



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Timo Mäkitalo

RISKIRAKENNEKORTIT

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Timo Mäkitalo
Opinnäytetyön nimi	Riskirakennekortit
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	59 + 6 liitettä
Ohjaaja	Mika Korpi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia riskirakenteita, niiden vaurioitumista, vaurioiden aiheuttamia seurauksia sekä riskirakenteiden kuntotutkimista. Tutkimuksen lopputulemana oli toteuttaa toimeksiantajalle kuusi riskirakennekorttia ennalta määritellyistä riskirakenteista. Kortit tulevat olemaan myös hyvänä pohjana muille yrityksen riskirakennekorteille. Tässä tutkimuksessa perehdyttiin siis riskirakenteista valesokkeliin, maanvastaiseen puukorokelattiaan, maanvastaiseen sisäpuolelta eristettyyn seinärakenteeseen, tuulettumattomaan tiiliverhoiltuun ulkoseinään, tuulettumattomaan yläpohjarakenteeseen sekä lattiapinnan alapuolelta lähtevään puunrunkoiseen väliseinään.

Tutkimusaineistona tässä tutkimuksessa käytettiin rakennusfysiikasta, kuntotutkimusoppaista sekä erilaisista riskirakenteista kertovia kirjoja sekä julkaisuja. Tutkimuksessa käsiteltiin ensin rakennusten kosteusteknistä toimintaa, jonka jälkeen tutkittiin kosteusvaurioita, rakenteen kuntotutkimista ja lopuksi riskirakenteet käytiin läpi yksitellen.

Tämän tutkimuksen perusteella voitiin kaikkia tässä opinnäytetyössä käsiteltyjä rakenteita pitää kosteusteknisesti riskialttiina, mistä seuraa, että kyseiset rakenteet tulee tutkituttaa, sillä rakenteet voivat kosteus- ja mikrobivaurioitua enneaikaisesti. Tästä seuraa, että asiaan perehtymättömien ihmisten tietoisuuden lisääminen riskirakenteista esimerkiksi asuntokaupan kuntotarkastusraportissa on aiheellista, sillä riskialttiiden rakenteiden rakentaminen on ollut yleistä Suomen vanhassa rakennuskannassa. Tämän takia riskirakennekorttien tekemistä voitiin pitää erittäin tarpeellisenä, sillä riskirakenteista mahdollisesti aiheutuvat taloudelliset sekä terveydelliset vaikutukset voivat olla henkilökohtaisella tasolla merkittäviä.

ABSTRACT

Author	Timo Mäkitalo
Title	Risk Structure Cards Files
Year	2019
Language	Finnish
Pages	59 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Mika Korpi

The aim of this thesis was to study risk structures, their damage, the consequences of damage and the condition survey of risk structures. The outcome of the thesis was to produce six risk structure card files for the client from predefined risk structures. The cards will also be a good basis for other risk card files that the company may produce. In this study, therefore, risk structures were studied such as fake plinth, ground slab with wooden floor, ground pressure wall with inner insulation, unventilated brick cladding external wall, unventilated attic floor space, and a wood-based partition wall below the floor surface.

The research materials used in this thesis were various books and publications on construction physics, condition survey, and risk structures. The study examined the hydrothermal performance of buildings and elements, moisture damages, the condition survey of the structures and, finally the risk structures were examined one by one.

Based on this study, all the structures discussed in this thesis were considered to be at high risk for moisture damage, which means that these structures need to be investigated as the structures can be prone to moisture and microbial damage relatively prematurely. It follows that raising the awareness of risk structures with uninitiated people, for example in the home sales reports is needed because the construction of risky structures has been common in the old Finnish building stock. As a result, it was very necessary to make the risk structure card files, as the potential financial and health effects of the risk structures can be significant on a personal level.

Keywords	Risk structure, building physics, water damage, condition survey
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
1.1	Keskeisimmät käsitteet	8
1.2	Tutkimuksen tarkoitus	11
2	RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA	13
2.1	Ilmanpaineet ja ilmavirtaukset	13
2.2	Lämmön siirtyminen	14
2.3	Veden olomuodot	15
2.4	Ilman kosteus	16
2.5	Aineen kosteus	18
2.6	Kosteuden siirtyminen	19
2.6.1	Veden painovoimainen siirtyminen	19
2.6.2	Veden siirtyminen kapillaarisesti	20
2.6.3	Kosteuden siirtyminen diffuusiolla	21
2.6.4	Kosteuden siirtyminen konvektiolla	22
2.7	Rakennuksen kosteuslähteet	24
2.7.1	Ulkopuoliset kosteuslähteet	25
2.7.2	Sisäpuoliset kosteuslähteet	26
3	KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIOT	28
3.1	Yleistä kosteusvaurioista	28
3.2	Mikrobivauriot	30
3.3	Muut epäpuhtaudet	31
4	RISKIRAKENTEIDEN KUNTOTUTKIMUS	34
4.1	Rakenneavaus	34
4.2	Mikrobinäyte	35
5	RISKIRAKENTEET	36
5.1	Valesokkeli	37
5.2	Maanvastainen puukorokelattia	40

5.3	Maanvastainen sisäpuolelta eristetty seinärakenne	43
5.4	Tuulettumaton tiiliverhoiltu ulkoseinä	45
5.5	Tuulettumaton yläpohjarakenne.....	47
5.6	Lattiapinnan alapuolelta lähtevä puurunkoinen väliseinä	50
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	53
6.1	Tutkimuksen luotettavuus.....	54
6.2	Opinnäytetyöprosessin arviointi	54
6.3	Jatkotutkimusehdotus	56
	LÄHTEET	57

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Veden olomuodot ja muutokset. /4/	16
Kuva 2. Ilman suhteellinen kosteus riippuu kosteudesta ja lämpötilasta. /4/	17
Kuva 3. Esimerkki sisäilman kriittisistä lämpötiloista. /4/	18
Kuva 4. Kapillaarinen vedenliike perustuksissa. /5/	20
Kuva 5. Vesihöyryn diffuusion periaate /4/.....	21
Kuva 6. Konvektiovirtaus yläpohjaan. /5/	23
Kuva 7. Rakennukseen kohdistuvat kosteuslähteet /3/	24
Kuva 8. Rakenteen kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. /13/	29
Kuva 9. Valesokkeli. /2/	37
Kuva 10. Maanvastainen puukorokelattia. /2/	40
Kuva 11. Maavastainen sisäpuolelta eristetty seinärakenne. /2/	43
Kuva 12. Tuuletusvälin tukkeutuminen muurauslaastilla. /2/	46
Kuva 13. Katon tuuletuksen estyminen lisälämmöneristyksestä. /2/	48
Kuva 14. Lattiapinnan alapuolelta lähtevä puurunkoinen väliseinä. /2/	50
Taulukko 1. Homeongelmaisten rakennuksien määrä talotypeittäin. /1/.....	8

LIITELUETTELO

LIITE 1. Riskirakennekortti valesokkeli

LIITE 2. Riskirakennekortti maanvastainen puukorokelattia

LIITE 3. Riskirakennekortti maanvastainen eristetty ulkoseinä

LIITE 4. Riskirakennekortti tuulettumaton tiiliverhoiltu ulkoseinä

LIITE 5. Riskirakennekortti tuulettumaton yläpohjarakenne

LIITE 6. Riskirakennekortti lattiapinnan alapuolelta lähtevä väliseinä

1 JOHDANTO

Home- ja muista ongelmista saa nykypäivänä lukea ja kuulla muun muassa uutisista aika ajoin. Ongelmia esiintyy niin julkisissa tiloissa kuin myös yksityisten ihmisten asuinrakennuksissa. Rakennuskannassa on tunnistettu olevan lukuisia eri rakenteita, joihin erilaisten ongelmien muodostuminen on erittäin todennäköistä. Näitä rakenteita kutsutaan riskirakenteiksi. Riskirakenne ei suinkaan heti tarkoita, että rakenteessa on vaurio vaan, että vaurion syntyminen on hyvin todennäköistä. Taulukossa 1 on esitetty homeongelmaisten rakennuksien määrä Suomen rakennuskannassa talotyypeittäin. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan mukaan Suomen rakennuskannan suuruus oli vuonna 2010 1,45 miljoonaa rakennusta. Merkittävää tilastossa on se, että rakennuskannasta nuorta eli 1990-luvun jälkeen rakennettuja rakennuksia on vain koko rakennuskannan kerrosalasta 28 prosenttia eli vanhaa rakennuskantaa on 72 prosenttia kerrosalasta. Siis suurin osa Suomen rakennuksista on rakennettu jo 30 vuotta sitten eli aikana, jolloin nykyisin riskirakenteiksi määritellyt rakenneratkaisut olivat yleisesti käytössä. /1/

Taulukko 1. Homeongelmaisten rakennuksien määrä talotyypeittäin. /1/

Homeongelmaisten rakennuksien määrä talotyypeittäin	
Pien- ja rivitalot	7-10%
Kerrostalot	6-9%
Koulut ja päiväkodit	12-18%
Hoitolaitokset	20-26%
Toimistot	2,5-5%

1.1 Keskeisimmät käsitteet

Tässä opinnäytetyössä keskeisiä käsitteitä ovat muun muassa riskirakenne, kunto- tutkimus sekä riskirakennekortti.

Riskirakenteella tarkoitetaan rakenneosaa tai rakennetta, jolla on suuri todennäköisyys kosteus- tai mikrobivaurioitua kosteusteknisten ominaisuuksien takia. Tästä seuraa, että riskirakenteen käyttöikä on sen suunniteltua tai vastaavanlaisen hyvän rakenteen käyttöikää lyhyempi. Käyttöikä tarkoittaa rakenteen elinkaaren pituutta, joka on tavanomaisesti riippuen rakenteesta 40–60 vuotta. Käyttöiän umpeutuminen tarkoittaa, että rakenneosa voi aleta turmeltumaan sekä sen toimivuus ei ole enää taattua. Kosteusvauriolla tarkoitetaan rakenteen tai materiaalin vaurioitumista kosteuden vaikutuksesta niin, että rakenne tai materiaali tulisi korjata tai vaihtaa. /1/ Pitkään jatkuneet korkeat kosteusolosuhteet voivat aiheuttaa esimerkiksi rakenteen homehtumisen tai lahoamisen, joita kutsutaan yleisesti mikrobivaurioitumiseksi. Kosteus- ja mikrobivaurioista voi aiheutua sisäilmaongelmia.

Yleisimmät riskirakenteet on rakennettu useimmiten ennen vuotta 1990 /2/. Tästä huolimatta joitakin riskirakenteita on mahdollisesti tehty myös sen jälkeen. Useat riskirakenteet voivat olla aikakautensa aikana tavanomaisia sekä yleisesti käytössä olleita eli ne ovat olleet niin sanotusti hyvän rakennustavan mukaisia. Tästä esimerkkinä on valesokkelit sekä maanvastaiset puukorokelattiat, joista löytyy vanhoja RT-ohjekortteja (valesokkeli RT-820.1 ja maanvastaiset alapohja RT 839.12). RT-ohjekortit ovat yksi hyvän rakennustavan mittari, muita ovat laki, asetukset, laatuvaatimukset sekä muiden yleisesti luotettavien organisaatioiden ohjeet ja oppaat. Useat riskirakenteet ovat kuitenkin hyvin ristiriitaisia, sillä niiden rakentamisen aikana rakennuslaissa (C2(1976) veden- ja kosteudeneristys määräykset), on sanottu, ettei kosteus tai muu tekijä saisi haitallisesti vaikuttaa rakenteiden toimintakelpoisuuteen tai kosteustekniseen toimintaan. Todellisuus on kuitenkin opettanut, että toteutuneet rakenteet sekä niissä käytetyt materiaalit saattavat poiketa hyvinkin paljon alkuperäisistä suunnitelmista. Merkittävintä kuitenkin on se, että tehtynä aikakautensa ohjeiden mukaan myöhemmin riskirakenteiksi määritellyt rakenteet ovat olleet alusta lähtien kosteusteknisesti vaurioherkkiä. Tiettyjä rakenneratkaisuja on määritelty riskirakenteiksi KH-kortissa 90-00394 sekä Pientalojen riskirakenteet -opetusmateriaalissa. Tämän opinnäytetyön keskiössä olevat riskirakenteet ovat määritelty molemmissa lähteissä riskirakenteiksi. Kuitenkin riskirakenteen määritelmästä johtuen mikä tahansa rakenne, jolla on huomattava riski vaurioitua kosteusteknisten ominaisuuksia vuoksi, lasketaan riskirakenteeksi. Tästä

seuraa, että uusiakin riskirakenteita voi ilmetä tulevaisuudessa. Koska kaikkia rakenteisiin kohdistuvia fysikaalisia ilmiöitä tai materiaaleista aiheutuvia epäpuhtauksia ei voida täydellä varmuudella tietää /5/.

Kuntotutkimuksella tarkoitetaan rakennuksen, rakennusosan, rakennuskokonaisuuden tai järjestelmän kunnan, toimivuuden tai korjaustarpeen määrittelemistä. Kuntotutkimuksissa voidaan käyttää rakenteita rikkovia menetelmiä, kuten rakenneavauksia, joilla pyritään selvittämään tarkemmin esimerkiksi tietyn rakenteen kunto. Kuntotutkimukset voidaan jakaa myös alalajeihin kuten esimerkiksi julkisivujen kuntotutkimukset, sisäilmaston kuntotutkimukset sekä yksittäisen rakenteen tai rakenneosan kuntotutkimukset. Kuntotutkimuksen teosta saatua tietoa voidaan käyttää muun muassa korjaustöiden tarpeellisuuden, laajuuden, menetelmien ja kustannuksien määrittelyyn. /1, 3/ Kuntotarkastuksella tarkoitetaan myöskin rakennuksen tutkimista ja tarkastelua, mutta enemmänkin aistinvaraisella tasolla ilman, että ryhdyttäisiin selvittämään yksittäisiä rakenteita.

Rakennuksien riskirakenteet todetaan esimerkiksi ammattilaisen toimesta kohdekäynnin, riskianalyysin tai kuntotarkastuksen yhteydessä. Ammattilainen laatii edellä mainituista toimenpiteistä normaalisti raportin, josta käy ilmi muun muassa havaitut riskirakenteet sekä jatkotoimenpide-ehdotukset. Riskirakenteet voidaan havaita yleensä silmämääräisesti, mutta riskirakenteen kunnan selvittäminen vaatii lähes poikkeuksetta erillisen kuntotutkimuksen. Riskirakenteet kannattaa aina kuntotutkia, sillä mahdollisten vaurioiden korjauskustannukset voivat olla yllättävän suuria sekä vaurioista voi aiheutua haittaa terveydelle. /4/

Riskirakennekortti on tiivis informatiivinen dokumentti, joka antaa maallikolle mahdollisemmin selvän käsityksen riskirakenteesta. Kortissa kuvaillaan sekä kerrotaan tietynlaisesta riskirakennerekaisusta. Kortteja voidaan käyttää esimerkiksi asuntokaupan kuntotarkastusraportin liitteenä. Saavutettuja etuja ovat muun muassa selkeämmin sekä nopeammin tehdyt raportit ja riskirakennekuvausten yhdenmukaistuminen.

1.2 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on sisäilmastoasiantuntija yritys Investigo Oy Ab. Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä toimeksiantajan määrittelemistä kuudesta erilaisesta riskirakenteesta riskirakennekortit. Toimeksiantajan toiveen mukaisesti rakenteita tarkastellaan suurelta osin rakennusfysikaalisien ominaisuuksien näkökulmasta. Opinnäytetyössä perehdytään siis rakenteiden kosteustekniseen toimintaan sekä rakenteiden kosteusvaurioitumiseen sekä valittujen riskirakenteiden kuntotutkimusmenetelmiin.

Tutkimukseni tavoitteena on vastata seuraaviin kolmeen tutkimuskysymykseen:

1. Miksi riskirakenne vaurioituu?
2. Mitä seurauksia mahdollinen vaurioituminen aiheuttaa?
3. Miten riskirakenne kuntotutkitaan?

Riskirakenteen tunnistaminen ja esille tuominen esimerkiksi asuntokaupan kunto-tarkastuksessa on tärkeää, sillä näin voidaan ennaltaehkäistä mahdollisesti myöhemmin syntyviä terveysongelmia sekä kauppariitoja. Tarkastuksessa havaittujen riskirakenteiden tiedostaminen on eduksi aina molemmille kaupantekijäosapuolille, sillä myyjä voi suojata itsensä mahdolliselta kaupanpurulta ja ostajalla on mahdollisuus ottaa huomioon mahdolliset korjaustarpeet sovittaessa kauppahintaa. Rakennuksen riskirakenteiden kuntotutkiminen on osoittautunut monesti jälkikäteen erityisen kannattavaksi, kun huomataan, että näin osapuolet olisivat säästyneet turhilta komplikaatioilta.

Riskirakennekuvausten antaminen selkeästi ja vaaroja vähättelemättä on siis tärkeää, sillä niin voidaan varmistaa laadukas asiantuntijatyö ja varmistua siitä, että asian osalliset ovat tietoisia rakenteiden sisällä mahdollisesti piilevistä ongelmista. Riskirakenteiden selittäminen jokaisessa erillisessä raportissa ei ole kuitenkaan optimaalista, sillä asian selittäminen täydellisesti jokaisessa raportissa erikseen on työlästä. Valmiiden riskirakennekorttien ansiosta yrityksen tarjoaman palvelun laatu riskirakennekuvausten osalta pysyy yhtäläisenä. Myöskin raportoinnin laadun varmistamiseksi ja siinä käytetyn ajan säästämiseksi riskirakennekortit ovat oiva

väline kuntotarkastuksia tekevän yrityksen laadun ja kannattavuuden kehittämiseksi.

Opinnäytetyö koostuu kuudesta eri luvusta. Johdannon jälkeisissä kahdessa luvussa tarkastelen riskirakenteiden ymmärtämisen kannalta tärkeitä asioita eli rakennuksen kosteusteknistä toimintaa sekä kosteusvaurioita. Neljännessä luvussa käsittelen riskirakenteiden kuntotutkimusta. Viidennessä luvussa käsittelen itse riskirakenteita kertoen rakenteista ja niiden vaurioitumisesta, vaurioista sekä niiden kuntotutkimisesta. Viimeisessä eli kuudennessa luvussa kerron johtopäätöksiä riskirakenteista, toiminnallisesta osuudesta sekä tarkastelen tutkimuksen luotettavuutta ja opinnäytetyöprosessia.

2 RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA

Rakenteiden vaurioitumisen syiden selvittäminen edellyttää, että ymmärtää rakennuksen ja sen osien rakennusfysikaaliset lämmön- ja kosteudensiirtymisilmiöt sekä ilmanpaineen ja ilmavirtojen vaikutukset, joihin tässä luvussa perehdytään /4/

2.1 Ilmanpaineet ja ilmavirtaukset

Ilmanpaineet ja niiden vaihtelut vaikuttavat rakennuksen ja rakenteiden kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan ja niillä on suuri merkitys hyvien sekä huonojen sisäilmastotekijöiden muodostumisessa. Rakennuksissa ilmanpaine-eroja aiheuttavia ilmiöitä ovat muun muassa ilmanvaihto, savupiippuvaikutus sekä tuuli. /5, 6/

Rakennuksen ja rakenteiden toiminnan kannalta merkittäviä ovat ilmavirtaukset eli konvektiot, jotka aiheutuvat ilmanpaine-eroista. Konvektio voi olla joko pakotettua tai luonnollista. Luonnollista konvektiota on pystysuora ilman virtaus, joka aiheutuu ilman tiheyseroista. Sitä esiintyy kerroksellisissa pystyrakenteissa eli muun muassa seinissä ja ikkunoissa. Lämpöä ja kosteutta mukanaan kuljettavaa ilmankiertoa rakenteen sisälle syntyy sisäpinnan lähellä lämpenevästä ilmasta, joka pyrkii virtaamaan ylöspäin sen tiheyden pienentyessä sekä ulkopinnan läheisyydestä jäähtyneestä ilmasta, joka pyrkii virtaamaan alaspäin. Erityisesti kylminä vuodenaikoina lämpötila- ja kosteuspitoisuuserojen ollessa sisä- ja ulkoilman välillä suuret, on rakennuksessa ja rakenteissa vallitsevilla ilmanpainesuhteilla merkitystä rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan kannalta. Rakenteiden läpi kulkevaa ilmavirtausta eli pakotettua konvektiota syntyy savupiippuvaikutuksen, ilmanvaihtolaitteiden tai tuulen aiheuttamista paine-eroista. Ilmanvirtaukset rakenteiden läpi johtuu siis siitä, että rakenteet ovat epätiivitä tai väljiä. /5/

Savupiippuvaikutus syntyy, kun huoneilma pyrkii nousemaan ylöspäin sen lämmetessä ja tiheyden pienentyessä. Tästä aiheutuu huoneen yläosaan ylipainetta ja alaosaa alipainetta. Savupiippuvaikutuksen aiheuttaa ulko- ja sisäilman lämpötilaerot ja sen suuruuteen vaikuttaa muun muassa tilan tai hormin korkeus. Paineettoman tason ilmanpaineella eli neutraaliakselilla tarkoitetaan ilmanpainetta, joka on sama kuin ulkona vallitseva ilmanpaine. Sen sijaintiin vaikuttaa huoneen aukotus,

ilmanvaihtokanavat, tulisija hormeineen, avoimet ikkunat, ovet ynnä muut. Paineerot, jotka aiheutuvat savupiippuvaikutuksesta ovat pieniä, mutta pääsääntöisesti pysyviä, jonka vuoksi niillä on merkitystä rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. /5, 7/

Myös tuuli aiheuttaa huonetilaan sekä rakennuksen ulkopuolelle paine-eroja, jotka vaihtelevat niin suuruudeltaan kuin suunnaltaan. Suuruuteen vaikuttaa niin tuulen suunta sekä voimakkuus kuin myös rakennuksen korkeus, muoto, ympäröivä maasto sekä toiset rakennukset. /5/

Rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä vallitsevat ilmanpaine-erot ovat kuitenkin merkityksettömämpiä verrattuna vesihöyryn osapaineista, eli vesihöyryn aiheuttamista paineista ilmassa, aiheutuviin paine-eroihin rakenteissa. Kuitenkin ilmanpaine-erojen synnyttämät rakenteiden läpi kulkevat ilmavirtaukset muodostavat rakennuksille kosteusvaurioriskin, sillä rakennuksien ulkokuoressa olevien pienien reikien ja rakojen läpi on mahdollista virrata suuria ilmamääriä sisältä ulospäin. Tällöin kosteutta, sitoutuneena lämpimään sisäilmaan, pääsee kulkeutumaan rakenteisiin, joissa se saattaa tiivistyä vedeksi. Kuitenkin tavanomaisesti sisätilassa vallitseva alipaine kuljettaa kylmää ilmaa ulkoa sisälle, joka kuivattaa lämmitessään rakenteita. Jotta seinien kosteustekninen toiminta olisi hyvää, tulisi rakennukset aina suunnitella alipaineisiksi. /5/

2.2 Lämmön siirtyminen

Lämmöllä tarkoitetaan atomien ja molekyylien värähtelyliikkeitä. Lämpö siirtyy rakenteissa ja tiloissa kolmella eri tavalla, joita ovat johtuminen, säteily ja konvektio eli toisin sanoen virtaus. /5/ Lämmön siirtymisessä olennainen tekijä on materiaalin lämmönjohtavuus /8/. Lämmönjohtavuudella tarkoitetaan lukua, joka ilmoittaa "lämpövirran tiheyden jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero ainekerroksen pintojen välillä on yksikön suuruinen." /5/.

Lämmön johtumista tapahtuu kiinteissä aineissa ja nesteissä, joissa molekyylien liike-energia siirtyy molekyylistä toiseen. Lämpö toisin sanoen virtaa eli pyrkii

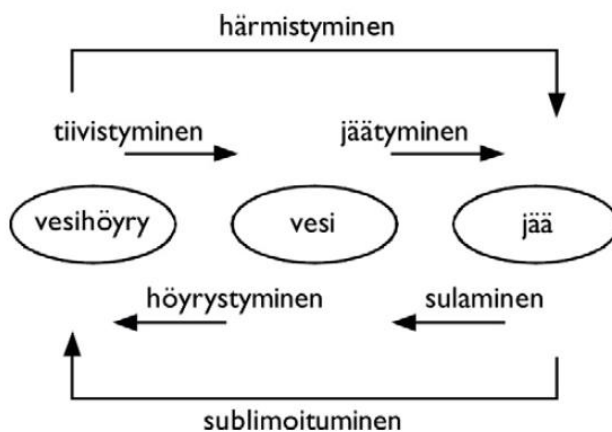
tasoittumaan väliaineessa virtaamalla lämpimästä kylmempää päin. /5/ Keskeisin rakenteissa tapahtuvista lämmönsiirtymisilmiöistä on juurikin johtuminen /8/. Sellaisia rakennusosia tai materiaaleja rakennuskerroksissa, jossa lämpöä johtuu merkittävästi enemmän kuin sen ympärillä kutsutaan kylmäsilloiksi. Kylmäsilat aiheuttavat aina kosteus- tai mikrobivaurioriskin.

Lämmön säteilyllä eli toisin sanoen emissiolla tarkoitetaan energian siirtymistä sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä valon nopeudella. Säteilystä lähtevät kaikki kappaleet, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen yläpuolella. /5/ Säteilystä tapahtuu eniten rakenteiden ulkopuolella. Lämpösäteilyllä on suuri merkitys kosteusvaurioiden kannalta. Sisätiloissa sen merkitys tulee esille pääsääntöisesti rakenteiden pintalämpötiloja tarkasteltaessa. Kosteuden tiivistymisriski kasvaa silloin, mitä kylmemmäksi pinta jää eli toisin sanoen mitä vähemmän lämpösäteilyä pinnalle tulee. Kosteusvaurioiden kannalta ulkotiloissa tapahtuvalla auringon lämpösäteilyllä on merkittävä rakenteita kuivattavan vaikutus. /8/

Konvektiossa eli virtauksessa lämpö siirtyy kaasun tai nesteen mukana. Kaasun tai nesteen liikkeessa jonkin ulkopuolisen voiman, kuten tuulen tai koneellisen ilmanvaihdon vaikutuksesta, kutsutaan pakotetuksi konvektioksi. Luonnollista konvektio puolestaan on silloin, kun liikkeen saa aikaan lämpötilaerojen aiheuttama tiheysero. /5/ Kosteusvaurioiden kannalta tarkastelun kohteena on erityisesti ilman siirtämä lämpö. Rakenteeseen kondenssiriskin eli kosteuden tiivistyminen lämpötilan vaihteluista voi aiheuttaa erityisesti rakenteiden sisällä tapahtuva kylmän ulkoilman virtaus, joka voi alentaa sisäpinnan lämpötilaa. Ulkovaipparakenteiden pintalämpötiloihin vaikuttaa rakenteiden pinnoilla virtaavat ilmavirtaukset ja mitä nopeammin ilma rakenteen pinnalla virtaa, sitä tehokkaammin energiaa siirtyy ilmasta rakenteeseen tai siitä pois samalla nostamalla tai laskien rakenteen pintalämpötilaa. /8/

2.3 Veden olomuodot

Rakennuksissa vesi esiintyy nestemäisessä, kaasumaisessa (vesihöyrynä) tai kiinteässä (jäänä) olomuodossa. Veden olomuodon muutoksiin vaikuttaa merkittävästi lämpötila. Kuvassa 1 on esitetty veden olomuodot sekä muutokset.



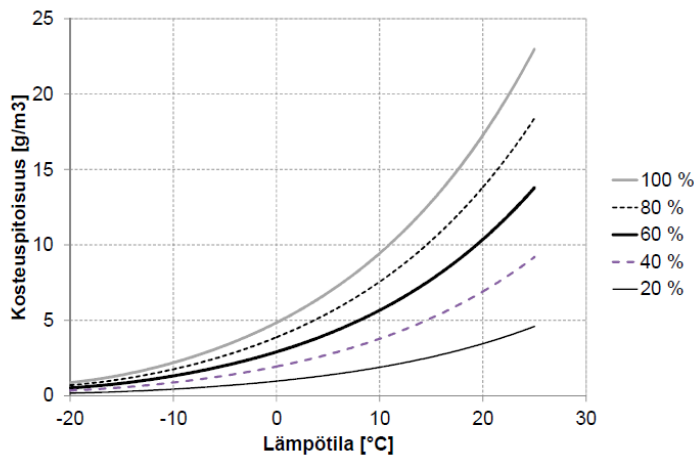
Kuva 1. Veden olomuodot ja muutokset. /4/

Vesihöyryn muuttumista vedeksi kutsutaan tiivistymiseksi sekä kondensoitumiseksi. Tiivistymistä tapahtuu esimerkiksi materiaalin pinnalle sen lämpötilan ollessa ympäröivän ilman kastepistelämpötilaa matalampi. Tiivistyminen tapahtuu ensisijaisesti kovalle sekä kylmille pinnoille. Jäätyminen voi rakennuksissa esimerkiksi tapahtua veden tiivistyttyä pinnalle, jos pinnan lämpötila on alle nolla astetta. /3, 4/

Kosteuden höyrystyminen eli haihtuminen on tärkeä ilmiö rakenteen kuivumisen kannalta. Haihtuminen tapahtuu konvektio ja diffuusio ilmiöiden avulla. Haihtumiseen vaikuttaa aineen lämpötila, ympäröivän tilan lämpötila ja kosteusolosuhteet sekä ilmavirrat. Haihtumista tapahtuu siis huomattavasti enemmän lämpötilojen ollessa korkeat ja kuivan ilman virratessa. Rakennuksissa sublimoituminen eli jään tai lumen muuttuminen vesihöyryksi tapahtuu, kun ympäröivän tilan lämpötila on matala sekä suhteellinen kosteus on hyvin pieni. /4/

2.4 Ilman kosteus

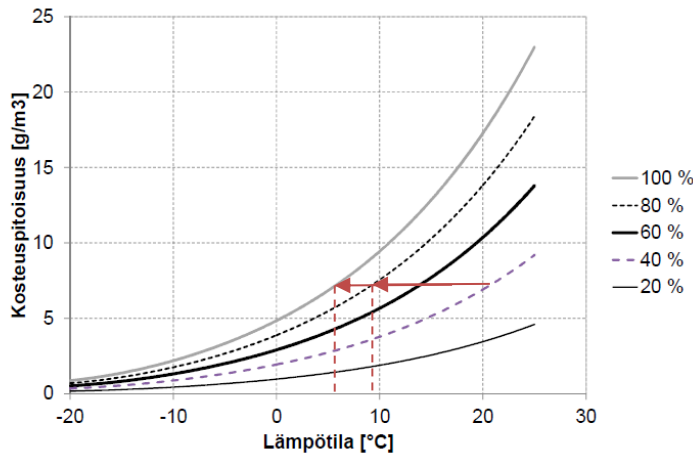
Rakenteiden kosteuskäyttäytymisen ymmärtämiseksi on tärkeää tietää käsite ilman kosteus, joka tarkoittaa ilman kaasuseoksessa olevaa vesihöyryä. Ilmassa olevan kosteuden määrä ilmoitetaan yleensä suhteellisena kosteutena (%), kuten kuvassa 2 esitetään ilmassa olevan vesihöyryn määrän suhdetta kyseisen lämpötilan enimmäisvesihöyryn määrään.



Kuva 2. Ilman suhteellinen kosteus riippuu kosteudesta ja lämpötilasta. /4/

Vesihöyryn kyllästyskosteudeksi kutsutaan tilannetta, jossa suhteellinen kosteus on sata prosenttia, jolloin vesihöyryn lisääminen ainoastaan aiheuttaa vesihöyryn tiivistymistä. Suhteellinen kosteus ei siis voi ylittää sataa prosenttia. Ilman sisältämän vesihöyryn määrä riippuu ilman lämpötilasta eli mitä suurempi lämpötila, sitä enemmän se voi sisältää kosteutta. Kastepisteeksi kutsutaan sitä lämpötilaa, jossa ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy nestemäiseksi ts. suhteellinen kosteus saavuttaa kyllästyskosteuden. /5/

Lämpötilalla on siis suuri vaikutus suhteelliseen kosteuteen ja kastepisteeseen. Ajatellaan esimerkiksi, että riski homehtumiselle alkaa suhteellisen kosteuden ollessa kahdeksankymmentä prosenttia ja riski veden tiivistymiseen on sadassa prosentissa. Tavanomaisena sisäilman lämpötilana pidetään +21 astetta ja suhteellisen kosteutenä neljäkymmentä prosenttia. Kysymys kuuluu missä lämpötilassa alkaa homehtumis- tai tiivistymisriski? Kuvan 3 mukaan homehtumisriski alkaa noin +9,5 asteessa ja tiivistymisriski noin +5 asteessa, jos siis kosteusolosuhteet pysyvät vakiona. /4/



Kuva 3. Esimerkki sisäilman kriittisistä lämpötiloista. /4/

Suhteellisen kosteuden lisäksi muita ilmaisutapoja ilman sisältämälle vesihöyrylle ovat absoluuttinen kosteus, joka ilmoittaa veden kokonaismäärän (kg) ilmakuumetriä (m^3) kohti sekä vesihöyryn osapaine (Pa), joka tarkoittaa vesihöyryn aiheuttamaa painetta ilmassa. Vesihöyryn aiheuttama paine määräytyy lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan. Kyllästyspaineeksi kutsutaan vesihöyryn suurinta mahdollista painetta tietyssä lämpötilassa. /5/

2.5 Aineen kosteus

Aineen kosteudella tarkoitetaan aineen huokoisten sisältämää kosteusmäärää. Huokoiset ovat niin sanotusti erittäin pieniä ilmatiloja. Aineen kosteusmäärä ilmoitetaan esimerkiksi prosenttilukuna veden massan suhteena kuivan aineen massaan. Toinen ilmaisutapa on veden massan ja materiaalin tilavuuden suhteena ($kg/m^3 = \text{tilavuus-\%}$). /5/ Huokoisten aineiden, kuten puun, tiilen tai betonin hygroskooppisella kosteudella tarkoitetaan aineen huokoisilman sisältämää kosteutta, jonka suhteellinen kosteus on 0–98 prosenttia. Huokoiset aineet kykenevät vastaanottamaan ilman vesihöyryä sekä luovuttamaan sitä. Aine pyrkii aina luontaisesti tasapainoon ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa, mutta, kun aine ei enää sido tai luovuta ympärilleen kosteutta on se saavuttanut hygroskooppisen tasapainotilan. Kapillaariseksi kosteustilaksi kutsutaan sitä, kun aineen huokoisilman kosteus on 98–100 prosenttia Tällöin aine on todennäköisesti kosketuksissa nestemäiseen veteen tai toiseen kapillaarisesti kosteaan aineeseen. Kapillaariseksi

kosteusasapainoksi kutsutaan kosteuspitoisuutta, johon aine asettuu sen ollessa kosketuksissa edellä mainittuihin. /4/ Kapillaarista tilaa voidaan luonnehtia niin, että aineen huokoiset voivat sisältää konkreettisesti nestemäistä vettä. Kapillaarisen veden siirtyminen selitetty luvussa 3.3.2. /9/

Eri aineet pystyvät sitomaan huokosiinsa eri määrän kosteutta, mikä on vaurioitumisen kannalta erittäin oleellista. Tästä esimerkkinä voidaan pitää, kun kiloon kuivaan puumateriaaliin lisätään 150–200 grammaa vettä, sen suhteellinen kosteus on sen jälkeen noin 80 prosenttia. Mineraalivillalla samaan suhteelliseen kosteuteen päästään lisäämällä vain 10–15 grammaa vettä. Tämä johtaa siihen, että mitä enemmän materiaalit pystyvät sitomaan kosteutta sitä enemmän ne kestävät sitä niin, ettei niiden sisältämä kosteus aiheuta haittaa. /4/

2.6 Kosteuden siirtyminen

Tämän opinnäytetyön kannalta on olennaista ymmärtää kosteuden siirtyminen, sillä rakenteiden, kuten tämän opinnäytetyön keskiössä olevien riskirakenteiden vauriot johtuvat kosteuden luonnonmukaisesta siirtymisestä rakenteissa. Merkittävää on, että kosteuden siirtymisellä voi olla rakenteita kastelevan vaikutuksen lisäksi myös kuivattava vaikutus. Kosteuden siirtymismuodot ovat veden painovoimainen ja kapillaarinen siirtyminen, vesihöyryn diffuusio ja veden tai vesihöyryn konvektio.

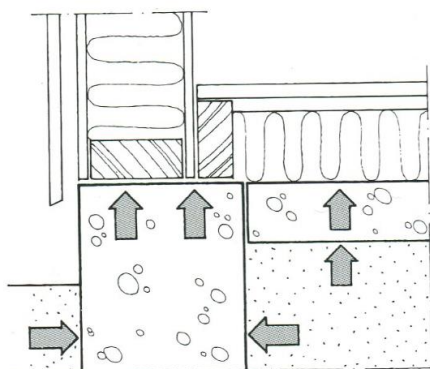
2.6.1 Veden painovoimainen siirtyminen

Veden painovoimaisessa siirtymisessä veden suunta on alaspäin pystysuoraan tai kaltevaa pintaa pitkin. Siirtyminen tapahtuu maan painovoiman vaikutuksesta. Painovoimainen siirtyminen on veden siirtymistavoista helpoiten ymmärrettävissä ja havaittavissa. /4, 10/

Rakennuksissa ideaalinen painovoimainen siirtyminen tapahtuu esimerkiksi kattoa pitkin, sadevesi- ja viemäriputkissa sekä kylpyhuoneiden kaadoissa. Ei-toivottu veden siirtyminen tapahtuu rei'istä, raoista, saumoista ja halkeamista rakenteiden sisälle. /10/

2.6.2 Veden siirtyminen kapillaarisesti

Kapillaarisuudella tarkoitetaan huokoisen materiaalin kykyä imeä ja siirtää neste-mäistä vettä itseensä tämän ollessa kosketuksissa veteen tai toiseen kapillaarisesti kosteaan materiaaliin /11/. Vesi siirtyy pintajännitysvoimien aiheuttamien huokoisali-paineiden vaikutuksesta ja pyrkii saavuttamaan kapillaarisen kosteustasapainon. Huokoisali-paine on sitä suurempi mitä pienemmät ovat aineen huokoiset. Kosteus-tasapaino tavoitetaan, kun kosteus on noussut siihen pisteeseen, jossa huokoisali-paineen nostovoima on tasapainossa maan vetovoiman kanssa. Kosteustasapaino tavoitetaan myös kapillaarisesti kostean materiaalin ja sitä ympäröivien ilman kos-teuden välillä. Tätä kutsutaan dynaamiseksi tasapainotilanteeksi ja sitä voidaan luonnehtia myös niin, että kapillaarisesti siirtyvän veden nousukorkeus tasapainot-tuu aineen pinnoilta haihtuvan kosteuden kanssa. /10/



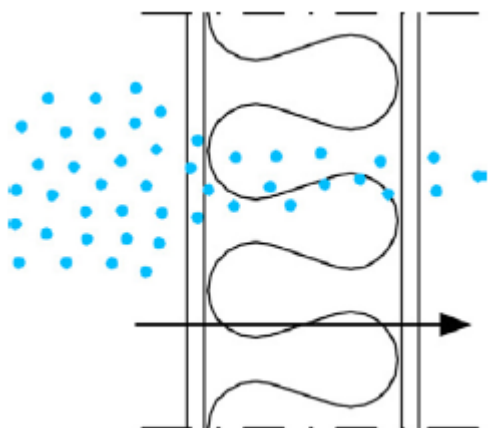
Kuva 4. Kapillaarinen vedenliike perustuksissa. /5/

Kapillaari-ilmiö tapahtuu etenkin perustuksissa kuten kuvassa 4 on esitetty. Kapil-laarinen veden liike pyritään yleensä katkaisemaan vettä läpäisemättömillä materi-aaleilla sekä maa-ainetyöillä, jotka ovat huokoiskoolta niin suuria, että vesi ei siirry kapillaarisesti. Esimerkkinä kapillaarisen kosteuden siirtymisestä muualla voidaan pitää rapattua tiilijulkisivua, jossa rappausmateriaalissa on tavallisesti pie-nemmät huokoiset kuin tiilessä, jolloin rappauksen huokoiset aiheuttavat kapillaa-risen imun tiiliseinästä. Tämä voidaan havaita sateen jälkeen, kun rappaus näyttää märältä pitkän ajan. Tämä johtuu siitä, että sateesta kastuneesta tiiliseinästä kosteus

siirty rappaukseen imun avulla. /5/ Kapillaarinen kosteustasapaino taas esiintyy esimerkiksi alapohjien sorakapillaarikatkoissa, jolloin kapillaarinen nousu pysähtyy liian suuriin huokosiin eikä kapillaarisuuden nostovoima enää riitä siirtämään kosteutta. /10/

2.6.3 Kosteuden siirtyminen diffuusiolla

Diffuusiolla tarkoitetaan vesihöyryn siirtymistä vesihöyryn osapaineesta. Diffuusiossa ilman kosteus siirtyy suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Vesihöyryn osapaineen aiheuttaa ilmassa oleva vesihöyry. Käytännössä paine-erot syntyvät, kun ilmassa oleva vesihöyry ei ole tasaisesti jakaantunut kaikkialle. Osapaineen suuruus vaihtelee lämpötilan tai vesihöyrypitoisuuden mukaan. /4/



Kuva 5. Vesihöyryn diffuusion periaate /4/

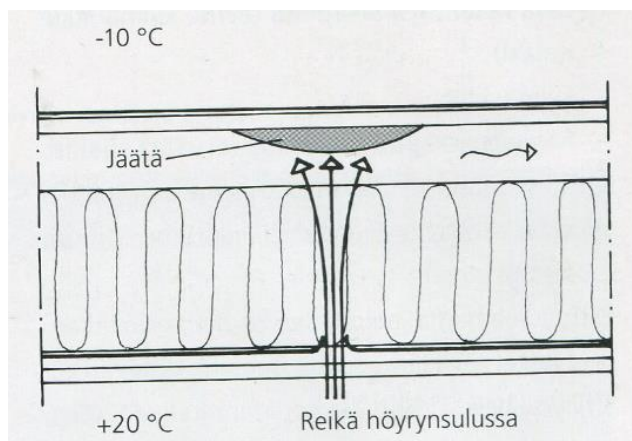
Rakennustekninen riski diffuusion kanssa syntyy, kun sisä- ja ulkoilma sisältävät eri määrän vesihöyryä ja tasaantuminen tapahtuu epähallitusti rakenteen läpi kuten kuvassa 5 on havainnollistettu. Kuvassa pallojen määrä esittää ilmankosteuden määrää ja nuoli diffuusion suuntaa. Tavallisesti lämmin sisäilma sisältää enemmän vesihöyryä, jolloin vesihöyryn osapaine on suurempi kuin viileässä ulkoilmassa, josta seuraa se, että sisäilman vesihöyryn diffuusiovirta on sisäpuolelta ulospäin. Diffuusion suunta on kuitenkin aina suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään, mikä tarkoittaa, että lämpötila ei välttämättä ratkaise ja diffuusiovirran suunta voi myös olla kylmästä lämpimään, jos kosteuspitoisuus kylmässä tilassa on

suurempi kuin lämpimän tilan. Diffuusiosta aiheutuva kosteuden siirtyminen rakennusmateriaaleissa on osittain kapillaarista, sillä kosteus kulkee paineen vaikutuksesta materiaalin huokosten läpi. Rakenteissa siis puhdas diffuusio pääsee harvoin tapahtumaan. /4, 5/

Diffuusiolla rakenteisiin siirtynyt kosteus voi usein tiivistyä, varsinkin kun rakenteessa vastaan tulee lämpötila, joka on vesihöyryn kastepisteen suuruinen tai alhaisempi. Siksi yleensä tiivistyminen tapahtuukin kylmäsilloissa. Haittavaikutukset tapahtuvat useinkin juuri talvella, kun sisä- ja ulkopuolen välinen vesihöyryn osapaineen erot ovat suurimmillaan, tällöin myös tiivistyminen rakenteessa on mahdollista johtuen rakenteen alhaisista lämpötiloista. /5/ Diffuusioilmiö tapahtuu myös positiivisessakin mielessä, kun ajatellaan rakenteen kuivumista, sillä siinä missä sisäilman kosteus voi siirtyä rakenteeseen niin kosteus rakenteesta voi siirtyä ulkoilmaan. Vesihöyryn diffuusion takia rakenteisiin sisäpuolelle asennetaan vesihöyrytiivis materiaali eli yleensä muovikalvo, jota kutsutaan höyrynsulkumuoviksi. Höyrynsulkumuovi estää siis sisäilman kosteuden pääsemisen rakenteisiin. Diffuusio huomioidaan myöskin niin, että materiaalien tulee läpäistä paremmin vesihöyryä rakennekerroksittain ulospäin mentäessä, mikä edesauttaa liiallisen kosteuden siirtymistä pois rakenteesta. /3/

2.6.4 Kosteuden siirtyminen konvektiolla

Kosteuden siirtyminen konvektiolla tarkoittaa veden tai ilmaan sitoutuneen vesihöyryn siirtymistä ilman kokonaispaine-eron eli ilmavirran vaikutuksesta. Kosteuden siirtymistä konvektiolla kutsutaan myös nimellä kosteuskonvektio /4/. Kokonaispaine on osapaineiden summa, joka pyrkii tasapainoon ympäröiviin olosuhteisiin. Rakennuksien paine-erot voivat syntyä ilman lämpötilaeroista, tuulesta sekä siitä, kuinka rakennuksen ilmanvaihto on järjestetty ja ne ovat yleensä eri suuria sisätilojen välillä sekä ulkona. Nämä paine-erot aiheuttavat ilmavirtauksia. /4, 5/



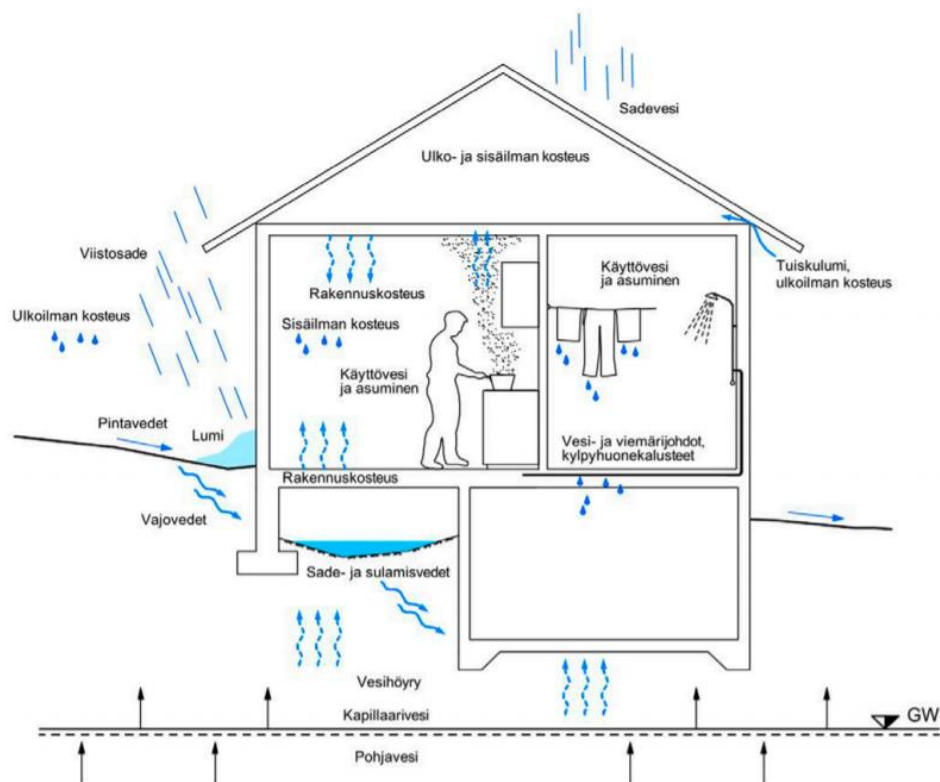
Kuva 6. Konvektiovirtaus yläpohjaan. /5/

Konvektiovirtaus aiheuttaa kosteusteknisen riskin, kun kostealla sisäilmalla on mahdollisuus virrata rakennuksen ulkovaipan sisälle. Konvektiovirtauksella rakenteeseen päässyt vesihöyry voi esimerkiksi tiivistyä rakenteisiin, jos rakenteen lämpötila on alle kastepisteen. /4/ Virtaukset tapahtuvat usein puutteellisten ilmasulkujen tai muiden epätiivien rakenteiden ansiosta, mutta myös huono ilmanvaihto kasvattaa virtaamisen riskiä. Kuvassa 6 on esitetty konvektiovirtaus ja sen käyttäytyminen katonmyötäisessä yläpohjarakenteessa. Konvektiovirtaus on kuvassa päässyt yläpohjaan höyrinsulussa olevan reiän läpi sekä tiivistynyt ja jäänyt vesikatteen sisäpintaan. Konvektiovirtaukset rakennuksissa ovat kuitenkin ilmavirran suuntaisia, eli suuremmasta ilmanpaineesta pienempään ja virtausta tapahtuu myös seinien ja alapohjien läpi. Tavallisesti konvektiovirran suunta on savupiippuvaikutuksen mukaisesti, mikä tarkoittaa pientaloissa, että yläpohjassa ja seinien noin puolesta välistä ylöspäin on ylipaine ja alapohjassa sekä seinien alaosissa alipaine. Tämä johtaa siihen, että ilma pyrkii ylipaineesta pois rakennuksesta ja alipaineen alueilla kohti rakennusta. Rakenteiden läpi kulkevia konvektiovirtauksia pyritään estämään ilmatiiviillä rakennusmateriaaleilla kuten höyrinsulkumuovin tai ilmavirran estävän ilmansulkupaperin avulla. Tässä tulee huomioida, että Ilmansulkupaperi ei estä kosteuden diffuusiota. Kosteuskonvektiota hallitaan myös ilmanvaihdon avulla tekemällä rakennuksen sisälle pieni alipaine, jolloin rakennuksen savupiippuvaikutuksesta aiheutuvat paineet eivät olisi niin voimakkaita. Suunnitellulla kosteuskonvektiolla pyritään taas kuivattamaan rakenteita. Sitä hyödynnetään esimerkiksi ala- ja yläpohja sekä seinien tuuletustiloissa sekä -väleissä. Siinä periaatteena

on, että kuiva viileä ulkoilma virtaa tuuletettavaan tilaan ja pois. Tuuletettavassa tilassa ilma lämpenee ja sitoo kosteutta. Tuuli sekä ilman lämpötilan muutos saa aikaan ilman liikkumisen. Käytännössä siis rakenteen kosteuspitoisuus tasaantuu ulkoilman kosteuden kanssa. /3-5/

2.7 Rakennuksen kosteuslähteet

”Rakennuksissa ja rakenteissa esiintyvä kosteus ilmenee näkyvänä vetenä, näkymättömänä vesihöyryinä tai rakenteisiin sitoutuneena rakennekosteutena” /5/. Kuvassa 7 on esitetty rakennuksien yleisimmät kosteuslähteet, jotka voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin. Kosteuslähteissä tulee myös huomioida se, että vuodenajoilla on suuri merkitys kosteuslähteisiin sekä kosteuden siirtymiseen. Ulkoisia lähteitä ovat yleisesti säästä ja maaperästä lähtöisin oleva kosteus, kun taas sisäisiä kosteuslähteitä ovat ihmiset, ruoanlaitto, peseytyminen, putkivuodot sekä rakennuskosteus /3/.



Kuva 7. Rakennukseen kohdistuvat kosteuslähteet /3/

Kosteuslähteiden tiedostaminen ja niiden vaikutuksille varautuminen ovat tärkeimpiä tehtäviä rakenneosia suunniteltaessa. /3/ Tästä huolimatta rakenteita on

suunniteltu sekä toteutettu kosteusteknisesti riskialttiiksi tai toimimattomiksi, vaikkakin kosteuslähteet ovat olleet helposti tunnistettavissa menneinäkin aikoina. Uskon, että suunnittelijat ovat tiedostaneet kosteuslähteistä aiheutuvat rasitukset, mutta eivät ole huomioineet niistä aiheutuvia ongelmia kuten esimerkiksi mikrobivauriot. Siksi on tärkeää tunnistaa kosteuslähteet, jolloin voidaan tiedostaa mahdolliset riskitekijät sekä arvioida rakenteiden toimivuutta.

2.7.1 Ulkopuoliset kosteuslähteet

Näkyvimpänä ulkopuolisista kosteuslähteistä on sadevesi, joka rasittaa ulkopuolisia rakennusosia kuten vesikattoa, ulkoseiniä sekä vajovetenä perustuksia. Sade voi olla vettä, räntää tai lunta, jolloin rasituksen kestot sekä vaikutukset ovat erilaisia. Rätäsadetta pidetään kastelevimpänä, koska sillä on pisin vaikutusaika ja se jää loiville ja vaakasuorille pinnoille pitkäksi aikaa. Normaalin pystysateen lisäksi huomattavan kosteusrasituksen aiheuttaa tuulen ja sateen yhteisvaikutuksesta syntyvä viistosade, joka kohdistuu vaakasuorien lisäksi myös pystysuoriin pintoihin. Tuuli voi myös puskea veden tai lumen rakenteisiin tuuletusrakojen kautta. Sadevedet myös voivat tunkeutua mahdollisista katon, ulkoseinien tai liittymien vuotokohdista, jolloin aiheutuu kosteusrasitusta alusmateriaaleille ja eristeille. Perustuksille tulevista kosteusrasituksista osa koostuu sadevesistä ja lumen sulamisvesistä vajovetenä, mutta myös pintavesi voi kulkeutua maan pintaa pitkin perustuksille. Roiskevedeksi kutsutaan sadevettä, joka maahan roiskuessaan osuu rakennukseen samalla rasittaen ulkoseinien alaosa. /3–5/

Maa- tai kallioperästä peräisin oleva kosteusrasitus rakennuksien alapuolisille rakenteille koostuu kosteuden noususta pohjavedestä kapillaarisesti tai maaperästä vesihöyryinä tai pintavesistä aiheutuvasta vajovedestä. Luonnollinen maaperä sekä huonolaatuiset maatäytteen siirtävät usein kapillaarisesti kosteutta, sillä maa-ainesten huokoiset ovat liian pieniä sekä maa on kosketuksissa kapillaarisessa kosteustilassa olevaan muuhun maaperään. Maa- tai kallioperästä myöskin nousee lähes aina kosteutta vesihöyryinä diffuusiolla, sillä maaperän suhteellinen kosteus on aina lähes sata prosenttia. Pintavedellä tarkoitetaan maanpäällistä vettä, joka esiintyy jokinä, järvinä ja sadevetenä maan pinnalla. Vasta, kun pintavedet imeytyvät

maakerrosten läpi, siitä muodostuu pohjavettä, jota voidaan kuvailla rajana, josta alaspäin maaperä on kyllästyskosteudessa eli huokoisissa voi olla kiinteää vettä. Pohjaveden korkeus vaihtelee sademääristä ja sijainnista riippuen. /3, 4/

Ulkoilman kosteus on jatkuvassa vaikutuksessa rakennuksen ulkovaipan kanssa. Yleensä ulkoilma on sisäilmaa kuivempaa ja näin ollen sillä on kuivattava vaikutus rakenteeseen, mutta on olemassa jaksoja, jolloin ulkoilma on niin kosteaa, että se voi aiheuttaa mikrobivaurioriskiä. Esimerkiksi syksyllä ilmankosteus voi kohota korkeaksi sateiden ja alhaisen lämpötilan johdosta. Kyseiset jaksot voivat olla joskus vaarallisenkin pitkiä, mutta yleensä rakenteet ehtivät kuivua kosteiden jaksojen välissä. /3/

2.7.2 Sisäpuoliset kosteuslähteet

Yleisesti ottaen rakennuksien sisäilman kosteus ja nestemäinen vesi aiheutuvat normaalista asumisesta eli ihmisistä, peseytymisestä ja ruoanlaitosta. Suurimmat kosteuslähteet ovat suihkutilat, uima-altaat ja saunat, muita ovat wc-tilat, kodinhoitohuoneet ja keittiöt. Nestemäinen vesi voi kulkeutua esimerkiksi rakenteisiin puutteellisen vedeneristyksen, veden ohjauksen tai viallisen viemäröinnin ansiosta. Asumisesta aiheutuva ilmaan haihtuva vesihöyry voi tunkeutua rakenteisiin puutteellisen ilman- tai höyrynsulkujen kautta diffuusio- tai konvektioilmiöiden vaikutuksesta. /3/

Kondensoituminen voi tapahtua sisätiloissa kylmävesiputkien pinnoilla tai ulkoilmaan kosketuksissa olevien puutteellisesti eristettyjen ilmanvaihtoputkien sisäpinnoilla. Eli kondensoituminen tapahtuu rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välimaastossa. Kondensoitumista tapahtuu tavallisesti myös vesikatteen sisäpintaan lämpötilojen vaihtelusta. Kondensoitumisesta aiheutuva kosteus voi olla vaikea havaita hyvissä ajoin, sillä rakenteet johon kondensaatiota syntyy voivat olla vaikeissa paikoissa eikä kosteudesta ilmene välittömästi ongelmia. /3, 4/

Rakennus- tai rakennekosteudella tarkoitetaan kosteutta, joka ylittää materiaalin tasapainokosteuden rakennuksen käytön aikana. Kosteus on päässyt rakenteisiin tai rakennusaineisiin rakentamisen aikana tai sitä ennen. Liiallinen kosteus tulee antaa

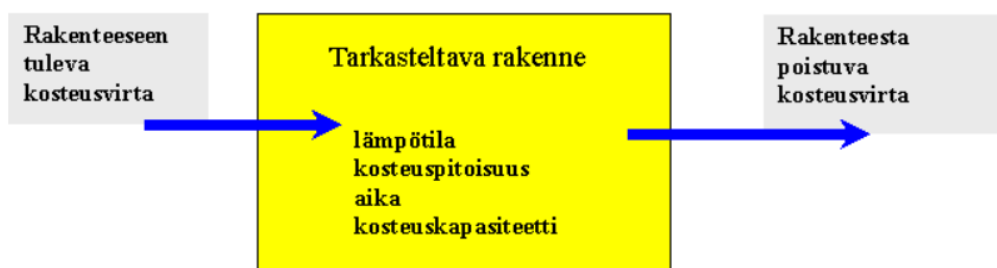
kuivua pois, jottei esimerkiksi betonilaatta, jossa kosteutta on paljon ylimääräisen seosveden tai muun kastumisen ansiosta, aiheuta kosteus- tai mikrobivaurioita. Kosteus yleensä haihtuu ilmaan vesihöyrynä. /3/ Toinen tavallisesti rakenteiden sisällä piilevä kosteuslähde on putkivuodot. Putkivuoto esimerkiksi alapohjarakenteen sisällä voi kastella rakenteen laajalta alueelta ja aiheuttaa merkittävän kosteusvaurion. Rakennuskosteus ja putkivuodot poikkeavat muista kosteuslähteistä siinä, että ne ovat yleensä seurausta huolimattomasta työstä tai puutteellisista huoltotoimenpiteistä. /4/

3 KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIOT

Tässä opinnäytetyössä olennaisten riskirakenteiden vaurioitumisen aiheuttaja on tavanomaisesti kosteus, jolloin voidaan puhua rakenteiden kosteusvaurioitumisesta. Kosteusvauriot siis syntyvät rakennusosien tai materiaalien kastuessa ja niiden kosteuspitoisuuden pysyessä suurena liian pitkään. Kosteusvaurioituneet rakenteet tai rakenneosat tulisi aina korjata tai vaihtaa /1/. Kosteusvaurioihin johtaa usein se, että rakenteita ei ole suunniteltu oikein, rakenteissa on virheitä, rakennusosat ovat vanhoja tai ylläpito on puutteellista. Kosteusvauriot voivat olla hyvinkin paikallisia tai kattaa kokonaisia rakennusosia. Materiaalin tai sen pintojen ollessa pitkään kosteana voi aiheutua homekasvustojen tai materiaalien lahovaurioiden syntymistä. Tällaisia vaurioita kutsutaan erillisellä nimellä, joka on yleisesti mikrobivauriot. /12/ Kosteusvaurio, jossa on todettu mikrobikasvustoa, voidaan kutsua kosteus- ja mikrobivaurioksi /1/. Kosteus voi myös aiheuttaa kemiallisia tai fysikaalisia vaurioita, kuten emissioita, ruostumista sekä materiaalien muodonmuutoksia. /13/ Tämän luvun kolmannessa kappaleessa on käsitelty hiukkaismaisia sekä kaasumaisia epäpuhtauksia, jotka eivät varsinaisesti kuulu riskirakenteiden kosteusvaurioihin. Tästä huolimatta päätin ottaa ne mukaan tutkimukseen, sillä ne ovat olennaisia asioita vanhoissa rakenteissa sekä ne tulee huomioida kuntotutkimusvaiheessa.

3.1 Yleistä kosteusvaurioista

Kosteusvaurioilta voi välttyä, mikäli rakenne tai materiaalit kykenevät kuivumaan kosteusrasituksen jälkeen riittävän nopeasti. Selvää aikarajaa kosteusvaurioitumiseen ei ole. Vaurion alkaminen ja eteneminen tapahtuu eriävin tavoin eri materiaaleissa, kosteuspitoisuuksissa ja lämpötiloissa /13/. Rakenteen tai materiaalin kosteusvaurioitumisen yleisperiaate on esitetty kuvassa 8. Kosteusvirta tarkoittaa siirtyvää kosteutta. Jokaisella aineella on kuitenkin oma kosteuskapasiteetti, joka määrittelee sen, kuinka paljon kosteutta se voi sitoa. Tämä johtaa siihen, että eri materiaalit vaurioituvat eri määristä kosteutta, kuten havainnollistin kappaleessa 2.5. /13/



Kuva 8. Rakenteen kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. /13/

Kuitenkin materiaalien pinnoilla on todennäköisesti aina mikrobeja ja kasvu alkaa olosuhteiden ollessa suotuisat, jolloin kosteusolosuhteet määrittävät kuinka kauan ja kuinka laajaksi mikrobivauriot leviävät. Merkittävää on, että kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakenteen kuivuminen ei poista siihen mahdollisesti syntyneitä mikrobikasvustoa, sillä mikrobit kestävät kuivuutta ja jatkavat kasvuaan olosuhteiden muuttuessa jälleen suotuisiksi. Myöskin kuollut mikrobikasvusto voi aiheuttaa sisäilmaongelmia. /14/

Kosteuslähteistä aiheutuvia haittoja voidaan estää valitsemalla jo suunnittelu vaiheessa todetusti kestäviä ratkaisuja tai korjata vaurioherkät rakenteet kosteusteknisesti toimiviksi. Myös rakennuksen asianmukainen käyttö ja ylläpito estää mahdollisten kosteusvaurioiden syntymisen. Suunnittelussa tulee ajatella niin, että rakenne pääsee kastumaan jossain vaiheessa elinkaarensa aikana, jonka vuoksi rakenteille tulisi aina varmistaa riittävä kuivumiskyky. Kuivumiskyky voidaan tavoittaa esimerkiksi tekemällä rakennekerrokseen asianmukaisia tuuletusvälejä tai tuuletusti-loja, jotka ovat yhteydessä ulkoilmaan ja antavat rakenteille mahdollisuuden tasata kosteusolosuhteet ympäröivän ulkoilman kanssa. Tällöin rakenteelle on luotava riittävät edellytykset ilmavirran siirtämiseen ilmanotto- ja poistoaukkojen kautta. Tuuletuksen riittämättömyys tai toimimattomuus on selvä riskitekijä rakenteelle, sillä liiallinen kosteus tai sen kerääntyminen rakenteisiin voi aiheuttaa kosteusvaurioita. Tuuletusrakojen peittäminen, tukkeutuminen tai niiden ahtaus estävät yleensä niiden tarkoituksellisen toimivuuden. Hyvä tuuletus siis mahdollistaa liiallisen kosteuden kuljettamisen ilmavirran avulla pois rakenteesta. Muita keinoja kuivumiskyvyn saavuttamiseksi on vettä läpäisevien ja läpäisemättömien materiaalien

asianmukainen käyttö rakennekerroksissa sekä rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihdon järjestelyt. /3/

Sisäilmaston kannalta kosteus- ja mikrobivaurioitumisen riskiä voidaan pienentää asettamalla sisäilman suhteellisen kosteuden tavoitetasoksi lämmityskaudella 20–40 prosenttia. Korkeampi suhteellinen kosteus johtuu yleensä huonosta ilmanvaihdosta. Kesäisin sisäilman suhteellinen kosteus vaihtelee ulkoilmankosteuden mukaan 50–70 prosentin välillä. Rakennuksen ilmankosteus kuitenkin muuttuu ulkopuolisen ilmankosteuden johdosta kuitenkin hyvin paljon. Esimerkiksi kovalla pakkasella hyvinkin alhaiseksi ja kosteina aikoina erittäin korkeaksi. /15/

Kosteusvaurioista tai kosteudesta yleisesti voi seurata muutakin kuin mikrobivaurioita. Kosteus esimerkiksi nopeuttaa raudan tai teräksen ruostumista eli korroosiota, joka voi vaikuttaa rakenteen kestävyyskykyyn. Kosteuden vaihtelut voivat myös aiheuttaa materiaalin muodonmuutoksia eli mittojen pientymistä sekä suurentumista. Myöskin kivipintojen rapautuminen, kalkkeutuminen sekä sammaloituminen johtuvat yleensä liiasta kosteudesta materiaaleissa. Kosteuden siirtymisestä aiheutuva paine voi irrottaa maalipintoja sekä saada aikaan sen hilseilyä. Tällaiset kosteuden haitat ovat usein vain esteettisiä pinnoitevaurioita, mutta vaikutus voi kuitenkin lyhentää merkittävästi rakenteen tai rakennusosan käyttöikä. /3–5/

3.2 Mikrobivauriot

Liiallisesta kosteudesta aiheutuu aina riski mikrobivaurioitumiseen. Mikrobeista aiheutuvat epäpuhtaudet voivat kulkeutua rakenteista sisäilmaan esimerkiksi ilmavirtauksien mukana, mikä taas voi aiheuttaa sisäilmasto-ongelmia eli muun muassa terveys- ja hajuhaittoja. Rakennuksissa olevilla mikrobeilla tarkoitetaan yleensä home-, hiiva- sekä lahottajasieniä ja bakteereja /16/. Mikrobeita ovat kuitenkin myös virukset, levät ja alkueläimet. Mikrobit ovat monipuolisia, toisistaan poikkeavia eliöitä, joilla on erinomainen lisääntymiskyky. Mikrobeja esiintyy kaikkialla, sillä ne sopeutuvat hyvin erilaisiin olosuhteisiin. Ulkoilmassa mikrobeja esiintyy pääsääntöisesti maaperässä, kasveissa ja vedessä. Mikrobeja esiintyy runsaasti myös kaikkialla rakennuksissa, koska ne kulkeutuvat helposti esimerkiksi ilmavirran mukana. Sisäilman mikrobikantaan vaikuttaa muun muassa ulkoilman mikrobit

sekä mikrobien sisälähteet eli esimerkiksi elintarvikkeet, polttopuut, huonepöly, kotieläimet ym. /17/

Mikrobit lisääntyvät usein nopeasti. Niiden kasvuedellytyksiä ovat kuitenkin kosteus, ravinteet, lämpötila, pH, happi, valo ja ilman liike. Välttämätöntä mikrobien kasvulle on vesi eli kosteus, sillä täysin kuivassa ympäristössä mikrobit eivät kasva. Mikrobit eivät kasva ilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 30 prosenttia, mutta ilman suhteellisen kosteuden ollessa yli 70 prosenttia, on mikrobikasvu todennäköistä. Mikrobilajeilla on erilaisia kosteusvaatimuksia kuten esimerkiksi lahottajasieni vaatii korkeamman vähintään 95 prosentin ilmansuhteellisen kosteuden. Huomattava merkitys on materiaalin paikallisella kosteudella verrattuna yleisilman suhteelliseen kosteuteen. Yleensä rakenteiden home- ja lahovaurioihin johtaa materiaalin tai rakenteen kosteudensietokyvyn ylittänyt, pitkäaikainen kosteusrasitus. Ravinteiksi mikrobeille kelpaa lähes kaikki eloperäinen materiaali. Tällaisia materiaalia rakennuksissa on muun muassa puu, kipsilevyn kartonki ja tapetti. Mikrobit voivat kuitenkin hyödyntää ravinteenaan myös huonepölyä, jolloin mikrobit voivat myöskin kasvaa epäorgaanisilla pinnoilla kuten betoni ja teräs. Pääsääntöisesti rakennusten ja rakenteiden lämpötilat eivät rajoita mikrobien kasvua muiden kasvuvaatimusten täytyessä, sillä mikrobit säilyvät elinkykyisinä laajalla lämpötila-alueella. Mikrobeista jotkut voivat kasvaa korkeissa, jopa yli 50 asteen lämpötiloissa tai matalissa, kuten noin -5 asteen lämpötilassa. Homesienten kasvun optimilämpötila on kuitenkin noin +20–25 asteen välillä, mutta useimmat homesienistä pystyvät kasvamaan +5–35 asteen lämpötila-alueella. Myös pH-alue on laaja, jolla muun muassa homesienet ja aktinobakteerit (sädesienet) kasvavat. Happi on homeelle välttämätöntä, kun taas bakteerit voivat kasvaa täysin ilman happea. Homeet kuitenkin tyytyvät hyvin vähähappiseen ympäristöön. Mikrobit eivät vaadi kasvaakseen valoa, vaan ne voivat kasvaa niin valossa kuin myös pimeässä. /17/

3.3 Muut epäpuhtaudet

Riskirakenteista kuten kaikista rakenteista ylipäätään voi aiheutua sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä kuten hiukkaismaisia tai kaasumaisia epäpuhtauksia. Nämä eivät kuitenkaan määrittele rakenteesta riskirakennetta, sillä riskirakenne on

rakennusfysikaalisesti katsottuna riskialtis. Mahdollisesti käytettyjen materiaalien aiheuttamat päästöt ovat vain lisä, joka kannattaa huomioida, sillä useimpien riskirakenteiden rakentamisajankohtana on käytetty paljon materiaaleja, joista voi aiheutua sisäilmanlaatua heikentäviä epäpuhtauksia. Terveydelle haitallisia aineita tai materiaaleja on voitu käyttää esimerkiksi rakennuslevyissä, pikipapereissa, vesieristyksissä ja puun kyllästysaineissa ynnä muissa.

Sisäilmassa saattaa esiintyä erilaisia hiukkasmaisia epäpuhtauksia, joihin pääsääntöisesti vaikuttaa niin ihmisen oma toiminta huoneistossa kuin myös ulkoa tulevat hiukkaset. Haitallisina määrinä sisäilmassa saattaa esiintyä muun muassa eräitä hiukkasia, pölyjä ja kuituja. /4, 18/

Pöly voi olla muun muassa betonipölyä, kipsipölyä, puupölyä tai katupölyä /4/. Huoneissa leijuva pöly koostuu epäorgaanisista ja orgaanisista hiukkasista ja se voidaan jaotella kahteen luokkaan eli hienopölyyn ja karkeaan pölyyn. Hienopölyä on pöly, joka on kooltaan alle yhden mikrometrin kokoista. Sitä syntyy muun muassa liikenteestä, energiantuotannosta ja puun pienpoltosta. Karkeaa pölyä puolestaan on pöly, joka on kooltaan yli yhden mikrometrin kokoista. Se on pääsääntöisesti ihmisen tuottamaa tai peräisin ulkoilmasta. Pöly, joka laskeutuu pinnoille, on karkeaa pölyä. /4, 19/ Hiukkasia eli pölyä kulkeutuu sisäilmaan niin ulkoa kuin myös rakennuksen rakenteista, jos ilma pääsee kulkeutumaan rakenteiden läpi hallitsemattomasti. Sisäilmaan hiukkasia saattaa kulkeutua myös likaisten ja huonokuntoisten ilmanvaihtolaitteiden ja -kanavien kautta. /18/ Pölyistä erityisesti betoni- ja puupöly saattaa aiheuttaa erilaisia ärsytysoireita limakalvoilla ja näin myös lisätä keuhkosairausten riskiä altistumisen ollessa pitkäkestoista /4/.

Sisäilmassa esiintyvät kuidut voivat olla peräisin muun muassa lasi-, vuori- tai jätelasivillamateriaaleista, joita käytetään esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän äänenvaimentimissa, ilmansuodattimissa, akustointilevyissä sekä rakenteissa äänen-, palon- ja lämmöneristeinä. Materiaaleista irtoaa kuituja erityisesti niiden haurastuttua iän myötä tai mekaanisen rasituksen, ilmavirtauksen tai värinän johdosta. Sisäilmaan irronneet kuidut voivat aiheuttaa muun muassa ärsytysoireita iholla, silmissä ja limakalvoilla. Limakalvoille päätyneet kuidut saattavat myös tehdä limakalvoista alttiimmille erilaisille bakteeri- ja virusinfektioille. /4, 18/

Sisäilmahaittoja rakennuksissa aiheuttavat usein myös erilaiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet sekä muut haihtuvat yhdisteet tai haitta-aineet, kuten kaasu ja muut hiukkasmaiset yhdisteet ja materiaalit. /4/ VOC-yhdisteillä tarkoitetaan kaasuja, joita vapautuu muun muassa rakennus- ja sisustusmateriaaleista, pesuaineista sekä joissain tapauksissa myös mikrobikasvustoista. Sisäilman VOC-pitoisuuteen vaikuttaa muun muassa rakennuksen ikä, VOC-yhdisteitä sisältävät materiaalit, liikenne, teollisuus, ilmanvaihto, huoneen lämpötila sekä kosteus, haju- teet ja puhdistusaineet. /20/

Liiasta kosteudesta materiaalissa aiheutuvat kaasumaiset epäpuhtaudet ovat ammoniakki sekä formaldehydi. Ammoniakki on väritöntä ja omaa tunnusmaisen pistävän hajun. Kaasu ärsyttää silmiä sekä limakalvoja. Ammoniakkia vapautuu sisäilmaan yleensä eloperäisten tasoitteiden hajoamisreaktioista. Hajoamisreaktioita nopeuttaa kosteus. Formaldehydi on myöskin väritöntä ja pistävän hajuista kaasua, joka ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. Muun muassa lastulevyissä, vuorivillassa, liimoissa, hartseissa sekä lakoissa on käytetty formaldehydipitoista liimaa, joka kosteuden sekä lämmön lisäyksestä saa aikaan formaldehydin vapautumisen materiaalista normaalia nopeammin. /21/

Vanhat rakenteet saattavat sisältää sisäilmaan vaikuttavia haitta-aineita. Joita ovat muun muassa asbesti, mineraaliöljyt, PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt, PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit ja metalliyhdisteet. Edellä mainittujen esiintymiseen vaikuttaa erityisesti rakennuksen rakentamis- sekä korjausajankohdat ja sen käyttöhistoria, eikä niiden esiintymiseen vaikuta rakenteissa olevat kosteusmäärät. /4, 22/

4 RISKIRAKENTEIDEN KUNTOTUTKIMUS

Se, että rakenne määritellään riskirakenteeksi ei tarkoita, että se olisi aina vaurioitunut vaan, että riskirakenteet ovat vaurioherkkiä. Tästä seuraa, että riskirakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. Riskirakenteiden vaurioiden todentumista ja niiden vaikutusta sisäilmaan selvitetään yleensä erillisellä kuntotutkimuksella. Rakenteen kuntotutkimuksella tarkoitetaan pintapuolista syvällisempää tutkimista. Rakenteiden kuten riskirakenteiden kuntotutkimuksiin johdetaan esimerkiksi halu selvittää rakenteen kunto, korjaustarve tai etsiä syy rakennuksen huonoon sisäilmanlaatuun. Tässä opinnäytetyössä esiintyvien riskirakenteiden ainoat varmat keinot, joilla rakenteen kunto selvitetään ovat rakenneavaukset sekä mikrobinäytteenotot. /2, 4/

4.1 Rakenneavaus

Käytännössä rakenneavauksella tarkoitetaan, että rakenteen pintaan tehdään aukko joko rakennuksen sisältä- tai ulkoapäin. Rakenneavauksia tehdään, kun rakenteen kunto tai todellinen rakenne halutaan selvittää. Muita yhtä varmoja keinoja tähän tarkoitukseen ei yleensä ole. Rakenneavauksen avulla voidaan nähdä rakenteen sisälle ja tarkastella sen kuntoa aistinvaraisesti. Tarvittaessa voidaan suorittaa materiaalinäytteenottoja (mikrobinäyte tai mm. haitta-ainenäyte) sekä kosteusmittauksia materiaaleista, joita muuten ei pääse mittaamaan. Tavanomaisesti rakenneavauksen yhteydessä tehdään rakennekerroksien ja -kerrospaksuuksien dokumentointi sekä rakenteiden ja mahdollisten vaurioiden valokuvaus. /4/

Rakenneavaukset pyritään tekemään eniten vaurioituneisiin paikkoihin, jolloin voidaan saada mahdollisimman luotettava katsaus rakenteen kokonaisvaltaisesta kunnosta. Vaurion sijaintia voidaan päätellä aistinvaraisesti, rakennuksen käyttäjäkokemusten tai mahdollisten kosteusrasituksien perusteella. Myöskin rakenteiden kosteusmittauksilla voidaan paikantaa vaurioita, mutta mahdolliset kosteus- ja mikrobivauriot voivat olla kauan sitten kuivuneita, joten keino ei ole luotettava. Rakenneavauksessa tehtävän aukon koko on tapauskohtaista, kuitenkin sen tulee olla riittävän iso, jotta tarvittava työ voidaan suorittaa asianmukaisesti. Ennen rakenneavausta on huomioitava aukon teosta mahdollisesti ilmaan vapautuvat

epäpuhtaudet ja tarvittaessa järjestettävä osastointi. Vähintään käytössä tulee olla asianmukaisella suodattimella varustettu imuri. Imurin tulee olla aukkoa tehdessä pölyävän lähteen läheisyydessä, tätä kutsutaan kohdepoistoksi. Osastoinnilla taas tarkoitetaan, että tila, jossa rakenneavaus suoritetaan, tulee eristää ilmatiiviisti muista tiloista sekä alipaineistaa. Osastointia suositellaan erityisesti, kun epäillään rakenteissa olevan vakava kosteus- tai mikrobivaurio tai materiaalit sisältävät tai epäillään sisältävän haitta-aineita. /4/

4.2 Mikrobinäyte

Mikrobinäyte eli rakenteesta otettu materiaalinäyte, josta tarkistetaan mahdollinen mikrobivaurioituminen. Näyte otetaan tavanomaisesti rakenteesta, jos mikrobivaurioitumista ei voida aistinvaraisesti todeta eli tilanteessa, jossa rakenteessa ei ole silminnähtävää mikrobikasvustoa tai on epäselvää, onko rakenne vaurioitunut. Näyte on taas tarpeeton, jos rakenteessa on selviä mikrobikasvuston merkkejä tai se on laho. Myös haju on vahva viite mikrobikasvustosta. Materiaalinäyte on yleensä pinta-alaltaan vähintään tulitikkiuaskin kokoinen pala, joissa on materiaalin pintaa vähintään noin viiden millimetrin syvyydeltä. Mikrobinäytteelle suoritettava mikrobianalysointi tehdään siihen erikoistuneissa laboratorioissa, joissa tutkitaan näytteen sisältämien mikrobien määrää sekä lajistoa. Suuret mikrobimäärät ovat yleensä merkki siitä, että materiaali on homehtunut tai yleisesti sanottuna mikrobivaurioitunut. /4/

Riskirakenteiden näytteenottokohdat ovat usein samoja koskien samanlaisia riskirakennerekaisua. Näytteenotot kohdistuvat yleensä niihin paikkoihin, joista kyseisen rakenteen vaurioituminen alkaa ensimmäisenä. Mikrobinäytteenottoa suorittavan henkilön on kuitenkin osattava arvioida tilannetta aina tapauskohtaisesti. /4/

5 RISKIRAKENTEET

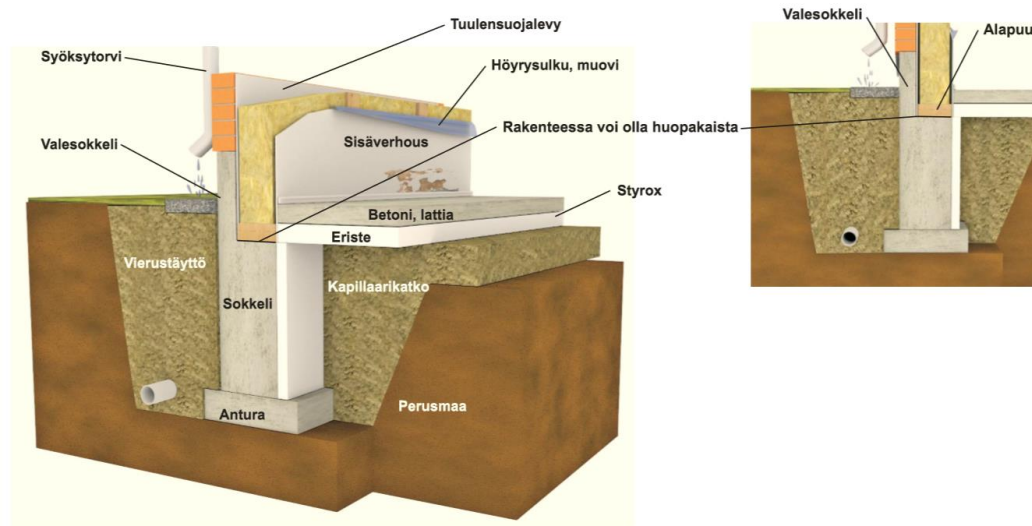
Tässä luvussa esittelen jokaisen riskirakenteen, jota tämä opinnäytetyö käsittelee ja kerron olennaisen rakenteen kosteusteknisestä toiminnasta, vaurioitumisesta sekä kuntotutkimisesta.

Olennaisella tarkoitan tietoa, jota pidän tarpeellisena riskirakennekorttien tekemistä varten. En keskity niinkään erilaisiin riskirakenteiden variaatioihin vaan pyrin käsittelemään rakenteet yleisesti. Moniin erilaisiin riskirakenteiden variaatioihin on johtanut esimerkiksi se, ettei tietynlaisia materiaaleja tai tietoa ollut tarjolla, kun rakenneratkaisu otettiin käyttöön tai ajan ohjeistus on muuttunut vähitellen. Haluan myöskin, että riskirakennekortit tulevat olemaan mahdollisimman yleistäviä, jotta ne olisivat käyttökelpoisia mahdollisimman monessa eri kohteessa.

Jos riskirakenteen olemassaoloa rakennuksissa epäillään tai sellainen on jo todettu, kuten tavanomainen tilanne ennen riskirakennekorttien antamista asiakkaalle on, on korteissa aiheutonta ottaa kantaa siihen, kuinka rakennuksen riskirakenteet tunnistetaan. En myöskään ota kantaa siihen, kuinka kyseisiä rakenteita korjataan, sillä korjausvaihtoehtoja on monia erilaisia sekä jokainen kohde on tapauskohtainen. Kuitenkin neljänä pääperiaatteena kaikkien kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjauksessa voidaan pitää asianmukaista purkua, puhdistusta ja tiivistystä, joiden jälkeen on varmistettava, että uusi rakenne on kosteusteknisesti toimiva. Riskirakenteiden kuntotutkimuksessa otan kantaa vain määrittelemällä rakenteelle kohdan, johon rakenneavaus olisi suositeltavaa ensisijaisesti tehdä. Määrittelen myöskin kohdat, joista mahdolliset mikrobinäytteenotat voisi ottaa, jotta rakenteen kunnosta saadaan hyvä kuva. Tässä kuitenkin tulee huomioida, että jokainen kohde tulee tutkia sekä arvioida aina tapauskohtaisesti.

5.1 Valesokkeli

Valesokkelilla tai toiselta nimeltään piilosokkelilla tarkoitetaan ratkaisua, jossa ulkoseinän kantavan puurungon alapuu on sivuavan sokkelin yläpintaa alempana sekä myös usein lattianpinnan alapuolella.



Kuva 9. Valesokkeli. /2/

Kuvassa 9 on esitetty valesokkelirakenteen periaatekuva. Valesokkeli on yleensä tehty betonista tai kevytsorabetoniharkoista ja sen sisäpinnassa voi olla vedeneristys ja se on tavanomaisesti ulkopuolelta maalattu. Valesokkelin päältä lähtee tiili-verhous julkisivumateriaalina, mutta myös kantava puurunko on voitu koolata yltämään valesokkelin päälle, jolloin koolaus on yleensä lautaverhoiltu. Eräissä ratkaisuissa sokkelin ja puurungon väliin on jätetty ilmaväli. Rakenteen sisäpuolella on voitu myöskin käyttää ilman- tai höyrinsulkua. Vierustäyttöinä sekä kapillaarikatkoina käytetyt maamassat ovat olleet yleensä huonolaatuista. /2, 23/ Hometal-koot -sivuston mukaan valesokkeliratkaisuja on käytetty vuosien 1960–1980 aikana /2/. Valesokkeliratkaisuja on käytetty omakotitaloissa, rivitaloissa sekä myös yksikerroksisissa palvelurakennuksissa, kuten esimerkiksi kouluissa ja sairaaloissa. /25/ Ratkaisun käytöllä on voitu tavoittaa aikaansa nähden energiatehokas, vedoton sekä kohtuuhintainen rakenne. Myöskin rakennuksien lattianpinta saatiin hyvin lähelle ulkopuolista maanpintaa, jolloin portaita ei tarvittu ja kulku oli esteetöntä. /26/

Valesokkelin kosteuslähteeksi lasketaan melkein kaikki mahdollinen eli maaperä, sade- ja pintavedet, sisäilman kosteus ja rakennuskosteus. Maatäytteen hienojakoisuuden ansiosta pääsee usein tapahtumaan kapillaarisuusilmiö, jolloin kosteus siirtyy maaperää ja perustusta pitkin rakenteisiin. Kapillaarinen nousu voi myös jatkuu puurungosta ylöspäin, sillä puu on huokoinen materiaali. Kosteuden nousu rungossa korkealle johtaa yleensä laajempaan vaurioon. Joissakin valesokkeleissa veden kapillaarinen nousu on estetty vettä läpäisemättömällä huopakaistaleella sokkelin ja alapuun välissä, mutta kosteus voi siirtyä rungon alaosaan myös puurungon sivuilta muista rakenteista. Kapillaarisuuteen vaikuttaa myöskin se, että onko rakennuksen ympärillä maaperän kuivausjärjestelmää eli salaojitusta. Rakennetta rasittaa myös maaperästä aiheutuva kosteuden diffuusio, sillä ratkaisuisissa seinärungon alaosalla voi olla ilmayhteys alapohjan maatäyttöön. Diffuusiosta aiheutuva kosteuslisä kulkeutuu myös betonin läpi, mutta hitaammin. Sade- ja pintavedet kaskelevat valesokkelirakenteen, jos rakennuksen katon sadevesien ohjaus on puutteellinen tai rakennuksen ympäristön maanpinnan kaadot ovat kohti rakennusta tai sellaiset, että vesi tai lumi kerääntyy rakennuksen välittömään läheisyyteen. Sadevesi voi kulkeutua myös suoraan reikien tai halkeamien läpi rakenteen sisälle ja valua sokkelin pintaa alas. /2–4, 27/

Sisäilman kosteus voi diffuusio- tai konvektioilmiön vaikutuksesta kulkeutua rakenteeseen, johon päästyään se voi tiivistyä rakenteen valesokkeliosuuden sisäpintaan. Tässä tapauksessa valesokkeli toimii niin sanonutta kylmäsilta, sillä betonisen valesokkelin toinen puoli on ulkoilmaan kosketuksessa. /2/ Tiivistymistä tapahtuu yleensä esimerkiksi talvella, kun valesokkelirakenteen lämpötila on alle sisäilman suhteellisen kosteuden kastepisteen. Sokkelipintaan tiivistynyt vesi voi jäättyä talven aikana, mutta sulaessaan vesi valuu seinän alaosaan. Rakenteessa on kuitenkin voitu käyttää höyrynsulkumuovia tai ilmasulkupaperia, joka estää diffuusion tai konvektion tai molemmat, mutta rakennusmateriaalien ollessa yleensä vanhoja, voidaan tiiveyttä pitää kyseenalaisena. Myös rakennuskosteus voi olla merkittävä tekijä vaurioitumisen kannalta, sillä betoniset rakenteet ympäröivät puurunkoista seinää. Huomattavaa on se, että puurunkoa vasten on tavanomaisesti valettu huoneistolattiat, josta seuraa se, että betonista jälkeinpäin vapautuva ylimääräinen kosteuslisä voi aiheuttaa kosteus- tai mikrobivaurioitumisen riskin heti rakentamisen

jälkeen. Valesokkelin vaurioitumiseen voi vaikuttaa myös muutkin kosteuslähteet, kuten rakennuksen sisältä rakenteeseen päässyt vesi tai putkivuodot. /3, 4, 27/

Kuivuminen tapahtuu rakenteessa hitaasti, mikäli rakenteessa ei ole tuuletusväliä tai vedenpoistoaukkoa sokkelissa puurungon alapinnantasossa. Tästä seuraa se, ettei rakenne kuivu konvektion avulla eikä esimerkiksi julkisivun taakse joutunut nestemäinen vesi pääse virtaamaan pihalle. Eräissä valesokkelirakenteissa voi olla useampi puurungon alapuu päällekkäin, joka johtaa valesokkelin alaosassa alhaisempaan lämpötilaan, sillä puu ei eristä muun eristeen tapaan sekä alapuiden välissä voi olla ilmavälejä. Alhainen lämpötila muun muassa hidastaa veden haihtumista sekä nostaa suhteellista kosteutta entisestään. Seinän alapää voi siis olla ilmatiiviin betonin sekä ilman- tai höyrynsulun välissä, jolloin kosteuden haihtuminen ympärille on vähäistä. /3, 4, 27/

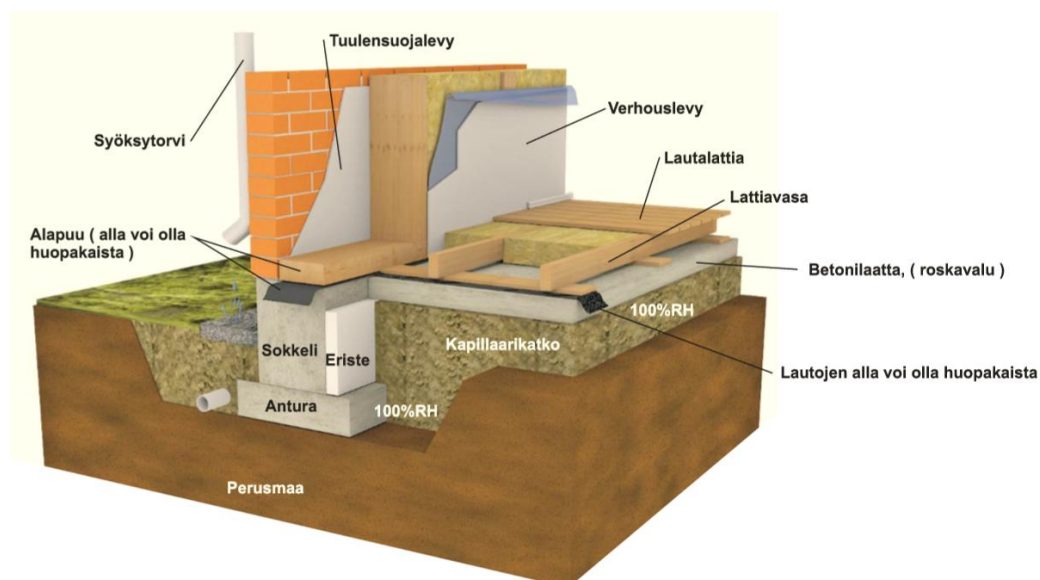
Nykyään valesokkeliratkaisujen käytöstä on luovuttu niiden riskialttiuden vuoksi sekä vanhoja aikaisemmin rakennettuja valesokkeleita on korjattu kosteusteknisesti toimiviksi. Nykyisten asetusten mukaan alapohjien lattianpintojen tulee olla vähintään 30 senttimetriä ulkopuolista maanpintaa korkeampi sekä haitallista kosteutta ei saa päästä seinärakenteisiin. /24/ On myöskin kosteusteknisesti riskialtista jättää eloperäisiä rakenteita kahden huonosti vesihöyryä läpäisemättömän kerroksen väliin, ilman kosteuden poistumisen mahdollisuutta.

Valesokkeliratkaisuista voidaan siis todeta, että seinän alaosalla on suuret kosteusrasitukset sekä erittäin huono kuivumiskyky, jolloin kastuessaan rakenne ei pääse kuivumaan ja täten sillä on suuri riski kosteusvaurioitumiseen. /4/ Merkittävää kuitenkin on se, etteivät kaikki rakennukset, joissa on käytetty valesokkeliratkaisua, ole vaurioituneita /25/. Mielestäni tämä johtuu siitä, että valesokkeleita on tehty huomattavan pitkän ajan, jolloin rakenneratkaisuja on monia erilaisia, vaikka periaate on ollut sama ja jotkut valesokkelit ovat onnistuneet pysymään riittävän kuivina. Kosteusvaurioiden seuraukset ovat yleensä puurakenteiden, eristeiden ja rakennuslevyjen mikrobivaurioituminen, lahon heikentävä vaikutus rakenteen kantokykyyn sekä pintamateriaalien vaurioituminen.

Valesokkelirakenteen kunnan selvittäminen vaatii poikkeuksetta rakenneavauksen, sillä seinärungon alaosan kuntoa ei voida muuten todeta /28/. Vasta rakenneavauksen jälkeen on mahdollista havaita, onko rakenteessa selviä vaurion merkkejä tai epäilystä vaurioista. Joissakin tapauksissa vaurioon viittaa mahdolliset kosteuden aiheuttamat muutokset rakennuslevyissä tai pinnoitteissa rakennuksen sisäpuolella ulkoseinien alarajassa kuten kuvassa 9. Tällaisissa tapauksissa tosin vauriot ovat jo merkittäviä. Tavallisesti valesokkelirakenteen kokonaisvaltaisen kunnan selvittämiseksi on tarpeellista suorittaa useampi rakenneavaus, jolloin varmistetaan riittäväällä laajuudella rakennusosan kunnosta. Koska mikrobivaurioiden syntyminen valesokkelirakenteessa on hyvin todennäköistä, on sen kunnan selvittämiseksi tarvittaessa otettava mikrobinäyte. Mikrobivaurioituminen alkaa yleensä ensin puurunkoisien seinän ”alimman” alapuun alapinnasta, jonka takia mikrobinäyte tulisi ensisijaisesti ottaa siitä. /4, 28/

5.2 Maanvastainen puukorokelattia

Maanvastaisella puukorokelattialla tarkoitetaan ratkaisua, jossa puukorotteen tai puukoolattu eristetty lattiarakenne on maanvastaisen betonilaatan päällä kuten kuvassa 10.



Kuva 10. Maanvastainen puukorokelattia. /2/

Ratkaisuissa puiset rakenteet voivat olla erotettuja betonilaatasta vettä läpäisemättömällä kerroksella eli esimerkiksi huopakaistalla tai koko lattiarakenne voi olla erotettu betonilaatasta vedeneristyksellä. Lämpöeristeinä on usein käytetty orgaanista materiaalia, kuten sahanpurua tai kutterinlastua, mutta myöskin mineraalivillan käyttö on yleistä. Lattiapinnan ja eristeen välissä on myöskin voitu käyttää höyryn- tai ilmansulkukalvoa. Erilaisia puukorotettuja lattiaratkaisuja maanvastaisen betonilaatan päällä on käytetty vuosien 1950–1980 aikana. /2/ Maanvastaisella ratkaisulla on tavoiteltu vaihtoehtoista tapaa kellariperustuksen tilalle ja saada aikaan matalia rakennuksia. Puukorotetuilla lattioilla on taas voitu nostaa matalaperusteisten rakennuksien lattiapintaa ja saada seinän ja lattian eristeiden liitoksista melko yhtäläinen. Ratkaisulla pyrittiin myös mahdollisesti kustannussäästöihin, sillä aikaisemmin rakennuksien alle oli tapana rakentaa kellari. /29/ KH-kortissa 90-00403 Maanvaraiselle laatalle, joka on yläpuolelta eristetty mineraalivillalla, tai sahanpurulla on tekniseksi käyttöiäksi määritelty neljäkymmentä vuotta. Käyttöiän pituuteen kuitenkin vaikuttavat ympäröivät olosuhteet, kuten esimerkiksi, jos rakenne määritellään olevan vaikeassa rasitusluokassa, on rakenteen käyttöiäksi määritelty vain kaksikymmentä vuotta. Käyttöikä normaaliluokassa on puolestaan viisikymmentä vuotta, jos pohjalaatan alla on erillinen lämmöneriste. /30/

Maanvastaisien puukorokelattioiden kosteuslähteet ovat maaperä, rakennuskosteus ja sisäilma. Maaperänkosteus on tyypillinen vaurion aiheuttaja, sillä rakennuksissa maanvastaisien betonilaattojen alapuolinen täyttö on ollut liian hienojakoista aina 2000-luvulle asti, mikä voi mahdollistaa veden kapillaarisen nousun alapohjarakenteeseen /23/. Kapillaarisen nousun ja diffuusion vaikutusta lisää myöskin muiden eristeiden puuttuminen betonilaatan alla /28/. Alapuolelta huonosti eristetyn maanvastaisen alapohjan lämpötila voi olla laatan alla haitallisen suuri, jolloin diffuusiovirta on ylöspäin sisätiloihin. Lämpötilan nousu aiheuttaa siis suuremman vesihöyryn osapaineen, joka pyrkii tasoittumaan sisäilmaan. Mahdolliset vanhat vesieristykset eivät pidä loputtomiin veden siirtymistä sekä sen aiheuttamaa painetta vaan voivat päästää kosteuden läpi jossain vaiheessa. Myöskin vanhat vedeneristykset ovat yleensä levitetty rosoisen betonilaatan pintaan, jolloin vesitiiveys on vaikea saavuttaa. /2, 4, 27, 28/

Alapuolelta eristämättömillä betonilaatoilla on myös riski siihen, että sisäilman kosteus kondensoituu laatan sisäpintaan ulkoseinän läheisyydessä, sillä rakennuksen reuna-alueilla laatan lämpötila voi kylminä aikoina laskea alle sisäilman suhteellisen kosteuden kastepisteen. Eräissä ratkaisuissa on ilmapäli eristeen ja lattia-pinnan välissä, jota on voitu käyttää muun muassa lämmityskanavana, mutta yleisempää kuitenkin on, että eristekerroksen sisällä on ollut lämminvesiputkia. Näiden ansiosta rakenne ei vaurioitu yhtä nopeasti, sillä korkeampi lämpötila tai ilmavirrat voivat laskea rakenteen suhteellista kosteutta. Mikäli lämmitystä ei ole tai se on poistettu käytöstä, on riski kosteus- ja mikrobivaurioihin suurempi. Myöskin rakentamisen jälkeen betonilaatan sitoutunut ylimääräinen rakennuskosteus voi vaurioittaa yläpuolisen rakenneteen pian rakentamisen jälkeen, mikäli rakenteen ei ole annettu riittävästi kuivua. /2, 4, 27/

Rakenteesta haihtuu kosteutta sisäilmaan diffuusioilmion vaikutuksesta, mikä on yleensä melko hidasta. Diffuusion kuivattamisvaikutus on myöskin voitu eräissä ratkaisuissa estää höyrynsulkumuovilla eristeen päällä.

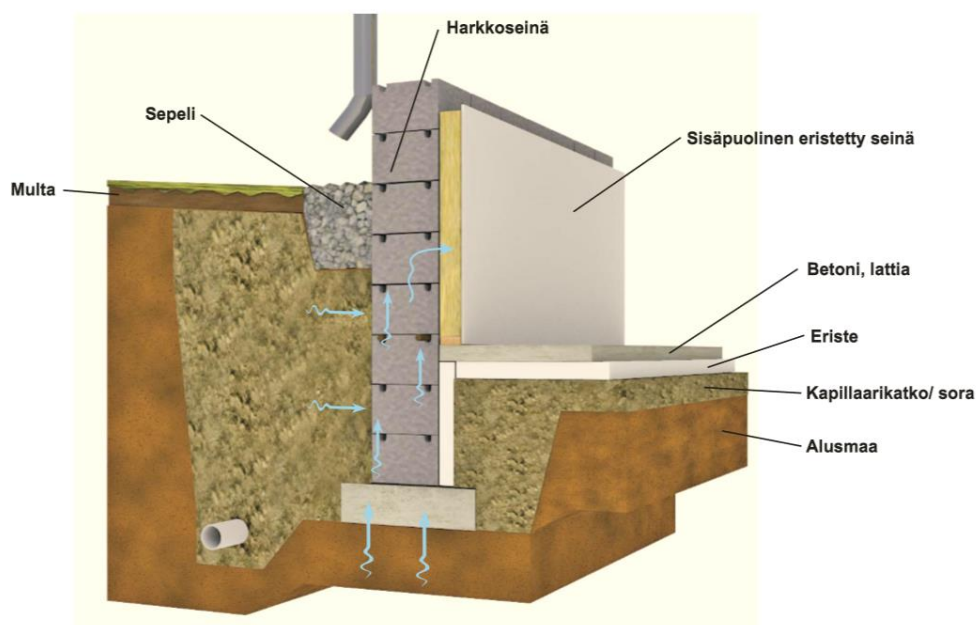
Nykyään maanvastainen puurokorokelattia luokitellaan riskirakenteeksi ja niiden käytöstä on luovuttu. Nykyään maanvastaisten alapohjarakenteiden alla oleva maataytteen huokoskoko tulee olla niin suuri, jotta kapillaarinen veden siirtyminen estyy. Myöskin eristekerrokset sijoitetaan betonilaatan alle, jolloin eristeiden tehtävä on lämmöneristämisen lisäksi vähentää maaperästä vesihöyryn siirtymistä diffuusiolla sekä reuna-alueiden kylmäsiltoja /4/. Eristeen päälle valetun betonilaatan pinnoitteeksi valitaan mieluiten vesihöyryä eli diffuusion liikkeen mahdollistavaa materiaalia, sillä maanvastaisissa alapohjarakenteissa kosteuden siirtymistä tapahtuu joka tapauksessa jonkin verran jompaankumpaan suuntaan. Vesihöyryä läpäisemättömiä pinnoitteita tai rakennekerroksia ei siis maanvaraisiin rakenteisiin suositella, koska silloin kosteuden molemminpuolinen siirtyminen estyisi /4/.

Kosteus- ja mikrobivaurioituminen tavallisesti alkaa betonilaatan sekä orgaanisen materiaalien rajapinnassa. Kosteusvaurioiden seuraukset ovat yleensä orgaanisten materiaalien mikrobivaurioituminen, lahoamisen vaikutukset rakenteen kantokykyyn sekä muut terveys- ja hajuhaitat /28/.

Rakenteen kunto tutkitaan tekemällä rakenneavaus yleensä 1–1,5 metrin etäisyydelle seinästä, sillä oletettuja kosteuslähteitä on tällä alueella enemmän /2/. Vauriot ovat usein selvästi aistinvaraisesti pääteltävissä, mutta epäselvissä tapauksissa mikrobinäytteenotto on tarpeen. Mikrobinäyte otetaan eristeestä tai puisesta rakenteesta, joka sijaitsee betonilaatan ja eristeiden rajapinnassa. /28/

5.3 Maavastainen sisäpuolelta eristetty seinärakenne

Ratkaisulla tarkoitetaan maavastaista kantavaa betoni, kevytsora- tai betoniharkkoseinää, joka on eristetty sisältäpäin ja on esimerkiksi levy- tai tiiliverhoiltu.



Kuva 11. Maavastainen sisäpuolelta eristetty seinärakenne. /2/

Kuvassa 11 on esitetty rakenteen periaatekuva. Eristeiden ja sisäpuolisen pinnoitteen väliin on myöskin voitu asentaa ilman- tai höyrnsulkukalvo. /31/ Myös kantavan seinän ulko- tai sisäpinnassa voi olla vedeneristys. Seinän rakenneratkaisuja on monia erilaisia ja käytössä on ollut paljon eri materiaaleja /32/. Riippumatta kuitenkin rakennesuunnitelmista, kaikkia yhdistää rakenteen tavanomainen tapa vaurioitua, sillä maaperän kosteus siirtyy maavastaiseen seinään ja pyrkii tasaamaan kosteutta rakennuksen sisäilmaan eristekerroksen läpi. Sisäpuolelta tiilimuuratut seinät ovat olleet yleisiä vuosina 1940–1960 ja puukoolatut seinät vuosina 1960–1990. /2/

Rakenteen kosteuslähteet ovat maaperä, rakennuskosteus, sade- ja vajovedet sekä sisäilma. Maaperän kosteus on kaikista vaikuttavin ja suurimmillaan se on seinän alaosissa. Maaperänkosteus siirtyy rakenteeseen joko suoraan seinää vasten olevasta maasta tai perustuksien ja alapohjan kautta. Vauriosta voi syntyä erittäin laaja, sillä eristeet, puukoolaus tai tiilimuuraus siirtävät vettä myöskin huokoisuutensa ansiosta erittäin hyvin. Kosteusrasitusta vähentää maanvastaisten ulkoseinärakenteiden ulkopuolinen vesieristys, alapohjarakenteiden kapillaarikatkot ja maaperän kuivausjärjestelmä eli salaojat. Maaperästä siirtyy kosteutta myös diffuusiolla, sillä oletettavasti maaperä on aina kostea /3/. Sade- ja pintavesien vaikutus on huomattava, jos vesi pääsee imeytymään suoraan seinään. Hyvin yleistä on myöskin vesien siirtyminen rakenteeseen epätiivien kellarin ikkunoiden tai ikkunapellityksien kautta, mutta seinässä voi olla myös esimerkiksi halkeamia, josta vesi kulkeutuu. /2, 4, 27/

Hyvin kostea sisäilma voi kondensoitua maanvastaisen seinän alueille, jotka ovat maanpinnan yläpuolella. Vesihöyryn siirtymistä tehostaa savupiippuvaikutus, jolloin ilmanpaineet ovat suuremmat katon tasossa, jolloin kostea ilma pyrkii rakenteisiin konvektioilmiön ansiosta. Tiivistyminen taas tapahtuu, sillä kantavan seinän pinnan lämpötila voi olla talvella alle sisäilman suhteellisen kosteuden kastepisteen. Rakennuskosteus on myös yksi mahdollinen kosteuslähde pian rakenteen käyttöönoton jälkeen, varsinkin jos rakenne on massiivibetonista ja rakenteen ei ole annettu kuivua ennen kuin se on eristetty ja pinnoitettu. /2, 4/

Rakenteesta haihtuu kosteutta ainoastaan sisäilmaan, mikä ei ole kovin tehokasta ottaen huomioon, että betonipinnan lämpötila voi olla alhainen ja sisäilman suhteellinen kosteus suuri. Rakenteessa voi olla höyrynsulkumuovikin, jolloin rakenne on suljettuna ilmatiiviin betonin ja vesihöyrytiivin muovin väliin, jolloin pienikin kosteusmäärä voi nostaa rakenteen suhteellisen kosteuden vaarallisen korkeaksi.

Nykyään sisältäpäin eristetyt maanvastaiset ulkoseinät määritellään riskirakenteiksi ja niiden käytöstä on luovuttu. Nykyään maanvastaiset seinät vesieristetään sekä lämpöeristetään ulkoapäin. Maanpäällisissä seinän osissa käytetään tavallisesti eristeharkkoja, jolloin mahdollisia kylmäsiltoja ei synny. Rakenteen sisäpuolella

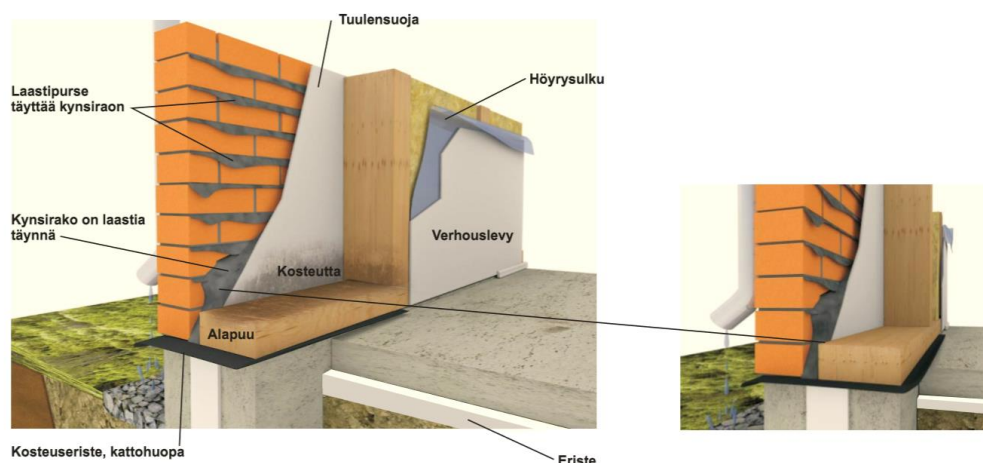
käytetään vesihöyryn läpäiseviä eli diffuusioavoimia pintamateriaaleja. Tällä mahdollistetaan rakenteen kuivuminen sekä kosteuspitoisuuksien pysyminen turvallisissa tasoissa. /3, 24/

Kosteuspitoisuuden nouseminen maanvastaisissa sisäpuolelta eristetyissä seinissä on siis todennäköistä, sillä koko seinä voi olla kosketuksissa kapillaarisessa tilassa olevaan maahan. Rakenteisiin siirtyneistä suurista kosteusmääristä luonnollisesti seuraa se, että seinään voi syntyä kosteus- ja mikrobivaurioita. Vaurioita ovat eristeiden, puurakenteiden ja myös epäorgaanisten pintojen mikrobivaurioituminen. Myös seinien pinnoitteet voivat vaurioitua eli muun muassa maalipinnat voivat hilseillä sekä rappaus ja tiilet rapautua. /2, 4/

Vaurioituminen alkaa todennäköisimmin seinän alaosasta, johon rakenneavaus tulisi ensisijaisesti tehdä. Myöskin seinän yläosan kunto kannattaa selvittää, sillä vaurio voi syntyä myös siellä tiivistymisen johdosta. Yleisesti ratkaisut ovat erittäin vaurioherkkiä, jolloin mahdolliset vauriot ovat selvästi havaittavissa aistinvaraisesti. Kuitenkin epäselvissä tapauksissa voidaan rakenteesta ottaa mikrobinäyte kantavanseinän ja eristeen rajapinnasta. Merkittävää rakenteessa on se, että suuresti kosteusrasitettu maanvastainenrakenne voi mikrobivaurioitua, vaikka sisäpuolisia eristeitä tai muita rakenteita ei olisi, sillä mikrobit voivat kasvaa myös betonin pinnalla. /28, 31/.

5.4 Tuulettumaton tiiliverhoiltu ulkoseinä

Tuulettumattomalla tiiliverhoilulla ulkoseinällä tarkoitetaan rakennetta, jossa ulkopuolisen tiiliverhouksen takana ei ole asianmukaista tuuletusväliä tai ilmavirran kulku on jostain syystä estynyt. Kuvassa 12 on esitetty tuuletusvälin tukkeutuminen muurauslaastista.



Kuva 12. Tuuletusvälin tukkeutuminen muurauslaastilla. /2/

Rakenne on yleensä toteutettu niin, että tiiliverhous on joko kiinni puurakenteisessa rungossa tai niiden välissä on niin sanottu kynsirako eli tuuletusväli, joka on tavanomaisesti tukkeutunut muurauslaastilla. Myöskin seinän ala- ja yläreunassa tuuletusrakojen puuttuminen tai tukkeutuminen on rakennetyypille tavallista. Tuulettumattomia tiiliverhoiluja ulkoseiniä on tehty erittäin kauan, Pientalojen riskirakenteet -oppaan mukaan aina 2010-luvulle asti. /2/

Rakenteen pääasiallinen kosteuslähde on vesisade, kuten kaikkien ulkoseinien, joka on vaarallisimpana viistosateena. Ongelmaksi muodostuu se, että tiiliverhoukset läpäisevät yllättävän hyvin kosteutta, jolloin varsinkin viistosateen aikana tiiliverhouksen takana voi seinän pintaa pitkin valua nestemäistä vettä /3, 4, 27/. Vesi siirtyy saumojen väleistä sekä myös kapillaarisesti rakenteen läpi. Veden läpäisevyyteen vaikuttaa tiiliseinän paksuus sekä saumalaastin täysinäisyys /3/. Kapillaarinen siirtyminen on voimakasta varsinkin laastissa, jossa huokoiset ovat pieniä, jolloin kapillaarinen imu on suuri. Kapillaarinen veden liike jatkaa etenemistä myös seuraavassa rakennekerroksessa, jos tiiliverhous on kiinni takana olevassa rakenteessa tai muurauslaastin purseet koskettavat sitä. Muurauslaastin purseet voivat olla koko seinän alueella haitaksi, mutta yleistä on kuitenkin se, että muurauslaastia kasaantuu rakentamisen aikana seinän alaosaan kuten kuvassa 12. Tästä seuraa, että rakenteeseen tehdyt alapuoliset tuuletusreiät eli laastittomat tiilien pystysaumot tukkeutuvat, josta seuraa tuulettumattomuuden lisäksi se, ettei painovoimaisesti muurauksen sisäpintaa pitkin valuva vesi pääse poistumaan rakenteesta. Tuuletusraoilla

sekä tuuletusvälillä on siis kolme tehtävää eli estää sadeveden suora siirtyminen seuraavaan rakennekerrokseen, mahdollistaa rakenteen tuulettuminen sekä poistaa tiiliverhouksen taakse päässyt nestemäinen vesi. /4, 27/

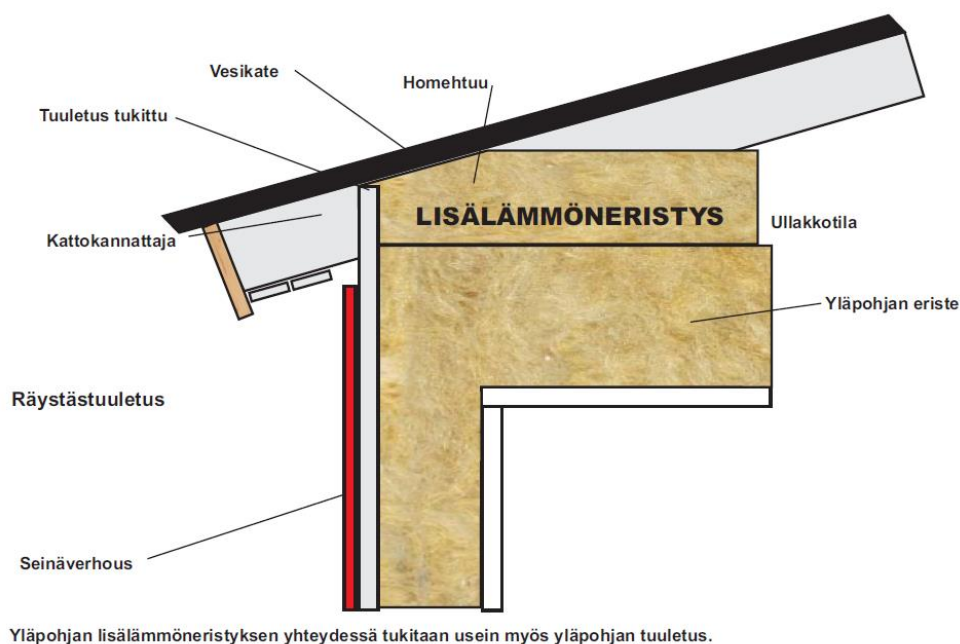
Nykyisten asetusten mukaan ulkoseinät toteutetaan aina tuulettuvina ellei kosteus muuten pääse poistumaan. Myöskin muurauslaastin haitallinen joutuminen tuuletusväliin pyritään estämään. Tuuletus toimii luonnollisen konvektiovirtauksen tai tuulen avulla, jolloin ilmavirran kululle on luotava edellytykset avonaisilla rei'illä seinän ylä- ja alareunassa sekä riittävällä tuuletusvälillä. /24/

Rakenteen kastumisesta tavanomaisia seurauksia ovat kosteus- ja mikrobivauriot, muuraussiteiden normaalia nopeampi ruostuminen ja tiiliverhouksen rapautuminen sekä sammaloituminen. Tuulettumattoman tiiliverhoillun ulkoseinän kosteus- ja mikrobivauriot syntyvät varsinkin seinän alaosiin, sillä siellä kosteusmäärät ovat suurimmat painovoimaisen siirtyminen ansiosta /2/. Seinän alaosassa voi myös olla alhaisempi lämpötila, koska sokkeli voi toimia kylmäsilta. Tämä voi nostaa seinän alaosan suhteellista kosteutta ja lisätä mikrobivaurion riskiä /27/. Puurunkoinen seinä voi kuitenkin mikrobivaurioitua varsin laajalta alueelta, jos tiiliverhous on siinä kiinni /28/.

Rakenteen kunto ja tuuletuksen toimivuus tarkistetaan rakenneavauksella. Rakenneavaus suoritetaan ulkopäin esimerkiksi poistamalla tiili seinän alaosasta, mutta avauksen voi myös suorittaa myös rakennuksen sisältä käsin. Vauriot ovat yleensä aistinvaraisesti pääteltävissä, mutta epäselvissä tilanteissa voidaan suorittaa mikrobinäytteenotto. Mikrobinäyte tulisi ottaa puurunkoisen seinän alapuolen alapinnasta tai eristeestä alapuolen yläpuolella. /2, 4, 28/

5.5 Tuulettumaton yläpohjarakenne

Tällä tarkoitetaan yläpohjaa, jonka tuuletus on olematon tai sitä ei ole eli yläpohja on käytännössä tuulettumaton. Alla esitetty kuva 13 on räystästuuletteisesta katosta, jonka tuuletus on estynyt lisälämmöneristyksen ansiosta.



Kuva 13. Katon tuuletuksen estyminen lisälämmöneristyksestä. /2/

Katon tuuletus voi olla myös puutteellinen, jos yläpohjarakenteet ovat vesikatteen suuntaisia ja niiden välissä ei ole toimivaa tuuletusväliä tai katto on niin loiva, ettei ilma liiku riittävän hyvin. Käytännössä tämä tarkoittaa, että yläpohjarakenteet ovat kiinni vesikaterakenteessa tai ilmaväliksi tarkoitettu väli ei ole toimiva muun muassa sen vuoksi, että väli on vääräsuuntainen, liian ahdas tai se ei ole yhtenäinen. Kattotyypillä ei niinkään ole väliä eli kyseessä voi olla harja-, tasa-, pulpetti- tai aumakatto, sillä jokaisessa ratkaisussa tuulettumattomuus voi muodostua ongelmaksi. Yleisesti huonosti tuulettuvia yläpohjaratkaisuja on rakennettu vuosien 1950–1980 aikana /2/. Tuulettumattomuus muodostuu usein ongelmaksi tasakatolisissa rakennuksissa, sillä katot ovat hyvin loivia eikä ilma liiku kovinkaan hyvin edes tuulen vaikutuksesta, sillä niissä ei ole aina riittäviä tuuletusrakoja ja savupiipuvaikutuksesta aiheutuva ilman liikkuminen on vähäisempää kuin harjakatoissa. Rästästuuletus tarkoittaa, että ilmavirta kulkeutuu raollisesta räystäslaudoituksesta sisään yläpohjan tuuletusväliin tai -tilaan ja pihalle rakennuksen toisella puolella olevasta räystäslaudoituksesta tai katon harjan korkeudella olevasta tuuletusraosta. Tuuletuksen voi siis myöskin estää puutteelliset tuuletusraot eli esimerkiksi liian tiivis räystäslaudoitus. Ilmavirta siis sitoo yläpohjassa olevaa kosteutta ja kuljettaa

sen pois. Ongelmallisia katonvastaisia yläpohjarakenteita on taas käytetty huomattavan paljon 1950-luvun rintamamiestaloissa. /3, 4, 28/

Yläpohjarakenteen kosteuslähteet ovat sadevedet, kondenssivedet ja sisäilman kosteus. Vesikatteen vuodot johtuvat usein katteen kiinnikkeiden tai läpivientien epätiiveydestä tai yksinkertaisesti katteessa olevista rei'istä. Vesikatteen kondenssivedet aiheutuvat muun muassa ulkoilman lämpötilojen vaihteluista, sillä lämpötila voi pudota yöllä jopa kymmenen astetta, jolloin vesikatteen ja yläpohjan välissä olevan ilman vesihöyry voi tiivistyä kylmän vesikatteen sisäpintaan ja tippua pisaroina yläpohjaan. Sisäilman kosteus myöskin voi vaurioittaa rakennetta, jos kosteus pääsee siirtymään konvektiovirtauksen tai diffuusion avulla rakenteen läpi. Savupiippuvaiikutuksesta johtuen sisäilman konvektiovirtaukset ovat voimakkaimmillaan yläpohjaan päin. Tuulettumattomuus aiheuttaa huonot edellytykset rakenteen kuivumiselle kosteusrasituksen jälkeen sekä lisää kondenssivesien syntymisen riskiä, sillä tuulettumattoman yläpohjatilan ylimääräinen kosteus ei poistu tehokkaasti ja tila on normaalia lämpimämpi, jolloin tilan kosteusmäärä voi kasvaa suureksi. /3, 4, 27/

Tuulettumattomat yläpohjarakenteet määritellään riskirakenteiksi, sillä ne eivät ole kosteusteknisesti toimivia. Nykyään yläpohjarakenteet toteutetaan aina tuuletettuina. Tuuletus tarkoittaa, että ilma vaihtuu rakenteen tuuletustiloissa ja -väleissä. Ilmavirtoja liikuttaa yleensä tuuli, savupiippuilmio tai koneellinen tuuletus. Tuuletuksella voidaan siis poistaa yläpohjatilassa oleva ylimääräinen kosteus, joka on esimerkiksi siirtynyt yläpohjan läpi sisätiloista, katon vuotovesistä tai jostain muusta kosteuslähteestä. /3/ Vesikatteisiin tiivistyvät kondenssivedet puolestaan johdetaan aluskatteen avulla pois yläpohjasta. Aluskatteella tarkoitetaan vesikatteen alapuolella olevaa erillistä vettä johdattavaa kalvoa. Myös aluskatteen päälle on mahdollistettava tuuletus. /24/

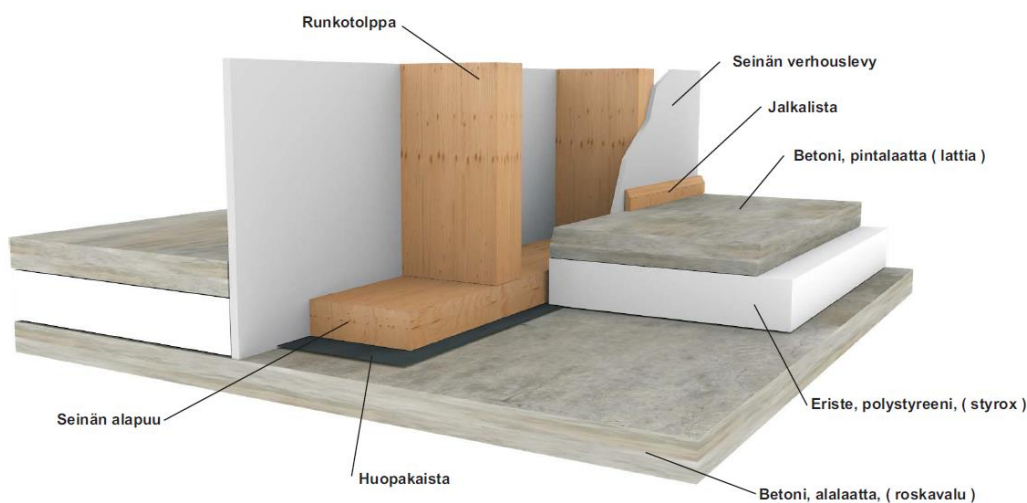
Tuulettumattomissa kattorakenteissa tavanomaisia vaurioita ovat yläpohjarakenteen ja vesikatteen alusrakenteiden kosteus- ja mikrobivauriot. Rakenteessa vaurioituvat katteen aluslaudoitus, puiset katon rakenteet sekä eristeet. /2/ Vauriot voivat olla hyvinkin laajoja, sillä kondenssi-ilmiöt tapahtuvat katossa kauttaaltaan ja voivat aiheuttaa kosteusrasitusta koko katon alueella. Tuulettumattomuudesta voi

aiheutua myös kattovuotoja sisätiloihin, jos kosteuden kerääntyminen on hyvin runsasta sekä sen poistuminen erittäin vähäistä. /4/

Rakenne tavanomaisesti kuntotutkitaan katonvastaisien rakenteiden rakenneavauksilla. Rakenne voidaan myös kuntotutkia yläpohjatilassa, mikäli se on riittävän tilava asianmukaiseen työskentelyyn. Mikrobinäytteenotot tulee ottaa yläpohjarakenteen eristekerroksen sisältä tai alapinnasta, sillä ulkoilmaan kosketuksissa olevilla pinnoilla on todennäköisesti aina mikrobeja. Myöskin tulee huomioida se, ettei esimerkiksi yläpohjan yläpuolella olevissa rakenteissa olevilla mikrobikasvustoilla ole välttämättä vaikutusta sisäilmaan. /2, 4, 28/

5.6 Lattiapinnan alapuolelta lähtevä puurunkoinen väliseinä

Lattiapinnan alapuolelta lähtevällä väliseinällä tarkoitetaan ratkaisua, jossa puurunkoinen väliseinä lähtee alapuolelta eristämättömän maanvaraisen betonilaatan eli pohjalaatan päältä. Tällöin se jää lattianpintaa alemmaksi.



Kuva 14. Lattiapinnan alapuolelta lähtevä puurunkoinen väliseinä. /2/

Väliseinärakenne on esimerkiksi kuvan 14 mukainen, jossa väliseinän kanssa on käytetty maanvastaista kaksoislaattarakennetta, jossa alapohjan eristeet sijoitetaan kahden betonilaatan väliin. Toinen hyvin yleinen tapa on ollut puukoroke- tai koolattu lattiarakenne, joissa myöskin alapohjan eristeet on sijoitettu pohjalaatan päälle. Molemmissa lattiaratkaisuissa on kuitenkin samanlainen kosteustekninen riski. Väliseinän alapuun alla on voitu käyttää vettä läpäisemätöntä huopakaista.

Väliseinät voivat myöskin olla eristettyjä ääneneristävyiden tai paloturvallisuuden vuoksi. Kyseisiä ratkaisuja on käytetty vuosien 1950–1980 välisenä aikana /2/.

Rakenteen kosteuslähteet ovat maaperä, rakennekosteus sekä putkivuodot, joista tavanomaisin rakenteen vaurioiden aiheuttaja on kosteuden siirtyminen maaperästä kapillaarisesti ja diffuusiolla /2, 27/. Maaperänkosteus on tyypillinen vaurion aiheuttaja, sillä rakennuksissa maanvastaisien betonilaattojen alapuolinen täyttö on ollut liian hienojakoista aina 2000-luvulle asti, mikä voi mahdollistaa veden kapillaarisen nousun alapohjarakenteeseen /23/. Kapillaarisen nousun ja diffuusion vaikutusta lisää myöskin muiden eristeiden puuttuminen betonilaatan alla /28/. Rakennuksen keskellä pohjalaatan alapuolinen lämpötila voi nousta haitallisen suureksi, mikäli maanvastaisen alapohjan on huonosti eristetty. Tästä voi seurata, että diffuusiovirta maaperästä voi olla suuri sekä ylöspäin sisätiloihin. Lämpötilan nousu aiheuttaa siis suuremman vesihöyryn osapaineen, joka pyrkii tasoittumaan sisäilmaan. Alapuun alla oleva huopakaista hidastaa veden siirtymistä kapillaarisesti, muttei kuitenkaan poista veden mahdollisuutta siirtyä alapohjan eristeitä pitkin puurungon sivuille. Tapauksissa, joissa huopakaistaa ei ole, kapillaarinen nousu väliseinärunkoon on hyvin todennäköistä. /2/

Rakennuskosteus voi vaurioittaa väliseiniä alaosa, jos laatta tai laatat eivät ole päässeet riittävästi kuivamaan rakentamisen jälkeen eli ne on varsin nopeasti päällystetty tiiviillä pinnoitteella. Huomattavan riskitekijän aiheuttaa putkitukset alapohjarakenteessa, sillä vanhetessaan riski putkivuotojen syntymiseen kasvaa. Putkivuodot voivat kastella lattiarakenteen erittäin laajalta alueelta ennen kuin vahinko käy ilmi. Rakenteen kosteusrasituksen jälkeinen kuivuminen on hidasta, sillä kosteuden haihtumista seinärungon alaosassa tapahtuu ainoastaan varteenotettavasti ylöspäin. /2/

Kaksoislaattalattiat sekä lattiapinnan alapuolelta lähtevät väliseinät määritellään rikirakenteiksi ja niiden käytöstä on luovuttu. Nykyisten asetusten mukaan perusmuurista ja alapohjasta ei saa siirtyä haitallisesti kosteutta seinärakenteisiin. Kosteuden haitallinen siirtyminen voidaan estää esimerkiksi vettä läpäisemättömällä

materiaalilla seinärungon ja pohjalaatan välissä sekä sijoittamalla puurunkoiset seinät lähtemään lattianpinnan tasolta. /3, 24/

Lattiapinnan alapuolelta lähtevissä väliseinissä kosteusvaurioitumisen tavanomaisia seurauksia ovat mikrobivauriot ja levyverhouksien pinnoitevauriot. Rakenteessa kosteus- ja mikrobivaurioituvat alasidepuu ja seinän alaosan verhoukset sekä mahdolliset eristeet. Vaurioituminen alkaa alasidepuun alapuolelta sekä puurungon alaosan sivuilta. Rakenteen kuntotutkimuksessa väliseinän alaosaan tehdään rakenneavaus. Rakenneavauksessa tärkeää on tarkastaa, onko seinän ja betonilaatan alla esimerkiksi huopakaistaa, sillä se voi joissakin tapauksissa estää vaurioitumisen. Epäselvissä tapauksissa mikrobinäyte tulee ottaa alapuun ala- tai yläpuolelta tai seinälevyn tai eristeen alaosaan. /2, 4, 28/

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa kerron tekemiäni johtopäätöksiä riskirakenteista, toiminnallisesta osuudesta sekä tarkastelen tutkimuksen luotettavuutta ja opinnäytetyöprosessia.

Tämän opinnäytetyön päätteeksi voin todeta, että käydyt rakenteet ovat kaikki kosteusteknisesti riskialttiita, josta seuraa se, että kyseiset rakenteet tulee tutkituttaa, sillä rakenteet voivat kosteus- ja mikrobivaurioitua ennen aikaisesti. Riskirakennekorttien tehtävä on saada ihmiset ymmärtämään tämä, jolloin he voivat varautua ja olla tietoisia rakenteissa piilevistä riskeistä ennen kuin tekevät isoja päätöksiä elämässään, kuten esimerkiksi asuntokauppoja. Asia on siis hyvin vakava, sillä riskirakenteista mahdollisesti aiheutuvat taloudelliset sekä terveydelliset vaikutukset voivat olla henkilökohtaisella tasolla merkittäviä.

Työn tavoite oli tehdä toimeksiantajan määrittelemistä kuudesta riskirakenteesta riskirakennekortit. Riskirakennekortteihin määritetyt riskirakenteet olivat toimeksiantajan mielestä aiheellisimmat. Ajatuksena on myös, että tässä työssä tehdyt riskirakennekortit tulee toimimaan hyvänä pohjana tuleville riskirakennekortteille. Vaatimuksia työlle annettiin se, että yhden riskirakennekortin on oltava olla yhden A4-sivun mittainen sekä riskirakenteita tulee tutkia rakennusfysikaalisesta näkökulmasta.

Opinnäytetyön toiminnallisessa osuudessa eli riskirakennekorttien teossa pyrin saamaan korttien ulkoilmeestä siistejä, yksiselitteisiä ja huomiota herättäviä sekä tuomaan Investigo Oy Ab:n brändiä esille muun muassa yrityksen logon ja tunnusmaisen värin avulla. Korttien tekstiosuudet jaoin kolmeen osioon, jotka ovat: tietoa riskirakenteesta, kosteusvaurioituminen sekä kosteusvaurioitumisen mahdolliset seuraukset. Ensimmäisessä osuudessa kerroin rakenteesta yleisesti sekä sen miksi ja miten rakenne kuntotutkitaan, seuraavassa osiossa kerroin vaurioitumiseen johtavat syyt eli kosteuslähteet sekä kosteuden siirtymisen. Viimeisessä osiossa kerroin kosteusvaurioitumisesta mahdollisesti aiheutuvat ongelmat, jotka voivat olla muun muassa mikrobivauriot, haju- ja terveysthaitat sekä pinnoitevauriot. Kaikki tekstit koostuvat opinnäytetyössä läpikäydyistä asioista, mutta vain muutettuna kortteihin sopivampaan muotoon. Teksteissä pyrin, että asia pysyy mahdollisimman helposti

ymmärrettävissä, jotta ihmiset ymmärtävät pääasian. Pääasiana voidaan pitää sitä, että riskirakenne voi vaurioitua normaalia nopeammin ja se kannattaa tutkia. Riskirakennekortteihin piirsin rakenteista periaatekuvat käyttäen Trimble SketchUp -ohjelmaa. Kuvien tekoon otin mallia Kosteus- ja hometalkoot -sivuston Pientalojen riskirakenteet -opetusmateriaalista. Piirtämiini kuviin täydensin teksteillä sekä kuvioinnilla tärkeimpiä seikkoja. Kuvilla pyrin havainnollistamaan rakennetta.

6.1 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia eli toisin sanoen mittaustulosten toistettavuutta /33/. Tämän tutkimuksen reliabiliteettia parantaa se, että olen pyrkinyt valitsemaan useita eri lähteitä, joissa on samaa tietoa sekä käyttämään uusinta kirjallisuutta mahdollisuuksien mukaan. Jouduin kuitenkin käyttämään myös vanhempiakin lähteitä, jos niissä oli työn kannalta validia asiaa ja tarjolla enemmän ja sekä paremmin kerrottua tietoa. Riskirakenteet, joita tässä opinnäytetyössä on käsitelty ovat monessakin lähteessä määriteltä kosteusteknisesti riskialttiiksi, joten uskon, että kyseiset riskirakenteet ovat hyvin yleisiä sekä ongelmaisia. Yleisesti lähteinä pyrin käyttämään rakennusmaailmassa tunnetusti luotettavia tahoja.

Uskon myös, että kyseisten rakenteiden kosteuskäyttämisen mallintamisella päästään aina samaan tulokseen eli rakenteiden kosteustekniseen riskialttiuteen. Kosteuskäyttämisen mallintamisella tarkoitetaan tietokone ohjelmalla tehtyä kosteusteknisten ominaisuuksien seuranta pitkäällä aikavälillä ja eri vuodenaikoina, joista tarkastellaan esimerkiksi sitä, onko rakenteen sisälle mahdollisuutta tiivistyä vettä. Mielestäni osa riskirakenteiden vaurioon johtavista syistä on kuitenkin selvästi pääteltävissä.

6.2 Opinnäytetyöprosessin arviointi

Sain toimeksiannon ollessani kesätöissä Investigo Oy Ab:llä. Sain tutustua kyseisiin riskirakenteisiin työtehtävissäni, joissa muun muassa suoritin kuntotarkastuksia sekä rakenteiden kuntotutkimuksia, joissa taas tein esimerkiksi rakenneavauksia sekä mikrobinäytteenottoja. Erityisesti raporteja kirjoittaessa huomasin, että

riskirakennekorttien olemassa olosta olisi ollut paljon hyötyä niin asiakkaan kuin itsenikin kannalta. Tämän vuoksi koin aiheen erittäin mielenkiintoiseksi sekä ajan-kohtaiseksi.

Opinnäytetyössä helppoa on ollut itse riskirakennekorttien tekeminen, koska niihin tarvittava teksti ovat melkein suoraan teoriaosuudesta. Toisaalta haasteeksi riskirakennekorteissa asetui se, ettei niistä löydy paljon esimerkkejä tai määritelmiä millainen hyvä riskirakennekortti on. Tämä tuotti jonkin verran ajatustyötä sekä suunnittelua, sillä kaiken on mahdollista kuitenkin yhdelle A4-sivulle ja silti oltava kohtuullisen ehyt luettavuuden kannalta. Kuvien piirtäminen kortteihin puolestaan ei ollut minulle haastavaa, sillä rakenteiden hahmottaminen ja mallintaminen on minulle mieluisaa. Opinnäytetyössä haasteelliseksi osoittautui myöskin se, ettei yksittäisistä riskirakenteista ole koottuna sellaista tietoa kuin olisin tarvinnut, ja sekin, että rakenteet poikkeavat toisistaan. Poikkeavuudella tarkoitan, että kaikilla rakenteilla on oma rakennusfysikaalinen toimintaperiaate ja erilainen rakenteellinen sijainti, mikä lisäsi työmäärää sekä vaikeutti työn rajausta.

Loppujen lopuksi olen tyytyväinen opinnäytetyöprosessiin sekä itse riskirakennekortteihin. Mielestäni myöskin täytin toimeksiantajan antaman työn ansiokkaasti ja laadukkaasti, mutta ennen kaikkea työ on ollut itselle pitkä oppimisprosessi. Työ on ollut erittäin mielenkiintoinen, sillä kuten aiemmin mainitsin, olen työskennellyt toimeksiantajallani ja tiedän varsin hyvin, miksi riskirakennekortteja tarvitaan. Sen lisäksi minua on aina kiinnostanut rakennusten rakennusfysikaalinen toiminta sekä se, miten nykyaikaiseen rakentamistapaan on päädytty. Tämän työn jälkeen uskon osaavani huomattavasti paremmin arvioida erilaisten rakenteiden toimivuutta. Kaiken kaikkiaan uskon, että prosessin aikana opituista asioista on minulle hyötyä tulevaisuudessa mihin sitten erikoistunkaan rakennusalalla, mutta erityisesti kehityin kuntotutkijana.

Mielestäni olisi ollut hienoa tehdä enemmänkin riskirakennekortteja, esimerkiksi kaikista yleisistä pientalojen riskirakenteista, jolloin olisin tavallaan luonut tietyn kokonaisuuden. Kuitenkin sellaisen tekeminen olisi ollut ajallisesti melkoinen haaste, sillä erilaisia riskirakenteita on paljon. Luulen, että oppimisen kannalta ero

on onnekseni suhteellisen pieni, sillä tähän opinnäytetyöhön valitut riskirakenteet poikkeavat sopivasti toisistaan. Edellä mainitusta seuraa se, että tämä opinnäytetyö on ollut erittäin hyvä kompromissi opitun asian sekä tehtävän työmäärän välillä. Tietysti tulevaisuudessa riskirakennekortteja on mahdollista tuottaa enemmän tämän opinnäytetyöprosessin aikana opittujen asioiden ansiosta. Myöskin tutkittuani aiheita, en törmännyt moniin riskirakennekortteihin, mikä tarkoittaa, että tämä opinnäytetyö mahdollisesti kehitti sisäilmasto-ongelmiin liittyviä palveluita tarjoavien yritysten alan viemistä eteenpäin.

Opinnäytetyöprosessin aikana olin toimeksiantajani kanssa aktiivisesti vuorovaikutuksessa, tein heille ehdotuksia ja pienin muokkauksin hioin korteista lopulliset versiot. Toimeksiantajani oli hyvin tyytyväinen tekemiini riskirakennekortteihin.

6.3 Jatkotutkimusehdotus

Kuten edellisessä luvussa ehdotin, riskirakennekortteja voisi tehdä lisää muistakin riskirakenteista, sillä erilaisia kosteusteknisesti riskialttiita ratkaisuja on tehty monia niin pientaloihin kuin muihinkin rivi-, kerros- sekä palvelurakennuksiin.

On myös muistettava, että riskirakennekortit palvelevat asiakkaita, jolloin on tärkeää kuunnella mitä kysymyksiä heillä herää riskirakennekorteista eli mitä niissä voidaan parantaa tai onko jotain erittäin olennaista jäänyt kertomatta. Joka tapauksessa yhteen sivuun on mahdotonta saada kaikkea tietoa, mutta tärkeintä on, että riskirakennekortit herättävät ajatuksia ja antavat peruskäsityksen riskirakenteesta.

LÄHTEET

- /1/ Tarkastusvaliokunta. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Espoo. Viitattu 20.3.2019. https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf
- /2/ Heikkinen, P. 2012. Pientalojen riskirakenteet. Viitattu 18.2.2019. Kosteus- ja home talkoot. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=pientalojen+riskirakenteet>
- /3/ Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2014. RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- /4/ Ympäristöministeriö. 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki. Viitattu 18.2.2019 http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- /5/ Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Helsinki. Rakennustieto Oy
- /6/ Seppänen, K. 2010. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli. Kuopio. Adocate Reports and Books. Viitattu 18.2.2019 http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0056-2/urn_isbn_978-952-61-0056-2.pdf
- /7/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Ilmavirtaukset rakennuksissa. Viitattu 18.2.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>
- /8/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Rakenteiden lämpötekniikka. Viitattu 22.2.2019. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Rakenteiden-lampotekniikka>
- /9/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Materiaalien ominaisuudet. Viitattu 25.2.2019. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Materiaalien-ominaisuudet>
- /10/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kosteuden siirtyminen. Viitattu 25.2.2019. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>
- /11/ Björkholtz, D. 2004. Lämpö ja kosteus. Helsinki. Rakennustieto Oy
- /12/ Kosteus rakennuksissa. 1999. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 05-10710. Viitattu 30.2.2019. https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.puv.fi/kortit/RT%2005-10710?query=kosteus%20rakennuksissa&external_system=Juha&page=1

- /13/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. Viitattu 3.3.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>
- /14/ Ympäristöministeriö. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Helsinki. Rakennustieto Oy
- /15/ Hengitysliitto. 2019. Sisäilman kosteus ja lämpötila. Viitattu 4.3.2019. <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/sisailman-kosteus-ja-lampotila>
- /16/ Hengitysliitto. 2019. Mikrobit. Viitattu 5.3.2019. <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/kosteus-ja-homevauriot/nain-homevaurio-synty/mikrobit>
- /17/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Mikrobikasvun edellytykset. Viitattu 5.3.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>
- /18/ Valvira. 2016. Sisäilman hiukkaset ja kuidut. Viitattu 7.3.2019. <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/hiukkaset-ja-kuidut>
- /19/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Hiukkaismaiset epäpuhtaudet. Viitattu 7.3.2019. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Hiukkasmaiset-epapuhauudet>
- /20/ Hengitysliitto. 2019. VOC-yhdisteet. Viitattu 7.3.2019. <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhauudet/voc-yhdisteet>
- /21/ Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kemialliset tutkimukset. Viitattu 7.3.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Muut-sisailmatutkimukset/Kemialliset-tutkimukset>
- /22/ Työterveyslaitos. 2016. PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuuisto. Viitattu 7.3.2019. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/pah-yhdisteet-tavoitetaso.pdf>
- /23/ Ympäristöministeriö. 2018. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas lausuntoversio. Viitattu 12.3.2019 <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=8529>
- /24/ L 782/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 8.4.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>
- /25/ Rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan henkilöpatentit FISE Oy. 2018. Valesokkelirakenne. Viitattu 14.3.2019. <https://fise.fi/wp-content/uploads/2016/12/RVP-S-RF-62-Valesokkelirakenne-P%C3%A4ivitetty-1.11.2018.pdf>

/26/ Rakennustarkkailija. 2018. Valesokkeli. Osa I. Millainen rakenne ja miten se pelittää. Viitattu 14.3.2019. <https://rakennustarkkailija.com/2018/10/14/valesokkeli-osa-i/>

/27/ Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2011. RIL 250-1-2011 Kosteuden ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

/28/ Kemoff, T. 2012. Asuinrakennuksen kuntotarkastusopas. Helsinki. Rakennustieto Oy

/29/ Rakennustarkkailija. 2018. Valesokkeli. Osa II. Maanvaraisen alapohjan historiaa. Viitattu 14.3.2019. <https://rakennustarkkailija.com/2018/11/18/valesokkeli-osa-ii-maanvaraisen-alapohjan-historiaa/>

/30/ Kiinteistöjen tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. KH 90-00403. Viitattu 20.4.2019. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.puv.fi/kortit/RT%2018-10922>

/31/ Ympäristöministeriö. 2018. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas liitteet 2-10 lausuntoversio. Viitattu 12.3.2019. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=8531>

/32/ Rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan henkilöpätevydet FISE Oy. 2018. Kellarin seinän sisäpuolisen lämmöneristyksen vaurioituminen. Viitattu 14.3.2019. <https://fise.fi/wp-content/uploads/2017/10/RVP-S-RF-67-Kellarin-sein%C3%A4n-sis%C3%A4p-l%C3%A4mm%C3%B6ner-P%C3%A4ivitetty-1.11.2018.pdf>

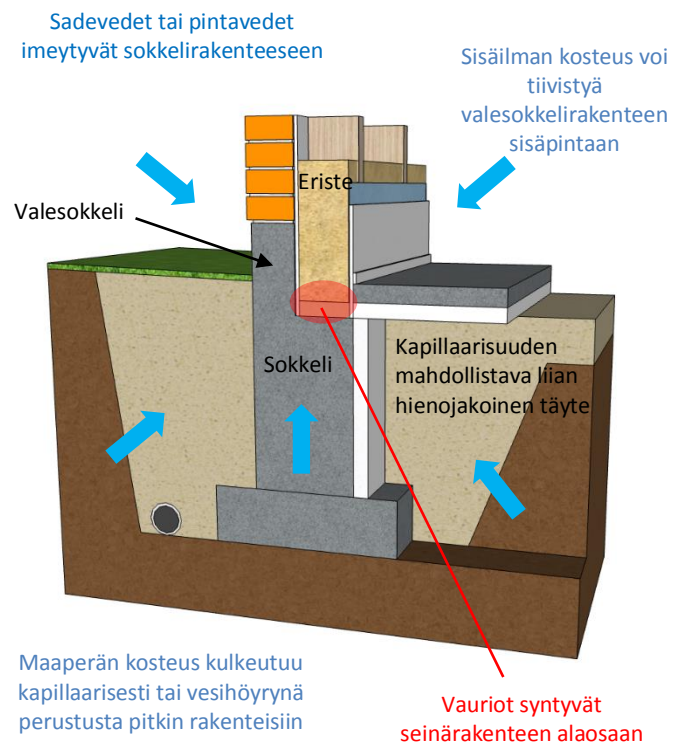
/33/ Hirsjärvi, S., P. Remes & P. Sajavaara 2008. Tutki ja kirjoita. Otavan kirjapaino Oy. Keuru

Valesokkeli

Riskirakennekortti

Tietoa riskirakenteesta

Valesokkelilla tarkoitetaan ratkaisua, jossa ulkoseinän kantavan puurungon alapuu on sivuavan sokkelin yläpintaa alempana sekä usein myös lattianpinnan alapuolella. Ratkaisu on ollut tavanomainen sekä hyvin yleinen vuosien 1960-1980 välisenä aikana. Valesokkelia on käytetty omakotitaloissa, rivitaloissa sekä myös yksikerroksisissa palvelurakennuksissa. Sillä on tavoiteltu energiatehokasta, vedotonta ja kustannustehokasta rakennetta. Jälkeenpäin on todettu, että kyseisen rakenneratkaisun vuoksi seinän alaosa on huomattava riski kosteus- ja mikrobivaurioitua, sillä rakenteella on tavallisesti suuret kosteusrasitukset sekä erittäin huono kuivumiskyky. Nykyään kyseinen rakenneratkaisu määritellään riskirakenteeksi, sillä se on kosteusteknisesti riskialtis. Merkittävää kuitenkin on se, etteivät kaikki valesokkelit ole vaurioituneita. Tästä seuraa, että valesokkelirakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. **Mahdolliset vauriot selvitetään rakenteen kuntotutkimuksen avulla.** Tutkimukseen kuuluu olennaisesti rakenneavaus sekä tarvittaessa rakenteesta otetaan materiaalinäyte mikrobialalysointia varten.



Periaatekuva (ei vastaa kohteessa olevaa rakennetta)

Kosteusvaurioituminen

Valesokkelirakenteessa tavanomaisesti vaurioituu puurunkoisen seinän alaosa. Kosteusvaurioon johtavia syitä ovat:

- Veden siirtyminen kapillaarisesti tai vesihöyrynä maaperää ja perustusrakennetta pitkin
- Sisäilman vesihöyryn siirtyminen rakenteen sisälle, jossa se voi lämpöolosuhteiden mukaan tiivistyä vedeksi
- Sokkelirakenteen kastuminen merkittävästi sateiden tai pintavesien vuoksi
- Jokin muu kosteusrasitus

Kosteusvaurion mahdolliset seuraukset

Mikäli rakenteen kosteuspitoisuudet ovat pitkään suuria, voi seurauksia olla muun muassa:

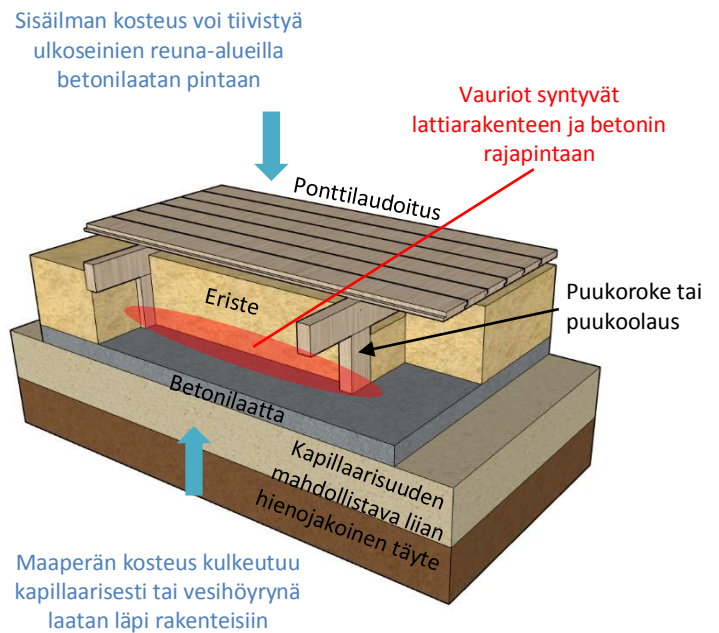
- Mikrobivauriot (mm. home- ja lahottaj sienet.)
- Kantavan puurungon kantokyvyn heikentyminen
- Pintamateriaalien vaurioituminen
- Sisäilmaston terveys- ja hajuhaitat

Maanvastainen puukorokelattia

Riskirakennekortti

Tietoa riskirakenteesta

Tällä tarkoitetaan ratkaisua, jossa puukorotteen tai puukoolattu lattiarakenne on maanvastaisen betonilaatan päällä. Ratkaisu on ollut tavanomainen sekä yleinen vuosien 1950-1980 välisenä aikana. Ratkaisulla pyrittiin mahdollisesti kustannussäästöihin, sillä aikaisemmin talojen alle oli tapana rakentaa kellarit, myöskin ulkoseinän ja alapohjan eristyksestä saatiin melko yhtenäinen. Jälkeenpäin on todettu, että kyseisen rakenneratkaisun vuoksi lattiarakenteen ja maanvastaisen laatan rajapinnassa on huomattava riski kosteus- tai mikrobivaurioiden syntyyn, sillä rakenteella on tavallisesti suuret kosteusrasitukset sekä huono kuivumiskyky. Nykyään kyseinen rakenneratkaisu määritellään riskirakenteeksi, sillä se on kosteusteknisesti riskialtis. Rakenteen tekninen käyttöikä on määritelty olevan keskimäärin neljäkymmentä vuotta. Tästä seuraa, että kyseiset rakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. **Mahdolliset vauriot selvitetään rakenteen kuntotutkimuksen avulla.** Tutkimukseen kuuluu olennaisesti rakenneavaus sekä tarvittaessa rakenteesta otetaan materiaalinäyte mikrobianalysointia varten.



Periaatekuva (ei vastaa kohteessa olevaa rakennetta)

Kosteusvaurioituminen

Rakenteessa tavanomaisesti vaurioituu puiset lattiarakenteet sekä eristeet. Kosteusvaurioon johtavia syitä ovat:

- Veden siirtyminen kapillaarisesti tai vesihöyrynä maaperää ja maanvaraista laattaa pitkin
- Sisäilman vesihöyryn siirtyminen rakenteen sisälle, jossa se voi lämpöolosuhteiden mukaan tiivistyä vedeksi
- Lattiarakenteen sisälle asennettujen putkien vuodot
- Jokin muu kosteusrasitus

Kosteusvaurion mahdolliset seuraukset

Mikäli rakenteen kosteuspitoisuudet ovat pitkään suuria, voi seurauksia olla muun muassa:

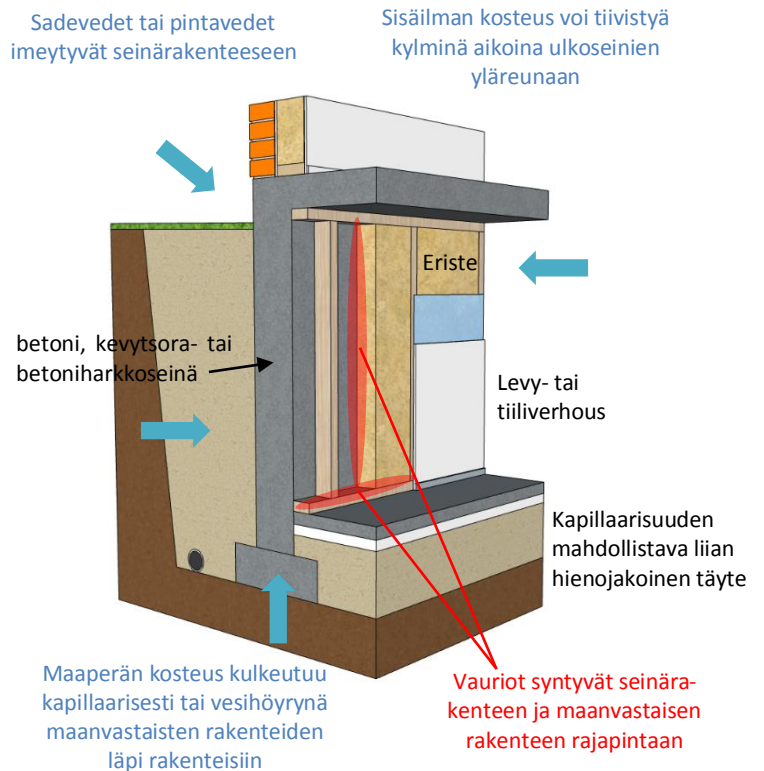
- Mikrobivauriot (mm. home- ja lahottajasierot.)
- Puisien kannakkeiden kestävyys heikentyminen
- Sisäilmaston terveys- ja hajuhaitat

Maanvastainen sisäpuolelta eristetty seinärakenne

Riskirakennekortti

Tietoa riskirakenteesta

Ratkaisulla tarkoitetaan maanvastaista betoni, kevytsora- tai betoniharkkoseinää, joka on eristetty sisältäpäin. Seinä voi olla esimerkiksi levy- tai tiiliverhoilu. Sisäpuolelta tiilimuuratut seinät ovat olleet yleisiä vuosina 1940-1960 ja puukoolatut seinät vuosina 1960-1990. Rakennusratkaisut ovat siis olleet aikakautenaan tavanomaisia sekä yleisiä. Seinän rakenneratkaisuja on kuitenkin useita erilaisia ja käytössä on ollut paljon eri materiaaleja. Jälkeenpäin on todettu, että kyseisen rakenneratkaisun vuoksi seinän läpi voi aiheutua jatkuvaa kosteusrasitusta sekä seinän eristeillä on huono kuivumiskyky. Kastuneet rakenteet, jotka eivät pääse kuivumaan ajoissa aiheuttavat kosteus- ja mikrobivaurioitumisen riskin. Nykyään kyseinen rakenneratkaisu määritellään riskirakenteeksi, sillä se on kosteusteknisesti riskialtis. Tästä seuraa, että kyseiset rakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. **Mahdolliset vauriot selvitetään rakenteen kuntotutkimuksen avulla.** Tutkimukseen kuuluu olennaisesti rakenneavaus sekä tarvittaessa rakenteesta otetaan materiaalinäyte mikrobianalysointia varten.



Periaatekuva (ei vastaa kohteessa olevaa rakennetta)

Kosteusvaurioituminen

Seinärakenteessa tavanomaisesti vaurioituu seinän eristeet sekä puurakenteet. Kosteusvaurioon johtavia syitä ovat:

- Veden siirtyminen kapillaarisesti tai vesihöyrynä maaperää ja perusrakennetta pitkin
- Sisäilman vesihöyryn siirtyminen rakenteen sisälle, jossa se voi lämpöolosuhteiden mukaan tiivistyä vedeksi
- Seinärakenteen kastuminen merkittävästi sateiden tai pintavesien vuoksi
- Jokin muu kosteusrasitus

Kosteusvaurion mahdolliset seuraukset

Mikäli rakenteen kosteuspitoisuudet ovat pitkään suuria, voi seurauksia olla muun muassa:

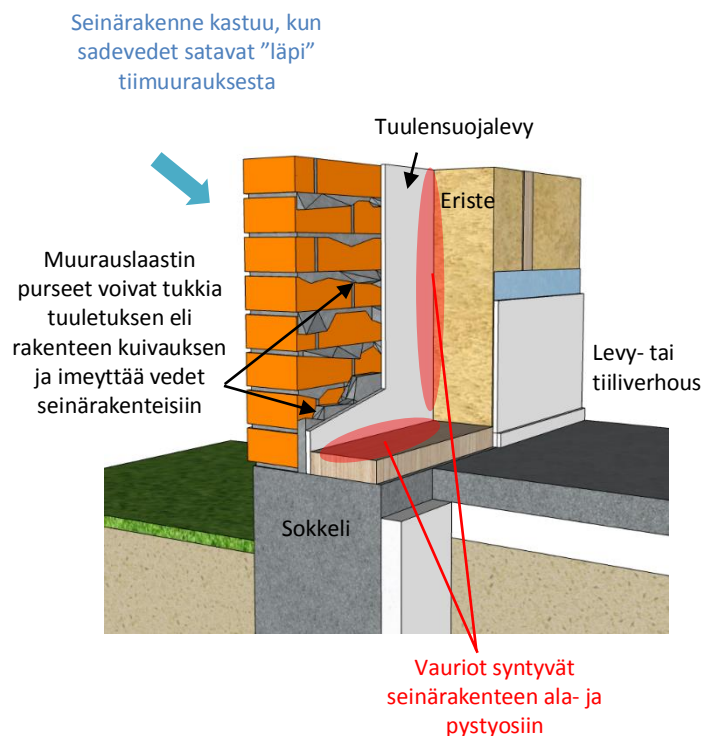
- Mikrobivauriot (mm. home- ja lahottaj sienet.)
- Pintamateriaalien vaurioituminen
- Sisäilmaston terveys- ja hajuhaitat

Tuulettumaton tiiliverhoiltu ulkoseinä

Riskirakennekortti

Tietoa riskirakenteesta

Tuulettumattomalla tiiliverhoilulla ulkoseinällä tarkoitetaan rakennetta, jossa ulkopuolisen tiiliverhouksen takana ei ole asianmukaista tuuletusväliä tai ilmavirran kulku on jostain syystä estynyt. Rakenne on yleensä toteutettu niin, että tiiliverhous on joko kiinni puurakenteisessa rungossa tai niiden välissä on huonosti toimiva tuuletusväli. Tuuletusväli voi olla tukkeutunut muurauslaastista tai olla liian ahdas toimiakseen. Myöskin seinän ala- ja yläreunassa tuuletusrakojen puuttuminen tai tukkeutuminen voi estää tuuletuksen. Tuulettumattomia tiiliverhoiltuja ulkoseiniä on voitu rakentaa aina 2010-luvulle asti. Ongelma on siis tavanomainen sekä yleinen. Rakenneratkaistu aiheuttaa rakenteelle huonon vedenpoisto- sekä kuivumiskyvyn. Tästä seuraa, että kastuessaan se ei kuivu ajoissa ja täten seinällä on suuri riski kosteus- ja mikrobivaurioitua. Nykyään tuulettumaton seinärakenteen määrittely on riskirakenteeksi, sillä se on kosteusteknisesti riskialtis. Tästä seuraa, että kyseiset rakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. **Mahdolliset vauriot selvitetään rakenteen kuntotutkimuksen avulla.** Tutkimukseen kuuluu olennaisesti rakenneavaus sekä tarvittaessa rakenteesta otetaan materiaalinäyte mikrobianalysointia varten.



Periaatekuva (ei vastaa kohteessa olevaa rakennetta)

Kosteusvaurioituminen

Seinärakenteessa tavallisesti vaurioituu puurunkoisen seinän alaosa, mutta vauriot voivat olla ylempänäkin laajalla alueella. Kosteusvaurioon johtava syy on seinärakenteen kastuminen sateiden vuoksi, sillä vesi kulkeutuu tiilessä hyvin ja muurauslaastissa vielä paremmin, sillä ne ovat huokoisia materiaaleja. Pitkään jatkunut vesisade voi aiheuttaa jopa veden nestemäisen virtaamisen tiiliseinän takana. Tiiliseinän veden läpäisevyyteen vaikuttaa tiiliseinän paksuus ja laastisaumojen täysinäisyys.

Kosteusvaurion mahdolliset seuraukset

Mikäli rakenteen kosteuspuutokset ovat pitkään suuria, voi seurauksia olla muun muassa:

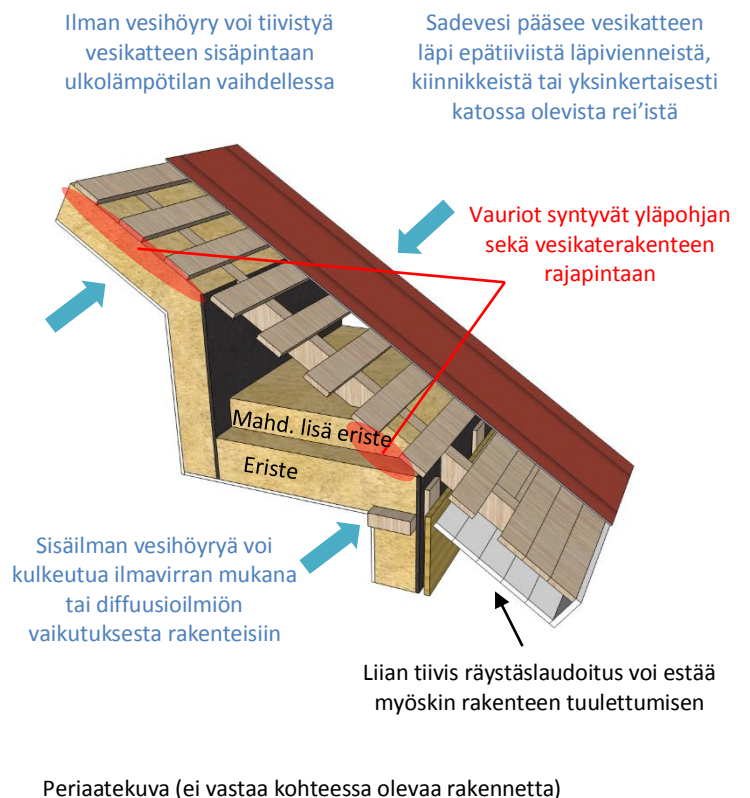
- Mikrobivauriot (mm. home- ja lahottaj sienet.)
- Pintamateriaalien vaurioituminen (tiilien halkeilu ja rapautuminen)
- Sisäilmaston terveys- ja hajuhaitat

Tuulettumaton yläpohjarakenne

Riskirakennekortti

Tietoa riskirakenteesta

Yläpohjarakenteen tuuletuksella tarkoitetaan lämmöneristyksen ja katteen välisen ilman vaihtumista. Ongelmia yleensä alkaa muodostua, kun tuuletus on olematon tai sitä ei ole. Vieressä on esitetty kuva kattorakenteesta, jonka tuuletus on estynyt katon suuntaisen yläpohjarakenteen, lisälämmöneristyksen sekä liian tiheän räystäslaudoituksen vuoksi. Myös erittäin loivien kattojen, kuten tasakattojen, tuuletus on erittäin vähäistä. Huonosti tuulettuvien kattoratkaisujen käyttö on ollut tavanomaista sekä yleistä vuosien 1950–1980 välisenä aikana. Tuuletus mahdollistaa ylimääräisen kosteuden poistumisen rakenteesta, jolloin sen puutteellisesta toiminnasta seuraa, että kastuessaan rakenne ei kuivu ajoissa ja täten sillä on riski kosteus- ja mikrobivaurioitua. Nykyään tuulettumattomat kattorakenteet määritellään riskirakenteiksi, sillä ne ovat kosteusteknisesti riskialttiita. Tästä seuraa, että kyseiset rakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. **Mahdolliset vauriot selvitetään rakenteen kuntotutkimuksen avulla.** Tutkimukseen kuuluu olennaisesti rakenneavaus, ellei yläpohjasta käsin voida rakennetta tarkastaa sekä tarvittaessa rakenteesta otetaan materiaalinäyte mikrobianalysointia varten.



Kosteusvaurioituminen

Kattorakenteessa tavanomaisesti vaurioituu yläpohjan yläosa sekä katon puurakenteet, mutta vauriot voivat olla alempanakin laajalla alueella, mikäli rakenteisiin pääsee runsaasti vettä. Kosteusvaurioon johtavia syitä ovat:

- Ilman vesihöyryn tiivistyminen (ts. kondensoituminen) nestemäiseksi vedeksi vesikatteen sisäpintaan
- Sisäilman vesihöyryn siirtyminen yläpohjaan, jossa se voi lämpöolosuhteiden mukaan tiivistyä vedeksi
- Sadevesi pääsee vesikatteen läpi

Kosteusvaurion mahdolliset seuraukset

Mikäli rakenteen kosteuspuiteisuudet ovat pitkään suuria, voi seurauksia olla muun muassa:

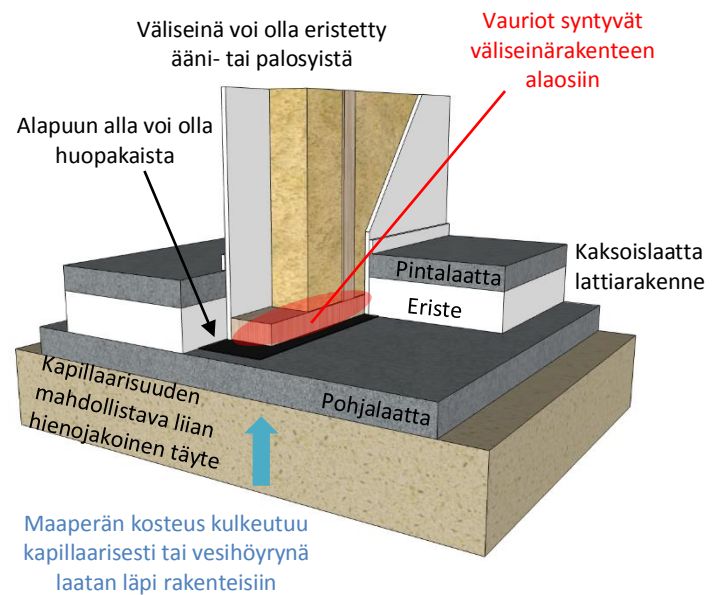
- Mikrobivauriot (mm. home- ja lahottaj sienet.)
- Pintamateriaalien vaurioituminen
- Sisäkaton vesivuodot
- Sisäilmaston terveys- ja hajuhaitat

Lattiapinnan alapuolelta lähtevä puurunkoinen väliseinä

Riskirakennekortti

Tietoa riskirakenteesta

Rakenteessa puurunkoinen väliseinä lähtee alapuolelta eristämättömän maanvaraisen pohjalaatan päältä. Alapohjarakenteena on käytetty tällöin tavanomaisesti kaksoislaattaaratkaisua tai puukorokelattiaa, joissa kummassakin alapohjan eristeet on sijoitettu pohjalaatan päälle. Tällöin väliseinän alaosa jää lattianpintaa alemmaksi. Ratkaisu on ollut tavanomainen sekä hyvin yleinen vuosien 1950–1980 välisenä aikana. Jälkeenpäin on kuitenkin todettu, että kyseisen rakenneratkaisun vuoksi väliseinärakenteen alaosassa on huomattava riski kosteus- tai mikrobivaurioiden syntymiseen, sillä rakenteella voi olla suuri alapuolinen kosteusrasitus sekä sillä on huono kuivumiskyky. Nykyään rakenne määritellään riskirakenteeksi, sillä se on kosteusteknisesti riskialtis. Tästä seuraa, että kyseiset rakenteet tulee tutkia tapauskohtaisesti sekä riittävällä tarkkuudella. **Mahdolliset vauriot selvitetään rakenteen kuntotutkimuksen avulla.** Tutkimukseen kuuluu olennaisesti rakenneavaus sekä tarvittaessa rakenteesta otetaan materiaalinäyte mikrobianalysointia varten.



Periaatekuva (ei vastaa kohteessa olevaa rakennetta)

Kosteusvaurioituminen

Rakenteessa tavanomaisesti vaurioituu väliseinärakenteen alaosa. Alapuun alla mahdollisesti oleva huopakaista hidastaa yleensä kosteusvaurion syntymistä, mutta kosteuspitoisuus voi nousta rakenteessa siltikin vaarallisen korkeaksi. Kosteusvaurioon johtavia syitä ovat:

- Veden siirtyminen kapillaarisesti tai vesihöyryinä maaperää ja maanvaraista laattaa pitkin
- Alapohjarakenteen sisälle asennettujen putkien vuodot
- Jokin muu kosteusrasitus

Kosteusvaurion mahdolliset seuraukset

Mikäli rakenteen kosteuspitoisuudet ovat pitkään suuria, voi seurauksia olla muun muassa:

- Mikrobivauriot (mm. home- ja lahottaj sienet.)
- Pintamateriaalien vaurioituminen
- Sisäilmaston terveys- ja hajuhaitat