvulle otolliset olosuhteet (korkea kosteuspitoisuus ja lämpötila). Nämä epäpuhtaudet voivat päätyä huoneilmaan laatta- ja laastialustojen epätuivien liitosten, läpivientien ja halkeamien kautta. Betonilaatta itsessään on ilmatiivis. (Asikainen ja Peltola, 2008)

Alapohjalaattojen alla käytetyt täyttömateriaalit ovat tyypillisesti olleet liian hienojakoisia aina 2000-luvulle saakka, mikä on mahdollistanut kosteuden kapillaarisen nousun alapohjarakenteeseen. Lisäksi alapohjan alustäytöstä löytyy poikkeuksetta mikrobeja. Kumpikaan näistä ei ole yksinään alapohjalaatan purkuperuste, vaan niiden aiheuttama haitta on ensin osoitettava. Alapohjaan on voitu myös jättää erilaisia rakennusmateriaaleja, kuten laastia, tiiliä tai muottilautoja, jne. Alapohjarakenteissa on

voitu käyttää lämmöneristeenä mineraalivillaa, joka niissä olosuhteissa vettyy ja menettää ominaisuutensa. Suurissa rakennuksissa lattian keskialueilla ei ole lämmöneristystä välttämättä ollenkaan, jolloin maaperän lämmetessä diffuusiiovirta on maasta sisätiloihin. Betonilaatan alla on yleisesti käytetty muovikalvoa diffuusiotiiviinä kerroksena.

#### *Yleistä maanvastaisten alapohjien korjaamisesta*

Maanvastaisten alapohjien korjauksille on tyypillistä, että vaurion syytä ei aina saada poistettua ilman kohtuuttoman järeitä purkutoimenpiteitä. Korjauksissa, joissa rakennetta ei kokonaan uusita, on pyrittävä estämään vaurioituneen materiaalin haitallinen vaikutus rakenteisiin ja sisäilmaan. Maaperästä kapillaarisesti ja diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteuden kulku on hallittava alapohjarakenteessa siten, ettei rakenteen kosteus nouse haitallisen suureksi. Lisäksi korjauksilla on estettävä rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan.

Korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ilmanvaihtoon, ja se on säädettävä siten, että sisätilat ovat mahdollisimman tasapaineisia laatan alapuoliseen maahan nähden. Tyypillisesti maanvastaisen alapohjan korjauksessa parannetaan samalla myös rakenteiden tiivyyttä, jolloin mahdollinen radonongelma poistuu kosteus- ja mikrobivauriokorjausten yhteydessä.

Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 2 Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*.

### 3.2.3 Ryömintätilaiset alapohjat

#### *Yleistä ryömintätilaisten alapohjien vaurioitumisesta ja vaurioista*

Ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteisiin vaikuttavat oleellisesti vuodenajat eli ulkoilman olosuhteiden muutokset. Jos ryömintätilan tuulettuminen on vähäistä ja lattiarakenne on hyvin lämmöneristetty, ovat ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteet samat kuin maaperässäkin.

Ryömintätilaisten alapohjien tyypillisimpiä vaurioiden aiheuttajia ovat rakennuksen ulkopuolisten pintavesien pääsy ryömintätilaan, maaperän runsas kostudentuotto, ryömintätilan pohjalla oleva orgaaninen materiaali ja rakennusjätteet sekä ryömintätilan puutteellinen tuulettuminen.

Näiden seurauksena ryömintätilan kosteus nousee liian korkeaksi, mikä aiheuttaa alapohjarakenteisiin ja niiden pinnoille haitallisessa määrin kosteus-, mikrobi- ja korroosiovaurioita. Kosteus- ja mikrobivauriot yhdessä alapohjarakenteen liittymien ja läpivientien ilmatiiviyspuutteiden ja sisätilojen liiallisen alipaineisuuden kanssa heikentävät sisäilman laatua. Pitkälle edennyt kosteusvaurio lahottaa puisia alapohjarakenteita ja voi pahimmillaan aiheuttaa rakenteen kantavuuden menetyksen.

#### *Yleistä ryömintätilaisten alapohjien korjaamisesta*

Ryömintätilan olosuhteista (kosteus, lämpötila) ja sen pohjan maa-aineksesta johtuen ryömintätilan maapohjassa esiintyy käytännössä aina mikrobikasvua. Myös ryömintätilan pintarakenteissa voi olla vähäistä homekasvustoa, mutta olennaista on,

etteivät mahdolliset epäpuhtaudet siirry haitallisissa määrin sisäilmaan alapohjarakenteiden epätiiviyiskohtien kautta.

Korjausten tavoitteena on pienentää ryömintätilaan kohdistuvaa kosteusrasitusta sekä parantaa ryömintätilan tuulettumista. Ryömintätilan tuulettuminen varmistaa myös radonin tuulettumisen pois ryömintätilasta.

Ryömintätilan rakenteissa sekä tilaan jätetyissä rakennusjätteissä saattaa esiintyä erilaisia haitta-aineita, kuten asbestia ja PAH-yhdisteitä, joita esiintyy mm. erilaisissa eristemateriaaleissa. Haitta-aineiden poistamisessa tai kapseloinnissa tulee käyttää niihin soveltuvia työtapoja ja materiaaleja.

#### *Kosteusrasituksen pienentäminen*

Ryömintätilaisten alapohjien korjausten yhteydessä ryömintätilan kosteusteknisiä olosuhteita tulee yleensä parantaa. Parannuksia ovat maaperästä aiheutuvan kosteusrasituksen pienentäminen, orgaanisen aineksen poistaminen ryömintätilasta ja ryömintätilan tuuletuksen parantaminen.

Ryömintätilassa ei saa olla kosteuden vaikutuksesta hajoavaa tai lahoavaa orgaanista materiaalia. Rakennusjätteet sekä näkyvää mikrobikasvustoa sisältävä pinta-maa on poistettava ryömintätilasta. Maata on poistettava riittävän paksu kerros (vähintään 200 mm). Mikäli alustaan on rakenteellisista syistä jätettävä puuainesta, ne eivät saa olla suorassa yhteydessä maa- tai betoni- yms. pintaan ilman kosteudeneristystä.

Ryömintätilaisten alapohjien korjausten yhteydessä ryömintätilan kosteusteknisiä olosuhteita tulee yleensä parantaa.

Maaperän liiallinen kosteudentuotto ryömintätilaan on pyrittävä estämään esimerkiksi seuraavilla keinoilla:

- mahdollisiin vettä kerääviin kalliopainanteisiin asennetaan pumppukaivo tai painanteet muotoillaan betonoimalla niin, että vesi ei pääse lammikoitumaan niihin
- muotoilemalla ryömintätilan maanpinta salaojiin päin viettäväksi koko ryömintätilan alueella
- lisäämällä maapohjaan salaojitus
- maapohjan lämmöneristäminen kevytsoralla (toimii samalla kapillaarikatkona) tai solumuovieristeellä

Maanpinnan lämmöneristäminen estää lämmön siirtymistä maapohjaan, jolloin ilma ryömintätilassa ei jäähdy. Samoin maapohja pysyy viileämpänä, jolloin siitä haihtuu vähemmän kosteutta ryömintätilan ilmaan.

Rakennuksen ulkopuolelta tulevaa kosteusrasitusta voidaan pienentää rakennusta ympäröivän maanpinnan riittävien kallistusten, ryömintätilan pohjan oikean korkeusaseman, sade- ja sulamisvesien poistojärjestelmän sekä salaojituksen avulla. Erityistä huomiota on kiinnitettävä ylärinteen puolelta sekä maan- että mahdollista kallionpintaa pitkien valuvien vesien poisjohtamiseen. Myös kalliohalkeamien kautta vettä voi päästä kulkeutumaan ryömintätilaan.

#### *Ryömintätilan tuulettumisen parantaminen*

Ryömintätilan tuuletus on riittävä, kun maaperästä sekä ulko- ja sisäilmasta tilaan kulkeutuva kosteus ei aiheuta haittaa rakenteiden toimivuudelle ja kestävyydelle eikä rakennuksen sisäilman laadulle. Ryömintätilan tuuletusta parannettaessa on otettava huomioon, että kaikki merkittävät kosteus- ja mikrobivaurioituneet rakenteet sekä mahdolliset korroosiovaurioituneet putkistot ja niiden kiinnitykset tulee myös korjata. Lievät rakenteiden pinnoilla olevat vauriot voidaan korjaussuunnittelijan (mahdollisesti myös kuntotutkijan) tekemän arvion perusteella jättää korjaamatta, mikäli alapohjarakenteen tiivyydestä muutoin huolehditaan.

Ryömintätilan painovoimaista tuuletusta voidaan tehostaa lisäämällä tuuletusaukkojen määrää ja jakamalla ne tasaisesti siten, että koko ryömintätila tuulettuu. Kokeemusperäisesti tiedetään, että tavanomaisilla rakennuspaikoilla tuuletusaukkojen tehollisen yhteispinta-alan perusmuurissa tulisi olla 1 ‰ alapohjan kokonaispinta-alasta (RIL 107-2012, 2012). Painovoimaisen tuuletuksen tuuletusaukot tai -putket johdetaan ulos. Säleikköjen, verkkojen ja mutkien virtausta pienentävä vaikutus on otettava huomioon tuuletusaukon tehollista pinta-alaa määritettäessä. Savupiippuvaikutuksen ansiosta painovoimaista tuuletusta voidaan tehostaa katolle johdetun tuuletusputken avulla.

Ryömintätilaan voidaan myös lisätä koneellinen tuuletus, jolloin ryömintätila yleensä samalla alipaineistetaan sisätiloihin nähden. Poistoilma johdetaan suoraan ulos (yleensä vesikatolle), eli sitä ei yhdistetä rakennuksen muuhun ilmanvaihtoon. Mikäli ryömintätilaa tuuletetaan koneellisesti, on suositeltavaa asentaa järjestelmän pysähtymisestä ilmoittava tai paine-eromuutoksia seuraava hälytinalaite. Tuuletusjärjestelmä tulisi lisäksi varustaa termostaattilla, joka säätelee ilmanvaihdon tehokkuutta tilan lämpötilan mukaisesti. Tällöin voidaan varmistaa, ettei ryömintätilan lämpötila laske liian alhaiseksi ulkopuolelta johdetun tuuletusilman vuoksi. Koneellisessa tuuletuksessa on otettava huomioon, että ulkoa johdettu korvausilma nostaa kesäaikana ryömintätilan suhteellista kosteutta entisestään. Sisätiloista johdetun korvausilman mukana ryömintätilaan kulkeutuu asumisesta syntyneitä kosteutta, mikä osaltaan nostaa ryömintätilan kosteuspitoisuutta. Ryömintätilaan voidaan asentaa myös kosteusanturit, jotka ohjaavat tuuletusta ryömintätilan suhteellisen kosteuden perusteella. Antureiden huollosta ja säännöllisestä kalibroinnista on huolehdittava jatkossa osana rakennuksen huoltotoimia.

**Alapohjan ja ryömintätilan korjaukset tulee suunnitella kokonaisuutena.**

Alapohjan ja ryömintätilan korjaukset tulee suunnitella kokonaisuutena ottaen huomioon myös luvussa 3.2.1 *Rakennuksen ulkopuoliset kuivatusrakenteet* annetut ohjeet rakennuksen ulkopuolisista kuivatusrakenteista ja sadevedenpoistosta. Alapohjan lisälämmöneristämisen ja ryömintätilan tuuletuksen tehostamisen muodostama kohonnut riski maapohjan routimiselle ryömintätilan lämpötilan alenemisen johdosta on otettava huomioon. Samoin kohonnut putkistojen jäätymisriski.

Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 3 Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*. **Jokaisessa esitetyssä korjaustavassa on tarkasteltava ryömintätilan tuuletus sekä maapohjan kosteusrasitus. Mikäli näissä ilmenee puutteita, on ryömintätilan olosuhteiden parantaminen olennaista korjausten onnistumisen kannalta.**

### 3.2.4 Maanvastaiset seinät

#### *Yleistä maanvastaisten seinien vaurioitumisesta*

Maanvastaisten seinien kosteuslähteitä ovat hule- ja pohjavedet, sisäilman kosteus, rakennuskosteus sekä diffuusiolla maaperästä siirtyvästä kosteus (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016). Tyypillinen maanvastaisen seinän vaurioitumistilanne johtuu seinän vedeneristyksen puutteista, jolloin rakenteeseen pääsee kulkeutumaan kosteutta maaperästä diffuusion ja maa-aineksen kapillaarisuuden vuoksi. Lisäksi usein rakennuksen vierustan pinnantasauksessa, salaojajärjestelmässä sekä hulevesien poisjohtamisessa on puutteita, jotka lisäävät seinään ja perustuksiin kohdistuvaa kosteusrasitusta (FISE rakennusvirhepankki). Maanvastaisen seinän sisäpuolelle asennetut alkuperäiset lämmöneristeet (kuten sementtilastuvillalevyt ja mineraalivillaeristeet) ja verhomuuraukset sekä myöhemmin tehdyt lisäämmöneristykset mikrobivaurioituvat tyypillisesti kivirakenteen ja eristeen rajapinnasta. Lisäksi kosteusrasituksen vuoksi sisäpuoliset pinnoitteet voivat hilseillä ja irtota (Hometalkoot- verkkoaineisto).

Maanvastaisten rakenteiden vaurioitumismekanismeja on käsitelty kattavasti Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016 -oppaassa.

#### *Maanvastaisten seinien korjaamisesta*

Rakennusfysikaalisesti toimivin maanvastaisen seinän rakenneratkaisu on käännetty rakenne, jossa vedeneriste sijaitsee kantavan seinän ulkopinnassa ja lämmöneriste uloimpana rakennekerroksena. Vedeneriste toimii myös rakenteen ilmansulkuna.

Ensisijainen korjaustapa on korjata maanvastainen seinä ulkopuolelta. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista ja maanvastaiset seinät voidaan korjata myös sisäpuolisella korjauksella. Maanvastaisten seinien korjauksia suunnitellessa periaatteena on, että maanvastaista seinää vasten ei asenneta mikrobivaurioherkkiä materiaaleja, kuten puuta, kosteuden vaikutuksesta vaurioituvaa ja/tai orgaanista materiaalia sisältäviä lämmöneristeitä.

Maanvastaisen seinän korjaustapaa valittaessa tulee kiinnittää huomiota vedeneristyksen ja lämmöneristeiden korjaamisen lisäksi myös salaoja- ja sadevesijärjestelmien kuntoon ja mahdollisiin puutteisiin. Ilmatiiviiden parantamisratkaisut soveltuvat käytettäväksi lähinnä tilanteissa, joissa kosteus maaperästä siirtyy rakenteeseen diffuusiolla ja rakennuksen sadevedenpoisto on kunnossa. Ilmatiiviiden parantamisratkaisuilla usein kuitenkin täydennetään raskaampia korjauksia varmistamaan rakenteiden tiiviys maaperän epäpuhtauksien tai radonin kannalta. Mikäli rakennukseen ei ole asennettu lainkaan salaoja- ja sadevesijärjestelmiä tai niiden kunnossa havaitaan puutteita, myös ne tulisi asentaa tai uusia maanvastaisen seinän korjaustöiden yhteydessä. Sadevesiä ei saa missään olosuhteissa johtaa salaojiin, koska ulkopuolelta peräisin oleva vesi saattaa tällöin kulkeutua perustuksiin ja kastella rakenteet (FISE rakennusvirhepankki).

Toimiva maanvastaisen seinän kuivatus edellyttää lisäksi oikeanlaista ulkopuolisen maanpinnan tasausta. Tätä on käsitelty kappaleessa 3.2.1 *Rakennuksen ulkopuoliset kuivautusrakenteet*.

Usein maanvastaiset seinät sijaitsevat osittain maanpinnan yläpuolella, jolloin maanpinnan yläpuolisiin osiin vaikuttavat ulkoilman olosuhteet. Tällöin seinän maanpäällisen osan tulee olla lämmöneristetty. Usein maanpäällisen osan lämmöneristäminen jälkikäteen korjausten yhteydessä edellyttää rakenteen ulkopuolista paksunnosta maanpäälliselle osalle. Maanpäällisen osuuden tulisi lisäksi olla riittävän vesitiivis ja kosteutta kestävä, jotta pinta- ja sadevedet eivät siirry sokkelista maanvastaiseen seinärakenteeseen.

Maanvastainen seinä voi sijaita esim. rinteessä tai tontin rajalla sijaitsevissa rakennuksissa, yläpuolisen kerroksen lattian alla olevana sisäseinänä. Sisäseinän tilanne on usein ongelmallisempi, sillä maapohjan lämpenemisestä aiheutuva kosteusvirta rakennuksen sisään on suurempi. Seinää ei voida korjata ulkopinnan puolelta purkamatta yläpuolisen kerroksen alapohjaa.

Kellarikerroksessa sijaitsevien tilojen ilmanvaihto on tyypillisesti puutteellinen, mikä osaltaan nostaa sisäilman kosteuspitoisuutta. Ilmanvaihdon tehostamismahdollisuus on otettava huomioon kaikissa maanvastaisiin seiniin liittyvissä korjausratkaisuissa. Lisäksi on otettava huomioon, että suurialaisten kalusteiden tai kosteusvaurioherkkien tavaroiden sijoittamista kiinni maanvastaisiin seiniin tulee välttää.

Maanvastaisten seinien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 4 Maanvastaisten seinien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia maanvastaiseen alapohjaan, jonka korjausmenetelmiä on käsitelty *Liitteessä 2 Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.5 Sokkelit

#### *Yleistä sokkelirakenteiden vaurioitumisesta*

Sokkelirakenteiden kosteuslähteitä ovat hulevedet, sisäilman kosteus, rakennuskosteus sekä diffuusiolla maaperästä siirtyvästä kosteus (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016). Lisäksi usein rakennuksen vierustan pinnantasaussauksessa, salaojajärjestelmässä sekä hulevesien poisjohtamisessa on puutteita, jotka lisäävät seinään, sokkeliin ja perustuksiin kohdistuvaa kosteusrasitusta (FISE rakennusvirhepankki).

Ongelmallisia sokkelirakenteita ovat orgaanista materiaalia sisältävät sokkelihalkaisut sekä valesokkelirakenteet. Valesokkelirakenteessa ulkoseinän alasidepuu sekä lattian pinta sijaitsevat ympäröivän maanpinnan tasolla tai jopa sen alapuolella. Alasidepuu sekä seinän alaosan rakenteet mikrobivaurioituvat helposti. Sokkelirakenteessa ja ulkoseinän alaosissa olevat kosteus- ja mikrobivauriot eivät juuri koskaan ole nähtävissä rakenteiden ulko- tai sisäpinnoilla, vaan ne ilmenevät tyypillisesti haju- ja mahdollisina terveyshaittoina.

Noin 1960-luvun loppupuolelle saakka sokkelihalkaisussa on tyypillisesti käytetty lämmöneristeenä mineraalivillaa tai korkki- ja sementtilastuvillalevyä. Sokkelihalkaisussa oleva lämmöneriste on tyypillisesti yhteydessä tuulettumattoman seinärakenteen lämmöneristekerrokseen. Esimerkiksi tiiliverhotuissa ulkoseinissä sokkelin eristehalkaisu voi kastua seinän läpi tulevasta sadevedestä. Sokkelihalkaisun lämmöneriste voi kastua myös maanpinnan valumavesistä tai esim. katon syöksytörvestä tulevasta vedestä, jos sadevesiä ei johdeta hallitusti pois rakennuksen vierustalta tai sadevesijärjestelmää tai räystäskouru puuttuu kokonaan.

Maanvastaisten rakenteiden vaurioitumismekanismeja on käsitelty kattavasti Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016 - oppaassa.

#### *Yleistä sokkelirakenteiden korjaamisesta*

Sokkelirakenteita korjattaessa tulee kiinnittää huomiota rakennusta ympäröivän maanpinnan muotoiluun sekä sen korkeusasemaan suhteessa lattiatasoon ja seinärungon alareunaan. Maanpinta tulee muotoilla viettämään sokkelirakenteesta pois päin. Lisäksi maan pinnan korkeusasema tulee korjata niin, että ulkoseinän alasidepuu sekä lattiapinnan alin pinta ovat maanpinnan yläpuolella. Tämän korkeuseron tulee olla vähintään 300 mm.

Sokkelirakenteiden korjausten yhteydessä myös salaojajärjestelmän olemassaolo ja kunto tulee tarkastaa. Samoin sadevesiviemäröinnin olemassaolo ja toimivuus tulee selvittää. Mikäli nämä puuttuvat, ne on [suositeltavaa](#) rakentaa samalla, kun sokkelirakenteita korjataan.

Sokkelirakenteiden ulkopinnan vedeneristyksen tarve tulee tarkastella korjauksen yhteydessä. Mikäli pinta- ja kattovesien ohjaus, maanpinnan vettä pidättävät kerrokset, vierustäyttöjen salaojituskerrokset, kapillaarikatkot sekä salaojitus tehdään kuten maanvastaisissa seinissä, sokkelirakenteessa ei yleensä tarvita varsinaista vedeneristystä. Jos ulkopuolinen vesirasitus on suuri, voidaan perustusten vedeneristeenä käyttää perusmuurilevyä. (RIL 255-1-2014)

Vaurioituneen materiaalin poistaminen sokkelihalkaisusta on käytännössä mahdollonta, jos ulkoseinää ei pureta. Yleisperiaate sokkelirakenteiden korjauksissa on, että ulkoseinä- ja sokkelirakenne uusitaan vaurioituneelta alueelta sekä vaurioituneet materiaalit poistetaan rakenteesta, mutta korjaussuunnittelijan on harkittava kokonaisuus sekä vaurioitumisasteen ja -laajuuden sekä rakennuksen muiden korjausten kannalta.

Sokkeleiden korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 5 Sokkeleiden korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Sokkeleiden korjaamiseen voi usein liittyä myös korjauksia maanvastaisiin alapohjiin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty *Liitteessä 2 Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.6 Ulkoseinät

#### *Yleistä ulkoseinien vaurioitumisesta*

Merkittävin ulkoseinärakenteiden kosteuslähde on viistosade. Mitä korkeampi rakennus on, sitä suurempi on viistosateen aiheuttama rasitus ulkoseinille. Lisäksi rakennuksen maantieteellinen sijainti vaikuttaa viistosaderasituksen määrään: rannikko-seudun rakennuksissa viistosadetta tulee enemmän johtuen suuremmasta tuulenpaineesta sateen aikana sekä sisämaata suuremmasta sademäärästä. (Pakkala et al., 2016). Lisäksi viistosade kohdistuu vaak- ja viistoihin pintoihin enemmän kuin pystysuoriin pintoihin. Tällaisia vaakapintoja ovat esimerkiksi parvekkeet, vesikatot, katonkaset ja vinot seinät. (Pentti et al., 1999).

Viistosade aiheuttaa ulkoseinärakenteiden kastumisen kahdesta syystä: sadevesi tunkeutuu julkisivupinnan läpi joko suoraan lämmöneristeisiin tai tuuletusväliin, josta se edelleen kulkeutuu seinärakenteen sisään, ja/tai sadevesi vuotaa seinärakenteen



sisään puutteellisesti toteutettujen ikkuna- tai räystäspellitysten kautta. Jos ulkoseinärakenteeseen päässyt vesi ei pääse tehokkaasti kuivumaan, saattaa kosteus aiheuttaa mikrobikasvua seinän rakenteisiin. Kohtia, joihin mikrobivaurio voi syntyä, ovat muun muassa seinän ja sokkelihalkaisun orgaaniset lämmöneristeet, ikkunoiden apukarmit, karmit sekä ikkunanpuitteet. Lisäksi jos julkisivumateriaali ei kestä märkänä tapahtuvaa toistuvaa jäätymissulamisasiiritystä, saattaa korkea ulkoverhouksen kosteuspiitoisuus aiheuttaa julkisivumateriaalin pakkasrapautumisen. (Asikainen ja Peltola, 2008). Kastunut ulkoverhous aiheuttaa ulkoilman lämmitessä esim. aurin- gonpaisteessa kosteuden diffuusiota sisälle päin. Esim. tiiliseinissä, joissa on vanhoja leukapalkkeja, seinässä olevat lämmöneristeet kastuvat ja voivat siten mikrobivaurioitua.

Seinärakenteeseen voi kulkeutua ylimääräistä kosteutta myös sisäilmasta diffuusion ja konvektion vaikutuksesta. Mikäli kerroksellisessa ulkoseinärakenteessa ei ole vesihöyryn kulkua vastustavaa höyrynsulkukerrosta lähellä seinärakenteen sisäpintaa, voi sisäilmasta rakenteeseen kulkeutuva vesihöyry tiivistyä haitallisissa määrin ulkoseinärakenteen ulko-osiin tai höyrynsulun sisäpintaan, jos höyrynsulku on liian syvällä seinärakenteessa lämmöneristyksen sijaintiin nähden. Puuttuva höyrynsulku tai sen saumojen, reunojen ja läpivientien epätiiviyshkohdat mahdollistavat kosteuden kulkeutumisen rakenteeseen myös ilmavirtausten mukana (eli konvektiolla). Näin ollen ulkoseinän sisäpinnassa tulee aina lähtökohtaisesti olla höyrynsulkukerros. Poikkeuksen tähän muodostavat yksiaineiset, massiiviset ulkoseinärakenteet, joissa rakenteen vesihöyrynvastus koko rakenteen matkalla on sama.

Ulkoseinien vaurioitumismekanismejä on käsitelty tarkemmin esimerkiksi julkaisussa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016.

Tässä oppaassa ei käsitellä julkisivujen vaurioitumisen korjauksia, vaan niiden suunnittelua varten on lukuisia muita ohjeita, kuten by 57 Eriste- ja levyrappaus 2016, by Tuulettuvat julkisivute 2016, JUKO ohjeistokansio, jne.

#### *Yleistä ulkoseinien korjaamisesta*

Ulkoseinärakenteet pyrkivät tasapainokosteuteen sekä sisä- että ulkoilman kosteuden kanssa. Tästä johtuen kaikki kosteudensiirtymismuodot (kapillaarisuus, konvektio, diffuusio, painovoimainen siirtyminen) on otettava huomioon ulkoseinärakenteiden korjaussuunnittelussa.

Ulkoseinän kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaamisen yhteydessä julkisivun vesitiiviyys ja rakennusfysikaalinen toimivuus tulee varmistaa ja tarvittaessa korjata. Ulkoseinärakenteiden korjaussuunnittelussa lähtöoletus on, että ulkoverhouksen taakse pääsee joissain tilanteissa vuotovettä. Ensimmäisistä vuotovesien pääsy rakenteeseen pyritään estämään rakenneteknisin ratkaisuin, mutta suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota myös ulkoseinärakenteen kuivumismahdollisuuteen kastumisen jälkeen. (Pentti et al., 1999).

Viistosateen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää suunnittelemalla rakennukseen leveät räystäät ja muotoilemalla julkisivun yksityiskohdat siten, että vesi ohjautuu pois julkisivulta. Esimerkiksi seinäpinnan viistot ja vaakasuuntaiset osat on yleensä pellitettävä johtuen vaak- ja viistopintoihin kohdistuvasta suuresta sadevesirasituksesta. Kerroksellisissa ulkoseinärakenteissa rakennekerrosten ja pinnoitteiden kastumis- ja kuivumistasapaino tulee ottaa huomioon. Rapatuissa tai pin-

noitetuissa julkisivuissa eri rakennekerrosten kosteudenläpäisevyysominaisuudet tulee valita siten, ettei rakenteeseen pääse kertymään kosteutta ja toisaalta kosteus pääsee kuivumaan aiheuttamatta rakenteeseen mikrobi- tai muita kosteudesta aiheutuvia vaurioita (esim. pakkasrapautuminen). (Pentti et al., 1999).

Diffuusiolla ja konvektiolla kulkeutuvan kosteuden haitallisen kertymisen estäminen ulkoseinärakenteessa tulee varmistaa huolehtimalla eri rakennekerrosten riittävästä vesihöyrynläpäisystä ja -vastuksesta sekä ilmanpitävyydestä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että ulkoseinärakenteen sisätilan puolella olevan rakenteen pinnan on oltava vesihöyrytiiviimpi kuin ulkopinnan (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, RIL 107). Lisäksi ulkoseinärakenteeseen liittyvien rakenneosien liitosten, julkisivun saumojen sekä erilaisten läpivientien tulee olla sadevesi-, vesihöyry- ja ilmatiiviitä (Pentti et al., 1999). Sisäpinnan ilmatiiviydestä tulee huolehtia, jotta ulkoseinärakenteeseen ei kulkeudu konvektiolla sisäilman kosteutta. Nykyisin voimassa olevien määräysten mukaan rakennusten ilmanvaihto tulee uusissa rakennuksissa suunnitella tasapainoiseksi ulkoilmaan nähden. Tätä määräystä voidaan soveltaa myös korjausrakentamiseen. Tästä on seurauksena, että painesuhteet rakennuksen sisällä vaihtelevat alipaineisesta ylipaineiseen ulko-olosuhteiden mukaan. Aikaisemmin rakennukset on pyritty suunnittelemaan ulkoilmaan nähden aina hie- man alipaineisiksi, joten yhtenäinen höyrynsulkukerros rakenteen sisäpinnassa estää rakenteesta peräisin olevien epäpuhtauksien kulkeutumisen ilmapuotojen kautta seinärakenteesta sisäilmaan. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016).

Ulkoseinien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 6 Ulkoseinien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia välipohjiin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty *Liitteessä 8 Välipohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.7 Yläpohjat ja vesikatot

#### *Yleistä yläpohjarakenteiden vaurioitumisesta*

Yläpohjarakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioituminen on usein seurausta joko vesikatteen puutteellisesta sadevesitiiviydestä tai rakenteen puutteellisesta ilmatiiviydestä, mutta myös talotekniikkaan liittyvät virheet tai ikääntyminen voivat johtaa vaurioitumiseen.

Vesikatton puutteellinen sadevesitiiviyys liittyy monesti erilaisten liitosten ja läpivientien puutteelliseen sadevesitiiviyteen. Myös itse katemateriaali voi olla epätiivis, esimerkiksi perinteinen tiilikate, jonka alla ei ole aluskatetta. Aluskatteen puuttuminen voi myös muiden katemateriaalien kohdalla lisätä kosteuteen liittyvien ongelmien riskiä. Tuulenpaine voi myös ajaa vettä ja erityisesti lunta sisään rakenteiden erilaisista liitospohjista. Näiden seurauksena yläpohjarakenteen sisään pääsee ylimääräistä kosteutta sade- tai sulamisvesistä. Riskit korostuvat vesikatteen ikääntymisen myötä.

Toisena yleisenä yläpohjarakenteiden vauriotyyppinä ovat puutteellisen ilmatiiviyden aiheuttamat ongelmat. Mikäli sisäpuolinen ilman- ja höyrynsulkukerros ei ole rakenteessa yhtenäinen, voi yläpohjarakenteen sisään kulkeutua sisäilman mukana kosteutta. Tämä edelleen voi tiivistyä rakenteen sisällä ja aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioitumista. Riski vaurioitumiseen korostuu korkeiden sisätilojen kohdalla sekä niissä tiloissa, joissa kosteuden tuotto sisäilmaan on suurta, kuten pesutiloissa tai laitoskeittiöissä. Ilman- ja höyrynsulkukerros on voinut alun perin olla tiivis, mutta mikäli

liitoksissa ei ole sallittu rakenteiden liikkeitä, voi liitoksen tiiviys vaurioitua rakennuksen elinkaaren aikana esimerkiksi rakenteiden painumisen, taipumien tai kosteus- ja lämpöliikkeiden seurauksena.

Mikäli talotekniikka on osatekijänä yläpohjarakenteen vaurioitumisessa, liittyy vaurioituminen usein läpivienteihin, joko edellä mainitun puutteellisen tiiviyyden johdosta tai läpivientien, kuten kanavien ja putkien puutteellisen lämmöneristyksen johdosta. Esimerkkinä voidaan mainita valurautaiset kattokaivot ja viemäreiden tuuletusputket, joiden lämmöneristys on puutteellinen. Niiden mahdollista lämmöneristystä ei myöskään välttämättä ole toteutettu vesihöyrytiivin pinnan omaavalla lämmöneristeellä, jolloin ilmassa oleva kosteus voi tiivistyä putken pintaan ja johtaa kosteus- ja mikrobivaurioitumiseen. Kattokaivojen kohdalla ongelma voi liittyä lisäksi katon painumiin, jolloin kallistukset eivät välttämättä enää vie sadevesiä kattokaivoihin.

Yläpohja- ja vesikattorakenteiden vaurioitumismekanismeja on käsitelty yksityiskohdaisemmin mm. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016 -op-  
paassa.

#### *Yläpohja- ja vesikattorakenteiden korjaamisesta*

Rakennusfysikaalisesti toimiva yläpohjarakenne on rakenne, jonka sisätilojen puoleisessa pinnassa on riittävän ilma- ja höyrytiivyyden omaava materiaalikerros. Se estää sisäilmassa olevan kosteuden kulkeutumisen rakenteen sisälle sekä estää mahdollisten epäpuhtauksien leviämisen sisäilmaan. Ilmatiivyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota erilaissa liitos- ja jatkoskohdissa, kuten läpivientien sekä seinäliitosten kohdalla (yläpohjan liitoksissa ulko- ja väliseinien kanssa). Ilmatiiviiden liitosten toteutusta on ohjeistettu mm. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa (Aho & Korpi 2009), Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita (Lahdensivu et al., 2012), Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous (Vinha et al., 2010) -julkaisuissa.

Erilaisten läpivientien toteutukseen on saatavilla kaupallisia tuotteita, joilla riittävä tiiviys voidaan saavuttaa. Tärkeää ilmatiiviiden liitosten suunnittelussa on ottaa huomioon rakenteen kosteus- ja lämpöliikkeet sekä rakenteiden taipuminen. Mikäli tiivistys toteutetaan elastisella massalla, tulee tällä olla riittävän suuri muodonmuutoskyky. Käytettäessä höyrynsulkumuovia, tulee liitokseen periaatteellisesti jättää ylimääräistä muovia, joka mahdollistaa liikkeitä ilman, että höyrynsulkumuovi repeää. Höyrynsulkumuovi tulee liittää toisiinsa riittävällä limityksellä ja tämä limityssauma tulee sijoittaa tiiviiden tukikerrosten, esimerkiksi ruuvein kiristettyjen puulistojen, väliin.

Toinen keskeinen tekijä rakennusfysikaalisesti toimivassa rakenteessa on katemateriaalin riittävä sadevesitiiviys, joka estää ulkopuolisen kosteusrasituksen pääsyn rakenteen sisälle lämmöneristeisiin ja kantaviin rakenneseisiin. Vesikatteen sadevesitiiviys voi perustua varsinaiseen katemateriaaliin, sen alla olevaan aluskatteeseen tai näiden kahden materiaalikerroksen yhdistelmään.

Tuulettuvissa yläpohjarakenteissa rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta kolmas keskeinen tekijä on vesikattorakenteen ja lämmöneristeiden väliin jäävän tuuletusvälin/-tilan riittävä tuulettuminen. Ullakon ja tuuletusvälissä olevassa ilmassa oleva kosteus voi ajoittain tiivistyä esimerkiksi vesikattorakenteen alapintaan. Riittävän tuuletusvälin sekä aluskatteen avulla voidaan vähentää kosteuden tiivistymisen ja siitä seuraavien riskien esiintymistä ja haittavaikutuksia.

Käännettyjen kattojen, tuulettumattomien ja heikosti tuulettuvien yläpohjarakenteiden, kuten kaikessa korjaussuunnittelussa, on korjaussuunnittelijan syytä arvioida kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen sisältöä. Näille kolmelle yläpohjan rakennetyypille on tyypillistä, ettei rakenteen kuntoa voida yleensä tarkastaa silmämaisrajaisesti koko rakenteen osalta, jolloin riskinä on pistemäisten tai piilevän korjaustarpeen jääminen havaitsematta.

Hyvin tuulettuvassa yläpohjarakenteessa vesikaton puuttellinen sadevesitiiviys ja yläpohja- sekä vesikattorakenteen muu vaurioituminen on yleensä helpommin havaittavissa, jolloin myös elinkaaren aikana tapahtuva rakenteen kunnon seuranta ja korjaustarpeiden arviointi on helpompi järjestää. Yläpohja- ja vesikattorakenteiden korjausta suunniteltaessa voidaan arvioida myös mahdollisuutta kattotyypin muutokseen arkkitehtoniset, rakennetekniset sekä muut lähtökohdat huomioon ottaen.

Yläpohja- ja vesikattorakenteen vaurioitumisesta riippuen korjaustarvetta liittyy monesti myös liittyviin rakenneosiin, kuten ulko- tai väliseinien yläosiin. Näiden korjaustarve tulee ottaa huomioon yläpohja- ja vesikattorakenteen korjaamisen yhteydessä tässä oppaassa rakennusosakohtaisesti esitetyn mukaisesti.

Yläpohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 7 Yläpohjien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*.

### 3.2.8 Välipohjat

#### *Yleistä välipohjien vaurioitumisesta*

Välipohjan kosteus- ja mikrobivaurion aiheuttajana on tyypillisesti rakennuskosteus, putkivuodot, kosteiden ja märkätilojen vuodot, lattioiden siivoaminen runsaalla vedellä sekä sisäilman kosteuden tiivistyminen kylmiin pintoihin (kylmäsiltojen kohdalle). Rakennuksen eri kerrosten välillä vallitsevien liian suurten paine-erojen synnyttämien ilmavirtauksien vuoksi epäpuhtaudet voivat levitä vauriokohdasta sisäilmaan rakennusosien epätiivien liittymien ja läpivientien kautta. Vauriot saattavat aiheuttaa huomattavia sisäilmaongelmia ja niiden korjaaminen laajamittaisia toimenpiteitä.

Vanhojen rakennusten välipohjat voidaan karkeasti jakaa teräsbetonisiin ja puurakenteisiin välipohjiin kantavan rakenteen perusteella. Puurakenteisissa välipohjissa kosteuden vaikutuksesta herkästi vaurioituvia materiaaleja ovat erilaiset orgaaniset täytteet kuten turve, sammal, olki, sahanpuru ja kutterinlastu. Teräsbetonirakenteisissa välipohjissa suurimman riskin muodostavat rakenteen sisään jätetyt muottilaudoitukset ja orgaaniset täytteet sekä kantavan ja pintabetonilaatan välissä oleva täyte- tai eristekerros (esimerkiksi mineraalivillamatto, lastuvillalevy tai hiekka).

Puurakenteisissa välipohjissa kosteuden aiheuttamia vaurioita voi esiintyä välipohjätäytteiden lisäksi myös kantavien vasaalien päissä, koska ne on upotettu muuratun ulkoseinän sisään.

#### *Yleistä välipohjien korjaamisesta*

Kuntotutkimuksissa on olennaista selvittää käytetyt rakenneratkaisut sekä syntyneiden vaurioiden syyt ja laajuus riittävällä varmuudella. Rakenteiden ja erityisesti niiden liittymärakenteiden luotettava selvittäminen edellyttää yleensä riittävän suurten tutkimusaukkojen tekemistä. Korjaussuunnittelussa olennaista on varmistaa, että

vauriot saadaan poistettua rakenteesta tai mikäli tämä ei ole mahdollista, niiden vaikutus sisäilmaan poistetaan.

Välipohjiin kohdistuvissa korjaustoimenpiteissä tulee ottaa huomioon rakenteessa mahdollisesti tapahtuvat kosteus- ja lämpöteknisen toimivuuden muutokset, alkupe-  
räisen rakenteen kantavuus ja mahdollinen vahvistustarve sekä välipohjarakenteen mahdollinen palo-osastoivuus ja ääneneristävyys esim. päällekkäisten asuntojen vä-  
lillä.

Välipohjien korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen il-  
manvaihtoon. Välipohjarakenteen yli tulisi vallita tasapainotila. Tietyissä tilanteissa  
välipohjarakenne voidaan alipaineistaa huonetiloihin nähden varmistamaan, etteivät  
välipohjarakenteessa olevat epäpuhtaudet kulkeudu huoneilmaan.

Välipohjien korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 8 Välipoh-  
jien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Näiden lisäksi  
usein tehdään korjauksia ulkoseiniin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty *Liitteessä  
6 Ulkoseinien korjausmenetelmät*.

### 3.2.9 Märkätilat

Tässä luvussa on keskitytty ensisijaisesti vedeneristeen korjaamiseen tai uusimiseen  
yhtenäiseksi. Tämä ei kuitenkaan yleensä riitä märkätilojen kosteus- ja mikrobivauri-  
oiden korjauksissa, vaan märkätilaa ympäröivät rakenteet tulee korjata tämän op-  
paan muissa luvuissa esitettyjen periaatteiden mukaan.

#### *Yleistä märkätilojen rakenteiden vaurioitumisesta*

Märkätilojen vaurioituminen liittyy usein vedeneristeessä oleviin puutteisiin. Näitä on  
voinut syntyä esimerkiksi vanhan vedeneristeen ikääntyessä, rakenteiden halkeilun,  
liikkeiden tai muun vaurioitumisen seurauksena. Lisäksi rakentamisen aikana tehdyt  
virheet, esimerkiksi läpivientien puutteellinen tiivistäminen voivat johtaa märkätilan  
rakenteiden vaurioitumiseen.

Märkätilojen vakaville kosteus- ja mikrobivaurioille on tavanomaista, että nämä ovat  
johtaneet myös ympäröivien ja alapuolella olevien rakenteiden kosteusvaurioitumi-  
seen. Täten märkätilan rakenteiden vaurioitumista tarkasteltaessa on syytä kiinnittää  
huomiota myös ympäröiviin rakenneosiin ja tiloihin.

Märkätilojen rakenteissa (mm. kiinnitys- ja saumalaasti, liimat, rakennuslevyt, tasoit-  
teet ja vedeneristeet) on käytetty haitta-ainepitoisia materiaaleja. Ennen korjaus-  
suunnittelu tulee toteuttaa haitta-ainekartoitus, jossa selvitetään haitta-aineiden mah-  
dollinen esiintyminen. Haitta-ainetutkimuksen suorittamista on kuvattu mm. RT-kor-  
tissa 18-11245.

#### *Märkätilojen rakenteiden korjaamisesta*

Märkätilaa ympäröivien rakenteiden korjausperiaatteita on käsitelty tämän oppaan  
muissa luvuissa. Tässä kohdin korjaamisessa on keskitytty vedeneristeen korjaami-  
seen siten, että korjauksen jälkeen vedeneristekerros on yhtenäinen. Vedeneristeen  
korjaaminen yksin ei kuitenkaan usein riitä, vaan ympäröiviin rakenteisiin, lattioihin ja  
seiniin, tulee tehdä tarvittavat korjaukset.



**Kuva X.** Vanhoista märkätiloista voi puuttua kokonaisuudessaan vedeneristys. Usein vedeneristys puuttuu pintamateriaalien, esimerkiksi keraamisen laatan taustalta, jolloin puuttumista ei voida todeta yhtä selkeästi, kuten esimerkkinä olevasta kuvasta. Kuva: P. Annila, Rakennusinsinööri-toimisto Petri Annila

Osana korjaamista on usein aiheellista kuivattaa korjattavia rakenteita erityisesti, jos rakenteet ovat kivrakenteita. Kuivatuksen vaatima aika tulee ottaa huomioon korjausten suunnittelussa.

Märkätilan perusteellisessa korjaamisessa rakenteet uusitaan kosteusteknisesti toimiviksi. Märkätiloihin soveltuvia rakenteita on käsitelty esimerkiksi RT-kortissa RT 84-11166. Uuden rakenteen materiaaleja valittaessa on syytä kiinnittää huomiota märkätilan rasitusolosuhteisiin ja jos nämä ovat ankarat, niin tällöin kannattaa suosia paremmin kosteutta kestäviä materiaaleja ja pidempi ikäisiä rakenneratkaisuja.

Märkätilojen korjausmenetelmiä on käyty perusteellisemmin läpi *Liitteessä 9 Märkätilojen korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit*. Näiden lisäksi usein tehdään korjauksia väli- ja alapohjarakenteisiin, joiden korjausmenetelmiä on käsitelty *Liitteessä 2 Maanvastaisten alapohjien korjausmenetelmät*, *Liitteessä 3 Ryömintätilaisten alapohjien korjausmenetelmät* sekä *Liitteessä 8 Välipohjien korjausmenetelmät*.

### 3.2.10 Liitosdetaljit ja läpiviennit

#### *Yleistä ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutuksesta*

Rakenteiden ilmanpitävyydellä on suuri merkitys rakennuksen kosteustekniseen toimintaan. Konvektion vaikutuksesta sisäilman kosteus voi kulkeutua ilmapuotopaikoista sisältä ulospäin. Tämä kosteus voi haitallisissa määrin tiivistyä rakenteen sisään aiheuttaen kosteusvaurioita. Kosteusvaurioriski aiheutuu myös silloin, kun ulkoa tuleva kylmä vuotoilma jäähdyyttää rakenteita ja aiheuttaa näin sisäilman kosteuden tiivistymisriskin.

Kosteus- ja homevaurioituneiden rakenteiden korjaamisessa rakenteiden ilmatiiviydellä estetään lisäksi ilmavuotojen mukana mahdollisesti kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan.

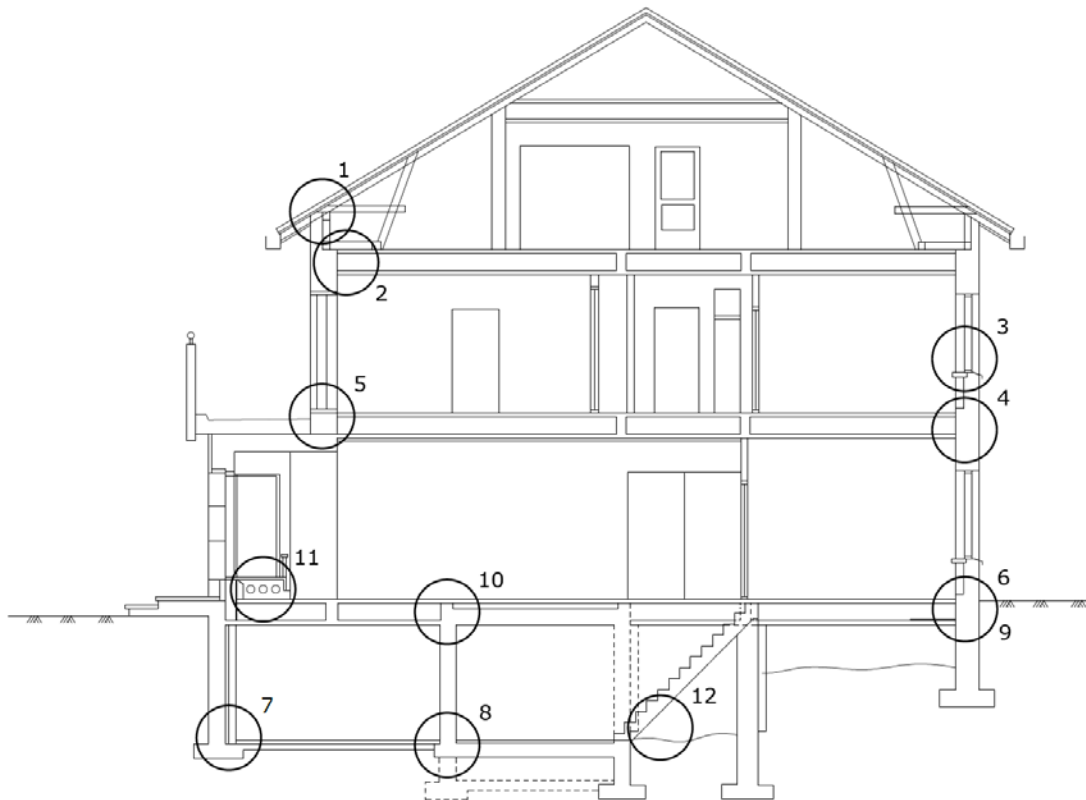
Rakenteiden ilmanpitävyydellä on myös epäsuora vaikutus rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen, sillä usein rakennuksen lämmitystarve pienenee, kun rakenteiden kautta tulevat ilmavuodot saadaan poistettua. Tämä johtuu siitä, että rakennuksessa on mahdollista laskea lämpötilaa, kun asumismukavuutta haittaava vetoisuus on saatu poistettua.

Rakenteen ilmanpitävyys perustuu tyypillisesti joko erilliseen ilmansulkukerrokseen, sisäpintojen tasoitteeseen tai rakennusmateriaalin ilmanpitävyyteen. Kerroksellisissa rakenteissa tarvitaan aina höyrynsulku, joka toimii samalla myös ilmansulkukerrosena. Muuratuissa harkkorakenteissa ilmansulkukerrosena toimii yleensä sisäpinnan tasoitekerros. Massiivisissa tiilimuureissa sekä betonirakenteissa itse seinärakenne on riittävän tiivis ilmanpitävyyden suhteen, jos siinä ei esiinny läpi menevää halkeilua. Rakenteen ilmanpitävyyden kannalta on oleellista, että ilmanpitävä kerros jatkuu yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri, joten eri rakenneosien ilmansulkujen tulee liittyä toisiinsa tiiviisti.

*Liitteessä 10 Liitosdetaljit ja läpiviennit* esitetään rakenneratkaisuja, joiden ilmanpitävyys on hyvä. Ilmanpitävyyden kannalta ongelmalliset kohdat on esitetty detailjipiirustuksin. Jokaisessa rakenneratkaisussa on esitetty kaksi vaihtoehtoa:

- 1) rakenteen ilmanpitävyyden varmistaminen tilanteessa, jossa runkorakenteisiin ei kohdistu korjaus- tai uusimistoimenpiteitä
- 2) rakenteen ilmanpitävyyden varmistaminen tilanteessa, jossa myös runkorakenteisiin kohdistuu purku- ja korjaustoimenpiteitä

Detaljeissa on esitetty tapauskohtaisesti sovellettavia periaatteita. Kaikissa esimerkeissä työn huolellisella toteutuksella on merkittävä vaikutus liitoksen lopulliseen ilmanpitävyyteen.



**Kuva x.** Liitoksista ja läpivienneistä käsiteltävät liitosdetaljien yleisperiaatteet

Liitteenä olevassa osuudessa käsitellään seuraavat rakennedetaljit:

1. Vesikatto – ulkoseinä
  - Aluskatteellinen katto-ulkoseinä
2. Yläpohja – ulkoseinä
  - Puurakenteinen yläpohja - puurakenteinen ulkoseinä
  - Betonirakenteinen yläpohja - puurakenteinen ulkoseinä
  - Betonirakenteinen yläpohja – kivrakenteinen ulkoseinä
  - Puurakenteinen yläpohja – kivrakenteinen ulkoseinä
  - Elementtiulkoseinä – teräsohutlevy-yläpohja
3. Ikkuna - ulkoseinä
  - Ikkuna – puurakenteinen seinä
  - Ikkuna – kivrakenteinen seinä
4. Välipohja- ulkoseinä
  - Puuvälipohja-kivrakenteinen ulkoseinä
  - Puuvälipohja-puurakenteinen ulkoseinä
  - Betonivälipohja-kivrakenteinen ulkoseinä
  - Betonivälipohja-puurakenteinen ulkoseinä
  - Väestönsuojan katto-ympäröivät rakenteet
5. Ulkotaso – ulkoseinä
  - Kattoterassi-kivrakenteinen ulkoseinä



6. Ryömintätilainen alapohja – ulkoseinä
  - Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja- puurakenteinen ulkoseinä
  - Puurakenteinen ryömintätilainen alapohja-kivirakenteinen ulkoseinä
7. Maanvastainen seinä – maanvastainen alapohja
  - Betonirakenteinen alapohja-kivirakenteinen ulkoseinä
8. Maanvastainen alapohja – väliseinä
  - Betonirakenteinen maanvastainen alapohja-kivirakenteinen väliseinä
  - Betonirakenteinen alapohja-puurakenteinen kantava väliseinä
  - Betonirakenteinen alapohja-puurakenteinen ei-kantava väliseinä
9. Sokkeli - alapohja
  - Kivirakenteinen sokkeli-maanvastainen betonialapohja (uusiminen)
  - Kivirakenteinen sokkeli-maanvastainen betonialapohja (tiivistys)
  - Puurunkoinen seinä ja valesokkeli-maanvastainen betonialapohja
10. Liikuntasaumamat
11. Putkikanaalit
12. Portaiden alustat

### 3.3 Erityismenettelyä vaativat korjausmenetelmät

**Lähtökohtaisesti kosteus- ja mikrobivaurioitunut rakennusosa tulee purkaa ja uusia kokonaan tarvittavalta laajuudelta.** Mikäli tämä ei ole mahdollista tai kannattavaa esimerkiksi rakennuksen jäljellä olevan käyttöiän vuoksi, voidaan turvautua ratkaisuihin, joilla estetään epäpuhtauksien tai haitta-aineiden leviäminen rakenteista sisäilmaan. Haitta-aineiden jättäminen rakenteisiin edellyttää erityisiä rakenneteknisiä toimenpiteitä, joiden suunnittelu poikkeaa tavanomaisesta rakennesuunnittelusta ja edellyttää erityisosaamista. Tämän vuoksi tässä luvussa esitellyt korjausmenetelmät ovat erityismenettelyä vaativia (RIL lähde).

Erityismenettelyä vaativiin korjausmenetelmiin kuuluvat **rakenteiden tiiviyyttä parantavat ja epäpuhtauksien leviämistä estävät korjaukset, ja tilojen välisiin painesuhteisiin vaikuttavat korjausmenetelmät.** Ilmanvaihdon palvelualueet ja käyttöajat tulee ottaa erityismenettelyssä huomioon. Ennen näihin korjaustoimenpiteisiin päättämistä noudatetaan luvussa 3.1 esitettyjä yleisiä periaatteita oikean korjaustavan valinnassa ja korjausten laajuuden määrittämisessä. Korjaustoimenpiteiden onnistumista tulee seurata työn aikana ja sen jälkeen tämän oppaan mukaisesti.

Epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään kahdella peruseriaatteella: Ensimmäisenä periaatteena on estää epäpuhtauksia konvektion tai diffuusion avulla sisäilmaan kuljettavat ilmavirtaukset, ja toisena luoda tiloihin sellaiset painesuhteet, että epäpuhtauksien kulkeutuminen sisätiloihin päin vähenee. Haitta-aineiden virtauksia minimoidaan tai ne poistetaan kokonaan tiivistys- ja kapselointikorjauksilla. Itse epäpuhtauksien lähde kuitenkin jää tässä tapauksessa rakenteisiin.

Jos tiivistämisen kohteena ovat vain rakenteiden saumojen, reunojen ja läpivientikoh-tien kautta tapahtuvat konvektiovirtaukset, on kyse rakenteiden ilmatiiviiden parantamisesta eli tiivistyskorjauksesta. Jos eristettävä alue on koko rakenteen pinta-ala ja eristämisessä huomioidaan myös diffuusion vaikutus, on kyseessä kapselointikorjaus. Käytännön kohteissa näitä menetelmiä käytetään joustavasti ja tapauskohtaisesti yhdessä tavoitellun tiivistystason saavuttamiseksi.

Tiivistyskorjausten ja kapselointikorjausten yhteydessä tulee aina kiinnittää huomiota myös rakenteen rakennusfysikaalisen toiminnan muuttumiseen. Tämä korostaa suunnittelijalta vaadittavaa kokonaisvaltaista ymmärrystä sekä epäpuhtauksien kulkeutumismekanismeista että rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta ennen ja jälkeen korjaustoimenpiteiden.

Ilmanvaihdon toiminta on tarkastettava ja säädettävä kaikissa korjauskohteissa. Ilmanvaihtojärjestelmä on usein epätasapainossa ja aiheuttaa merkittäviä yli- tai alipaineita tiloihin alkuperäisistä suunnitelmista poiketen. Vaikka ilmamäärien poikkeamat olisivat sallituissa rajoissa (15 % suunnitteluarvosta), paine-erot voivat olla suuria. Kosteus- ja mikrobivaurioituneessa rakennuksessa on tapauskohtaisesti pohdittava, kuinka suuri poikkeama voidaan sallia tilojen terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta. Esimerkiksi rakenteiden liitokset saattavat toimia ilmavuotokohtina, joiden kautta epäpuhtauksia sisältävä ilma voi virrata rakenteista sisätilaan ilmanvaihdon aiheuttaman alipaineen vaikutuksesta.

Tiivistys- ja kapselointikorjausten sekä painesuhteiden hallinnan soveltuvuus korjaustoimenpiteinä kivi- ja puuaineisessa rakennuksessa on esitetty taulukoissa 3.1 ja 3.2.

**Taulukko 3.1.** Kiviaineisen rakennuksen erityiskorjausmenetelmien valinta. Purkaminen ei ole erityismenettelyä vaativa toimenpide, mutta oleellisena korjaustoimenpiteenä mukana taulukossa.

	Pur- kaminen	Tiivistyskor- jaus	Kapseloin- tikorjaus	Ilmavuotojen kontrollointi painesuhteiden avulla <sup>1</sup>
Epäpuhtauksia kuljettavat ilmavu- odot liittymistä		X		X
Epäpuhtauksia kuljettavat ilmavu- odot halkeamista		X	X	X
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioi- tunut tai sisältää haitta-aineita <sup>3</sup>	X	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	
Kosteuden siirtyminen diffuusiolla tai kapillaarisesti <sup>3</sup>	X		X <sup>2</sup>	
Rakennekerroksen alla / putkikanaa- lissa mikrobivaurio / haitta-aineita <sup>3</sup>	X	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	X

<sup>1</sup>Ali- ja ylipaineistus suunniteltava rakennuksen muiden painesuhteiden mukaan.

<sup>2</sup>Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole mahdollista.

<sup>3</sup>Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

**Taulukko 3.2.** Puu- ja kevytrakenteisen rakennuksen erityiskorjausmenetelmien valinta. Purkaminen ei ole erityismenettelyä vaativa toimenpide, mutta oleellisena korjaustoimenpiteenä mukana taulukossa.

	Purkaminen	Tiivistyskorjaus	Kapselointikorjaus	Ilmavuotojen kontrollointi painesuhteiden avulla <sup>1</sup>
Epäpuhtauksia kuljettavat ilmavuodot liittymistä			X <sup>2</sup>	X
Epäpuhtauksia kuljettavat ilmavuodot halkeamista			X <sup>2</sup>	X
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita <sup>3</sup>	X		X <sup>2</sup>	
Kosteuden siirtyminen diffuusiolla tai kapillaarisesti <sup>3</sup>	X		X <sup>2</sup>	
Rakennekerroksen alla mikrobivaurio/haitta-aineita <sup>3</sup>	X		X <sup>2</sup>	X

<sup>1</sup>Puurakenteiden yli- ja alipaineistus hankalaa puurakenteen huonon tiivistettävyyden vuoksi.

<sup>2</sup>Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole mahdollista.

<sup>3</sup>Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi

Kiinteistönomistajan vastuulla on lisäksi lukuisia määräajoin tehtäviä toimenpiteitä taloteknisten järjestelmien ikääntymisen hallintaan ja ennakoivaan kiinteistönpitoon liittyen (Ympäristöministeriö, 2000) . Myös niillä on vaikutusta erityismenettelyä vaativien korjausmenetelmien onnistumiseen. Esimerkkejä taloteknisiin toimenpiteisiin liittyvistä yksityiskohdista on esitetty kuvassa 1.



**Kuva 1.** Pinttyneen rasvahuuvan kuivajääpuhallus, joka soveltuu tässä tapauksessa vain kovalle rasvalle, ja on höyryn käyttöä parempi ratkaisu (vasen yläkuva). Kuivajääpuhalluksessa käytetty suutin (oikea yläkuva). Öljylämmityksen kattilahuoneessa kattilan taakse savupiipun savukaasujen poistoputkeen asennettu kondenssiveden poistoletku (vasen ja oikea alakuva). (Kuvat: ei julkinen)

### 3.3.1 Rakenteiden ilmatiiviyden parantaminen

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten rakenteiden ilmatiiviyden parantamisen eli tiivistyskorjauksen ensisijaisena tavoitteena on estää hallitsemattomat konvektioilmavirtaukset ja niiden mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy rakenteista sisäilmaan, eli vähentää käyttäjien haitallista altistumista.

**Tiivistyskorjaus** on tavallinen toimenpide myös vaurioitumattomissa rakennuksissa rakenteiden sisäpinnan riittävän ilmatiiviyden varmistamiseksi. **Tiivistämisellä vähennetään myös energiankulutusta.**

Tiivistyskorjaukseen päädyttäessä on varmistettava, että kaikki ilmavuotokohtat on huolellisesti kartoitettu ja niiden tiivistäminen on mahdollista. Mikäli rakenteeseen jää tiivistämättömiä kohtia, joiden kautta epäpuhtaudet voivat edelleen kulkeutua rakenteista sisäilmaan, tiivistyskorjauksella ei saavuteta toivottua lopputulosta. Korjausten pidemmän aikavälin kustannukset voivat olla merkittäviä. Lisäksi on tunnettava korjausten vaikutukset rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen. Ilmatiiviyttä parantavat toimenpiteet vähentävät rakenteita kuivattavia ilmavirtauksia ja rakennusaikaisen kosteuden kuivumista.

Esimerkiksi ikkuna- ja oviliittymien tiivistämisen seurauksena parantunut rakennuksen ilmatiiviyys vaikuttaa ilmanvaihtoon ja korvausilmareitteihin. Ilmavuotokohtien ilmeneminen uusissa paikoissa tiivistämisen seurauksena on myös otettava huomioon. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän säädöt on aina tarkistettava tiivistämisen jälkeen.

**Materiaalivalintoihin** on kiinnitettävä erityistä huomiota. Mikäli urakoitsija haluaa vaihtaa suunnitelmissa mainitun materiaalin toiseen, on suunnittelijalta kysyttävä hyväksyntä tähän. Käytettävien materiaalien tulee olla käyttötarkoitukseen testattuja ja pitkäikäisiä, ja niillä tulee olla hyvä silloituskyky. Liitoskohdissa ja rakenteissa, joissa voi tapahtua liikettä, materiaalien on oltava elastisia. Materiaalit voidaan jakaa erilaisiin tuoteryhmiin, joita ovat

- vedeneristeet (mm. polyurea, polyuretaani, metakrylaatti),
- liitosnauhat,
- pinnoitteet (mm. yksikomponenttinen polymeeripohjainen ja kasviöljypohjainen elastinen pinnoite).

Elastisella massalla suoritettavat saumakorjaukset eivät yleensä täytä tiivistämiselle asetettuja vaatimuksia rakenteen tiiviyden ja pitkäaikaiskestävyyden suhteen. Tämä on otettava huomioon korjaussuunnitelmassa.

**Eri materiaalien yhteenliittäminen vaikuttaa tiivistyskorjausten käyttöikäen kärkeästi arvioituna seuraavasti: puu-kiviaineinen pinta 10-15 vuotta, kiviaineinen-kiviaineinen pinta 20-25 vuotta.**

Tiivistyskorjauksia tehdään pääsääntöisesti raskaisiin, itsessään tiiviisiin rakennusosiin, joiden saumojen ja liitosten kautta tapahtuvaa konvektiovirtausta hallitaan korjaustoimenpiteillä. Tiivistyskorjaus voidaan tehdä kaksinkertaisen betonilaatan, kerroksellisen betonirakenteen ja kaksoislaattarakenteen osalta väliaikaisena ratkaisuna peruskorjausta odotellessa. Esimerkiksi ehjä betoniseinä on lähtökohtaisesti niin tiivis, että riittävä ilmatiiviyys voidaan saavuttaa tiivistämällä pelkästään rakenteiden liitokset.

**Betonirakenteiden tiivistyskorjauksessa** alustan tulee olla ehjä ja kiinteä. Korjaus tulee ulottaa vähintään 150 mm halkeamapituuden molemmin puolin tai korjattavan rakenteen ohi. Liikuntasauvojen ja halkeamien tiivistämisessä käytetään liitosnauhaa. Alapohjissa ja maanvastaisissa seinissä tiivistetään kaikki läpiviennit. Alustan käsittely on ensiarvoisen tärkeää. Esimerkiksi ikkuna- ja ovikarmien pohjustuskäsittelyssä otetaan huomioon karmin sisäpintaan asennettava diffuusio- ja ilmatiivis liitosnauha (Koskivuori, 2016).

**Tiilirakenteisilla seinäpinnoilla** tiivistys voidaan tehdä kauttaaltaan vedeneristeellä, joka voidaan sivellä myös puhtaaksi muurattuun seinäpintaan. Vedeneristeeseen tulee olla käytettävän tiivistysjärjestelmän mukainen. Kun tarvitaan erityisen hyvää silloituskykyä alustan halkeilua vastaan, voidaan käyttää lisäksi vahvistusmattoa, joka kiinnitetään seinäpintaan vedeneristeellä. Tällöin puhtaaksi muurattu seinäpinta on yleensä tasoitettava ennen vedeneristeiden ja vahvistusmaton asentamista. Peitelevyjien ja -listojen kiinnittäminen tehdään niin, ettei tiivistys vaurioidu, käyttäen esimerkiksi asennusliimaa. Vanhojen massiivisten tiilirakenteiden tiivistämiseen käytetään märkätilamenetelmää, jossa seinäpintaan liimataan kuitukangasvahvike, joka maalataan järjestelmään kuuluvilla pohja- ja pintamaaleilla. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

Ennen tiivistystöiden suorittamista tulee varmistua työvaihetta valmistelevien purku- ja avarustöiden riittävästä laajuudesta, pintojen puhtaudesta ja kelvollisuudesta. Tiivistyskorjaustöitä tekevien työntekijöiden on oltava perehtyneitä tiivistyskorjaustyömenetelmiin ja heillä on oltava suoritettuna tiivistyskorjaukseen liittyvät materiaalivalmistajan käyttökoulutukset. **Tiivistyksen on jatkuttava yhtenäisenä koko tiivistettävän rakennusosan alueella.** Tiivistyskorjausta ei missään tapauksessa saa tehdä esimerkiksi kotelon pintaan, vaan rakennetta on purettava tiivistyskorjauksen edellyttämässä laajuudessa. Tiivistettävät kohdat korjataan siten, että valmis korjattu pinta jää nykyisten pintojen tasalle eikä erotu ympäristöstään. Pintamateriaalien asennuksen yhteydessä ei saa rikkoa tehtyjä tiivistyksiä.

### 3.3.2 Kapselointi

Kapseloinnin tavoitteena on estää haitta-aineiden tai muiden epäpuhtauksien kulkeutuminen konvektiolla ja/tai diffuusiolla epäpuhtauksia sisältävästä rakenteesta sisäilmaan.

Haitta-aineiden kapseloinnissa käytettävät tuotteet estävät tai hidastavat kaasujen kulkeutumista diffuusiolla materiaalin lävitse. Kapselointimateriaali on myös ilmatiivis ja estää siten rakenteiden läpi tapahtuvat ilmavirtaukset. Kapseloimalla voidaan hallita esimerkiksi rakenteiden sisältämiä VOC- ja PAH-yhdisteitä.

Kapseloinnilla ei ensisijaisesti pyritä estämään tai vähentämään ilmavirtauksia ilmapuotokohdista, vaan eristämään haitta-aineita sisältävä rakenne sitä ympäröivästä ilmasta. Esimerkiksi koko rakenteen pinnalle levitettävä epoksikerros on kapselointikorjaus. Kapselointikorjauksissa on otettava huomioon korjausmateriaalin vesihöyryn läpäisevyys ja ilmanläpäisevyys kyseessä olevalle epäpuhtaudelle, ja käyttää mahdollisuuksien mukaan jo toimiviksi todettuja materiaaleja. Korjausten myötä rakenteiden kuivumiskyky saattaa heikentyä hallitsemattomien ilmapuotojen poistumisen sekä uusien ainekerrosten lisäämisen seurauksena. Öljypitoista betonia tai tiiltä ei voi kapseloida (Mod, 2014).

**Kapseloinnissa korjauslaajuus on usein tiivistyskorjauksia suurempi**, jolloin rakenteita saatetaan joutua avaamaan ja purkamaan huomattavasti. Kapselointi on kuitenkin monissa tapauksissa välttämätön toimenpide tavoitteiden saavuttamiseksi. Käytössä on seuraavia materiaaleja ja menetelmiä:

- pinnoitteet (epoksihartsit, akryylihartsit, yksikomponenttinen polymeeripohjainen pinnoite, kasviöljypohjainen elastinen pinnoite),
- rakenteellinen kapselointi ja tuuletus,
- höyrynsulkukalvo (polyamidi, alumiinilaminoitu muovi ja bitumi).

Pinnoitteilla ja höyrynsulkukalvoilla on oltava korkea vesihöyryn vastus. Höyrynsulkukalvoa käytettäessä rakenteen kosteus voi kuivua sekä sisälle että ulospäin.

**Eri materiaalien yhteenliittäminen vaikuttaa kapseloinnin käyttöikään karkeasti arvioituna seuraavasti: puu-kiviaineinen pinta 10-15 vuotta, kiviaineinen-kiviaineinen pinta 20-25 vuotta.**

**Betonipintojen kapselointiin** käytetään esimerkiksi höyrynsulkuepoksia. Mikäli betonipinta on öljyn kyllästämä, tartunta ei todennäköisesti ole riittävä ilman öljyisten kerrosten poistamista raskaalla jyrsinnällä tai piikkaamalla. Betonin pinnan pitää olla karhea, luja, kiinteä ja puhdas tartuntaa heikentävistä aineista. Lattiapinnoilla viimeiseen tuoreeseen käsittelykerrokseen sirotellaan hienoa hiekkaa jatkotartunnaksi reunatiiivistykselle ja lattian tasoitukselle. Vaihtoehtoisesti epoksin kovetuttua voidaan tehdä pohjustus pohjustusaineella. Kapselointiin voidaan käyttää myös epoksihartsipohjustinta, joka on koostumukseltaan ja käsittelyominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen kuin höyrynsulkuepoksi. Myös epoksilakkaa voidaan käyttää. Rakenteiden liittymät sekä läpiviennit on tiivistettävä kapseloinnin jälkeen. Käytettäessä muovipäällystettä, jolla on suuri diffuusiovastus, on tasoiterokoksen oltava riittävän paksu ja kuiva. Tällöin päällysteen kiinnitysliiman sisältämä kosteus pääsee tasaantumaan riittävästi, eikä riskiä päällysteen tai liiman vaurioitumisesta pääse syntymään.

**Tiilipintojen kapselointiin** käytettävä epoksi on erittäin kovaa ja aiheuttaa alustaan jännityksiä. Pehmeämpi rappaus pysyy todennäköisemmin kiinni tiilimuurauksessa, ainakin sen puhtaammassa yläosissa, mutta riskinä on epoksin irtoaminen rappauksesta. Kuituvahvistettu ruiskubetoni irtoaa suuremmalla todennäköisyydellä tiilimuurista, mutta tarjoaa lujemman alustan kapselointiepoksille. Molemmissa vaihtoehdoissa on hyväksyttävä rappaus- ja betonikerroksen irtoaminen alustastaan, ja sen aiheuttamat ongelmat. Paksut rappauskerrokset poistetaan piikkauskoneella varoen vahingoittamasta alustaa. Puhdistettuun alustaan kiinnitetään mekaanisesti kuumasinkitty rappausverkko. Seinäpinta rapataan kalkkilaastilla tai betonoidaan ruiskubetonilla. Mikäli seinän alkuperäinen muurauslaasti on kalkkisementtilaastia, voidaan myös rappauksessa käyttää kalkkisementtilaasteja ja kolmikerrosrappauksia. Kapselointikerros, esimerkiksi höyrynsulkuepoksi, levitetään rapattuun tai ruiskubetonoituun pintaan telaamalla pitkäkarvaisella maalaustelalla. Vaaditun kerrospaksuuden saavuttamiseksi tarvitaan todennäköisesti useita telauksia.

Epoksihartsipinnoitetta käytettäessä aine telataan betonirakenteessa suoraan puhdistetun rakenteen pintaan, ja tiilirakenteissa rakenteen päälle tehtävän tasoite- tai rappauskerroksen pintaan. Myös haitta-aineita sisältävien bitumisveltyjen betonirakenteiden pintaan tehdään yleensä tasoiterokos, sillä epoksia ei voida sivellä suoraan bitumoituun pintaan. Erityisen ongelmallisia ovat rakenteiden liittymät ja rajapinnat, joiden kosteusrasitus saattaa muuttua oleellisesti. Mikäli maanvastaisissa rakenteissa esiintyy kapillaarista kosteuden nousua, ei kapselointiepoksin käyttöä suositella, sillä ra-



kenteen osmoottinen paine todennäköisesti ylittää epoksin tartuntavetolujuuden, jolloin kapselointikerros irtoaa alustastaan. Tällöin on harkittava muita menetelmiä, esimerkiksi rakenteellista kapselointia ja tuuletusta.

**Rakenteellisessa kapseloinnissa** suositeltavin menetelmä on erillisen tuuletusraolisen verhourakenteen tekeminen, jossa seinien sisäpuolinen verhous voidaan tehdä joko levy- tai tiilirakenteisena. Olemassa olevan rakenteen ja uuden verhourakenteen välinen tila tuuletetaan koneellisesti haitta-aineiden pääsyn sisäilmaan estämiseksi. Lattiapintojen tuulettamiseen kevein ratkaisu on noin yhden millimetrin urituksella varustetun kumimaton asentaminen lattian pintamateriaalin alle. Järjestelmän vaatima korvausilma otetaan tuuletettavan tilan huoneilmasta ja imetään kokoojakanavasta pienehköllä putkella koneellisesti. Hiukan raskaammassa järjestelmässä käytetään ohutta nystyröityä muovilevyä, jolla aikaansaadaan noin 6...7 mm:n ilmatila. Järjestelmän toimintaperiaate on edellä kuvatun kaltainen, mutta ilmamäärät ovat jonkin verran suurempia. Molempien järjestelmien ongelmana on huonetilasta otettavan korvausilman sisältämien epäpuhtauksien kulkeutuminen tuuletustilaan. Ajan kuluessa ilmavirtaus heikkenee tai estyy kokonaan. Lisäksi epäpuhtaudet voivat tarjota kasvualustan mikrobeille. Järjestelmä vaatii toimiakseen koneellisen poistoilmajärjestelmän, jonka on oltava toiminnassa koko ajan. Myös korvausilmaventtiilien suodattimet vaativat säännöllistä huoltoa. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

### 3.3.3 Rakennuksen painesuhteiden hallinta

Ilmanvaihtojärjestelmien erilaiset toimintaperiaatteet ovat pääpiirteittäin painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (Asikainen ja Peltola (toim)., 2008). Ilmanvaihtojärjestelmän säädöillä ja ylläpidolla on keskeinen vaikutus sisäolosuhteisiin. Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtoja säätämällä vaikutetaan paine-eron muodostumiseen sisä- ja ulkoilman välillä sekä rakenteiden yli. Paine-ero rakenteen yli voi aiheuttaa ilmavirtausten kulkeutumisen epätoivottuun suuntaan, ja mahdollisten epäpuhtauksien kulkeutumisen ilmavirtojen mukana.

#### **Paine-eroa rakennuksen ulkovaipan yli on hallittava.**

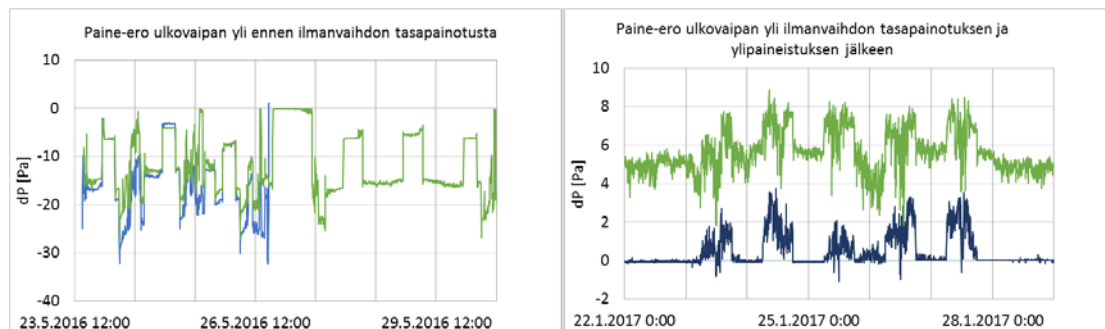
Koneelliseen tulo- ja poistoilmavirtaan perustuva ilmanvaihto suunnitellaan nykyisin uusissa rakennuksissa tasapainoiseksi (paine-eron sisä- ja ulkoilman välillä tulisi olla ~0 Pa), kuitenkin korkeintaan lievästi alipaineiseksi. Alipaineisuuden tavoite on estää lämpimän ja kostean sisäilman kulkeutuminen rakenteisiin, joissa se voi tiivistyä ja aiheuttaa kosteusrasitusta. Toisaalta rakennuksen alipaine vetää ulkoilmaa sisätiloihin rakenteiden vuotokohtien kautta, millä on talvisin myös rakenteita kuivattava vaikutus. Kosteus- ja mikrobivaurioituneessa rakennuksessa alipaineen aiheuttamat ilmavuodot epätiiviyiskohtien kautta voivat kuitenkin olla merkittävä syy epäpuhtauksien päätymiseksi sisäilmaan, ja tämän estämiseksi ilmavirrat on tasapainotettava, jotta paine-ero on hallittu. Tarvittaessa rakenteita tiivistetään kohdan 3.3.1 periaatteiden mukaisesti.

Käytännön kohteissa **painesuhteiden hallinta on monimutkainen kokonaisuus**. Painesuhteisiin vaikuttavat ilmanvaihdon lisäksi myös ulkoilman olosuhteet, erityisesti tuuli ja lämpötilaero sisä- ja ulkotilan välillä (niin sanottu savupiippuvaikutus) sekä rakennuksen käyttö (ovien ja ikkunoiden auki pitäminen, erillispoistot, puhaltimet ym. ilmavirtojen liikkeisiin vaikuttavat tekijät). Painesuhteiden hallinta edellyttää, että rakenteet ovat riittävän tiiviitä ja että ilmanjakojärjestelmä mahdollistaa ilmavirtojen hallinnan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että jos painesuhteita halutaan säätää huonekohtaisesti, tulee huoneessa olla sekä tulo- että poistoilmalle säädettävä päätelaite.

Ilmanvaihdon toimintaa tulee korjaussuunnittelussa arvioida myös vajaateholla käytetäessä sekä erilaisissa todellisissa käyttötilanteissa. Esimerkiksi julkisissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihto on merkittävästi pienemmällä teholla öisin ja viikonloppuisin, on rakenteiden ja tilojen välisiä painesuhteita arvioitava **myös käyttöajan ulkopuolella**. Korjaussuunnittelussa on otettava huomioon korjausvaihtoehtojen vaikutukset painesuhteisiin. Ilmanvaihtokanavien nuohous ja ilmamäärien tilakohtaiset säädöt on tarvittaessa suunniteltava erikseen. Rakennusautomaatio on nykyään keskeinen osa ilmanvaihdon toimintaa ja sitä kautta painesuhteiden hallintaa, joten automaatio on otettava huomioon korjaussuunnittelussa. Automaation onnistunut käyttö edellyttää usein myös huoltohenkilökunnan koulutusta.

**Korjaussuunnittelussa on tärkeää tarkastella rakennuksen painesuhteita kaikkina vuoden- ja vuorokaudenaikoina. Painesuhteita on hallittava kaikissa rakennuksen normaaleissa käyttötilanteissa.**

Painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettujen rakenteiden paine-erot rakenteiden ja ulkokuoren yli ovat tyypillisesti pienempiä kuin koneellisen ilmanvaihdon rakennuksessa. Ilmavirtojen hallinta on hankalampaa, mutta toisaalta virtaukset ovat maltillisempia eikä riski voimakkaista, epäpuhtauksia mukanaan repivistä ilmavirroista ole niin suuri, vaikka painesuhteet eivät olisi tasapainossa. Mikäli painovoimaisen ilmanvaihdon rakennusten tiiviyttä lisätään, ilmanvaihdon toimivuutta voidaan parantaa esimerkiksi tuulenpaineella toimivilla ulkovaipan läpi asennettavilla korvausilmaventtiileillä ja piippuun asennettavilla tuuliroottoreilla (esimerkiksi hormi-imuri). Tällöin voidaan myös välttyä koneelliseen ilmanvaihtoon siirtymiseltä.



**Kuva 2.** Koulurakennuksen kahden luokkatilan paine-eron vaihtelu rakennuksen ulkovaipan yli ennen ilmanvaihdon tasapainotusta sekä tasapainotuksen jälkeen. Paine-ero asetettiin tasapainotuksen jälkeen myös lievästi positiiviseksi tutkimusasetelmasta johtuen. (Vornanen-Winqvist, 2017.)

### Rakennuksen ja rakenteiden alipaineistus

Paine-eron aiheuttamia epäpuhtauksien virtauksia hallitaan lähtökohtaisesti alipaineistamalla epäpuhtauslähteen sisältävä rakenne, jolloin ilmavirta suuntautuu tähän rakenteeseen päin. Rakennusosien ja rakenteiden alipaineistukseen riittävät rakenteiden tiivistys, poistoilmahuonehallin sekä riittävä kanavisto. Esimerkiksi ryömintätilan tai putkikanaalin alipaineistus huoneilmaan nähden kääntää näiden tilojen välisen virtaussuunnan sellaiseksi, että sisäilmaa virtaa ryömintätilaan tai putkikanaaliin päin eikä päinvastoin.

Yhden tilan tai rakennusosan alipaineistaminen vaikuttaa myös muiden tilojen painesuhteisiin ja tätä kautta vuotoilman virtausreitteihin. Yksittäisiä alipaineistettavia tiloja

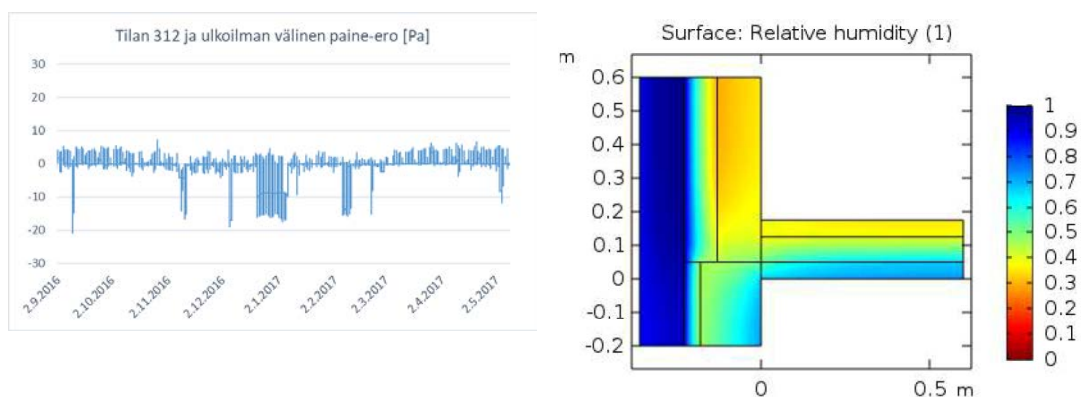
ei saa liittää rakennuksen normaaliin ilmanvaihtojärjestelmään. Alipaineistuksen yhteydessä on aina tarkastettava vaikutuksia myös muihin rakenteisiin ja niiden rakennusfysikaaliseen toimintaan riittävässä laajuudessa. Korjaushankkeessa on varmistettava, että alipaineistettu rakenne pysyy kaikissa tilanteissa riittävän alipaineisena eikä pidempiä ylipainejaksoja esiinny.

Rakenteiden alipaineistusta voidaan käyttää alapohjissa, maanvastaisissa seinissä, alapohjan alapuolisissa tekniikkatunneleissa ja -kanaaleissa sekä välipohjissa. Vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa rakenteet, koealipaineistus, vaikutusalue, imupisteet, putkikoot, puhaltimet ja toteutuneet ilmamäärät. Erillisessä alipaineistusjärjestelmässä alipaineistettavan rakenneosan ja sisäilman välisiä painesuhteita muutetaan koneellisella jatkuvatoimisella poistojärjestelmällä niin, että epäpuhtauksia sisältävää ilmaa ei virtaa rakenneosasta sisäilmaan. (Lammi, 2016; Rakentajain kalenteri 2017)

### Rakennuksen ja rakenteiden ylipaineistus

Ilmavirtauksien suunta epäpuhtauslähteitä päin voidaan toteuttaa myös ylipaineistamalla puhtaat sisätilat. Ylipaineistuksen periaate on siis sama kuin alipaineistuksella. Sisätilojen ylipaineistusta ei kuitenkaan Suomen ilmasto-olosuhteissa suositella muuten kuin lyhytaikaisena toimenpiteenä, sillä mahdollista haitallista kosteusrasitusta rakenteille halutaan välttää. Ylipaineistuksen toteutus vaatii hyvää osaamista rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta sekä korjausten aikaista ja jälkeistä seuranta. Ylipaineistuksessa sisäilma on ylipaineinen kaikkien rakenteiden yli, mikä on otettava suunnittelussa huomioon varsinkin toimiviksi todettujen rakenteiden kohdalla.

Ylipaineistus voi olla käyttökelpoinen menetelmä käyttöikänsä päässä olevissa rakennuksissa, joissa muilla toimenpiteillä ei ole päästy haluttuun lopputulokseen ja epäpuhtauslähde on osittain tuntematon. Lisäksi se soveltuu väliaikaisena ratkaisuna varsinaisia korjaustoimenpiteitä odotettaessa rakennuksiin, joissa ei ole sisätiloissa merkittävää kosteustuottoa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi opetuskäytössä olevat rakennukset, joissa tilojen käyttö ei ole ympärivuorokautista ja joissa koneellinen ilmanvaihto poistaa tehokkaasti sisäilman ylimääräisen kosteuden (Kuva 2). Ongelman voivat muodostaa suuret kohdepoistot, joissa ei ole automatiikkaa. Tällöin tuloilmamäärä ei ehdi kasvaa, kun kohdepoisto laitetaan päälle, ja painesuhteet vaihtelevat hyvin suuresti. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi yhdistetyt toimisto- ja laboratoriotilat.



**Kuva 3.** Koulurakennuksen toteutunut ylipaineistus ja esimerkki tulosten numeerisesta arvioinnista. Pitkäaikasseurannan (Mattila, 2017) mukaan sisäilman kosteuslisän ollessa pieni ylipaineisuus ei aiheuttanut rakenteille kosteusrasitusta kenttämittauksissa tai laskennallisessa tarkastelussa.

## 3.4 Muut korjausmenetelmät

### 3.4.1 Kuitukorjaukset

**Kuitukorjauksilla estetään mineraalivillakuitujen kulkeutuminen sisäilmaan.** Mahdollisia kuitulähteitä ovat ilmanvaihtojärjestelmät, pintojen äänenvaimennusmateriaalit, vesi- ja viemäriputket sekä eristemateriaalit. Kuitukorjauksissa vanhoja mineraalivillapohjaisia materiaaleja korvataan paremmilla materiaaleilla ja tarpeettomia mineraalivilloja poistetaan. Mineraalivillapintoja voidaan myös pinnoittaa tai käsitellä kuituja sitovalla aineella tai peittää kuituja läpäisemättömällä materiaalilla. Pinnoille laskeutuneet kuidut poistetaan siivoamalla sekä puhdistamalla ilmanvaihtokanavat ja -laitteistot. (Kollanen, 2016; Ympäristöopas, 2016) Korjattujen rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta, taloteknisten järjestelmien toimivuus ja korjauksessa käytettävien materiaalien mahdollisesti aiheuttamat päästöt on otettava huomioon.

### 3.4.2 Kosteuden siirtymistä rajoittavat korjausmenetelmät

#### **Erikoislaasti- ja pinnoitusratkaisut**

Laasti- ja pinnoitustyyppisten korjausmenetelmien käytöllä voidaan alentaa kosteusrasitustasoa (Palviainen, 2009). Menetelmä sopii maanvastaisten seinien lisäksi myös väliseiniin, joissa esiintyy kapillaarista kosteuden nousua. Esimerkiksi suolankeräyslaasteja voidaan käyttää tässä yhteydessä. Massiivisten, tyypillisesti suojeltujen tiili- ja luonnonkivirakenteiden arvorakennusten suolahärmeen poistoon ja kosteusrasitustason alentamiseen voivat soveltua kalkkipohjaiset erikoislaastit. Laastien mikrosuhteutukseen perustuen niiden haihtumispinta-ala voi kasvaa, minkä seurauksena kosteusrasitustaso voi laskea rakenteessa. Uhrautuvien laastien käyttöikä rajoittaa niiden huokosverkoston täyttyminen, mikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa seuraavaa korjausajankohtaa.

Vedentiivistyslaasteina käytetään tiivistysrappauksia (sulkulaastit), tiivistyslaasteja (tiivistyspinnoitteet) ja huokosiin materiaaleihin tunkeutuvia tiivistysaineita (vrt. impregnointiaineet ja inhibiittorit). Pinnoitteina voidaan käyttää sekä vesihöyryä hyvin läpäiseviä maaleja tai päällystysratkaisuja (Käyhkö, 2017) että rakenteen pintalämpötilaa kasvattavia ja sitä kautta rakennetta kuivattavia maaleja. Myös sisäpuolinen mineraalilevy-pinnoitus, kuten kalsiumsilikaattilevy, voidaan luokitella kosteusrasitustasoa alentavaksi pinnoitteeksi. Samaan luokkaan kuuluvat myös keraamiset tai kiviaineiset laatoitukset. Niiden toiminta perustuu laattojen ja laattasaumojen vesihöyrynläpäisevyyteen, jolloin alapohjarakenteen ja maanvastaisen seinärakenteen kosteus haihtuu vähitellen sisäilmaan.

#### **Injektoinnilla tai mekaanisesti tehty kapillaarikatko**

Korjausten tavoitteena on estää tiivistystoimenpiteellä esimerkiksi maaperästä kapillaarisesti nouseva kosteus. Kapillaarikatkojen injektointikorjauksia tehdään paineen avulla tai paineettomana. Käytettyjen injektointiaineiden levittyminen tasaisesti rakenteeseen on varmistettava. Käytettyjen aineiden mahdollisesti aiheuttamat päästöt tulee myös ottaa huomioon (Palviainen, 2009; Sievola, 2012).

Mekaanisesti kapillaarikatko tehdään sahaamalla seinän molemmilta puolilta urat ala-viistoon, V-muotoon. Rakenteen kantavuuden säilyttämiseksi korjaus tehdään pienissä, noin yhden metrin pituisissa osissa (Palviainen, 2009). Rakenteen katkaisu voidaan tehdä myös poraten ja lyömällä. Menetelmäesimerkit on esitetty kuvassa 3.



**Kuva 4.** *Injektoinnilla ja mekaanisesti sahaten tehty kapillaarikatko. (Kuvat: Tiina Palviainen, Vahanen Oy)*

### Sähköosmoosi

Sähköisessä rakenteiden kuivatusmenetelmässä sovelletaan anodi-katodi-paria, jossa esimerkiksi maaperä toimii katodina (McInerney et al., 2002). Menetelmän peruseräkkeet ovat sovellettavissa yleisistä korroosionestomenetelmistä. Aktiivisessa elektro-osmoosissa rakenteeseen ja maaperään asennetaan elektrodit, joiden välille aiheutetaan generaattorin avulla jännite, jonka suuruus säädetään vastamaan rakenteessa olevaa polaarisuutta. Vaihtuvassa sähköosmoosissa asennetaan positiiviset elektrodit betoniseinään tai lattiaan piikattuihin uriin ja negatiiviset elektrodit rakenteen ulkopuoliseen maahan. (Palviainen, 2009).

### Rakenteiden lämmittäminen

Menetelmässä seinärakenteita ja sitä kautta huonetiloja lämmitetään rakenteen sisälle asennettujen lämmitysputkien välityksellä (Sorasalmi, 2017). Myös pinta-asennuksia sähkökaapelein joudutaan tekemään esimerkiksi suojelluissa rakennuksissa. Lämmittäminen soveltuu erityisesti massiivisten rakenteiden, kellarin seinien, ikkunoiden ympärysten ja muiden kylmäsiltojen kosteusteknisen toiminnan parantamiseen. Lisäksi sitä voidaan käyttää rakenteiden väliaikaiseen kuivattamiseen tai mukavuuslämmitykseen. Kylmien rakenteiden lämmittämisessä (esimerkiksi kirkkotornit) voidaan myös hyödyntää kaukolämpöä.

### Kapillaarisen kosteuden pienentäminen magneettikentän avulla

Magneettikentän avulla kapillaarista kosteutta pienentävät laitteet toimivat sähkökyberneettisesti ja vaikuttavat pitkällä dynaamisilla sähkömagneettipulsseillaan maaperästä nousevaan kosteuteen (DARR-menetelmä, EcoDry, 2017). Magneettikenttäpulssit läpäisevät seinärakenteet, jolloin veden molekyylirakenteen oletetaan hajotuvan ja seinän kosteuden menettävän kykynsä nousta ylöspäin. Suhteellinen kosteus mitataan tasapainokosteussorptiomenetelmällä rakenteen keskilinjalta riittävän syvien porausreikien huokostiloista. Absoluuttista kosteuspitoisuutta ei voida seinän sekara-

kenteesta johtuen aukottomasti määritellä, vaan lisäksi suositellaan rakenteeseen porattujen mittausanturien asentamista ja pitkäaikaisseurannan toteuttamista. Myös vertailu ulko-olosuhteisiin on otettava huomioon. Vaihtoehtoisesti voidaan pitkäaikaismittauksena käyttää johtokykymittausta seinärakenteisiin kiinnitetyillä harja-anturipareilla (Kuva 4). Esitetyn menetelmän käyttö tulee yleensä kyseeseen tapauksissa, joissa kyse on pohjavedenpinnan alapuolisista rakenteista nousevasta kosteudesta. Menetelmä ei ole vielä yleisesti käytössä ja siitä on kansallisesti vähän tutkittua tietoa saatavilla. Siihen ei ole olemassa vakiintunutta toimintatapaa tai suunnitteluohjetta. Menetelmä tulee kyseeseen vain, kun mikään muu tavanomaisesti käytettävä menetelmä ei sovellu kohteeseen.



**Kuva 5.** Seinän kosteudenpoistolaite ja johtokykymittaus seinärakenteeseen asennettulla harja-anturiparilla (vasen yläkuva). Esimerkki kuivatettavasta rakenteesta (oikea yläkuva). Prosessiohjattu kosteudenpoistolaite, master-laite (EcoDry Zeta III) (vasen alakuva). Slave-laite (INPOINT) (oikea alakuva). (Kuvat: Esko Sistonen)

## 3.5 Työmaan olosuhteiden hallinta

### 3.5.1 Pölyn- ja puhtauden hallinta

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjausten erityispiirteiden vuoksi suojaus-, osastointi-, alipaineistus- ja puhdistustyöt otetaan huomioon kaikissa työmaavaiheissa. Tilaajan on edellytettävä urakoitsijalta valmiin tilan käyttötarkoituksen mukaisia puhtaudenhallintasuunnitelmia jo suunnittelu- ja urakkatarjousvaiheessa. Korjauskohteissa seurataan, että pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelman mukaiset työvaiheet toteutuvat. Kun rakentamisen tavoitteena on sisäilmastoluokka S1 tai S2, työtavat kuuluvat puhtausluokkaan P1. Tällöin on erityisen tärkeää, että urakoitsijaneuvottelussa käydään läpi myös korotettua siivoustasoa koskevat erityisvaatimukset kosteus- ja mikrobivauriokorjauksiin liittyen (Manninen, 2017).

Pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmassa kuvataan myös rakentamisen aikainen työmaasiivous. Mikäli rakennuksen tilat ovat käytössä korjaustöiden ajan, työnaikainen puhtaudenhallinta on välttämätöntä käyttäjien kannalta. Työmaan jätteiden käsittelyyn ja siivoukseen liittyvä ohjeistus on selkeintä tehdä liitteeksi urakkarajaliitteeseen. **Puhtausluokkaa P1 tavoiteltaessa märkälaastien käytöllä ja erillisillä pölynkeräimillä voidaan vähentää hienon pölyn määrää työmaalla.** Korjaustyön valmistuttua on kaikki tilat puhdistettava asianmukaisesti. Kohteen luovutuksen jälkeen ylläpidetään tehostettua siivousta, esimerkiksi kaksi kuukautta korjauksen jälkeen. Seurantaa käsitellään luvussa 5.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen purku- ja puhdistustyöt ovat aina erikoisosaamista vaativaa työtä. Purkutyössä noudatetaan asetettuja ohjeita. Työskentelytilat on alipaineistettava ja eristettävä muista tiloista. Työntekijöiden hengityssuojaukseen, suojavarustukseen ja siivoukseen liittyviä työturvallisuusmääräyksiä on noudatettava (RT 18-11238, RaTu 82-0383). Osastoivan seinän yli voidaan tehdä jatkuvat paine-eromittauksia, joista kerätään tietoa järjestelmään. Myös painesuhteille tulee asentaa hälytysrajat. Pääasiassa nämä suunnitelmat laatii ilmanvaihtosuunnittelija.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjauksessa on kiinnitettävä työturvallisuuteen erityistä huomiota, sillä työntekijät altistuvat pölyn mukana leviävälle epäpuhtauksille.

Siivouksen tehostuksessa huomioidaan yläpölyjen siivous sekä ylimääräisten tavaroiden ja papereiden hävittäminen tai siirtäminen suljettaviin kaappeihin. Työmaalla kiinnitetään huomiota pölyn pääsyn estämiseen tuuletusrakoon ja mahdollisten tuuletusaukkojen puhdistettavuuteen. Kastelua tai sumutusta käytetään tarvittaessa pölyntorjuntaan (esimerkiksi luonnonhiekan käyttö). Pölyävät työvaiheet ajoitetaan eri aikaan muihin töiden nähden. Puhdistettavan pinnan läheisyydessä tulee olla tehokkaan imurin imuaukko, joka imee pölyn pois. Rakennussiivouksessa käytettävien imurien suodattimet ovat vähintään tasoa HEPA 13 (High Efficiency Particulate Air filter, 99,95 % hiukkasista pysähtyy suodattimeen). Loppusiivouksessa erityishuomio keskittyy vaikeasti tavoitettaviin ja monimuotoisiin pintoihin, jotta vaadittavaan P1-tasoon päästään. Sama pätee ilmanvaihtojärjestelmään. (Manninen, 2017)



**Kuva 6.** Suojaukset ovat olennainen osa pölynhallintaa (Kuva: Esko Sistonen).

Koneellinen pölynhallinta ja osastointimenetelmät ovat oleellisia epäpuhtauksien vähentämisessä.

Pölyn kulkeutuminen estetään suojauksin ja osastoinnein (Kuva 6). **Osastointi tarkoittaa korjattavan alueen saumojen ja kulkureittien sulkemista ja tiivistämistä muihin tiloihin päin, tai tarvittaessa väliaikaisten seinien rakentamista.** Työalue osastoidaan pienempiin osastoihin pölyn leviämisen estämiseksi. Tuulikaappina käytettävä suojarakenne osastojen välisen kulkuaukon edessä estää pölyn leviämistä tilojen välillä.

Osaston rajalla työskentelyalueelle kuljetaan mattojen yli, jotta likaisemmilta alueilta ei kulkeudu pölyä ja irtolikaa asennusalueelle. Sisätiloissa on rakennustyövaiheen mukaisesti käytettävä osastojen välisillä kulkuaukoilla vaihtomattoja, koska rakennuspöly on pääsääntöisesti hienojakoista ja kulkeutuu helposti jalkineissa alueelta toiselle.

**Sulkuosasto** on osastoitavien rakennusosien väliin kahdella osastoivalla seinärakenteella toteutettu osasto, johon on asennettu alipaineistuslaitteisto. Kun olemassa olevat rakenteet eivät ole tarkoituksenmukaisia osaston muodostamiseen tai niiden tiivistyksillä ei saada luotua toimivaa osastointia, käytetään erikseen rakennettavia suoja-seiniä. Suojaseinä rakennetaan vähintään noin puolen metrin etäisyydelle osastovasta rakenteesta käytössä olevien tilojen puolelle. Seinärakenne voidaan rakentaa esimerkiksi rakennusmuovista ja puurimoista pingottamalla.

Ennen töiden aloittamista osastoa rajaavien rakenteiden läpi menevät ilmanvaihto- ja putkiosat puretaan pois ja jäävät osat tulpataan siten, ettei kanavien kautta pääse leviämään pölyä. Läpivientien tiivistysten jälkeen suojaseinän ja osastoivan seinärakenteen väliseen sulkuosastotilaan asennetaan alipaineistuslaitteisto, joka poistaa ilmaa seinien välistä. Laitteistot kytketään kiintein sähköasennuksin toimintaan. Kun koneet ovat päällä, tarkastetaan osastojen rajapintojen tiiviys merkkisavuilla.



Osastojen välisten suojaseinien muovitukset ovat hyvä indikaattori osaston pölyhallinnan toimivuudesta. Jos muovi on lommolla siihen osastoon päin, jossa on alipaineistuslaitteisto, on ilmavirtaus oikeaan suuntaan. Tehokkaimmat keskuspölynimurijärjestelmät voivat poistaa myös työstöjätteet suoraan rakennuksen ulkopuolelle asennettuun säiliöön tai konttiin.

**Pidempiäikäistä suojaseinää tarvittaessa** seinärunko ja sen kiinnittäminen tulee toteuttaa kestävämmiin rakenteisiin. Rungoksi on suositeltavaa käyttää puista 66 mm:n väliseinärunkoa, joka kiinnitetään mekaanisin kiinnikkein katto-, seinä- ja lattiarakenteisiin. Pitkäkestoisilla työmailla, joissa tarvitaan erikseen rakennettavia osastoivia suojaseiniä, on suositeltavaa käyttää normaaleja kevytrakenteisiä väliseiniä vastaavia rakenneratkaisuja, kuten kipsilevyseiniä.

Muoviovet soveltuvat lyhytaikaisiin muovisiin suojaseiniin. Paikalla rakennettavien ovien rakenne voi olla suojaseinärakennetta vastaava, eli rakennuslevy-villa-rakennuslevy. Kulku kerrokseen rajoitetaan yhteen pisteeseen, johon rakennetaan tarvittaessa osastoiva suojaseinä kiintein rakentein. Alueet, joissa voi olla riski ilmapuodoista tai asiattomien pääsystä työmaa-alueelle, tulee niin ikään sulkea kiinteärakenteisin suojaseinin.

**Kaikkiin pölyäviin työvaiheisiin tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää sellaisia työvälineitä, jotka on varustettu kohdepoistolla.** Kohdepoistolla pöly poistetaan työkohteen välittömästä läheisyydestä ja näin estetään sen leviäminen tilaan. Näin tiloihin vapautuvan pölyn määrää pystytään vähentämään jo pölyn syntyvaiheessa. Koska työmaan sisäilman pölyhallintaan käytettävä koneet ovat paikallisia ja tehoaan huolimatta ne eivät pysty aina käsittelemään koko työmaan ilmatilavuutta, tulee myös työskentelymenetelmissä kiinnittää huomiota pölyhallintaan.

Mikäli työskentelyalueen tilat sijoittuvat rakennuksessa siten, ettei niistä saada ohjattua poistoilmaa ulos, voidaan pöly kerätä ilmasta pois tarkoitukseen soveltuville, erillisillä ilmanpuhdistimilla, jotka on tarkoitettu rakennustyökäyttöön, tai vaihtoehtoisesti alipaineistuslaitteistoilla, joissa on riittävän hyvä suodatus. Laitteiden jatkuva toiminta on oleellinen osa pölyhallinnan toimivuutta. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kahta laitetta, jolloin osaston pölynpoisto ei lakkaa kokonaan, vaikka yksi laite sammuisi.

(Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

### 3.5.2 Purkutyöt ja vaurioituneiden rakennusmateriaalien poistaminen

Kappaleen 3.5.1 mukaisesti kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen purkutyöt edellyttävät osastointia, suojausta ja hallittua jätteenkäsittelyä. Purkualueen eristäminen ja alipaineistaminen muusta rakennuksesta purkutyön aikana tehdään erityisen huolellisesti ja noudattaen kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkuohjetta (Ratu 82-0383).

Varsinkin purkutöiden yhteydessä rakenteista ja materiaaleista irtoaa paljon mikrobi-peräisiä epäpuhtauksia, jotka liikaavat myös kaikki ilman kanssa tekemisissä olevat materiaalit. Epäpuhtaudet kulkeutuvat ihmisten, tavaroiden, laitteiden ja koneiden mukana purkutyöalueelta muihin suojaustoimenpiteet eivät ole kunnossa. Purkutyön aikaisesta ja jälkeisestä siivouksesta sekä jätteiden turvallisesta siirrosta onkin huolehdittava erityisellä tarkkuudella. Perinteinen rakennussiivous ei korjaustöiden jälkeisessä loppusiivouksessa riitä, vaan kaikki pinnat puhdistetaan imuroimalla HEPA-su-

dattimella varustetulla imurilla sekä nihkeäpyyhinnällä. Suojaus- ja osastointimateriaalien purku, siivoustyön järjestys ja siivousvälineiden käyttö vaativat erityistä tarkkuutta (KH 90-00610, 2016; Työterveyslaitos, 2016).

**Purkutyö tehdään mahdollisimman pölyttömästi.** Kaikkien pölyä aiheuttavien purkutöiden on oltava tila- ja osastokohtaisesti suoritettuina ennen pintojen käsittelyä pohjustusaineella, jotta korjaustyö voidaan suorittaa tuoteohjeen mukaisesti pölyttömälle pinnalle. Talotekniikan poistettavat osat puretaan mahdollisuuksien mukaan ennen varsinaista purkutyötä. Kantavien rakenteiden purkutyöt suoritetaan purkutyösuunnitelman mukaisessa järjestyksessä ottaen huomioon rakenteiden säilyvyys, stabiilius (tuennat) sekä työntekijän turvallisuus. Työntekijän altistuminen purkutyön yhteydessä rakenteista vapautuville mikrobeille ja muille epäpuhtauksille estetään. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

### 3.5.3 Kosteudenhallinta

Tilaa huolehtii ulkopuolisen kosteudenhallintakoordinaattorin avulla kosteudenhallinnan toimintamalli Kuivaketju10:n toteutumisesta korjaustöissä sekä kosteudenhallintaselvityksen tekemisestä jo lupavaiheessa (Helsingin kaupunki, 2014; RIL 241-2016; <http://kuivaketju10.fi>). Asetusten osalta kosteudenhallinta on esitetty kappaleessa 2.3.3. Rakenteiden kuivattaminen on esitetty kappaleessa 3.1.5.

Työmaalla vastuu kosteudenhallinnasta kuuluu vastaavalle työnjohtajalle ja työntekijöille, ja työmaan kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamisesta huolehtii vastaava työnjohtaja. **Kosteudenhallintakoordinaattori ohjaa kosteudenhallintatoimenpiteitä, tekee tarkastuskierroksia työmaalla ja määrittelee esimerkiksi päällystettyvuusluvut kosteusmittaustulosten perusteella.** Kosteudenhallinnassa käytetään pätevoityntä sertifioitua kosteudenmittaajaa, jonka pätevyys ja käytetyt mittausmenetelmät varmennetaan. Kosteudenhallinnan suorittamisesta laaditaan mittauspöytäkirjat. Tilaaja tekee tarvittaessa rakennekosteuden tarkistusmittauksia ja valvoo mittauksia.

Olosuhteiden ja rakenteiden kosteuden ja lämpötilan mittaamisen lisäksi kosteudenhallintaan kuuluvat esimerkiksi (RIL 241-2016):

- korjauskohteiden erityispiirteet,
- rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä rakennusosien suojaustoimenpiteet,
- työmaa-aikainen veden käyttö,
- timanttikorauksissa käytettävän veden määrän minimoiminen,
- vanhojen rakenteiden kastumisen estäminen,
- korjaustyönäikaiset suojaukset.

**Rakenteissa on pyrittävä käyttämään kosteusteknisesti mahdollisimman riskittömiä materiaaleja.** Työmaalle tuleva materiaali ja rakenneosat suojataan kastumiselta välivarastoinnin ja asennuksen aikana. Säsuojauksen tulee olla asiallinen (ei pelkkiä suojapeitteitä), materiaaleilla on oltava erillinen varastointialue. Runkovaiheessa alakerrosten kosteudelle herkkiä vaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatko on kiinni. Kuivatuksen alkaessa lisäkosteuden pääsy rakennukseen estetään. Kuivatuksen tehokkuutta, kuivumisolosuhteita ja rakenteiden kuivumista seurataan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittauksin. Sisäilman suhteellinen kosteus pyritään pitämään alle 50 %:ssa ja lämpötila yli 20 °C:ssa.

Suhteellisen kosteuden ja rakennekosteuden mittausvelvoite on urakoitsijalla. Kosteusteknisesti kriittiset rakenneosat mitataan. **Kosteusmittausten tulee olla tehtynä ennen lattioiden päällystystä.** Päällystettävyyttä määrittäviä mittauksia ei tehdä pintakosteuden osoittimilla. Rakenteiden kosteusmittauksia tehdään jokaisesta kerroksesta sekä paikalla valetuista että elementtirakenteista. Kosteusmittauksessa käytetään vähintään kahta mittareikää määrityssyvyydessä. (Sisäilmayhdistys ry, 2018) (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

### 3.5.4 Jäävien pintojen puhdistaminen

Jäävien pintojen puhdistus- ja käsittelymenetelmät kuuluvat aina kosteusvauriokorjauksen kokonaisuuden hallintaan.

Mekaanisten puhdistusmenetelmien valintaa on aina harkittava tapauskohtaisesti. Menetelmältä vaadittava puhdistus- ja purkuteho ja toisaalta menetelmän pinnoille ja ympäröiville rakenteille mahdollisesti aiheuttamat riskit ja vauriot on otettava huomioon. Betonipintojen mekaaniseen käsittelyyn löytyy useampia ratkaisuja kuin esimerkiksi tiiliseiniä käsittelyyn. Käytettävä puhdistustapa riippuu pinnan laadusta sekä työteknisistä rajoituksista. **Erilaisia käsittelymenetelmiä ovat puhallusmenetelmät, hionta, jyrshintä ja kuumentaminen.**

**Puhallusmenetelmiä ovat sooda-, suihku-, vesihiekka-, hiilihappojää- ja sinkopuhallus.** Niitä voidaan käyttää esimerkiksi suurten betonilattiapintojen, vanhojen tiilitai hirsirakenteiden sekä puu- ja metalliosien puhdistamiseen. Yleisin menetelmä on hiekkapuhallus, jolla tarkoitetaan pinnan mekaanista puhdistusta paineilman avulla käyttäen rakeita mukana. Soodapuhallus on käyttökelpoinen, kun halutaan käyttää niin sanottua pehmeämpää menetelmää. Se soveltuu hyvin metalli- ja puupintojen käsittelyyn. Sinkopuhallus on puhdistusmenetelmä, jossa erikokoiset ja -muotoiset metallikuulat isketetään kovalla voimalla puhdistettavaan pintaan.

Hiontaa käytetään esimerkiksi lattiatasoitteiden poistossa. Se on kevyempi menetelmä kuin jyrshintä, jolla ulotutaan huomattavasti syvemmälle rakenteeseen ja joka on tehokas menetelmä epäpuhtauksien poistoon. Jyrshintä tehdään tyypillisesti kahteen kertaan niin sanotusti ristiinjyrshintänä.

Kuumentamisella tarkoitetaan rakenteen liekittämistä. Menetelmän tavoitteena on poistaa rakenteen pinnalta kaikki siihen jäänyt orgaaninen materiaali polttamalla, jolloin myös pinnalla olevat mikrobikasvustot ja itiöt tuhoutuvat. Syvemmällä betonissa olevien rihmastojen tai itiöiden tuhoamiseen lämpövaikutus on riittämätön. Menetelmällä voidaan mahdollisesti vähentää rakenteessa esiintyviä hajuja.

Pintakerroksen mekaanisesta poistamisesta ja pinnan huolellisesta puhdistamisesta huolimatta rakenteeseen voi jäädä hajuja, joita voidaan yleensä vähentää paksumalla pintakerroksen poistamisella. Hajujen poistumista voidaan tehostaa myös rakenteen jaksottaisella lämmityksellä ja tilan tuuletuksella. Rakennusmateriaaliin sitoutuneiden kaasumaisten yhdisteiden poistuminen on usein hidasta. Tehostettua lämmitystä ja tuuletusta ylläpidetäänkin yleensä noin 2-3 viikkoa, jonka jälkeen arvioidaan muiden lisätoimien tarve.

Myös jo tehdyt pinnat on puhdistettava ennen uusia työvaiheita.

(Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

**Mikrobien poistoon tarkoitettuja desinfiioivia biosideja ei tule käyttää mikrobi-vaurioituneen rakenteen puhdistamiseen, homesiivouksen yhteydessä tai mikrobikasvun ehkäisyyn.** Biosideja käytetään **vain erikoistapauksissa**, kuten hajunpoistossa tai viemäriveden likaamissa materiaaleissa, joita ei voida poistaa. Ennen biosidikäsittelyä tila tyhjennetään irtaimistosta ja vaurioitunut materiaali poistetaan, jos mahdollista, tai käsiteltävä pinta puhdistetaan mekaanisesti. Työturvallisuudesta ja riittävästä varoajasta ennen tilojen käyttöönottoa on huolehdittava. Tilojen käyttäjälle tulee ennen biosidien käyttöä antaa riittävät tiedot tuotteiden mahdollisista haitallisista terveysvaikutuksista käyttöturvallisuustiedotteeseen ja Tukesin ohjeisiin perustuen.

Hajunpoistoon voidaan vaikeissa tapauksissa käyttää otsonointia. Otsonoinnin soveltuvuus materiaalille, varoajat ja suojaustoimenpiteet on selvitettävä huolellisesti, ja käsittelyn suorittaa viranomaisen hyväksymä asiantuntija. Käsittelyn aikana tilan otsonipitoisuudet ovat ihmiselle haitallisia, ja otsonin ja tilan materiaalien kemiallisten reaktioiden seurauksena syntyy uusia yhdisteitä, jotka voivat olla terveydelle vaarallisia. Materiaaleja, joihin otsoni voi vaikuttaa haitallisesti, ovat muun muassa betoni, kipsilevy, luonnonkumi, neopreeni, lateksimaali, linoleumi ja puulattiat, kokolattiamatot, vahat ja kiillotusaineet. Otsonin kulkeutuminen käsiteltävästä tilasta ilmanvaihdon kautta muihin tiloihin on estettävä. (Asikainen ja Peltola (toim.), 2008; Aronpää, 2015; Louhelainen, 2016; Hartikainen (toim.), 2013; Työterveyslaitos, 2016; Louhelainen et al., 2016; RT 18-11238; Valvira, 2013)

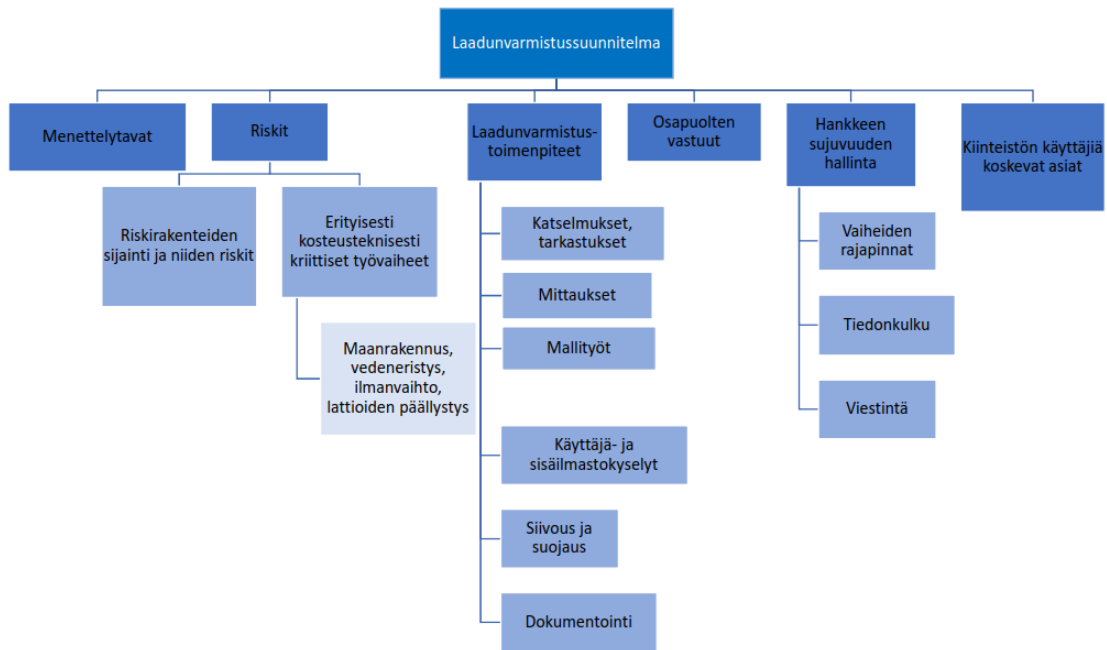
## 4 Laadunvarmistusmenetelmät

Laadunvarmistus kuuluu kaikille hankkeen osapuolille ja on osa eri hankevaiheita. Onnistuneen hankkeen ja laadunvarmistuksen edellytyksenä on sujuva informaatio hankkeen osapuolten välillä. Osa laatuasioista, esimerkiksi toiminta työmaa-alueella tai alustan kunto purkutyön jälkeen, tarkentuu työn edetessä, joten työmaakokoukset ovat tärkeä osa korjaushankkeen laadunvarmistusta (Ratu KL-6019, 2011). Myös urakoitsijapalaverit ja erilliset katselmukset ovat tärkeitä työmenetelmien yhteensovittamisen kannalta.

**Korjausten suunnitteluvaiheessa** asetetaan selvät mitattavissa olevat tavoitteet korjaushankkeen toteutukselle, sisäympäristön laadulle sekä tilojen terveellisyydelle korjausten jälkeen. Korjaussuunnittelija määrittelee, tilaaja hyväksyy ja urakoitsija toteuttaa hankkeen laadukasta toteutusta varten tarvittavat laadunvarmistustoimenpiteet. Laadunvarmistusselvityksessä kuvataan työnaikainen laadunvarmistus, vastuut, työvaiheiden dokumentointi, olosuhdehallinta, pölyn- ja puhtaudenhallinta, kosteudenhallinta sekä työmaanaikainen ja loppusiivous. Tilaaja voi suunnitteluvaiheessa asettaa myös tavoitteet olosuhdehaittojen vähenemisestä vertailutasolle, vähäpäästöisten materiaalien käytöstä ja vaaditusta sisäilmastoluokasta (Poutiainen, 2017; Sisäilmastoluokitus 2008; RIL 241-2016).

Kaikki urakoitsijalle kuuluvat kokeet ja mallityösuoritukset kirjataan selkeästi myöhempien kiistojen ja sekaannusten estämiseksi. Urakoitsija hyväksyttää tilaajalla kosteusteknisesti kriittisten tai sisäilmakorjauksiin liittyvien työvaiheiden suorittajat tai alihankkijat ennen työsuorituksen aloitusta, sekä järjestää näiden työvaiheiden aloituskatselmukset (Pietiläinen et al., 2007).

**Laadunvarmistussuunnitelma** on koko hanketta koskeva ja hankekohtaisesti laadittava dokumentti tavoitelaadun varmistamiseksi. Se voi vielä muuttua ennen korjaustöiden aloittamista. Laadunvarmistustoimenpiteet ilmoitetaan yleensä korjaustyö- ja purkutyöselostuksessa, ja myös noudatettavat määräykset, asetukset ja ohjeet kirjataan. Isoissa hankkeissa on suositeltavaa laatia erilliset laadunvarmistusta koskevat dokumentit, kuten pakollinen kosteudenhallintasuunnitelma, kuivaketju10 -toimintamallin mukaiset tarkastuslistat (<http://kuivaketju10.fi/>) sekä pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelma. Yritysten laatujärjestelmät eivät korvaa laadunvarmistussuunnitelmaa (Pietiläinen et al., 2007). Laadunvarmistussuunnitelmaan sisällytettäviä asioita on esitetty kuvassa 7.



**Kuva 7. Laadunvarmistussuunnitelman sisältöä.**

Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeessa riskienhallinta korostuu verrattuna tavanomaiseen korjaushankkeeseen. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushanke eroaa tavanomaisesta hankkeesta myös pölyn- ja puhtaudenhallinnan suhteen (Manninen, 2016). Osa laadunvarmistustoimenpiteistä, käyttöönottokokeista ja toimintakokeista kohdistuu rakenteilla oleviin rakenteisiin ja osa tehdään vasta korjaustoimenpiteiden valmistuttua (seuranta). Laadunvarmistuskokeita voidaan teettää urakkaan kuuluvana tai tilaaja voi teettää niitä itse. (RT 10 -11255, 2017; Asikainen ja Peltola, 2008; Rakentajain kalenteri 2017)

Tärkeimpiä ja käytetyimpiä laadunvarmistustoimenpiteitä ovat työmaan olosuhdehallinta, kosteuden mittaukset, työvaihetarkastukset, mallityöt, loppusiivouksen laadunvarmistus, merkkiainekokeet ja lämpökuvaukset sekä niiden dokumentointi. Onnistuneen työn toteutuksen tärkeimpänä edellytyksenä on suunnittelijoiden ja urakoitsijan välinen yhteistyö.

Laadunvarmistustarkastukset kannattaa tehdä yhdessä korjaussuunnittelijan kanssa. Ulkopuolista asiantuntijaa on suositeltavaa käyttää tarpeen mukaan tekemään muun muassa lämpökuvauksia, merkkiainekokeita, kosteusmittauksia, pitoisuusmittauksia ja muita tarvittavia menetelmiä korjauksen onnistumisen todentamiseksi. Soveltuvia asiantuntijoita ovat esimerkiksi rakennusterveysasiantuntija RTA (ensisijaisesti rakennustekninen koulutus) tai kosteusvaurion kuntotutkija KVKT (pakollinen rakennustekninen koulutus). (Valvira, 2016). Ulkopuolisen asiantuntijan käyttö lisää riippumattomuutta ja läpinäkyvyyttä. Hankkeen kannalta kriittisimpien vaiheiden laadunvarmistukseen ja valvontaan kiinnitetään erityistä huomiota koko hankkeen ajan.

**Rakentamisvaiheen laadunvarmistukseen** kuuluvat työsuoritteiden tavoitelaadun toteutumisen seuranta, työmaan olosuhdehallinta, rakennusaikaisen kosteuden hallinta, työvirheiden määrän minimointi ja työturvallisuus. Työn laatua seurataan tarkastuksilla ja mittauksilla sekä varmistamalla dokumentointi. Laadunvarmistuksen välineenä, vastuunjaon selkeyttäjänä ja laadunvarmistuksen dokumenttina voidaan käyttää myös tarkastuslistaa. Tarkastuslistan asiat jaetaan ennen työn aloittamista, työn

aikana ja työn jälkeen ulkopuolisen asiantuntijan tekemiin tarkastettaviin asioihin (Ratu KL-6019, 2011; RIL 241-2016).

Korjaustyön valvoja ja suunnittelija tarkistavat ja hyväksyvät mallityöt ja laadunvarmistuskokeet. Lisäksi myös varsinaiset korjaukset tulee tarkistaa silmämääräisesti. Valmiiden pintojen mallitöiden tarkastuksissa on paikalla valvojan ja suunnittelijan lisäksi myös tilaajan edustaja, tarvittaessa myös käyttäjät. Koko työmaan ajan tehtäviä laadunvarmistuskokeita ovat esimerkiksi tiivistyskorjausten merkkiainekokeet, ulkovaiipan ilmanpitävyys (tiiviysomittaus paine-eromenetelmällä), lämpökuvaus ja savukokeet, ilmanvaihdon tasapainotus painesuhteiden hallitsemiseksi ja korkeiden tilojen painesuhteiden tarkastus. Niiden perusteella puutteet voidaan heti korjata. (Poutiainen, 2017; Levänen, 2016; Asikainen ja Peltola, 2008). Peittyvien rakenteiden laadunvarmistus on tehtävä ennen niiden peittämistä, jotta mahdolliset puutteet voidaan huomata ja korjaustoimenpiteet on helpompi suorittaa. Kaikki peittyvien rakenteiden korjaukset tulee tarkistaa vähintään silmämääräisesti.

Kehittynyt mittaritekniologia mahdollistaa mittalaitteiden asennuksen korjaussuunnittelijan määrittelemiin rakenteiden kriittisiin kohtiin. Mittareilla voidaan seurata ja arvioida rakennuksen toimivuutta. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon anturien mittaustarkkuus, jolloin absoluuttisten arvojen sijasta voidaan päästä ainoastaan muutosten havainnointiin. Pidemmälle meneviä johtopäätöksiä voidaan yleensä tehdä, kun laatuvaatimuksena on erittäin suuri mittaustarkkuus, usein alle  $\pm 1,0$  %. Merkkiainekokeet ovat kuitenkin uonteeltaan on-off-tyyppisiä ratkaisuja (ilmaisimella havaitaan kaasun kulkeutumisreitit rakenteen läpi tutkittavaan tilaan). Luvussa 5 käsitellään tarkemmin rakenteisiin pysyvästi asennettavia mittaustureita ja vaihtoehtoisia mittaustapoja.

**Käyttöönottovaiheessa** ennen loppukatselmusta rakennukselle ja laitteistoille tehdään tarkistusmittaukset ja työ todetaan hyväksytyksi sekä tehdään loppusiivouksen laadunvarmistus. Käyttäjiä opastetaan tilojen oikeasta käytöstä. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017) Kiinteistönhoitajien tulee olla läsnä toimintakokeiden aikana. Taloteknisten järjestelmien, kuten lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden sekä koneellisesti tuuletettujen rakenneseinien järjestelmien toimivuus tarkastetaan ja testataan. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastelussa mitataan tilakohtaiset ilmamäärät ja rakennuksen painesuhteet sekä varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus. Tilaaja voi myös testauttaa urakoitsijan ilmoittamia arvoja, esimerkiksi lämpötilojen, virtaamien, paineiden, äänitasojen ja käyntiaikojen arvoja. (Poutiainen, 2017) Korjausten onnistumisen seuranta käsitellään tarkemmin luvussa 5. Kiinteistön käytön aikaisissa tarkastuksissa ja mittauksissa varmistetaan rakennuksen toimivuus korjauksen jälkeen.

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015):

- Työmaan aikana on tehty laatuun liittyviä tarkastuksia,
- työmaan valvoja on todennut, että urakoitsija on menetellyt sopimuksen ja esitettyjen vaatimusten mukaisesti,
- huonoa suoritusta ei ole hyväksytty, vaan on vaadittu virheen korjaus urakoitsijalta,
- laiminlyöntien varalle nimetyistä sanktioista on myös pidetty kiinni,
- urakoitsijalle maksetaan bonusta siitä, jos jokin tehtävä onnistuu ja se todetaan sopimuksen mukaisin menettelyin,
- lisätyöt ovat tiedossa vastaanotossa (eikä vasta sen jälkeen),
- laadunvalvontaa on käsitelty tarkemmin viikoittaisissa urakoitsijalavereissa,
- laadunvalvonta on dokumentoitu muistioin ja valokuvin,

- korjausperusteista, korjaustoimenpiteistä ja korjausten suorittajasta ja urakoitsijan lopullisesta aikataulusta on tiedotettu,
- käyttäjille osoitetuissa tiedotteissa on kuvia mukana,
- viestinnän ja koulutuksen vastuutus ja työnjako on tehty selväksi,
- viikkotiedotteet käyttäjille on laadittu urakoitsijan toimesta korjaustöiden alusta vastaanottoon saakka,
- käyttäjille on järjestetty työmaakäyntejä,
- ohjeet tiloihin tuotavan irtaimiston käsittelystä (mm. tuuletusajat, rajoitukset) on toimitettu käyttäjälle.

Laadunvarmistustoimenpiteitä ei tule rajoittaa vain sisäilmaa rajaaviin rakenteisiin, vaan rakennusta käsitellään kokonaisuutena, ennakoivana kiinteistönpitona. Rakennuksen jatkuvalla kunnossapidolla varmennetaan sen toimintakyky. Rakennusosat ikääntyvät ja niillä on rajallinen käyttöikä. Käyttö- ja huolto-ohje, kuntoarvio, -todistus ja -tutkimus, energiakatselmus sekä korjaussuunnitelma ovat tärkeimmät työkalut ennakoivassa kiinteistönpidossa. (Ympäristöhallinto, 2016)

## 4.1 Purkutyöt

Purettavien ja säilytettävien rakenteiden ja rakennusten vakautta ja kestävyyttä sekä tuentojen toimivuutta ja pölynhallintaa seurataan purkutyön aikana. Tarvittaessa rakennusosien, rakenteiden ja pintojen kelpoisuus varmistetaan erillisillä tarkastuksilla, lujuuslaskelmilla ja kokeilla. Laadunvarmistustoimina voidaan mitata esimerkiksi rakenteiden toleransseja, tartuntaominaisuuksia tai pintojen puhtausasteita sekä haitta-aineita. Myös mallitöitä voidaan käyttää. Tarvittavat puutteet korjataan ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. (KorjausRYL, 2016; KorjausRYL, 2017)

Purkutyön jälkeiset ja korjaustyön aikaiset katselmuksot ovat osa laadunvarmistusmenetelmiä. Puhdistustoimenpiteet ja olosuhteet dokumentoidaan. Dokumentointina voidaan käyttää muistioita, valokuvia ja työvaiheita ja sen valmiutta kuvaavia dokumentointitapoja. Näin puhdistustoimenpiteisiin voidaan palata vielä korjausten jälkeen, ja tieto välittyy rakennuksen korjaushistoriaan sekä mahdollista terveydellisen merkityksen arviointia varten työterveyshuoltoon ja viranomaisille. Tilan käyttöönotosta laaditaan asiakirja, jossa todetaan tilan puhtaus ja jatkokäytön turvallisuus. (KorjausRYL, 2016)

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015):

- Materiaalit ja jätteet on käsitelty asiallisesti,
- korjausten aikainen suojaus on tehty huolella.

## 4.2 Pölyn- ja puhtaudenhallinta

Korjaushankkeen puhtaustasojen laadunhallinnasta vastaa ulkopuolinen asiantuntija (puhtaudenhallinta-asiantuntija), joka huolehtii siitä, että laadunvalvonnan toteutus ja dokumentointi kirjataan pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmaan. Puhtaudenhallinta-asiantuntija valvoo työmaan puhtaustasoa. Dokumentointia tehdään koko työmaavaiheajan, erityisesti kosteus- ja mikrobivauriokohteissa ja puhtausluokan P1 kohteissa. Urakoitsijan on perehdyttävä ja sitouduttava pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelmaan ennen korjaustöiden aloitusta tavoitteisiin soveltuvien laitteiden ja menetelmien valitsemiseksi. Siivoukseen varattu aika, siivouksen ajoitus sekä työntekijöiden perehdyttäminen ja motivaatio vaikuttavat työn laatuun. Korjaus- ja uudisrakentamiskohteet eroavat epäpuhtauslähteiden ja loppusiivouksen laajuuden osalta merkittävästi, ja



tämä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa loppusiivousta ja sen laadunvarmistusta (Manninen, 2017).

Puhtaudenhallinta-asiantuntija arvioi silmämääräisesti kaikkien pintojen puhtauden ennen kuin tehdään käyttöönottovaiheen ilmanvaihdon toimintakokeet. Loppusiivous tehdään kaksivaiheisena ennen toimintakokeita ja ennen käyttöönottoa. **Arvioinnissa kiinnitetään huomiota myös alakattojen yläpuolella sijaitseviin pintoihin.** Ennen rakennuksen luovutusta näkyvät pinnat arvioidaan vielä uudelleen, mutta alakattojen yläpuolisia pintoja ei enää arvioida.

**Pintojen pölykertymä** (Sisäilmastoluokitus 2008) mitataan tarvittaessa INSTA 800:2000 -standardin (SFS 5994) mukaisella geeliteippimenetelmällä. Mittaus tehdään aikaisintaan kahden tunnin kuluttua siivouksesta, jotta ilmassa leijuva pöly ehtii laskeutua. Mikäli korjaustyö tehdään puhtausluokan P1 mukaisesti, pintojen pölykertymille on määritetty enimmäisarvot. Sallitut enimmäisarvot voidaan sisällyttää sopimuksiin, vaikka työtä ei kokonaisuudessaan tehtäisi P1-luokan mukaisesti. Ilmassa esiintyvien pienhiukkasten mittaus voidaan suorittaa jatkuvatoimisin mittalaittein (ks. luku 5). Kalusteiden ja irtaimiston puhdistus suoritetaan erillisen ohjeen mukaisesti (Työterveyslaitos, 2016). Samoin käyttäjien muuton ohjeistuksesta huolehditaan. Esimerkiksi pölyisten tavaroiden, papereiden ja huonekalujen siirtoa korjattuun kohteeseen on hyvä välttää.

**Käyttöönoton jälkeinen** puhtauden laadunvarmistus (ks. luku 5) edellyttää sitä, että tilojen loppukäyttäjät toimivat puhtaustavoitteiden mukaisesti, ja ylläpitosiivoukset tehdään hyvin. Kun korjattavassa rakennuksessa työskentelee tai asuu korjauksen aikana rakennuksen käyttäjiä, heitä on informoitava puhtaudenhallinnasta, pölysuojauksista, kulkureiteistä, ilmanpuhdistimista ja loppusiivouksesta sekä näihin liittyvistä aikatauluista. (Visuri, 2015; Sisäilmastoluokitus 2008)

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Hokkanen, 2014):

- Loppusiivousohje ja puhtaudenhallintaohje on laadittu sovitusti,
- urakoitsija on nimennyt vastuuhenkilön puhtaudenhallintaan,
- puhtauden laadunvalvontamittaukset on toteutettu suunnitellusti,
- osastoinnin pitävyyden tarkistetaan: läpiviennit ja rakenneliittymät tarkistetaan merkkisavuun,
- tarkistetaan, että ilmavirtausten suunta on käytössä olevalta alueelta rajapinnan sulkuosaston sisään ja tästä työskentelyalueelle,
- tarkistetaan, että työosaston tai kulkuosastoinnin tuulikaapin ovet sulkeutuvat itsestään,
- tarkistetaan suojaseinien yhteneväisyys läpivientien kohdalla ja alakattojen yläpuolella,
- tarkistetaan ettei kukaan työntekijä voi kytkeä laitteita pois päältä epähuomiossa, jolloin koko pölyhallinnan toimivuus vaarantuisi.

## 4.3 Kosteudenhallinta

Rakenteiden kuivumista seurataan työmaan käynnistysvaiheessa laaditun kosteudenhallinta- ja kosteudenmittaussuunnitelman mukaisilla toimenpiteillä ja mittauksilla. Mittausten raja-arvot (päällystettävyyden enimmäisarvot ja työmaan olosuhteet) riittävän kuivumisen varmistamiseksi esitetään kosteudenhallintasuunnitelmassa. Mitattavia tekijöitä ovat sisäilman suhteellinen kosteus (RH) ja lämpötila (T) riittävän hyvien kuivumisolosuhteiden varmistamiseksi sekä betonirakenteiden suhteellinen kosteus (RH)

rakenteiden kuivumisen toteamiseksi. **Kosteusmittaukset ja olosuhdeseuranta (rakenteiden kuivumisen varmistaminen) tehdään vähintään kosteusteknisesti kriittisistä rakenneosista (esimerkiksi liikuntasäule ja sokkelirakenne) sekä kastuneista rakenteista.** Olosuhdeseurantamittaus suoritetaan ilmasta. Suositeltavaa on mitata vähintään yksi kohta rakennuksen kerrosta kohden. Betonin kosteusmittaukset suoritetaan betonirakenteeseen poratuista rei'istä tai rakenteesta otetuista näytepaloista. Betonin kosteuden mittaamisen avulla voidaan tarkentaa aiemmin tehtyjä laskennallisia kuivumisaika-arvioita. (Merikallio, 2009; RT 14-10984; Sisäilmayhdistys 2017) Puumateriaaleille sovelletaan erilaisia tutkimusmenetelmiä (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016).

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015):

- Tarvittavat kosteusmittaukset eri työvaiheissa (esimerkiksi ennen lattioiden päällystystä),
- asiallinen sääsuojaus (ei pelkkiä kevytpeitteitä),
- sokkelin vedeneristys on tehty kauttaaltaan hyväksytyyn mallisuorituksen mukaisesti,
- vesipainekokeet on tehty käännettyjen kattojen vedeneristystöiden laadunvarmistukseksi,
- tilaaja on tehnyt tarvittaessa rakennekosteuden tarkistusmittauksia ja valvonut mittauksia,
- kosteusmittausmenetelmät, kosteusmittaajan pätevyys, raportin sisältö ja tulosten arviointi ovat kunnossa,
- urakoitsijalla on nimetty vastuuhenkilö kosteudenhallintaan.

## 4.4 Tiivistyskorjaukset

**Tiivistyskorjauksien laadunvarmistusmenetelmiksi suositellaan mallityön tekemistä, aistinvaraista tarkastelua ja tavoitellun ilmatiiviuden varmistamista merkkiainekokeella.** Lisäksi on varmistuttava siitä, että urakoitsija on pätevä suorittamaan tiivistystyötä. Korjaussuunnittelija määrittelee työn sisällön. Tiivistyskorjauksissa työn huolellisuudella on tavanomaista suurempi merkitys hankkeen lopputuloksen kannalta. Merkkiainekokeet suorittavan ulkopuolisen asiantuntijan tulisi olla mukana hankkeessa alusta alkaen, jotta aikatauluista ja laadunvalvonnan periaatteista voidaan sopia kaikkien osapuolten kesken. (RIL 241-2016; Laine, 2014)

Tiivistyskorjausten haluttu **tiivystaso** määritellään ja suunnitellaan sen mukaan, mitä tiiviuden parantamisen kautta tavoitellaan. Laadunvarmistustyö tehdään merkkiainekokeilla, joiden perusteella voidaan määritellä tiivystaso 1 (tiivis), tiivystaso 2 (vähäisiä vuotoja) ja tiivystaso 3 (ei merkittäviä vuotoja). Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa halutaan usein estää rakenteissa olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan, jolloin tiivystaso on tiukin. Mitä vaativampi korjauskohde on kyseessä, sitä parempi tiivystaso vaaditaan. (RT 14-11197, 2015; RIL 241-2016) Pienentyneitä epäpuhtausmääriä voidaan poistaa myös toimivalla ilmanvaihdoilla.

**Mallityö tehdään samoilla materiaaleilla ja menetelmillä kuin varsinainen työ.** Sen avulla varmistetaan, että työ vastaa tavoitetta. Mallityö hyväksytään muun muassa aistinvaraisen katselmuksen ja merkkiainekokeen tulosten perusteella. Mallityön laadun ja laadunvarmistustulosten tulee vastata asetettuja tavoitteita. Hyväksytty mallityö ei takaa onnistunutta korjaustyötä, vaan myös koko korjattavan alueen tiivistystyön laatu varmistetaan laadunvarmistussuunnitelman mukaisessa laajuudessa. Valvonnalla varmennetaan, että myös varsinaisen työn lopputulos on laadukas.

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; By 41, 2016):

- Merkkiainemittauksella (RT 14-11197) on varmistettu tiivistämisen onnistuminen,
- läpiviennit ja liittymät on tiivistetty (myös esim. kiintokalusteiden kohdalta),
- höyrynsulun tiivistykset monimuotoisissa pilaripalkkirungoissa ja kevyissä ulkoseinissä ovat kunnossa,
- lämpökamera- ja ilmavuotoluvun määrittämistä varten tarvittavat tiiviyksmittaukset on tehty työmaa-aikana (mm. kylmäsiilat),
- seinäpinnan tasaisuus  $\pm 3$  mm / 2 m, mittaus RT 14-10373 mukaan, yksittäinen nystermä enintään 1 mm, ei hammastusta,
- tartuntapintojen puhtauden toteaminen ennen tiivistysmassojen levittämistä geeliteippimenetelmällä (SFS 5994) kaikilta pinnoilta,
- tuotteiden vetolujuuden ja tartuntavetolujuuden mittaaminen,
- alustan lujuus vetokokein, 5 rinnakkaista vetoa, vaatimus  $\geq 0,7$  N/m<sup>2</sup> tai järjestelmä- ja tuotekohtaisesti ilmoitettu vaatimus,
- tuotteiden (esimerkiksi liitosnauhojen) kolmioviiltokoe (RT 83-11032) täydentää aistinvaraisesti tartuntavetolujuuden mittaamista,
- tuotteiden kalvon tai kerrospaksuuksien määrittäminen (ei liian paksu tai ohut).

Kaikkien tiivistettyjen tilojen (tiivystaso 1) tai pistokoeluontoinen mallihuoneen jälkeinen **ilmatiiviyys tarkistetaan merkkiainekokeella** ennen tiivistykset peittävien rakenteiden asentamista. Tilan riittävä alipaineisuus (mielellään  $> 10$  Pa) on kokeen suorituksen aikana erityisen tärkeää, jotta vuodot voidaan riittävällä varmuudella todeta. Koehetkellä vallitsevat tuuliolosuhteet on otettava huomioon. Merkkiainekeasu laskeetaan rakenteeseen ulko- tai sisäpuolelta. Pintamateriaalit asennetaan vasta, kun mahdolliset ilmi tulleet epätiiviyyskohdat on tiivistetty ja uudelleen merkkiainekokeella tarkistettu, ja tiivistystyö kokonaisuudessaan hyväksytty. Parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi merkkiainekoe tehdään jokaisessa tiivistyskorjatussa tilassa. (RT 14-11197, 2015)

Rakenteellisen tiiviyden varmentamista täydennetään lämpökuvauksin ja ilmavuotoluvun  $q_{50}$  (m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)) mittaamisella tapauskohtaisesti, jos niille nähdään erillistä tarvetta (RT 14-11239, 2016; RT 80-10974, 2009). Lämpökuvauksessa on otettava huomioon muun muassa tutkittavalle rakenteelle arvioidun emissiokertoimen ja vuodenajan vaikutus mittaustarkkuuteen. Ilmanvuotoluvun määrittäminen on myös voitu asettaa rakennusluvassa velvoitteeksi. Edellä mainitut lisätutkimukset ovat tärkeitä energiatehokkaan korjausrakentamisen yhteydessä. Myös merkkisavukoetta voidaan käyttää tiiviyden varmentamiseen (Hongisto, 2016). Mittaukset suoritetaan ennen ja jälkeen tiivistyskorjausten, jotta voidaan todeta, onko korjauksilla saavutettu tavoiteltu tiiviyden paraneminen. Edellä mainitut mittaukset eivät kuitenkaan sovellu tiivistyskorjausten laadunvarmistukseen kosteus- ja mikrobivauriokohteissa, koska tällöin oleellista on vuotokohtien tarkka paikantaminen, mikä voidaan tehdä ainoastaan merkkiainekokeilla.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneissa rakennuksissa korjauksilla voidaan tavoitella erittäin tiivistä tasoa ja pitkäikäistä käyttöikä. Toisaalta tiivistyskorjaukset voivat toimia myös lyhytaikaisina korjauksina, joilla tavoitellaan tilojen käytön jatkamista esimerkiksi 1-5 vuoden ajan. Tällöin tiivistyskorjausten onnistumista voidaan seurata myös jälkikäteen esimerkiksi käyttäjäkyselyillä ja säännöllisesti tai tarveharkintaisesti tehtävillä merkkiainekokeilla. Jos sisäilman laadussa on edelleen käyttäjäkyselyn perusteella ongelmia, mutta merkkiainekokeissa ei havaita puutteita, on mahdollista, että tiivistyskorjaukset ovat olleet huolimattomasti toteutettuja, (muun muassa alustan eli tartuntapintojen puhdistus tai korjauksen muut toimenpiteet, kuten siivous ja ilmanvaihdon

säätötyöt, on laiminlyöty). (Hakamäki, 2015; Laine, 2014; Tullila, 2015; RT 14-11197, 2015)

Korjaustyön yhteydessä tulee ottaa tiivistystyökorjausmateriaaleista näytteitä korjaussuunnittelijan määrittelemän laadunvarmistuksen kriteerien mukaisesti. Otanta tiivistyskorjauksiin käytettävien materiaalien osalta on seuraava:

- jokaista alkavaa 50 m<sup>2</sup> tai 50 jm kohden irrotetaan kaksi näytepalaa olomuodon ja paksuuden mittaamiseksi,
- jokaista alkavaa 100 m<sup>2</sup> tai 100 jm kohden porataan kaksi näytettä tartuntavetolujuuden mittaamiseksi.

Vedeneristysmateriaalien osalta laadunvarmistuksen tekee henkilö, jolla on rakenteiden tiivistäjän henkilösertifikaatti. Betonialustan vetolujuuden tulee täyttää Betoniyhdistyksen esittämät vaatimukset (By 41, 2016). Tiivistysmateriaalien ja -järjestelmien sertifikaattien mukaisten ehtojen tulee täytyä.

## 4.5 Kapselointikorjaukset

Kapselointitöiden laadunvarmistuksessa varmennetaan, etteivät haitta-aineet ja muut epäpuhtaudet kulkeudu sisäilmaan konvektion ja diffuusion vaikutuksesta (vrt. kapale 3.3.2). Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden emittoituminen estetään. Hajuhaittojen poisto on keskeisessä asemassa kosteus- ja mikrobivaurioituneessa rakennuksessa.

Polyamidipohjaisen höyrynsulkukalvon käyttämisessä kapselointikorjauksissa on huomioitava siitä vapautuvien VOC-yhdisteiden sisäilman laatua heikentävä vaikutus asennustyön jälkeen (Keinänen, 2009). Tätä voidaan kompensoida tehokkaammalla ilmanvaihdolla esimerkiksi puoli vuotta käyttöönoton jälkeen.

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; By 41, 2016):

- Läpiviennit ja liittymät on kapseloitu (myös esim. kiintokalusteiden kohdalta),
- FLEC- ja merkkiainemittauksella on varmistettu kapseloinnin onnistuminen,
- lämpökamera- ja ilmanvuotoluvun määrittämistä varten tarvittavat tiiviysmittaukset on tehty työmaa-aikana (muun muassa kylmäsilat),
- seinäpinnan tasaisuus  $\pm 3$  mm / 2 m, mittaus RT 14-10373 mukaan, yksittäinen nystermä enintään 1 mm, ei hammastusta,
- tartuntapintojen puhtauden toteaminen ennen kapselointimassojen levittämistä geeliteippimenetelmällä (SFS 5994) kaikilta pinnoilta,
- tuotteiden vetolujuuden ja tartuntavetolujuuden mittaaminen,
- alustan lujuus vetokein, 5 rinnakkaista vetoa, vaatimus  $\geq 0,7$  N/m<sup>2</sup> tai järjestelmä- ja tuotekohtaisesti ilmoitettu vaatimus,
- tuotteiden kolmioviiltokoe (RT 83-11032) täydentää aisinvaraisesti tartuntavetolujuuden mittaamista,
- tuotteiden kalvon- tai kerrospaksuuksien määrittäminen (ei liian paksu tai ohut).

Korjaustyön yhteydessä tulee ottaa materiaalinäytteitä suunnittelijan määrittelemien kriteerien mukaisesti. Otanta kapselointikorjauksiin käytettävien materiaalien osalta on seuraava:

- jokaista alkavaa 50 m<sup>2</sup> tai 50 jm kohden irrotetaan kaksi näytepalaa olomuodon ja paksuuden mittaamiseksi,
- jokaista alkavaa 100 m<sup>2</sup> tai 100 jm kohden porataan kaksi näytettä tartuntavetolujuuden mittaamiseksi.

Kapselointimateriaalien laadunvarmistuksen tekee henkilö, jolla on sertifikaatti. Betonilustan vetolujuuden tulee täyttää Betoniyhdistyksen esittämät vaatimukset (By 41, 2016). Kapselointimateriaalien ja -järjestelmien sertifikaattien mukaisten ehtojen tulee täytyä. Ilmanvuotoluvun mittaaminen  $q_{50}$  ( $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ ) (RT 80-10974, 2009), lämpökuvaus (RT 14-11239, 2016) ja emissiomittaukset FLEC-laitteella (RT 14-10776, 2003; SFS-EN ISO 16000-10; Järnström, 2007) ovat tarpeellisia lisätutkimuksia energiatehokkaan korjausrakentamisen yhteydessä. FLEC-mittaukset suoritetaan aikaisintaan kolmen kuukauden kuluttua materiaalien asennuksien jälkeen.

## 4.6 Talotekniset järjestelmät

Rakennusteknisten korjausten rinnalla on olennaista ottaa huomioon taloteknisten järjestelmien korjaamisen laadunvarmistus. Niiden laadunhallinnassa sovelletaan samoja periaatteita, joita edellä on esitetty. Tiivistyskorjausten yhteydessä ilmanvaihdon toiminnan varmentaminen ja uudelleensäätö tulee tehdä poikkeuksetta. Vastaavasti ilmanvaihdon toimivuus tarkistetaan rakenteellisten korjausten, tilamuutosten ja käyttötarkoituksen muutoksien yhteydessä.

Järjestelmiä säädetään ja uudistetaan korjaustyön yhteydessä. Jatkuvalle kunnontarkkailulle ja kuntotutkimusmenetelmillä sekä jatkuvatoimisia mittauksia hyödyntäen varmistetaan asetettujen laatuvaatimusten toteutumista. Korjauskohteen talotekniikkavalvoja ja tapauskohtaisesti tehtävään palkattu taloteknisistä järjestelmistä vastaava ulkopuolinen asiantuntija varmentavat muun muassa ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksen, ohjauksen, tiedonvaihdon ja raportoinnin. Vastaanotto- ja käyttöönotto-vaiheessa tehdään asennustapa- ja toimintatarkastus, toimintakoe, itselleluovutus, käyttäjän ennakkokatselmus, kuormituskoe, Black Out -testi, vastaanoton ennakkotarkastus sekä toimivuustarkastus.

Hankkeen loppusiivoukseen sisältyy ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja sen todentaminen. Ilmanvaihtokanaviston pölymäärä todetaan nuohouksen jälkeen silmämääräisesti. Tapauskohtaisesti harkiten voidaan myös käyttää geeliteippimenetelmää. (Rakennustieto, 2017; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Manninen, 2016; RT 07-10946; SFS 5994) Laadunvalvonnan esimerkkejä on esitetty kuvassa 3. Seuranta käsitellään luvussa 5.

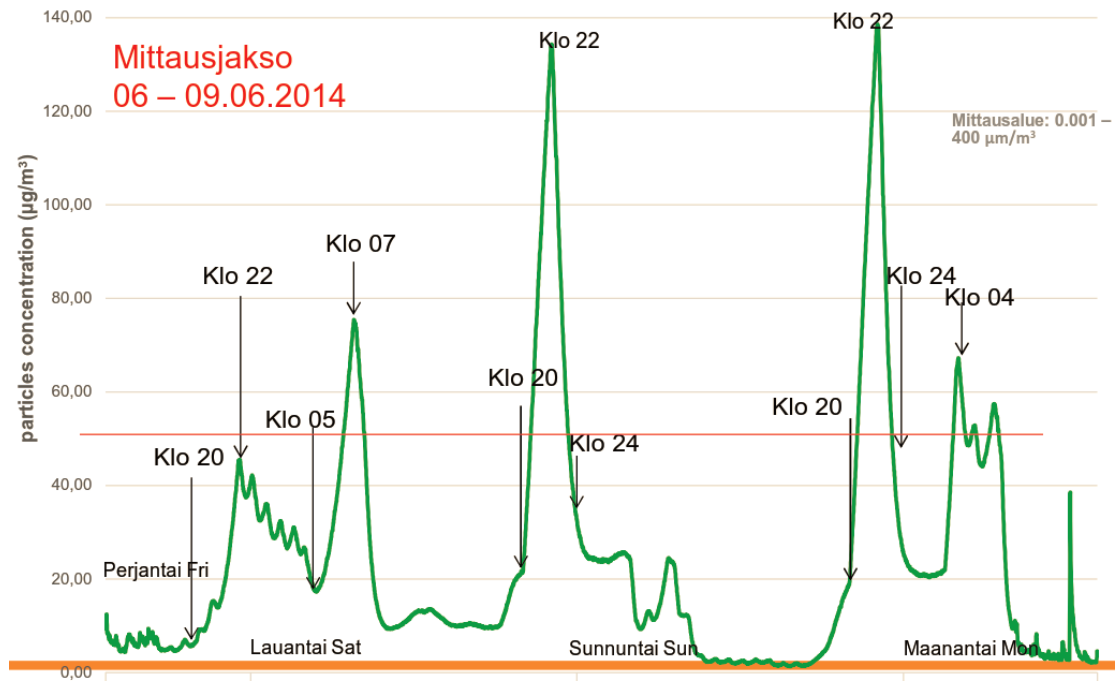


**Kuva 8.** Siili erittäin likaisessa tuloilmakanavassa, myös hiekka on poistettava ennen ilmanvaihtohormien nuohousta (vasen yläkuva). Ilmanvaihtohormien nuohouksen lisäksi on myös muistettava puhdistaa kanavanpäällinen (oikea yläkuva). Liikuntasalin ruostunut tuloilmakanava ennen paikkausta (vasen alakuva). Liikuntasalin ruostunut tuloilmakanava paikattuna (oikea alakuva). Kanavan vaihto ei tässä tapauksessa ollut mahdollista. (Kuvat: ei julkinen)

Esimerkkejä toteutuneesta laadunvarmistuksesta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015):

- Ilmanvaihtokoneen raitisilmakammion rakenteet ovat riittävän tiiviit estämään veden ja lämmön vuodot rakenteisiin,
- ilmanvaihdon muutokset on toteutettu remonttialueelle hallitusti,
- pohjaviemäreiden kallistukset maanvaraisten lattioiden alla ovat kunnossa (kuvattu kameralla),
- viemäriin (mm. kattokaivojen viemärit) ei ole jätetty rakennusaikaista jätettä (kuvattu kameralla),
- Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus, säätöjen pysyvyys ja automaation hallinta on tarkastettu riittävän kattavasti (laadittava oma tarkistuslista LVIA-toimintakokeiden yhteyteen),
- sadevesiviemärit ja salaojat on kuvattu työmaa-aikana,
- talotekniikkaohjeet on toimitettu käyttäjälle.

Kuvassa 9 on esitetty esimerkki jatkuvatoimisten mittausten käytöstä taloteknisten järjestelmien laadunhallinnassa. Muun muassa tilassa huonosti toimiva ja viikonloppuna 'lepotilassa' oleva ilmanvaihto on mittaustulosten perusteella säädettävä käyntiaikojen ja ilmamäärien suhteen uudelleen. Moniongelmaisissa kiinteistöissä energiatehokkuusnäkökulma on toissijainen, sillä esimerkiksi työ- ja oleskeluaikojen ulkopuolinen säästö ilmanvaihdon täysimääräisestä käytöstä aiheuttaa monien epäpuhtauslähteiden pitoisuuden kasvamisen. Näistä ovat esimerkkeinä radon, formaldehydi, hengitettävät hiukkaset ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ), hiilidioksidi ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Edellä mainitussa tapauksessa ilmanvaihtokoneen tehokkaalla käytöllä voidaan osaltaan laimentaa tilojen kohonneita pitoisuuksia hyväksyttävälle tasolle. On syytä huomata, että tehokkaan ilmanvaihdon takia voi korvausilmaa tulla vääristä paikoista, jos vaipparakenteiden ilmatiiviydestä ei ole huolehdittu.



**Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub> (<10 µm) pitoisuus huoneessa ylitti raja-arvon 50 µg/m<sup>3</sup> (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015) useita kertoja mittausjakson (3 vrk) aikana.**

## 5 Korjausten onnistumisen seuranta

Korjaustyön aikaisten laadunvarmistusmenetelmien luontevana jatkona on seuranta korjausten onnistumisen todentamiseksi. Tällöin arvioidaan korjausten onnistumista niiden kriteerien mukaisesti, jotka seurantasuunnitelmassa on asetettu. Korjausten onnistumisen seuranta jaetaan käytönaikaiseen sisäilman olosuhteiden ja rakenteiden toimivuuden seurantaan. Kiinteistön käyttäjillä on merkittävä osuus seurannassa, ja esimerkiksi käyttäjille suunnatut käyttäjä- ja sisäilmastokyselyt ovat usein käytössä. Kiinteistönomistajan onkin toimittava avoimesti myös käyttäjien suuntaan. Usealla julkisella kiinteistönomistajalla on vakiintuneet käytännöt korjausten onnistumisen seurantaan. Seurantasuunnitelman toteutus voidaan hyväksyä organisaation sisäilmaryhmässä. Seurantajaksoina käytetään 0-2 vuotta sekä 2-5 vuotta. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015)

Yksittäinen seurantamenetelmä ei ole riittävä takaamaan korjausten onnistumista. Usean rinnakkaisen menetelmän käyttö lisää mahdollisuutta varmentaa onnistunut korjaus. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaushankkeissa on panostettava tiedotukseen ja viestintään. Hyvä viestintä motivoi ja sitouttaa käyttäjät tukemaan hankkeen onnistumista.

Urakoitsijan velvollisuutena on osallistua **käyttö- ja huolto-ohjeen** laadintaan. Siihen sisällytetään materiaalitietojen lisäksi muun muassa tilojen siivoukseen ja käyttöön sekä taloteknisiin järjestelmiin liittyvä ohjeistus. Lisäksi ohjeeseen sisällytetään esimerkiksi tarkat sijainnit tehdyistä tiivistyskorjauksista laajuustietoineen ja tehtyine laadunvarmistusmittauksineen (vertaa luku 2). Käyttö- ja huolto-ohjeeseen on suositeltavaa myös määritellä laadintavelvoitteen (MRL 117 i §) mukaisesti seurattavat rakenteet ja järjestelmät sekä kuvata niiden paikannuskaaviot (vertaa luku 2). Tällöin niiden paikantaminen helpottuu esimerkiksi kiinteistönomistajan vaihtuessa. Käyttö- ja huolto-ohjeessa on myös hyvä huomioida huoltotoimenpiteiden vastuuhenkilöt, eli tehtäviin perehdytetyt kiinteistöhoitajat. Kiinteistöhoitajien tulee edellyttää kiinteistön huoltoliikkeen vaihtumisen yhteydessä tiedon siirtymistä uudelle kiinteistöhuoltoliikelle (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015).

Tilojen käyttäjät tulee perehdyttää tilojen käyttöön ennen muuttoa. Käyttöönottovaiheessa voidaan myös esimerkiksi jakaa tiedotteita ja järjestää tiedotustilaisuuksia. Urakoitsijan lisäksi suunnittelijat laativat käyttö- ja huolto-ohjeen omalta osaltaan. Valmiita hometalkoot.fi -sivuston kautta saatavia korjaushankkeen arviointi- ja seurantalomakkeita on hyvä käyttää apuna (Tampereen teknillinen yliopisto, 2013). Myös Työterveyslaitoksen laatima korjausten arviointilomake on käyttökelpoinen (Lappalainen et al., 2008). Aiheesta on valmistunut erillinen päivitetty ohje (Ympäristöministeriö, 2018 [Ramboll Oy]). Toteutettava seuranta täydentää käyttö- ja huolto-ohjetta (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Tähtinen et al., 2016).

Korjausten onnistumista voidaan arvioida mm. tarkastelemalla ja arvioimalla tehtyjä korjauksia ja niiden dokumentointia sekä tekemällä käyttäjä- tai sisäilmastokysely tilojen käyttäjille. Lisäksi korjatussa rakennuksessa voidaan tehdä erilaisia seurantamittauksia ja katselmuksia käyttöönoton jälkeen (Rakentajain kalenteri 2017; Poutiainen, 2017). Toimenpiteinä korjausten onnistumisen arvoimiseksi voidaan erikseen määriteltävinä ajanjaksoina käyttää muiden muassa siivoustason tarkastusta, rakenteiden ilmatiiviyyden mittaamista (RT 14-11197, 2016), ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden arviointia sekä erikseen ja perustellusti sisäilman kemiallisten ja mikrobiologisten



pitoisuuksien mittaamista (Salkinoja-Salonen, 2016; Salo, 2014). Nykyisin markkinoille on tullut paljon erilaisia rakenteisiin asennettavia monitorointijärjestelmiä, joista on saatavissa jatkuvaa mittausdataa rakenteen toiminnasta. Tässä luvussa ohjeistetaan yleisimmin käytettävät seurantatavat.

Korjausten onnistumista voidaan seurata (Salonen et al., 2011):

- seuraamalla käyttäjien terveydentilaa ja kokemuksia tiloista,
- arvioimalla tehtyjä korjauksia ja kiinteistön teknistä toiminnallisuutta,
- arvioimalla kiinteistön huollon ja ylläpidon laatua.

## 5.1 Sisäilmastokyselyt

Sisäilmastokysely (käyttäjäkysely) tehdään käyttäjille aikaisintaan puolen vuoden päästä korjauksen päättymisestä, mutta viimeistään vuoden päästä tilojen käyttöön-otosta. Erilaisia kyselyitä on saatavilla, mutta oleellisinta on saada arvioiduksi käytössä olevien tilojen edellytykset niiden käytölle sekä todentaa oireilun väheneminen (Asikainen, 2016; Kiiski, 2017). Mikäli käytettävissä on ennen korjausta tehty kyselyt samoille henkilöille ja kyselyt on tehty samaan vuodenaikaan, tuloksia ennen ja jälkeen korjausten voidaan vertailla keskenään. Tarkoituksena on havainnoida, ovatko koetut haitat vähentyneet korjausten jälkeen, ja näin arvioida korjauksen onnistumista. Kyselyn perusteella määritetään lisätutkimustarpeet ongelmallisiksi koetuille tiloille.

Käytetyimpiä sisäilmastokyselyitä ovat Örebro –kyselyyn (MM-40) pohjautuvat sisäilmastokyselyt. Työterveyshuollosta voidaan lisäksi tarvittaessa kerätä ryhmätason tietoja liittyen tilojen käyttäjien terveyteen tai kokemukseen sisäilman laadusta. **Sisäilmastokysely ei sovellu pieniin kohteisiin (alle 20 henkilöä)**. Laajan kyselyn lisäksi on tilastollisen merkittävyyden havainnoimiseksi mielekästä tehdä myös suppeampi kysely, jotta vastausprosentti saadaan riittävän korkeaksi. Tällöin johtopäätösten tekeminen on luotettavampaa. Kyselyitä on hyvä täydentää tilojen käyttäjille suunnatuilla haastatteluilla, sillä kyselyissä ei välttämättä tule esille kaikkia oleellisia yksityiskohtia. Haastattelut eivät kuitenkaan yleensä ole esimerkiksi satojen henkilöiden toimitiloissa mahdollisia.

Avoin viestintä tilojen käyttäjille on kyselyiden lisäksi erittäin tärkeä osa korjausten onnistumista. Käyttäjien edustajat osallistuvat myös erillisiin sisäilmaryhmiin. (Lappalainen et al., 2017) Alemman altistumistason käyttäjät tulee myös ottaa huomioon: tärkeää on muun muassa välttää ympäristöherkkyyden takia eri työskentelypaikkoihin siirtymisen aiheuttamaa vähenevää yhteisöllisyyttä työpaikalla (Lahtinen, 2004). Psykologista näkökulmaa ei käsitellä tarkemmin tässä korjausohjeessa, mutta se otetaan huomioon tarvittaessa. Korjausten onnistumisen seuranta tutkimusten tulokset voivat joskus olla oireiden vähentymisen ja poistumisen kannalta osittain negatiivisia. Varsinkin kosteus- ja homevaurioille pitkään altistuneiden henkilöiden osalta voi tulla kyseeseen ajan myötä hankittu oirekuva, ympäristöherkkyys. Heillä voi tutkimusten mukaan olla oireita erilaisista ympäristötekijöistä altistumistasoilla, joilla ei ole tunnettuja terveysvaikutuksia ja jotka eivät aiheuta oireita pääosassa väestöä. Lisäksi huolestuneisuus ympäristötekijöiden terveydellisistä haittavaikutuksista esiintyy sisäilmaan liittyvässä oireilu-herkkyudessa. Altisteiden välttämiskäyttämisen ja oireiluerkkyiden purkamisen todetaan olevan pitkän prosessin. (Sainio ja Karvala, 2017)

Esimerkkejä toteutuneesta seurannasta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011):

- Toiminnan arviointi suhteessa tilojen käyttötarkoitukseen,
- sisäympäristökyselyn (olosuhdehaitat, oireet) teettäminen,
- tilojen katselmointi, käyttäjien haastattelu,

- ennen-jälkeen mittaukset (oirekyselyä ei tehdä siitepölyaikaan eikä talvella kovimpien pakkasten aikaan),
- tilaan palaavan henkilön uudelleenoireiluun on otettava kantaa ja linjattava ne periaatteet ja toimenpiteet, joihin oireilu johtaa,
- sisäilmakyselyn tulosten läpikäynti,
- käyttäjäpalautteen aktiivinen ja nopea käsittely,
- käyttäjien tiedottaminen tehdyistä selvityksistä ja todetuista vioista.

## 5.2 Rakenteiden seuranta käytön aikana

Käytönaikaiseen seurantaan kuuluvat aistinvarainen ja mitattu sisäilman laadun arviointi, kosteusmittaukset sekä mittaukset rakenteisiin asennettavilla antureilla (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016). Rakenteisiin pysyvästi asennettavien mittausturien ja vaihtoehtoisten mittaustapojen (Al-Neshawy, 2013) käytön edellytyksenä ovat tarkka ja perusteltu suunnitelma mittauspisteistä sekä tavoite pitkäkestoiselle seurannalle. Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden seuranta täydentää seurantasuunnitelman mukaisia muita mittauksia, kuten ilmatiiviiden mittausta (RT 14-11197) ja lämpökuvauksia (RT 14-11239).

Tiivistyskorjausten toimivuuden varmentamiseksi suositellaan ilmatiiviiden tarkastelun lisäksi rakennemittauksia (Hyvärinen et al., 2017), kuten kiinnipysyvyys liikuntasauvan kohdalla ja kriittisiksi asetettujen rakenneyksityiskohtien pitkäaikaisseuranta (paine-ero, lämpötila, absoluuttinen kosteuspitoisuus). Ilmanvuotomittaukset tulee tehdä sekä takuuajana että takuuajan jälkeen seurantatutkimusten tulosten perusteella. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017)

Korjaussuunnittelija määrittelee (katso luku 2) tilanteet, joissa rakenteita seurataan, mittausten menetelmät, valintaperusteet, rakenteiden kriittiset mittauskohdat, mittaustapa-ajanjakson, mitattavat suureet ja mittauksista saatavat oletetut tulokset. Nämä sovitaan hankkeen alussa laadunvarmistussuunnitelmassa ja seurantasuunnitelmassa. Mittaustapa-ajanjaksoon tulee sisällyttää mittapäiden lukematarkkuus, sillä se vaikuttaa tehtyjen johtopäätösten merkittävyyteen. Suunnitelmassa voidaan myös mainita hälytysjärjestelmien, kuten kosteudenilmaisimien, käyttö. Yksinkertaiset on-off-tyyppiset (onko pinnalla kosteutta vai ei) märkänäoloaika (TOW) mittaavat anturit ovat käyttökelpoisia kondenssiriskin havainnoinnissa.

Tilaajan sisäilma-asiantuntijalla tulee olla valmius analysoida mahdollisesti suureksikin kertyvä pitkäaikainen mittaustapa-aineisto. Aineistoa voidaan tarvittaessa hyödyntää esimerkiksi korjaustarpeiden arvioinnissa ennakoivan kiinteistönpidon toimenpiteenä. Tällöin voidaan käyttää apuna koneoppimista (Ympäristöhallinto, 2016; Taffese et al., 2016).

Seurantatarkastuksissa käydään läpi ainakin seuraavat asiat:

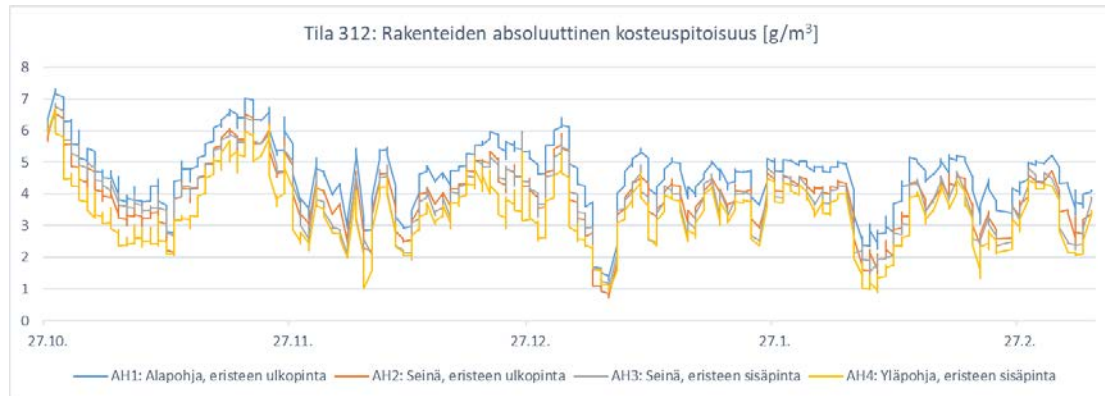
- tilojen siisteys, pölyisyys ja siivottavuus,
- havaittavat hajut ja niiden mahdolliset lähteet (mm. rakennusmateriaalit ja irtaimisto),
- ilmanvaihdon toimivuus,
- ilmanvaihtolaitteiden puhtaus ja toiminta,
- lämpötila,
- rakenteissa havaittavat sisäilman laatuun vaikuttavat riskit tai vauriot tarkasteluhetkellä,
- tiloissa tapahtuvan toiminnan arviointi ja tilojen kuormitus (tilojen siisteys ja siivottavuus).

Esimerkkejä toteutuneesta seurannasta ovat:

- aistinvarainen kunnan arviointi (halkeamat, muut näkyvät vauriot, hajut, jne.),
- aluskatteen kunnan ja kiinnityksen tarkastaminen vuosittain suoritettavan vesikattotarkastuksen yhteydessä,
- rakennekosteuden seurantamittaus (pintakosteus-, viilto- ja rakennemittaus),
- tehtyjen korjausten arviointi ja kiinteistön tekninen toiminnallisuus,
- tiivistyskorjatun rakenteen toiminnan seuranta merkkiainekokeella säännöllisin väliajoin (3-5 vuotta),
- tiivysmittaus ja lämpökamerakuvaus talvikaudella (merkkiaine- ja ilmavuoto-tutkimukset),
- liitoksen tiivyyden toteaminen merkkiainekokeella 3-5 vuoden välein,
- lattiapinnoitteiden FLEC-tutkimus,
- linkitys korjausten takuutarkastuksiin,
- betonin kosteusmittaukset 1-2 vuoden jälkeen (lattia- ja betonirakenteiden päällystämisen onnistumisen arviointi),
- käyttö- ja huolto-ohjeen seurantatoimenpiteet,
- takuuajakaisten vikojen korjaaminen,
- rakenteiden avaaminen, mikäli muut mittaukset antavat siihen aiheen (ääritapaus).

(Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähti-nen et al., 2013; Salonen et al., 2011)

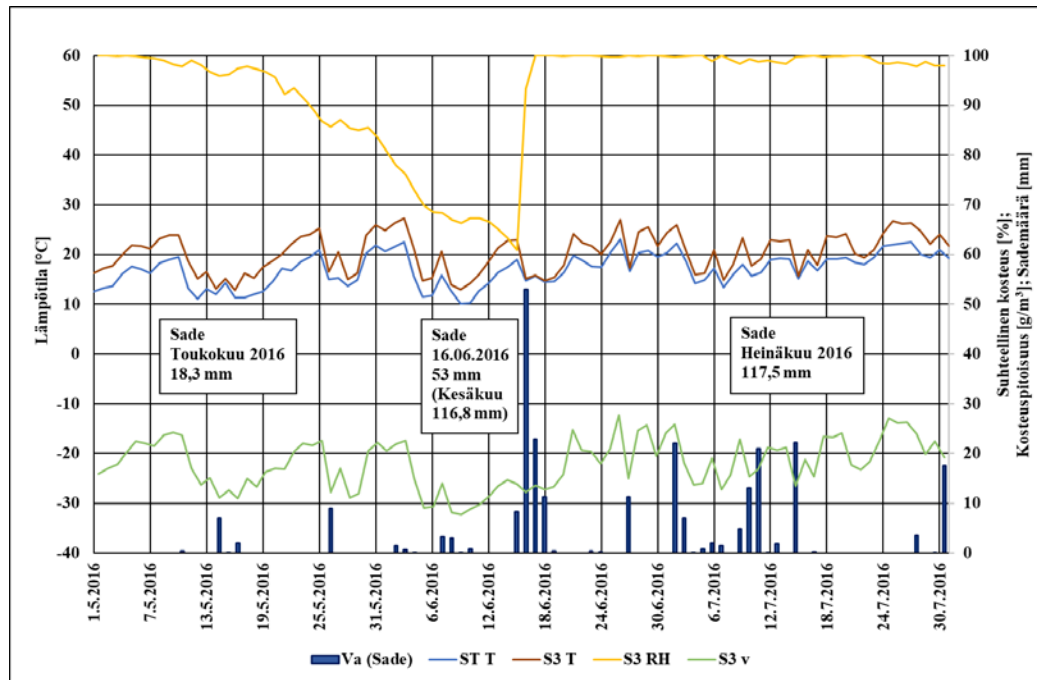
Valitun korjaus- tai huoltotoimenpiteen soveltuvuus voidaan varmistaa rakenteiden seurantajaksojen (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b) mittauksilla muiden kunto-tutkimustyyppisten mittausten lisäksi. Kuvassa 10 on esimerkki rakennemittauksesta talvikauden yli.



**Kuva 10. Rakenteissa olevien mittapisteiden absoluuttinen kosteuspitoisuus suunnitelmallisesti ylipaineistetussa tilassa (Mattila, 2017). Mittaus-tulosten perusteella rakenteisiin ei kertynyt mittausjakson aikana haitallisesti kosteutta. Absoluuttiset kosteuspitoisuudet ovat mit-tausjakson lopussa samalla tasolla tai alempana kuin mittausjak-son alussa.**

**Rakennusta seurataan kokonaisuutena eikä vain sisäilmaan yhteydessä olevien rakenteiden osalta.** (Ympäristöhallinto, 2016). Lisäksi korjaussuunnittelijan ja kiin-teistönomistajan on tiedostettava rakenteiden ikääntymisen merkitys ylläpitoon. Ra-kennusmateriaaleilla on rajallinen käyttöikä (RT 18-10922), jota voidaan arvioida ra-kenteisiin asennettujen anturien avulla. Jatkuvatoinisin mittauksin voidaan arvioida tulevien huolto- ja korjaustoimenpiteiden tarvetta. Rakenteita on suositeltavaa seurata

korjauksen jälkeisen seurantajakson (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b) jälkeenkin. Esimerkiksi julkisivun ikääntymisellä voi olla epäsuora vaikutus sisäilman laatuun (Kuva 11).



**Kuva 11. Julkisivu on päässyt kuivumaan kesäkuun alkuun mennessä. Voimakas sade 16.06.2016 (53 mm) kuitenkin kasteli julkisivun ja sitä seurannut sadejakso piti kosteusrasitustason korkealla huolimatta lämpimästä ajanjaksosta. (Sistonen et al., 2016). Jäljellä oleva käyttöikä on arviolta alle viisi vuotta.**

### 5.3 Sisäilman epäpuhtauksien mittaukset

Sisäilmamittaukset koostuvat korjaussuunnittelijan määrittämistä näytteistä (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016; Lappalainen et al., 2017) ja jatkuvatoimisista mittauksista (olosuhdeseuranta). Seurantasuunnitelmassa mittauksien ja valittujen mittaustapojen perusteena on sisäilma laatua heikentävien tekijöiden poistaminen tai oleellinen pienentäminen. Taulukossa 1 on esimerkkejä mittaussuureista, jotka eivät kaikki ole viranomaisvalvonnassa (Työterveyslaitos, 2017; LVI 05-10440, 2008; Sosiaali- ja terveysministeriö, 2016; Sisäilmastoluokitus 2017). Suureiden yksiköissä on vaihtelua riippuen esimerkiksi mittausjärjestelystä ja käytettävistä antureista. Anturien mittaustarkkuus sekä mittausalue vaikuttavat sisäilmamittauksen luotettavuuteen ja käyttökelpoisuuteen.

Sisäilman epäpuhtauksien mittaaminen tulee kyseeseen perustelluissa tilanteissa. Mittaukset rakennuksen korjauksen jälkeisessä seurannassa määräytyvät kuntotutkimuksissa tehtyjen havaintojen ja korjaussuunnitelman perusteella (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b). Esimerkiksi toksikologiset määrytykset (Salin et al., 2017; Salkinoja-Salonen, 2016; Salo, 2014) ja mahdollisuudet viemärikaasujen mittaamiseen (Castagnoli et al., 2016; Harmo et al., 2017) pohditaan korjaussuunnittelijan toimesta tapauskohtaisesti erikseen. Näitä seikkoja ei käsitellä tarkemmin tässä korjausohjeessa.

Seuraaville yhdisteille on asetettu terveysperusteiset raja-arvot (WHO): bentseeni, hähkä, formaldehydi, naftaleeni, typpidioksidi, PAH, radon, trikloorietyleeni, tetrakloorietyleeni. Potentiaalisesti terveyshaittaa aiheuttavat haitta-aineet, joille luotettava ter-

veyshaittoihin perustuvia ohjearvoja ei vielä ole ovat asetaldehydi, tuholaismyrkyt, torjunta-aineet, palonestoaineet, glykolieetterit, heksaani, typpioksidi, otsoni, ftalaatit, tolueni ja ksyleenit.

Esimerkkejä toteutuneesta seurannasta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011):

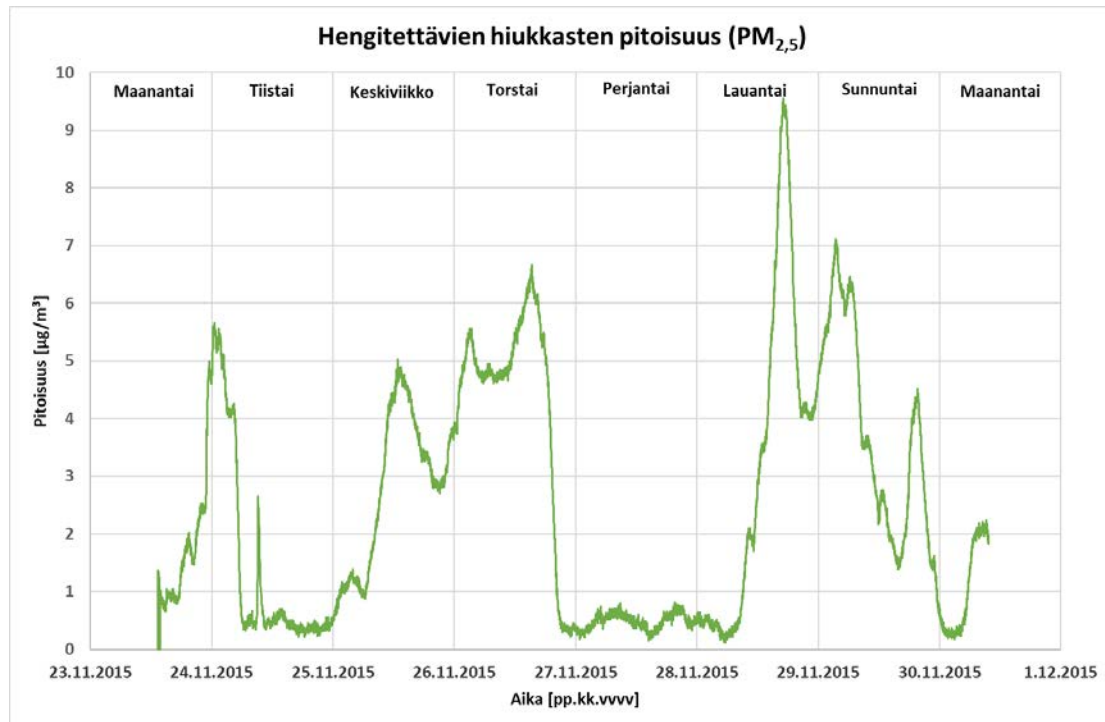
- korjausten jälkeinen siivous: kaikkien pintojen imurointi (HEPA-suodatin), kaikkien pintojen pyyhintä, suojausten purkaminen, irtaimiston puhdistus,
- ennen-jälkeen mittaukset (mikrobit ja radon talvella),
- terveysperusteiset mittaukset vähintään 6 kk korjausten jälkeisestä siivouksesta: mikrobit pinnoilta ja materiaaleista, epäpuhtaudet ilmasta ja pinnoilta (mm. kaasumaiset yhdisteet, kuidut, pienhiukkaset, pölyt).

Taulukko 2. Esimerkkejä sisäilman laatuun liittyvistä mittausparametreista.

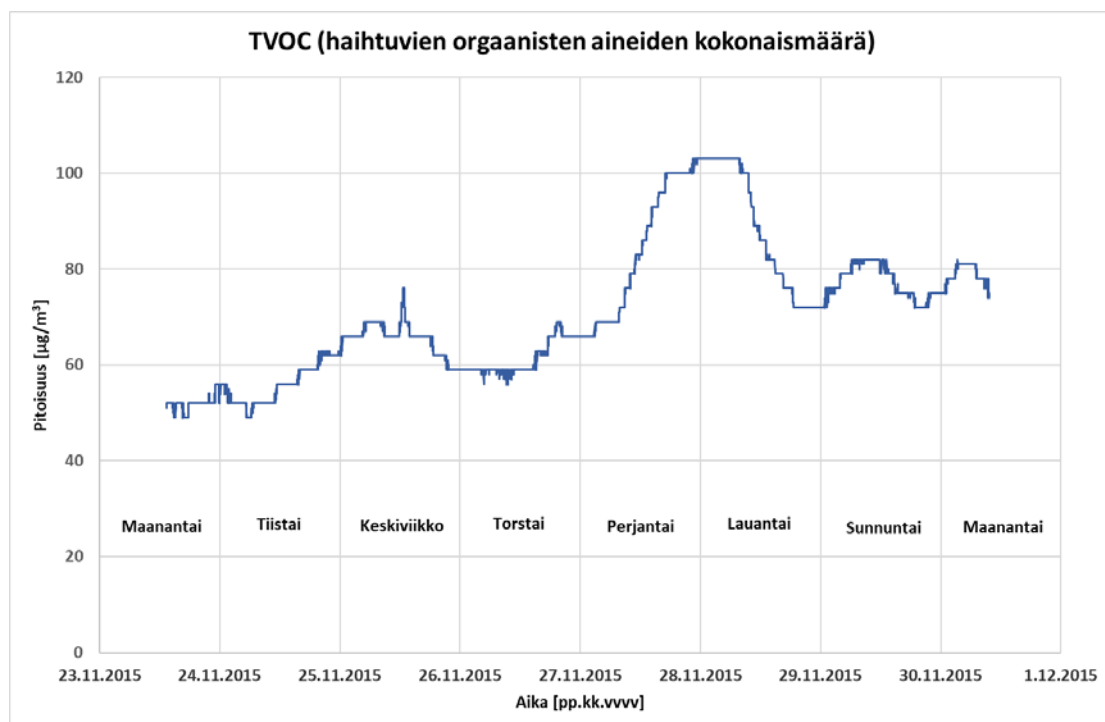
Mittaussuure	Kaava tai tunnus	Viitearvo	Yksikkö*
Arseeni	AsH <sub>3</sub>	8 h: 0,01 mg/m <sup>3</sup>	ppm
Ammoniakki ilmasta	NH <sub>3</sub>	0,03 mg/m <sup>2</sup> h (M1) 0,06 mg/m <sup>2</sup> h (M2)	ppm
Otsoni	O <sub>3</sub>	8 h: 0,05 ppm; 0,1 mg/m <sup>3</sup> 15 min: 0,2 ppm 0,4 mg/m <sup>3</sup>	ppm
TVOC	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0,2 mg/m <sup>2</sup> h (M1) 0,4 mg/m <sup>2</sup> h (M2)	ppb
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	<750 ppm (S1) <900 ppm (S2) <1 200 ppm (S3)	ppm
Rikkivety	H <sub>2</sub> S	8 h: 5 ppm, 7 mg/m <sup>3</sup> 15 min: 10 ppm, 14 mg/m <sup>3</sup>	ppm
Hiilimonoksidi	CO	≤7 mg/m <sup>3</sup>	ppm
Formaldehydi ilmasta	HCHO	0,05 mg/m <sup>2</sup> h (M1) 0,125 mg/m <sup>2</sup> h (M2) <50 µg/m <sup>3</sup>	ppb
Pienhiukkanen	PM <sub>2,5</sub>	<10 µg/m <sup>3</sup> (S1) <10 µg/m <sup>3</sup> (S2) <25 µg/m <sup>3</sup> (S3)	µg/m <sup>3</sup>
Pienhiukkanen	PM <sub>10</sub>	≤50 µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Radon	Rn	<100 Bq/m <sup>3</sup> (S1) <100 Bq/m <sup>3</sup> (S2) <150 Bq/m <sup>3</sup> (S3)	Bq/m <sup>3</sup>
Asbesti	-	≤0,01 kuitua/cm <sup>3</sup>	kuitua/cm <sup>3</sup>

\*Ennen mahdollista muunnosta

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty esimerkit jatkuvatoimisten mittausten käytöstä sisäilma-  
korjausten onnistumisen seurannassa. Pitoisuudet ovat alentuneet korjauksen jälkeen  
hyväksyttävälle tasolle (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015; Työterveyslaitos, 2017).  
Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (Valvira, 2016) antaa tarkennettuja ohjeita  
sisäilmamittauksiin ja siinä esitetään toimenpiderajat (**taulukko 3**), jotka täydentävät  
asetusta (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015; Työterveyslaitos, 2017; Ympäristöopas,  
2016).



**Kuva 12. Hengitettävien hiukkasten PM<sub>2,5</sub> (<2,5 µm) pitoisuus huoneessa alitti raja-arvon 10 µg/m<sup>3</sup> (Sisäilmastoluokitus 2017) koko mittausjakson (7 vrk) aikana.**



**Kuva 13. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä (TVOC) huoneessa alitti raja-arvon 100 µg/m<sup>3</sup> (Työterveyslaitos, 2017) lähes koko mittausjakson (7 vrk) aikana.**

Taulukko 3. Asumisterveysasetuksen ja Valviran toimenpiderajat.

Yhdiste tai mittaussuure	Toimenpideraja	Yksikkö
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	400 (kokonaispitoisuus), 50 (yksittäinen yhdiste)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli diisobutyraatti (TXIB)	10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Naftaleeni	ei saa esiintyä hajua, 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Styreeni	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehydi	50 (vuosi), 100 (30 min)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hiilimonoksidi	7 (hetkellinen)	$\text{mg}/\text{m}^3$
Tupakansavu	0,05 (nikotiinipitoisuus)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )	50 (24 h mittaus)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pienhiukkanen ( $\text{PM}_{2,5}$ )	25 (24 h mittaus)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Teolliset mineraalikulidut	0,2 (2 viikon laskeuma)	kuitua/ $\text{cm}^2$
Asbestikulidut	0,01 (sisäilman pitoisuus)	kuitua/ $\text{cm}^3$
Mikrobit	Katso 20 § Mikrobit	-

## 5.4 Sisäilman olosuhdeseuranta

Sisäilman olosuhdeseurannan perusteina ovat sisäilman koettu laatu sekä teknisten järjestelmien toiminnan varmentaminen ja käyttö eri vuodenaikoina. Olosuhdeseurannan keston on oltava riittävän pitkä (vuodenaikojen vaikutus) ja sen rinnalla on käytettävä aiemmissa luvuissa esitettyjä mittauksia pidemmälle menevien johtopäätösten tekemiseksi (Hengitysliitto, 2017). Lisäksi samanaikaisesti mitataan ulko-olosuhteita (muiden muassa lämpötila, suhteellinen kosteus, tuulen nopeus, auringon säteily ja sademäärä), joihin seurantamittauksia verrataan. Tukena voi käyttää ulkoilman olosuhteiden avointa dataa (Ilmatieteen laitos, 2017). Seurantamittauksia tehdään varsinkin tiloissa, joissa on suuret henkilömäärät. Mittausteknologiaa on tarjolla runsaasti (Katainen et al., 2015). Laitteiden mittaustarkkuus on huomioitava pidemmälle meneviä johtopäätöksiä tehtäessä.

Paine-eromittauksissa tulee ottaa huomioon rakennuksen sijainti ja mittasuhteet sekä ulko-olosuhteet. Rakennuksen painesuhteet voivat vaihdella paljon esimerkiksi rakennuksen korkeuden funktiona. Karkeasti ottaen alimman kerroksen alipaineen ja ylimmän kerroksen ylipaineen ero voi olla suuruusluokkaa 1 Pa/m. Rakennuksesta löytyy lähes aina ylipaineisia tiloja. Paine-eromittauksien perusteella ilmanvaihtojärjestelmään tehtävät säädöt vaikuttavat sekä korjattujen että korjaamattomien rakenteiden toimintaan. Esimerkiksi tiivistämätön rakennusosa voi muuttuneiden painesuhteiden takia aiheuttaa myöhemmin uuden epäpuhtauslähteen, vaikka korjaustöiden aikaisissa laadunvarmistuskokeissa kyseinen rakennusosa on todettu toimivaksi.

Tarkastuksia tehdään sekä takuuajana että sen jälkeen. Tarkastuksissa arvioidaan tilojen siisteyttä ja siivottavuutta, sisäilmaolosuhteita (lämpötila ja suhteellinen kosteus), hajuja ja päästöjä sekä ilmanvaihtolaitteiden puhtautta ja toimintaa. Lisäksi voidaan tutkia sisätilojen pintojen puhtautta ja esimerkiksi mineraalivillakuitujen määrää. Rakennuksen käyttäjiä ohjeistetaan ja perehdytetään puhtauden ja siivottavuuden ylläpitoon. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Manninen, 2017)

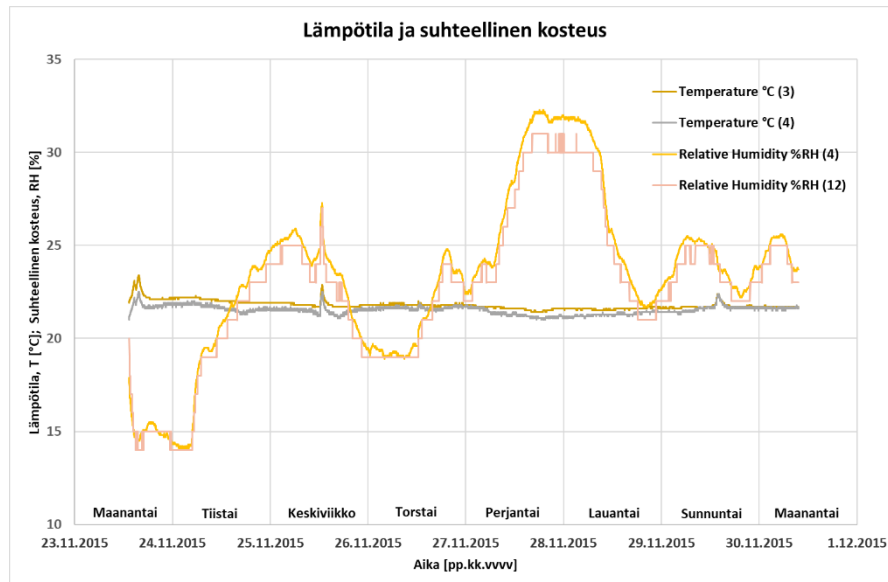
Esimerkkejä toteutuneesta seurannasta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011):

- olosuhdemittaukset heti käyttöönnoton jälkeen,



- puhtaustason ja siisteyden selvittäminen,
- lämpötilan seurantamittaus,
- hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) seurantamittaus,
- paine-eron seurantamittaus (painesuhteet on tarkistettava säännöllisesti),
- tehostettu siivous, mukaan lukien yläpölyt.

Kuvassa 14 on esimerkki jatkuvatoimisten mittausten käytöstä sisäilman olosuhde-seurannassa (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015).



**Kuva 14. Seurantamittauks tulokset tilasta, jossa olosuhteet pysyivät asetettujen raja-arvojen sisällä (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015) koko mittausjakson (7 vrk) ajan.**

## 5.5 Taloteknisten järjestelmien toimivuuden seuranta

Rakenteellisten korjausten onnistumisen rinnalla on seurattava taloteknisten järjestelmien toimivuutta. Taloteknisten järjestelmien mittaukset varmentavat valittua korjaus- tai huoltotoimenpidettä muiden kuntotutkimustyyppisten mittausten ohella. Korjaustyön jälkeistä tarkkailua ja seurantamittauksia hyödynnetään järjestelmien säädössä ja mahdollisessa uudistamisessa.

Ilmanvaihdon ja rakennusautomaation tarkistus tehdään takuuajana puolen vuoden tehostetun ilmanvaihdon käytön jälkeen. Tällöin materiaaliipäästöt ovat yleensä pienentyneet viitearvojen alle (katso esimerkiksi Taulukko xx). Kanaviston ja suodattimien puhtaus sekä laitteistojen toiminta tarkistetaan vähintään silmämääräisesti. Painesuhteet mitataan seurantasuunnitelman mukaisesti jokaisesta kerroksesta ilmansuunnat ja vuodenaikat huomioiden. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2017b; Poutiainen, 2017) Teknisten järjestelmien sisäänajovaihe kestää vuoden, jona aikana laitehäiriöt ovat todennäköisiä. Takuuajan jälkeenkin ilmanvaihtolaitteiden puhtaus ja toiminta todennetaan säännöllisesti.

Kiinteistönomistajan vastuulla on lukuisia määräaikaista tehtäviä toimenpiteitä, joilla seurataan taloteknisten järjestelmien ikääntymistä (vertaa luku 2) ja osaltaan taataan rakennuksen terveellinen ja turvallinen käyttö. Esimerkkejä näistä toimenpiteistä on

esitetty kuvassa 14. Jatkovatoimisia mittauksia voidaan käyttää seurannan apuna osana ennakoivaa kiinteistönpitoa myös takuuajan jälkeen. Jatkovatoimisin mittauksin voidaan esimerkiksi seurata ilmanvaihdon toimintaa, mitata korkeiden tilojen vetoisuutta eri korkeuksilla (Ahmed et al., 2017), optimoida ilmanvaihtosuodattimen vaihtoväliä ja hallita tehostettua koneellista poistoilmanvaihtoa.

Esimerkkejä toteutuneesta seurannasta ovat (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Tähtinen et al., 2013; Salonen et al., 2011; Pietiläinen et al., 2007):

- Talotekniikkaselvitys (TATE) ja toimivuuden varmistaminen (ToVa),
- ilmanvaihtomittaukset heti käyttöönoton jälkeen (ilmamäärien tarkastaminen),
- ilmanvaihtokoneen toiminnan seuranta,
- ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhtauden arviointi (kuitu- ja pölymittaukset),
- poistoilmanvaihdon ilmamäärien säätöpeltien (IMS) puhdistaminen vuoden välein,
- tehostettu ilmanvaihdon seuranta,
- rakennusautomaation seuranta (RAU),
- jäähdytyspalkkien ja suuntauslevyjen toiminnan ja vedon tunteen havainnointi.



**Kuva 15. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän poistoilmahormin vedonparantaja voi parantaa sisäilman laatua kiinteistössä (vasen yläkuva). Tukkeutunut lämmityspatteri on esimerkki taloteknisten järjestelmien määräaikaisten huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä (oikea yläkuva). Keittiön poistoilmavaihtokanavan pohjalla oleva rasva lisää paloturvallisuusriskiä (vasen alakuva). Päiväkodin tukkeutunut lämmöntalteenottolaite estää energian täysimääräisen hyödyntämisen ja lisää paloturvallisuusriskiä (oikea alakuva). (Kuvat: ei julkinen)**

## 6 Energiatieteiden parantaminen

Rakennusten energiatieteiden parantaminen on tullut osaksi korjaus- ja muutostöitä Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 (Ympäristöministeriö 4/13) myötä. Vanhaa rakennuskantaa korjattaessa on usein olemassa selkeä mahdollisuus parantaa rakennuksen energiatieteiden parantamista.

Tässä oppaassa asiaa on tarkasteltu kosteus- ja mikrobivaurioituneiden kohteiden osalta, minkä lisäksi on keskitytty oppaan rajauksen mukaisesti vain rakennusosien energiatieteiden parantamiseen. Energiatieteiden parantamismahdollisuuksien selvittämisen yhteydessä rakennusta tulee kuitenkin tarkastella yhtenä kokonaisuutena, jossa otetaan rakennusosien ohella huomioon talotekniikka, erityisesti ilmanvaihtojärjestelmä. Tutkimusten mukaan rakenteiden korjaamisen yhteydessä toteutettavalla ilmanvaihdon uusimisella ja ilmanvaihdon säädöllä on merkittävä vaikutus rakennuksen kokonaisenergian kulutukseen (Boström et al., 2012). Varsin usein ilmanvaihdon parantaminen lisää energiankulutusta ja mahdollinen energiasäästöpotentiaali saavutetaan usein ilmanvaihdon lämmöntalteenoton sekä ilmapuhallinlaitteiden säätöjen kautta. Lisäksi tutkimukset osoittavat, että energiankulutus ei ole yksistään kiinni rakenteista ja tekniikasta, vaan rakennuksen käyttäjillä on merkittävä vaikutus todellisen energiankulutuksen muodostumisessa (esim. Boström et al., 2012, Hilliäho 2010, KIMU 2010, Uotila 2012). Täten korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa on aiheellista varmistaa, että kiinteistönomistaja ja rakennuksen käyttäjät osaavat käyttää korjattua rakennusta ja sen taloteknisiä järjestelmiä tehokkaasti.

Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa tärkeimpänä tehtävänä on varmistaa korjatun rakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus, jolloin varmistetaan terveelliset ja turvalliset sisäilmaolosuhteet käyttäjille. Kaikkien rakennusosien korjaamisen yhteydessä ei ole mahdollista järkevin kustannuksin parantaa energiatieteiden parantamista siten, että rakennusfysikaalinen toimivuus olisi turvattu korjauksen jälkeen. Toisaalta rakennuskannassamme on runsaasti rakennuksia, joiden energiatieteiden parantamista voidaan huomattavasti kosteus- ja mikrobivauriokorjausten yhteydessä vaarantamatta rakenteen toimivuutta.

### 6.1 Asetus energiatieteiden parantamisesta

Rakennusten energiatieteiden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on säädetty Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13 (Ympäristöministeriö 4/13). ”Asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa käytetään energiaa valaistukseen, tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen tai jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi ja joissa tehdään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan rakennus- tai toimenpideluvanvaraista korjaus- tai muutostyötä tai joiden käyttötarkoitusta muutetaan.” (Ympäristöministeriö 4/13). Asetuksen taustaa on käsitelty laajemmin asetusta koskevassa perustelumuistiossa (Ympäristöministeriö 2013). Pääsääntöisesti rakennusten kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaaminen on rakennusluvanvaraista korjaustyötä, jolloin energiatieteiden parantaminen tulee ottaa huomioon korjaushankkeen suunnittelussa.

Energiatieteiden parantaminen ei kuitenkaan ympäristöministeriön asetuksen 4/13 §:n 1 mukaan koske kaikkia rakennuksia. Julkisten palvelurakennusten osalta helpotus koskee ensisijaisesti suojeltuja rakennuksia, joissa määräyksien noudattaminen aiheuttaisi suojeltuihin osiin muutoksia, joita ei voida pitää hyväksyttävänä (Ympäristöministeriö 4/13).

Asetuksen mukaisesti energiatehokkuutta voidaan parantaa rakennusosittain, järjestelmittäin tai koko rakennuksesta (Ympäristöministeriö 4/13). Tässä oppaassa käsitellään ainoastaan rakennusosittaista energiatehokkuuden parantamista.

### *Rakennusosakohtaiset vaatimukset*

Rakennusosakohtaiset vaatimukset on käsitelty ympäristöministeriön asetuksen 4/13 4 §:ssä. Ulkoseinien ja yläpohjan osalta alkuperäinen U-arvo puolitetaan kuitenkin enintään Rakennusmääräyskokoelman osan D3 (2012) määrittämään vertailuarvoon, jotka on esitetty taulukossa 6.1. Määräykset uusiutuvat vuoden 2018 joten näiden aiheuttamat muutokset tulee ottaa huomioon. Alapohjan osalta energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan. Ikkunoiden ja ulko-ovien osalta U-arvon on oltava 1,0 W/(m<sup>2</sup>K), mikäli nämä uusitaan. Korjattaessa vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia lämmöneristävyyttä parannetaan mahdollisuuksien mukaan.

**Taulukko 6.1.** Rakennusosakohtaiset lämmönläpäisykertoimet ja ikkunapinta-alan vertailuarvot.

rakennusosa	
seinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

## 6.2 Rakennusosien kosteusteknisen toimivuuden huomioon ottaminen

Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa suunnittelu lähtee olemassa olevasta rakenteesta sekä sen vaurioitumisesta, eikä yleispäteviä korjaustapoja voida esittää myöskään energiatehokkuuden näkökulmasta. Rakenteen kosteusteknistä toimivuutta sekä energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia voidaan arvioida erilaisten laskenta-työkalujen avulla, joilla mallinnetaan rakenteen lämpö- ja kosteusolosuhteita sekä mikrobikasvulle suotuisten olosuhteiden esiintymistä ja todennäköisyyttä. Tehtävissä tarkasteluissa on aiheellista ottaa huomioon erilaiset ilmastonmuutokseen liittyvät ennusteet, jotka ennustavat keskilämpötilojen ja vuosisademäärien kasvua. Tällöin varmistetaan rakenteen kosteustekninen toimivuus koko rakenteen ja rakennuksen elinkaaren ajan.

Energiatehokkaiden rakenteiden kosteusteknisessä toimivuudessa korostuu usein ilman- ja höyrinsulkukerroksen hyvä tiiviys. Höyrinsulkukerroksen tulee olla yhtenäinen, eikä rakenteeseen saa tapahtua ilmavuotoja. Ilmatiiviiden liitosten toteutusta on ohjeistettu mm. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa (Aho & Korpi 2009) sekä Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita (Lahdensivu et al., 2012) julkaisuissa, jotka sisältävät runsaasti erilaisia rakennelleikkauksia. Lisäksi aihepiiriä on käsitelty Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous -julkaisussa (Vinha et al., 2009).

Kosteus- ja mikrobivauriokorjausten yhteydessä parannetaan usein rakennusvaipan sisäpintojen tiiviyyttä, esimerkiksi puurakennuksissa ilman- ja höyrünsulkukerroksen tiiviyyttä. Tiiviiden parantaminen toisaalta ehkäisee rakenteissa mahdollisesti olevien epäpuhtauksien leviämistä sisäilmaan, minkä lisäksi se vähentää ilmapuotoja rakenteiden läpi sisältä ulospäin. Tällöin tiivistyskorjauksilla on usein sekä sisäilman laatuun, energiatehokkuuteen että kosteustekniseen toimivuuteen liittyviä positiivisia vaikutuksia. Kun ilman- ja höyrünsulkukerros uusitaan korjauksen aikana yhtenäiseksi, mahdollistaa tämä yleensä myös lämmöneristeiden lisäämisen vaarantamatta kosteusteknistä toimivuutta.

Seuraavaan luetteloon on koottu esimerkkejä useiden rakenteiden kohdalla kosteusteknisesti toimivasta energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävästä toimenpiteestä kosteus- ja mikrobivauriokorjauksen yhteydessä:

- Rakennusvaipan ilmatiiviiden parantaminen pienentää riskiä epäpuhtauksien leviämisestä sisäilmaan sekä vähentää vuotoilman aiheuttamien lämpöhäviöiden määrää. Riittävä ilmatiiviyys on lähes poikkeuksetta myös rakenteen kosteusteknisen toimivuuden perusedellytys.
- Rakennusvaipan ulkopuolinen lisälämmöneristys parantaa usein sisäpuolelle jäävien rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta. Lisäksi vanha rakenne on jatkossa lämpimämpi, ja siten mahdollistaa paremmin kosteuden poistumista. Ulkopuolisessa lisäeristämisessä tulee kuitenkin välttää tilannetta, jossa uuden eristeen ja vanhan eristeen rajapintaan syntyisi olosuhteet, joissa tapahtuu kosteuden tiivistymistä. Tätä riskiä voidaan pienentää ulkopuolisen lämmöneristeen pienellä vesihöyrynvastuksella ja riittävällä kuivumiskyvyllä.
- Ulkopuolisella lisäeristämällä voidaan myös jossainkin tapauksissa poistaa rakenteellisia kylmäsiltoja, mikä pienentää riskiä kosteuden tiivistymiseen rakennusvaipan sisäpintojen materiaaleissa.
- Rakennuksen sisäpuolista lisälämmöneristystä tulee välttää, koska vanha rakenne on jatkossa kylmempi ja sen kuivuminen epävarmaa. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista esim. kellarin seinissä. Tällöin tulee varmistaa, että sisäpuolinen lämmöneriste ja sen päälle tehtävät pintarakenteet ovat hyvin vesihöyryä läpäiseviä. (Heiskanen 2016)

Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksessa rakenteen lähtötilanteen kosteuspiitoisuus pitää saada riittävän alhaiseksi ennen lisäeristämistä ja pintamateriaalien asentamista. Tämä edellyttää usein rakenteen kuivaamista sekä sääsuojasta korjaustyön aikana.

Kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa myös rakennetta muuttamalla, ja tämä saattaa mahdollistaa lisäeristämisen. Tyypillinen esimerkki on ulkoseinien peittävät korjaukset ja esimerkiksi tuulettuvat julkisivurakenteet, jotka tehostavat rakennusvaipan pintaosien kuivumista ja toisaalta ehkäisevät niiden kastumista.

Lisäeristämisen varjopuolena on joidenkin rakenteiden, esimerkiksi heikosti tuulettuvien yläpohjarakenteiden osalta, rakenteen jo ennestään heikon tuuletuksen säilyminen riittävällä tasolla. Tämä saattaa rajoittaa niiden lisäeristämisen mahdollisuuksia.

Lisäeristäminen voi aiheuttaa muutostarpeita liittyviin rakenneosiin, kuten ikkuna- ja oviliitoksiin sekä sokkeli- ja räystäслиitoksiin. Liitosten suunnittelun tulee olla kiinteä osa energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävää suunnittelua.

*Rakennusosakohtaiset korjausmenetelmät*

Tässä oppaassa korjaustoimien vaikutusta rakenteen energiatehokkuuteen on käsitelty erikseen jokaisen korjaustavan yhteydessä. Korjaustavoissa on kuvattu myös aina kyseisen korjauksen onnistumisen keskeisiä tekijöitä ja korjaustapaan mahdollisesti liittyviä riskejä, jotka tulee ottaa huomioon korjauksen suunnittelussa ja toisaalta myös toteutuksessa sekä edelleen rakennuksen elinkaaren aikana tapahtuvassa rakenteiden toimivuuden seurannassa.

Energiatehokkuutta parantavilla toimenpiteillä tavoitellaan energiansäästöä useiksi kymmeniksi vuosiksi. Tällöin korjaukset, joilla jatketaan vanhan rakenteen käyttöikää suurempaan peruskorjaukseen asti, eivät juuri koskaan sovellu energiatehokkuuden parantamiseen. Tällöin energiatehokkuuskysymykset jäävät varsinaiseen peruskorjaukseen ratkaistaviksi.

Yleisiä energiatehokkuuden parantamiseen liittyviä julkaisuja on useita, ja näissä asiaa lähestytään pääosin sellaisten rakennusten kautta, joissa ei tarvitse tehdä samanaikaisesti kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyviä korjauksia. Esimerkkinä voidaan mainita tuore Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa -opas (Ojanen et al., 2017).

### 6.3 Ilmastomuutoksen huomioon ottaminen

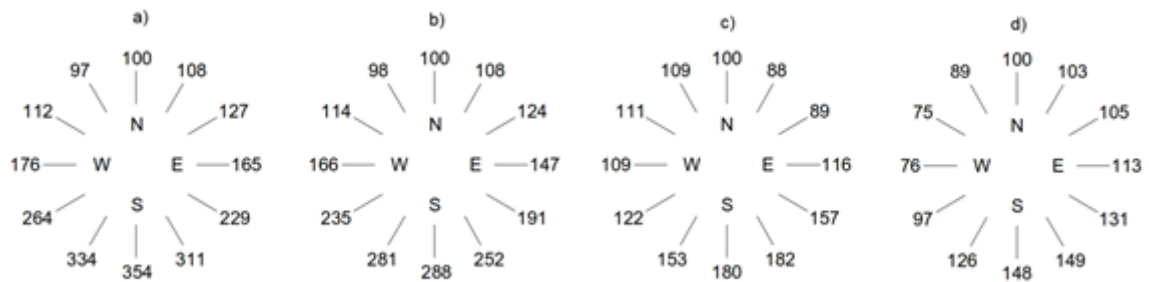
Ilmastolla on suuri vaikutus rakenteiden vaurioitumiseen sekä rakennusfysikaaliseen toimivuuteen. Rakennuksissa ja rakenteissa on esiintynyt kosteus- ja mikrobivaurioita jo nykyisessä ilmastossa, vaikka se on ollut huomattavan tasainen ilmastomuutosennusteisiin verrattuna. Sääolosuhteissa on esiintynyt huomattavaa vuosittaista vaihtelua, mutta keskimääräinen muutos on ollut ilmaston hidas lämpeneminen koko mittaushistorian ajan (Ilmatieteen laitos 2017). Suomen ilmastossa on ollut huomattava lämpenemisjakso 1930-luvulla, mutta suunnilleen 1980-luvun puolivälistä lämpeneminen on pääasiassa vain lisääntynyt (Lahdensivu 2010).

Ilmatieteen laitoksen laatimat ennusteet Suomen tulevasta ilmastosta perustuvat kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) vuonna 2007 julkaistuun neljänteen arviointiraporttiin. Ilmastomuutoksen ennustetaan nostavan ulkoilman lämpötilaa ja lisäävän sademääriä sekä pilvisyyttä. Myös sadepäivien lukumäärän ennustetaan lisääntyvän talvella, mutta kesällä niiden määrä voi jopa laskea (Jylhä et al., 2009). Lisäksi tuulen voimakkuuden ja ulkoilman suhteellisen kosteuden ennustetaan nousevan jonkin verran talvella (Ruosteenoja et al., 2013). Ilmatieteen laitoksen tutkimusten mukaan keskeisimpiä rakenteiden vaurioitumisen ja rakennusfysikaaliseen toimivuuteen vaikuttavia ilmastomuutoksen mukanaan tuomia asioita ovat vuosisadan lopulle tultaessa (Jylhä et al., 2009):

- Vuoden keskilämpötila nousee talvella 3-9 °C, kesällä 1-5 °C
- Sademäärät lisääntyvät 10-40 % talvella ja 0-20 % kesällä
- Talvella sadepäivät yleistyvät ja sateet runsastuvat
- Lämpötilan nousu, pilvisyyden lisääntyminen sekä sateisuuden kasvaminen nostavat ilman kosteuspitoisuutta, joka puolestaan lisää homeenkasvulle suotuisen ajanjaksojen määrää.

Vesisade ei jakaudu julkisivuille tasaisesti, vaan Suomessa sateet keskittyvät lounaskaakkosektorille (Lahdensivu et al., 2011; Ruosteenoja et al., 2013). Ilmastomuutoksen seurauksena vesisateet tulevat jatkossakin samalta suunnalta, mutta vesisateen

määrä kasvaa huomattavasti. Vuosisadan loppuun mennessä pohjoisjulkisivuun verrattuna sademäärä eteläjulkisivulla kasvaa 1,48-3,54 kertaiseksi kuvan 6.1 mukaan (Pakkala et al., 2016).



**Kuva 6.1.** Suhteellinen viistosateen muutos pohjoisjulkisivuun verrattuna a) rannikkoalueella, b) Etelä-Suomessa, c) sisämaassa ja d) Lapissa (Pakkala et al., 2016).

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan on arvioitu laajasti FRAME-tutkimuksessa. Siinä on esitetty seuraavia vaikutuksia rakenteiden toimintaan (Vinha et al., 2013):

- Kosteuden kondensoitumiselle ja homeen kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät varsinkin rakenteiden ulko-osissa ja ryömintätiloissa
- Kosteuden siirtyminen ulkoa sisälle lisääntyy erityisesti sellaisissa julkisivuissa, joihin imeytyy kapillaarisesti vettä. Kesäaikana kondenssi- ja homehutumiseriski kasvavat näissä rakenteissa myös sisäpinnan läheisyydessä
- Rakenteiden kuivumiskyky heikkenee ja hidastuu poutajaksojen lyhentyessä ja pilvisyyden lisääntyessä.

Ilmastonmuutos otetaan huomioon rakenteiden rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa tätä varten luotujen ns. testivuosien avulla. Sääaineisto laskennallisia tarkasteluja varten on luotu erikseen Etelä-Suomen ja sisämaan ilmastoille vuosille 2030, 2050 ja 2100. Sääaineisto on ladattavissa Ilmatieteen laitoksen sivuilta [www.ilmatieteenlaitos.fi/Rakennusfysiikan-testivuodet-tulevaisuuden-ilmastossa](http://www.ilmatieteenlaitos.fi/Rakennusfysiikan-testivuodet-tulevaisuuden-ilmastossa).

Korjausrakentamisessa ilmastonmuutos otetaan vastaavasti huomioon korjattavan rakenteen rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa. Korjausten suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava lisäksi huomioon rakenteiden ja rakennusosien nykyistä suurempi suojaustarve työnaikaista kastumista vastaan sekä kastuneiden rakenteiden kuivumiseen vaadittavat ajat.



## LÄHTEET

Ahmed, K., Sistonen, E., Simson, R., Kurnitski, J., Kesti, J. & Lautso, P. (2017). Radiant panel and air heating performance in large industrial buildings. *Building Simulation: An International Journal*. 11 p. Viitattu 05.11.2017. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s12273-017-0414-8>, Impact factor 1.17, ISSN 1996-3599 (print version); 1996-8744 (electronic version).

Aho, H., Korpi, M. (toim.). (2009). Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 141. 100 s.

Al-Neshawy, F. (2013). Computerised Prediction of the Deterioration of Concrete Building Façades caused by Moisture and Changes in Temperature. Doctoral dissertation. Aalto University. Espoo. Finland. 189 p. + app. 37 p. Viitattu 17.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5203-8>.

Annala, P.J., Lahdensivu, J., Lemberg, A-M., Pikkuvirta, J., Pakkala, T.A. (2016). BY 64 Tuulettuvat julkisivut 2016. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki. BY64. 121 s.

Aronpää, P. (2015). Vesivahingot ja kuivausmenetelmät. Teoksessa: Rakentajain kalenteri 2015. Helsinki: Rakennustieto oy, pp. 171-173.

Arvela, H. Holmgren, O., Reisbacka, H. (2012). Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A252. Säteilyturvakeskus, Helsinki 2012, 138 s. + liitt. 3 s. ISBN 978-952-478-700-0 (nid.). ISBN 978-952-478-701-7 (pdf). ISSN 0781-1705. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014120249807>.

Asikainen, T. (2016). Kuntien toimintatapoja koulujen sisäilmaongelmien selvittämisessä, Ongelman täsmentäminen ja toimenpiteiden kiireellisyyden arviointi. Opinnäytetyöt, Rakennusterveys 2016. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio. 66 s. + liitt. 29 s. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <https://www.uef.fi/documents/10975/236560/Asikainen+Terhi/2c1c44ad-4bc6-4c54-983e-fb9d0a60088d>.

Asikainen, V. (toim.) ja Peltola, S. (toim.). (2008). Sisäilmaongelmaisen koulurakennuksen korjaaminen. Osat 1 ja 2. Vammala: Opetushallitus. 247 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [http://www.oph.fi/download/46462\\_sisailmaongelmaisten\\_koulurakennusten\\_korjaaminen.pdf](http://www.oph.fi/download/46462_sisailmaongelmaisten_koulurakennusten_korjaaminen.pdf). ISBN 978-052-13-3851-9. ISBN 978-952-13-3875-5 (pdf).

Boström, S., Uotila, U., Linne, S., Hilliaho, K., Lahdensivu, J. (2012). Erilaisten korjaustoimien vaikutuksia lähiökerrostalojen todelliseen energiankulutukseen. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 158. 77 s.

Castagnoli, E., Vornanen-Winqvist, C., Mikkola, R., Mattila, M., Kurnitski, J., Salonen, H. (2016). Case Study - Online Monitoring of the Indoor Pollutants in a Renovated School with several Building-related Symptoms among Occupants. Sisäilmastosemiinaari 2016. 6 p. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <http://sisailmayhdistys.fi/content/download/2906/19208/Sisem2016+Emmanuelle+Castagnoli.pdf>.

EcoDry (2017). Viitattu 02.12.2017. Saatavilla: <http://ecodry.fi/>.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy (2016). Korjaa ajoissa ja säästä. Tutkimusraportti, 26310. 13.12.2016. Kosteus- ja hometalkoot, Ympäristöministeriö.

Hakamäki, H. (2015). Toteutustavan vaikutus ulkovaipparakenteen sisäpinnan ilma-  
vuototiivistysten pysyvyyteen. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 87 s. + liitt. 64 s. Viitattu  
15.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201511205218>.

Harmo, P., Puusa, J., Lehtinen, S., Selkäinaho, J., Aattela, E., Visala, A., Salkinoja-  
Salonen, M. (2017). Mikrobin tuottamat haitalliset rikkiyhdisteet sisäilmassa uusi on-  
line sovellettava mittaustekniikka - Sisäilmapoliisi-projekti. Sisäilmastoseminaari 2017.  
ss. 233-238. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/han-  
dle/10138/178891/HarmoYm2017SIYRaportti35\\_233\\_238.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/178891/HarmoYm2017SIYRaportti35_233_238.pdf?sequence=1).

Hartikainen, P. (toim.) (2013). Homevaurioituneen rakennusmateriaalin puhdistusohje  
rakenneosille, joita ei voida poistaa. Kosteus- ja hometalkoot. Ympäristöministeriö.

Heiskanen, R. (2016). Maanvastaisten seinien sisäpuolinen lisälämmöneristäminen.  
Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Diplomityö. 82 s.  
+ 14 liites.

Helsingin kaupunki (2014). Kosteudenhallinta-ohje. 6 s. Viitattu 25.10.2017. Saata-  
villa: <https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Kosteudenhallinta.pdf>.

Hengitysliitto (2017). Hometalkoot.fi -verkkopalvelu. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla:  
<http://www.hometalkoot.fi/>.

Hilliaho, K. (2010). Parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset. Tampere.  
Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Diplomityö. 147 s. + 8 liites.

Hokkanen, V-M. (2014). Osastointi ja koneellinen pölynhallinta. Teoksessa Korpi,  
Anne (toim.) 2014: Tarkistuslistoja ja ohjeita sisäilmaongelmien selvittämiseksi ja kor-  
jausten onnistumisen varmistamiseksi ammattilaisille. Terve Tila –hankkeen yhteen-  
veto. Suomen Yliopistokiinteistöt Oy.

Hongisto, L. (2016). Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät sisäilman laadun pa-  
rantamiseksi. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2015 – 2016, Rateko,  
Helsinki 2016. 79 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: [https://www.vaha-  
nen.com/app/uploads/2016/10/Laura-Hongisto-5.10.2016-Kaksoislaattapalkiston-  
korjausmenetelmat-1.pdf](https://www.vah-<br/>nen.com/app/uploads/2016/10/Laura-Hongisto-5.10.2016-Kaksoislaattapalkiston-<br/>korjausmenetelmat-1.pdf).

Hyvärinen, A., Marttila, T., Kero, P., Pekkanen, J., Ung-Lanki, S., Lampi, J., Leppänen,  
H., Jalkanen, K., Turunen, M., Haverinen-Shaughnessy, U., Annala, P., Suonketo, J.,  
Niemi, J. (2017) Avaimet terveelliseen ja turvalliseen rakennukseen (AVATER) – Yh-  
teenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2017.  
127 s. Viitattu 04.11.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-411-5>.  
ISBN:978-952-00-3792-5. ISBN 978-952-287-411-5, ISSN 2342-6799 (pdf).

Ilmatieteen laitos (2017). Ilmatieteen laitoksen avoin data ja lähdekoodi. Viitattu  
18.10.2017. Saatavilla: <https://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data>.

Ilmatieteen laitos (2017). Ilmastotiedot. Viitattu 17.11.2017. Saatavilla: [www.fmi.fi/vuositilastot](http://www.fmi.fi/vuositilastot)

Inkinen, J., Mäkinen, R., Keinänen-Toivola, M. M., Nordström, K., Ahonen, M. (2017). Copper as an antibacterial material in different facilities. Letters in Applied Microbiology. 2017 Jan;64(1):19-26. doi: 10.1111/lam.12680. Epub 2016 Nov 28. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/lam.12680/epdf>.

Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S., Seitola, T. (2009). Arvioita suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2009:4. 102 s.

Järnström, H. (2007). Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. VTT Publications 672. VTT Technical Research Centre of Finland. Espoo 2007. 73 p. + app. 63 p. Viitattu 26.10.2017. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P672.pdf>. ISBN 978-951-38-7075-1, ISSN 1235-0621 (soft back ed.). ISBN 978-951-38-7076-8, ISSN 1455-0849 (pdf).

Katainen, V., Vähämaa, K. (2015). Paine-erojen pitkäaikainen seuranta ja painesuhteiden vaihtelu rakennuksissa. Opinnäytetyöt, Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio 2015. 95 s. + liitt. 8 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: [https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VahamaaKatainen\\_virallinen2015.pdf/3a3baf31-412e-4716-9552-f86d075fb276](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VahamaaKatainen_virallinen2015.pdf/3a3baf31-412e-4716-9552-f86d075fb276).

Kattoliitto ry (2013) Toimivat katot 2013. ISBN 978-952-269-092-0. 118 sivua

Keinänen, H. (2009). Polyamidipohjaiset kapselointiratkaisut haitta-aineiden ja epäpuhtauksien torjunnassa. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö.

Kero, P. (2013). Kosteus- ja homekorjausprosessin arviointi sekä korjaushankkeen hallintaan kehitetty työkalu. Rakentajain kalenteri 2013. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy.

KH 90-00610, RT 18-11238. (2016). Homevaurioituneen rakenneosan puhdistusohje. Rakennustietosäätiö. 9 s.

Kiiski, T. (2017). Rakenteiden tiivistysten laadunvarmistus ja korjaustöiden jälkiseuranta. Opinnäytetyö. Savonia-Ammattikorkeakoulu. 62 s. + liitt. 8 s. Viitattu 05.11.2017. Saatavilla: [http://theseus56-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/124286/Kiiski\\_Tuomo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://theseus56-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/124286/Kiiski_Tuomo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

KIMU (2010). Kerrostalon ilmastomuutos – energiatalous ja sisäilmasto kuntoon. Ilmanvaihtojärjestelmien tarkastelu – lisähanke KIMULI. Loppuraportti 57 s.

Kollanen, T. (2016). Sisäilman kuitukorjaukset. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2015 – 2016, Rateko, Helsinki 2016. 79 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2016/10/Tumo-Kollanen-23.8.2016-Sisailman-kuitukorjaukset.pdf>.

Koskivuori, M. (2016). Liitosnauhojen käytettävyys ikkunaliittymien tiivistyksessä. Opinnäytetyö, Korjausrakentaminen, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Insinööri

(YAMK). 120 s. + liitt. 9 s. Viitattu 21.01.2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016090514025>.

Kuivaketju10. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://kuivaketju10.fi/>.

Kärki, J-P., Öhman, H. (2007). Homevaurioiden korjausopas. Kuopio, Kuopion yliopisto, Tutkimuksia ja selvityksiä 6/2007. 52 s. + 18 liites.

Käyhkö, K. (2017). Maanvastaisen betonilaatan päällystysratkaisujen vesihöyryn läpäisevyyden analysointi. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 89 s. + liitt. 9 s. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201712188093>.

Lahdensivu, J. (2003). Luonnonkiviverhottujen massiivitiilliseinien vaurioituminen ja korjaamismahdollisuudet. Lisensiaattityö, Tampereen teknillinen yliopisto. 156 s. + liitt. 9 s.

Lahdensivu, J. (2010). Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa. Helsinki, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Suomen ympäristö 17/2010. 64 s.

Lahdensivu, J., Suonketo, J., Vinha, J., Lindberg, R., Manelius, E., Kuhno, V., Saastamoinen, K., Salminen, K., Lähdesmäki, K. (2012). Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu ja toteutusohjeita. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, tutkimusraportti 160. 121 s. + 1 liites.

Lahdensivu, J., Tietäväinen, H., Pirinen, P. (2011). Durability properties and deterioration of concrete facades made of insufficient frost resistant concrete. Nordic Concrete Research. Publication no. 44. Pp. 175-188.

Lahtinen, M. (2004). Psykologinen näkökulma työpaikkojen sisäilmasto-ongelmiin: psykososiaalinen työympäristö ja organisaation ongelmanratkaisutaidot ongelma-  
vyyhden osatekijöinä. Väitöskirja, Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta, Psykologian laitos, Tampereen yliopisto. Työterveyslaitos. Työ ja ihminen, Tutkimusraportteja: 25. ZZ s. ISBN (print): 951-802-573-8.

Lahtinen, M., Ginström, A., Harinen, S., (2010). Selätä sisäilmastokiista – viesti viisaasti. Työterveyslaitos. Helsinki 2010. 76 s. ISBN (print): 978-951-802-978-9

Laine, K. (2014). Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen sisäilmakorjauksessa. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Itä-Suomen yliopisto. Kuopio 2014. 123 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKata-riina\\_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKata-riina_virallinen2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a).

Lammi, T. (2016). Epäpuhtauksien hallinta rakenteiden alipaineistuksen avulla. Opinäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2015 – 2016, Rateko, Helsinki 2016. 66 s. + liitt. 72 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2016/10/Toni-Lammi-26.8.2016-Epapuhtauksien-hallinta-rakenteiden-alipaineistuksen-avulla.pdf>.

Lappalainen, S., Korhonen, P., Palomäki, E., Holopainen, R., Rosendahl, T., Hellgren, U-M., Hynynen, P., Haapakangas, A., Hongisto, V., Helenius, R., Reijula, K., Palonen, J., Autio, A., Kaleva, H., Rantama, M. (2008) 'Kiinteistöjen arviointimenetelmä - osa-tehtävän loppuraportti' Työterveyslaitos, Laadukas sisäympäristö, Helsinki, 44 s.

Lappalainen, S., Reijula, K., Tähtinen, K., Latvala, J., Hongisto, V., Holopainen, R., Kurttio, P., Lahtinen, M., Rautiala, S., Tuomi, T., Valtanen, A. (2017). Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Työterveyslaitos. 76 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/handle/10024/131872>.

Lappalainen, S., Tähtinen, K. (2016). Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Työterveyslaitos. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometal-koot.fi/file/15883.pdf>.

Latvala, J., Karvala K, Sainio, M., Salinheimo, S., Tähtinen, K., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Reijula, K. (2017). Ohje työterveyshuollon toimintaa ja potilasvastaanotolle kun työpaikalla on sisäilmasto-ongelma. Työterveyslaitos. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/handle/10024/132078>.

Levänen, O. (2016). Sisäilmakorjausprojektin onnistumisen varmentaminen ja laadunvarmistus. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 148 s. + liitt. 28 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201603291551>.

Linne, S. (2010). Ulkovaipan lämpötalouteen vaikuttavat korjaustoimenpiteet käytännössä. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 89 s.

Louhelainen, K., Santonen, T., Moisa, J., Stockmann-Juvala, H., Pennanen, S., Lapinlampi, T. (2016). Biosidit ja korjausrakentaminen, Käyttö ja turvallisuus. Työterveyslaitos. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/130236/Biosidit%20ja%20korjausrakentaminen.pdf?sequence=1>.

LVI 05–10440, RT 07–10946, KH 27–00422, Ratu 437-T. (2008). Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiö. 22 s.

Malinen, J. (2015). Kaksoislaattapalkistorakenteen tutkimus- ja korjausmenetelmät. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 89 s. + liitt. 3 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201512165762>.

Manninen, T. (2017). Loppusiivouksen laadunvarmistus on tärkeä osa rakennushankkeen pölyn- ja puhtaudenhallintaa. Opinnäytetyö, Rakennusterveysasiantuntija, RTA 2016 – 2017, Rateko, Helsinki 2017. 51 s. Viitattu 05.11.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2017/06/Titta-Manninen-RTA-lopputy%C3%B6-Loppusiivouksen-laadunvarmistus-on-t%C3%A4rke%C3%A4-osa-rakennushankkeen-p%C3%B6lyn-ja-puhtaudenhallintaa.pdf>.

Mattila, M. (2017). Ylipaineistuksen ja ilmanpitävyyden vaikutus rakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 58 s. + liitt. 3 s.

McInerney, M. K., Morefield, S., Cooper, S., Malone, P., Weiss, C., Brady, M., Bushman, J. P., Taylor, J., Hock, V. F. (2002). Electro-Osmotic Pulse (EOP) Technology for Control of Water Seepage in Concrete Structures. US Army Corps of Engineers. Engineer Research and Development Center. ERDC/CERL TR-02-21 Construction Engineering Research Laboratory, 168 p.

Merikallio, T. (2009). Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. TKK Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitoksen väitöskirjoja, TKK-R-

VK4, Espoo 2009. 136 s. Viitattu 25.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-22-9957-7>.

Mod, K. (2014). Öljyhiilivetyemissioiden rajoittaminen epoksinnoitteella. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 110 s. + liitt. 31 s.

Museovirasto (2017). Rakennetun ympäristön suojelu. Saatavilla: [http://www.nba.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennusperinto/rakennusten\\_suojelu](http://www.nba.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennusperinto/rakennusten_suojelu).

Myyryläinen, L. (2003). Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. Suomen kiinteistöliitto. 191 s. 25–26. Jyväskylä.

Nieminen, J., Kouhia, I., Ojanen, T., Knuuti, A. (2013). Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja. VTT Technology 144. 131 s. + liitt. 8 s. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T144.pdf>.

Nordman, H. (toim.) (2007). Majvik II -suosituksesta ohjeita kosteusvaurioiden selvittelyyn. Suomen Lääkärilehti 7/2007, vsk 62, 2007, ss. 654-664. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <http://www.epshp.fi/files/2011/Majvik-suositus-SLL-2007.pdf>.

Ojanen, T., Nykänen, E., Hemmilä, K. (2017). Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Opas. RTT Eristeteollisuus, Puutuoteteollisuus ja ympäristöministeriö. 195 s.

Pakkala, T.A., Lemberg, A.M., Lahdensivu, J., Pentti, M. (2016). Climate change effect on wind-driven rain on facades. Nordic Concrete Research. Publication no. 54. Pp. 31-149.

Palviainen, T. (2009). Maanvastaisten rakenteiden kosteuden hallinta sisäpuolisilla korjausmenetelmillä. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. 122 s. + liitt. 1 s.

Pentti, M., Hyypöläinen, T. (1999). Ulkoseinärakenteen kosteustekninen suunnittelu. TTKK julkaisu 94. Rakennustekniikan osasto. Tampere.

Pessi, A-M., Suonketo, J., Pentti, M., Rantio-Lehtimäki, A. (1999). Betonielementtijulkisivujen mikrobiologinen toimivuus, TTKK julkaisu 101. Rakennustekniikan osasto. Tampere.

Pietiläinen, J., Kauppinen, T., Kovanen, K., Nykänen, V., Nyman, M., Paiho, S., Peltonen, J., Pihala, H., Kalema, T., Keränen, H. (2007). ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo 2007. VTT Tiedotteita 2413. 173 s. + liitt. 56 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>. ISBN 978-951-38-6970-0 (pdf).

Pirinen, J., Kero, P. (2015). Sisäilmaongelman ratkaiseminen. Ohjekortisto ammattilaisille. Kosteus- ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/file/15922.pdf>.

Pitkäranta, M. (toim.) (2016). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Helsinki. 234 s. Viitattu 17.10.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>. ISBN 978-952-11-4626-8 (PDF).

Poutiainen, T. (2017). Sisäilmakorjausten onnistumisen varmentaminen. Rakennusterveysasiantuntijan opinnäytetyö. Rateko. Helsinki 2017. 44 s. + liitt. 1 s. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <https://www.vahanen.com/app/uploads/2017/06/Taija-Poutiainen-RTA-lopputy%C3%B6-Sis%C3%A4ilmakorjausten-onnistumisen-varmentaminen.pdf>.

Puuinfo. (2011). Tuuletettu puualapohja. Tekninen tiedote. Viitattu:18.05.2017. Saatavilla: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/tuuletettu-puualapohja/tuuletettu-puualapohjapaivitys-98.pdf>

Rakennustieto Oy (2010). RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto Oy (2011). Korjaustöiden laatu 2011. Ratu KL-6019 Korjaustöiden laatu KTL 2011. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2011. 215 s. ISBN: 978-951-682-968-8.

Rakennustieto Oy (2012). SisäRYL 2013. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto Oy (2016). KorjausRYL 2016. Esiselvitykset ja purkaminen. Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2016. 192 s. ISBN: 978-952-267-167-7.

Rakennustieto Oy (2016). Rakentajain kalenteri 2017. Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry, Rakennustietosäätiö RTS sr. 592 s.

Rakennustieto Oy (2017). KorjausRYL 2017. Julkisivut. Rakennustietosäätiö RTS sr. Helsinki 2017. 270 s. ISBN: 978-952-267-233-9.

Rakennustieto Oy (2017). Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus M1. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://m1.rts.fi/ilmanvaihtotuotteiden-puhtausluokitus-m1>.

Ratu S-1225. (2009). Pölyntorjunta rakennustyössä. Rakennustietosäätiö. 30 s.

Ratu 82-0383. (2011). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Menetelmät. Rakennustietosäätiö.

RT 10-11255, LVI 03-10602, KH 90 -00630. (2017). Talonrakennushankkeen kulku. Riskien- ja laadunhallinta. Rakennustietosäätiö. 14 s.

RT 14-10776. (2003). Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen. Rakennustietosäätiö. 4 s.

RT 10-11128. (2013). Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Rakennustietosäätiö.

RT 10-11222. (2016). Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. Rakennustietosäätiö

RT 10-11284. (2017). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. Rakennustietosäätiö.

RT 14-10776. (2003). Pintojen ammoniakkiemissioiden määrittäminen. Rakennustietosäätiö. 4 s.

RT 14-10984. (2010). Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Rakennustietosäätiö. 16 s.

RT 14-11039. (2011). Tasaisuuden mittaus. Mittalauta ja kiila -menetelmä Rakennustietosäätiö. 4 s.

RT 14-11197, LVI 01410565, KH 90-00577. (2015). Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Rakennustietosäätiö. 16 s.

RT 14-11239, LVI 10 -10594, KH 24-00615, Ratu S-1233. (2016). Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennustietosäätiö. 7 s.

RT 18-10922. (2008). Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustietosäätiö. 32 s.

RT 18-11238. (2016). Homevaurioituneen rakenneosan puhdistusohje. Rakennustietosäätiö. 9 s.

RT 80-10974, LVI 01-10450. (2009). Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustietosäätiö. 24 s.

RT 83-11032. (2011). Vedenpaineeneristys. Rakennustietosäätiö. 12 s.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Mäkelä, H., Hyvönen, R., Pirinen, P., Lehtonen, I. (2013). Rakennusfysiikan testivuosiin sääainestot havaitussa ja arvioitussa tulevaisuuden ilmastossa. REFI-B-hankkeen tuloksia. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2013:1. 48 s.

Sainio M. ja Karvala K. Sisäilma ja ympäristöherkkyys. Suomen Lääkärilehti 13/2017 VSK 72. 848-854.

Salin, J., Salkinoja-Salonen, M., Salin, P., Nelo, K., Holma, T., Ohtonen, P., Syrjälä, H. (2017). Building-related symptoms are linked to the in vitro toxicity of indoor dust and airborne microbial propagules in schools: A cross-sectional study. Environmental Research. Vol. 154. pp. 234-239. ISSN 0013-9351. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935116306090?via%3Dihub>.

Salkinoja-Salonen, M. (2016). Diagnostisia työkaluja rakennusten patologiaan. Mikrobiologian julkaisuja 50, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto. 134 s. ISBN (painettu) 978-952-93-7928-6, ISBN (elektroninen) 978-952-93-7929-3, ISSN 1238-1136. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: [https://tuhat.helsinki.fi/portal/fi/publications/diagnostisia-tyoeka\(49cad03a-5b35-43ae-ac95-d45b607aa4ec\).html](https://tuhat.helsinki.fi/portal/fi/publications/diagnostisia-tyoeka(49cad03a-5b35-43ae-ac95-d45b607aa4ec).html).

Salo, J. (2014). Rakennuksen homeiden aineenvaihduntatuotteiden mittaamiseen perustuvan analytiikan kehittäminen. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 99 s. + liitt. 8 s. Viitattu 04.11.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201406252229>.

Salonen, H., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Holopainen, R., Palomäki, E., Koskela, H., Backlund, P., Nieme, R. (2011). Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Työterveyslaitos, Helsinki. ISBN-13: 9789522610485, ISBN-10: 9522610488.



Sievola, J. (2012). Haitta-aineiden kapselointimateriaalien jatkok tutkimus ja kapseloinnin korjaustavat. Sisäilmastoseminaari 2012. Sisäilmayhdistys raportti 30. SIY Sisäilmatieto Oy. S. 19-24. s. 191-196. ISBN 978-952-5236-40-8.

Sistonen, E., Piironen, J. (2016). Pinnoitettujen sandwich-elementtien kosteus- ja lämpötilamittaukset kentällä. Tutkimusraportti AALTO-R-001-2016. Aalto-yliopisto. 22 s. + liitt. 10 s.

Sisäilmayhdistys ry (2018). Työmaan kosteudenhallinta. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Työmaan-kosteudenhallinta>.

Sorasalmi, J. (2017). Temperierung-menetelmä ja sen soveltaminen massiivirakenteisten seinien kosteusteknisissä korjauksissa. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 92 s. + liitt. 9 s. Viitattu 02.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201711277752>.

Suomen Betoniyhdistys ry (2016). By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2016. BY-Koulutus Oy. 120 s. ISBN: 978-952-68068-7-7.

Suomen Betoniyhdistys ry (2013). By 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2011). RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2012). RIL 107-2012, Rakennusten veden- ja kosteudenerintysohjeet. 219 s. ISBN 978-951-758-545-3.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2016). RIL 241-2016 Erityismenettelyn soveltaminen – rakennuksen turvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot. 138 s. ISBN 978-951-758-612-2.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2014). RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. 500 s. ISBN 978-951-758-589-7.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2010). SFS 5994. Siivouksen tekninen laatu. Mittaus ja arviointijärjestelmä INSTA800:2010. Helsinki. 123 s.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2015). SFS-EN ISO 9000. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. 115 s.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2015). SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 76 s.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2006). SFS-EN ISO 16000-10. Indoor air. Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing. Emission test cell method (ISO 16000-10:2006). 28 s.

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2017). Rakennushankkeen sisäympäristön seuranta- ja laadunvarmistussuunnitelma. 22 s. (Julkaisematon)

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2015). Teknisten järjestelmien vastaan- ja käyttöönottovaiheen laadunvarmistuksen ohjeistus. 20 s. Viitattu 26.10.2017. Saatavilla:

<http://sykoy.fi/wp-content/uploads/prosessikuvaus3-teknisten-jrjestelmien-vastaa-ja-kyttnottovaiheen-laadunvarmistuksen-ohjeistus-id-153593.pdf>.

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2015). Tietopaketti sisäilmatoiminnasta konsulteille. 153 s. Viitattu 06.01.2018. Saatavilla: <http://sykoy.fi/wp-content/uploads/tietopaketti-sisilmatoiminnasta-konsulteille.pdf>.

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (2017). Toimintamalli sisäympäristöongelmissa. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://sykoy.fi/wp-content/uploads/presentaatio-sisilma-toimintamalli.pdf>.

Säteilyturvakeskus STUK (2017). Turvallisuusarvio. PSR2015. Viitattu 15.10.2017. 107 s. Saatavilla: [https://www.stuk.fi/documents/12547/207522/loviisa\\_maara-aikainen\\_turvallisuusarvio\\_liite1\\_turvallisuusarvio.pdf/de341886-075d-42af-8f77-56bebbb9650b](https://www.stuk.fi/documents/12547/207522/loviisa_maara-aikainen_turvallisuusarvio_liite1_turvallisuusarvio.pdf/de341886-075d-42af-8f77-56bebbb9650b).

Taffese, W. Sistonen, E. (2016), Neural network based hygrothermal prediction for deterioration risk analysis of surface-protected concrete façade element, Construction and Building Materials, Vol. 113, 15 June 2016, pp. 34–48, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.029>. Impact factor 2.296, ISSN: 0950-0618.

Tampereen teknillinen yliopisto (2013). Korjaushankkeen arviointi -ja seurantalomake. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometalkoot.fi/guides>.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017). VTT:n myöntämien sertifikaattien ja hyväksyntien hakukone. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <http://www.vtt-todistus.fi/>.

Takko, S. (2017). Asuinkerrostalojen välipohjarakenteet 1890-1960 ja niiden korjaaminen. Diplomityö, Aalto-yliopisto. 95 s. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201705114678>.

Tullila, V. (2015). Julkisten rakennusten sisäpuolisten tiivistyskorjausten suunnittelu. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 74 s. + liitt. 24 s.

Työterveyslaitos (2017). Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista. 8 s. Viitattu 17.10.2017. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>.

Työterveyslaitos. (2016). Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen. Kosteus- ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. 12 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home\\_puhdistus.pdf](https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home_puhdistus.pdf).

Työterveyslaitos (2016). Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjauksen jälkeen. 12 s. Viitattu 26.10.2017. Saatavilla: [https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home\\_puhdistus.pdf](https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/home_puhdistus.pdf).

Tähtinen, K., Aalto, L., Pietarinen, V.-M., Lappalainen, S., Holopainen, R., Palomäki, E., Kuokkanen, J. (2013). Arvorakennusten käytettävyys ja hyvät korjauskäytännöt. ARVO. Loppuraportti. Työterveyslaitos Helsinki. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/110650/Arvo.pdf?sequence=1>.

Tähtinen, K., Lappalainen, S. (2016). Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Työterveyslaitos. 9 s. Viitattu 19.10.2017. Saatavilla: <http://www.hometal-koot.fi/file/15883.pdf>.

Uotila, U. (2012). Korjaustoimien vaikutukset lähiökerrostalon todelliseen energiankulutukseen. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 107 s.

Valvira (2016). Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Viitattu 18.10.2017. Saatavilla: <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>.

Valvira. (2013). Lausunto biosidikäsitellyn aiheuttamasta mahdollisesta terveyshaitasta asuinhuoneistossa. Dnro 248/06.10.02/2013.Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/Biosidilausunto\\_18022013.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/Biosidilausunto_18022013.pdf).

Viljanen, K. Pöysti, M. (2017). Kevytsoralla korjatun välipohjan ja täydentävällä lämmöneristeellä tehdyn kevytsorakaton kosteusteknisen toiminnan varmistaminen, Rakennusfysiikkaseminaari 2017, s. 65-70.

Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Aho, H., Salminen, M., Salminen, K. & Keto, M. (2009) Asuinrakennusten ilmanpitiävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 140. 148 s. + 19 liites.

Vinha J., Laukkarinen, A., Mäkitalo, M., Nurmi, S., Huttunen, P., Pakkanen, T. Kero, P., Manelius, E., Lahdensivu, J., Köliö, A., Lähdesmäki, K., Piironen, J., Kuhno, V., Pirinen, M., Aaltonen, A., Suonketo, J., Jokisalo, J., Teriö, O., Koskenvesa, A., Palo-lahti, T. (2013). Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristeyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, tutkimusraportti 159. 354 s. + 43 liites

Visuri, E. (2015). Sisäilmalähtöinen rakennuttaminen korjausrakentamisessa. Rakennusterveysasiantuntijan opinnäytetyö. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Itä-Suomen yliopisto. Kuopio 2015. 41 s. Viitattu 15.10.2017. Saatavilla: [https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VisuriEsa\\_virallinen2015.pdf/4fac8370-4045-4ee1-ad62-98bb7f6a1359](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/VisuriEsa_virallinen2015.pdf/4fac8370-4045-4ee1-ad62-98bb7f6a1359).

Vornanen-Winqvist, et al. Ventilation Positive Pressure Intervention Effect on Indoor Air Quality in a School Building with Moisture Problems. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 230. Saatavilla: <http://www.mdpi.com/1660-4601/15/2/230>

Ympäristöhallinto (2016). Radonkorjaukset ovat monivaiheisia. Viitattu 03.12.2017. Saatavilla: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Korjaushankkeet/Rakennuksen\\_muut\\_osat/Radonkorjaukset](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Korjaushankkeet/Rakennuksen_muut_osat/Radonkorjaukset).

Ympäristöhallinto (2016). Suunnitelmallinen kiinteistönpito. Viitattu 07.01.2018. Saatavilla: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Suunnitelmallinen\\_kiinteistön\\_pito](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Suunnitelmallinen_kiinteistön_pito).

**Lait, asetukset, määräykset, päätökset ja ohjeet**

Laki rakennusperinnön suojelemisesta 498/2010. Annettu Helsingissä 4 päivänä kesäkuuta 2010. Saatavissa sähköisesti osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100498>

MRL 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Annettu Helsingissä 5 päivänä helmikuuta 1999. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990132>

Sosiaali- ja terveysministeriö (2015). Asumisterveysasetus 545/2015. Annettu Helsingissä 23 huhtikuuta 2015. Saatavilla: <http://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>.

Sosiaali- ja terveysministeriö (2016). HTP-Arvot 2016 - Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2016:8. 98 s. ISBN 978-952-00-3791-8, ISSN 1236-2050 (painettu). ISBN 978-952-00-3792-5, ISSN 1797-9854 (pdf). Viitattu 04.11.2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3792-5>.

TSL 763/1994. Terveysturvallisuuslaki 763/1994. Annettu Helsingissä 19 elokuuta 1994. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940763>

TTL 738/2002. Työturvallisuuslaki 738/2002. Annettu Helsingissä 23 elokuuta 2002. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

VNa 205/2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Annettu Helsingissä 26 maaliskuuta 2009. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

Valtioneuvoston asetus maankäyttö- ja rakennusasetuksen muuttamisesta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B68F4F368-4426-42BA-B972-0DCB275BEEAF%7D/109184>

VNa 214/2015. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214>

YMa 4/2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Annettu Helsingissä 27 helmikuuta 2013. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>

YMa 216/2015. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150216>

YMa 782/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Annettu Helsingissä 24 marraskuuta 2017. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ympäristöministeriö (2000). Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, määräykset ja ohjeet. Annettu Helsingissä 16 helmikuuta 2000.. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/6022-A4.pdf>.

YM1/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BA7E116C5-7DAE-430D-8924-A6155D78B461%7D/109187>

YM2/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakennusten suunnittelijoiden kelpoisuudesta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5E62D05B-5376-4191-A7B8-3EFCF33F5918%7D/109133>

YM3/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BDFED928B-7974-4424-A4DA-06A778C21A9E%7D/109136>

YM4/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakentamisen työjohtotehtävien vaativuusluokista ja rakentamisen työjohtajien kelpoisuudesta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BB33FC775-2506-4231-8258-7CF22FA5DCA4%7D/109134>

YM5/601/2015. Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Annettu Helsingissä 12 maaliskuuta 2015.. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B2D950B5E-26B9-4BBC-B057-14CE-BEB5A5D7%7D/109137>.

## Liite 1. Termien selitykset

**Asumisterveysasetus:** Sosiaali- ja terveysministeriön asetus STMa 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, säädetty TSL:n 32 §:n ja 49 d §:n nojalla, voimassa 15.5.2015 alkaen.

**Homekasvusto:** Ks. Mikrobikasvusto.

**Homevaurio:** Ks. Mikrobivaurio.

**Kapselointi:** Kapseloinnilla tarkoitetaan korjausmenetelmää, jonka tavoitteena on estää haitta-aineiden tai muiden epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan sekä konvektiolla että diffuusiolla materiaalin läpi.

**Korjaussuunnittelija:** kosteusvaurion korjaustyön suunnittelija; tämä erityissuunnittelutehtävä on määritelty valtioneuvoston asetuksessa (214/2015) rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä.

**Kosteudenhallintaselvitys:** Ks. rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys.

**Kosteudenhallintasuunnitelma:** Ks. työmaan kosteudenhallintasuunnitelma.

**Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus:** Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa tutkitaan tarkasti kosteusvaurioituneet tai sellaisiksi epäillyt rakenteet sekä muut sisäilmanlaatuun mahdollisesti vaikuttavat rakenneosat, materiaalit ja talotekniset tekijät sekä mahdolliset muut sisäilmanlaatuun vaikuttavat tekijät. Tutkija analysoi kaikki tutkimustulokset ja niiden merkittävyyden tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen kokonaisuutena. Tutkija esittää toimenpide-ehdotukset analysoinnin perusteella. Tutkimuksesta laaditaan tutkimusselostus, joka sisältää tutkimustulokset, analyysit ja toimenpide-ehdotukset.

**Kosteusvaurio:** Kosteusvaurio tarkoittaa liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuvaan materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittymistä tai ominaisuuksien muuttumista siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa (RIL250-2011). Vaurioituneen materiaalin ulkonäkö, lujuus, tekninen toimivuus ja/tai terveydelliset ominaisuudet ovat oleellisesti heikentyneet. Kosteusvaurio ei aiheuta välttämättä mikrobivaurioita. Kosteusvaurion eteneminen mikrobivaurioksi riippuu siitä, kuinka kauan mikrobikasvulle otolliset olosuhteet (kosteus ja lämpötila) vallitsevat sekä kastuneista rakennusmateriaaleista, jotka ovat ravintona mikrobeille.

**Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelija:** Ks. korjaussuunnittelija

**Kuntotutkimus:** Kuntotutkimus on menetelmä, jossa tutkitaan rakenteiden tai rakennukseen kuuluvien järjestelmien kunto käyttäen aistinvaraisten havaintojen, mittaus- ja kuvausten lisäksi rakenteita rikkovia tutkimus- ja mittausvälineitä sekä tehdään rakenneavauksia. Kuntotutkimus voi kohdistua tiettyihin rakenteisiin, vesi- ja viemärijärjestelmiin, ilmanvaihtojärjestelmiin ja sisäilmaan vaikuttaviin tekijöihin. Vrt. kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.

**Käyttäjäkysely:** Tilan käyttäjille tai tekniselle henkilökunnalle tehty kysely, jolla kartoitetaan rakennuksessa havaittuja puutteita ja poikkeamia. Vrt. sisäilmastokysely.

**Laadunvarmistusasiakirja:** korjaussuunnittelijan antamat vaatimukset ja ohjeet rakennustyön suunnitelmienmukaisen toteutuksen varmistamisesta ja todentamisesta.

**Laadunvarmistusselvitys:** rakennusvalvontaviranomaisen rakennusluvassa tai aloituskokouksen perusteella mahdollisesti edellyttämä selvitys toimista, varmistetaan, että rakentamisessa saavutetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukainen lopputulos (MRL 121 a §). Laadunvarmistusselvityksen sisällöstä on annettu ohjeita ympäristöministeriön ohjeessa rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta (YM5/601/2015).

**Merkittävä kosteus- ja homevaurio:** voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille (mm. mikrobiperäisille) epäpuhtauksille on todennäköistä, minkä perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi. Kosteus- ja homevaurion määrittäminen merkittäväksi ei ole pelkästään tekniseen tarkasteluun perustuva, vaan sen pitää sisältää myös altistumisen todennäköisyyden arviointi, jotta terveydellinen ulottuvuus saadaan mukaan (Reijula ym. 2012). Vaurio voi olla merkittävä myös sen aiheuttaman rakenteen mekaanisen lujuuden heikkenemisen takia, joka voidaan todeta pelkästään teknisen arvion perusteella.

**Mikrobikasvu:** Mikrobikasvu tarkoittaa mikrobien kasvua ja määrän lisääntymistä tutkitussa materiaalissa. Käytetään usein mikrobikasvuston synonyyminä.

**Mikrobikasvusto:** Mikrobikasvusto tarkoittaa mikrobiesiintymää, joka on syntynyt homeiden tai muiden mikrobien alettua kasvaa tarkastellussa rakennososassa/ materiaalilla. Kasvuston syntyminen on mahdollista, kun mikrobikasvulle otolliset olosuhteet (riittävä kosteus, lämpötila ja ravinteet) vallitsevat riittävän kauan. Riittävän ajan pituus vaihtelee päivistä kuukausiin olosuhteista riippuen. Kasvustoksi katsotaan myös viljelykelvoton, vanha mikrobiesiintymä, joka on syntynyt mikrobikasvun tuloksena. Mikrobikasvusto todetaan yleensä mikrobipitoisuuden perusteella (viljely tai muu menetelmä) tai näkyvän kasvun pohjalta (silmin näkyvä / mikroskopia).

**Mikrobivaurio:** Home- tai muu mikrobikasvu katsotaan vaurioksi, jos kasvustoa esiintyy niin paljon tai sellaisessa paikassa, että se heikentää materiaalin teknisiä tai esteettisiä ominaisuuksia tai siitä voi aiheutua hajuja tai terveydelle haitallisia päästöjä sisäilmaan. Rakennuksen sisäpuolisissa rakenteissa tai ulkovaipan sisäosissa esiintyviä mikrobikasvustoja pidetään yleensä vaurioina todennäköisen sisäilmayhteyden takia.

**Osastointi- ja alipaineistussuunnitelma:** suunnitelma, jossa esitetään, miten pölynhallinta hoidetaan ja miten pölyn leviäminen ympäröiviin tiloihin estetään erityisesti purkutöiden aikana. Se on yleensä osa purkutyösuunnitelmaa.

**Purkutyöselostus:** korjaussuunnittelijan laatima yleiskuvaus purkutyöstä, ja se sisältää myös alustavat purku- ja tuentasuunnitelmat.

**Purkutyösuunnitelma:** purku-urakoitsijan laatima yksityiskohtainen purkamisen toteutussuunnitelma, joka laaditaan purkutyöselostuksen pohjalta.

**Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja:** korjaussuunnittelijan laatima asiakirja, jossa kuvataan työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaa koskevat vaatimukset ja ohjeet.

**Pölyn- ja puhtaudenhallintasuunnitelma:** urakoitsijan laatima yksityiskohtainen pölyn- ja puhtaudenhallinnan toteutussuunnitelma, joka laaditaan pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirjan pohjalta.

**Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys:** selvitys sisältää hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen, kosteudenhallinnan henkilöresurssit sekä tiedon hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava selvityksen laatimisesta. (YM asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta 12 §)

**Rakennustyön tarkastusasiakirja:** rakennustyömaalla pidettävä asiakirja, johon rakennusluvassa tai aloituskokouksessa sovittujen rakennusvaiheiden vastuuhenkilöiden sekä työvaiheita tarkastaneiden on merkittävä tekemänsä tarkastukset ja johon on merkittävä perusteltu huomautus, jos rakennustyö poikkeaa rakentamista koskevista säännöksistä (MRL 150 f §). Asiakirjan sisällöstä on annettu ohjeita ympäristöministeriön ohjeessa rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta (YM5/601/2015).

**Rakenteiden ilmatiiviuden parantaminen eli tiivistyskorjaus:** Korjausmenetelmä, jonka ensisijaisena tavoitteena sisäilmakorjauskohteissa on estää hallitsemattomat ilmavirtaukset rakenteista ja niiden mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy huonetilaan. Tiivistyskorjauksissa tehdään toimenpiteitä rakenteiden sisäpinnan riittävän ilmatiiviuden varmistamiseksi.

**Seurantasuunnitelma:** kuvaus menettelytavoista, joilla korjaustyön onnistuminen todennetaan korjaustyön valmistumiseen jälkeen rakennuksen käytön aikana.

**Sisäilmaryhmä:** Eri alojen asiantuntijoista ja tilan käyttäjien edustajista koostuva työryhmä, jonka tehtävänä kohteissa on suunnitella ja koordinoida sisäilmaongelmien ratkaisuprosessia sekä arvioida selvitysten tuloksia tarvittavine toimenpiteineen. Sisäilmaryhmä suunnittelee ja huolehtii myös prosessin aikana tapahtuvan viestinnän eri osapuolille. Lisäksi useissa kunnissa ja suurissa organisaatioissa on koordinoiva sisäilmaryhmä, jolla on yleensä etenkin ohjauksellisia tehtäviä, kuten selvitys- ja viestintäohjeiden laatimista ja kouluttamista sekä prosessien seuranta.

**Sisäilmastokysely:** Sisäilmastokysely on työntekijöille tehty kirjallinen kysely, jolla selvitetään käyttäjien kokemuksia sisäympäristön fysikaalisista viihtyvyystekijöistä, työjärjestelyistä ja -tyytyväisyydestä sekä koetuista oireista. Useimmat kyselyt pohjautuvat ns. Örebro-kyselyyn.

**Tarkastusasiakirja:** Ks. rakennustyön tarkastusasiakirja.

**Terveyshaitta:** Terveyshaitta on merkittävä, haitallinen terveysvaikutus. Terveysturvallisuuden mukaan terveyshaitta on ympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuva sairaus tai sairauden oire. Terveysturvallisuudessa terveyshaitaksi katsotaan myös altistuminen terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireiden ilmeneminen on mahdollista.

**Terveysvaikutus:** Terveysvaikutus on ympäristössä olevan tekijän tai olosuhteen aiheuttama vaikutus terveydelle.

**Tutkija:** Tutkija on henkilö, joka tekee tutkimussuunnitelman ja tutkimuksen, analysoi tulokset jatekee toimenpide-ehdotukset. Tutkijan apuna voi olla mittaaajia.



**Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma:** rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuva suunnitelma, johon on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä. Lisäksi siinä kerrotaan, miten rakennustuotteet ja keskeneräiset rakennusosat suojataan kastumiselta ja epäpuhtauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana sekä miten varmistetaan siitä, että rakenteet ovat kuivuneet riittävästi ennen niiden peittämistä kuivumista hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella. Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava suunnitelman laatimisesta. (YM asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta 13 §)

**Vastuullinen tutkija:** Suuremmista, yleensä sisäilmaongelmaisista kohteista ja niiden selvityksistä vastaava kuntotutkija. Myös ”selvityshankkeen vetäjä” tai ”selvitysvaihetta johtava asiantuntija”. Vastuullinen tutkija suunnittelee, koordinoi ja tulkitsee sisäilma- ja kosteustekniset kuntotutkimukset ja vetää yhteen eri erikoisalojen asiantuntijoiden selvitykset sisäilmaongelman kannalta. Vastuullisen tutkijan lisäksi kohteessa voi olla tutkijoita ja mittaajia, joilla on hoitamaansa osa-alueeseen riittävä pätevyys.

**Vaurioitumismekanismi:** Vauriomekanismi on fysikaalisesta ilmiöstä johtuva tapa, jolla vesi tai kosteus kulkeutuu rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurion.