



1970- ja 1980-lukujen rivitalojen rakenteellisia haasteita sisäilmaongelmien näkökulmasta

Eeva Töyry-Salminen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2021

Tekniikan ja liikenteen ala

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Eeva Töyry-Salminen

1970- ja 1980-lukujen rivitalojen rakenteellisia haasteita sisäilmaongelmien näkökulmasta

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2021**, 63 sivua

Tekniikan ala. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantaja on sisäympäristöpalveluja tarjoava Sirate Oy, jonka ydinosamista ovat sisäilmatutkimukset. Opinnäytetyön tehtävänä oli analysoida Siraten sisäilmatutkimusaineistoa ja saada lisää tutkimustietoa 1970- ja 1980-lukujen rivitalojen riskirakenteista ja niiden vaikutuksista sisäilman laatuun. Opinnäytetyössä perehdyttiin teoretietoon pohjautuen yleisimpiin riskirakenteisiin aikakauden rivitaloissa sekä esitettiin niille tyypillisimmät korjausvaihtoehdot. Lisäksi opinnäytetyössä käsiteltiin sisäilmatutkimuksessa käytettäviä tutkimusmenetelmiä ja sisäilmatutkimuksen etenemistä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin 32 kohdetta, joista taulukoitiin käytetyt rakenneratkaisut, syyt tutkimuksille, tehdyt tutkimukset, kohteessa havaitut aiemmin luetellut aikakaudelle tyypilliset riskirakenteet, havaitut vauriot rakenteissa sekä suositellut korjaustoimenpiteet. Tämän jälkeen taulukon tietoja analysoitiin osaluokittain ja niistä tehtiin johtopäätöksiä. Huomiota kiinnitettiin sisäilmatutkimusten yhteneväisyyksiin sekä riskirakenteiden aiheuttamiin vaurioihin. Lisäksi vertailtiin keskenään 1970- ja 1980-luvun rivitalojen rakenteita.

Tutkimustuloksista oli tehtävissä useita johtopäätöksiä. Ensinnäkin yleisimmät syyt sisäilmatutkimuksen tilaamiselle olivat asukkaiden oireilu sekä koettu hajuhaitta. Toiseksi kosteusmittaus ja mikrobimateriaalinäyte olivat tyypillisimmät tutkimusmenetelmät sisäilmatutkimusten yhteydessä. Ja kolmanneksi valesokkelirakenteita, rakenteiden liittymien tai läpivientien ilmapuotoja sekä mikrobivaurioita esiintyi hieman vähemmän 80-luvun rivitaloissa kuin 70-luvun rivitaloissa.

Valesokkelirakenne sekä rakenteiden liittymien ja läpivientien ilmapuodot osoittautuivat tutkimuksessa merkittävimiksi riskeiksi sisäilman laadulle. Rivitaloissa, joissa oli valesokkelirakenne, oli myös usein vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa rakenteissa. Lisäksi lähes jokaisessa tutkimuskohteessa oli havaittavissa epätiiviyttä rakenteiden liittymissä. Myös ulkoseinien tuulettuvuudessa sekä korvausilman saannissa oli jonkin verran puutteita.

Useimmiten sisäilmatutkimuksissa suositeltiin toimenpiteiksi vaurioituneiden materiaalien uusimista, liittymien ja läpivientien epätiivyysohjeiden tiivistämistä sekä ilmanvaihdon riittävydestä huolehtimista.

Avainsanat (asiasanat)

Sisäilmatutkimus, sisäilmaongelma, riskirakenne, rivitalo

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Eeva Töyry-Salminen

1970s ja 1980s terraced houses structural challenges from indoor air perspectives

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 63 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Construction and civil Engineering. Bachelor's thesis

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The thesis was assigned by Sirate Oy which provides indoor environmental services. Sirate's core competencies are indoor air survey. The purpose of the thesis was to analyze Sirate's indoor air material and get more research information on the risk structures of the terraced houses built in the 1970s and 1980s and risk structures impact on indoor air quality. The thesis explored the most common risk structures of the 1970s and 1980s terraced houses and most typical repair options based on theoretical knowledge. In addition, the thesis examined the research methods used in indoor air survey and indoor air survey process.

The thesis examined 32 terraced houses of which tabulated the structural solutions used, reasons for the indoor air survey, observed damage to structures and recommended remedies. Findings of the research was analyzed by subdivision and conclusions were drawn. Attention was paid to the commonalities of indoor air surveys and damages caused by risk structures. The structures of 1970s and 1980s terraced houses were also compared.

Several conclusions could be drawn from the research results. The most common reasons for ordering an indoor air survey were the symptoms of the inhabitants and perceived odour. Damp measuring and microbial material sample were the most typical research methods in indoor air surveys. False stem walls, uncontrollable air leaks and microbial damages appeared less in 80's than 70's terraced houses.

False stem walls and uncontrollable air leaks proved to be the most significant risks to indoor air quality in the study. Microbial damages were often found in terraced houses with false stem walls. In almost every surveyed terraced house was observed uncontrollable air leaks. There were also some shortcomings in the ventilation of external walls and in the intake of compensation air.

The most typical recommended measures were renewal of damaged materials, sealing renovation and taking care of the adequacy of ventilation.

Keywords/tags (subjects)

Indoor air survey, indoor air problem, risk structure, terraced house

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Asumisterveysasetus	7
3	Sisäilmatutkimus ja tutkimusmenetelmät	9
3.1	Aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus	10
3.2	Rakenneavaukset ja materiaalinäytteiden otto.....	11
3.3	Rakennekosteusmittaukset.....	12
3.4	Epätiiveyskohtien tutkiminen	12
3.5	Sisäilmaolosuhteiden tutkiminen.....	13
3.6	Painesuhteiden mittaaminen.....	14
4	Sisäilma	15
4.1	Rakennevauriosta sisäilmaongelma.....	15
4.2	Ilmanvaihto.....	18
5	1970- ja 1980-luvun rivitalot ja niiden rakenteelliset ongelmat.....	20
5.1	Tyypillisiä piirteitä 1970- ja 1980-lukujen rivitalorakentamisessa.....	20
5.2	Julkisivumateriaalin puutteellinen tuuletus.....	23
5.2.1	Alkuperäinen rakenne	23
5.2.2	Korjausvaihtoehdot	25
5.3	Valesokkeli.....	27
5.3.1	Alkuperäinen rakenne	27
5.3.2	Korjausvaihtoehdot	29
5.4	Kaksoislaattarakenne ja pohjalaatan päällä puukoolaus.....	31
5.4.1	Alkuperäinen rakenne: kaksoislaattarakenne	31
5.4.2	Alkuperäinen rakenne: Pohjalaatan päällä puukoolaus.....	32
5.4.3	Korjausvaihtoehdot	33
5.5	Tasakatto.....	36
5.5.1	Alkuperäinen rakenne	36
5.5.2	Korjausvaihtoehdot	37
5.6	Märkätilat.....	39
5.6.1	Alkuperäinen rakenne	39
5.6.2	Märkätilojen korjauksen lähtökohtia	41
5.7	Ilmavuodot	41
6	Tutkimus	42
6.1	Tutkimusaineiston analysointi	42

6.2 Tulokset	43
7 Johtopäätökset.....	47
7.1 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys	49
7.2 Jatkotutkimusehdotukset.....	51
8 Pohdinta.....	52
Lähteet	54
Liitteet	58
Liite 1. Tutkimuskohteiden tiedot.....	58

Kuviot

Kuvio 1. Korjaushankkeen kulku sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa	10
Kuvio 2. Eri ilmanvaihtojärjestelmien tavoitteelliset paine-erot.....	14
Kuvio 3. Rakenneosien homehtumisriski suhteellisen kosteuden muuttuessa.	16
Kuvio 4. Sisäilman laatuun yleisimmät vaikuttavat tekijät.	17
Kuvio 5. Ilman suhteellisen kosteuden kyllästysrajat eri lämpötiloissa.	18
Kuvio 6. Suhteellisen ilmankosteuden vaikutus ihmisen ja biologian vuorovaikutukseen.	19
Kuvio 7. Tyypillisen 1970-luvun rivitalon leikkauskuva ja ongelmakohdat.	20
Kuvio 8. Tyypillisen 1980-luvun rivitalon leikkauskuva ja ongelmakohdat	22
Kuvio 9. Tyypillinen 1970- ja 1980-lukujen rivitalon seinärakenne.....	23
Kuvio 10. Kosteuden siirtyminen tiilirakenteessa ilmaraon alaosan tukkeuduttua.	25
Kuvio 11. Tiiliverhoillun rakenteen uusiminen ulkopuolelta.	25
Kuvio 12. Puuverhoillun rakenteen uusiminen ulkopuolelta.	26
Kuvio 13. Valesokkelin rakennemalli.	28
Kuvio 14. Valesokkelirakenteen korjaaminen muuraamalla.	29
Kuvio 15. Valesokkelirakenteen korjaaminen kengittämällä.	30
Kuvio 16. Kaksoislaattarakenne.	31
Kuvio 17. Puukorotettu lattia.....	32
Kuvio 18. Rakenne uusitaan kokonaan.	33
Kuvio 19. Betonilaatan yläpuolinen rakenne puretaan ja lämmöneriste vaihdetaan paremmin kosteutta kestäväksi.....	34
Kuvio 20. Lattiarakenteen ilmatiiveyden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi..	35
Kuvio 21. Lievästi tuulettuva loiva katto eli tasakatto.....	36
Kuvio 22. Riskit tasakattorakenteessa.	37
Kuvio 23. Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen.....	38

Kuvio 24. Yläpohjarakenteen ilmatiiveyden parantaminen.	39
Kuvio 25. Päällelaatoituksen ongelmat.....	40
Kuvio 26. Syyt sisäilmatutkimuksen tilaamiselle	44
Kuvio 27. Sisäilmaongelmia aiheuttavien rakenteiden ja vaurioon viittaavan mikrobikasvuston esiintyminen aikakausittain.	47

Taulukot

Taulukko 1. Sisäilmatutkimuksissa käytetyt tutkimusmenetelmät.....	44
Taulukko 2. Rakenteelliset ongelmat ja niiden esiintyminen tutkittavissa kohteissa.....	45
Taulukko 3. Pääasialliset rakenteelliset ongelmat tutkimuskohteissa.....	45

Käsitteitä

Altisteen toimenpideraja	Pitoisuus, mittaustulos tai ominaisuus, jolloin huoneistosta vastuussa olevan on tehtävä toimenpiteitä, jotta terveyshaitta saadaan selvitettyä ja sitä pystytään mahdollisuuksien mukaan rajoittamaan tai mahdollisesti myös poistamaan. (A545/2015, 2§.)
Diffuusio	Vesihöyryn pitoisuuserot eli osapaineet pyrkivät tasoittumaan, jolloin vesihöyry siirtyy suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Vesihöyryn kulkuun vaikuttaa myös materiaalin vesihöyryläpäisevyys. Kerroksellisen seinärakenteen vesihöyryvastusten tulee pienentyä sisältä ulospäin mentäessä. (Kosteuden siirtyminen nd.)
Hydroskooppisuus	Hydroskooppinen materiaali tasaa ilman kosteuspitoisuutta. Sillä on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta. (Rakenteiden ja sisäilman kosteusmittaukset 2020, 5.)
Höyrynsulku	Ainekerros, joka estää haitallisen vesihöyryn diffuusion rakenteeseen ja rakenteessa (A 782/2017, 2§).
Ilmansulku	Ainekerros, joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakenteen läpi puolelta toiselle (A 782/2017, 2§).
Kapilaarisuus	Materiaalin ollessa kosketuksissa vapaaseen veteen, siihen siirtyy kapilaarisesti kosteutta. Kapilaarinen kosteustasapaino saavutetaan, kun huokosalipaine ja painovoima ovat tasapainossa. Kapilaarisessa kosteustasapainossa kosteuspitoisuus on korkeampi kuin hydroskooppisella alueella. (Rakenteiden ja sisäilman kosteusmittaukset 2020, 5–6.)
Konvektio	Konvektiossa ilmaa virtaa suuremmasta paineesta pienemmän paineen suuntaan. Paine-eroihin vaikuttaa ilmastointi, tuuli ja ilman lämpötilaerot. (Rakenteiden ja sisäilman kosteusmittaukset 2020, 5.)

Kosteuskonvektio	Kosteuden siirtyminen konvektiolla ilmavirran mukana (Kosteuden siirtyminen nd).
Mikrobi	Home- ja hiivasienet sekä bakteerit (Asumisterveysopas 2009, 145).
Oleskeluvyöhyke	Huonetilan osa, joka rajoittuu lattiaan, seinistä 0,6 metriä sisäänpäin ja yläpinnasta 1,8 metrin korkeudelle (A545/2015, 2§).
Suhteellinen kosteus	Eli RH ilmoittaa absoluuttisen kosteuden määrän prosentteina ilman kyllästyskosteudesta. Kyllästyskosteuteen vaikuttaa olennaisesti ilman lämpötila. (Asumisterveysopas 2009, 51.)

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Jyväskylässä sijaitseva Sirate Oy, joka on perustettu vuonna 2009. Sirate tarjoaa asiantuntijapalveluita sisäilman ja rakennustekniikan ongelmien selvittämiseksi ja ratkaisemiseksi. Näitä palveluita ovat sisäilmatutkimukset, kosteusvaurioselvitykset ja -tutkimukset, haitta-ainetutkimukset, rakenteiden tiiveys- ja ilmavuototutkimukset sekä asumisterveyteen ja työympäristöön liittyvät arviointi- ja mittauspalvelut.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin 1970- ja 1980-lukujen rivitalojen rakenneratkaisuja, jotka mahdollistavat sisäilmaongelmia. Näille rakenneratkaisuille esitettiin myös tyypillisimmät korjausvaihtoehdot. Lisäksi opinnäytetyössä käsiteltiin sisäilmaongelmaisen rakennuksen eri tutkimusmenetelmät, joihin Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista antaa määräyksiä.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat:

- Millä tutkimusmenetelmillä sisäilmatutkimuksia tehdään?
- Millaisia rakenneratkaisuja 1970- ja 1980- lukujen rivitaloissa on käytetty?
- Mitkä ovat aikakaudella tyypillisimmin käytetyt riskirakenteet?
- Millaisia ongelmia nämä riskirakenteet ovat aiheuttaneet?
- Miten riskirakenteita on mahdollista korjata?

Tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia alan kirjallisuuteen perehtymällä sekä laadullisen ja määrällisen tutkimusmenetelmien keinoin. Tutkimustyö kohdistui Siratella 11 vuoden aikana kerättyyn materiaaliin 1970- ja 1980-luvun rivitaloista. Tutkimuksessa tarkasteltiin 32 kohdetta, joihin kaikkiin oli tehty sisäilmatutkimus. Tutkimuskohteiden tiedot koottiin excel-taulukkoon.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää yhtäläisyyksiä tutkittavien rivitalokohteiden sekä tutkimusmenetelmien väliltä. Koska kaikkia tutkittavia kohteita yhdistää epäily sisäilmaongelmasta, voitiin olettaa, että tutkittavista kohteista löytyisi aikakaudelle tyypillisiä riskirakenteita. Opinnäytetyössä tarkasteltiin, ovatko kirjallisuuskatsauksessa löydetty riskirakenteet samoja kuin tutkimuskohteissa havaitut riskirakenteet. Lisäksi opinnäytetyössä selvitettiin, mitkä ovat pääasialliset syyt sisäilmaongelmille sekä mitä korjausvaihtoehtoja asiantuntijat useimmiten suosittelivat.

Huono sisäilman laatu on merkittävä tekijä asumisviihtyvyyden ja terveellisen asumisen kannalta. Siihen on syytä kiinnittää huomiota. Kyseisen aikakauden rivitalot valikoituivat tämän opinnäytetyön aiheeksi, koska niissä tiedetään olevan rakenteellisia haasteita. Myös julkisuudessa on käsitelty aiheetta. Siraten sisäilmatutkimusaineiston avulla saatiin tuotettua lisää tutkimustietoa alalla toimivien sisäilmatutkijoiden käyttöön. Jatkossa sisäilmatutkijoiden on mahdollista hyödyntää tutkimuksessa saatuja tuloksia. He voivat kohdentaa tutkimuksensa niihin rakenteisiin, jotka ilmenivät kaikkein riskialttiimmiksi ja valita tutkimusmenetelmiä, joiden avulla todennäköisemmin saadaan selvitettyä rakenteiden ja sisäilman kuntoa tehokkaimmin. Varsinkin työuran alussa oleville sisäilmatutkijoille tutkimustuloksista on paljon hyötyä.

Aihe on kokonaisuudessaan hyvin laaja. Sen vuoksi opinnäytetyössä käsiteltäviä asioita jouduttiin rajaamaan. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin pohtimaan aikakauden rivitalojen haasteita sisäilmaongelmien näkökulmasta. Keskiössä on Siraten sisäilmatutkimus materiaali ja siitä tehty tutkimus. Kirjallisuuskatsaus tukee opinnäytetyössä tehtyä tutkimusta ja selventää siinä esiintyviä käsitteitä. Sen vuoksi opinnäytetyön teoriaosuudessa syvennyttiin tutkimusmenetelmien kuvaukseen sekä riskirakenteiden ja niiden korjausmenetelmien tarkasteluun. Korjaushankkeen kulku esiteltiin lyhyesti, mutta siihen ei syvennytty tarkemmin. Lisäksi tutkimus rajattiin yhteen tehtyyn tutkimukseen eikä koko tutkimusprosessia tai jälkiseurannan onnistumista tarkasteltu.

2 Asumisterveysasetus

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista antaa raamit sisäilmatutkimuksen yhteydessä tehtäville tutkimuksille, mittauksille ja raportoinnille sekä sisältää määritelmät keskeisille sisäilmatutkimukseen liittyville termeille. Lisäksi se määrittää pätevyysvaatimukset sisäilmaongelmia selvittäville ulkopuolisille asiantuntijoille. Alla on lueteltu keskeisimmät asetuksessa määritetyt asiat sisäilmatutkimuksen kannalta.

Asetuksen (545/2015, 3§) mukaan ”*terveyshaitta on arvioitava kokonaisuutena siten, että altisteen toimenpiderajaa sovellettaessa otetaan huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto, mahdollisuudet välttyä altistumiselta tai poistaa haitta sekä poistamisesta aiheutuvat olosuhteet ja muut vastaavat tekijät.*”

Lisäksi asetus (545/2015, 4§) antaa määräyksiä sisäilmatutkimuksien mittauksille ja näytteenottoon. *”Terveyshaittaa selvitetessä on mittauksessa ja näytteenotossa käytettävä standardoituja menetelmiä tai vastaavia muita luotettavia menetelmiä. Mittaus- ja näytteenottolaitteiden pitää olla valmistajan ohjeiden mukaisesti kalibroituja. Näyte tulee ottaa ja analysoida laboratorion ohjeiden ja laadunvarmistusjärjestelmän mukaisesti. Mittaus- ja analyysituloksia sisältävässä lausunnossa on aina ilmoitettava käytetty mittaus-, näytteenotto- ja analysointimenetelmä sekä määrittämisraja ja tulosten tulkinnassa noudatetut periaatteet.”*

Sisäilman tulee vaihtua koko oleskeluvyöhykkeeltä ja ulkoilmanvirran tulee olla rakennuksen käyttö huomioiden riittävä. Sisäilman ulkoilmanvirralle sekä hiilidioksidipitoisuudelle on määritetty asetuksessa raja-arvot. (545/2015, 8–9§.)

Haihtuville orgaanisille yhdisteille kokonaisuutena sekä joillekin yksittäisille yhdisteille on asetuksessa määritetty toimenpiderajat. Lisäksi asetus määrittää useille muille sisäilman laatua heikentäville yhdisteille toimenpiderajat. Näistä esimerkkinä teolliset mineraalikuidut, joiden esiintymistä mitataan pinnoille laskeutuneesta pölystä kahden viikon ajanjaksolla. (545/2015, 15–19§.)

Mikrobien toimenpideraja ylittyy silloin, kun aistinvaraisesti tai mikrobianalyysillä pystytään todistamaan mikrobikasvusto. Mikrobikasvuston tulee sijaita sellaisissa rakenteissa, jotka ovat ilmayhteydessä sisäilmaan. (545/2015, 20§.)

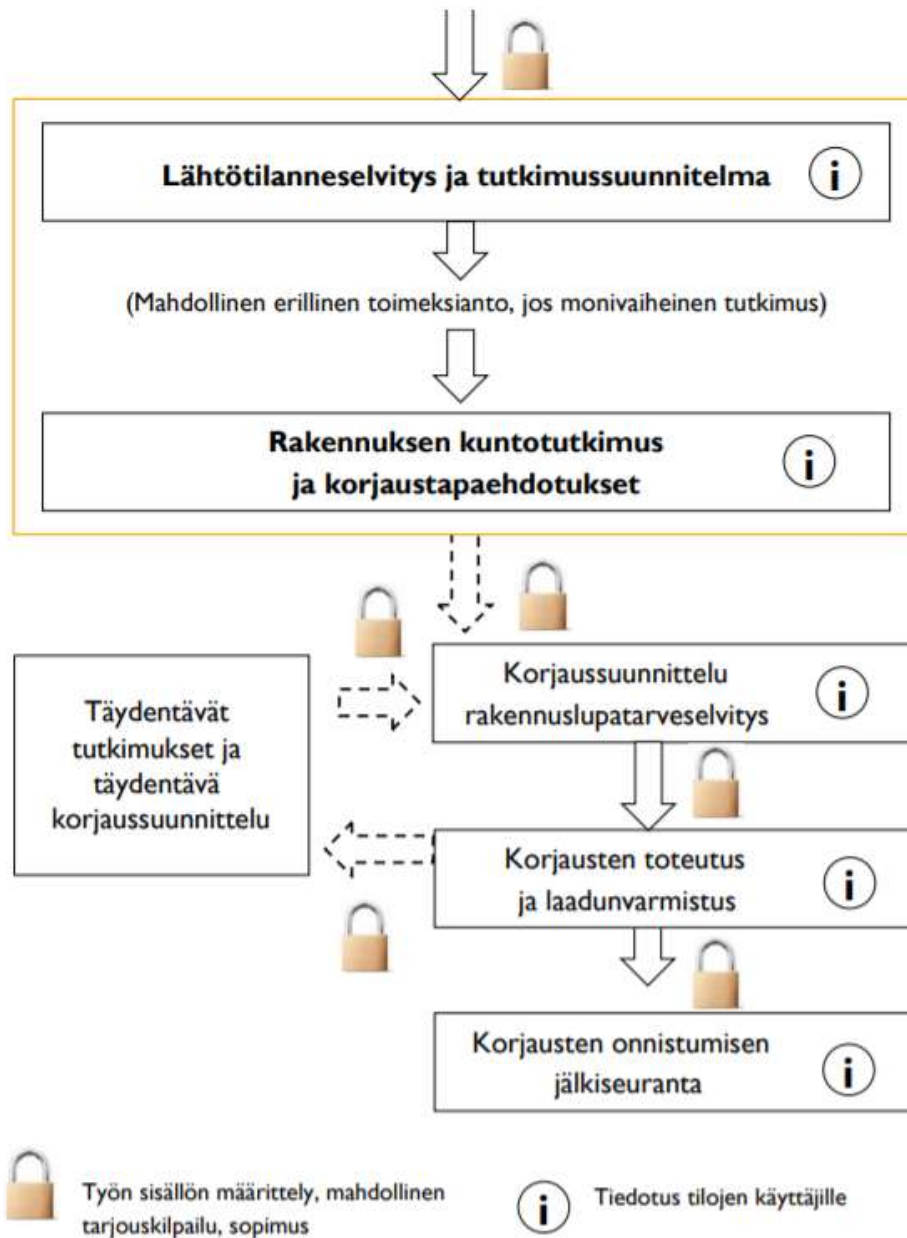
Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa annetaan konkreettisia esimerkkejä ja tarkkoja tulkin-toja asumisterveysasetuksen soveltamisesta. Soveltamisohje sisältää tarkentavaa tietoa toimenpi-derajoista sekä näytteenottomenetelmistä. Esimerkiksi osasta IV löytyy lista kosteusvaurioindi-kaattorimikrobeista sekä yleisesti käytetyn suoraviljelymenetelmän tulosten tulkintaohjeet. Lisäksi soveltamisohje sisältää ulkopuolisen asiantuntijan pätevyyksien AHOT-lomakkeet. (Asumisterveys-asetuksen soveltamisohje 2016.)

3 Sisäilmatutkimus ja tutkimusmenetelmät

Kun asukkaat tai käyttäjät kokevat huoneistossa huonosta sisäilmasta aiheutuvia oireita tai epämiellyttävää hajua, ensin pyritään löytämään yksinkertaisilla ja halvoilla menetelmillä syy ongelmalle. Mikäli oireet korjauksista huolimatta jatkuvat, on huoneistoon syytä tehdä sisäilmatutkimus. Aluksi sisäilmatutkija tutustuu kohteen lähtötietoihin sekä tekee kohdekäynnin. Näistä saatujen tietojen perusteella sisäilmatutkija laatii tutkimussuunnitelman. Tutkimussuunnitelmaan tulee sisällyttää sellaisia tutkimusmenetelmiä, joiden avulla saadaan riittävän kattavasti selvitettyä kohteen kaikki mahdolliset syyt koettuun sisäilmaongelmaan. Tutkimussuunnitelman lisäksi sisäilmatutkija laatii asiakkaalle kustannusarvion kohteeseen tarvittavista tutkimuksista. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 20–21.)

Sisäilmaongelmien selvittämiseksi kohteeseen voidaan suorittaa rakenne- ja kosteusteknisiä tutkimuksia, ilmanvaihtojärjestelmään kohdistuvia tutkimuksia, epäpuhtauslähteiden osoittamiseen tähtääviä mittauksia sekä käyttäjäkyselyitä. Kun tarvittavat tutkimukset on suoritettu, tutkimus ja mittaustulokset analysoidaan ja niiden tuloksista kirjoitetaan sisäilmaraportti. Raporttiin sisällytetään myös vaihtoehtoiset korjaustavat korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 21.)

Alla olevassa kuviossa 1 on esitetty sisäilmaongelmaisen rakennuksen korjaushankkeen kulku. Jos ensimmäisellä kohdekäynnillä lähtötilanneselvityksen yhteydessä löydetään selkeä syy hajuhaitalle tai asukkaan oireilulle, voidaan korjaustapaehdotus ja suositus jälkiseurantaan antaa samalla käynnillä.



Kuvio 1. Korjaushankkeen kulku sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 17).

3.1 Aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus

Aistinvarainen havainnointi on yksi kuntotutkimuksen olennaisimmista vaiheista. Siinä kiinnitetään huomiota rakennuksen pintamateriaalien kuntoon sekä etsitään näkyviä kosteus- ja mikrobikasvustoja. Haistamalla voidaan myös havainnoida mahdollisia ongelma-alueita. Ilmanvaihdon riittä-

vyiden tarkastelun yhteydessä kiinnitetään huomiota ilmanvaihtoventtiilien sijaintiin ja toimivuuteen. Rakenteiden liittymien mahdollisia vuotokohtia sekä rakenteiden pintalämpötiloja pystytään tutkimaan aistinvaraisesti talviaikaan. Aistinvaraisen havainnoinnin yhteydessä kuntotutkijan on syytä tietää eri rakennusaikakausien riskialttiit rakenneratkaisut, jolloin hän pystyy kohdentamaan tutkimuksensa oikein. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 30–31.)

Pintakosteuskartoitus suoritetaan pintakosteusmittarilla. Pintakosteusmittarilla ei saada rakenteista tarkkoja kosteuspitoisuuksia, vaan tarkoitus on saada suuntaa antavaa tietoa mahdollisista kosteuspoikkeamista rakenteessa. Pintakosteuskartoituksessa saman rakenteen lukemia eri kohdista verrataan toisiinsa. Mittauksen aikana tulee ottaa huomioon, että rakenteen pintamateriaalilla on myös suuri merkitys tulokseen. Pintakosteusmittauksesta saatujen tietojen perusteella rakenteisiin tehdään mahdollisia tarkempia kosteusmittauksia. (RIL255-1-2014, 368.)

Pintakosteuskartoituksessa keskitytään lähinnä rakenteisiin, jotka ovat kosteusrasitukselle alttiita. Tällaisia ovat maanvastaiset alapohjat, ulkoseinien alaosat sekä perustuksiin ulottuvat väliseinien alaosat. Lisäksi vesipisteiden vierustat on hyvä kartoittaa pintamittarilla. Laajemmassa kuntotutkimuksessa myös käyttötilojen ulkopuoliset osat rakennuksen sisällä on hyvä tarkistaa. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 31.)

3.2 Rakenneavaukset ja materiaalinäytteiden otto

Rakenneavauksia joudutaan tekemään silloin, kun halutaan tarkempaa tietoa rakenteen kunnosta. Syynä voi olla oletettu riskirakenne tai aistinvaraisessa kartoituksessa todettu poikkeama. Rakenneavauksen yhteydessä voidaan myös määrittää rakennekerrokset sekä selvittää rakenteen kosteus- ja lämpötekniistä toimivuutta ja vaurioherkkyyttä. Näitä tietoja voidaan hyödyntää korjaussuunnittelussa. (Kosteus- ja homevauriot - Ratkaisuja työpaikoille 2014, 46.)

Jos materiaalin vauriota ei pystytä toteamaan aistinvaraisesti, otetaan vaurioituneesta materiaalista näytepala, joka lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. Sisäilmatutkimusten yhteydessä materiaalinäytteille tehdään usein joko mikrobianalyysi laimennossarja- tai suoraviljelymenetelmällä tai siitä määritetään haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-yhdisteiden pitoisuus. Myös muut haitta-aineanalyytit ovat mahdollisia. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 31.)

3.3 Rakennekosteusmittaukset

Rakennekosteusmittauksia tehdään aiempien aistinvaraisten tarkastelujen, pintakosteuskartoituksen sekä oletettujen rakennetyyppien perusteella. Mittaus suoritetaan mahdolliselta riskialueelta sekä lisäksi otetaan vertailunäyte alueelta, johon ei oletettavasti kohdistu ylimääräistä kosteusrasitusta. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 31.)

Tutkittavassa rakenteessa olevan puuosan tai riittävän pehmeän levyosan kosteuspitoisuutta mitataan piikkikosteusmittarilla. Piikkikosteusmittarin toiminta perustuu materiaalin sähkönjohtavuuteen. Mittauksen aikana piikkikosteusmittarin piikit upotetaan materiaaliin muutaman millimetrin syvyydelle. Laite ilmaisee materiaalin kosteuden painoprosentteina. (RIL 255-1-2014, 368–369.)

Rakenneavauksen yhteydessä eristetilasta mitataan usein suhteellinen kosteus. Mittauksen yhteydessä mitataan myös rakenneavauskohdan lämpötila. Lämpötilan ollessa alle nolla astetta, osa kosteudesta on kiinteässä muodossa, jolloin mittaustulos on epätarkka. Suhteellisen kosteuden mittaus on tärkeää, koska rakenteiden vaurioituminen etenee usein korkean suhteellisen kosteuden vaikutuksesta. (RIL 255-1-2014, 369.)

Viiltokosteusmittauksessa lattiamateriaaliin tehdään viilto, josta suhteellista kosteutta mittaava mittapää työnnetään lattiamateriaalin alle. Mittapää tiivistetään viillon alle vesihöyrytiivin kitin avulla ja sen annetaan tasaantua 15–20 minuuttia. Tyypillisiä lattiamateriaaleja, joihin viiltokosteusmittauksia tehdään, ovat muovimatto, linoleumimatto sekä muut tiiviit lattiapäällysteet. (RIL 255-1-2014, 369–370.)

3.4 Epätiiveyskohtien tutkiminen

Ulkoseinärakenteen ilmatiiveyttä ja mahdollisia vuotoilmareittejä sisätiloihin tutkitaan merkkiainetutkimuksella. Tutkimuksessa käytetään yleisimmin kaasuna seosta, jossa vety toimii merkkiaineena. Lisäksi seoksessa on typpeä, joka laimentaa vedyn syttymisrajan alapuolelle. Merkkiainekoikeissa voidaan typpi-vety-seoksen ohella käyttää rikkiheksafluoridia. Mittausten yhteydessä tulee ottaa huomioon, että rikkiheksafluoridi leviää ja laimenee hitaammin kuin typpi-vety-seos. Se soveltuu parhaiten käytettäväksi avoimien tilojen tutkimiseen. Merkkiainekokeen aikana alipaineis-

tamalla tutkittava tila muodostetaan tarpeeksi suuri paine-ero tiiviin kerroksen yli. Merkkiainekokeen onnistumisen kannalta paine-eron luominen on tärkeää, jolloin kaasulle saadaan oikea virtaussuunta. (RT 14-11197 2015, 3–4.)

Merkkiainekokeessa kaasua lasketaan tutkittavan rakenteen sisään. Kaasun syöttökohta tiivistetään huolellisesti, jotta merkkiainekaasun ainoa poistumistie huoneilmaan ovat mahdolliset vuotokohdat. Vuotokohtia etsitään merkkiaineanalysaattorin avulla. Merkkiaineanalysaattori ilmoittaa vuotokohdan sekä vuodon määrän suuruuden. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 59–60.)

Lämpökuvauksen avulla saadaan tutkittua suuria pintoja ilman rakenteiden rikkomista. Lämpökuvauksen ensisijainen tarkoitus on tutkia kuinka hyvin ulkovaippa eristää lämpöä. Tutkimuksessa voidaan selvittää myös rakenteen mahdollisia epätiiveyskohtia, joista ilma pääsee virtaamaan. Paras aika lämpökuvauksen tekemiselle on marraskuusta huhtikuulle, jolloin ulkoilma on tarpeeksi viileää. Lisäksi tutkimusten aikaan on huolehdittava tutkittavan tilan alipaineistuksesta. (RT 14-11239 2016, 1.)

3.5 Sisäilmaolosuhteiden tutkiminen

Sisäilmatutkimuksen yhteydessä tulisi aina mitata sisäilman lämpötila ja ilmankosteus. Luotettavimmat tulokset saadaan 1–2 viikon pitkäaikaisseurantana. Lisäksi tilan hiilidioksidipitoisuus on syytä selvittää joko luotettavampana pitkäaikaisseurantana tai lyhytaikaisena mittauksena. Hiilidioksidimittari sijoitetaan oleskeluvyöhykkeelle siten, että ihmisten uloshengitys tai tuloilmapuhallus ei ole suoraan sen vaikutusalueella. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 62–63.)

Sisäilman mikrobinäytteitä tutkitaan 6-vaiheimpaktorilla eli Andersin keräimellä. Talviaikaan mitattuja sisäilman mikrobipitoisuuksia verrataan Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen viitearvoihin. Sulanmaan aikaan ei suositella sisäilman mikrobinäytteenottoa. Mikrobinäytteiden tulkinnan yhteydessä tarkastellaan sekä kokonaismääriä että lajistoja. Erityisesti kiinnitetään huomiota ns. kosteusvaurioindikaattorimikrobien määriin. Jos sisäilman mikrobipitoisuudet viittaavat poikkeavaan mikrobilähteeseen, tarvitaan jatkotutkimuksia mikrobilähteen löytämiseksi. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 64–65.)

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä VOC kerätään ilmasta joko aktiivisesti pumpun avulla tai passiivisesti diffuusiokeräimeen. Pumpun avulla VOC yhdisteet kerätään Tenax-TA -adsorbenttikeräimeen. Näytteet analysoidaan laboratoriossa ja tuloksia verrataan asumisterveysasetuksen viitearvoihin. Sisäilman VOC-näytteen pitoisuuksista noin puolet on lähtöisin rakennusmateriaaleista ja loput emittoituu huonekaluista, tekstiileistä, puhdistusaineista, kosmetiikasta sekä asukkaista ja kotieläimistä. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69–70.)

3.6 Painesuhteiden mittaaminen

Jotta eri ilmanvaihtojärjestelmät toimisivat oikein, tulee paine-erojen ulkoilman ja sisäilman välillä olla kuvion 2 mukaiset. Savupiippuvaikutus, tuuli sekä ilmanvaihto vaikuttavat rakennuksen painesuhteisiin. Mitä epätiivimmät rakenteet ovat ja mitä suurempi on alipaineen määrä, sitä enemmän rakenteiden läpi virtaa ilmaa. Toisaalta suuri alipaine tiiviissä rakennuksessa on merkki riittämättömästä korvausilman saannista. Rakennuksen ylipaine ulkoilmaan nähden voi pitkällä aikavälillä aiheuttaa kosteusvaurion rakenteisiin, kun kostea sisäilma virtaa rakenteiden läpi ja tiivistyy kylmiin ulkoseinärakenteisiin talviaikaan. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 86.)

Ilmanvaihtotapa	Paine-ero	Huomautuksia
Painovoimainen ilmanvaihto	0... -5 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti sään mukaan
Koneellinen poistoilmanvaihto	-5... -20 Pa ulkoilmaan 0... -5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihtolämmitys	0... -2 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan

Kuvio 2. Eri ilmanvaihtojärjestelmien tavoitteelliset paine-erot (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 86).

Paine-eroja voidaan mitata joko lyhytkestoisesti tai pitkäaikaisseurantana paine-erologgereilla. Huonetilan ja ulkoilman välinen paine-ero mitataan noin 1 metrin korkeudelta lattiapinnasta. Mittalaitteeseen liitetään paine-eron mittausletku, joka asetetaan ulos ikkunasta tai ovesta. Mittauk-

sen aikana ovet ja ikkunat pidetään suljettuina. Luotettavampia tuloksia saadaan pitkäaikaisseurannalla, koska paine-erojen ajalliset vaihtelut ovat nopeita. Pitkäaikaisseuranta tulisi kestää 1–2 viikkoa sisältäen myös viikonlopun aikaisen mittauksen. (Björkroth, Eskola 2019, 24–29.)

4 Sisäilma

4.1 Rakennevauriosta sisäilmaongelma

Pelkkä rakenteen kastuminen ei aiheuta automaattisesti sisäilmaongelmaa. Rakenteiden tai materiaalien kastuminen voi johtaa kosteusvaurioon, jos rakenne ei pääse kuivumaan. Kosteusvaurioituneeseen materiaaliin voi kehittyä mikrobikasvustoa, joka johtaa sisäilmaongelmiin. (Mölsä 2017.) Rakenteiden kosteusvauriot ja mikrobikasvusto ovat riskitekijöitä monille hengityselinten sairauksille ja muille oireille. Vaikka oireisiin johtavia mekanismeja ei tunneta hyvin, tutkimuksissa on osoitettu selvä yhteys rakenteiden epäpuhtauksien ja ihmisten kokemien oireiden välillä. (Hyvärinen, Nevalainen, Täubel 2016, 1–2.)

Mikrobien kasvuun vaikuttaa ravinteet, lämpö ja kosteus. Jotkut mikrobit selviävät alhaisissakin lämpötiloissa ja useimmista rakennusmateriaaleista löytyy ravinteita, joita mikrobit pystyvät hyödyntämään. Tällöin kosteutta säätelemällä pystytään hillitsemään mikrobikasvustoa. Kuviossa 3 esitetään asia tarkemmin. Liian suuri kosteuspitoisuus rakennusmateriaalissa aiheuttaa väistämättä mikrobikasvuston, jonka itiöt ja aineenvaihduntatuotteet heikentävät ihmisen terveyttä. (Pirinen 2016, 20.)

Rakennusosa	Homehtumisriski ¹⁾		
	RH 70...80 % ²⁾	RH 80...90 %	RH > 90 % ja kapillaarialue
Rakennuksen ulkovaipan sisäosat, väliseinät ja välipohjat	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy vuositasolla lähinnä lyhyinä jaksoina	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina ³⁾	Rakenne on pääsääntöisesti korjattava, ellei kosteuspitoisuus esiinny vain lyhyinä jaksoina esim. kosteiden tilojen sisäpinnoilla. ^{4) 5)}
Rakennuksen ulkovaipan ulko-osat	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy vuositasolla lyhyinä jaksoina tai pidempiaikaisesti vuoden kylmimpänä aikana	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina tai kylminä vuodenaikoina ³⁾	Rakenne on pääsääntöisesti korjattava, jos kosteuspitoisuudet esiintyvät pitkinä jaksoina, ellei rakenteen lämpötila ole samanaikaisesti alle 0 °C. ³⁾
Rakennuksen maakesketyksessä olevat perustusrakenteet (kiviaines pohjaiset materiaalit, sulumuovit, solulasit yms.)	Rakenteen toimivuutta/vaurioitumista ei arvioida suhteellisen kosteuden mukaan. Sen sijaan on arvioitava onko kosteudesta haittaa niille materiaaleille, jotka ovat keskeisissä ko. rakenteeseen, siirtyykö kosteus ko. rakenteesta sisäänpäin sekä arvioitava tapahtuuko maanvastaisen rakenteen kautta ilmuuotoja sisätiloihin.		
Rakennuksen kapillaarikatkerros, alustäyttö ja maapohja	Rakennusosassa esiintyy yleisesti home- ja mikrobikasvua, joten homehtumisriskin arviointi ei ole tarkoituksenmukaista. ⁶⁾		

¹⁾ Joissain tapauksissa voi olla tarpeen arvioida rakenteessa vallitsevan kosteustason lisäksi tarkastelupisteessä olevan, mikrobien ravintona toimivan orgaanisen aineksen määrää.

²⁾ Materiaalin kosteuspitoisuudessa $RH \leq 75\%$ homehtumisriski on vain hyvin herkällä materiaaleilla, yli 20 °C lämpötilassa kosteusrasituksen esiintyessä tasaisena useiden kuukausien ajan. Vertaa luku 6, kuva 6.5 ja taulukko 6.5.

³⁾ Edellyttää kokonaistilanteen huomioimista perustuen yleensä kokemusperäiseen tietoon rakenteen toiminnasta.

⁴⁾ Vesivuototapauksissa korjaukselta voidaan joissain tapauksissa välttyä, jos rakenne kuivatetaan riittävän nopeasti.

⁵⁾ Lukuun ottamatta poikkeustapauksia, joissa kosteuspitoisuus voi olla >90 % tai kapillaarialueella pitkiä aikoja. Näitä ovat mm. märkätilan vedeneristeen päällä olevat rakenteet eli laatan kiinnityslaasti, saumalaasti ja keraaminen laatta, märkätilan bitumivedeneristeen päällä oleva betoninen pintalaatta sekä huoneistojen välinen märkätilan betoniseinä, jossa on suihkutilla seinän molemmilla puolin.

⁶⁾ Maaperässä oletetaan olevan suunnittelun lähtökohtana huokosilman suhteellinen kosteus 100 %, mutta kosteus voi olla ajoittain jopa kapillaarialueella. Alapohjarakenteen toimivuutta ei voida arvioida pelkästään rakenteiden alapuolisen kosteustason perusteella.

Kuvio 3. Rakenneosien homehtumisriski suhteellisen kosteuden muuttuessa (rakenteen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 151).

Sisäilmassa voi esiintyä mikrobien lisäksi muitakin terveyteen vaikuttavia tekijöitä, kuten rakenteista ja rakennusmateriaaleista erittyviä epäpuhtauksia, ammoniakkeja sekä erilaisia toksiineja. Kuviossa 4 on lueteltu yleisimmät sisäilman laatua heikentävät tekijät, näiden aiheuttajat sekä tyypillisimmät haitat ja oireet tilan käyttäjille. (RIL 250-2020, 13.)

Useat sisäilmaa heikentävät tekijät ovat hajuttomia, siksi vasta ihmisen kokemana oireilu voi paljastaa sisäilman heikon laadun. Jokainen voi parantaa sisäilman laatua yksinkertaisilla tavoilla. Siisteyden kannattaa kiinnittää huomiota. Erityisesti eläinten hilseen ja pölyn siivoaminen on tärkeää. Ruukkukasvien multa kerää ja edistää homeen kasvua. Vaikka jotkut kasvit puhdistavat sisäilmaa, niistä on useimmiten enemmän haittaa kuin hyötyä sisäilmalle. Ilmanvaihtokoneiston suodattimet tulisi vaihtaa säännöllisesti. Näin varmistetaan, että pöly ja muut ilman epäpuhtaudet jäävät suodattimeen. Jos taloudessa asuu sisäilman allergeeneille herkkiä henkilöitä, ilmanpuhdistimen hankkimista kannattaa harkita. (Easy ways you can improve indoor air quality 2021.)

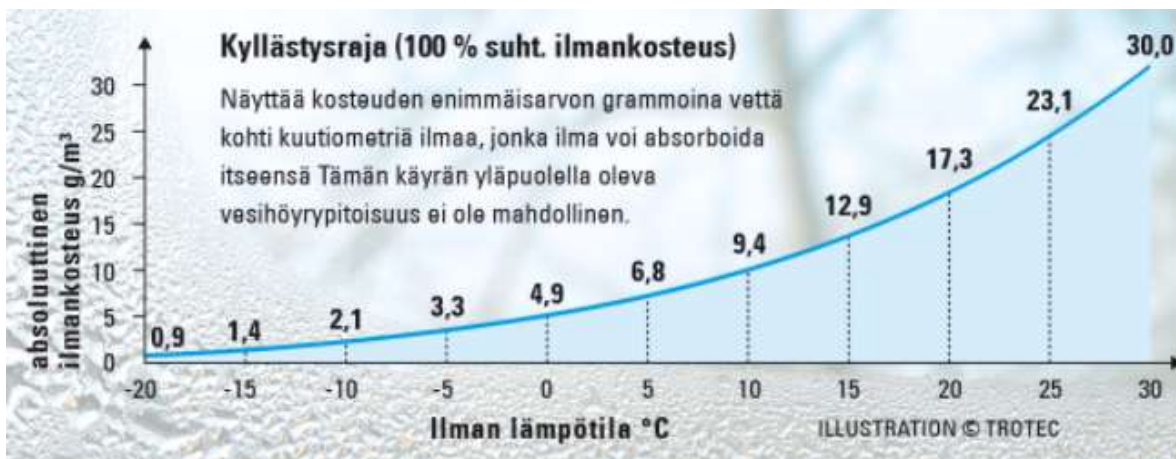
Epäpuhtaus tai muu haittatekijä	Tavanomainen lähde/syy	Haitta / oire
Allergeenit	Koti- ja lemmikkieläimet, siitepölyt, kemikaalit, pöly- ja varastopunkit, mikrobikasvustot	Allerginen nuha, silmä-, astma- ja iho-oireilu
Ammoniakki	Materiaalien kosteusvauriot, viemärit, lemmikkieläimet, tupakointi	Hajuhaitat, ärsytysoireet
Asbestikuidut	Useat eri rakennusmateriaalit	Syöpäriskin kasvu, asbestoosi
Formaldehydi	Lastulevyn ym. materiaalien kosteusvauriot, sisustustuotteet, tekstiilit ja pesuaineet	Hajuhaitat, ärsytysoireet, kosketusihottuma, syöpäriskin kasvu.
Hiididioksidi (CO ₂)	Ihmiset, lemmikkieläimet, heikko ilmanvaihto	Suuri pitoisuus viittaa tilojen käyttöön nähden riittämättömään ilmanvaihtoon. Erittäin korkeissa pitoisuuksissa väsymys, päänsärky.
Hiilimonoksidi (häkä, CO)	Tulisijat, liikenne	Häkämyrkytys, tukehtumiskuolema
Häiritsevät hajut	Materiaalien kosteusvauriot, ilmapuodot rakenteista, materiaalit, kemikaalit, käyttäjät	Ärsytysoireet, epämukavuus
Vähäinen ilmanvaihtuvuus	Heikkotehoinen ilmanvaihto, IV-järjestelmän viat, ilmanjaon puutteet	Epäpuhtauksien kertymisestä aiheutuva oireilu ja epämukavuus
Liiallinen alipaineisuus rakennuksen ulkovaipan yli	Ulkoilmavirtoihin nähden liialliset poistoilmamäärät	Epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteista sisäilmaan
Kuiva sisäilma	Kylmä ja kuiva ulkoilma	Ihon ja limakalvojen ärsytysoireet, oireiluherkkyiden kasvu
Lämpötila, liian matala tai korkea, vetoisuus	LVI-järjestelmän puutteet ja säätövirheet, pintasäteily, ilmapuodot	Epämukavuus, sairastavuuden lisääntyminen
Mikrobit ja niiden aineenvaihdutustuotteet	Kosteus- ja mikrobivauriot, ilmapuodot rakenteista, IV-kanaviston epäpuhtaudet kosteissa järjestelmänosissa	Hengitystieärsytys, astma, allergiset sairaudet, hengitystieinfektioiden lisääntyminen, yleisoireet
Otsoni	Ilmanpuhdistimet, kopiokoneet	Hengitysteiden ärsytysoireet. Voimistaa allergeenien vaikutusta
PAH-yhdisteet	Vanhat kosteuseristeet, kivihiilipiki, polttotapahtumat	Hajuhaitat, syöpäriskin kasvu
PCB	Rakennusmateriaalit, mm. elementtisaumasmassat ja maalit, lämmönsiirtonesteet	Syöpäriskin kasvu
Pienhiukkaset	Ulkoilma (teollisuus, liikenne), tupakan savu, kopiokoneet, kosteusvauriot, pienpoltto, kynttilät ja tulisijat	Viihtyvyyshaitat, sydän- ja hengityselinsairaudet, astma
Radon	Maaperä, rakennuksen alustäyttö	Keuhkosyöpäriskin kasvu
Teolliset mineraalivillakuidut	Lämmön- ja ääneneristysmateriaalit rakenteissa ja IV-järjestelmässä	Silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet
VOC-yhdisteet (haihtuvat orgaaniset yhdisteet, engl. volatile organic compounds)	Kosteusvauriot, rakennusmateriaalit, sisustusmateriaalit, tekstiilit, pesuaineet, kosmetiikka, ihmiset ja lemmikkieläimet	Ärsytysoireet, astma
Öljyhiilivedyt	Rakennusmateriaalit (mm. valuasfaltti), öljyvahingot rakenteisiin ja maaperään rakennuksen alla	Hajuhaitat

Kuvio 4. Sisäilman laatuun yleisimmät vaikuttavat tekijät (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 15).

4.2 Ilmanvaihto

1960-luvulta lähtien alettiin rakentamaan koneellisia ilmanvaihtojärjestelmiä. 1970- ja 1980-lukujen rivitaloissa käytettiinkin tavanomaisesti poistoilmanvaihtojärjestelmää. Rakennuksen ollessa alipaineinen, ilma kulkee ulkoa sisälle päin. Koska ulkovaipparakenteet ja rakennuksen alapuolinen maaperä sisältää epäpuhtauksia, kuten mikrobeja ja radonia, sisäilman puhtauden kannalta on tärkeää, että korvausilma otetaan hallitusti tuloilmaventtiilien ja raitisilmaottoaukkojen kautta. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 121.)

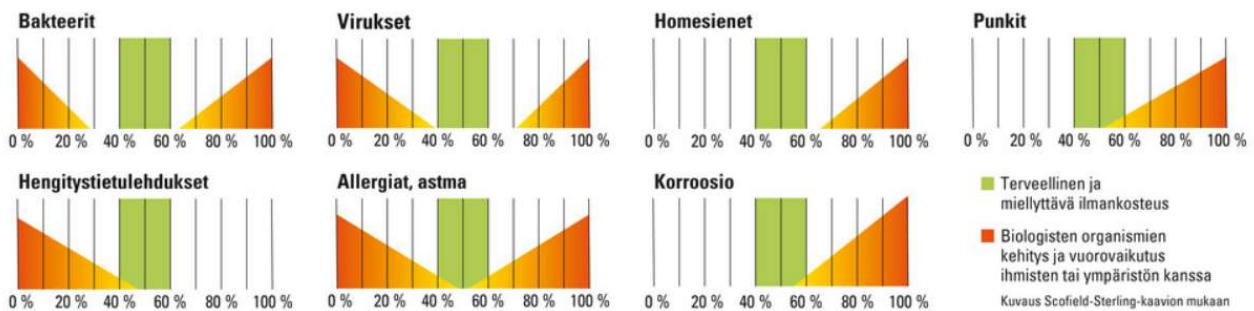
Koneellisten poistoilmanvaihtojärjestelmien tyypillisimpiä ongelmia ovat riittävä korvausilman saanti, ilmanvaihdon väärä jakauma huoneiden välillä sekä väärät epäpuhtauksia kuljettavat paine-erot. Lisäksi asukkaan on tärkeä ymmärtää koneellisen poistoilmanvaihdon toimintaperiaate. Usein asukas saattaa sulkea poistoilmanvaihdon korvausventtiilit, koska kokee niistä virtaavan kylmän ilman häiritsevän omaa asumismukavuuttaan. Toisaalta korkean melutason vuoksi koneellinen ilmanvaihto saatetaan pysäyttää kokonaan, jolloin rakennuksen vaipan ollessa tiivis loppuu ilmanvaihto kokonaan. (Palonen 2004, 4–5.)



Kuvio 5. Ilman suhteellisen kosteuden kyllästysrajat eri lämpötiloissa (Perustavaa tietoa ilmankosteudesta nd).

Tärkeää on myös varmistaa, että sisätiloissa ilma vaihtuu riittävästi. Näin varmistetaan, että sisäilman kosteuspitoisuus ei nouse liian korkeaksi. Kuviossa 5 on esitetty, kuinka paljon ilma pystyy sitomaan vesihöyryä eri lämpötiloissa. Jos sisäilma pääsee kyllästymään vesihöyryllä, pyykki lakkaa

kuivumasta ja ikkunoiden sisäpinnat alkavat valua tiivistyvää vettä. Nämä ilmiöt heikentävät asu-
mismukavuutta ja aiheuttavat merkittävän riskin kosteusvaurioiden syntymiselle. Toisaalta ilman-
vaihdoilla on tärkeä rooli myös erilaisten epäpuhtauksien poistajana sisäilmasta. Ihmisten ja eläin-
ten uloshengityksen mukanaan tuoma hiilidioksidi, huonosti tiivistetyistä läpivienneistä
mahdollisesti sisäilmaan päässeet radon ja muut epäpuhtaudet saavat aikaan sisäilman laadun
heikkenemisen. Riittävällä ilmanvaihdolla epäpuhtauksien pitoisuuksia saadaan laimennettua.
(Lindberg 2003, 4.)

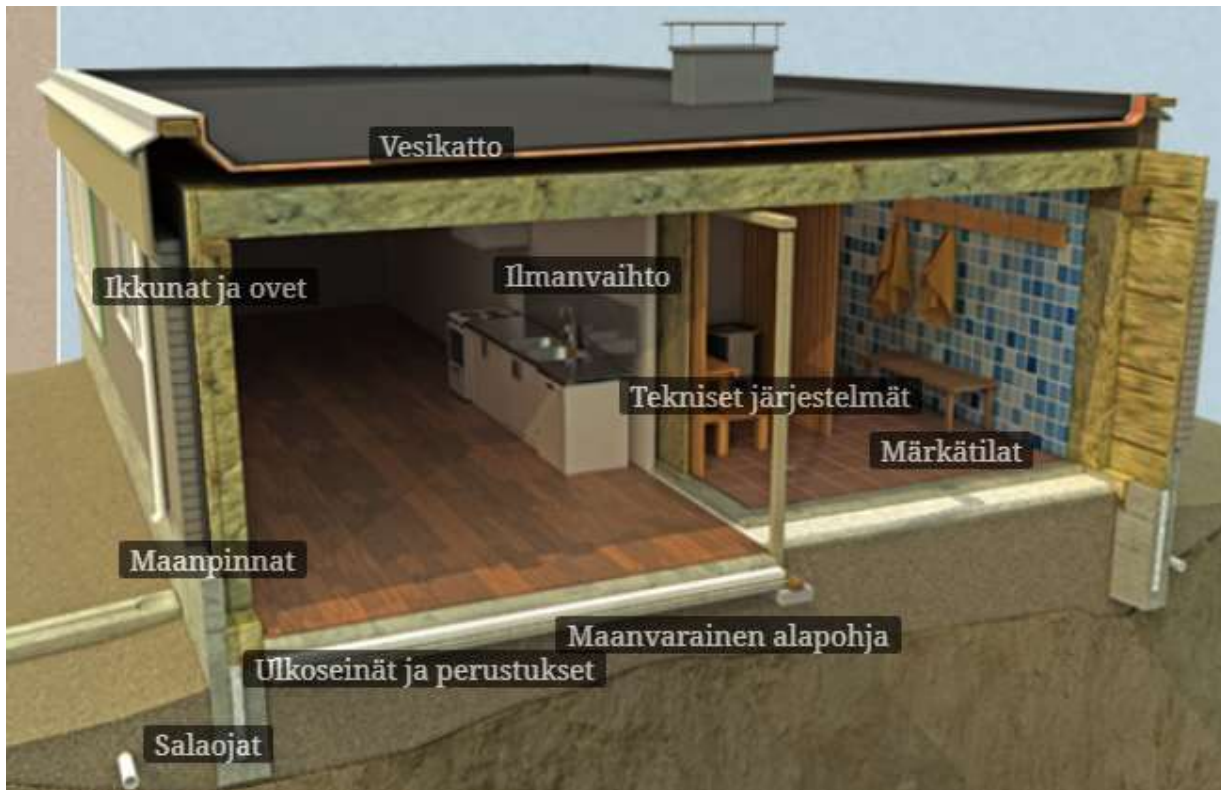


Kuvio 6. Suhteellisen ilmankosteuden vaikutus ihmisen ja biologian vuorovaikutukseen (Perustavaa tietoa ilmankosteudesta nd).

Riittävänä ilmanvaihtokertoimena voidaan pitää 0,5 l/h. Tähän lukuun perustuvat niin Suomen kuin useat muutkin rakentamismääräykset ja standardit. Ruotsalaisissa tutkimuksissa on osoitettu, että lapsilla, joiden kotona ilmanvaihtokerroin on alle 0,5 l/h, esiintyy enemmän astmaa ja allergisia oireita. Lisäksi tutkimustuloksista voi havaita, että pölypunkkien määrä sekä epäpuhtauksien vaikutukset lisääntyvät, kun ilmanvaihtokerroin laskee alle 0,5 l/h. (Kurnitski 2007, 1–2.)

5 1970- ja 1980-luvun rivitalot ja niiden rakenteelliset ongelmat

5.1 Tyypillisiä piirteitä 1970- ja 1980-lukujen rivitalorakentamisessa



Kuvio 7. Tyypillisen 1970-luvun rivitalon leikkauskuva ja ongelmakohdat (1970-luvun talo-ongelmakohdat 2016).

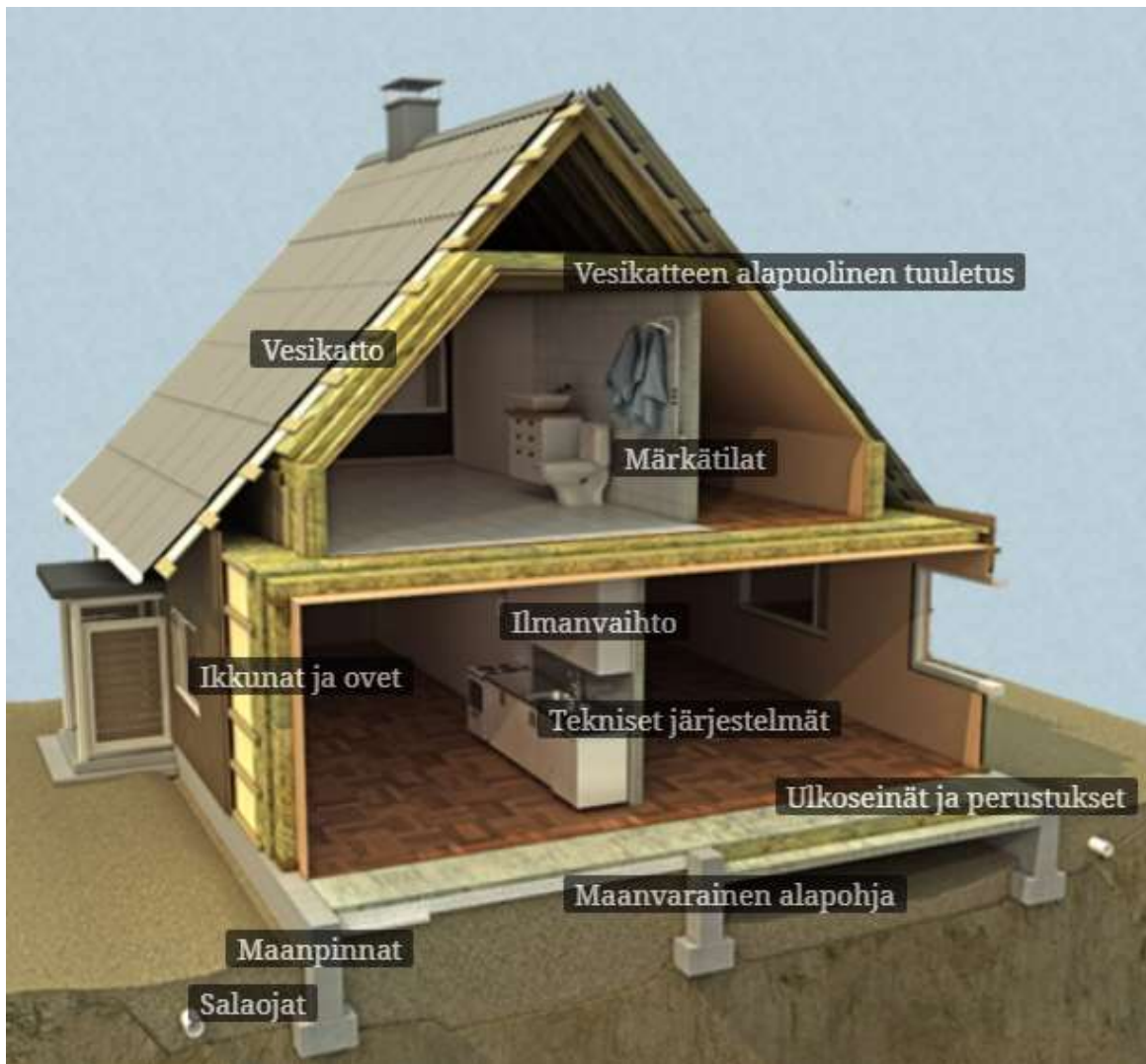
1970-luvun rivitalorakentamiseen vaikutti vuoden 1973 öljykriisi, joka nosti lämmityskustannuksia. Energiansäästötalkoiden seurauksena rakenteista pyrittiin tekemään tiiviitä, ikkunoissa alettiin käyttää kolminkertaisia laseja ja lämmöneristepaksuuksia lisättiin. Rakentamisessa ei osattu vielä ottaa huomioon rakenteiden kosteusteknistä toimintaa. Tiiviimpien rakenteiden myötä ilmanvaihtoon ei kiinnitetty tarpeeksi huomiota ja se jäi usein liian vähäiseksi. (Mölsä 2016.)

Lämmityskustannusten nousun seurauksena vuonna 1976 tuli voimaan Suomen rakentamismääräyskokoelman uudet määräykset, joissa otettiin kantaa muun muassa eri rakennusosien lämmönläpäisykertoimien minimiarvoihin. Lisäksi määräyksissä annettiin ohjeita rakennuksen energiansäästöön. Rakennuksen muotoon kehoitettiin kiinnittämään huomiota, ikkunoiden ja ovien lasipintoja suositeltiin pienentämään sekä rakenteiden eristepaksuuksia kasvattamaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C 1–4 1976, 18,20.)

1970-luvulla rivitaloihin rakennettiin tyypillisesti matalaperustukset. Tämä tarkoitti, että lattiapinta rakennettiin lähelle maanpintaan. Valesokkelirakenteen käyttö oli tavanomaista. Tällä ratkaisulla haluttiin parantaa alapohjan ja ulkoseinän liittymän tiiveyttä. Kantavana runkona käytettiin tyypillisesti rankarakenteista puurunkoa tai tiilimuurausta ja julkisivuverhous tehtiin puusta, tiilestä tai asbestisementtilevyistä. Ilmanvaihtojärjestelmänä käytettiin painovoimaista ilmanvaihtoa tai koneellista poistoilmanvaihtoa. (1970-luvun talo - rakennuksen osat 2016, 1.)

1970-luvun rivitalon tunnistaa usein tasakatosta. Aikakaudelle olikin tyypillistä rakentaa lähes tuuletumaton tasakatto tai loiva pulpettikatto. Lisäksi rakennukset tehtiin räystäättömiksi. Nykyään moni tasakatto on kuitenkin muutettu harjakatoksi. (RIL 250-2020, 80.)

Alapohjarakenteena suosittiin kaksoislaattarakennetta ja puukoolattuja lattiaratkaisuja. Kaksoislaattarakenteessa betonilaattojen välissä käytettiin kosteudelle vaurioherkkiä eristemateriaaleja. Näiden rakenteiden sisälle sijoitettiin tyypillisesti putkistoja, jotka lisäsivät rakenteiden kosteusvaurioriskiä. (1970-luvun talo – ongelmakohtat 2016, 17.)



Kuvio 8. Tyypillisen 1980-luvun rivitalon leikkauskuva ja ongelmakohtat (1980-luvun talo-ongelmakohtat 2016).

1980-luvulle tultaessa alettiin luopua tasakatoista ja tilalle tulivat harjakatot. Kattorakenteet muuttuivat monimuotoisemmiksi ja räystäitä alettiin jälleen suosimaan rakennuksissa. Aikakaudelle on tyypillistä monimutkaisten detaljien käyttö, mikä lisäsi kosteusvaurioriskiä. (RIL 250-2020, 80.)

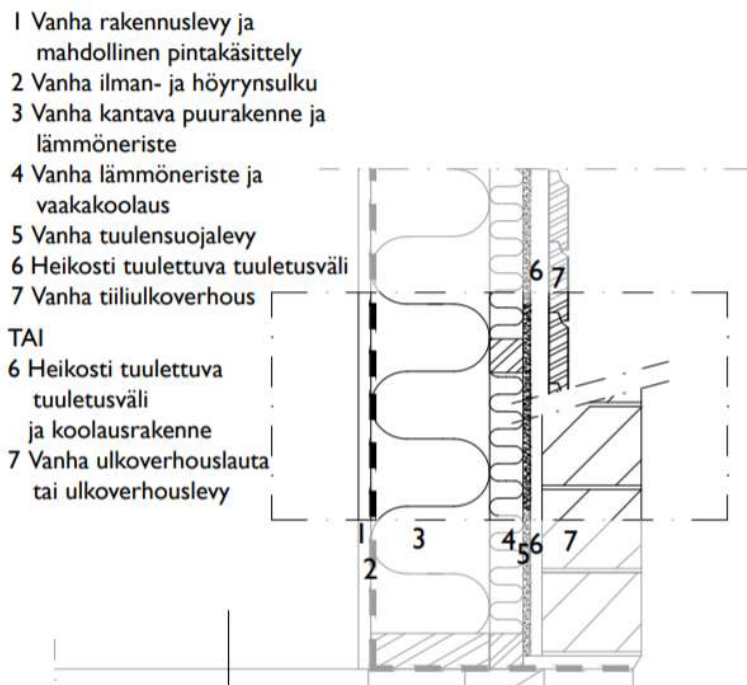
1980-luvun rivitaloissa suosittiin edelleen lattiarakennetta, jossa puukorotus ja lämmöneristeet on asennettu betonilaatan päälle sekä kaksoislaattarakennetta. Lisäksi valesokkelirakennetta käytettiin yleisesti. Talojen runkona oli yleensä rankarakenteinen puurunko tai tiilimuuraus. Julkisivut oli vuorattu tyypillisesti puulla tai tiilellä. Ilmanvaihtona käytettiin pääosin koneellista poistoilmanvaihtoa. Myös koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto kasvatti suosiotaan. (1980-luvun mallitalo 2016, 1.)

1970- ja 1980-luvuilla kehitettiin lukuisia uusia kerroksellisia rakennuksen ulkovaipparatkaisuja, jotka olivat rakennusfysikaaliselta toiminnaltaan aiempia rakenneratkaisuja monimutkaisempia. Nykytietämyksellä monet näistä rakenneratkaisuista on todettu riskialttiiksi ja vaikeasti korjattaviksi. Usein rakenteiden viat huomataan vasta, kun sisäilmaongelmia ilmenee. Ajatellaan, että rakenteet toimivat vuodesta toiseen ilman korjaustarvetta. Tosiasia kuitenkin on, että suurin osa rakennusten osista on suunniteltu kestäväksi 30–50 vuotta, osa vain 10–15 vuotta. (Pirinen 2011, 1.)

5.2 Julkisivumateriaalin puutteellinen tuuletus

5.2.1 Alkuperäinen rakenne

1970- ja 1980-luvuilla rivitalojen ulkoseinät olivat usein puurunkoisia. Julkisivuissa käytettiin joko tiili- tai puuverhousta. Kuviossa 9 on rakenneleikkaus aikakaudelle tyypillisestä ulkoseinärakenteesta. Kosteusvaurioita tällaiseen rakenteeseen aiheutuu usein julkisivumateriaalin puutteellisesta tuuletuksesta. (1970- ja 1980-luvun talot / Rakennuksen osat 2016.)



Kuvio 9. Tyypillinen 1970- ja 1980-lukujen rivitalon seinärakenne (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 174).

Seinän puutteellinen tuuletus johtuu ulkoverhouksen takana olevan tuuletusraon puuttumisesta tai sen liian pienestä leveydestä. Jotta rakenteessa oleva vesihöyry poistuisi, ilman on virrattava tuuletusraossa. Virtaus saadaan aikaan lämpötilaeron ja tuulen vaikutuksesta syntyvästä paineesta. Lisäksi ilmaraon on oltava tarpeeksi leveä, jotta virtaus raossa on mahdollinen. (Ulkoseinät nd.)

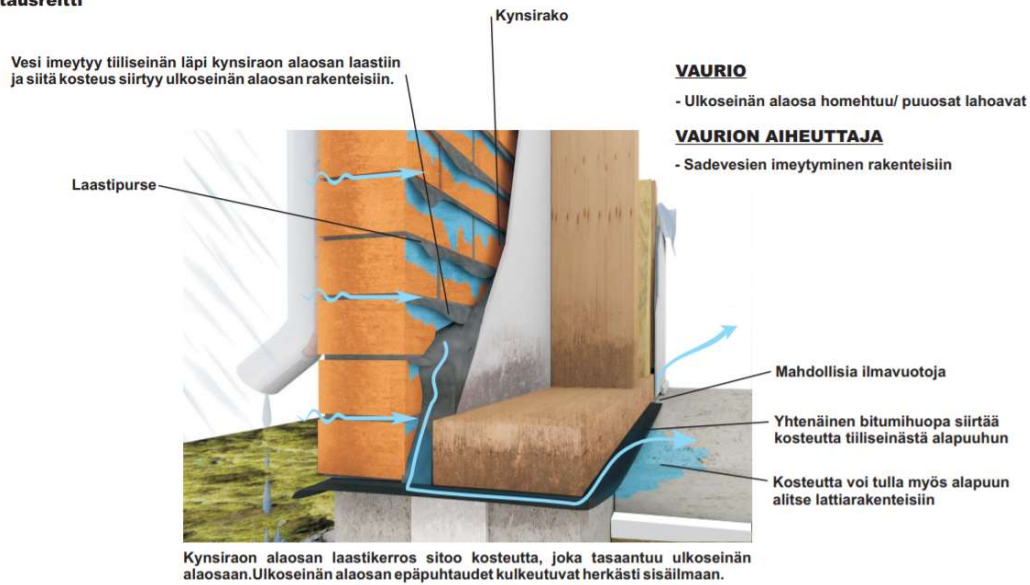
Koska tiili materiaalina imee kosteutta itseensä, rakenteen kuivana pysymisen kannalta on tärkeää huolehtia kosteuden hallitusta poistumisesta. Tiiliverhoillun rakenteen toiminnan kannalta olennaista on sen tuulettuminen alaosan avointen pystysaumojen kautta. Laastipurseet saattavat tukkia avoimet pystysaumamat, jolloin rakenne ei pääse kuivumaan. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 159.)

Kuviossa 10 kuvataan reitit, joilla kosteus siirtyy tiiliverhouksesta laastipurseiden kautta seinän sisempiin rakenteisiin aiheuttaen niihin vaurioita. Nämä epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan, jos rakenteessa on ilmarakoja.

PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Kosteuden siirtyminen rakenteessa
Ilmavirtausreitti

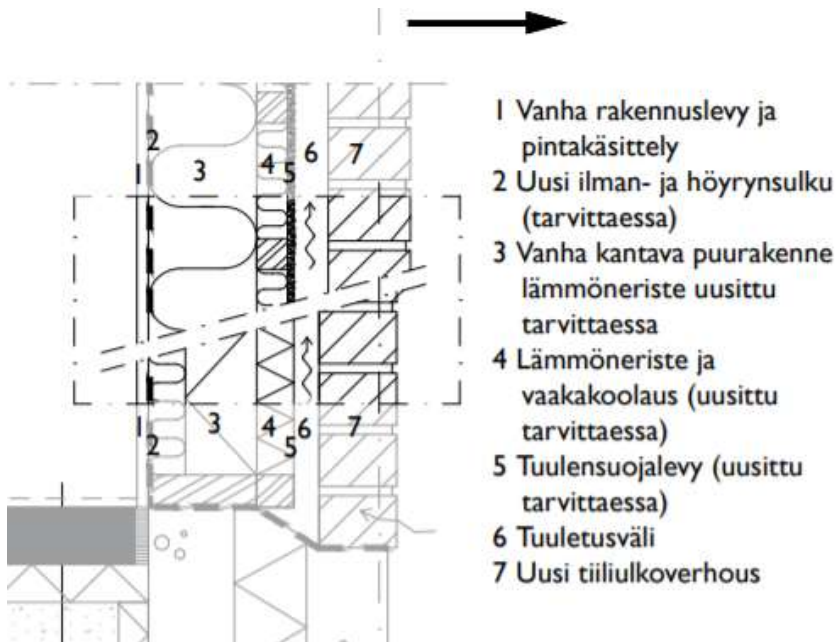
04C TIILISEINÄN KYNSIRAKO



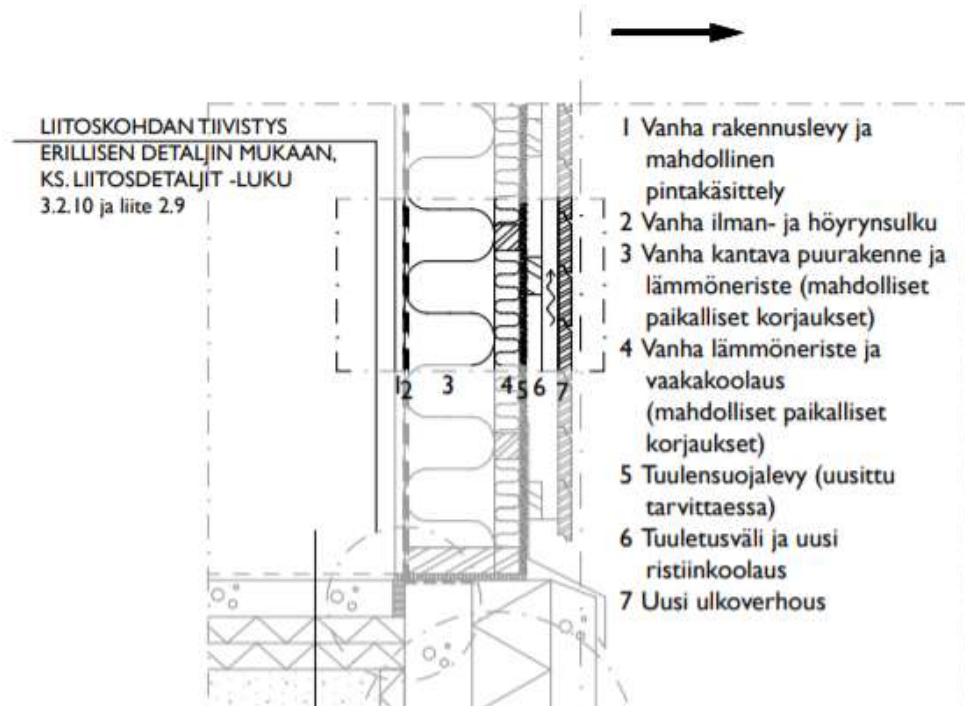
KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

Kuvio 10. Kosteuden siirtyminen tiilirakenteessa ilmaraon alaosaan tukkeuduttua (Heikkinen 2012, 11).

5.2.2 Korjausvaihtoehdot



Kuvio 11. Tiiliverhoillun rakenteen uusiminen ulkopuolelta (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 175).



Kuvio 12. Puuverhoillun rakenteen uusiminen ulkopuolelta (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 175).

Olemassa oleva julkisivumateriaali puretaan sekä kaikki vaurioitunut materiaali poistetaan. Korjauksen yhteydessä on mahdollista parantaa rakennuksen energiatehokkuutta lämmöneristemateriaalin uusimisella. Lisäksi mahdollisuuksien mukaan parannetaan sisäpinnan ilmatiiveyttä. Uuden rakenteen tuuletusvälin vähimmäisleveys tulee olla 40 mm ja poikkipinta-alan vähintään 400 cm²/m. Julkisivumuurausten yhteydessä varmistetaan, että laastipurseet eivät tuki tuuletusväliä. Huomiota kiinnitetään erityisesti vuotovesien turvalliseen ohjaukseen tuuletusrakojen kautta. Kuviossa 11 on esitetty tarkemmin korjatun tiiliverhoillun ulkoseinän rakenne. Kuviossa 12 on rakenneleikkauskuvaa korjatusta puuverhoillusta ulkoseinärakenteesta. Puuverhotussa julkisivussa tulee huolehtia alimman verhouslaudan riittävästä etäisyydestä maan pintaan sekä sen viistoamisesta ja maalaamisesta. Korjattu tiiviimpi rakenne vaatii myös ilmanvaihdon uudelleen säädön. Julkisivun uusiminen on järkevää silloin, kun julkisivurakenteessa on merkittäviä puutteita ja rakenne on vaurioitunut laajasti. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 175–177.)

Höyrynsulkumuovien limitysten ja liitoskohtien tiivistämisellä sekä läpivientien ilmanpitävyyden parantamisella pystytään estämään epäpuhtauksien siirtyminen sisäilmaan. Seinän ilmanpitävyyttä voidaan myös parantaa sisäverhouslevyillä, joiden saumat ovat ilmatiiviit. Tiivistyskorjauksissa pu-

retaan sisäverhouslevyt ja tarvittaessa voidaan myös vaihtaa lämmöneristeissä ja rungossa ilmenneitä vauriokohtia. Korjausten yhteydessä tulee mahdollisuuksien mukaan pienentää ulkopuolelta rakenteisiin tulevaa kosteusrasitusta sekä huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta. Rakenteen toimivuutta seurataan merkkiainekokein säännöllisesti. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 175.)

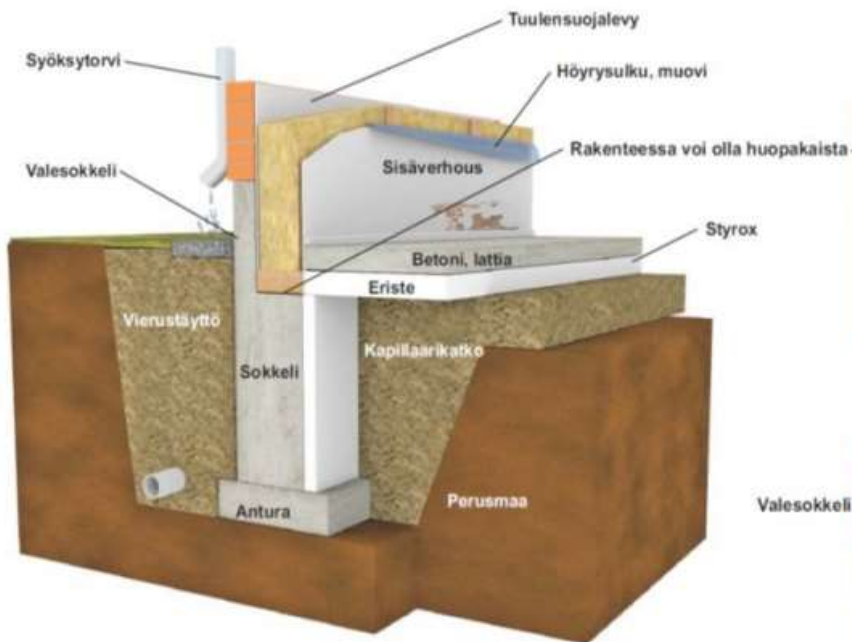
5.3 Valesokkeli

5.3.1 Alkuperäinen rakenne

Valesokkelirakenteessa ulkoseinän puurunko ulottuu lähelle maanpohjan tasoa tai jopa sen alapuolelle. Kuviossa 13 on havainnollistettu valesokkelin rakennetta tarkemmin. Valesokkelirakenteella tavoiteltiin sokkelin ja seinän välistä lämpötekniisesti tiivistä liittymää. Rakenteen haasteena on, että maaperän kosteus pääsee siirtymään runkoon ja lämmöneristykseen. Koska rakenne ei tuuletetu, siihen muodostuu helposti kosteusvaurio. (1970-luvun talo- ongelmakohtat 2016, 11.)

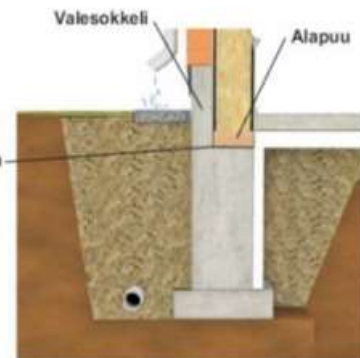
PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Valesokkelin rakennemalli



KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

02A VALESOKKELI



Valesokkelin tunnistus



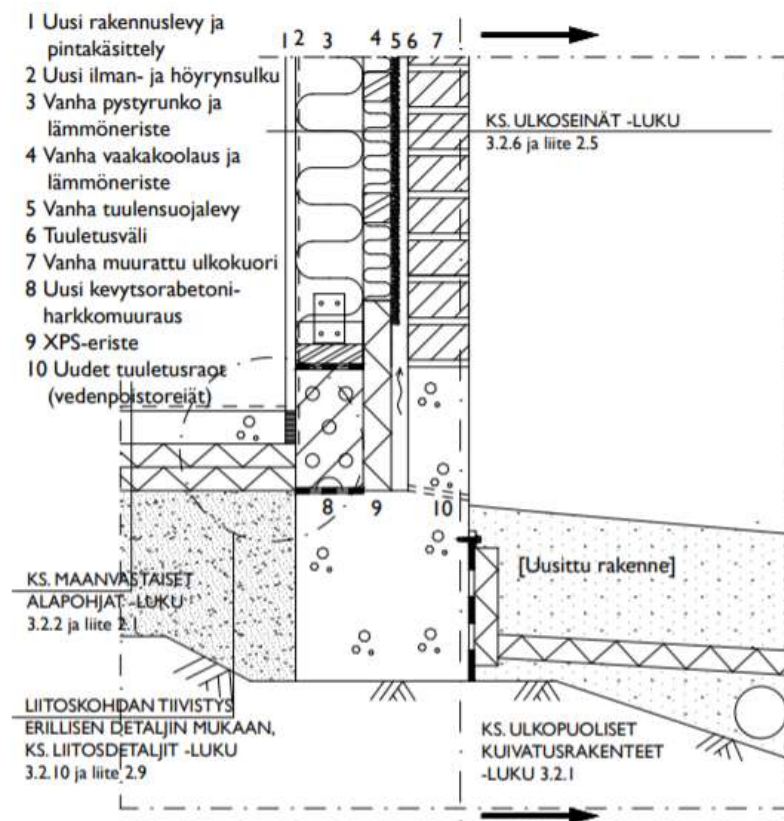
Havainnekuva valesokkelista. Sockelin yläpinta ylempänä oven kynnystä.

Kuvio 13. Valesokkelin rakennemalli (Heikkinen 2012, 11).

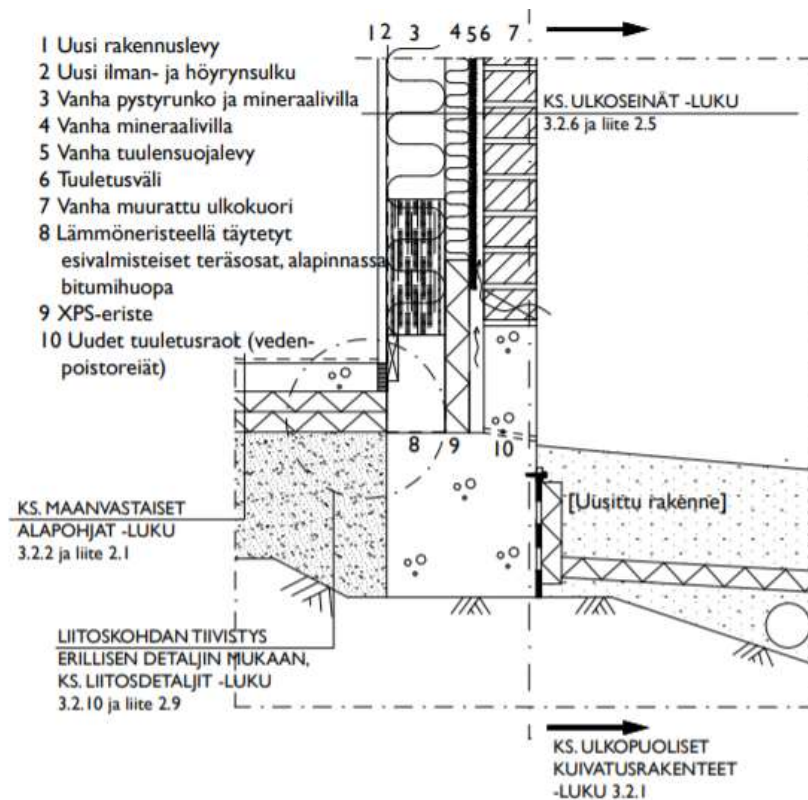
Hometalkoiden vetäjänä ollut Juhani Pirinen on tutkinut vuonna 1999 valmistuneessa lisensiaattityössään hyvää rakentamistapaa aiempina vuosikymmeninä. Hän on osoittanut, että aiemmin niin sanottu hyvä rakentamistapa on syynä nykyisiin homerakennuksiin. Tästä esimerkkinä rivitaloissa 1970- ja 1980-luvuilla yleinen rakenneratkaisu valesokkeli, joka oli RT-kortistossa hyväksytty rakenne vuodesta 1957 vuoteen 1993. (Mölsä 2016.)

Vilho Pekkala Vahasen suunnittelutoimistosta pitää kuitenkin valesokkelirakennetta mainettaan parempana. Pekkalan mielestä valesokkelin kunto on kuitenkin selvitettävä, koska se on riskirakenne. Hänen mukaansa *”Ei vain pidä oikopäätä vähäisten mikrobihavaintojen perusteella lähteä kalliisiin runkotolppien kengityksiin ja alajuoksujen uusimisiin, jotka maksavat asuntoa kohti monta kymmentä tuhatta”*. (Mölsä 2016.)

5.3.2 Korjausvaihtoehdot



Kuvio 14. Valesokkelirakenteen korjaaminen muuraamalla (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 159).



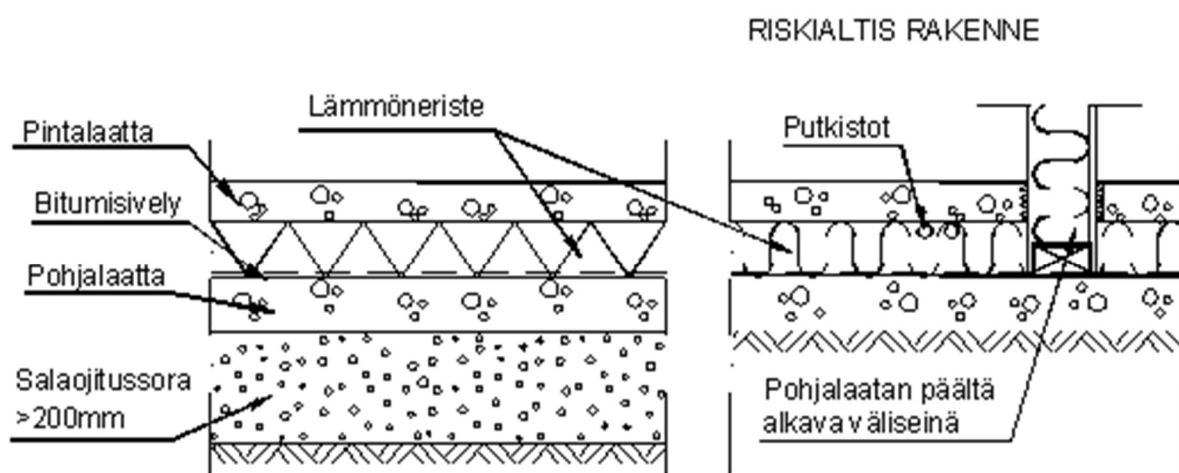
Kuvio 15. Valesokkelirakenteen korjaaminen kengittämällä (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 161).

Valesokkelirakenteen korjauksessa kaikki vaurioitunut materiaali poistetaan ja korvataan yllä olevien kuvioden 14 ja 15 mukaisesti. Seinän alaosan korjaus voidaan tehdä joko muuraamalla seinän alaosa kuten kuviossa 13 tai kengittämällä seinä kuten kuviossa 14. Kylmäsilan välttämiseksi uusi lämmöneriste asennetaan koko halkaisun matkalle. Korjauksen yhteydessä suositellaan lisäämään sisäpuolelle 50 mm lämmöneristyskerros. Tällöin olemassa oleva höyrynsulkumuovi ja seinälevyt poistetaan kattoon tai välipohjaan asti. Höyrynsulkumuovi ulotetaan betonilaatan ja harkon väliin liitokseen ja tiivistetään esimerkiksi polyuretaanivaahdolla. Näin varmistetaan rakenteen ilmatiiveys. Jotta rakenteen kosteusrasitus olisi mahdollisimman pieni, tulee valesokkelin korjauksen yhteydessä rakentaa rakennuksen salaoja- ja sadevesijärjestelmä tai uusia toimimaton järjestelmä. Työt tulee suorittaa osissa, jotta rakenteen kantavuus säilyy korjauksen aikana. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 159–161.)

5.4 Kaksoislaattarakenne ja pohjalaatan päällä puukoolaus

5.4.1 Alkuperäinen rakenne: kaksoislaattarakenne

Maanvaraisen laatan päälle tehty kaksoislaattarakenne koostuu lämmöneristeestä laatan päällä sekä sen päälle valetusta toisesta betonivalusta. Kuviossa 16 on havainnekuva kaksoislaattarakenteesta. Rakenne on erityisen riskialtis, jos lämmöneristeinä on käytetty mineraalivillaa tai lastuvillaeristettä eli ns. Toja-eristettä. Lisäksi rakenteen sisällä olevat vesi- tai lämpöputket ovat riski rakenteen vaurioitumiselle. Rakenteen riski pienenee, jos alemman betonilaatan alle on asennettu lisälämmöneristys. (Sisäilmäyhdistys Ry nd.)



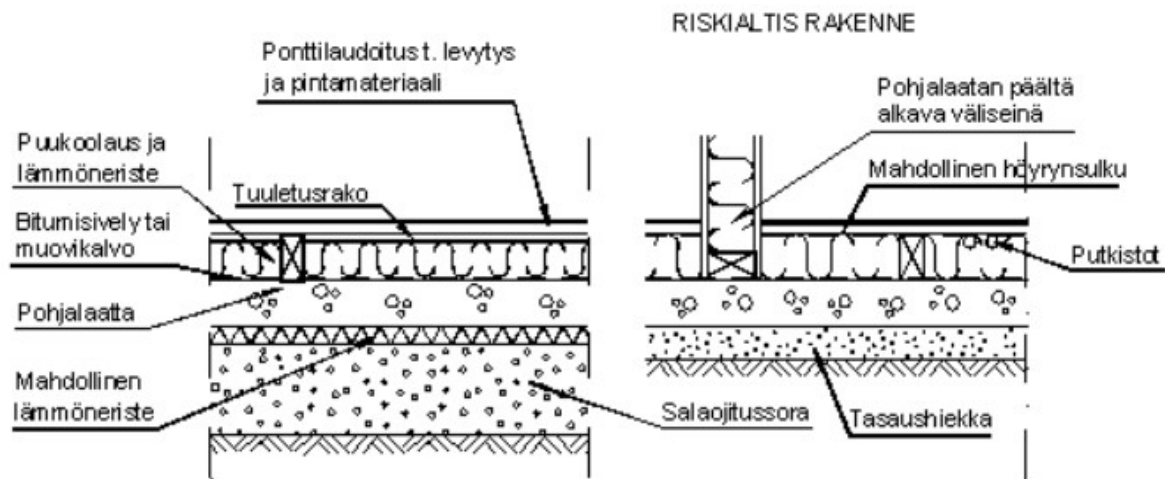
Kuvio 16. Kaksoislaattarakenne (Sisäilmäyhdistys Ry nd).

Kaksoislaattarakenne vaurioituu tyypillisesti katto-, seinä- tai putkivuodosta sekä ulkopuolisesta pintavedestä, joka valuu eristetilaan. Tämä havaitaan yleensä tunkkaisen hajun perusteella, kun eristetilassa alkaa kasvamaan sädesieniä. Lisäksi ongelman rakenteessa voi aiheuttaa alalaatan päältä alkava väliseinä, joka sijaitsee hyvin kylmässä tilassa. Sisäilman kosteuden ollessa korkea, väliseinän alaosaan saattaa tiivistyä kosteutta, joka ajan kuluessa synnyttää kosteusvaurion ja mikrobikasvustoa. (Sisäilmäyhdistys Ry nd.)

Myös Juhani Pirinen pitää kaksoislaattarakennettä haasteellisena. *”Alla oleva laatta kastuu helposti kapillaarisen kosteuden nousun takia tai vesihöyryn diffuusion vaikutuksesta. Tämän seurauksena päällä olevat lämmöneristeet vaurioituvat, varsinkin jos ne ovat mineraalivillaa. Betonilaatan alla voi olla myös puukorokkeita, jotka lahoavat tai homehtuvat.”* (Huusko 2017.)

Bitumisivelyä tai 1970- luvun lopulla myös muovikalvoa käytettiin usein alemman laatan päällä kosteussulkuna. Ongelmana on kuitenkin Pirisen mukaan se, että bitumisivelyn käyttöikä on noin 30 vuotta. Sen jälkeen kosteus pääsee tulemaan bitumisivelyn läpi ja tuo mukanaan kalkkia. Kalkki rikkoo ajan myötä bitumisivelyn kiteytyessään laatan päälle. (Huusko 2017.)

5.4.2 Alkuperäinen rakenne: Pohjalaatan päällä puukoolaus

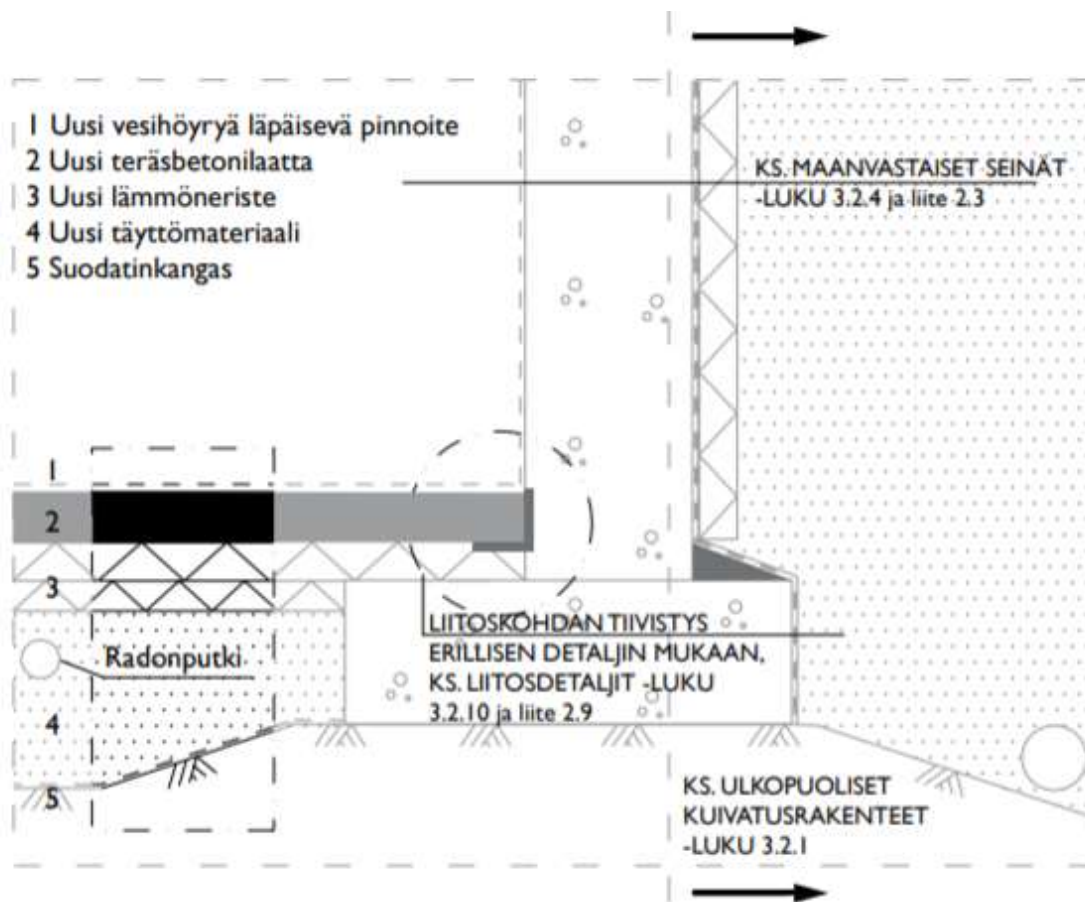


Kuvio 17. Puukorotettu lattia (Sisäilmäyhdistys Ry nd).

Puukorotetussa lattiarakenteessa betonilaatan päällä sijaitsee eristekerros sekä puukoolaus ja laualattia. Betonilaatan päällä voi olla bitumisively tai muovikalvo höyrynsulkuna. Tarkempi rakenne on esitetty kuviossa 17. Jos pohjalaatan alla on eristys, rakenne pysyy lämpimämpänä ja kosteuden tiivistymisen todennäköisyys rajapintoihin pienenee. (Sisäilmäyhdistys Ry nd.)

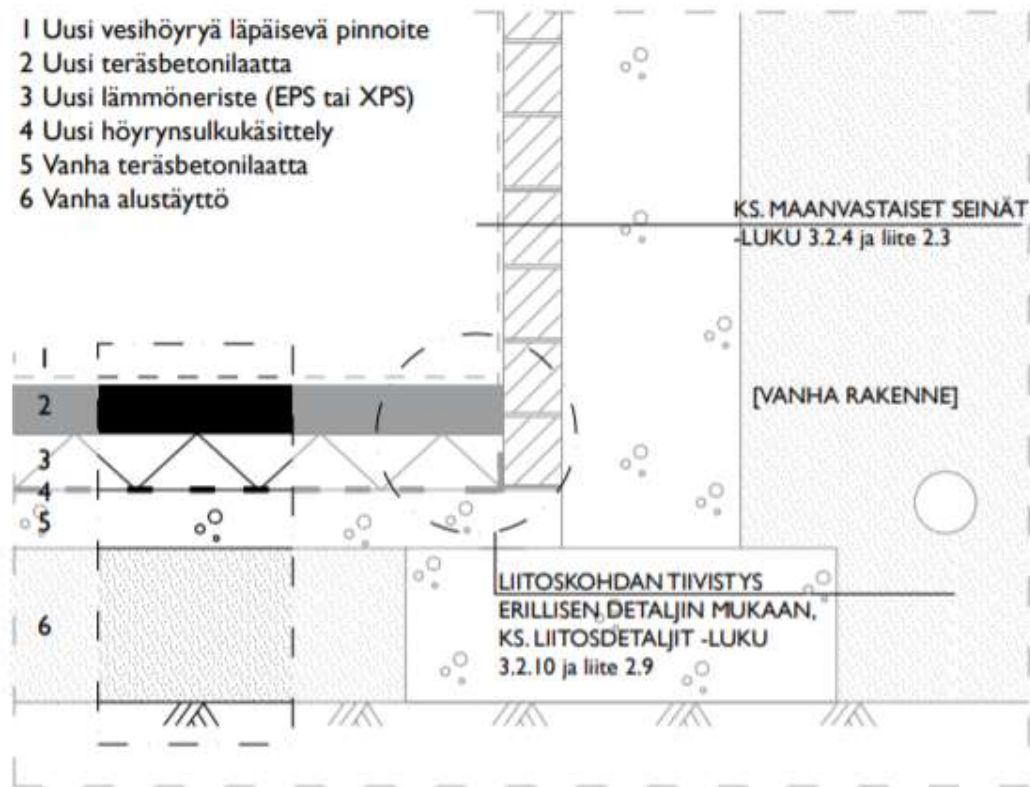
Kun betonilaatan alapinta on suoraan maanpäällä, laatan alapinnan lämpötila ja suhteellinen kosteus muotoutuvat samaksi kuin maapohja. Betonilaatan alla käytetyt alusmateriaalit toimivat huonosti kapillaarikatkoina, jolloin veden kapilaarinen nousu maapohjasta on mahdollista. Tällöin betonin päällä sijaitsevan lämmöneristekerroksen sekä puurakenteen lämpö- ja kosteusolot voivat olla suotuisat mikrobikasvustolle. (RIL 255-1-2014, 167.)

5.4.3 Korjausvaihtoehdot



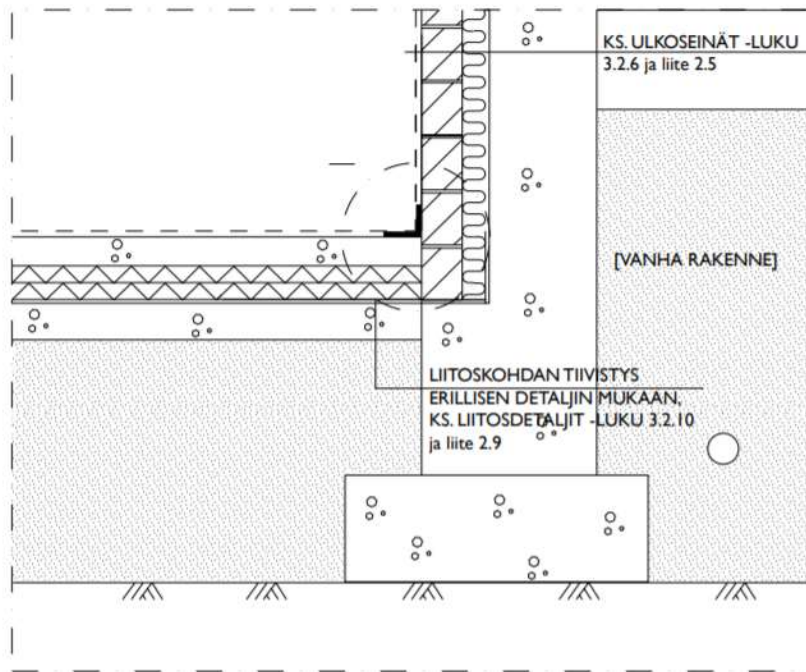
Kuvio 18. Rakenne uusitaan kokonaan (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 113).

Koko alapohjarakenne puretaan ja uusitaan. Lisäksi väliseinät, jotka sijaitsevat betonilaatan päällä, joudutaan purkamaan. Uusi rakenne toteutetaan yllä olevan kuvion 18 mukaisesti. Seinien ja betonilaatan välinen liitos tulee tiivistää. Korjauksen yhteydessä varmistetaan, että salaojitus on toimiva ja kattosadevedet sekä sulamis- ja valumisvedet on ohjattu asianmukaisesti pois talon perustusten vierestä. Lisäksi kantavia ja jäykistäviä rakenteita purettaessa on huomioitava, että ne tuetaan asianmukaisesti. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 113–119.)



Kuvio 19. Betonilaatan yläpuolinen rakenne puretaan ja lämmöneriste vaihdetaan paremmin kosteutta kestäväksi. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 113).

Maanvastaisen laatan päältä puretaan kaikki rakenteet. Uusi rakenne toteutetaan yllä olevan kuvion 19 mukaisesti. Betonilaattaan liittyvien pystyrakenteiden kunto tulee selvittää ja mahdolliset kosteusvauriot tulee korjata. Tiivistyskorjaukset tehdään alempaan betonilaattaan ylemmän betonilaatan kuivumisen yhteydessä tapahtuvan kutistumisen vuoksi. Lisäksi on huolehdittava, että ulkopuolelta tuleva kosteusrasitus minimoidaan. Rakenteen toimivuutta seurataan merkkiainekoikeilla säännöllisin väliajoin. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 113–119.)



Kuvio 20. Lattiarakenteen ilmatiiveyden parantaminen ja pinnoitteen vaihtaminen vesihöyryä läpäiseväksi. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 117).

Korjauksessa pintalaatan ja seinän sekä läpivientien liitoskohdat tiivistetään. Lisäksi lattian pinnoite vaihdetaan vesihöyryavoimeksi, jotta lattiarakenne pääsee kuivumaan huonetilaan päin. Huonetilan ilmastoinnin riittävyys on hyvä varmistaa korjauksen yhteydessä. Rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet on minimoitava, jotta vaurioiden eteneminen pysähtyy. Haasteena tiivistyskorjauksessa on, että kaikkia vuotokohtia ei saada poistettua koko rakennuksen suunnitellun käyttöajan ajaksi. Rakenteen toimivuutta seurataan merkkiainekokeilla säännöllisesti. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 117.)

Tämä korjausvaihtoehto sopii ainoastaan kaksoislaattarakenteelle. Puukoolatussa lattiarakenteessa tiivistyskorjausta ei suositella, koska puurakenteen tiivistäminen on hankalaa puun kosteudesta aiheutuvien liikkeiden vuoksi. Puurakennetta pitäisi ainakin osittain purkaa, jotta betonilaatan epätiiveyskohtia päästäisiin korjaamaan. Ilman puurakenteen purkamista kokonaan kaikkia epätiiveyskohtia on hankala havaita. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 113.)

5.5 Tasakatto

5.5.1 Alkuperäinen rakenne



Kuvio 21. Lievästi tuulettuva loiva katto eli tasakatto (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 202).

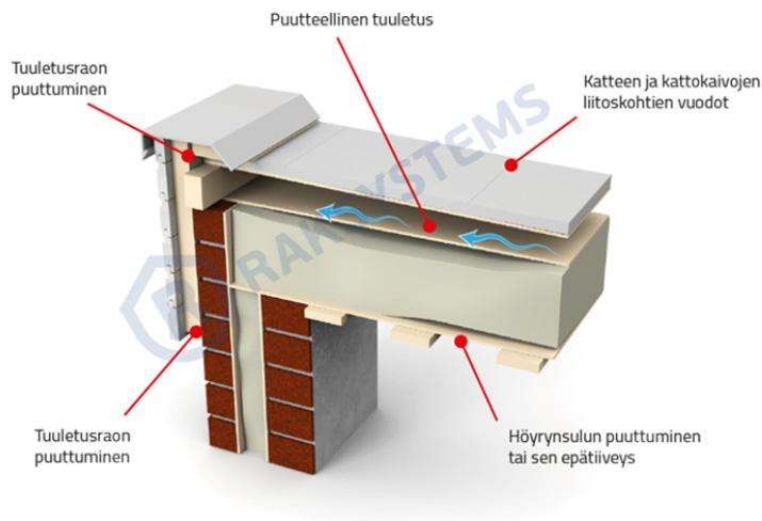
Tasakatoissa käytettiin tyypillisesti kantavana rakenteena puurunkoa ja lämmöneristeinä mineraalivillaa. Katemateriaalina käytettiin yleisesti ponttilaudoituksen päälle tehtyä monikerroksista bitumikermikatetta. Kuviossa 21 esitetään tarkemmin lievästi tuulettuvan loivan katon eli tasakaton rakenne. Rakenteen vaurioituminen aiheutuu pääasiassa vesikaton vuodoista tai höyrynsulkukerrosrakenteen epätiiveydestä. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 202.)

1970-luvulla ja 1980-luvun alussa rakennetuissa pientaloissa tasakatot olivat yleisiä. Tasakatoissa katemateriaalina käytettiin ns. räntihuopaa, jonka tekninen käyttöikä oli vain 20 vuotta. Nykyään käytettävä kumibitumi on räntihuopaa kestävämpi katemateriaali. Tasakatoissa tuuletus on usein puutteellinen. Tällöin lämmöneristeen ja vesikatteen väliin jää liian vähän tuuletusrakoa ja tuuletusraot puuttuvat kokonaan, kuten kuviossa 22 on esitetty. Seurauksena on, että sisäilman kosteus voi tiivistyä kylmiin kattorakenteisiin ja aiheuttaa niihin kosteusvaurion. Kostuneet alakattorakenteet aiheuttavat myös rakennuksen sisäilmaan ongelmia. Tasakattorakenteisiin pystyy tekemään ainoastaan pistokoemaisia rakenneavauksia, jolloin koko rakennetta on mahdotonta tutkia. (Miksi tasakatto on riskialtis rakenne 2018.)

Toisaalta moni asiantuntija on sitä mieltä, että tasakatto toimii hyvin, kunhan se on rakennettu nykyisten rakentamismääräysten mukaisesti sekä käyttäen laadukkaita materiaaleja. Ongelmana puurakenteisissa vanhoissa tasakatoissa oli huovan riittämätön joustavuus. Puurakenteen eläessä huopaan muodostui repeämiä. (Huusko 2017.)

ESIMERKKI RISKIRAKENTEESTA:

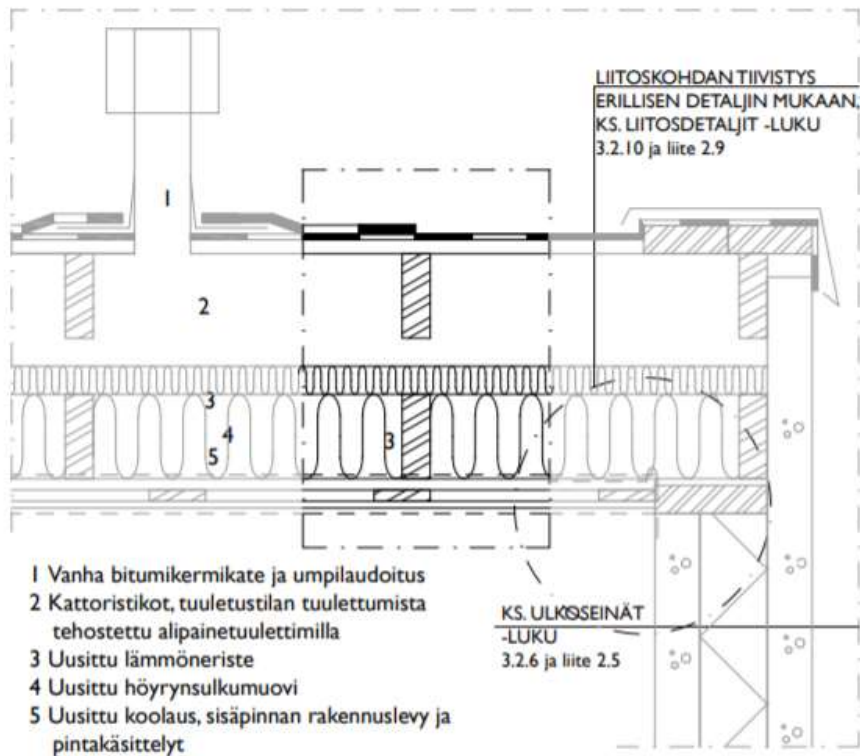
(kuva periaatteellinen, ei vastaa tarkalleen kohteen rakennetta)



Kuvio 22. Riskit tasakattorakenteessa (Miksi tasakatto on riskialtis rakenne 2018).

5.5.2 Korjausvaihtoehdot

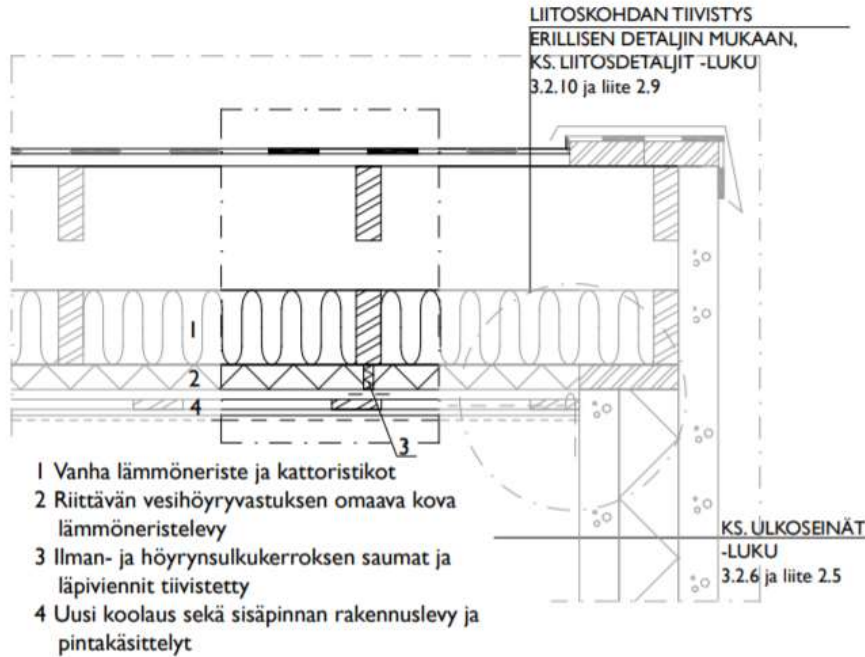
Tasakattorakenteen ongelmallisuuden vuoksi useita tasakattoja on muutettu harjakatoiksi. Tasakattorakennetta on kuitenkin mahdollista korjata toimivammaksi myös pienemmillä muutoksilla.



Kuvio 23. Rakenteen lämmöneristyksen uusiminen (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 202).

Kuvion 23 mukaisen rakenteen lämmöneristyksen uusimisen yhteydessä tulee kiinnittää erityistä huomiota korjatun rakenteen tiivyyteen siten, että höyryn- ja ilmansulkukerroksessa ei ole epätiiveyskohtia. Tiiveyden paranemisen seurauksena tulee ilmanvaihdon riittävyys tarkistaa. Jos rakenteiden vaurioituminen on edennyt pitkälle, on syytä harkita myös vesikattorakenteen ja katemateriaalin uusimista. Lämmöneristekerroksen paksuuden lisääminen ei yleensä ole mahdollista, koska se heikentäisi katon tuulettuvuutta. Alipainetuulettimen lisääminen tuuletustilaan on suositeltavaa. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 202–204.)

Yläpohjarakenteen tuuletusta parannetaan lisäämällä tuuletustilaan alipainetuulettimia. Alipainetuulettimien lisäämisen yhteydessä on varmistettava, että höyryn- ja ilmansulkukerros on riittävän tiivis ja räystäiden kautta tuleva ilmapvirtaus rakenteen sisään on tarpeeksi suuri. Tämä korjaustapa soveltuu yläpohjarakenteisiin, joissa katemateriaalin kunto on hyvä ja kallistukset riittävät. Tuuletusta parantava korjaustapa sopii vaurioitumista estäväksi toimenpiteeksi silloin, kun yläpohjarakenteessa ei ole vielä havaittu vaurioitumisen merkkejä. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 203.)



Kuvio 24. Yläpohjarakenteen ilmatiiveyden parantaminen (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 203).

Kuvion 24 mukaisesti yläpohjarakenteen ilmatiiveyttä parannetaan poistamalla vanhat rakenteet sisältäpäin kantavaan runkoon saakka. Uusi höyrynsulkukerros tehdään joko riittävän vesihöyryvastuksen omaavasta kovasta solumuovilämmöneristelevystä tai kalvomaisesta tuotteesta. Korjauksessa on huomioitava, että vesihöyrykerroksen liitokset toisiinsa sekä muihin materiaaleihin ovat tiiviitä. Myös läpivientien tiiveydestä on huolehdittava. Rakenteeseen ei saa jäädä kahta höyrynsulkukerrosta. Höyrynsulkukerros toimii usein myös ilmansulkuna. Korjauksen yhteydessä tulee huomioida, että rakenteisiin ei jää kosteus- ja mikrobivaurioitunutta materiaalia. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 203–205.)

5.6 Märkätilat

5.6.1 Alkuperäinen rakenne

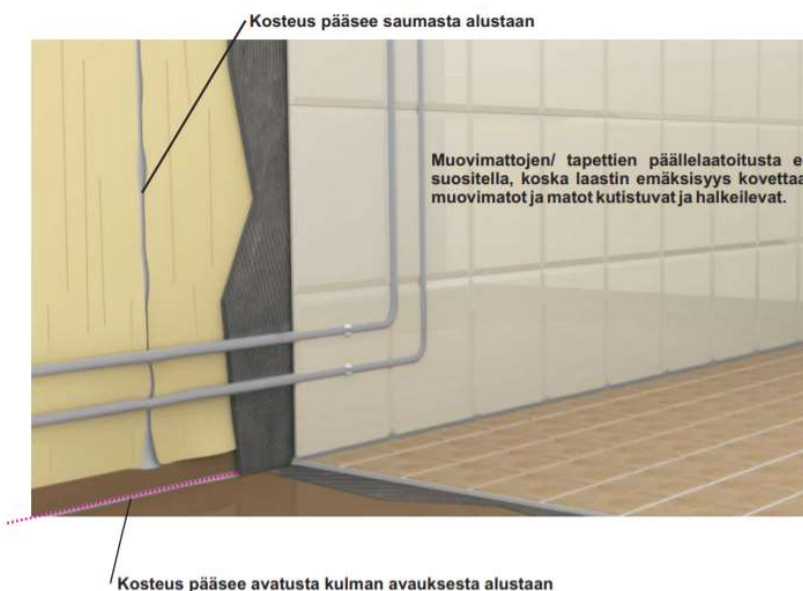
1970-luvulla kylpyhuoneita tehtiin sekä tiili- että puurakenteisina. 1980-luvulla kylpyhuoneissa käytettiin tyypillisesti kipsilevyrakenteita. Ensimmäisessä kerroksessa kylpyhuoneen lattian pinnoitteen alla oli maanvarainen betonilaatta. Toisessa kerroksessa pesuhuone sijaitsi usein puurakenteisen välipohjan päällä. Koska vesieristeitä ei vielä 1970- ja 1980-luvuilla juurikaan käytetty,

kaikkia puu- ja levyrakenteita märkätilojen ympärillä voidaan pitää riskirakenteina. Toisaalta kastuneessa betonilaatassa kosteus kulkee kapilaarisesti myös sivusuunnassa, jolloin kosteus on voinut levitä myös viereisiin huoneisiin. (1970- ja 1980-luvun talot / ongelmakohtat 2016.)

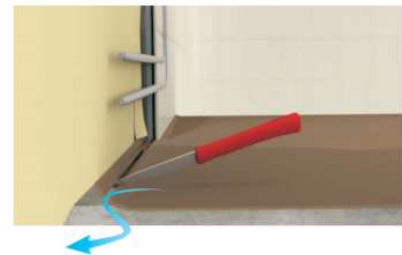
1970-luvulle asti märkätilojen vedeneristysratkaisuna käytettiin myös bitumikermieristystä, jossa betonilaatan päälle laitettiin bitumikermi, pintalaatta ja keraaminen laatta. Pintalaatan ollessa kosketuksissa kosteudelle herkkien materiaalien kanssa, on kosteusvaurio todennäköinen. Jos betonilaattaan ei ole tehty kallistusta, vesi ei pääse poistumaan kermin päältä ja aiheuttaa todennäköisesti vuodon. (RIL 255-1-2014, 175.)

PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Rakennemalli



34A PÄÄLLELAATOITUS



Maton kulma joudutaan leikkaamaan auki muovimaton kulmapyöristyksen takia, jolloin kosteus pääsee muovimaton kulmasta alustaan.

Vanhan kaakelin päällelaatoitus seinän kohdalla voi tulla kyseeseen jos vanhojen laattojen alla on vesieristys.

Lattian laatoitusta vanhan laatan päälle ei suositella, koska lattiakaivon liitoksen kanssa tulee ongelmia.



Kuvio 25. Päällelaatoituksen ongelmat (Heikkinen 2012, 109).

1970- ja 1980-luvuilla märkätiloissa käytettiin yleisesti muovimattoja ja muovisia seinäpäällysteitä. Muovipäällysteet kutistuvat helposti sekä niiden saumat ja liitokset vuotavat, mikä johtaa alusmateriaalien kostumiseen ja kiinnitysliiman vaurioitumiseen. 1980-luvulla muovimattoja käytettiin

myös veden eristeen sijasta laatoituksen alla. Kosteaa alkaalinen laasti saattaa vaurioittaa muovimattoa. Lisäksi muovimaton kuntoa on mahdotonta seurata lattialaatan alta. Kuviossa 25 on havainnollistettu muovimaton päällelaatoittamisen ongelmia. (RIL 255-1-2014, 175.)

1980-luvulla oli tavallista tehdä kipsilevyn päälle kosteussulkukäsittely, jonka kerrospaksuus ei ollut riittävä, jotta se olisi muodostanut joustavan kalvon. Näin ollen kosteussulkukäsittely ei toiminut riittävänä kosteuseristeenä märkätilassa. Usein kevyet väliseinät asennettiin myös ennen lattioiden kallistusvalua, jolloin rungon alapää jäi betonirakenteen sisään. (RIL 255-1-2014, 175–176.)

5.6.2 Märkätilojen korjauksen lähtökohtia

Märkätilojen korjauksen lähtökohtana on yhtenäinen vesieristys. Lisäksi märkätilaa ympäröivät rakenteet tulee tarkistaa ja korjata vaurioituneet kohdat. Kastuneiden betonirakenteiden kuivatukseen tulee varata riittävästi aikaa. (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus 2019, 51.)

Kylpy- ja suihkutiloissa vedeneristys laitetaan sekä lattia- että seinäpinnoille. Löylyhuoneissa lattia vedeneristetään. Vedeneristys nostetaan seinäpinnalle vähintään 100 mm korkeuteen. Paneeli, jonka takana on ilmarako ja höyrynsulkuna alumiinipaperi on kosteusteknisesti toimiva seinärakenne löylyhuoneessa. Molempien tilojen kattoihin on asennettava kosteutta kestävä pinta. (RT 84-11093 2012, 7.)

5.7 Ilmavuodot

Suomessa alettiin kiinnittää rakennusten ilmanpitävyyteen erityistä huomiota 1980-luvulla. Ruotsissa sama tapahtui jo 1970-luvulla. Samoihin aikoihin Ruotsi vei ilmanpitävyyden vaatimukset rakennusmääräyksiin toisin kuin Suomi. Tämä osaltaan vaikuttaa siihen, että 1970- ja 1980-lukujen pientalojen ilmanpitävyys vaihtelee paljon. (Kurnitski 2007, 6.)

Epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan 1970- ja 1980-lukujen rivitaloissa pääasiassa lattian ja seinän liitoskohdista, ulkoseinän höyrynsulun epätiivelyskohdista, ikkunan -tai ovenkarmien välistä sekä katto- ja seinäliittymistä. (1970-luvun talo- ongelmakohdat. 2016.)

1970- ja 1980-luvuilla rivitalot tehtiin suurelta osin puusta eikä ilmatiiveyteen kiinnitetty juuri huomiota. Seinissä ja maaperässä olevat mikrobit ja muut epäpuhtaudet pääsevät vuotokohdista sisäilmaan. Toisaalta ylöspäin virtaava lämmin ilma yhdistettynä yläpohjan ilmavuotoihin on ajan saatossa todennäköisesti aikaan saanut kattorakenteisiin mikrobivaurion, jos yläpohjarakenteen riittävästä tuuleuksesta ei ole huolehdittu. Ulkovaipan sisäpintojen ilmatiiveyteen onkin kiinnitettävä erityistä huomiota. (Huusko 2017.)

6 Tutkimus

6.1 Tutkimusaineiston analysointi

Tutkimuksessa hyödynnettiin laadullisen aineiston analyysi -menetelmää. Laadullisen aineiston analyysissa on kolme prosessia. Ensinnäkin aineistosta valitaan olennainen tieto tutkimuksen kannalta. Kaikki ylimääräinen jätetään pois. Toiseksi aineisto esitetään uudella tavalla. Tavoitteena on esittää tutkimustuloksia havainnollisesti ja selkeästi, jolloin helpotetaan myös tulosten analysointia. Kolmanneksi tutkija tekee johtopäätöksiä tuloksista. Laadullisen aineiston analyysillä pyritään luomaan uutta tietoa olemassa olevasta aineistosta tiivistämällä hajanaista tietoa. (Taanila 2007, 3.)

Tämän opinnäytetyön tutkimuksessa analysoitiin 32 kohdetta, joihin oli tehty Siraten toimesta sisäilmatutkimus. Tämä otos edustaa perustellusti perusjoukkoa eli sisäilmatutkittuja 1970- ja 1980-luvun rivitaloja, koska kohteet olivat valikoituneet Siraten tutkittavaksi usean vuoden aikana sattumanvaraisesti. Aineistosta määritettiin tämän tutkimuksen kannalta olennainen tieto, joka sisälsi käytetyt rakenneratkaisut, syyt tutkimuksille, tehdyt tutkimukset, kohteessa havaitut aiemmin luetellut aikakaudelle tyypilliset riskirakenteet, havaitut vauriot rakenteissa sekä suositellut korjaustoimenpiteet. Aineisto esitettiin uudella tavalla eli siitä tehtiin yhteenvetoja osa-alueittain ja niitä koottiin taulukoihin ja kaavioihin. Huomiota kiinnitettiin eri sisäilmatutkimusten yhteneväisyyksiin ja riskirakenteiden aiheuttamiin vaurioihin. Lopuksi tuloksista tehtiin johtopäätöksiä useasta eri näkökulmasta.

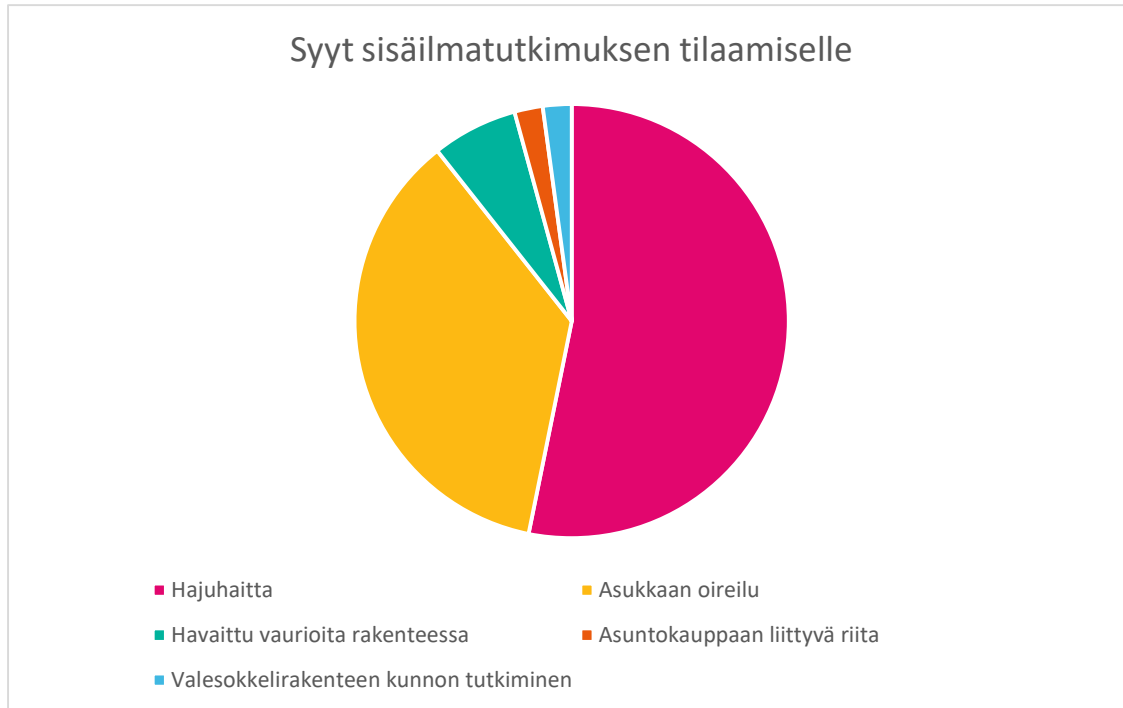
Tutkimuksessa hyödynnettiin myös kvantifioimista, joka on määrällinen tutkimusmenetelmä. Siinä lasketaan ja luokitellaan erilaisia asioita ja ilmiöitä, joita taulukoidaan ja esitetään erilaisten kuvioiden avulla (Taanila 2007, 6). Laadullisessa tutkimuksessa määrällisen tutkimuksen keinoja käyttämällä voidaan päästä paremmin kiinni tutkittavaan aineistoon. (Saaranen-Kauppinen, Puusniekka 2006). Tässä työssä laskettiin eri muuttujien esiintymistä tutkimuskohteissa, jolloin pystyttiin paremmin vertailemaan tutkimuksen kannalta olennaista tietoa. Näitä määrällisiä tuloksia esitettiin taulukoissa ja kuvioissa.

6.2 Tulokset

Tarkasteltujen rivitalokohteiden seinärakenteet olivat pääsääntöisesti puurunkoisia ja tiili tai puu verhoiltuja. Eristeenä oli käytetty villaa ja sen ulkopuolella oli tuulensuojalevy. Lähes kaikissa seinärakenteissa oli kipsilevyn tai lastulevyn takana höyrynsulkumuovi. Alaohjauspuun alla oli käytetty osassa kohteita bitumikaistaa tai bitumisivelyä kapilaarikatkona. Lisäksi osassa kohteissa alaohjauspuun alla oli käytetty villakaistaa. Alapohjarakenteena oli yleisesti maanvarainen laatta, jonka alla oli styrox ja täytemaa. Suurin osa yläpohjarakenteista oli puurunkoisia harjakattoja. Lisäksi kuudessa oli lievästi tuulettuva loiva katto eli tasakatto. Näissä kohteissa kattorakenteita ei tutkittu, vaan tutkimukset kohdentuivat lähinnä ulkoseinä- ja alapohjarakenteisiin. Ilmanvaihtojärjestelmänä suurimmassa osassa tutkituista kohteista oli koneellinen poistoilmanvaihto. Seitsemässä kohteessa oli painovoimainen ilmanvaihto ja kahdessa kohteessa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Paine-erot olivat sisäilmatutkimuksien yhteydessä suoritetuissa mittauksissa useimmiten ohjearvojen -5...-20 Pa mukaiset. Joissakin tapauksissa hieman alle -5 Pa, mutta kuitenkin alipaineen puolella.

Alla oleviin taulukoihin on koottu keskeisiä asioita tarkastelluista 32 sisäilmatutkimuksesta.

Kuviossa 26 on esitetty eri syyt sisäilmatutkimuksen tilaamiselle. Useissa kohteissa syitä oli enemmän kuin yksi.



Kuvio 26. Syyt sisäilmatutkimuksen tilaamiselle

Taulukko 1. Sisäilmatutkimuksissa käytetyt tutkimusmenetelmät.

Tutkimusmenetelmä	Kohteiden määrä, jossa tutkimusmenetelmää on käytetty
Rakenneavaus	30
Kosteusmittaus <ul style="list-style-type: none"> • pintakosteusmittaukset • viiltomittaukset • rakennekosteusmittaukset 	27
Mikrobimateriaalinäyte	28
Mikrobi-ilmanäyte	2
VOC-näyte materiaalista	3
VOC-näyte ilmasta	2
Paine-eromittaus <ul style="list-style-type: none"> • hetkellinen mittaus • pitkäaikaisseuranta 	11
Merkitutkimus	8
Merkkisavu	2
Lämpökamerakuvaus	1

Taulukossa 1 on esitetty sisäilmatutkimuksissa käytetyt tutkimusmenetelmät sekä kuinka monessa tutkittavassa kohteessa kyseistä menetelmää on käytetty

Alla olevaan taulukkoon 2 on listattu 1970- ja 1980-luvun rivitaloissa kirjallisuuskatsauksessa esiintuneet rakenteelliset ongelmat sekä kuinka monessa rivitalokohteessa ongelma havaittiin.

Taulukko 2. Rakenteelliset ongelmat ja niiden esiintyminen tutkittavissa kohteissa

Rakenteellinen ongelma	Rivitalokohteiden määrä	Rakenteellinen ongelma	Rivitalokohteiden määrä
Julkisivun puutteellinen tuuletus	9	Laminaatti muovimaton päällä	3
Valesokkeli	18	Tasakatto	6
Kaksoislaattarakenne	0	Märkätilan ongelmat	1
Puukoolattu lattiarakenne	0	Ilmavuodot	25
Alapohjan bitumisively epätiivis	1		

Tutkittavissa kohteissa ilmeni pääasiassa neljä eri ongelmaa, jotka on listattu taulukkoon 3. Tutkimuksissa kartoitettiin myös näiden ongelmien yhteyttä rakenteissa esiintyneeseen vaurioon viittaavaan mikrobikasvustoon. Lisäksi taulukkoon 3 on kerätty suositellut korjausvaihtoehdot rakenteellisille ongelmille.

Taulukko 3. Pääasialliset rakenteelliset ongelmat tutkimuskohteissa

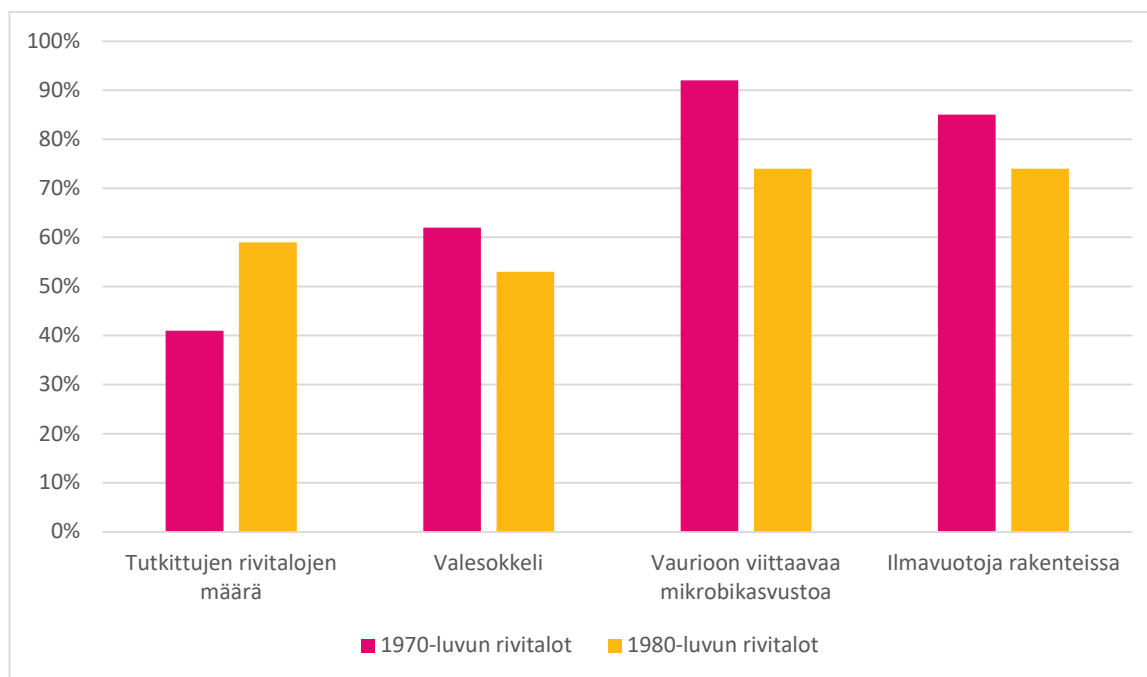
Havaittu ongelma	Rivitalokohteiden määrä (kpl)	Vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa (kpl)	Suosittelut korjausvaihtoehdot
Julkisivun puutteellinen tuuletus	9	9	Julkisivun tuuletuksen parantaminen mahdollisuuksien mukaan. Vaurioituneiden materiaalien uusiminen.
Valesokkeli	18	16	Vaurioituneiden materiaalien uusiminen. Seinärakenteiden nostaminen lattiatasoon.
Ilmavuodot	25	19	Liittymien ja läpivientien epätiivisyyden tiivistäminen. Vaurioituneiden materiaalien uusiminen.

Puutteellinen ilmanvaihto	7	4	Korvausilmaventtiilien lisääminen. Erillisellä suodattimella ja lämmityksellä varustetun tuloilmalähteen asentaminen.
---------------------------	---	---	---

Tarkastelluissa sisäilmatutkimuksissa suositeltiin yllä olevaan taulukkoon kerättyjen korjausvaihtoehtojen lisäksi yleisesti seuraavanlaisia toimenpiteitä:

- Ilmanvaihdon riittävyyden tarkistaminen
- Ilmastoinnin tasapainotus
- Ulkopuolisen kosteudentuoton minimointi
 - Salaojien kunnan tarkastaminen / salaojajärjestelmän rakentaminen
 - Maanpinnan muokkaus talosta poispäin
 - Kasvillisuuden poistaminen talon vierustalta sekä maa-aineksen vaihto

Tutkimuskohteista 13 rivitaloa oli rakennettu vuosien 1970–1979 aikana ja 19 rivitaloa vuosien 1980–1989 aikana. Alla olevassa kuviossa 27 on vertailtu näiden kahden aikakauden rivitaloja keskenään.



Kuvio 27. Sisäilmaongelmia aiheuttavien rakenteiden ja vaurioon viittaavan mikrobikasvuston esiintyminen aikakausittain.

7 Johtopäätökset

Sisäilmatutkimuksiin ryhdyttiin analysoiduissa kohteissa pääasiassa hajuhaitan tai asukkaiden oireilun vuoksi. Usein koettiin sekä hajuhaittaa että erilaisia oireita. Joissakin kohteissa oli jo tehty tutkimuksia tai terveystarkastaja oli käynyt arvioimassa huoneiston. Tutkittavissa kohteissa saattoi olla myös tilanne, että korjauksista huolimatta ongelmat olivat jatkuneet.

Sisäilmaongelmia tutkittaessa useimmiten päädyttiin käyttämään tutkimusmenetelminä mikrobi-näytteenottoa materiaalista. Lisäksi kosteusmittauksia tehtiin 84 % huoneistoista. Menetelmän valintaan vaikutti asukkaiden kokemien ongelmien ja talon rakenteiden lisäksi kohteessa aiemmin tehdyt tutkimukset. Oikeanlaisten tutkimusmenetelmien valinta on pitkälti sisäilmatutkijan asiantuntemuksen varassa. Jotta rakenteisiin saatiin tehtyä tarvittavat tutkimukset, melkein jokaisessa tutkittavassa kohteessa tehtiin rakenneavauksia. Rakenneavaukset kohdistuivat lähes poikkeuksetta alapohjarakenteisiin sekä seinän alaosan rakenteisiin.

Koska 1970- ja 1980-luvun rakentamisessa ei vielä kiinnitetty tarpeeksi huomiota rakenteiden liittymien ja läpivientien tiiveyksiin, suuressa osassa tutkimuskohteita oli havaittavissa epätiiviyttä rakenteiden liittymissä. Ja toisaalta lähes jokaisen kohteen toimenpide-ehdotuksiin sisältyi kehoitus rakenteiden liittymien ja läpivientien tiivistämisestä. Nämä tiivistykset koskivat lähinnä ulkoseinä-rakennetta. Koska liittymät olivat epätiivitä, pääsi rakenteissa olevan mikrobikasvuston aineenvaihduntatuotteet ja muut rakenteiden epäpuhtaudet sekä maanperästä tulevat epäpuhtaudet huoneilmaan. Suurin osa sisäilmaongelmista aiheutui tämän prosessin seurauksena. Tiivistyskorjausten toteutus ei kuitenkaan ole aina yksinkertaista. Vaikka tiivistyskorjaukset suoritettaisiin huolellisesti, täydellisen tiiveyden aikaansaaminen on haastavaa. Tämä tuli ilmi muutamassa kohteissa, joissa tiivistyskorjauksista huolimatta löydettiin merkkiainekokeilla epätiiviyyskohtia rakenteista. Tiiveyteen tuleekin kiinnittää huomiota jo rakennusvaiheessa.

Opinnäytetyössä tutkittiin myös eroja 1970- ja 1980-luvuilla valmistuneiden rivitalojen välillä. Juhani Pirinen totesi rakennuslehdelle antamassaan haastattelussa, että rakenteiltaan 1980-luvun rivitalot ovat hieman parempia kuin 1970-luvulla valmistuneet (Huusko 2017). Tutkimuksissa havaittiin saman suuntaisia tuloksia. 70-luvun rivitalokohteista 62 % oli valesokkelirakenne, kun 80-luvun rivitalokohteista valesokkelirakenne löytyi 53 %. Toisaalta liittymien ja läpivientien epätiiviyyskohtia havaittiin 85 % 70-luvun rivitalokohteista ja 74 % 80-luvun rivitalokohteista. Myös vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa todettiin olevan 20 prosenttia enemmän 1970-luvun rivitalokohteissa kuin 1980-luvun rivitalokohteissa.

7.1 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys

Tieteellisessä tutkimuksessa luotettavuutta voidaan arvioida reliabiliteetin ja validiteetin käsitteiden avulla. Reliabiliteetilla tarkoitetaan sitä, että tehtäessä sama tutkimus uudestaan, saadaan samat tulokset. Validiteetilla kuvataan, kuinka hyvin on onnistuttu tutkimaan oikeita asioita. Näitä käsitteitä voidaan soveltaa paremmin määrälliseen tutkimukseen, mutta myös laadullisessa tutkimuksessa luotettavuutta arvioidaan toistettavuuden perusteella. Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan tarkastella lisäksi siirrettävyyden, riippuvuuden, vahvistettavuuden, kylläntymisen ja kriteerivaliditeetin keinoin. (Kananen 2015, 343, 352–353.)

Tässä opinnäytetyössä tutkimus toteutettiin pääasiassa laadullisena tutkimuksena, mutta myös määrällisen tutkimuksen keinoja käytettiin. Saadut tutkimustulokset ovat luotettavia, koska tutkimukset ovat toistettavissa. Tutkimus olisi mahdollista tehdä myös toiseen saman aikakauden rivitaloihin tehtyyn sisäilmatutkimusaineistoon, jolloin tulokset olisivat todennäköisesti samankaltaisia.

Kuten tietoperustasta käy ilmi, useat muutkin asiantuntijatahot pitävät aikakauden rivitalojen riskirakenteita ongelmallisina. Tässä opinnäytetyössä saadut tutkimustulokset vahvistavat näitä käsityksiä. Voidaankin siis sanoa, että tutkimuksessa toteutuu vahvistettavuuden periaate eli eri lähteistä kerätyllä tietoperustalla saadaan vahvistusta tehdylle tutkimukselle (Kananen 2015, 354).

Tutkimusaineisto käsitti 32 rivitalohuoneistoa. Koska tutkimuskohteet olivat tulleet Siratelle sattumanvaraisesti tutkittavaksi, voidaan otosta pitää hyvinkin edustavana joukkona 70- ja 80-luvun rivitaloja, joihin on tehty sisäilmatutkimus. Käytetty taulukko on tehty teorian tiedon ja omien näkemysten pohjalta. Toisen tekijän toimesta tehty tutkimus olisi voinut antaa aiheeseen eri näkökulmia, mutta samoja asioita tutkittaessa tulokset olisivat todennäköisesti samat, koska tulokinnan varaisia seikkoja ei juurikaan ollut. Tämä tarkoittaa, että opinnäytetyössä riippuvuus toteutuu. Riippuvuudella Kanasen (2015, 353) mukaan tarkoitetaan sitä, että ulkopuolisen tekemänä samoista lähtökohdista saadaan sama tulos.

Sisäilmatutkimuksista ja tutkittavista rivitalokohteista löytyi paljon yhteneväisyyksiä. Rakenteet olivat kohteesta toiseen samanlaisia, sisäilmatutkimuksissa käytettiin samoja tutkimusmenetelmiä, riskirakenteista löydettiin samanlaisia vaurioita ja niihin suositeltiin samoja korjausmenetelmiä. Tällöin tutkimuksessa saavutettiin saturaatio eli kylläntyminen, jossa tutkimuksia suoritetaan niin kauan, että tutkimustulokset alkavat toistamaan itseään (Kananen 2015, 355).

Opinnäytetyössä käytetyt lähteet ovat pääosin alkuperäislähteitä, joiden tietoa voidaan pitää luotettavana. Teoriatietoa tutkimuksen tueksi on haettu laajasti eri lähteistä. Mukana on verkkojulkaisuja, RIL:n kirjoja, lakilähteitä, artikkeleja sekä tehtyjä tutkimuksia. Lähdeaineisto sisältää myös kansainvälistä materiaalia.

Ammattikorkeakoulut ovat sopineet yhteisistä eettisistä suosituksista (Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset 2019). Näitä suosituksia noudatettiin opinnäytetyöprosessin aikana. Aiheen rajauksessa otettiin huomioon opinnäytetyöhön käytettävä aika ja resurssit. Alan kirjallisuuteen syvennyttiin monipuolisten alkuperäislähteiden kautta. Kaikki tarvittavat sopimukset solmittiin ja opinnäytetyölle tehtiin tekstin samankaltaisuuden tarkastus ennen julkaisua.

Jotta tutkimus on eettisesti hyväksyttävää, tulee sen tekemisessä noudattaa hyvää tieteellistä käytäntöä ja tutkimuseettisiä ohjeita (Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012, 6). Tässä opinnäytetyössä noudatettiin näitä käytäntöjä kiinnittämällä huomiota tutkimusta tehdessä ja tuloksia arvioitaessa huolellisuuteen, tarkkuuteen ja rehellisyyteen. Tietoa hankittiin eettisiä ohjeistuksia noudattaen eli lähteet merkittiin asianmukaisesti ja suoria lainauksia käytettiin vain silloin, kun se koettiin tarpeelliseksi. Lainaukset on myös pidetty riittävän lyhyinä. Tutkimusaineisto on julkaistun, että tutkimuksessa käytettyjen rivitalohuoneistojen osoitetiedot eivät selviä tutkimusaineistosta. Rakennusvuoden ja rakennetietojen perusteella tutkittavia kohteita ei ole mahdollista yhdistää kohteen sijaintiin.

7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkittava aineisto on kerätty jo tehdyistä tutkimuksista. Sisäilmatutkimuksissa ei tutkittu kaikkia rakenteita. Rakenneavaukset oli kohdennettu koettujen ongelmien perusteella. Näin ollen rivitaloissa saattoi olla riskirakenteita, jotka eivät tutkimuksen yhteydessä tulleet esille. Jatkossa vielä luotettavampia tuloksia saataisiin, jos rakenneavauksia päästäisiin tekemään laajasti eri rakenteisiin. Tämä kuitenkin edellyttäisi rakenteiden rikkomista sellaisistakin kohdista, mistä se ei ole välttämätöntä. Koska tutkittavat kohteet ovat yksityisasuntoja, tällaisen tutkimusaineiston hankkiminen olisi todennäköisesti haastavaa.

Tutkimus rajattiin koskemaan ainoastaan yhtä kohteeseen tehtyä sisäilmatutkimusta. Jatkossa olisi mielenkiintoista tarkastella kohteen koko tutkimusprosessia. Usein eri tahot käyvät tutkimassa kohdetta ja antavat omat korjausehdotuksensa. Kohteeseen tehdään tutkimusten perustella korjauksia ja korjausten onnistumisen jälkiseurantaa. Näin saataisiin tietoa samaan aiheeseen hieman eri näkökulmasta.

8 Pohdinta

Tutkitut kohteet eivät edusta läpileikkausta 70- ja 80- luvun rivitaloista, sillä niissä kaikissa oli havaittu jokin ongelma, jonka arveltiin liittyvän sisäilmaan. Suomessa 1970-luvulla rakennettiin yli 14 000 rivi- ja ketjutaloa ja vielä 1980-luvullakin niitä rakennettiin 29 000 (Huusko 2017). Suurimassa osassa näistä rivitaloista asukkaat eivät kuitenkaan koe tarvetta sisäilmatutkimuksen tilaamiselle. Voikin siis todeta, että tutkitut kohteet edustavat aikakauden rivitaloista sitä osaa, jossa riski rakenteen vaurioitumisesta on todennäköisemmin toteutunut.

Rakenteiden samankaltaisuus nousi tutkimustuloksista esille. Kohteista löytyi myös toistuvasti samanlaisia syitä sisäilmaongelmille. Valesokkelien yleisyys rakenteissa ei niinkään tullut yllätyksenä, mutta muiden riskirakenteiden vähäinen esiintyminen kohteissa oli yllättävää. Etenkin alapohjarakenteissa huomionarvoista oli, että yhdestäkään tutkitusta kohteesta ei löytynyt kaksoislaattarakennetta tai puukoolausta maanvaraisen laatan päällä. Tutkimuksia ei myöskään juuri kohdistettu pesuhuoneen rakenteisiin, koska oireet ja hajuhaitat koettiin muissa tiloissa.

Ilmavuodot nousivat ehdottomasti valesokkelien ohella tämän tutkimuksen suurimmaksi haasteeksi kohteissa. On merkityksellistä ymmärtää, kuinka paljon haittaa rakenteiden liittymien epätiiveydestä on. Varsinkin alapohjan ja ulkoseinän välinen liitos tulee olla täysin ilmanpitävä. Tämä tulisi olla nykyrakentamisessa yksi tärkeimmistä huolehdittavista asioista.

Mittaushetkellä rakenteet todettiin suurimassa osassa kohteista kuiviksi, mutta silti 8 kohteesta 10 löydettiin vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa. Ei siis ihme, että sisäilmatutkija oli valinnut useimmiten tutkimusmenetelmäksi juuri mikrobinäytteenoton. Tutkimuksissa tutkimusmenetelmien valinnassa korostui asiantuntemus. Tutkijalla oli hyvä ennakkokäsitys sisäilman epäpuhtauksien mahdollisista aiheuttajista, jolloin hän osasi kohdentaa tutkimukset oikein.

Tutkimus oli merkityksellinen ja tarpeellinen, koska kyseisen aikakauden rivitaloja on rakennettu paljon. Yleisesti on tiedossa, että aikakaudella käytettyjä rakenneratkaisuja pidetään nykyään riskirakenteina. Tähän teemaan liittyen on myös ollut jonkin verran uutisointia ja keskustelua. 70- ja 80-lukujen rivitaloja on pidetty jopa korjauskelvottomina ja eri asiantuntijoilla on ollut poikkeavia näkemyksiä niiden korjaustarpeesta. Kiistatonta on se, että rakenteet eivät säily vuosikymmenestä

toiseen muuttumattomina, vaan niille on määritelty tekninen käyttöikä, jonka jälkeen rakenne tulee uusiksi. Lisäksi aikakaudella paljon käytetty vaurioherkkä valesokkelirakenne on uusittava viimeistään siinä vaiheessa, kun se on todettu vaurioituneen. Huomionarvoista kuitenkin on, että suurimpaan osaan kohteista suositeltiin tiivistyskorjauksia ja ilmanvaihdon riittävydestä huolehtimista vaurioituneiden materiaalien uusimisen lisäksi. Näillä toimenpiteillä onkin järkevää aloittaa useimmissa kohteissa sisäilman laadun parantaminen.

Lähteet

1970-luvun talo / ongelmakohdat. 2016. Opetusmateriaali. Kosteus ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. Hengitysliitto Ry. Viitattu 27.1.2021. https://hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1970_omakotitalo_ongelmakohdat.pdf

1980-luvun talo / ongelmakohdat. 2016. Opetusmateriaali. Kosteus ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. Hengitysliitto Ry. Viitattu 3.2.2021. https://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1980_omakotitalo_ongelmakohdat.pdf

A545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Viitattu 28.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

A782/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Viitattu 28.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. 2019. Arenen verkkojulkaisu. Viitattu 10.5.2021. <https://www.arene.fi/julkaisut/raportit/opinnaytetoiden-eettiset-suositukset/>

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. 2016. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valviran ohje. Viitattu 28.3.2021. <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>

Björkroth M, Eskola L. 2019. Rakennusten paine-erojen mittausohje-projektin loppuraportti. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Rakennusten-paine-erojen-mittausohje-2019>

Easy ways you can improve indoor air quality. 2021. Harvarin lääketieteellisen koulun verkkojulkaisu. Viitattu 10.5.2021. <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/easy-ways-you-can-improve-indoor-air-quality>

Heikkinen, P. 2012. Tunnista ja tutki riskirakenne. Powerpoint-julkaisu. Kosteus ja hometalkoot. Ympäristöministeriö. Hengitysliitto Ry. Viitattu 29.1.2021. <http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootie-dot/talkoissanikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html>

Huusko, M. 2017. 1970 ja 1980-luvun rivitalo voi olla jopa korjauskelvoton. Lehtiartikkeli. Rakennuslehti 19.8.2017. Viitattu 29.1.2021. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/08/1970-ja-1980-luvun-rivitalo-voi-olla-jopakorjauskelvoton/>

Hyvärinen, A., Nevalainen, A., Täubel, M. 2016. Health effects of fungi, bacteria and other bioparticles. Viitattu 26.4.2021. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/129499/Health%20Effects%20of%20Fungi%20and%20Bacteria%20and%20Other%20Bioparticles%20-%20Nevalainen%20et%20al.pdf?sequence=1>

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Korjaus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. 2019. Ympäristöministeriön julkaisu. Viitattu 10.3.2021. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>

Kosteuden siirtyminen. Nd. Verkkojulkaisu. Sisäilmayhdistys Ry. Viitattu 12.2.2021.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>

Kosteus- ja homevauriot - Ratkaisuja työpaikoille. 2014. Helsinki: Työterveyslaitos

Kurnitski, J. Pientalojen ilmanvaihto ja ilmanpitävyys. Artikkel. Rakennustieto. Viitattu 24.2.2021.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040402.pdf>

Lindberg, R. 2003. Rakennusfysiikkaan liittyviä kysymyksiä. Artikkel. Rakennustieto. Viitattu

11.2.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030303.pdf>

Maanvastainen kaksoislaatta. Nd. Verkkojulkaisu. Sisäilmayhdistys Ry. Viitattu 29.1.2021.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-kaksoislaatta-tai-puukorotettu-lattia>

Miksi tasakatto on riskialtis rakenne. 2018. Verkkojulkaisu. Raksystems. Viitattu 2.2.2021.

<https://www.raksystems.fi/talotohori/tasakatto/>

Mölsä, S. 2016. Näin Suomi homehtui – hyvä rakentamistapa sai aikaan pahaa jälkeä. Lehtiartikkeli. Rakennuslehti 5.6.2016. Viitattu 29.1.2021. <https://www.rakennuslehti.fi/2016/06/nain-suomi-homehtui-hyva-rakentamistapa-sai-aikaan-pahaa-jalkea/>

Mölsä, S. 2017. Yli puolet taloista ei todellakaan ole homeessa – media loi homehysterian. Lehtiartikkeli. Rakennuslehti 20.10.2017. Viitattu 3.2.2021. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/10/yli-puolet-taloista-ei-todellakaan-ole-homeessa-media-on-paisutellut-homehysteriaa/>

Palonen, J. 2004. Asuntoilmanvaihto. Artikkel. Rakennustieto. Viitattu 24.2.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040402.pdf>

Perustavaa tietoa ilmankosteudesta. Nd. Trotec:n verkkosivusto. Viitattu 6.4.2021. <https://fi.trotec.com/tuotteet-ja-palvelut/koneet-homecomfort/ilmankuivaus/kaeytaennoen-tietoa-ilmankuivaimista/perustavaa-tietoa-ilmankosteudesta/>

Pirinen, J. Kosteus- ja hometalkoot. 2011. Artikkele. Rakennustieto. Viitattu 12.2.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110602.pdf>

Pirinen, J. Pientalojen mikrobivauriot. 2006. Lähtökohtana asukkaiden kokemat terveyshaitat. Tohtorin väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 3.2.2021. <https://docplayer.fi/703282-Pientalojen-mikrobivauriot.html>

Puusniekka, A. Saaranen-Kauppinen, A. 2006. KvaliMOTV-Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. Tampere: Yhteiskutatieteellinen tietoaarkisto. Viitattu 11.5.2021. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Ympäristöopas. Ympäristöministeriö. Viitattu 10.2.2021. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf

Rakenteiden ja sisäilman kosteusmittaukset. Tarve ja tulosten tulkinta. Perusteet. 2020. Savonia-ammattikorkeakoulun opetusmateriaali. Viitattu 28.3.2021. http://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/jdownloads/Muut%20julkaisut/Savonia-amk/Rakenteiden_ja_sisailman_kosteusmittaukset_Savonia.pdf

RIL 250-2020. Kosteuden hallinta ja homevaurion estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysiikkaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Rakennustieto Oy. Viitattu 30.3.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11197>

RT 14-11239. 2016. Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennustieto Oy. Viitattu 30.3.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11239>

RT 84-11093. 2012. Asuntojen märkätilojen korjaus. Rakennustieto Oy. Viitattu 12.3.2021.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2084-11093>

Suomen rakentamismääräyskokoelma C 1–4. 1976. Kumotut ohjeet ja määräykset lämmöneristyksestä. Annettu 12.11.1976. Viitattu 2.3.2021. <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset/kumotut>

Taanila, A. 2007. Laadullisen aineiston analyysi. Oulun yliopiston verkkojulkaisu. Viitattu 11.5.2021. <https://docplayer.fi/423803-Laadullisen-aineiston-analyysi.html>

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. 2012. Verkkojulkaisu. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Viitattu 8.5.2021. https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Ulkoseinät. Nd. Verkkojulkaisu. Sisäilmayhdistys Ry. Viitattu 10.2.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Ulkoseinat>

Liitteet

Liite 1. Tutkimuskohteiden tiedot

Rakennus vuosi	Seinärakenne	Huoneistojen välinen väliseinärakenne	Ulkoverhous	Alapohjarakenne	Yläpohjarakenne	Ilmanvaihto	Ongelma	Tutkimukset	Rakennevauokset	Julkisivun puutteellinen tuuletus
1971	lastulevy, höyrynsulkumuovi, puurunko-paperipinnoitettu villa, puurunko+tuulensuojavilla, pytykoolaus	ei tiedossa	puu, tiili	maanvarainen betoni-laatta	harjakatto	painovoimainen ilmanvaihto, lieštuuletin + 4 korvausilmaventtiiliä	oireilua, ruokailutilan seinästä tulee poikkeava haju	merkkilainetutkimus, mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH eristetilasta	ulkoseinä	
1972	lastulevy, höyrynsulkumuovi, puurunko+ villa, kovalevy	ei tiedossa	puu	maanvarainen betoni-laatta, 50 mm styrox, hiekkatäyttö	tasakatto	osin koneellinen ilmanvaihti, muuten painovoimainen, korvausventtiilit ikkunoissa	poikkeava haju	Mikrobimateriaalinäyte, viitokosteusmittaus, piikkimittaus	ulkoseinä, väliseinä	
1973	betonisandwich-elementti	betoni	betoni	betoni, muovi, EPS-eriste 50 mm, täyttösora/hiekka	tasakatto	Painovoimainen ilmanvaihto + korvausilmaventtiilit, kylpyhuoneessa poistoilmapuhallin	purkutöiden yhteydessä löydetty mahdollista homeita pinnoilta, huoneistossa tunkkainen haju	piikkimittaus, RH eristetilasta, mikrobimateriaalinäyte, pintakosteusmittaus	ulkoseinä, alapohja	
1973	puurunkoinen, alaohjauksun alla bitumihoupa	puu, betonilaatan päältä	puu, tiili	maanvarainen betoni-laatta, styrox, muovi, hiekka	puipettikatko, kumibitumikate	painovoimainen ilmanvaihto, ikkunoissa rakoveintiilit, saunassa korvausilmaputki varastosta	poikkeava haju	olosuhtemittaus (RH, CO ₂ , T), paine-eromittaus, mikrobimateriaalinäyte, pintakosteuskartoitus, RH eristetilasta, piikkimittaus	ulkoseinä, alapohja	
1974	puurunkoinen	puu, tiili	puu	maanvarainen betoni-laatta	harjakatto, peltikate	koneellinen tulo/poistoilmanvaihto (asenettu jälkeinpäin)	poikkeava haju	mikrobimateriaalinäyte, merkkilainekoeket, paine-eromittaus, mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, porareikämittaus, viitotmittaus, näyteleimittaus, RH eristetilasta	ulkoseinä, väliseinä	
1974	Kipsilevy+puukuultulevy, muovi, puukoolaus+mineraalivilla, puurunko+lasivilla, kovalevy, (alaohjauksun alla ei kosteuskatkoa, bitumisiiveily haurastunut, 3xalaohjauksun, joiden välissä lasivilla)	puu	tiili	maanvarainen betoni-laatta, styrox, täyttömaa	harjakatto, peltikate, (vanhan tasakaton päälle tehty harjakatto)	koneellinen poistoilmanvaihto	oireilu, asuntokauppaan liittyvä riita	lämpökamerakuvaus, paine-eromittaus, mikrobimateriaalinäyte, merkkilainetutkimus	väliseinä, ulkoseinä, alapohja	
1976	lastulevy, muovi, puurunko+villa, tuulensuojatervapaperi (alajuoksupuun alla villakalista, ei kosteuskatkoa)	puu	puu, tiili	maanvarainen betoni-laatta, styrox, muovi, hiekka	harjakatto, peltikate	painovoimainen ilmanvaihto, lieštuuletin, korvausilmaventtiilit	poikkeava haju, asukkaiden oireilu	mikrobimateriaalinäyte, hajunäyte, RH eristetilasta, piikkimittaus	väliseinä, ulkoseinä, alapohja	tomaloudotuksen alempi laute klinni tuulensuojatervapaperissa
1978	Lastulevy, ilmansuokupaperi, puurunko+lasivilla, bitulitti tuulensuoja	2 x kipsilevy, puurunko, lasivilla, lacharkko (harkon ja eristeen välissä ei ole rakoa)	puu- ja tiili	betoni 35 mm, polystyreeni 50 mm, hiekka	harjakatto	painovoimainen, ei erillisiä korvausventtiileitä	poikkeava haju eteisessä ja makuuhuoneessa, asukkaalla astma	piikkimittaus, eristetilasta RH, mikrobimateriaalinäytteet 4 kpl	väliseinä, alapohja, ulkoseinä	
1978	lastulevy, runko+eriste, kovalevy, (ulkoseinän ja alapohjan liitoksessa villakalista), (ei höyrynsulkumuovia)	lastulevy, puurunko+eriste, lastulevy	puu	maanvarainen betoni-laatta	harjakatto, peltikate	painovoimainen	poikkeava haju	mikrobinäyte, RH eristetilasta, piikkimittaus,	väliseinä, ulkoseinä	tuulensuojalevy paikoin ulkoerhouksessa kiinni

Valesokkieli	Kaksoislaattarakenne	Puukoolaus	Alapohjan bitumisevelvy epätiivis	Laminaatti muovimatton päällä	Tasakatto	Märkätilat	Ilmavuodot	Kosteusvaurio rakenteissa	Vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa	Puutteellinen ilmanvaihto	Suosittelut korjaustoimenpiteet
							yläpohjan ja ulkoseinän höyrystyskumuvuvin liitos puutteellinen	Sisäverhouksen lattulevyssä kosteusprosentti koholla	vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa ulkoseinärakenteissa		Vauriotuneet levy- ja ulkoseinärakenteet uusitaan, yläpohjan ja ulkoseinän höyrystyskumuvuvin liitos tiivistetään, ikkunapellit korjataan, varmistetaan ulkoseinärakenteiden tiiveys, tarkistetaan ilmanvaihdon riittävyys
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta					x				vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa alohjauksissa, alohjauksuun alla koolauksessa, sisäverhouksen lattulevyssä, lattiapinnotteissa, ulkoseinän villalieristeissä		Vauriotuneiden materiaalien uusiminen, kosteuden siirtymisen estäminen, epätiivien liittyminen tiivistäminen, ilmanvaihdolliset tarkastelut, kosteusrasitus sokeisiin ulkopuolelta minimitoitava
					x		Ulkoseinien ikkunaliittymistä, lattian halkeamista			ilmanvaihto riittämätön	ilmativeyden parantaminen, riittävän ilmanvaihdon varmistaminen
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta					x		ulkoseinän ja lattian liittymäkohta epätiivis		vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa ulkoseinien alaosan rakenteissa sekä alapohjarakenteissa	ilmanvaihto riittämätön, CO2 pitoisuus ylittävätarvon	Vauriotuneet materiaalit mahdollisuuskien mukaan uusittava, ulkoseinärakenteiden liittymäkohdat tiivistettävä, putkikanaliin alipaineistaminen, ilmanvaihdon parantaminen
ulkoseinät ja väliseinät lähtevät lattiapinnan alapuolelta							ulkoseinärakenteen liittymäkohta epätiivis	lattiapinnan alapuolella olevissa puurakenteissa korkeita kosteuspitoisuuksia	vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa ulkoseinä ja väliseinärakenteissa		Riskirakenteet korjataan, rakenteiden nostaminen lattiapinnan tasoon, välittöminä toimenpiteinä tiivistetään läpiviennit, putkikanalit alipaineistetaan, ulkopuolinen kosteudenotto minimoidaan, ilmanvaihto säädetään lievästi ylipaineiseksi
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta							ulkoseinän ja alapohjan liittymä epätiivis, läpiviennit epätiivis, eristeissä ilmavuodon aiheuttamia tummentumia		vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa ulkoseinän ja yläpohjan rakenteissa	riittämätön korvausilman saanti	epätiiveyden korjaaminen, korvausilman saannin lisääminen, vauriotuneet rakenteet uusitaan, maanpinnan kallistukset kuntoon
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta							ulkoseinärakenteen alaosasta ilmayhteys sisäilmaan		vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa ja hajuvaurioita ulkoseinän alaosan rakenteissa, ulkoseinän ulkopinnan rakenteissa		Vauriotuneet materiaalit uusittava ja nostettava lattiapinnan tasolle, ulkopuolinen kosteudenotto minimitoitava, ilmanvaihdolliset tarkastelut, ulkoseinärakenteiden liittymäkohdat tiivistettävä
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta			x				ulkoseinän alaosasta puuttuu höyrystyskumuvuvi	Väliseinän kipsilevy kostea (kipsilevy vasten täytöhiekkaa), ulkoseinän liittymäkohta kostea	vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa ulkoseinä- ja alapohjarakenteissa		Vauriotuneiden rakenteiden uusiminen, ilmanvaihdon tarkistaminen, salaojat ja pintavesien ohjaus
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta							ulkoseinän ja alapohjan liittymä epätiivis		vaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa rakenteissa		puretaan rakenteita, jotta päästään tarkastamaan niiden kunto. Uusitaan rakenteet erillisen korjaussuunnitelman mukaan

1978	lastulevy, muovi, puurunko+villa, styrox, bitumiseively, betoni (rakenne ulkoseinän aliosassa), (bitumiseively aliohjauspuun alla)	lastulevy, puurunko, lastulevy	tiili, puu	betonilaatta, styrox, muovi, hiekka	tasakatto	koneellinen poistoilmavaihto, korvausilmaventtiilit ikkunoissa	poikkeava haju, oireilu	mikrobimateriaalinäyte, pintakosteuskartoitus, piikkimittaus, RH eristetilasta	ulkoseinä, väliseinä, alapohja	
1979	lastulevy, höyrynsulkumuovi, puurunko+mineraalivilla, tuulensuoja kovalevy	ei tiedossa	puu, tiili	maanvarainen betonilaatta	tasakatto	koneellinen poistoilmavaihto	poikkeava haju olohuoneen ja makuuhuoneen ulkoseinän luona	mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH eristetilasta	makuuhuoneen ja olohuoneen ulkoseinä	Puuverhoitun ulkoseinän tuuletusheikko, ulkoverhouslautaa kiinni peilityksessä
1979	kipsilevy, puurunko+mineraalivilla, huokoinen puukuitulevy, (aliohjauspuun alla villakaista)	puu	puu, tiili	maanvarainen betonilaatta, eps-eriste, hiekka	tasakatto, huopakate	koneellinen poistoilmavaihto	poikkeava haju	mikrobimateriaalinäyte, hajunäyte, pintakosteuskartoitus, RH eristetilasta, merkisavu	ulkoseinä, ulkoverhousalun kynnyksen alta	
1979	puurunkoinen	lastulevy, puurunko, lastulevy	tiili, puu	maanvarainen betonilaatta	harjakatto	koneellinen poistoilmavaihto	poikkeava haju	mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH eristetilasta	väliseinä	
1980	rakennuslevy, höyrynsulkupaperi, puurunko+mineraalivilla, bituliitti	betoni	puu, tiili	betoni, styrox, tiivistetty sora	harjakatto, konesaumattu riviplitakate	koneellinen poistoilmavaihto	vaiesokkelirakenteen kunnon tutkiminen	mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH eristetilasta	ulkoseinä	
1980	lastulevy, muovi, puurunko+villa, tuulensuojalevy (aliohjauspuun alla bitumihuopa)	betoniantura, tiilirakenteinen	puu, tiili	muovi, maanvarainen betonilaatta, muovi, styrox, hiekka	harjakatto, peltikate	koneellinen poistoilmavaihto, jäkikäte asennettuja korvausilmaventtiilejä 2 kpl	poikkeava haju, asukkaiden oireilu	mikrobimateriaalinäyte	ulkoseinä, väliseinä	laastipurseita
1980	kipsilevy, muovi, puurunko+eriste, mineritiilevy, (aliohjauspuun alla bitumikaista)	ei tiedossa	puu, tiili	maanvarainen betonilaatta	harjakatto	ei tiedossa	poikkeava haju, oireilu	mikrobimateriaalinäyte, RH eristetilasta, piikkimittaus	ulkoseinä, väliseinä	
1981	kipsilevy, höyrynsulkumuovi, puurunko+mineraalivilla, tuulensuojavilla	betoni, rakennuslevy	puu, tiili	maanvarainen betonilaatta, EPS eristys	Harjakatto	koneellinen poistoilmavaihto+korvausilmaventtiilit	olohuoneessa havaittu sama poikkeava haju kuin ulkovarastossa, olohuoneen nurkka muuta asuntoa viileampi	mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH eristetilasta	ulkoseinä, ulkovaraston kohdalta	
1982	kipsilevy, höyrynsulkumuovi, puurunko+eriste, tuulensuojavilla	puu	puu	maanvarainen betonilaatta	harjakatto, peltikate	koneellinen poistoilmavaihto, ei erillisiä korvausilmaventtiileitä	poikkeava haju yläkerrassa, asukkaiden oireilu	Mikrobimateriaalinäyte, paine-eromittaus, merkisavu	väliseinä, ulkoseinä	
1982	kipsilevy, höyrynsulkumuovi, puurunko+lasi+villa, puukuitutuulensuojalevy (aliohjauspuun alla villaa ja lankku)	betoni, puu	tiili, puu	maanvarainen betonilaatta, styrox, hiekkatäyttö	harjakatto, tiilikate	koneellinen poistoilmavaihto, ikkunoissa korvausilmaventtiilit	poikkeava haju	merkkialnetutkimukset, mikrobimateriaalinäyte, paine-eromittaus, piikkimittaus, RH ulkoseinärakenteesta	ulkoseinä	laastipurseita
1982	kipsilevy, metalli-/puurunko, betoni, lasivilla, betoni (maanpaineseinä)	puu, betoni	puu, tiili	maanvarainen betonilaatta, muovi, styrox, täyttömaa	harjakatto, peltikate	koneellinen poistoilmavaihto	kosteusraitus maanvaraisen seinän kautta	mikrobimateriaalinäyte, RH eristetilasta, paine-eromittaus	maanpainesinä	

ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta				x	lattiakaivon ympärillä kosteuspoikkeamaa	sähkökaulun kautta korvauksilmaa huoneistoon		vaurioon viittaava mikrobikasvustoa valaistuksen rakenteissa, juuti-putkijalissa lattiamatossa pesuhuoneen väliseinän vierustalla mikrobikasvustoa		Lattiarakenteiden reuna-alueita tulee avata lisää ja tarkistaa rakenteiden kunto, ulkoseinän vauriointuneet materiaalit tulee uusita, ulkopuolinen kosteudentuotto minimoitava, lattiamatossa ja betonin pinnasta vanhan lattianpoistuksen karapohja poistetaan, huoneiston riittävä korvauksilman saanti varmistetaan, läpiviennin tiivistys, pestilaremontti
						Eristeissä jälkiä ilmavuodosta, seinän liittymät epätyydyttävä		vaurioon viittaava mikrobikasvustoa ulkoseinässä	korvauksilman tulo liian vähäinen	Vauriointuneet materiaalit uusitaan, ulkoseinän ja alapohjan liittymän tiivistys, olohuoneeseen asennetaan erillisellä suodattimella ja lämmityksellä varustettu tuloilmalaite
				x		lattia ja ulkoseinän liittymässä höyrystyskumuvuoli loppuu lattiarajaan		vaurioon viittaava mikrobikasvustoa ja hajuvaurioita ulkoseinän alaosassa ja ulko-oven kynnyksen alla		Vauriointuneet materiaalit uusittava, ulkoseinärakenteiden liittymäkohdat tiivistettävä, ulkopuolinen kosteudentuotto minimoitavana, riittävä korvauksilma varmistetaan
								vaurioon viittaava mikrobikasvustoa väliseinässä/mikrobikasvustoa väliseinässä		Lisätäkään rakenteita, jotka luokitellaan riskirakenteiksi (huoneistojen välinen seinä tiilivilla-tiili), avataan huoneistojen väliltä seinää toiseen paikasta
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta				x				vaurioon viittaava mikrobikasvustoa		Seinien alapöytäkorjaaminen, ulkoseinärakenteiden liittymäkohtien tiivistäminen, ulkopuolisen kosteudentuotuksen minimointi
seinä lähtee lattiapinnan alapuolelta						ulkoseinän ja lattian liittymäkohta epätyydyttävä	tiliseinän alaosassa sekä lattiarakenteen reuna-alueilla	vaurioon viittaava mikrobikasvustoa ulkoseinärakenteen alaosassa, huoneiston välisen seinän alaosassa ja lattiamateriaaleissa reuna-alueilla		Seinien vauriointuneiden materiaalien uusiminen, rakenteiden nostaminen lattiatasoon, ulkoseinärakenteiden liittymien tiivistäminen, ilmanvaihdolliset tarkastukset, ulkopuolinen kosteudentuotto on minimoitava
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta						ulkoseinän ja alapohjan liittymä epätyydyttävä		vaurioon viittaava mikrobikasvustoa ulkoseinässä		vauriointuneet rakenteet uusitaan, seinän liittymät tiivistetään
						Olohuoneen ja varaston välisen seinän kohdalla liittymät epätyydyttävä. Eristeissä jälkiä ilmavuodosta		vaurioon viittaava mikrobikasvustoa ulkoseinän eristeissä		Ulkoseinärakenteiden ja lattoiden liittymäkohdat ja alapohjan läpiviennit tiivistetään, olohuoneeseen asennetaan erillisellä suodattimella ja lämmityksellä varustettu tuloilmalaite
						Saunan eristeissä tummentumia ilmavuodosta, saunan liittymät epätyydyttävä			poistopuhallin ei toiminnut kaikilla nopeusasteilla	Ilmanvaihdon poistopuhallimen korjaus, erilliset korvausilmaventtiilit makuuhuoneisiin ja olohuoneeseen, saunan remontointi väh. seinien osalta
lattiapinnan alapuolella villaa sekä puulankku						ulkoseinärakenteen liittymät epätyydyttävät, seinäeristeissä tummentumia ilmavuodosta		vaurioon viittaava mikrobikasvustoa ulkoseinän alaosan rakenteissa		Vauriointuneiden materiaalien uusiminen, rakenteiden nostaminen lattiatasoon, seinärakenteen tuuletuksen varmistaminen, ilmanvaihdolliset tarkastukset, ulkoseinärakenteen tiivistykset
								vaurioon viittaava mikrobikasvustoa maanpäinseinärakenteissa		Maanvastaisen seinän tutkimukset ulkoapäin/maanvastaisen seinän sisäpuolisen rakenteen korjaaminen rakennusfyysikkäisesti toimivaksi, puuosien korvaaminen kivirakenteilla, rakenteet limatilviksi

1982	lastulevy, muovi, puurunko+mineraalivilla, bituliitti	tuplakipsilevy, puurunko+mineraalivilla, tuplakipsilevy	puu	maanvarainen betonilaatta, styrox, täyttömaa	harjakatto, peltikate	huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmavaihto	poikkeava haju, silmä- ja iho-oireet	mikrobimateriaalinäyte, VOC-materiaalinäyte, merkkialuetutkimus, paine-eromittaus (2 vk), viitominnaus, piikkimittaus, pintakosteuskartoitus, porareikämittaus, RH-eristetilasta	väliseinä, ulkoseinä, alapohja	
1982	ei tiedossa	ei tiedossa	puu	ei tiedossa	harjakatto	koneellinen poistoilmavaihto	oireilu	mikrobi-ilmanäyte		
1983	kipsilevy, höyrynsulku, puurunko+lasvilla, bituliitti tuulensuoja	puu	puu, tiili	maanvarainen betonilaatta, styrox, täyttömaa	harjakatto, peltikate	koneellinen poistoilmavaihto, korvausilmaventtiilit	poikkeava haju, asukkaan oireilu	mikrobimateriaalinäyte, VOC-materiaalinäyte, piikkimittaus, savutesti	alapohja, väliseinä	
1983	puurunkoinen	puu	puu	maanvarainen betonilaatta	harjakatto, peltikate	painovoimainen ilmanvaihto	oireilu	mikrobimateriaalinäyte, mikrobi-ilmanäyte,	yöpohja	
1983	kipsilevy, muovi, puurunkoveriste, eriste, kipsituulensuojalevy	puurakenteinen	puu	betonilaatta, styrox, täyttömaa	harjakatto: kannakkeiden päällä vaneri, aluskatekermi, tuuletusrimoitus, ruoteet, tiilikate (rakennejuuri uusittu)	koneellinen poistoilmavaihto, ei erillisiä korvausilmaventtiileitä	poikkeava haju	mikrobimateriaalinäyte, RH-eristetilasta	ulkoseinä, väliseinä, parketin alta vanhan muovimaton juuttipohja	
1984	puurunko + lämmöneste	betoni	tiili	maanvarainen betonilaatta + lämmönestee	harjakatto, tiilikate	koneellinen poisto, alakerran aulassa korvausilmakanava	oireilu alakerran makuuhuoneessa	pintakosteusmittaus, paine-eromittaus, lämpökuvauk	Ei rakennevauraus	
1984	kipsilevy, puurunko+lasvilla, höyrynsulku muovi, puurunko+lasvilla (alaoheisuuspuun alapuolella pussivilla, huopa)	puu	tiili, puu	maanvarainen betonilaatta, styrox, täyttömaa	puurakenteinen, tiilikatto	koneellinen poistoilmavaihto, korvausilmaventtiilit	poikkeava haju, asukkaiden oireilu	merkkialuetutkimukset, mikrobimateriaalinäyte, paine-eromittaus, pintakosteuskartoitus, RH-ulkoseinän eristetilasta, piikkimittaus	ulkoseinä	laastipurseita
1984	kipsilevy, muovi, puurunko+mineraalivilla, tuulensuojalevy	kipsilevy, muovi, puurunko+mineraalivilla, muovi, kipsilevy	tiili	maanvarainen betonilaatta	pulpettikatto	ei tiedossa	huoneiston remontin yhteydessä havaittiin kosteusvaurioita, ko ko taloon tiittin sisäilmatutkimus	mikrobimateriaalinäyte, pintakosteuskartoitus, piikkimittaus, RH-eristetilasta	ulkoseinä	laastipurseita
1985	tuulensuojakipsi, puurunko, villa	puu	puu- ja lammiattu tiili	maanvarainen betonilaatta, eristeenä styrox	harjakatto, tiilikate	koneellinen poisto, lisätty korvausilmaventtiilejä	oireilua ja hajuhahtaa	merkkialuetutkimus, mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH-eristetilasta, paine-eromittaus	ulkoseinä	Laastipurseita
1986	kipsilevy, vaakakoolaus+mineraalivilla, höyrynsulku muovi, puurunko+mineraalivilla, tuulensuojakipsilevy	betoni, puu	tiili	maanvarainen betonilaatta, styrox, täyttömaa	harjakatto, tiilikate	koneellinen poistoilmavaihto, korvausilmaventtiilit	poikkeava haju		ulkoseinä	
1987	lastulevy, tervapaperi, höyrynsulku muovi, puurunko+villa, tuulensuojavilla, vaakakoolaus, (bitumieriste)	puu	puu	maanvarainen betonilaatta	harjakatto, mineriliitti	koneellinen poistoilmavaihto	poikkeava haju, oireilu	mikrobimateriaalinäyte, piikkimittaus, RH-eristetilasta	ulkoseinä	
1988	kipsilevy, höyrynsulku muovi, puurunko+vuorivilla, TS kova vuorivilla	betoni	tiili	betonilaatta, lämmöneste, täyttömaa	harjakatto, tiilikate	koneellinen poisto	ilma raskas hengittää, nenän vuotaminen, outo haju	pintakosteusmittaus, piikkimittaus, RH-eristetilasta, viltto/porareikämittaus, paine-eromittaus, merkkialuetutkimus, mikrobimateriaalinäyte, VOC-näytteet ilmasta ja materiaalista	ulkoseinä, alapohja	Julkisivutiili kinni vuorivillassa

						ilmavuodon aiheuttamaa eristeen tummumista, läpiviennin läpiviennin, läpiviennin ja läpiviennin läpiviennin		vaurioon viittaava mikrobikasvusto		Rakenteiden tiivistyskorjaukset, ilmanvaihdon säätäminen tasapainoon tiivistyskorjauksien jälkeen
								vaurioon viittaava mikrobikasvusto		tarkemmat tutkimukset rakenteen kunnon selvittämiseksi, rakenneavaukset
ulkoseinän ja väliseinän alaohjaukseen yläpinnat lattian yläpinnan tasossa			muovimaton pinnalla kemiallinen haju			ulkoseinän ja lattian sekä ulkoseinän ja yläpinnan liittymäkohdat epätiivit				lamiinaatin, muovimaton ja tasoitteen poisto, ulkoseinästä poistetaan kipsilevytyksen alareunaan asti koko huoneen leveydeltä, liittymien tiivyyteen kiinnitetään huomioita
								ilman mikrobinäytteen tulos viittaa epätavomaiseen mikrobilähteeseen		epätiivisyyskohtien tarkastaminen, rakenneavaukset, riittävän korvauksilman saannin varmistaminen
ulkoseinärakenne lähtee lattiapinnan alapuolelta						ulkoseinärakenteet epätiivit				Vauriokohdat materiaalit uusitaan, suositeltavaa poistaa parketin alta betonin pinnalta vanhan lattiapinnan tiivytystä, riittävä korvauksilman saanti varmistettava, tiivistetään ulkoseinärakenteiden liittymäkohdat
						Aulassa ilmavirtaus alakattotiilan, makuuhuoneiden ulkoseinässä ilmanvuotookohtia/lämmön eristeen puutteita			korvauksilman tulo liian vähäinen	korvauksilman tulo liian vähäinen, seinä/alapohja liittymien tarkastaminen
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta						ulkoseinärakenteen liittymäkohdat epätiivit		vaurioon viittaava mikrobikasvusto ulkoseinien alaosan rakenteissa		Ulkoseinien alaosien vauriokohdoiden materiaalien uusiminen, rakenteiden nostaminen lattiapinnan tasoon, ilmanvaihdolliset tarkastukset, ulkoseinärakenteiden liittymien tiivistäminen
ulkoseinärakenne lähtee lattiapinnan alapuolelta							alaohjaukseen ja sen yläpuolella sijaitsevan eristeen kosteus koholla	vaurioon viittaava mikrobikasvusto alaohjauksessa ja sen yläpuolella olevassa villassa, julkisivun tiivertämisessä sekä yläpinnan kipsilevyssä		Seinärakenteet tulee nostaa maanpinnan yläpuolelle, tiivertäminen takana oleva tuuletusrako puhdistetaan mahdollisuuksien mukaan
						epätiivit liittymät ja läpiviennit, sähkökeskuksen putkitukset		vaurioon viittaava mikrobikasvusto puurakenteisen ulkoseinän alaosassa, höyrynsukumuovin ulkopuolella		Vauriokohdoiden materiaalien uusiminen, epätiivien läpiviennin tiivistäminen, ulkoseinien tuuletusparantaminen, korvauksilman riittävä saanti varmistettava
						ulkoseinän rakenteelliset epätiivit, eristössä tunnumista ilmavuodosta				ulkoseinän ja alapohjan liittymien tiivistäminen, olohuoneeseen asennetaan erillisellä suodattimella ja lämmityksellä varustettu tuoli/ilmaläite
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta						ulkoseinän liittymät epätiivit		vaurioon viittaava mikrobikasvusto ulkoseinässä		Vauriokohdat materiaalit uusitaan, seinän liittymät tiivistetään, tutkitaan salaojien kunto ja korjataan maanpinnan kallistus rakennuksesta pois päin, valetaan kivilaastaa oleva aukko umpeen
ulkoseinä lähtee lattiapinnan alapuolelta			x			Alapohjan ja seinien liittymäkohdissa vähäisiä pistemäisiä vuotoja		vaurioon viittaava mikrobikasvusto ulkoseinärakenteissa	huoneistossa raskas ilma	mikrobivauriokohdat materiaalit uusittava, lattian ja seinän liittymäkohdat tiivistettävä vuotokohdista, korvauksilman tulo suurentaminen, julkisivun tuuletus mahdollinen parantaminen