

Kempainen Mikko

Tyypilliset kosteusvauriot ja niiden korjaaminen

Insinööriö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala
Rakennustekniikka
Kevät 2013



Koulutusala Tekniikan ala	Koulutusohjelma Rakennustekniikka
Tekijä(t) Kempainen Mikko	
Työn nimi Tyypilliset kosteusvauriot ja niiden korjaaminen	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Puurakentaminen	Ohjaaja(t) Antti Muhonen Toimeksiantaja Rakennusmestarit ja -insinöörit ammattiliitto
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 81 + Power Point esitys 83 diaa
<p>Tämä insinööri työ on tehty Rakennusmestarit ja -insinöörit -ammattiliitolle. Insinööri työssä tutkittiin kirjallisten lähteiden perusteella rakennusten vauriomekanismeja, rakennusfysikaalisten ilmiöiden syitä vaurioitumiseen sekä rakennusvirheistä aiheutuvia vaurioita ja vauriomekanismeja. Myös oman työn kautta saatuja kokemuksia ja havaintoja on käytetty hyväksi. Insinööri työssä lähdemateriaaliin perustuvien havaintojen ja tutkimuksen sekä todellisesti vaurioituneiden rakennusten havaitut vaurioitumismekanismit olivat hyvin samankaltaisia.</p> <p>Työn tulokset perustuvat 125 eri kohteessa tehtyyn tutkimukseen ja niistä tehtyihin havaintoihin. Koulutusmateriaaliin näistä on kerätty keskeisimpiä havaintoja. Insinööri työn liitteeksi on laadittu koulutus paketti, jota varten on tutkittu pientalojen ja kerrostalojen kosteusvaurioita. Niitä on havainnollistettu mm. valokuvien avulla koulutus pakettissa.</p> <p>Rakenteiden korjaamista työssä on käsitelty kunkin luvun lopussa. Korjaamisesta ei anneta yhtä yksiselitteistä ohjetta vaan korjaamisen tulee perustua tarkkaan tutkimustulokseen, jossa on analysoitu tarkasti vaurioitumismekanismieja. Korjaussuunnitelmaa laadittaessa on huomioitava tuleva rakenneratkaisu kokonaisuudessaan, ettei luotaisi kasvuedellytyksiä uuden kosteusvaurion syntymiselle. Korjaaminen on kokonaisuus, jossa rakennusalan ammattilaisen on arvioitava kulloiseenkin kohteeseen soveltuva korjaustapa. Mikrobivaurioituneen rakenteen korjaaminen on aina rakennusalan ammattilaisten työtä, jonka toteutuksessa osataan ottaa huomioon työssä piilevät riskit.</p> <p>Opinnäytetyön liitteenä oleva koulutus paketti on laadittu PowerPoint-muotoon, joka käsittelee tyypillisimpiä kosteusvaurioita 1950-1990-luvun taloissa. Esitystä on havainnollistettu valokuvilla ja rakennuspiirustuksilla. Koulutus paketti on tarkoitettu rakennusalan opiskelijoille ja -ammattilaisille. Se soveltuu hyvin myös kaikille pientalon omistajille, ostajille ja korjaajille sekä kiinteistönvälittäjille. Havainnollisten kuvien avulla rakenteiden ongelmakohdat tuodaan selkeästi esille ja painotetaan sitä, miten pienistä seikoista rakenteen vaurioituminen voi alkaa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Kosteusvaurio, mikrobi, konvektio, diffuusio, korjaaminen
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School Engineering	Degree Programme Construction Engineering
Author(s) Kempainen Mikko	
Title Typical Cases of Moisture Damage and Structural Repairs	
Optional Professional Studies Timber Construction	Instructor(s) Antti Muhonen
	Commissioned by The Construction Managers and Engineers RKL
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 81 + Power Point Presentation 83 slides
<p>The thesis was commissioned by The Finnish Construction Managers and Engineers RKL. The thesis presents failure mechanisms in buildings, the physical phenomena causing these defects and the defect and the failure mechanisms caused by errors made during the construction phase. The topics were examined using written sources, as well as observations and experience gained in day to day work at construction sites and in buildings under repair. The failure mechanisms found in the written sources used in this thesis were found to be similar to the live observations made in the field.</p> <p>The data presented in the thesis is based on a study and observations collected from 125 construction sites in Finland. In addition, a training material was created to address the moisture damages found in houses and apartments. The key findings and illustrative pictures of the study are presented in the training material, which can be found at the end of the thesis as an appendix.</p> <p>Structural repairs are being discussed after each chapter. The thesis will not provide step-by-step repair instructions per damage since the required repair operations need to be based on a careful study of the failure mechanisms and, thereby, they vary from site to site. When creating a repair plan, all the structural aspects of the construction need be taken into account to prevent the reoccurrence of moisture damage. Construction repair should be considered as a whole, where the applicable repair method needs to be assessed by a construction professional. A structure suffering from microbial damage always requires repairs by construction professionals who can take all the involved risks into account.</p> <p>The related training material is a MS Power Point presentation, which presents the most typical moisture damage types found in houses and apartments built during the 1950s-1990s. The presentation has been visualized with photographs and design drawings. The training material is mainly aimed at students and construction professionals, but will serve the purpose also for house owners, buyers, repairmen and realtors. The material clearly depicts the structural weak spots and emphasizes the significance of small details as an initiator of defects.</p> <p>.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Moisture Damage, Konvektion, Diffusion, Repairing
Deposited at	<input type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KOSTEUSLÄHTEET	1
2.1 Ulkoiset ja sisäiset kosteuslähteet	1
2.2 Sadevesi, lumi, jää ja sulamisvesi	3
2.3 Putkivuodot	3
2.4 Veden painovoimainen siirtyminen	4
3 KOSTEUSTEKNIikkaan LIITTYVÄT FYSIKAALISET ILMIÖT	5
3.1 Lämpö ja kosteus	6
3.2 Ilma	8
3.3 Hygroskooppinen kosteus	9
3.4 Kapillaarinen veden siirtyminen	10
3.5 Diffuusio	11
3.6 Konvektio	12
3.7 Rakennuksen painesuhteet	13
4 ERI RAKENTEIDEN KOSTEUSVAURIOITUMINEN	16
4.1 Maanvaraiset seinärakenteet ja niiden korjaaminen	16
4.2 Perustukset ja maanvaraiset alapohjarakenteet	22
4.2.1 Maanvastaisen alapohjan korjaaminen	24
4.2.2 Salaojat ja perusmuurit	27
4.2.3 Valesokkeli ja sokkelihalkaisu	28
4.2.4 Valesokkelin ja sokkelihalkaisun korjaaminen	29
4.2.5 Reunavahvistettu laatta	30
4.3 Tuulettuva alapohja eli rossipohja ja niiden korjaaminen	31
4.4 Ulkoseinät	37
4.4.1 Kevyesti verhoiltujen ulkoseinien kosteusvaurioita	40
4.4.2 Betonisandwich -rakenteen kosteusvaurioita	42
4.4.3 Muurattujen massiivisten tiiliseinien kosteusvaurioita	43
4.4.4 Ulkoseinäkorjauksen suunnitteluun yleisiä periaatteita	44
4.4.5 Ulkoseinien korjaaminen	46

4.5 Vesikatto ja yläpohja	47
4.5.1 Tuulettuvat kattorakenteet	48
4.5.2 Tuulettumattomat kattorakenteet	49
4.5.3 Yläpohjan kosteustekninen toiminta	50
4.5.4 Vesikaton ja yläpohjan korjaaminen	51
4.6 Märkätilat ja niiden korjaaminen	53
4.7 LVI-tekniikka ja korjaaminen	57
5 KOSTEUSVAURION TUTKIMINEN	60
6 KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIOKORJAUS	65
6.1 Korjausprosessin eteneminen	65
6.2 Suunnittelu	66
6.3 Desinfointi ja hajunpoisto	68
6.4 Kuivaus	69
6.5 Korjaustöiden valvonta	74
6.6 Korjaustyön jälkiseuranta	74
6.7 Korjaustyön turvallisuus	75
7 YHTEENVETO	78
LÄHTEET	79
LIITTEET	

TERMISTÖÄ

ABSOLUUTTINEN KOSTEUS ilmaisee ilmassa tietyssä tilanteessa olevan vesimäärän.

BITUMIKERMILLÄ tarkoitetaan tukikerroksellisia vedeneristyskermejä, joissa eristävänä aineena on bitumi tai modifioitu bitumi. Yleisimmät tukikerrokset ovat polyesteriä tai lasikuitua. Yleisimmät modifiointiaineet ovat SBS (kumibitumit) tai APP (muovibitumit).

HÖYRYNSULKU tarkoittaa ainekerosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen vesihöyryn diffuusio rakenteeseen tai rakenteesta.

ILMANSULULLA tarkoitetaan ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmanvirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle.

KAPILLAARISUUS tarkoittaa huokosalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa.

KASTEPISTELÄMPÖTILA, tai lyhyemmin kastepiste, on lämpötila, johon ilman pitäisi jäähtyä, jotta kyllästystila saavutettaisiin.

KONDENSOITUMINEN tarkoittaa ilmiötä, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Tiivistyminen voi tapahtua rakenteen pinnassa tai sen sisällä, kun ilman suhteellinen kosteus on 100 %.

KOSTEUS tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa.

KOSTEUSVAURIO tarkoittaa mitä tahansa kosteuden aiheuttamaa vaurioita rakenteelle. Kosteuslähteen alkuperällä ei ole määritelmän kannalta merkitystä.

KUNTOTUTKIMUKSELLA tarkoitetaan kuntoarviota täydentäviä ja tarkentavia menetelmiä, joiden avulla selvitetään eri rakennusosien ja vaurioiden korjaustarpeet ja -mahdollisuudet. Niiden tarkoituksena on tarkentaa rakennuksen kuntoarvioita ja tuottaa korjaussuunnitelmien laatimisen lähtötietoja.

MIKROBI Tässä yhteydessä mikrobeilla tarkoitetaan home- ja hiivasieniä sekä bakteereita.

MÄRKÄTILA tarkoittaa huonetilaa, jonka lattiapinta joutuu tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiiksi ja jonka seinäpinnoille voi roiskua tai tiivistyä vettä.

SALAOJITUSKERROS tarkoittaa maaperän kuivattamiseksi pintamaan alle tehtyä vettä johtavaa rakennetta tai karkearakeista maa-aineskerrosta, jota pitkin vesi voi siirtyä kuivatetavalta alueelta valumalla tai pumpaamalla.

SUHTEELLINEN KOSTEUS (% RH) on todellisen vesihöyrynpaineen ja kyllästyshöyrynpaineen välinen suhde (tavallisesti prosentteina) tietyssä lämpötilassa. Se kertoo, kuinka monta prosenttia absoluuttinen kosteus on vallitsevan lämpötilan kyllästyskosteudesta.

VESIHÖYRY tarkoittaa vettä kaasumaisessa olomuodossa.

VESIHÖYRYN DIFFUUSIO tarkoittaa kaasuseoksessa (esim. ilma) kokonaispaineessa tapahtuvaa vesihöyrymolekyylin liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyrynpitoisuus- tai höyrynpitoisuuden eroja.

VESIHÖYRYN KONVEKTIO tarkoittaa kaasuseoksen (esim. ilma) sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikuessa kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Konvektiossa vesihöyry siirtyy ilmavirran mukana. Jotta ilmavirtauksia syntyy, täytyy rakenteen eri puolilla vallita erilaiset ilman kokonaispaineet.

1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä on tutkittu rakennusten tyypillisiä kosteusvaurioita eri rakennusosissa ja niiden vaikutusta rakenteisiin. Työssä pohditaan erilaisten fysikaalisten ilmiöiden sekä veden vaikutusta rakennusten vaurioitumismekanismiin. Tutkimuksessa perehdyttiin laajasti rakennusalan lähteisiin, jotka käsittelevät rakennusten kosteus- ja mikrobivaurioitumista. Kirjallisen työn ohessa suoritettiin rakennuksiin kosteuskartoituksia, joista saatuja havaintoja voitiin arvioida liitteeksi laaditussa koulutuspaketissa. Insinööriyön lopussa käsitellään vaurioituneen rakenteen tutkimista, siitä laadittavaa kirjallista raporttia sekä korjaushankkeen läpivientä. Lisäksi työssä on pohdittu mikrobivaurioituneen rakenteen purkamisen työturvallisuutta ja työssä käytettäviä menetelmiä.

Työn on tilannut Rakennusmestarit ja -insinöörit -liitto, ja sen liitteenä on neljän tunnin koulutuspaketti. Koulutuspaketin runko on 1950-1990-luvun talot, joiden tyypillisimpiä kosteusvaurioita esitellään rakennusosittain. Koulutuspaketin kohderyhmänä ovat opiskelijat ja rakennusalan ammattilaiset. Koulutus on suunniteltu toteutettavaksi Rkl-nuorten klubin tapahtumien yhteyteen sekä muihin aihetta käsitteleviin tapahtumiin.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaaminen ja korjausrakentaminen on voimakkaasti esillä eri medioissa ja aiheesta on tuotettu runsaasti materiaalia. Lähdeaineiston runsaus ja kirjavuus asettivat haasteen työn mielekkäälle rajaamiselle. Aihealue oli laaja, mutta samalla hyvin mielenkiintoinen ja haasteellinen. Opinnäytetyön kirjallisen osion tekeminen antoi hyvän pohjan rakennusten tutkimisen suunnitteluun ja korjaussuunnitelmien laatimiseen.

2 KOSTEUSLÄHTEET

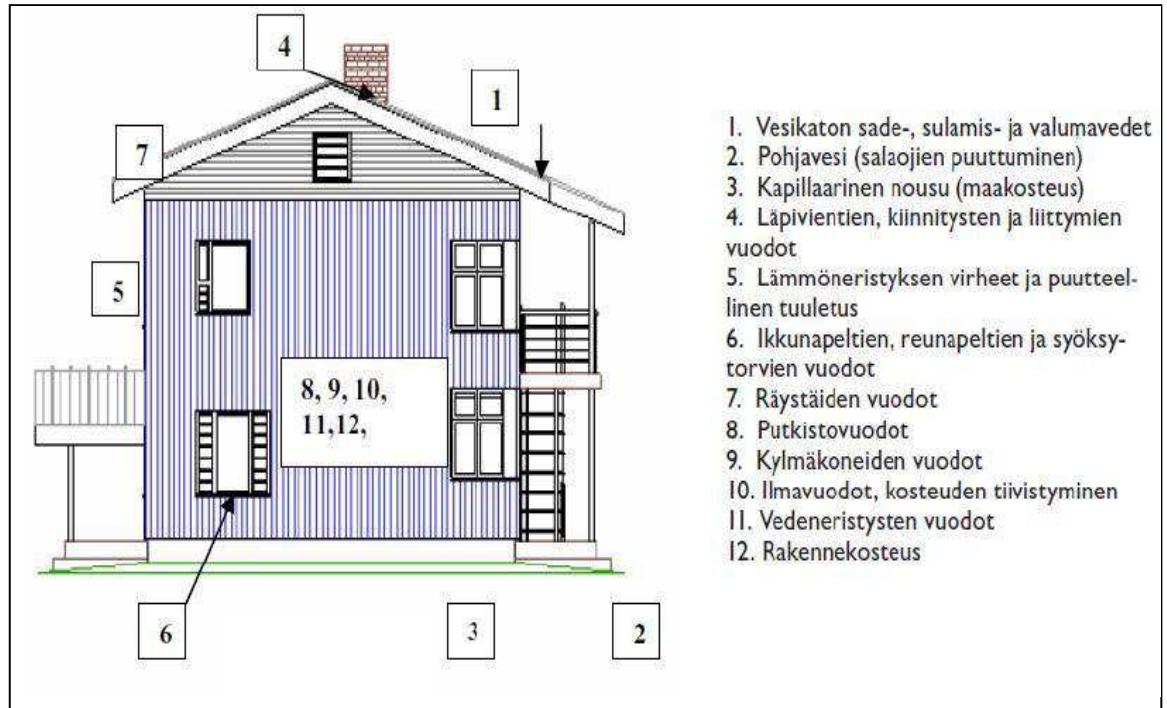
Rakenteita suunniteltaessa otetaan huomioon käyttöolosuhteissa rakenteita normaalisti rasittavat sisä- ja ulkopuoliset kosteuslähteet [1]. Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, että sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeutumaan rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä [2]. Rakenteiden suunnittelun ja kosteusteknisen toiminnan arvioinnin lähtökohtana on, että kosteutta, eli vesihöyryä, vettä ja jäätä, on kaikkialla [3]. Rakenteiden kosteusteknisessä tarkastelussa arvioidaan seuraavia asioita:

1. Erilaiset kosteuslähteet ja olosuhdetekijät.
2. Kosteuden siirtyminen ja sitoutuminen.
3. Sitoutuneen ja rakenteeseen päässeen kosteusmäärän vaikutukset ja haitallisuus.
4. Kosteuden ulospääsy ja kuivuminen.
5. Liitosten ja yksityiskohtien toimivuus. [3.]

Rakennuksen valmistumis- ja käyttöönottovaiheessa rakennusaineissa ja rakenteissa oleva rakennuskosteus on peräisin materiaalien valmistusprosessissa käytetystä vedestä ja rakennustuotteiden kuljetuksessa ja varastoinnin sekä rakennustyön aikana tapahtuneesta kastumisesta [1].

2.1 Ulkoiset ja sisäiset kosteuslähteet

Merkittävimmät rakennuksen käytön aikaiset ulko- ja sisäpuoliset kosteuslähteet ja kulkeutumisreitit on esitelty kuvassa 1.



Kuva 1. Rakennuksen kosteuslähteet [4].

Ulkopuolisia rakennuksen kosteuslähteitä ovat:

- Sade, tuulen kuljettaman veden ja lumen tunkeutuminen rakenteisiin rakojen ja vuotokohtien kautta
- Lumi, jää (sulamisvesi)
- Pintavesi, roiskevesi, hulevesi, katolta tulevat sadevedet
- Pohjaveden korkea pinnan taso
- Ulkoilman kosteus

Sisäisiä kosteuslähteitä ovat:

- Sisäilman kosteus
- Märkätilojen roiskevedet
- Mahdolliset putkivuodot

- Siivous (liiallinen pesuveden käyttö)
- Talotekniset laitteet (vesihöyryn tiivistyminen kylmien vesijohtojen ja kanavien pintoihin ja valuminen rakenteisiin)
- Rakennuskosteus
- Ilmanvaihdon/painesuhteiden vaihtelut

2.2 Sadevesi, lumi, jää ja sulamisvesi

Rakennuksen tuuliesteet ja sijainti maastossa vaikuttavat sen alttiuteen myrskysateille. Tuulen paine ja ilmavirtaukset voivat siirtää vettä pintoja pitkin myös ylöspäin [5]. Pystysuora sade rasittaa rakennuksen vaakapintoja kuten kattoa ja terasseja. Viistosade rasittaa pystysuoria pintoja kuten julkisivuja. Vesi voi tuulen paineen aiheuttamana liikkua myös rakennetta pitkin ylöspäin. Tunkeutuessaan rakenteeseen sisälle voi sadevesi kulkeutua kauas vuotokohdasta, mikä täytyy ottaa huomioon arvioitaessa vuotokohdan sijaintia yläpuolelta tehtyjen havaintojen perusteella. Maanpinnalle satava vesi voi aiheuttaa vaurioita ulkoseinien alaosiin ja perustuksiin, jos vesi roiskuu julkisivuun, maan pinta viettää rakennukseen päin tai perustusten vedeneristykset ovat puutteelliset [6, s. 51]. Sadevesijärjestelmien tulee pystyä poistamaan sateen aiheuttaman kosteusrasituksen.

Rakenteisiin kertynyt lumi ja jää voivat sulaessaan aiheuttaa kosteusvaurioita. Kevyt pakkaslumi voi kulkeutua laajoille alueille yläpohjassa ja sulaessaan voi aiheuttaa kosteusvaurioita yllättäviin paikkoihin.

2.3 Putkivuodot

Putkistojen ja laitteiden vuotovauriot voivat aiheuttaa suuriakin kosteuspitoisuuksia rakenteisiin, ja vauriot voivat pysyä piilossa pitkiä aikoja [5]. Putkivuotoihin liittyy yleensä suuri kosteus ja mikrobivaurion riski, koska:

- Rakenteisiin kohdistuva kosteusrasitus on suuri.

- Putket sijaitsevat lämpimissä rakennus- ja rakenneosissa.
- Putkivuodot tapahtuvat usein rakenneosissa, joissa ei ole vedeneristystä.
- Pieni pistevuoto voi vaurioittaa rakennetta kauan ennen kuin vuoto havaitaan.

Vuodot kosteuden ja vedeneristyksissä voivat pysyä pitkään havaitsemattomina ja vauriokohdista voi kulkeutua suuria kosteusmääriä rakenteisiin [5]. Vaurioiden paikallistamista vaikeuttaa lisäksi se, että vesi voi kulkeutua vauriokohdista pitkiä matkoja rakenteissa ja aiheuttaa laho- ja mikrobivaurion vedeneristyksen vauriokohdista.

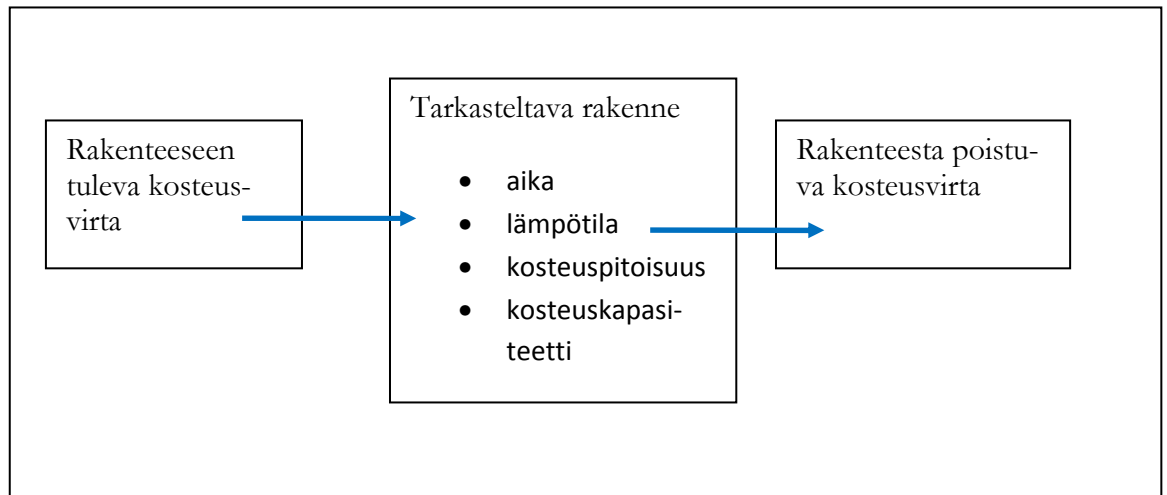
2.4 Veden painovoimainen siirtyminen

Vesi siirtyy painovoiman vaikutuksesta alaspäin ja vinot pinnat aiheuttavat sivuittaista siirtymistä, mutta suunta on koko ajan alaspäin. Sen sijaan kapillaarisesti vettä imevissä huokosissa ja rakeisissa materiaaleissa, esim. betonissa, tiilessä ja savessa, veden painovoimaisen siirtymisen merkitys on kosteuden kokonaissiirtymisessä verrattain vähäinen [6, s. 54]. Painovoimaisella siirtymisellä saadaan vesi hallitusti johdettua ränneihin, kaivoihin ja salaojiin. Veden painovoimainen liike esimerkiksi saumoissa ja viallisista ikkunanpielistä runkoon ei ole toivottavaa, ja se voikin aiheuttaa kosteusvaurion.

3 KOSTEUSTEKNIikkaan LIITTYVÄT FYSIKAALISET ILMIÖT

Mikrobivauriot ovat kosteusvaurion seuraus. Onnistuneen kosteusongelman poistamiseksi on tunnistettava sen aiheuttaja. Homeiden kasvu ei edellytä kosteuden tiivistymistä rakenteeseen, vaan kasvulle riittää korkea ilman suhteellinen kosteus. Yleisimmät homeet ovat lepotilassa ilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 70 %. Useimmiten homevaurioissa ei ole kyse kosteuden tiivistymisestä, vaan veden tunkeutumisesta suoraan rakenteeseen tai sen alle [7]. Rakenteiden kosteuspuiteen vaikuttaa rakenteisiin tuleva kosteusvirta, rakenteista poistuva kosteusvirta sekä rakenteen kyky sitoa kosteutta.

Rakenteiden kosteusvaurioitumisen yleisperiaate on esitelty kuvassa 2.



Kuva 2. Rakenteen kosteusvaurioitumisen yleisperiaate [6].

Rakenteiden vaurioitumisen arvioinnin perusta on rakenteisiin kohdistuvien ilmastollisten tekijöiden, rakennuksen käytön aiheuttamien rasitusten sekä erityyppisten rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta tunteminen. Rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta tuntemisessa keskeisintä on eri kosteudensiirtoilmiöiden ja materiaalien kosteusteknistien ominaisuuksien ymmärtäminen. [8.]

3.1 Lämpö ja kosteus

Lämpö siirtyy paikasta toiseen kolmella eri tavalla:

- Johtumalla
- Säteilemällä
- Konvektion avulla. [8.]

Lämmönjohtumisessa molekyylien liike-energiaa siirtyy molekyylistä toiseen, mitä kutsutaan myös lämmön virtaamiseksi. Lämpöenergia siirtyy korkeammasta lämpötilasta matalampaan päin. Olennaisena tekijänä lämmönsiirtymisessä on materiaaliominaisuus nimeltä lämmönjohtavuus. Rakentamismääräyksissä annetaan raja-arvot rakenteiden lämmönjohtavuudelle.

Säteilyssä energia siirtyy sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä valon nopeudella [9]. Kaikki kappaleet lähettävät eli emittoivat säteilyä. Siirtyvään energiamäärään vaikuttaa voimakkaasti pintojen lämpötilaero ja pintojen kyky lähettää (emittoida) ja vastaanottaa (absorboida) lämpösäteilyä. Tavanomaiset rakennusmateriaalit ottavat lämpösäteilyä vastaan keskimäärin 90 %, loput 10 % heijastuu takaisin. Sisätiloissa lämpösäteilyn merkitys kosteusvaurioiden kannalta on yleensä säteilyn vaikutus rakenteiden pintalämpötiloihin. Mitä vähemmän lämpösäteilyä pinnalle tulee (pinta absorboi), sitä kylmemmäksi pinta jää, ja kosteuden tiivistymisriski kasvaa [10].

Konvektiossa lämpö siirtyy kaasun tai nesteen virtauksen mukana ja se voi olla joko pakotettua tai luonnollista. Pakotetussa konvektiossa kaasu tai neste liikkuu jonkin ulkopuolisen voiman vaikutuksesta. Erityisesti rakenteiden sisällä tapahtuva kylmän ulkoilman virtaus voi alentaa sisäpinnan lämpötilaa ja aiheuttaa rakenteeseen kondenssiriskin. Rakenteiden pinnoilla virtaavat ilmavirtaukset vaikuttavat lämpösäteilyn ohella ulkovaipparakenteiden pintalämpötiloihin. Mitä nopeammin ilma virtaa rakenteen pinnalla, sitä tehokkaammin energiaa siirtyy ilmasta rakenteeseen tai rakenteesta pois ja rakenteen pintalämpötila nousee tai laskee. Vesihöyryn kyllästyspitoisuus on riippuvainen lämpötilasta. Taulukossa 1 on esitelty tyypillisiä sisä- ja ulkoilman lämpötila- ja kosteusolosuhteita.

Taulukko 1. Tyypillisiä sisä- ja ulkoilman lämpötila- ja kosteusolosuhteita [11].

	LÄMPÖTILA °C	SUhteellinen KOSTEUS %	VESIhöYRY-MÄÄRÄ g/m ³
KESÄLLÄ			
ULKONA	+ 20	60	0.6 x 17,3 = 10,4
SISÄLLÄ	+ 20	75	0.75 x 17,3 = 13,0
TALVELLA			
ULKONA	- 20	95	0.95 x 0,87 = 0,8
SISÄLLÄ	+ 20	25	0.25 x 17,3 = 4,3

Rakenteiden lämpötekniisellä toiminnalla on suuri merkitys rakenteiden kosteustekniselle toiminnalle. Rakenteiden lämpötila vaikuttaa muun muassa kosteuden sitoutumiseen materiaaleihin, kosteuden siirtymiseen rakenteissa ja rakenteiden vaurioitumisnopeuteen. Lämpö siirtyy rakennusmateriaaleissa johtamalla, kun tarkasteltavan kappaleen eri osien välillä on lämpötilaero. Rakennusmateriaalien lämmönjohtavuuksilla on suuria eroja, esimerkiksi betonin lämmönjohtavuus on 1,7 W/m² K, kun mineraalivillan vastaava arvo voi olla 0,045 W/m². Tämä tarkoittaa sitä, että betonin läpi menee noin 37 kertaa enemmän energiaa kuin vastaavan paksuisella mineraalivillalla.

Lämmön siirtyminen säteilyllä on keskeinen lämmönsiirtymismuoto rakenteiden ulkopuolella. Energiaa siirtyy lämpösäteilynä myös rakennuksen sisällä, kuten väliseinistä ulkoseiniin tai lämmityslaitteen pinnalta ympäröivien rakenteiden pinnoille. Ulkotiloissa lämpösäteilyn merkitys kosteusvaurioiden kannalta on auringonsäteilyn rakenteita kuivattava, ja kosteutta myös rakenteiden sisälle siirtävä vaikutus.

Kosteusvaurioiden kannalta ilman siirtämä lämpö on yleensä tärkein tarkastelukohde. Rakenteiden pinnoilla virtaavat ilmavirtaukset vaikuttavat lämpösäteilyn ohella ulkovaipparakenteiden pintalämpötiloihin. Ilmanvirtausnopeus vaikuttaa siihen, miten tehokkaasti energia siirtyy rakenteeseen tai siitä pois ja rakenteen pintalämpötila nousee tai laskee. Rakenteen sisäiset ilmavirtaukset vaikuttavat rakenteen lämpötilajakaumaan.

3.2 Ilma

Ilman vaikutus rakenteiden toiminnalle on merkittävä, koska ilma ympäröi rakenteita ja myös rakenteiden sisällä erilaisissa onteloissa ja huokosissa on ilmaa. Ilma sisältää typpeä 78 %, happea 21 % ja argonia sekä muita kaasuja kuten vesihöyryä. Ilman kosteus voidaan ilmaista:

- Vesihöyrymääränä (g/m^3), absoluuttinen kosteus
- Suhteellisena kosteutena (RH, sk)

Absoluuttinen kosteus ilmaisee ilmassa tietyssä tilanteessa olevan vesimäärän. Suhteellinen kosteus ilmaisee absoluuttisen (todellisen) kosteuden (vesihöyrynpaineen) ja kyllästyskosteuden (kyllästyspaineen) välisen suhteen. Suhteellinen kosteus ilmaistaan useimmiten prosentteina.

Kylläisyyspiste

Vesihöyryllä on ilmassa sellainen ominaisuus, että tietyn lämpöinen ilma voi sisältää vain tietyn määrän vesihöyryä. Sitä ominaisuutta kutsutaan kyllästyskosteudeksi. Kylläisyyspaineen on suurin vesihöyryn aikaansaama paine tietyssä lämpötilassa; mitä korkeampi on lämpötila, sitä suurempi on kyllästyspaine. Tiettyä kosteutta vastaa tietty kyllästyspaine. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se voi sisältää kosteutta, eli sitä suurempi on kyllästyskosteus.

Kastepiste

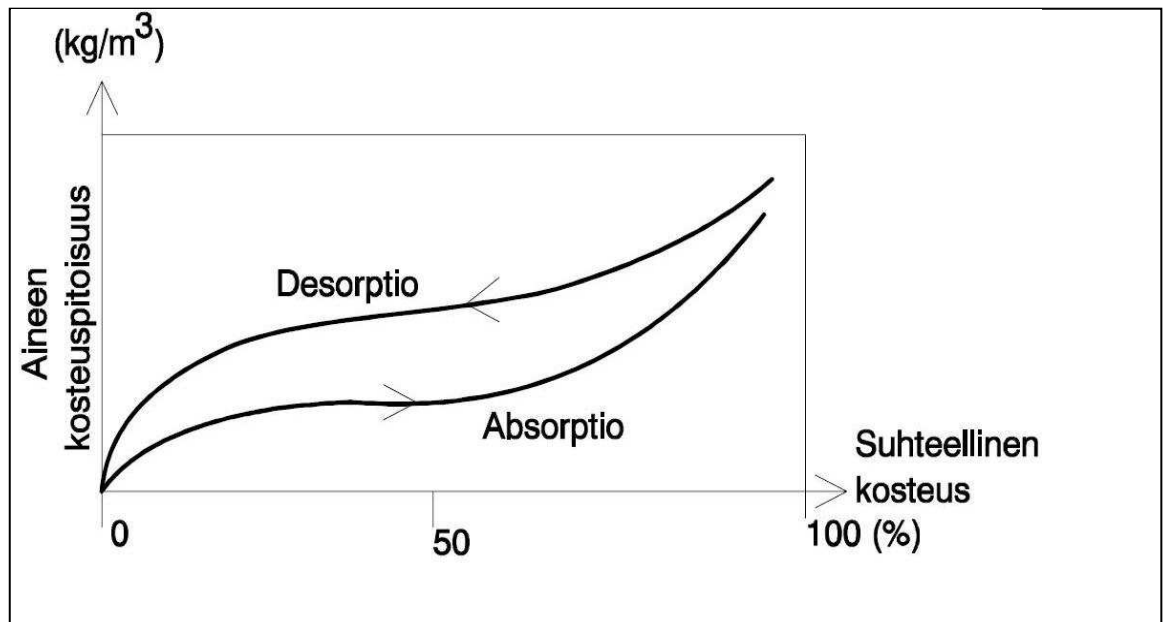
Kastepiste tai tarkemmin kastepistelämpötila on se ilman lämpötila, jossa ilman sisältämän vesihöyryn tiivistyminen alkaa. Tähän lämpötilaan ilman lämpötilan tulee siis laskea, jotta tiivistyminen käynnistyisi [12].

Kondensoituminen

Kondensoituminen tarkoittaa ilman vesihöyryn tiivistymistä vedeksi. Kastepiste on lämpötila, jossa ilmassa oleva vesihöyry muuttuu vedeksi, kondensoituu. Toisin sanoen ilman kosteus saavuttaa kyllästyskosteuden. Kondenssin syntymisen ehtona on, että tiivistymiskohdan lämpötila on alhaisempi kuin ohi virtaavan ilman kastepistelämpötila [9]. Jotta rakenteen pinnalle ei tiivistyisi kosteutta, tulee pinnan lämpötilan olla korkeampi kuin ympäröivän ilman kastepistelämpötila.

3.3 Hygroskooppinen kosteus

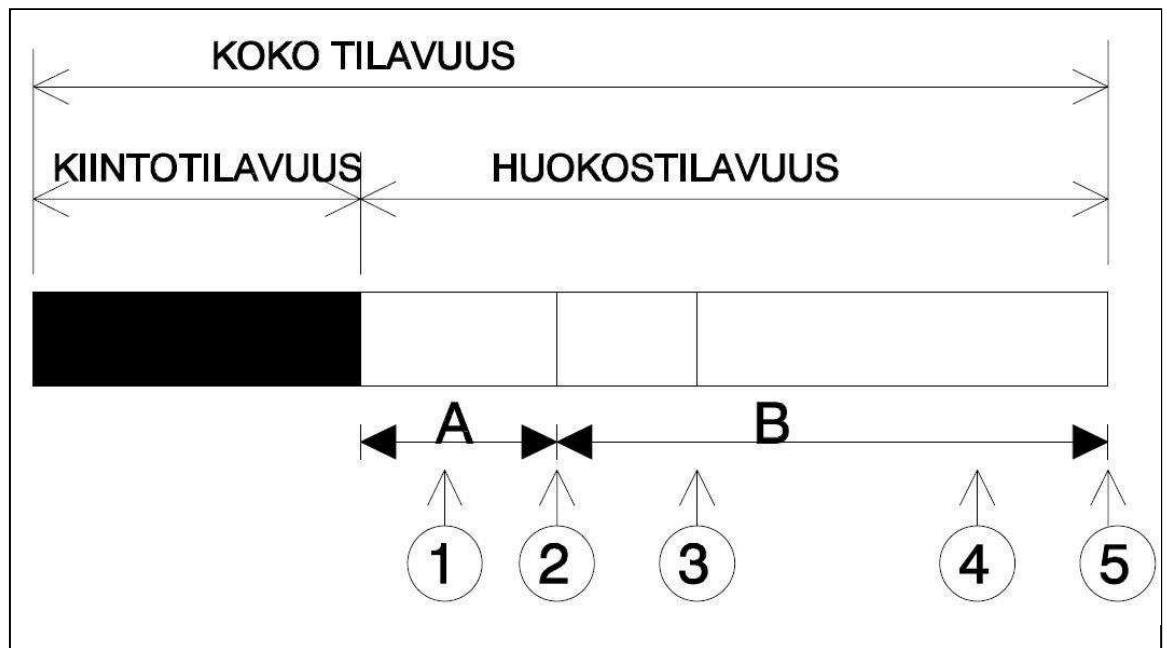
Hygroskooppisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä sitoa kosteutta ilmasta ja luovuttaa kosteutta ilmaan [6, s. 46]. Rakennusmateriaalit voivat sitoa kosteutta hygroskooppisesti tai kapillaarisesti tai vesi voi olla materiaalin huokosissa vapaana vetenä. Kapillaarisella kosteustasapainolla tarkoitetaan kosteuspitoisuutta, johon materiaali asettuu ollessaan kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan materiaaliin [8]. Hygroskooppinen kosteus on materiaaliin ilmasta sitoutunutta kosteutta, jolloin materiaalin kosteuspitoisuus pyrkii tasapainottumaan ympäristön ilman suhteellisen kosteuden kanssa. Materiaali on hygroskooppisella alueella, kun sen kosteuspitoisuus vastaa ympäröivän ilman suhteellista kosteutta 0...98 % [6, s. 46]. Ympäristön suhteellisen kosteuden ja materiaalin kosteuspitoisuuden välistä riippuvuutta kuvataan tasapainokäyrillä. Materiaalin kastumisen ja kuivumisen tasapainokosteuskäyrät ovat erilaiset, koska samalla ilman suhteellisella kosteudella materiaalin kosteuspitoisuus kuivumisvaiheessa on suurempi kastumisvaiheessa [6, s. 46]. Kuvassa 3 on esitelty materiaalin tasapainokosteuden käyrä, jossa materiaalin kastumista kuvaa absorptio ja kuivumista desorptio.



Kuva 3. Tasapainokosteuden käyrä.

Kapillaarinen kosteus on materiaalin huokosalipaineen vaikutuksesta imeytynyttä vettä materiaaliin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan ma-

terialiin. Kuvassa 4 on esitelty materiaalin hygroskooppinen alue A ja kapillaarinen alue B, jolla voi tietyille materiaaleille ilmaista kostumisen.

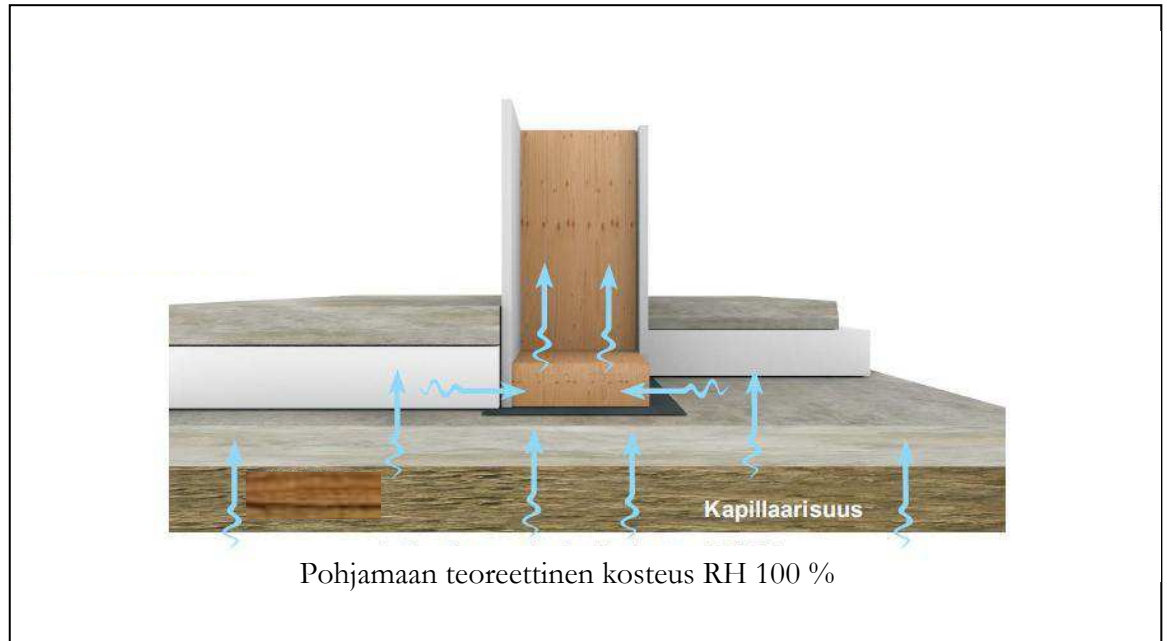


Kuva 4. Hygroskooppisen ja kapillaarisen kosteudensiirtymisen kuvaaja [11].

Kuvassa 4 tasapainokosteudessa (1) materiaalin huokosten ilman suhteellinen kosteus on sama kuin ilman suhteellinen kosteus. Hygroskooppisuuden yläraja (2), tasapainokosteus, kun ilman RH 100 %. Kriittinen kosteuspitoisuus(3), kosteuden siirtyminen nesteeseen. Kapillaarikyllästys (4). Vedellä kyllästymisen (5). Kapillaarikyllästykseen ja vedellä kyllästymisen alueella ilmahuokokset täyttyvät vain ylipaineen vaikutuksesta. [11.]

3.4 Kapillaarinen veden siirtyminen

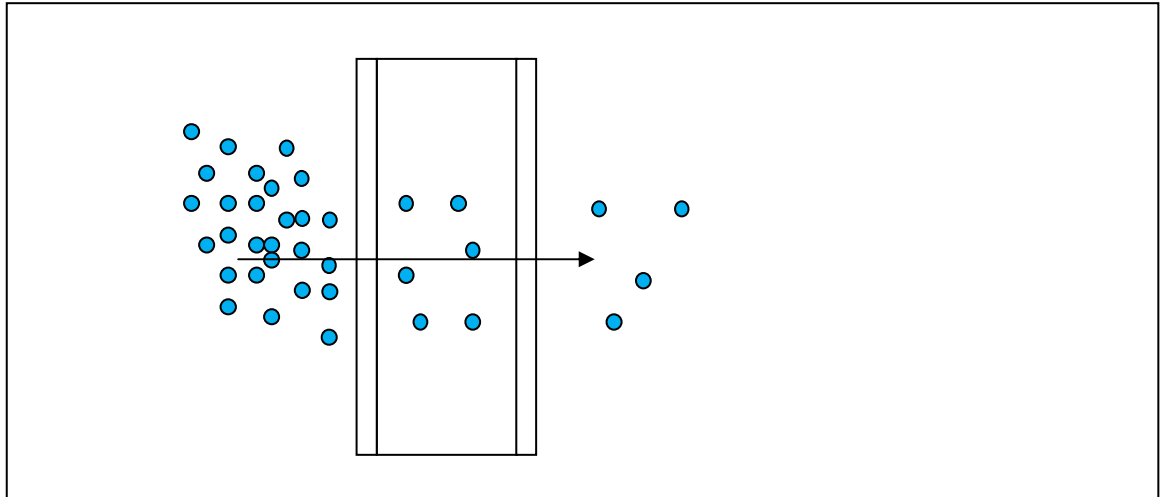
Vesi imeytyy kapillaarisesti huokoiseen materiaaliin, jos se on kosketuksissa vapaaseen veteen [6, s. 52]. Veden siirtyminen tapahtuu kapillaarivoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta. Huokosalipaine vaikuttaa materiaaleissa kaikkiin suuntiin, joten vesi voi siirtyä kapillaarisesti kaikkiin suuntiin. Huokosalipaineen suuruus riippuu huokosten koosta siten, että mitä pienempi huokonen on, sitä suurempi huokosalipaine on [6, s. 52]. Aina kosteustasapaino ei muodostu huokosalipaineen ja maan vetovoiman välille, vaan esimerkiksi seinärakenteissa ilmaan haihtuvan kosteuden määrä vaikuttaa myös siihen, miten korkealle kosteus rakenteessa nousee. Kuvassa 5 on periaatekuva seinään kapillaarisesti nousevasta vedestä.



Kuva 5. Veden kapillaarinen siirtyminen voi tapahtua kaikkiin suuntiin. Nuolet esittävät veden liikkumissuuntaa. Vesi voi siirtyä kapillaarisesti myös vaakasuunnassa, jolloin painovoima ei rajoita veden kapillaarista siirtymistä [8].

3.5 Diffuusio

Kosteuden siirtyminen diffuusiolla perustuu ilmassa olevien vesimolekyylien keskinäisiin törmäyksiin, jonka vaikutuksesta vesihöyryn pitoisuuserot, osapaineet pyrkivät tasaantumaan [6, s. 54]. Vesihöyry siirtyy diffuusiolla suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään. Mitä suurempi vesihöyrypitoisuus rakennuksen eri puolilla vaikuttaa, sitä suurempi on diffuusiiovirtaus. Diffuusio riippuu materiaalin vesihöyrynvastuksesta ja ilman vesihöyryn osapaine-erosta. Esimerkiksi 0,2 mm muovikalvon vesihöyrynvastus on 100-kertainen verrattuna 100 mm betoniin. Kuvassa 6 on periaatekuva vesihöyryn liikkeestä.

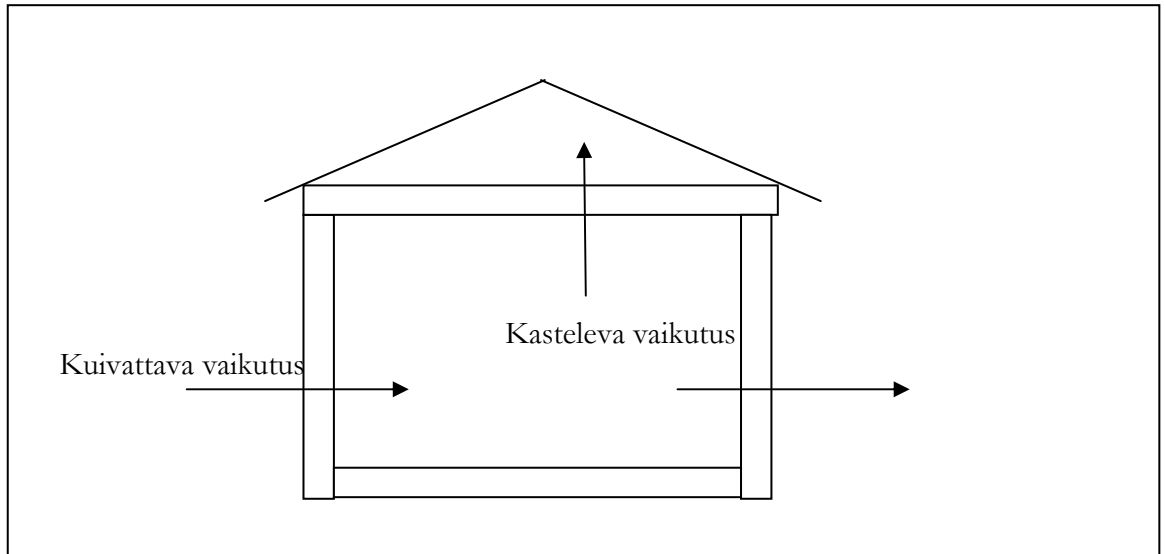


Kuva 6. Diffuusiovirtauksen suunta suuremmasta pitoisuudesta pienempään.

Kosteusvaurioiden kannalta ongelmallisin tilanne tulee, jos rakenteen sisäpuolelta pääsee vesihöyryä diffuusiolla enemmän rakenteeseen kuin rakenteesta voi poistua. Tällöin kylmänä vuodenaikana rakenteeseen voi tiivistyä haitallisessa määrin kosteutta [8]. Useimmiten diffuusion suunta on sisältä ulospäin, koska sisäilmassa on enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa, mutta lämpötilaero ei kuitenkaan määrää diffuusion suuntaa, vaan alapohjarakenteista voi tulla diffuusiolla kosteutta kylmemmästä lämpimämpään. Vesihöyrypitoisuuksien ero rakenteen sisä- ja ulkoilman välillä aiheuttaa diffuusion. Kosteus tiivistyy rakenteen sisään diffuusion vaikutuksesta. Vesihöyry tiivistyy vedeksi (kondensoituu), kun vesihöyryn osapaine tai absoluuttinen kosteus rajapinnassa x on suurempi, kuin kyllästyspaine tai kyllästyskosteus. Maapohja rakennuksen alla voi kuitenkin lämmitä esimerkiksi alapohjan huonon lämmöneristyksen takia, jolloin maasta voi diffuusiolla kulkeutua vesihöyryä alapohjarakenteisiin.

3.6 Konvektio

Konvektiolla tarkoitetaan ilmanvirtausta, joka syntyy rakenteen yli tai läpi, vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Konvektiolla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä ilmavirran mukana [6, s. 56]. Rakennuksissa kosteusvaurioriski muodostuu kylmänä vuodenaikana, kun kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin ja sisäilman sisältämä kosteus alkaa tiivistyä rakenteiden sisään. Kuvassa 7 on esitelty konvektion vaikutus rakenteen kastumiseen ja kuivumiseen.

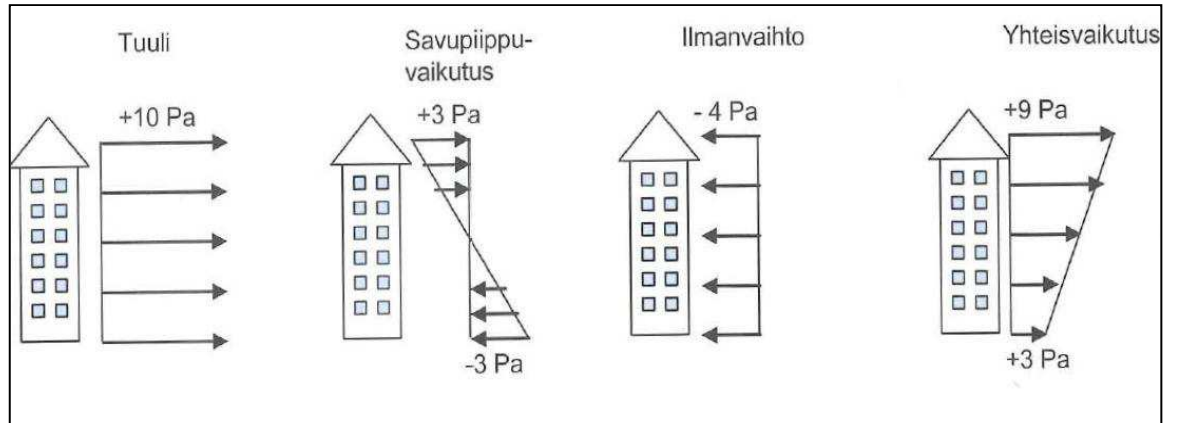


Kuva 7. Periaatekuva konvektion kuivattavasta ja kastelevasta vaikutuksesta.

Rakenne on pyrittävä tekemään ilmatiiviiksi ja rakennuksen painesuhteiden on oltava sellaiset, että lämmintä ilmaa ei virtaa kylmiin rakenteisiin tai rakennusosiin [6, s. 57]. Kosteuden siirto konvektion avulla tapahtuu ensisijaisesti raoista ja rei'istä [9]. Rakennuksissa kosteusvaurioriski muodostuu kylmänä ajanjaksona kun kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin ja sisäilman sisältämä kosteus alkaa tiivistyä rakenteiden sisään [8]. Useimmiten ongelma kohdistuu yläpohjarakenteisiin, koska rakennuksen painesuhteet ovat usein siten, että rakennuksen yläosa on ylipaineinen. Konvektiosta aiheutuva kondenssi on merkittävä tekijä rakenteissa, joissa esiintyy reikiä ja rakoja. Kondenssin syntymisen ehtona on, että tiivistymiskohdan lämpötila on alhaisempi kuin ohi virtaavan ilman kastepistelämpötila [9].

3.7 Rakennuksen painesuhteet

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat ilman lämpötilaerot, tuuli ja ilmanvaihto. Ulko- ja sisäilman lämpötilaeron aiheuttamaa paine-eroa kutsutaan savupiippuvaikutukseksi. Paineero syntyy, kun lämmin ilma nousee kylmää ilmaa kevyempänä ylös. Ulkoilmaa lämpimämmän rakennuksen sisäpuolella sen alaosiin kohdistuu alipaine ja yläosiin ylipaine ulkoilmaan verrattuna. Savupiippuvaikutuksen aiheuttama rakennuksen sisäpuolinen ylipaine nousee neutraaliakselissa ylöspäin noin 0,9 Pa metrillä, kun sisä- ja ulkoilman lämpötilaero on 20 °C [6, s. 58]. Kuvassa 8 on kuvattu lämpötilaerosta muodostuvaa paineen jakautumista rakennuksessa.



Kuva 8. Rakennuksen painesuhteen jakautuminen lämpötilaerojen vaikutuksesta rakennuksen suojanpuoleiseen ulkoseinään. [5, s. 85].

Savupiippuvaikutuksen aiheuttama rakennuksen yläosan ylipaine saattaa kumota ilmanvaihdon aikaansaaman alipaineen [6, s. 58].

Tuulen aiheuttama paine rakennuksessa riippuu tuulen nopeudesta ja suunnasta ja rakennuksen geometriasta [6]. Tuuli aiheuttaa kohtaamaansa pintaan ylipainetta ja sivuseinille ja suojanpuoleiselle seinälle alipainetta. Rakennuspaikan vallitseva tuulen suunta ja rakennuksen aukkojen sijainti vaikuttavat rakennuksen sisäpuoliseen paineeseen.

Ilmanvaihdon aiheuttama paine-ero rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä riippuu ilmanvaihtojärjestelmästä:

- Painovoimainen ilmanvaihto.
- Koneellinen poistoilmanvaihto.
- Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Painovoimainen ilmanvaihto on riippuvainen sisä- ja ulkoilman lämpötilaerosta, ja siksi se on tehokkaimmillaan kylmänä vuodenaikana.

Tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon yhteisvaikutuksesta määräytyvät rakennuksen painesuhteet. Painesuhteet vaihtelevat vuorokauden ja vuodenaikojen mukaan. Ilmanvaihtolaitteiston toiminta ja tuuli voivat muuttaa painesuhteita vuorokauden aikana hyvin nopeasti ja voimakkaasti. Kokonaispaine-eron aiheuttama ilman virtaaminen aiheuttaa kos-

teusvaurioriskin, jos ilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi, mikä vastaa sisäpuolista ylipainetta [6].

Rakennuksissa ilmenneiden vaurioiden tutkiminen ja vaurion aiheuttajan tunnistaminen on ensiarvoisen tärkeää, kun aletaan suunnitella korjaamista. Ennen korjaamista on vaurion aiheuttaja poistettava niin, ettei se pääse uusiutumaan.

4 ERI RAKENTEIDEN KOSTEUSVAURIOITUMINEN

4.1 Maanvaraiset seinärakenteet ja niiden korjaaminen

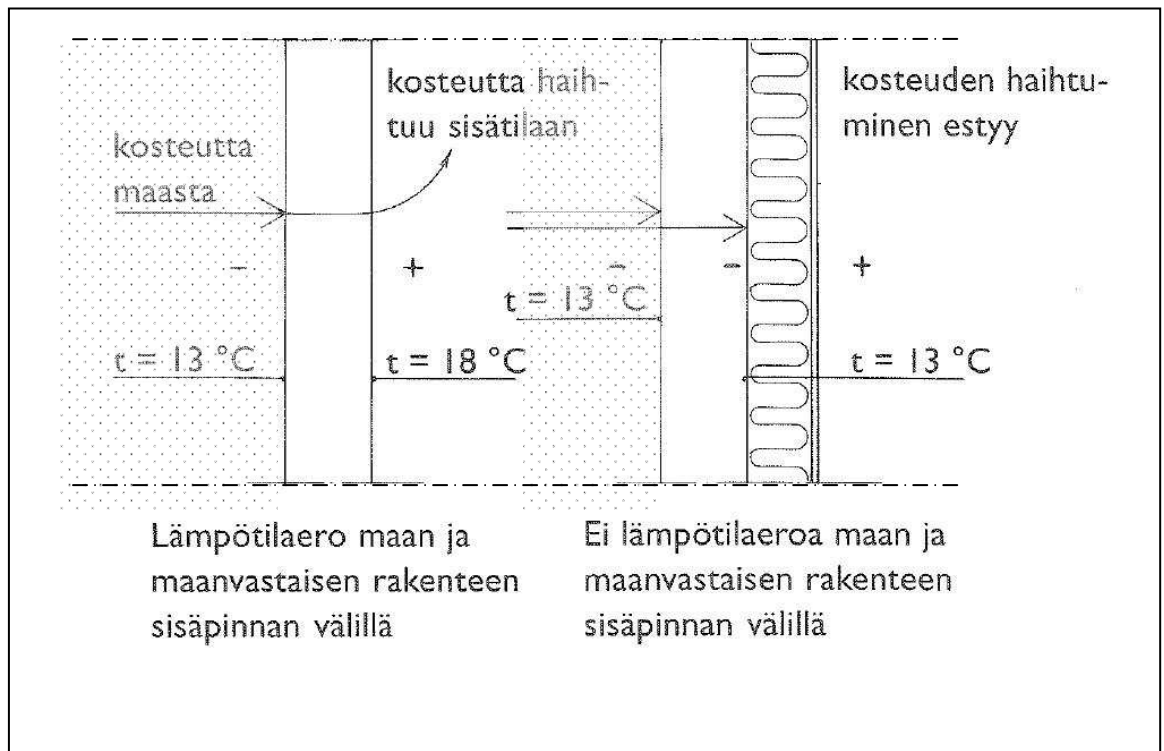
Maanvastaisien ja kellarien seinien kosteusvaurioitumisaste ja sen laajuus riippuvat kosteusrasituksesta ja rakenneratkaisusta. Tyypillisiä maanvastaisien seinien kosteusvaurion aiheuttajia ovat mm. pintavesien valuminen rakennukseen ja veden kapillaarinen nousu. Kosteusvauriot voivat ilmetä homeen hajuna tai pintamateriaalien vaurioitumisena.

Maanvastaisten seinien kosteusvaurioitumisen syitä ovat:

- Kellarin seinän puutteellinen vedeneristys.
- Maaperän kosteusrasitus ja pintavedet.
- Maaperän kosteus ja sadevedet.
- Maan pintakerroksen alta puuttuu vettä pidättävä seinästä poispäin kalteva kerros.
- Salaojituserosten ja kellarin seinän ulkopuolisen täyte laatu on kapillaarista.
- Kapillaarikatko puuttuu perustusten alta, eli perustukset lähtevät luonnon maapohjasta.
- Korkea sisäilman kosteus.
- Puutteellinen kellaritilojen ilmanvaihto.
- Kellarissa olevat märkätilat.
- Rakenteen jääminen kahden tiiviin kerroksen väliin.
- Molemmiin puolin vedeneristetyt rakenteet, märkätilat kellarin seinällä.
- Vesihöyryä huonosti läpäisevien pinnoitteiden käyttö rakenteen sisäpinnassa.
- Kosteuden kuivuminen sisäänpäin estyy.

- Rakennekosteus.
- Sisäpuolinen lisälämmöneristäminen rankarunkoa ja levytystä käyttämällä.

Maanvastaisien rakenteiden sisäpuolinen lämmöneristys voi estää kastuneen rakenteen kuivumisen ja johtaa pahoihin vaurioihin [7, s. 21]. Kuvassa 9 on esitelty periaatekuva maanvastaisen seinärakenteen toiminnasta.



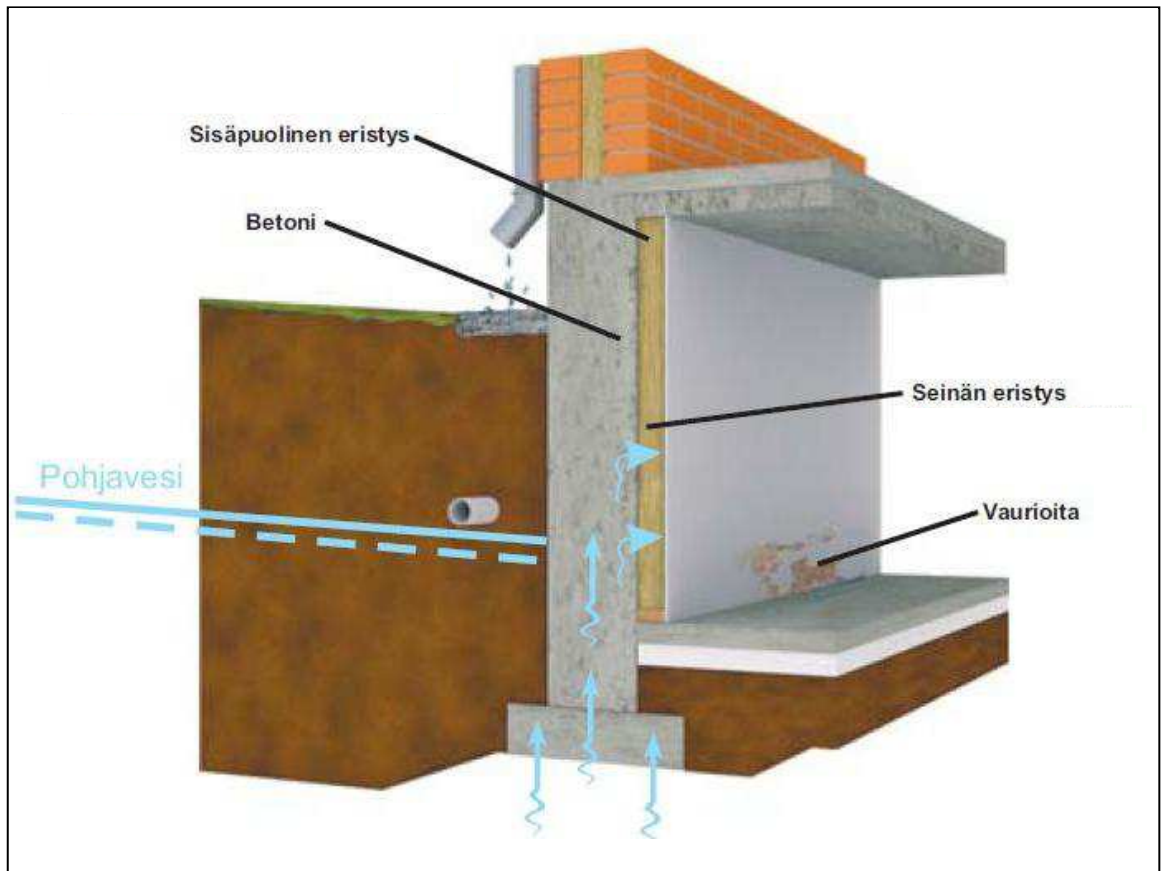
Kuva 9. Maanvastaisen rakenteen sisäpuolinen lämmöneristys voi estää kastuneen rakenteen kuivumisen ja johtaa pahoihin vaurioihin [7, s. 21].

Seinät ja lattiat, joiden lämmöneristys on maanvaraisen rakenteen sisäpuolella niin, että kuivuminen estyy tai hidastuu olennaisesti. Sisäpuolisessa lämmöneristetyissä seinissä käytetyt puumateriaalit lisäävät haittoja. Vaurioita esiintyy yleisesti kohteissa, joissa aikaisemmin tois-sijaisessa käytössä olleita kellaritiloja on otettu asuinkäyttöön sekä rinneratkaisuissa. [6, s. 21.]

Korjaaminen

Rakenteen korjaamisen lähtökohtana on poistaa havaittu vaurio ja sen aiheuttaja. Korjaamisen suunnittelun pohjaksi on oltava kattava tutkimusraportti, jonka perusteella päätetään toteutettava korjaustapa ja laajuus. Rakenteita korjattaessa on ymmärrettävä kosteuden käyttäy-

tyminen rakenteissa ja rakennuksessa niin, että vauriot eivät korjaamisen jälkeen pääse uusiutumaan. Kuvassa 10 on esitelty tyypillinen maanvastainen seinärakenne.



Kuva 10. Maanvastainen seinärakenne jossa ongelmia [13].

Kuvan 10 kaltaisen kosteusvaurioituneen seinärakenteen purkaminen sisäpuolisilta osilta on suoritettava kosteus- ja homevaurioituneen rakenteen purkutyönä RATU -ohjekortin 82-0383 mukaisesti, ellei rakenteista otetuista näytteistä ole havaittu asbestia. Ennen korjaustyön aloittamista täytyy varmistua, onko asbestia, tai mikäli epäillään rakenteessa olevan asbestia, on se toteutettava asbestipurkutyönä. Jälleenrakennuskauden taloissa on hyvin yleisesti käytetty asbestia sisältäviä materiaaleja. Mikrobivaurioituneet orgaaniset rakennusmateriaalit poistetaan.

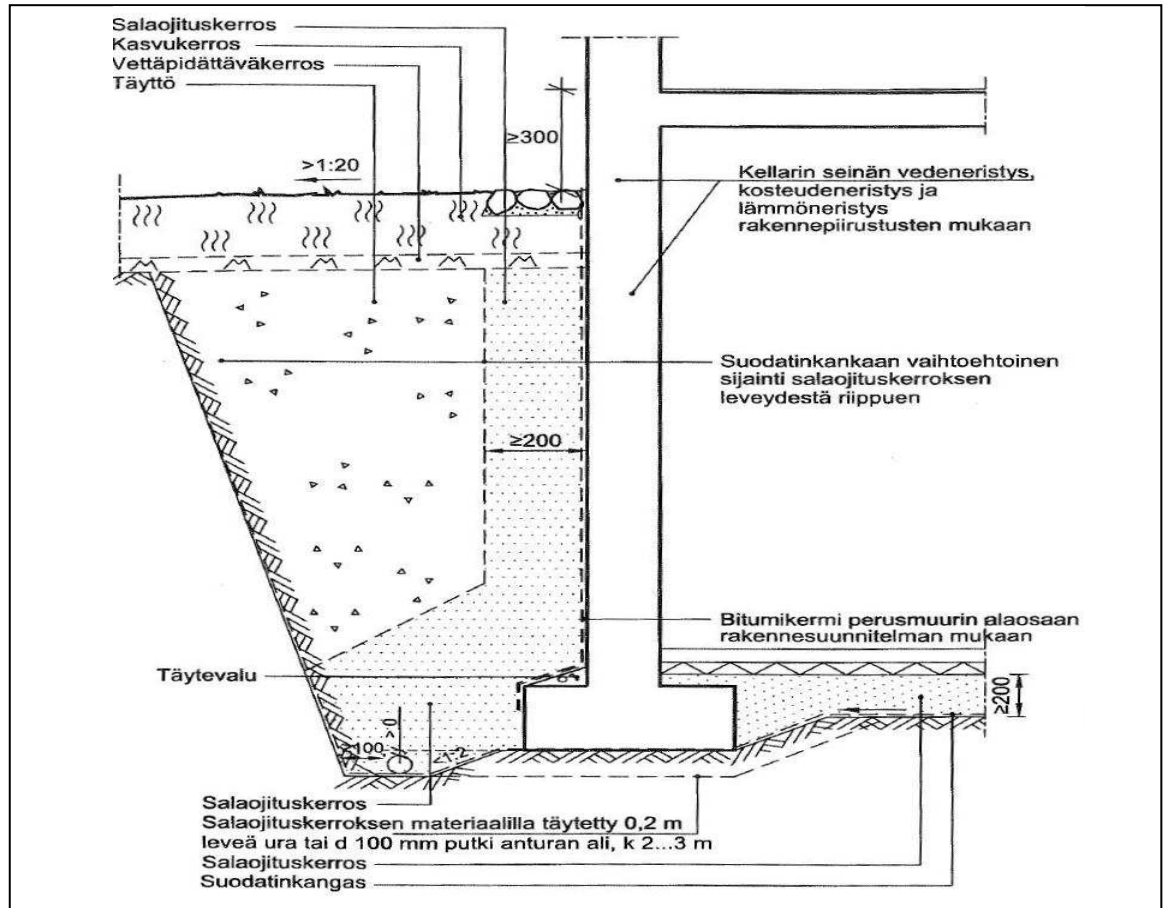
Tilan käyttötarkoitus määrää valittavan korjaustavan. Kellarin käyttö pesu/märkätilana muuttaa maanvastaisen seinän rakennetta. Kellarin maanvastaisen seinän maata vasten olevan lämmöneristykseen sisäpuolella käytetään vedeneristystä tai vedenpaine-eristystä, joka estää maan kosteuden ja pinta- sekä sulamisveden haitallisen tunkeutumisen rakenteeseen [1]. Vaa-
tavisissa pohjavesi- ja maaperäoloissa, joissa rakenteet ovat vedenpaineelle alttiit, käytetään jat-

kuvia vedeneristeitä, jotka estävät ulkopuolisen veden haitallisen tunkeutumisen seinärakenteeseen.

Lämmöneristys suositellaan toteutettavaksi ulkopuolisella lämmöneristyksellä rakenteiden lämpötilan nostamiseksi ja kosteuspitoisuuden alentamiseksi, ellei rakenne itsessään ole riittävän eristävä. Seinän näkyvästä osasta tehdään riittävän tiivis estämään ulkopuolisen kosteuden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen. Vedenpaineelle alttiit rakenteet tulisi varustella hallittuun vuotoon ja vuotoveden poistamiseen perustuvalla järjestelmällä.

Salaojitus asennetaan ylimmältäkin tasolta kokonaan anturapinnan alapuolelle. Samalla kaivantoon asennetaan sadevesijärjestelmän putkistot ja salaojat peitetään 6...16 mm sepelillä. Anturan ja perusmuurin väliin tehdään laastilla viiste, joka ohjaa veden salaojiin. Kaivanto luiskataan riittävän kaltevaksi ja asennetaan suodatinkangas perusmaata vasten sekä seinänvierusta täytetään vettä läpäisevillä maa-aineksilla. Pintamaat muotoillaan 1:20 kallistuksella viettämään pois rakennuksen seinustoilta.

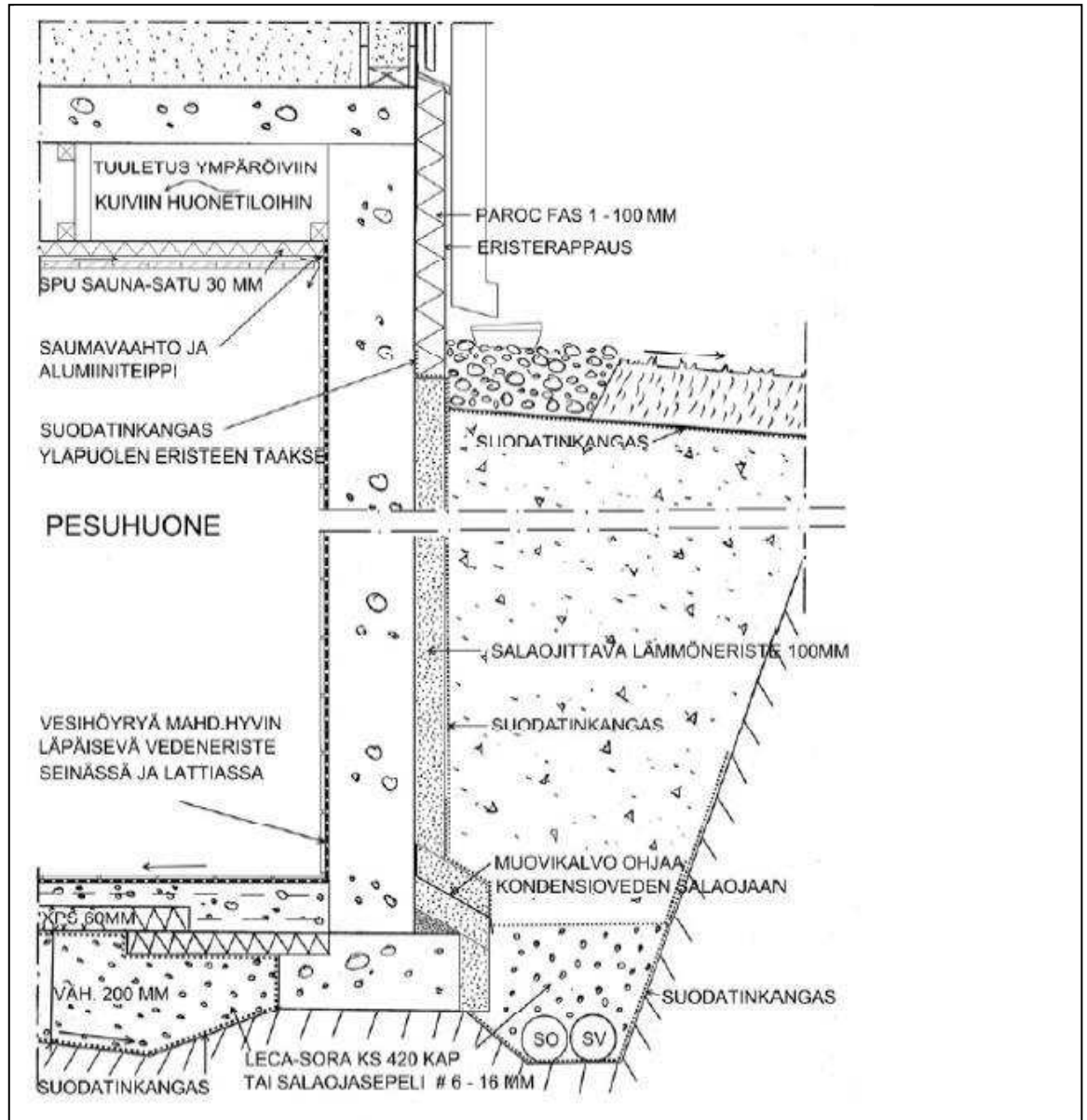
Sisäpuoliset alueet puhdistetaan sementtilastulevystä tai muusta eristeestä hiomalla tai hiekkapuhaltamalla puhtaaksi ja pinta desinfioidaan. Sisäpuolen betoniseinä voidaan tasoittaa kosteutta kestäväillä laasteilla ja pinta voidaan maalata vettä hyvin läpäisevällä maalilla. Puurakenteet ja lattian tasosta alkava muuraus erotetaan sokkeleista, perusmuureista ja maanvaraisesta betonilaatasta kapillaarisen nousun katkaisevalla rakennekerroksella, esimerkiksi bitumisivelyllä tai bitumikermillä. Kellaritilan ilmanvaihto on mitoitettava hyvän sisäilmaston ylläpitämiseksi. Kuvassa 11 on esitelty ulkopuolelta korjatun maanvastaisen seinän periaatekuva.



Kuva 11. Salaojituksen sijainti perusmuurin tai matalaperustuksen anturaan nähden. [14, s. 32.]

Rakennuksen alapohjan maatyöt tarvittaessa vaihdetaan mikäli ne nostavat kapillaarisesti kosteutta alapohjaan, mutta käytännössä maiden vaihtaminen voi olla vaikeata tai osittain mahdotonta. Tällöin lattiapinta ei saa olla päällystetty tiiviillä pinnoitteella. Perusmuuria vasten on mahdollista liimata ohutsaumalaastilla 150...250 mm kevytbetoniharkosta.

Kosteiden tilojen osalta perusmuurin ulkopinnan eristeenä voidaan käyttää salaojittavia eristeitä. Sisäosissa käytetään vedeneristystä ja katon tuulettumisen yläpuolisiin tiloihin tulee olla toimiva. Kuvassa 12 esitellään kellarissa toimivan pesuhuoneen rakennerratkaisu.



Kuva 12. Pesuhuoneen toteutus kellaritilaan. Ulkopinnassa käytetään salaojittavia lämmöneristeitä [15].

Yllä esitetyt kellaritilan toteutusratkaisut täytyy tapauskohtaisesti miettiä tarkkaan, ja liittymädetaljiin toteutukseen täytyy tehdä tarkat detaljipiirroksat.

4.2 Perustukset ja maanvaraiset alapohjarakenteet

Perustukset ja maanvarainen alapohja ovat eniten kosteusrasitukselle alttiita rakenteita, koska maaperän kosteus on jatkuvana rasitteena. Vaurioitumisasteen laajuuteen vaikuttavat kosteusrasitus ja rakenneratkaisu. Maanvaraisten lattioiden tyypillisiä havaittavia ongelmia ovat:

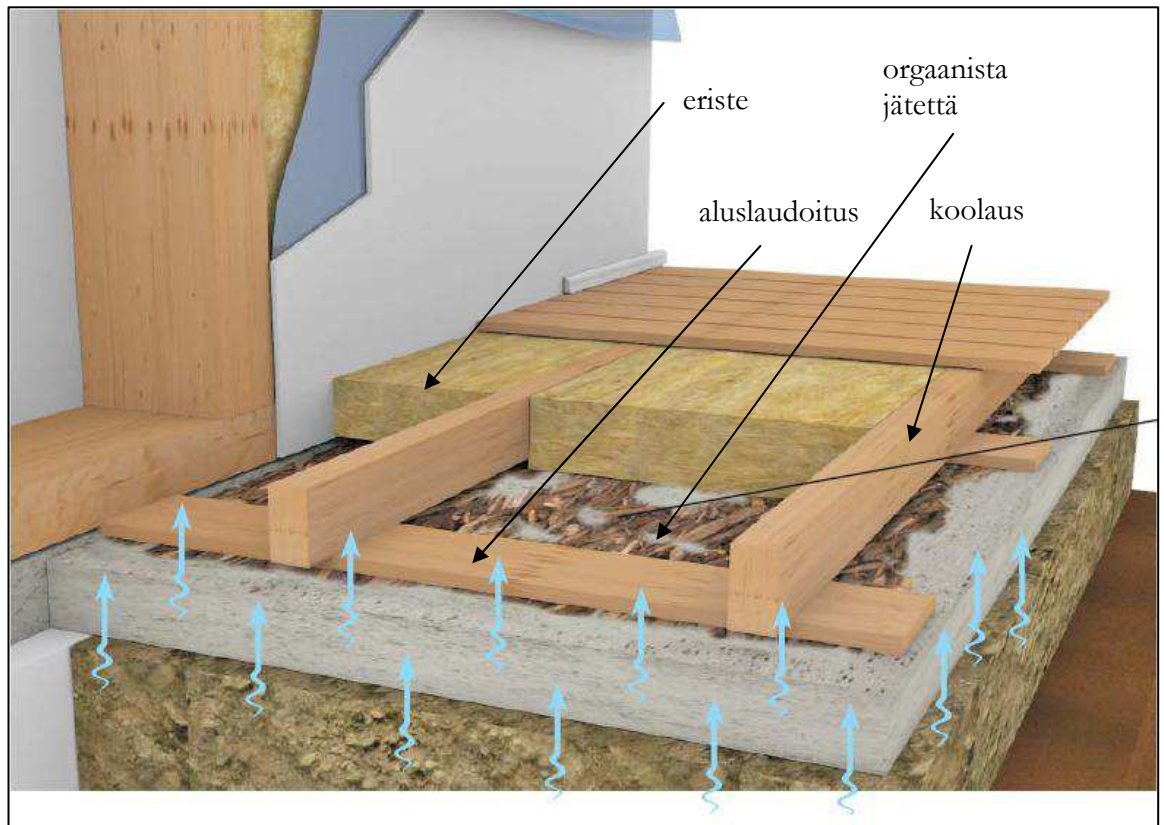
- Homeen haju alapohjasta
- Seinien alaosien vaurioita huonetilojen puolella
- Alapohjarakenteen puuosien home- ja lahovauriot

Perustusten ja maanvastaisten rakenteiden yleisimpiä kosteusvaurioitumisen syitä ovat:

- Pintavesien valuminen rakennukseen
- Puutteellinen sadevesijärjestelmä
- Veden kapillaarinen nousu rakennuspohjasta rakenteisiin
- Salaojituksen puutteet
- Kosteuden siirtyminen diffuusiolla
- Kosteuden siirtyminen konvektiolla
- Sadeveden tunkeutuminen epätiiviyiskohtien kautta perustusrakenteisiin
- Putkivuoto

Maanvaraisissa lattioissa lattiarakenteen alapuolisessa salaojasorakerroksessa on aina 90...100 % huokosilman suhteellinen kosteus mahdollinen, oli rakenne tehty miten hyvin tahansa. Sisäilman diffuusiolla siirtyvä kosteus aiheuttaa lisärasituksen maanvaraisiin perustusrakenteisiin. Kosteus kerääntyy tiiviille ja kylmälle betonipinnalle, mikä on maanvaraisen alapohjan yleinen kosteusvaurion aiheuttaja. Mikäli laatan alapinnalla ei ole lämmöneristystä, on laatan yläpinnan suhteellinen kosteus sama kuin alapinnalla, koska sen lämpötila on melkein sama kuin alapinnalla. Tällöin laatan yläpuolella olevien rakenteiden kosteusrasitus on suuri ja erityisesti puurakenteet, esimerkiksi lattian koolaukset, ovat vaurioitumisalueella [6, s.

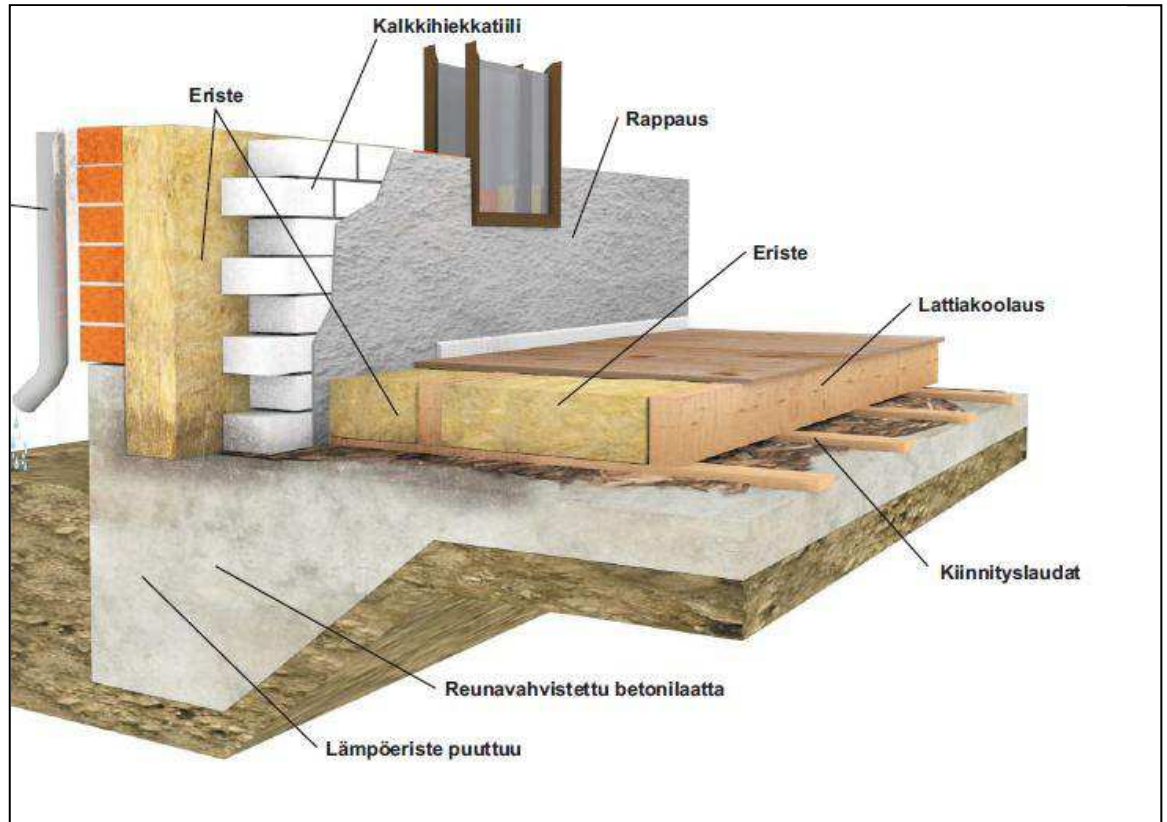
96]. Maanvaraisen laatan kylmät reuna-alueet ovat riskialueita, joihin maaperän ja sisäilman kosteus siirtyy diffuusiolla, joka voi kasvattaa rakenteen suhteellista kosteutta. Kuvassa 13 on periaatekuva lattiarakenteen kosteusvaurioitumisesta, jossa pohjalaatan päällä on laudoilla oikaistu koolaus, eristetila ja puulattia.



Kuva 13. Betonivalun päällä on aluslaudoitus, jonka päällä koolauslankut ja eristetila [13].

Alapohjarakenteen virheellisen lämpöjakauman seurauksena maaperästä diffuusiolla siirtyvä kosteus voi olla ongelmien aiheuttajana esim. lämpökanavien kohdalla, lattialämmityksen reuna-alueilla, lattialämmityksen katkaisun jälkeen tai rakennuksissa, joissa sekä pituus- että syvyysmitta on suuri [10].

Valesokkelit ja reunavahvistetut laatat ovat riskirakenteita. Lisäksi näissä voi olla sokkelihalkaisu ja siinä eriste. Tyypillisesti home- ja kosteusvauriot sijaitsevat valesokkelin ja sokkelihalkaisun eristeissä, jonne kosteus on kulkeutunut. Kuvassa 14 on esitelty reunavahvistettu laatta.



Kuva 14. Reunavahvistettu betonilaatta [13].

Tyypillisiä reunavahvistetun laatan ongelmia ovat parketin alusmuovin homehtuminen, seinän alaosan homehtuminen, alapuun lahoaminen ja lattioiden kylmyys ulkoseinävyöhykkeellä.

4.2.1 Maanvastaisen alapohjan korjaaminen

Korjaussuunnittelun lähtökohtana on kosteus- ja homevaurion syyn poistaminen [6, s. 101]. Korjaamisen tulee perustua tutkimusraporttiin, jonka perusteella on laadittu korjaussuunnitelma.

Maanvastaisen alapohjan rakenne ja vaurion aiheuttaja vaikuttavat valittavaan korjaustapaan. Maanvaraisen alapohjan korjaamisen perustaksi täytyy selvittää vaurion aiheuttaja perusteellisella kuntotutkimuksella ja korjaustyö tulee suunnitella niin, että vauriot eivät pääse uusiutumaan. Alapohjan rakenne on tunnettava, että korjaussuunnitelma voidaan laatia.

Maanvastaisen lattiarakenteen korjaussuunnittelussa on pyrittävä tekemään lattian yläpinta vähintään 0,3 m rakennuksen viereisen maanpinnan yläpuolella, sekä alapohjan lämmöneristys sijoitetaan kokonaan tai pääosin pohjalaatan alle. Lattian puurakenteet erotetaan kapillaarikatkolla, kuten bitumikermikaistalla tai vastaavalla materiaalilla alapuolisen laatan ja sokkelin rakenteista.

Maanvastaisen lattian ja betonilaatan ja sen päällä olevan puu-, betoni-, harkko- tai tiiliseinän väliin asennetaan kosteuden katkaiseva kerros, kuten bitumikermi, ja väliseinien tulee olla maanvastaisen betonilaatan yläpinnan yläpuolella. Höyrynsulun tarve ja sijoituksen tulee suunnitella tarkoin ottaen huomioon betonilaatan kuivuminen. Lahoavia materiaaleja ei saa jättää mihinkään, ja höyrynsulun alapuolelle ei saa jättää orgaanista materiaalia.

Maapohjalle levitetään vähintään 0,2 m paksu salaojituskerros ja tarvittaessa suodatinkangas mikäli pohjamaa on savea tai silttiä. Tämä vaihtoehto tulee kysymykseen silloin kun maanvarainen laatta puretaan. Tällöin tulee myös suunnitella mahdollisten tuuletusputkien (radonputkisto) asentaminen salaojakerrokseen. Vesihöyryn kulkeutumisen mahdollisuus maapohjasta on otettava huomioon lattian pinnoitteita valittaessa. Erityisesti pinta-alaltaan suurissa alapohjissa, joissa maapohjan lämpötila on lähellä betonilaatan lämpötilaa ja laatan alla kulkee lämpöputkia.

Maanvaraisissa lattioissa suositellaan käytettäväksi salaojakerroksen ja betonilaatan välissä lämmöneristettä kauttaaltaan koko alapohjan alueella. Eristeen asentaminen korjausrakentamisessa tulee kysymykseen silloin, kun alapohjan betonilaatta puretaan. Mikäli lattian yläpinta on erityisestä syystä viereiseen maanpintaan verrattuna alempana kuin 0,3 m maanpinnan yläpuolella on varmistettava sokkelin vedeneristyksellä, tehokkaalla pintavesien poisjohtamisella ja salaojituksella, ettei sade- ja sulamisvedet pääse siirtymään lattia- ja seinärakenteisiin.

Kalliolle perustetuissa taloissa on huolehdittava siitä, että kalliopintaa pitkin ei virtaa haitallisia määriä vettä rakennuksen alle ja rakennuksen alle ei lammikoidu vettä kallion syvänteisiin. Kallionpintaa rakennusta kohden valuvan veden kulkeutuminen estetään louhimalla niskaoja tai valamalla vedenohjaimet. Kallion pinnalla olevat syvänteet betonoidaan veden haitallisen lammikoitumisen estämiseksi. Betonointiin voi käyttää esimerkiksi lujuusluokan K25 (C20/25) vetelää (S3) tai notkeaa (S2) betonia. Betoni tulee tarvittaessa huokostaa pakkaskestäväksi ryömintätilaisissa alapohjissa. Tämä korjausmenetelmä on mahdollinen silloin, kun alapohjan rakenteita korjataan purkamalla rakenteet.

Maanvaraisen alapohjan rakenneratkaisuja eri vuosikymmenillä on ollut useanlaisia. Jälleenrakennuskauden pientaloissa maanvarainen laatta on voinut olla ns. työvalu ja sen päälle on koolattu lattialankut, joiden välissä eriste ja lattiapinnoitteena lankkulattia.

Useimmiten kaksoisbetonilaatan korjaukset joudutaan tekemään niin, että pintalaatta ja lämmöneristekerros puretaan kokonaan pois ja alalaatan päälle tehdään uusi lattiarakenne. Tällöin tulisi alalaatan päälle vedeneristys esimerkiksi bitumikermistä ja eristys XPS-eristeellä ja pintakerrokseksi uusi betonilaatta. Korjaustyötä suunniteltaessa kannattaa selvittää alemman laatan purkamisen yhtenä vaihtoehtona, jolloin kapillaarikatkaisukerros, radonputkisto ja lämmöneristeet voidaan rakentaa betonilaatan alle.

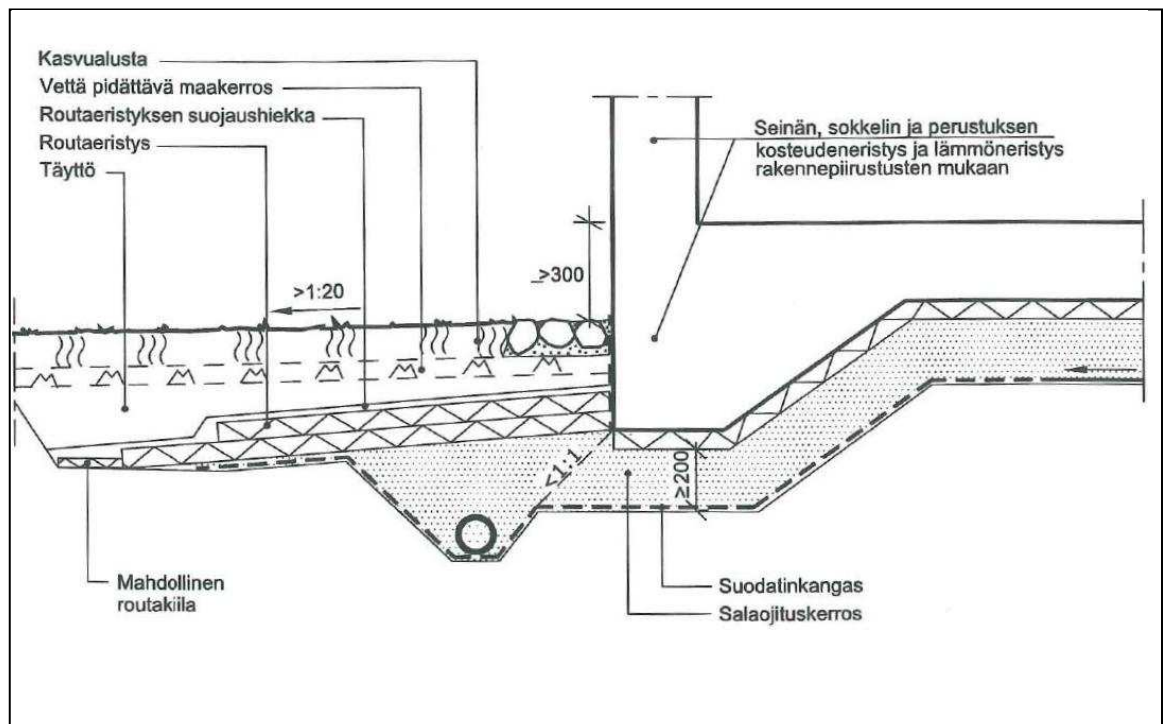
Valesokkelitaloissa on usein myös sisäpuolelta mineraalivillalla lämmöneristettyjä, puukoolattuja lattioita. Korjaustavoista parhaaseen lopputulokseen päästään purkamalla puukoolaukset, lämmöneristeet ja betonilattiat pois. Tällöin on mahdollista korjata kapillaarikatkaisukerros laatan alta ja asentaa radonputkistot sekä uusia lämmöneriste betonilaatan alapuolelle. Kuten kaksoisbetonilattioiden tapauksissa, betonin purkamisen ei tule kaikilta osin kysymykseen, jos se on osa rakennuksen kantavaa rakennetta

Mikäli lattioiden betonirakenteita ei jostain syystä pysty purkamaan tai kosteuden nousemista ei voida muutoin estää, voidaan rakenne suunnitella tuulettuvaksi. Tällöin vanha betonilattia puhdistetaan, desinfioidaan ja oikaistaan. Oikaistun lattian päälle tehdään muovilevyllä tms. koko lattian alle ilmakerros, joka alipaineistetaan koneellisella tuuletuksella. Tuuletustilaa suunniteltaessa tulee kiinnittää huomio siihen, että koko alue pääsee esteettä tuulettumaan. Tuuletustilaan johdetaan sisäilmaa jalkalistaan taustalle tehdyistä raoista ja poistoilma johdetaan yläpohjan ja vesikatteen läpi ulkoilmaan. Tuulettuvan lattian päälle voidaan asentaa ohut lämmöneristekerros, eristeiden päälle tehdään koolattu puulattia tai valetaan betonikerros. Tuulettuville järjestelmille on olemassa useita tuotemerkkejä. Tuulettuvat järjestelmät vaativat tarkkaa IV-suunnittelua, jolloin olemassa oleva ilmanvaihtojärjestelmä on tarkoin huomioitava, että ei aiheuteta rakennukseen esimerkiksi liiallisella alipaineella ongelmia muihin rakenneseisiin. Korjaamisen rakennesuunnittelussa ei tule hyväksyä ongelman olemassa oloa ja sen ”piilottamista” erilaisilla järjestelmillä. Lähtökohtaisesti rakenteet tulee aina korjata kuntoon ja pyrkiä poistamaan ongelman aiheuttaja ja käyttää sellaisia rakennusmateriaaleja, jotka toimivat kohteessa.

4.2.2 Salaojat ja perusmuurit

Salaojien tehtävänä on koota rakennuspohjaan tai muuhun rakenteeseen/rakennekerrokseen kertyvä vesi ja johtaa se ulkopuolelle purkupaikkaan. Salaojaputkilla tulee olla riittävä vedenotto- ja johtamiskyky sekä olosuhteiden vaatima mekaaninen ja kemiallinen kestävyys [14]. Maanvastaisten rakenteiden rakennuspohjan kuivatuksessa on otettava huomioon seuraavia asioita sade- ja sulamisvesien osalta sekä rakennuspohjan salaojituksessa. Kuvassa 15 on esitelty salaojituksen ja pintavesien poisto rakennuksen vierustalta.

Sade- ja sulamisvedet on johdettava pois rakennuksen viereltä, mikä toteutetaan rakennusta välittömästi ympäröivän maanpinnan muotoilulla rakennuksesta pois päin viettäväksi. Maanpinnan vähimmäiskaltevuus on 1:20 kolmen metrin etäisyydellä sokkelista, jossa maanpinta laskee vähintään 0,15 m. Rakennuksen läheisyydessä vesi poistetaan sadevesiviemäreillä, ojitamalla tai muulla sopivalla tavalla [1, s. 119]. Rinnetaloissa huolehditaan siitä, että yläpuolelta valuvat sade- ja sulamisvedet ohjautuvat rakennuksen sivuitse aiheuttamatta haittaa naapuritonteille. Rakennuspohja on salaojitettava veden kapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjaveden pinnan pitämiseksi riittävällä etäisyydellä lattiasta tai maanpinnasta sekä maahan imeytyvien pintavesien johtamiseksi pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta.

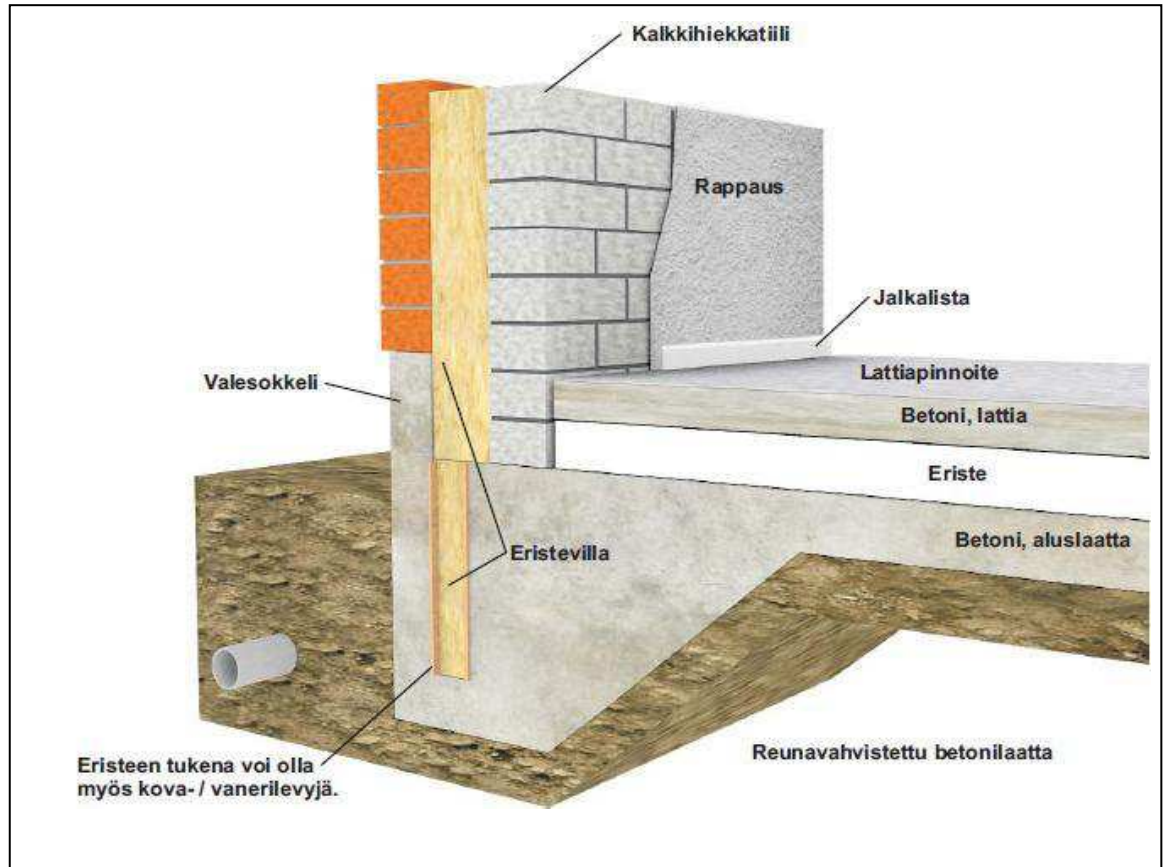


Kuva 15. Salaojan sijoitus laattaperustuksen yhteydessä [14].

Salaojitus salaojaputkineen sijoitetaan rakennuksen ympärille ja tarvittaessa myös sen alle. Seinänturan tai matalaan perustetun perusmuurin anturaan nähden salaojaputken yläpinnan on oltava joka kohdassa sen alapintaa alempana. Pilari- tai perusmuuriperustuksia tulee rakennuksen ulkopuolisen salaojaputken olla pilarien välisen sokkelipalkin alapuolella tai riittävän syvällä perusmuurin yläosan suojaamiseksi alempana olevalta kosteudelta. Salaojituskerros voidaan tehdä tasalaatuisesta luonnonkivestä tehdystä sepelistä, singelistä tai kevytsorasta. Mikäli käytetään kalliomurskeesta valmistettua salaojasepeliä, tulee sen olla pestyä. Salaojaputkea ympäröivän salaojituskerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m. Perusmuuria, sokkelipalkkia tai kellarin seinää vasten olevan pystysuuntaisen salaojituskerroksen paksuudeksi suositellaan vähintään 0,2 m [2]. Salaojituksen peitesyvyys tulee olla yli 0,5 m siinäkin tapauksessa, että salaojaputken yläpuolella on leveydeltään ja paksuudeltaan riittävä routaeristys. Salaojakaivot on myös suojattava jäätymiseltä. Salaojaputkien kaltevuuden tulee olla vähintään 1:200. Rakennusten alla kaltevuuden on oltava vähintään 1:100 [2].

4.2.3 Valesokkeli ja sokkelihalkaisu

Valesokkeliä on tehty 50- ja 80-lukujen välisenä aikana hyvin yleisesti. Rakenteena valesokkeli on sellainen, jossa perusmuurin ulkokuori on nostettu ulkoseinän rungon alapäätä ylemmäs. Useimmiten valesokkelin havaitsee kulkuaukkojen kohdilla katkaistusta sokkelista. Kuvassa 16 on tyypillinen valesokkeli, jossa on sokkelihalkaisu.



Kuva 16. Valesokkeli ja sokkelihalkaisu, jossa eristevilla [13].

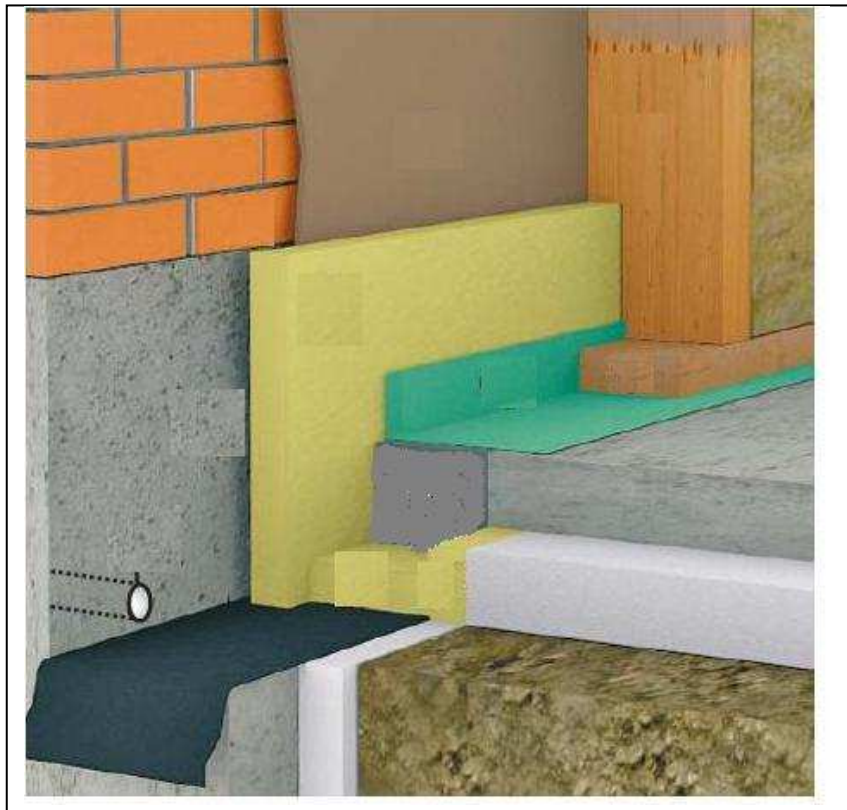
4.2.4 Valesokkelin ja sokkelihalkaisun korjaaminen

Valesokkelin vauriot aiheuttavat usein myös ulkoseinän alaosien korjaustarpeen. Sokkelin ulkopuoli kaivetaan auki siten, että saadaan sokkelin vierustat kuivatettua ja salaoja- ja sadevesijärjestelmät uusittua sekä muotoiltua pintamaat. Sokkelin ulkopinta oikaistaan, ja siihen asennetaan perusmuurilevy. Lisäksi ulkopuolelle tehdään tarvittavat routasuojaukset.

Sisäpuolelta valesokkeli korjataan poistamalla kosteusvaurioituneet eristeet ja puuainekset lattiapinnan alapuolelta. Seinän pinnoite on avattava ja runkotolpat on katkaistava niin ylhäältä, että työn suorittaminen onnistuu, vähintään 0,5...1 m korkeudelta. Runkotolpat katkaistaan ja alaohjauspuu poistetaan. Pinnat pudistetaan mekaanisesti harjaamalla ja imuroimalla puhtaiksi ja pinnat desinfioidaan. Rungon alaosaan muurataan kevytsoraharkko ja alaohjauspuu kiinnitetään siihen. Runkotolpat jatketaan ja vahvistetaan alaohjauspuuhun sekä runko-osa eristetään, asennetaan höyrynsulku ja pinnoitetaan. Höyrynsulun tiiveyden ennen

levytystä on kiinnitettävä huomio vanhan ja uuden höyrynsulun liittämässä. Höyrynsulun tiivistykseen tulee käyttää nykyaikaisia höyrynsulkuteippejä, butyylimassaa ja pu-vaahtoa niin, että ilmavuotoa ei pääse tapahtumaan. Kuvassa 17 on esitelty korjattu valesokkeli.

Sokkelin kostunut ja vaurioitunut lämmöneriste poistetaan sisäpuolelta avaamalla ulkoseinä-rakennetta niin, että saadaan lämmöneristeet poistettua (sokkelihalkaisu) ja betonisokkeli puhdistettua mekaanisesti ja desinfioimalla [16]. Sokkelihalkaisun uudelleen eristämiseen käytetään XPS-eristettä ja PU-vaahdotusta niin, että koko halkaisu tulee täysin tiiviiksi. Vaihtoehdoisesti sokkelihalkaisu voidaan esimerkiksi valaa umpeen ja sokkeli eristetään ulkopuolilla eristeellä, mikä on esitelty reunavahvistetun laatan korjaaminen –luvussa.



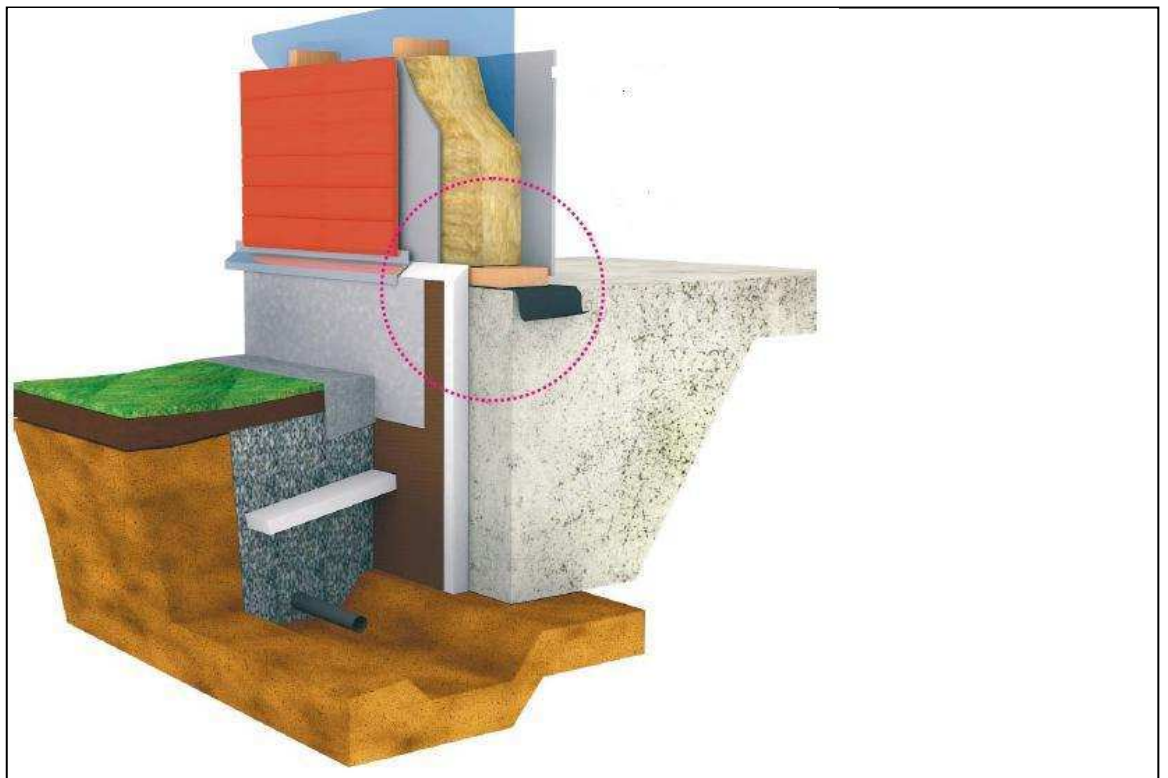
Kuva 17. Sisäpuolelta korjattu valesokkeli [13].

4.2.5 Reunavahvistettu laatta

Reunavahvistetun laatan ongelma on lattiapintojen jäähtyminen ja ilmavuodot. Lisäksi ongelmia aiheuttavat maakosteuden siirtyminen betoniin ja reunavahvistukseen jäänyt rakennekosteus. Vahvistusosaan jää kosteutta, joka kuivuu vuosien mittaan rakenteisiin. Rakenne-

kosteuden aiheuttamia kosteusvaurioita on havaittu useita vuosia rakentamisen jälkeen. Jos seinän alaosaan ja lattian rakenteisiin on muodostunut mikrobikasvustoa, se ei katoa pois, vaikka rakenne olisi myöhemmin elinkaarensa aikana kuiva.

Rakenne korjataan lämmöneristämällä ja tiivistämällä ulkoapäin sokkelin pinta kuvan 18 mukaisesti, jolloin samalla tiivistetään alaohjauspuun reuna. Sokkelin ulkopinta oikaistaan ja siihen asennetaan eristeet ja perusmuurilevy. Eristeen yläosan ja ulkooverhouksen reunaan asennetaan pelti, joka ohjaa valuvan veden maanpinnalle. Tällä korjauksella estetään rakennetta jäähtymästä haitallisesti ja estetään ilmavuodot rakenteisiin. Sokkelihalkaisu korjataan, kuten valesokkelin korjauksissa on esitetty.



Kuva 18. Reunavahvistetun laatan ulkopuolinen lisälämmöneristys [13].

4.3 Tuulettuva alapohja eli rossipohja ja niiden korjaaminen

Tuulettuvassa alapohjassa on maan ja alapohjan välillä ulkoilmalla tuulettuva ilmatila eli ryömintätila [3, s. 30]. Tuulettuvien alapohjien tyypillisimpiä havaittuja ongelmia ovat:

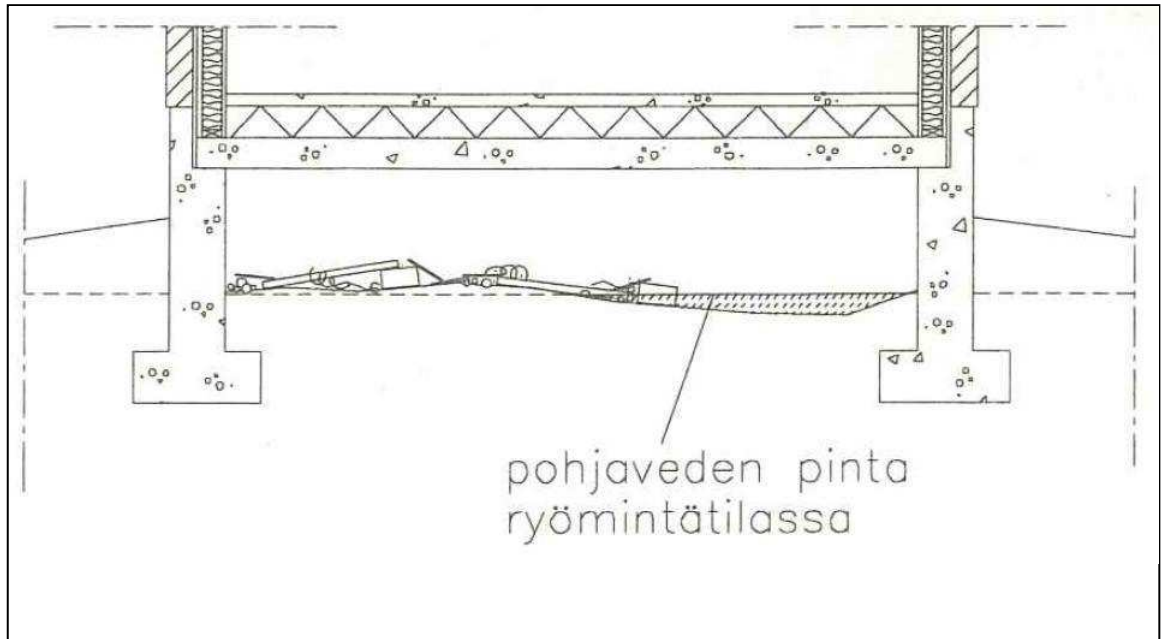
- Homeen hajua sisätiloissa.
- Alapohjan puuosissa on home ja lahovaurioita.
- Seinien alaosissa on vaurioita sisätilojen puolella.
- Ryömintätilassa on homeen hajua, kostea maanpinta, vesivalumajälkiä, homekasvustoja tai orgaanista jätettä.

Veden siirtyminen kapillaarisesti rakennuspohjaan ja rakenteisiin maanvaraisissa lattiarakenteissa sekä veden lammikoituminen ryömintätilaan tai veden kapillaarinen nousu ryömintätilan maan pinnalle ovat yleisimmät ja vahingollisimmat perusrakenteiden kosteus- ja homevaurioiden syyt [6, s. 91]. Mikäli ryömintätilan ongelmat johtuvat edellä mainituista seikoista, ei tuuletuksen lisääminen välttämättä riitä pitämään perustuksia kuivana.

Tyypillisimpiä tuulettuvien alapohjien kosteusvaurioitumisen syitä ovat ryömintätilaan jäänyt rakennusjäte ja muu orgaaninen aines, voi voi olla mm. rakennuspohjaan jätetty hajoava maan pinta-aines. Maaperästä ryömintätilaan haihtuva liiallinen kosteus, joka aiheutuu ryömintätilan pohjalta puuttuvasta kapillaarikatkerroksesta esim. sepeli- tai kevytsorakerroksesta. Pohjalla voi olla kosteutta kerääviä painanteita, esimerkiksi kallionkoloja, sekä tilan tuuletus on puutteellinen. Maanpinta on alempana ympäröivään maanpintaan nähden, jolloin lämpötilaerosta aiheutuva tuuletus ei toimi, sekä liian vähäinen määrä tuuletusaukkoja. Usein reuna-alueilla on heikko tuuletus, sekä tuuletusaukkoja on tukittu.

Ryömintätila voi olla liian matala, sekä alapohjan palkit, kannattimet ja palomuurien perustukset heikentävät ilman kiertoa. Kesällä tuulettutilan kylmyys voi aiheutua tilassa olevan ilman kosteuslähteeksi. Putkivuodot alapohjassa tai tuulettutilan rakenteissa sekä kosteutta siirtävän katkon puuttuminen perusmuurin ja lattiapinnan välistä aiheuttavat mikrobivaurioriskin. Rakenteen jääminen kahden tiiviin kerroksen väliin on myös mahdollista.

Kuvassa 19 on ryömintätilan pohjalla orgaanista rakennusjätettä ja pohjaveden taso korkealla, jotka heikentävät ryömintätilan ilmanlaatua.



Kuva 19. Ryömintätilassa rakennusjätettä ja pohjaveden taso korkealla [6].

Maanpinnasta haihtuvan veden määrää voidaan vähentää maan pinnalla olevalla kapillaarikatkolla (salaojitussoralla) ja lämmöneristyskerroksella (kevytsoralla, joka on poltettua savea) [3, s. 30]. Maanpinnalla on voitu käyttää aikaisemmin tiiviitä pintoja kosteuden nousemisen estämiseksi, kuten muovikalvoa ja tiiviitä eristeitä, mutta niiden pinnalle voi tiivistyä kosteutta silloin, kun maanpinta on tuuletusilmaa kylmempi.

Ryömintätilan vesivalumajälkien syynä voi olla ryömintätilan maanpinnan alempi korkeustaso verrattuna ulkopuoliseen maanpintaan. Ilmiö korostuu erityisesti, kun maanpinta rakennuksen ulkopuolella kallistuu rakennukseen päin ja sadevesien poisjohtaminen on hoidettu huonosti. Pahimmillaan katolta tulevat sadevedet valuvat tuuletusaukoista ryömintätilaan. [10].

Sisätilojen puolella seinien alaosien vauriot rajoittuvat yleensä kantavien seinien ja pilarien kohdille. Tällöinkin ryömintätilan ilman suhteellisen kosteuden tulee olla lähes 100 %, jotta maasta kapillaarisesti nouseva vesi ei voi haihtua ryömintätilan puolella takaisin ilmaan. [10]. Puisen tuulettuvan alapohjan ilmanpitävyys on melko huono, joten alapohjan läpi voi kulkeutua ilmavuotojen kosteaa ilmaa sisätiloihin [3, s. 31]. Erityisesti kosteus siirtyy kylmänä vuodenaikana diffuusiolla ryömintätilaan yhteydessä oleviin kylmiin rakenteisiin, esimerkiksi ulkoilmaan rajoittuviin perusmuurin osiin [6, s. 95].

Yleinen riittämätön tuuletuksen syy on liian pieni tuuletusaukkojen pinta-ala ja tuuletusaukoissa käytettävät ritilät, verkot ja tuuletusputket, joiden vaikutusta ei ole otettu huomioon suunnittelussa [6, s. 98].

Maanpinnalla olevat homekasvustot viittaavat maaperästä tulevan kapillaarisen nousun lisäksi orgaaniseen ainekseen maaperässä. Tyypillisesti alapohjaan on jätetty rakennustyön aikana alapohjaan rakennusjätettä ja tuuletustilassa on voitu säilyttää tavaroita, kuten lautoja ja muuta orgaanista materiaalia. Orgaaninen materiaali on hyvä kasvualusta mikrobeille. Pienikin määrä homehtunutta rakennusjätettä tai muottilaudoitusta voi aiheuttaa oireita ja hajuhaittoja rakennuksen käyttäjille [6, s. 100].

Tyypillisiä rintamamiestalojen tuulettuvien alapohjien ongelmia ovat esimerkiksi lahonneet lattian niskalankut, joiden vaurioituminen usein aiheutuu huonosta tuuleuksesta ja alapohjan korkeasta kosteudesta.

Korjaaminen

Korjaaminen on suunniteltava niin, että vaurion aiheuttaja poistetaan. Vauriomekanismin syytä täytyy tarkoin pohtia ja suunnitella huolellisesti toimenpiteet sen poistamiseksi. Korjauksen olisi hyvä pohjautua tutkimustulokseen, missä on arvioitu perusteellisesti, mikä vaurio on aiheuttanut.

Ryömintätillaisen alapohjan korjauksen suunnittelussa on huomioitava maan pinnan muotoilu ja sillä estettävä veden lammikoituminen tilaan. Sade- ja sulamisvesien pääsy rakennuksen ulkopuolelta rakennuksen ryömintätilaan ja jääminen sinne estetään sade- ja sulamisvesien poistojärjestelmällä, maanpinnan muotoilulla ja rakennuspaikan salaojituksella [1, s. 125]. Pohjaveden nouseminen ryömintätilaan estetään salaojituksella, sekä vesistön läheisyydessä ryömintätilan korkeusasema suunnitellaan niin, että se on vähintään 200 mm ylimmän vedenpinnan yläpuolella. Vesistön läheisyyteen rakennettaessa korkeusasema vaihtelee kunnittain, ja se on tarkistettava kunnan rakennusjärjestyksestä.

Maapohjasta aiheutuvaa kosteustuottoa rajoitetaan kapillaarisen nousun estävällä salaojituskerroksella, joka voi olla esimerkiksi 200 mm paksu sepeli tai sorakerros. Sepeli ja kevytsora tulisi erottaa pohjamaasta suodatinkankaalla. Maapohjan lämmöneristyksellä (kevytsorakerros) voidaan nostaa ryömintätilan lämpötilaa ja samalla alentaa ryömintätilan suhteellista kosteutta, joka kesällä voi nousta korkeaksi.

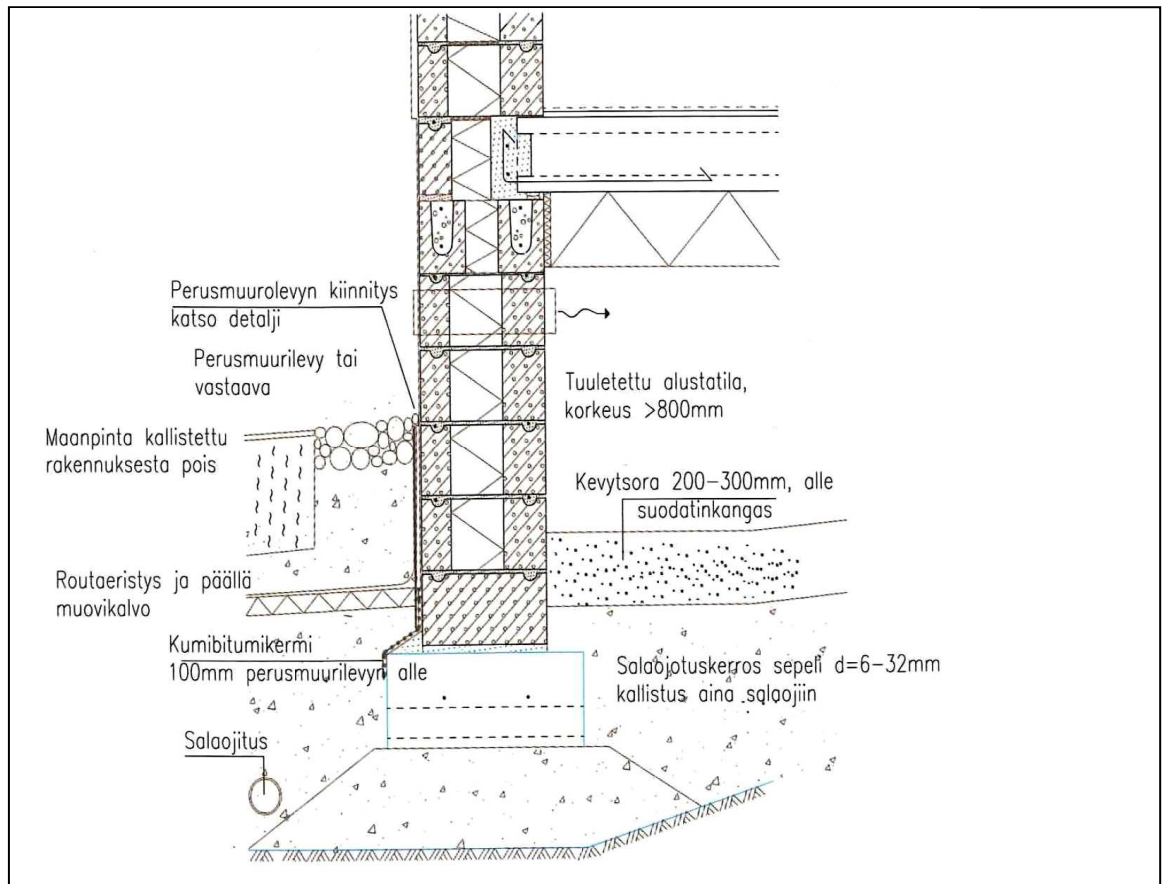
Alapohjan alapuolinen ryömintätila on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei ryömintätilaan keräänty vettä ja että ryömintätila tuulettuu riittävästi, eikä ilmatilan kosteudesta ole haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle [2].

Tuuletuksen parantamisen suunnittelussa lähtökohtana on, että ryömintätilan tuuletus tulee ensisijaisesti suunnitella luonnollisella tuuletuksella. Toteutuksessa huomioidaan rakennuksen eri puolilla vaikuttavia tuulenpaine-eroja tai painovoimaisesti savupiippuvaikutusta hyväksi käyttäen johtamalla tuuletusputki katolle, mutta ryömintätilaa voidaan tuulettaa myös koneellisesti [1, s. 126]. Ryömintätilaan ei saa muodostua umpinaisia, väliseinien tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja [2]. Tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla ainakin 4 ‰ ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletusaukon pinta-alalla tarkoitetaan suojaavan ritilän tai säleikön vapaata pinta-alaa. Tuuletusaukot jaetaan tasaisesti ulkoseinälinjalle siten, että koko ryömintätila tuulettuu. Aukkojen alareunan on oltava vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella, mutta mahdollisuuksien mukaan tätä korkeammalla. Aukkojen vähimmäiskoon on oltava 150 cm² sekä enimmäisvälin 6 m [2].

Ryömintätalassa oleviin väliseiniin ja tilaa osastoiviin palkkeihin tehdään vastaavat, mutta vähintään kaksi kertaa niin suuret tuuletusaukot kuin samalla virtausreitillä olevat ulkoilmaan avautuvat aukot [2]. Lisäksi tilassa on oltava ympärivuotisesti riittävä tuuletus, joka suunnitellaan tapauskohtaisesti. Tavoite ilmanvaihtuvuudelle on 0,5...1,0 kertaa tunnissa. Järjestettäessä tuuletus koneellisesti on huomioitava korvausilman virtaus sokkelin alta maakerrosten läpi joka nostaa yleensä ryömintätilan suhteellista kosteutta kesäaikana. Mikäli koneellisen poiston korvausilma virtaa sisätiloista, nostaa tämä yleensä ryömintätilan suhteellista kosteutta ja voi aiheuttaa kosteuden kerääntymistä alapohjaan. [1, s. 127]. Tilan huollettavuus ja toiminnallisuus on otettava huomioon, jolloin ryömintätilan korkeuden tulisi olla vähintään 0,8 m ja tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan on mahdollista. Ryömintätalassa ei saa olla rakennusjätettä eikä lahoavaa orgaanista ainesta.

Edellä mainituista voi korjauskohteessa korkeuden muuttaminen olla vaikeaa tai jopa mahdotonta. Toimivassakin ryömintätalassa voi kesäaikana esiintyä ajoittain olosuhteita, jolloin homeenkasvu on mahdollista. Alapohjasta pyritään tekemään mahdollisimman tiivis, jolloin erityistä huomiota tulee kiinnittää putkiläpivienteihin ja ilman- tai höyrynsulkumuovien tiiveyteen. Alapohjaa ei välttämättä korjaamallaakaan saada niin tiiviiksi, ettei alapohjasta pääse muodostumaan ilmavirtauksia huonetilaan. Tällöin korostuu alapohjan puhtaus orgaanisesta

materiaalista ja ryömintätilan tuulettavuus. Kuvassa 20 on ryömintätilaisen rakennuksen esimerkkidetallji.



Kuva 20. Ryömintätilainen rakennus [5].

Rossipohjassa lahonneiden alapohjan lankkujen vaihtaminen on mittava korjaustoimenpide. Mikäli alapohjan tuulettavuus on ollut ongelma, niin sellaiset asiat lähtökohtaisesti korjataan. Käytännössä talon, jonka alapohjaa korjataan, rakenteita joudutaan avaamaan myös huonetilan puolelta.

Ennen purkutyön aloittamista täytyy selvittää kantavat rakenteet ja purkutyön aikaiset tuenat. Lahonneet lattia kannattimet ja eristeet poistetaan ja vaihdetaan uusiin. Purkutyön loputtua ennen lattiapintojen sulkemista on alapohja puhdistettava huolellisesti kaikesta jätteestä.

4.4 Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteen on oltava sellainen, ettei sen läpi tapahdu haitallista kosteuden tunkeutumista eikä kosteus haitallisessa määrin keräänny rakenteeseen. Kosteudesta ei saa olla haittaa seinärakenteen toimivuudelle tai kestävyydelle [1, s. 105]. Ulkoseinissä tyypillisesti vauriot alkavat ilmestyä seinien sisä- ja ulkopinnoille. Sisäpinnoissa vauriot ilmenevät pintojen värimuutoksina ja maalin irtoiluna. Seinän ulkopintojen vauriot ovat mm. kalkkihärmettä tiili- ja betonipinnoilla ja puupinnoilla maalin irtoaminen. Ongelma voi ilmetä sisätiloissa mikrobi-peräisenä hajuna epäsäännöllisesti. Mikrobivaurioriskiinkin vaikuttavat suhteellisen kosteuden lisäksi lämpötila ja kosteuden vaikutusaika. Rakenteiden lämpötilojen ja kosteuspitoisuuksien jatkuvasta vuodenaika- ja vuosivaihtelusta seuraa, että mikrobikasvuedellytykset vaihtelevat alati eikä tapauskohtaista, yksin rakenteiden kosteuspitoisuuteen sidottua, mikrobivaurioitumisriskiä voi tarkasti määrittää.

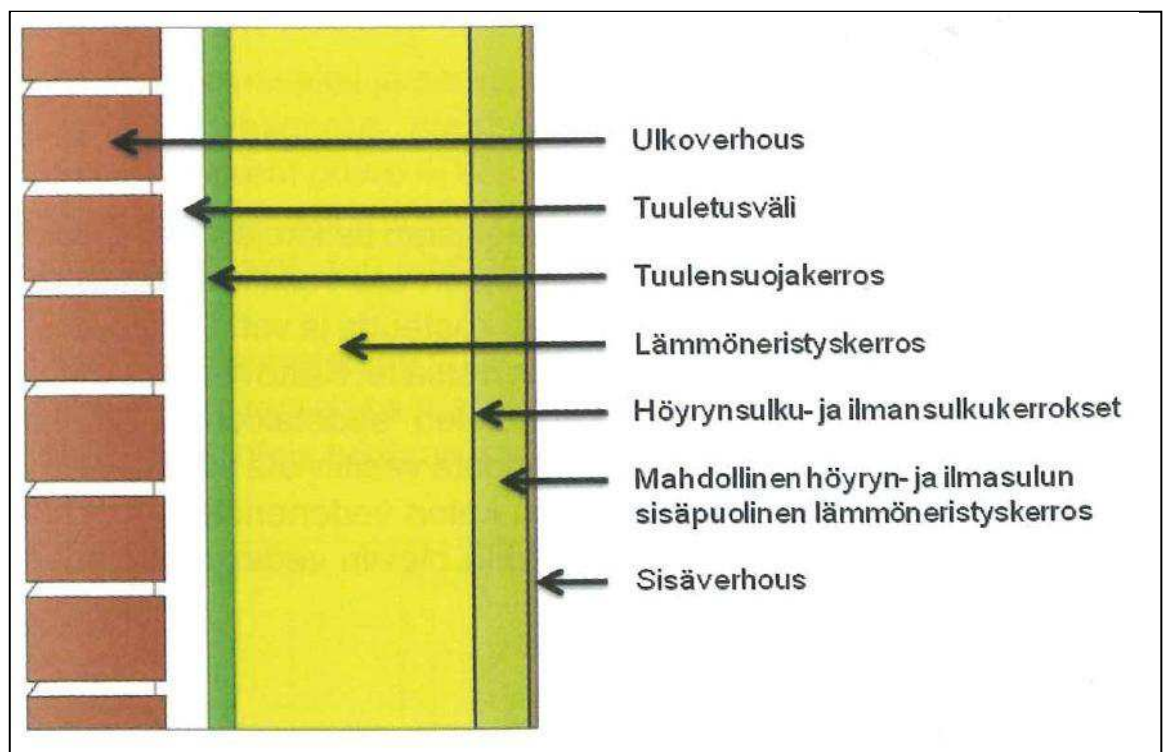
Ulkoseinissä tyypillisiä kosteus- ja homevaurioiden syitä ovat:

1. Sisäilman kosteuden diffuusio rakenteen kylmiin osiin.
2. Konvektio sisältä kylmiin tiloihin, kun rakennus on ylipaineinen kylmiin tiloihin verrattuna.
3. Kapillaarisen veden nousu maasta seiniin.
4. Kosteiden tilojen vedeneristyksen puutteet.
5. Rakenteen sisällä oleva putkivuoto.
6. Ulkoseinään tai sen läpi tunkeva sadevesi.
7. Tuuletusraon tukkeutuminen.
8. Sadeveden ja lumen sulamisvesien valuminen rakennukseen päin sekä puutteellinen sadevedenpoistojärjestelmä.
9. Roiskevesi. [6, s.74.]

Ulkoseinärakenteita on tuulettuvia ja tuulettumattomia. Kerroksellisissa ulkoseinärakenteissa, joissa on erillinen ulkoverhous, ulkoverhouksen taustan tuulettuminen varmistetaan yleensä

käyttämällä tuuletusväliä [1, s. 105]. Ulkoseinärakenne voi toimia ilman tuuletusväliä tai tuuletusuria, jos rakenteen materiaalikerrokset pystyvät haittaa aiheuttamatta sitomaan mahdollisen rakenteisiin kertyvän kosteuden, kunnes lämpötila- ja kosteusolosuhteiden muututtua voi poistua rakenteesta esim. ulkoverhouksen läpi [1, s. 105]. Julkisivumateriaaleina pinnoitteilla on erilainen ominaisuus hylkiä tai imeä vettä. Esimerkiksi tiilen kyky imeä vettä voi olla yllätys. Tiiliverhous toimii viistosateella ”imupaperin” tavoin: yhtenäistä vesikalvoa ei tiilipinnalle synny, vaan vesi imeytyy tiiliverhokseen [9, s. 101]. Jos verhomuurauksen takana on puuseinä, ilmaraon täytyy todella olla yhteydessä ulkoilmaan eli tuuletettu. Muutoin puuosat voivat alkaa lahota [9, s. 101].

Tuulettuvassa ulkoseinärakenteessa on julkisivun puolella olevan raon kautta tarkoitus poistaa ulkoa tai sisältä tuleva kosteus rakennetta vahingoittamatta. Kuvassa 21 on esitelty tuulettuvan ulkoseinärakenteen toimintaperiaate. Rakenne, jossa julkisivuverhous on erotettu muusta seinästä tuuletetulla ilmaraolla, on toimintavarmempi kuin rakenne, jossa tällaista rakoa ei ole. Julkisivuverhouksen takana olevan seinärakenteen tulee olla ilmatiivis läpivirtausten estämiseksi, sekä varustettu tuulensuojalla rakennevirtausten estämiseksi [9, s. 100].



Kuva 21. Tuulettuva ulkoseinärakenne [5].

Rakenteessa oleva kosteus poistuu vesihöyryinä tuuletusraossa virtaavan ilman mukana. Tuuletusraossa on oltava kokonaispaine-ero, jotta ilma liikkuu raossa [6, s. 74]. Kerroksellisissa ulkoseinärakenteissa, joissa on erillinen ulkoverhous, ulkoverhouksen taustan tuulettuminen varmistetaan yleensä käyttämällä tuuletusväliä [1, s. 105].

Tuulettumattomat seinärakenteet ovat usein massiivisia rakenteita, kuten harkko tai tiiliseinät [10]. Massiivisen ulkoseinärakenteen kuivuminen riippuu voimakkaimmin tuulen aiheuttaman ilmavirtauksen nopeudesta ja auringonsäteilyn voimakkuudesta ulkopinnalla [6, s. 74].

Mineraalivillaeristeisissä seinissä rakennekosteus siirtyy ulospäin. Sandwich-rakenteessa se tiivistyy ulomman betonin sisäpintaan pyrkien betonin kautta ulos [9, s. 103]. Sisäkosteuden liiallinen siirtyminen diffuusiolla rakenteen ulompiin osiin voi aiheuttaa laajoja koko ulkoseinän kattavia vaurioita [6, s. 74]. Kuntotutkimuksessa on tarkasteltava laskennallisesti, onko ulkoseinän rakenne diffuusion kannalta toimiva rakenne. Vesihöyryn osapaine pienenee sisältä ulospäin mentäessä, mutta suhteellinen kosteus kasvaa lämpötilan laskiessa [6, s.75]. Diffuusion aiheuttamat korkeat kosteuspitoisuudet höyrinsulullisissa ja -suluttomissa rakenteissa esiintyvät talvella, jolloin höyrinsuluttoman rakenteen jopa 100 % RH on mahdollinen rakenteen kylmissä osissa. Kosteusvirta ulkoseinän rakenneosiin kasvaa ulkolämpötilan laskiessa ja erot seinärakenteiden kosteuspitoisuuksien välillä johtuvat höyrinsulusta. Ulkoseinän lämmöneristeen lämpimällä puolella olevien rakenteiden homehtumisriski on kylmäsiltojen ja pintaa jäädyttävien ilmavirtausten kohdalla sekä alueella, joissa lämmöneriste on puutteellinen tai puuttuu kokonaan [6, s. 76]. Sisäkuoren ulkopinnan homehtumisriski johtuu höyrinsulun jäähtymisestä, mikä lisää sisäkosteuden siirtymistä diffuusiolla sisäkuoren läpi.

Yksi mahdollinen kosteusvaurion aiheuttaja on myös konvektiolla ilman mukana virtaavan kosteuden siirtyminen. Konventiovirtaus tapahtuu seinän rakojen ja reikien kautta ilmaa läpäisevien materiaalien läpi, ja että ilmiö on mahdollinen, pitää rakenteiden eri puolilla vaikuttaa erilaiset ilman kokonaispaineet. Näitä paine-eroja aiheuttavat tuuli, lämpötilaerot ja ilmanvaihtojärjestelmät. Konvektion vaikutuksesta ulkoseinän eristeissä voi olla tummentumia, kun ilmavirran mukana ulkoilman epäpuhtaudet ovat kulkeutuneet eristetilaan. Konvektiolla virtausreittien kautta siirtyvä kosteus on suurempi kuin diffuusiolla. Rakenteelle kosteuskonvektio on aina vaarallinen silloin kun rakenteen ulko-osien lämpötilat laskevat alle sisäilman kriittisen lämpötilan.

Kaikille ulkoseinärakenteille tyypillisiä kosteusvaurioiden syitä ja kriittisiä kohtia ovat ikkuna- ja julkisivupellitysten puutteellisuudet, joita ovat puutteelliset kallistukset, ulottumat seinäpinnasta, huono kiinnitys karmiin ja puutteet tippanokissa. Kattovesijärjestelmissä ongelmia aiheuttavat räystäskourujen ja syöksytorvien huono kunto sekä matalat räystäskorotukset ja puutteelliset räystäspellitykset. Kosteuden pääsy rakenteeseen on mahdollista ulkoseinän ja eri rakenneosien liittymäkohtien, kuten ikkunoiden, parvekerakenteiden tai ulkoseinään rajoittuvien märkätilojen puutteellisen vedeneristyksen vuoksi, sekä puutteellisen rakennuspohjan salaojituksen takia. Maanpinnan puutteelliset tai vääräsuuntaiset kallistukset, sade- ja pintavesien sekä kattovesien poisjohtaminen seinänvierustalta [5]. Kellarittoman rakennuksen viereinen maanpinta voi olla liian ylhäällä lattiapintaan nähden. Ulkopinnan liian tiivis tai muuten sopimaton pinnoitus ja perusmuurin yläosan kylmäsillat saattavat aiheuttavat rakenteiden kosteuspitoisuuden kohoamisen.

4.4.1 Kevyesti verhoiltujen ulkoseinien kosteusvaurioita

Kevyesti verhottuja ulkoseiniä ovat mm. puuverhottu puuseinä, betoniulkoseinä levyverhouksella ja tiiliulkoseinä levyverhouksella. Näiden seinärakenteiden kosteusteknisiä riskitekijöitä tyypillisesti ovat ikkunoiden ja läpivientien puutteelliset tiivistykset, vuotovesien poistumismahdollisuus ja seinärakenteen puutteellinen tuuletus. Kapillaarikatkon puuttuminen perusmuurin ja puu-rungon välistä sekä perusmuurin ulkokuori on nostettu rankarungon aluspuuta ylemmäksi (ns. valesokkeli) [5]. Puisen ulkoverhouksen riskitekijöitä ovat huonosti asennetut tai painuneet/vaurioituneet lämmöneristeet. Metalliverhoilussa ulkoseinässä on galvaanisen korroosion vaara, mikäli on käytetty vääränlaisia kiinnikkeitä.

Ulkoseinärakenteen vaurioitumista aiheuttavat huono ilma- ja höyrytiiviyys sekä seinän höyrynsulun ja tuulensuojan vesihöyryn läpäisyjen väärä suhde. Ilmanvaihtojärjestelmän väärät painesuhteet (sisäpuolinen ylipaine) tai riittämätön teho. Puisen ulkoverhouksen alapää ulottuu liian lähelle maanpintaa tai muuta vaakapintaa. [5].

Tiiliverhotuissa puisissa ulkoseinissä ja perusmuurissa kriittisiä kohtia ja kosteusvaurioita aiheuttavat huonosti toimiva seinärakenteen ja perusmuurin liitos, jolloin vettä seinärakenteesta poisjohtava bitumikermi on asennettu väärin tai sitä ei ole ollenkaan. Ulkoseinärakenteen tuuletuksen puutteellisuus, joka aiheutuu liian kapeasta tuuletusraosta ja tuuletusraon tukkeutuminen laastipurseiden takia. Liian tiivistä tai muuten sopimattomasta kuorimuurin pinnoi-

tuksesta ja rakenteen vaakasuuntaisista liitoksista puuttuu vuotovesien poistumismahdollisuus. Rakenteen sisäpinnan ilma- ja höyrytiiviyks (höyryn- tai ilmansulku) on huono sekä ikkunoiden ja muiden läpivientien puutteelliset tiivistykset ovat puutteelliset. [5, s. 193.]

Rintamamiestaloissa ulkoverhouspaneeli on kiinnitetty tyypillisesti vinolaudoitukseen ilman tuuletusrakoja. Ulkoverhouksen alla on voitu käyttää myös bitumoituja pahveja, jotka toimivat höyrynsulun tavoin seinän kylmällä puolella. Liian tiiviiden materiaalien käyttö ulkopinnoilla ja konvektiovirtaukset aiheuttavat maalipinna irtoamisen, vinolaudoituksen lahoamisen ja runkotolppien lahoamisen ulkopinnasta, sekä eristeet ovat helposti vaurioitumassa. Ikkunoiden pellitykset tai ikkunanpielilaudat ovat toteutettu väärin tai ne ovat jo menneet niin huonoon kuntoon, että ulkopuolinen kosteus pääsee rakenteeseen.

1970-luvulla ulkoverhouksena yleistyivät tiilivuoratut puurunkoiset talot ja valesokkelijärjestelmä. Kuvassa 22 on esitelty tiilivuoratun seinän ongelmakohtia. Tiiliverhous kestää säärasitusta hyvin, mutta rakenteiden uloimpien pintojen tuulettavuus on muodostunut ongelmaksi. Tiiliverhoillun talon tyypillisiä ongelmia on, että tiiliverhouksessa ei ole tuuletusrakoja ja verhouksen sisäpuolinen tuuletusrako on tukkiutunut laastipurseiden takia.

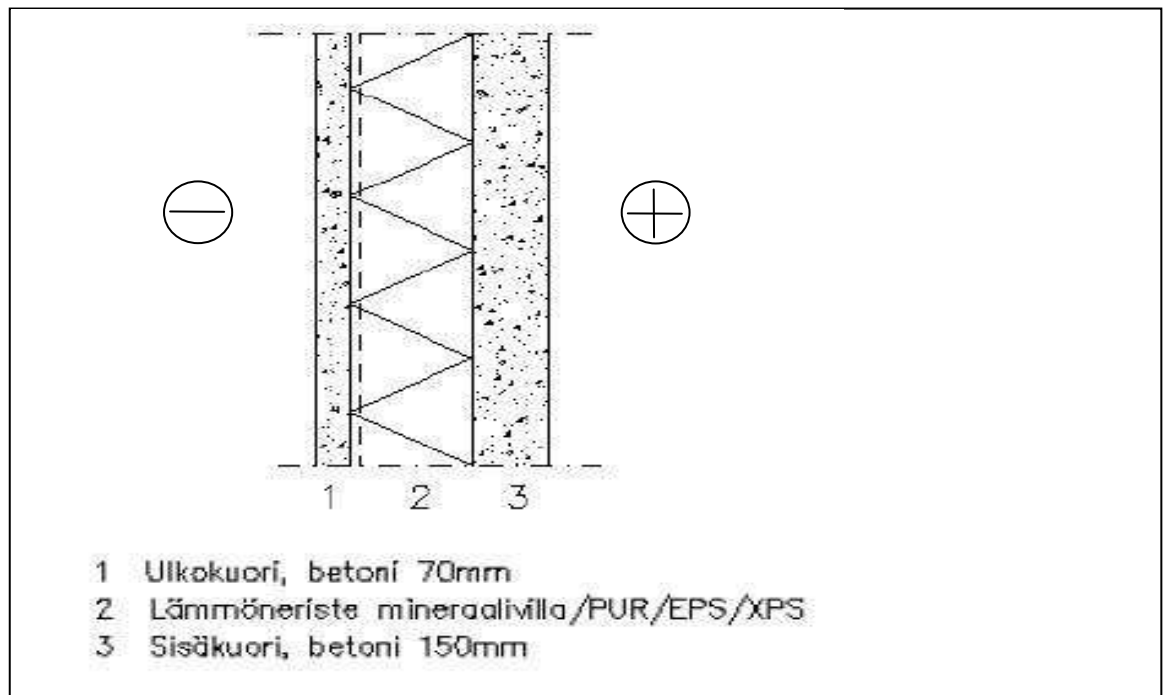


Kuva 22. Tiiliseinän kynsirako on tukkeutunut [13].

Vaikka seinärakenne voi itsessään ollakin toimiva rakenne voi sen pilata esimerkiksi ikkunan- tai ovenpielen rakenne, vesikaton vuoto tai maaperän kosteus. Ulkoseinien ongelmat ja talon matalaperustus voivat yhdistelmänä aiheuttaa riskirakenteen ja kosteusvaurion.

4.4.2 Betonisandwich -rakenteen kosteusvaurioita

Betonisandwich -rakenne on yksi yleisimmistä rakenteista jälleenrakennuskauden Suomessa, kun kaupungistuvaan maahan täytyi saada nopeasti asuntoja kasvukeskuksiin muuttaville perheille. Kerrostalorakentamisessa betoni yleistyi kantavissa rakenteissa 1960-luvulla ja tiili sai väistyä. Yleisimmäksi runkotyyppiksi tuli kirjahyllyrunko, jonka kantavana pystyrakenteena ovat betoniseinät. Kirjahyllyrungoista esiintyi erilaisia muunnelmia, jotka eroavat toisistaan toteutustavan sekä välipohja- ja ulkoseinärakenteiltaan. Kirjahyllyrunkoisen talon päädyt ovat kantavia ja muut ulkoseinät ei-kantavia ulkoseiniä. Kirjahyllyrunгон yleisin ulkoseinärakenne oli betonisandwich -rakenteinen elementti. Kuvassa 23 on betonisandwich -elementin rakenneleikkaus.



Kuva 23. Betonisandwich -elementin rakenne

Betonisandwich -rakenteen tyypillisiä kosteusvaurion syitä ovat vialliset tai vanhentuneet elementtisaumaukset, saumausten puuttuminen maan alla. Rakenteelle on ominaista puutteellinen tuuletus tiiviillä pinnoitteella, kuten klinkkerilaatoilla, pinnoitetussa elementissä. Ikkunoiden ja muiden läpivientien puutteelliset tiivistykset muodostavat merkittävän kosteusvaurioriskin rakenteelle. Ilmanvaihtojärjestelmän väärät säädöt tai sen riittämätön teho voi aiheuttaa sisäpuolisen ylipaineen, joka voi vaurioittaa rakennetta. Rakenteen sisäpuolinen lisälämmöneristys alentaa ulkokuoren lämpötilaa ja kasvattaa ulkokuoren kosteus- ja pakkas-

rasitusta. Vuotovesien poistumismahdollisuus puuttuu rakenteen vaakasuuntaisista liitoksista, esimerkiksi ikkunan yläpuolelta, ulkoseinärakenteen ja perusmuurin liitoksesta tai sokkelihal- kaisun pohjasta. [5, s. 192.]

Betoniseen julkisivuun imeytyy kapillaarisesti sadevettä suhteellisen hitaasta, mutta viistosaa- teen vaikutuksesta muodostuu seinäpintaan alaspäin valuva vesikalvo. Tuulen vaikutuksesta vesikalvo voi liikkua sivusuunnassa ja ylöspäin kulkeutuen räystäsrakenteisiin ja saumoista ja liitoksista rakenteen sisään.

Kosteutta kulkeutuu sisäilmasta seinärakenteeseen vesihöyryn diffuusiolla ja ulospäin suun- tautuvien ilmavirtausten mukana. Rakenteen ulko-osia kohden kulkeutuva kosteus tiivistyy talvikautena ulkokuoren sisäpintaan. [3, s. 38.]

Betonisandwich -rakenne on riskialtis, jos rakenteeseen pääsee merkittäviä määriä vuotovettä viallisten elementtisaumojen läpi tai puutteellisesti toimivien liitosrakenteiden kautta. Tällöin vesi kerääntyy johonkin rakenteen osaan eikä pääse poistumaan muutoin kuin hitaasti kui- vumalla ulkokuoren läpi. [3, s. 38.]

4.4.3 Muurattujen massiivisten tiiliseinien kosteusvaurioita

Muuratun massiivisen tiiliseinän ja perusmuurin kriittisiä kohtia ja kosteusvaurioiden syitä ovat ulkopinnan liian tiivis tai muuten sopimaton pinnoitus [5]. Sisäpuolinen lämmöneristys alentaa tiilimuurin lämpötilaa ja siten lisää muurin pakkasvaurioriskiä. Lisäksi kosteusvau- rioriskin muodostavat vuotovedet, käyttövesijärjestelmän putkivuodot, sekä räystä- ja syök- sytorvivuodot [5].

Massiivisessa tiiliseinässä diffuusion vaikutuksesta kulkeutuvaa sisäilman kosteuden tiivisty- mistä on hyvin vähän. Rakenteilla on suuri kosteudensitomiskyky, joka mahdollistaa sen, et- tä tavallisella viistosateella lähes kaikki vesi voi imeytyä rakenteeseen. Sateesta imeytynyt tai tiivistynyt kosteus varastoituu rakenteisiin, kunnes se lämpötila ja kosteusolosuhteiden muu- tuttua poistuu [3, s. 39].

4.4.4 Ulkoseinäkorjauksen suunnitteluun yleisiä periaatteita

Ulkoseinärakenteet tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se suojaa sisätiloja ulkopuolisen veden ja kosteuden haitallisilta vaikutuksilta sekä tekee vaaditun sisäilmaston ylläpitämisen mahdolliseksi [1, s. 105]. Ulkoseinän ja sen eri kerrosten sekä ulkoseinään liittyvien rakenteiden ja ulkoseinän liitosten vesihöyrynvastuksen ja ilmatiiviyden on oltava sellainen, ettei seinän kosteuspiitoisuus sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi muodostu haitalliseksi [2].

Rakenteeseen ulko- tai sisäpuolelta satunnaisesti pääsevän veden on päästävä poistumaan aiheuttamatta vaurioitumisriskiä rakenteelle. Seinärakenne on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei ulkoverhouksen taakse joudu vettä. Lisäksi ulkoverhous on suunniteltava siten, että ulkoverhouksen taakse tunkeutuva vesi ja kosteus pääsevät poistumaan rakenteita vahingoittamatta. Ulkoverhouksen tausta on tuuletettava ellei kosteus pääse muutoin poistumaan. [2.]

Ikkunoiden ja ovien on oltava riittävän tiiviitä läpi vuotavan ilman ja ulkopuolisen veden tunkeutumisen kannalta. Ikkunoiden, ovien, ilmanvaihtolaitteiden sekä ulkoseinään liittyvien katto ja parvekerakenteet on suunniteltava ja toteutettava siten, että sadevesi tai lumi ei pääse tunkeutumaan seinärakenteeseen.[2.]

Korjaustyötä suunniteltaessa tulee kiinnittää erityistä huomioita yksityiskohtien suunnitteluun ja toteuttamiseen. Vaurioalueen korjaaminen vaatii rakenteiden purkamista vaurion laajuudesta riippuen, aina koko seinärakenteen avaamiseen. Liiallista korjaamista tulee välttää mikäli sillä ei saavuteta merkittävää parannusta rakenteen toimivuudelle tai energiansäästöä. Korjaustyössä tulee käyttää ammattitaitoista valvojaa, joka tuntee korjausrakentamisen toteutustavat, sekä rakennesuunnittelija rakenteiden kantavuuden korjaustyön aikana. Alla esitellään yksityiskohtia, joiden toteuttaminen on merkittävää korjauksen onnistumiselle. Tapauskohtaisesti tulee suunnitella purkamisen laajuus, että korjausvaiheen toteutus onnistuu.

Ulkoseinärakenteen purkutyö tulee suunnitella siinä laajuudessa, että kastuneet ja mikrobivaurioituneet eristeet ja runkorakenteet poistetaan ja vaihdetaan uusiin. Vaurioituneiden eristeiden poistamisen yhteydessä puhdistetaan säilytettävät pinnat esimerkiksi mekaanisesti harjaamalla ja imuroimalla puhtaiksi sekä desinfioimalla pinnat.

Yksityiskohtien suunnittelussa tulee huomioida seinän höyry- ja ilmatiiviys asentamalla rakenteeseen tarkoituksenmukaisiin kohtiin höyrünsulkuna, ilmansulkuna ja tuulensuojana toimivat ainekerrokset. Rakennuksen korvausilma tulee ottaa hallitusti, jolloin käytetään hallittua tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Mikäli rakennuksessa ei ole tuloilmakanavia voidaan käyttää tuloilmaventtiileitä. Ilmavuotoja tukittaessa on varmistuttava aina korvausilman hallittu tulo. Tästä voi alipaineen vaikutuksesta ilmetä ilmavuotoa ja jopa kosteusvauriota uusissa paikoissa.

Avohuokoisen lämmöneristyksen lämpimällä puolella olevan rakennekerroksen vesihöyrynvastuksen tulee olla vähintään viisinkertainen verrattuna kylmällä puolella olevan rakennekerroksen vesihöyrynvastukseen. Muussa tapauksessa seinärakenteeseen lisätään erillinen höyrünsulku lämmöneristyksen lämpimälle puolelle.[2.]

Maanpinnalle ja tasopinnoille, kuten parvekkeille ja katoksille kertyvän veden pääsy ulkoseinäpinnalle ja rakenteen sisään tulee estää [1, s. 106]. Kerroksellisissa rakenteissa, kuten rapatuissa tai pinnoitetuissa julkisivuissa kerrosten kosteudenläpäisyominaisuudet valitaan siten, ettei rakenteeseen synny kasvavaa kosteuskertymää ja kastumisen jälkeen rakenne voi kuivua nopeasti haittaamatta [1, s. 106]. Rakenteisiin vetenä tai vesihöyrynä tunkeutunut kosteus ei saa ylittää rakentamisen eikä rakennuksen käytön aikana määrää, joka on haitallinen rakenteen jonkin tärkeän toiminnan kannalta [1, s. 32].

Tuuletusvälillä varustetuissa ulkoseinissä asennetaan ilmaa hyvin läpäisevän lämmöneristyksen kylmään pintaan, tai tarkoituksenmukaiseen kohtaan eristyksen sisään erillinen tuulensuoja. Tuulensuojan vesihöyrynvastuksen tulee olla riittävän pieni sisäpuolelta tunkeutuvan vesihöyryn, rakennuskosteuden ja mahdollisten satunnaisten kosteuskuormien kuivumiseksi haittaamatta [2]. Tuuletusraon suunnittelussa tulee huomioida palotekniset vaatimukset, jolloin esimerkiksi puukerrostalojen lautaseinärakenteissa on tuuletusväli katkaistava palokatolla, tällöin tuulettuminen on ratkaistava erityismenettelyin. Palomääräyksistä on ohjeita Suomen Rakentamismääräyskokoelman E1 -osassa.

Lämmöneristys asennetaan tiiviisti kaikkia pintoja vasten huolellisesti, jolloin vältetään kaikki raot ja lämmöneristystä heikentävät seikat. Veden pääsyn estäminen rakenteisiin suunnitellaan kokonaisuutena, jolloin myrskypeltejä ja muita tarkoitukseen soveltuvia rakenteita käytetään aina, kun veden nousu ja tunkeutuminen rakenteisiin on mahdollista. Vettä seinäpinnalle valuttavat räystäskourut uusitaan tai korjataan. Väärään suuntaan kallistuvat ikkunanpellit

uusitaan siten, että pellin kaltevuus on riittävä. Peltien liitos karmeihin tehdään vesitiiviiksi tiivistämällä ikkuna- ja oviaukkojen sivupinnat. Tiiliverhouksen taakse rakennetaan puuttuva ilmarako ja tuuletusrako tehdään sellaiseksi, että sinne joutunut vesi ohjautuu ulkopuolelle. Tämä korjaaminen voi edellyttää tiiliseinän purkamista ja ulommaksi siirtyvän muurauksen tuentaa. Vaihtoehtoisesti korjausta voi suunnitella sisältäpäin toteutettavaksi.

4.4.5 Ulkoseinien korjaaminen

Ulkoseinien korjaaminen suoritetaan tapauskohtaisesti havaitun vaurion poistamiseksi, korjaamiseksi ja vauriomekanismin poistamiseksi. Korjaustyö tulee pohjautua perusteelliseen kuntotutkimukseen ja sen pohjalta laadittuun korjaussuunnitelmaan. Ulkoseinien korjaamisessa on otettava huomioon katto- ja perustusrakenteiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus seinän korjaamiseen. Korjaussuunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennusmääräykset ja hyvän rakennustavan mukaiset menetelmät.

Betonisten ulkoseinäelementtien saumojen tulee yleensä estää veden pääsy rakenteeseen [1, s. 106]. Saumojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon kosteuden ja lämpötilan vaihtelusta aiheutuvat rakenteen liikkeet. Sadeveden kulkeutuminen ulkokuoren taakse voidaan vähentää seuraavilla keinoilla:

Sauman rakenne ja muoto suunnitellaan sellaiseksi, että vesi ei pääse heti rakenteeseen esimerkiksi puoliponttisaumoilla. Betonijulkisivujen saumaus voidaan tehdä julkisivurakenteesta ja tavoitellusta käyttöiästä riippuen vaihtoehtoisesti avosaumana, osittain sade- ja ilmatii- viinä saumana sekä suljettuna eli tiiviinä saumana. Tiiviit saumat tehdään yleensä pohjanauhan päälle elastisella saumaussmassalla. Saumaussmassan tartunta saumattaviin pintoihin edellyttää mm. pintojen puhtautta, sopivaa kosteutta ja esikäsitteilyä pohjustusaineella [17].

Muut ulkoseinärakenteet korjataan tapauskohtaisesti jo muissa seinärakenteissa annettujen korjaustoimia soveltaen. Korjaustoimet kohdistetaan myös rakenteen kastumista aiheuttavien tekijöiden poistamiseen.

4.5 Vesikatto ja yläpohja

Vesikaton tehtävä on estää sadeveden, lumen ja lumen sulamisvesien pääsy rakenteisiin. Vesikattoihin kohdistuu erityisen suuria sää- ja kosteusrasituksia, minkä vuoksi ne ovat vaurioalttiita [7, s. 27]. Vesikaton vaurioiden vaikutukset ulottuvat muihin rakennusosiin ja sisätiloihin. Peltikatteen alapintaan voi tiivistyä kosteutta, kun pellen lämpötila laskee alemmaksi, kuin ulkolämpötila. Näin voi tapahtua esimerkiksi kylminä tyyninä öinä tai kun lumi pysyy katolla pitkään ulkolämpötilan noustua yli 0 °C. Pelti- ja tiilikatteen yhteydessä käytetään aluskatetta. Vesikatteen ja aluskatteen väli ei pääse kuivumaan, jos korokerimat puuttuvat aluskatteen päältä, eikä aluskatteen päälle joutuneiden vuoto- tai kondenssivesien poisjohtamista ole huolehdittu [3]. Vesikaton ja yläpohjasta tyypillisesti havaittuja ongelmia ovat:

- Vesivuodot katolta sisätiloihin.
- Yläpohjatilassa näkyvät vauriot.
- Pintavauriot sisätiloissa, kuten pintojen värimuutokset, maalipintojen irtoileminen, vesipussit maalipinnan alla tai vettä valuu/tippuu.
- Homeen hajua sisätiloissa. [10.]

Kattovuodot aiheuttavat yleisimmin vaurioita yläpohjaan, ulkoseiniin väliseiniin, sisätiloihin ja jopa alapohjaan. Tasakattoratkaisut pientaloissa ovat olleet ongelmallisia jolloin katon pinnan rikkoutuminen on aiheuttanut vesivahinkoja rakenteisiin. Tasakattojen vähentyessä ja katemateriaalien kehittyessä ovat ongelmiksi muodostuneet epäjatkuvien kattojen, kuten tiilipinnoitteen vesivahingot. Katteen tiiviin osan muodostaa kattotuoleihin kiinnitetty kevyt-rakenteinen aluskate, jonka läpivientien tiivistykset ovat olleet ongelmallisia. Aluskate jää helposti pussille, johon kosteus pääsee kertymään ja lopulta vesi valuu rakenteisiin. Aluskatteen päättymisen liian aikaisin tai väärin tehdyt limitykset voivat aiheuttaa seinärakenteen kastumisen. Kaikille vesikattotyypeille tavanomaisia vaurioita aiheuttavat:

- Läpivientien liitokset ja saumat ovat epätiivittä.
- Veden lammikoituminen loivilla katoilla oleviin kuoppiin, katteen saumoihin, tukkeutuneiden kattokaivojen ympärille, vesikaton kantavien rakenteiden taipumien aiheuttamiin painumiin tai lumen ja jään patoamiin kohtiin.

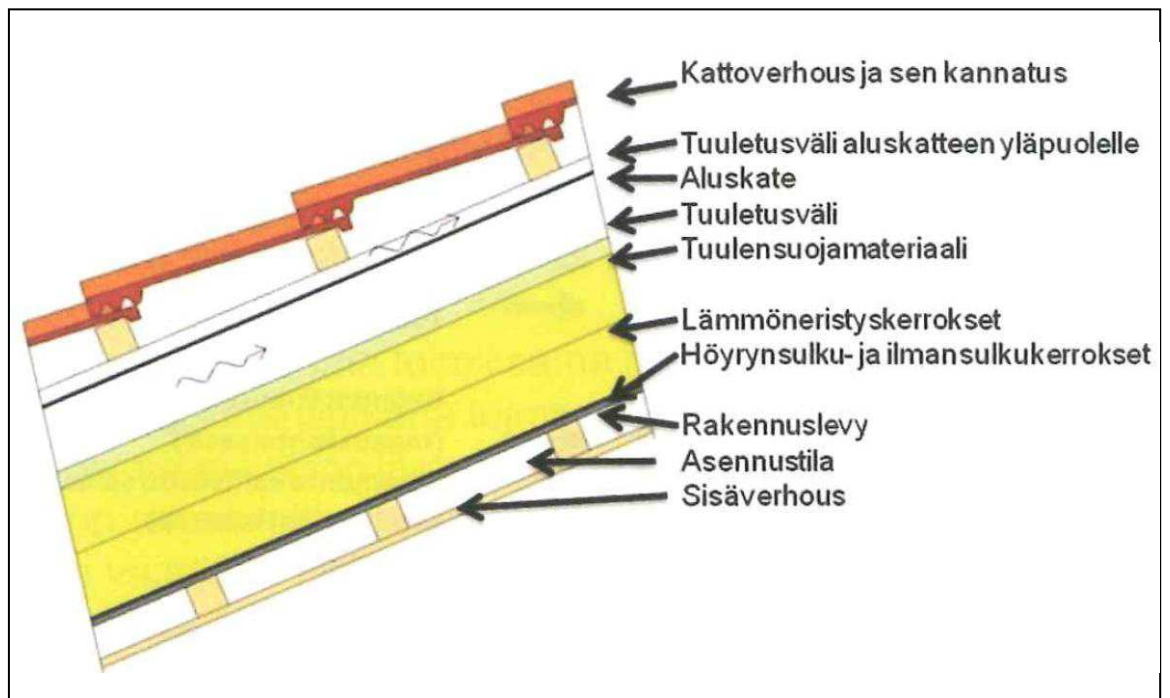
- Kaivojen tukkeutumisesta tai jääytymisestä aiheutuva veden tulviminen.
- Liian matala räystääskorotus ja puutteelliset räystääspellitykset, katon vedeneristystä ei ole ulotettu korotuksen yli ulkoseinäpinnan ulkopuolelle.
- Huonosti toimiva seinärakenteen liitos.
- Rakennusaikana tai korjauksen yhteydessä rakenteeseen päässyt vesi.
- Alapuolinen huonetiila on ylipaineinen yläpohjan tuuletustilaan verrattuna ja yläpohja ei ole ilma- ja höyrytiivis, yläpohjan lävistyksiset ja liitokset ovat puutteellisesti tiivistettyjä. [5, s. 194.]

4.5.1 Tuulettuvat kattorakenteet

Tuulettuvia vesikattotyyppisiä ovat harjakatto, puurakenteinen tasakatto ja betonirakenteinen tasakatto, jossa on kevytsora lämmöneriste [3]. Tuulettuvassa yläpohjan rakenteessa on lämmöneristeen ja vesikatteen välinen ilmatila yhteydessä ulkoilmaan. Ilmatila tuulettuu joko painovoimaisesta tai koneellisesti. Harjakaton tuuletus heikkenee oleellisesti, jos harjan tuuletusaukot jätetään tekemättä. Tällöin tuulettuminen tapahtuu tuulen vaikutuksesta ja savupöppöilmioita ei hyödynnetä. Harjakatoissa tuulettuminen on myös silloin heikompaa, kun yläpohja noudattaa vesikatteen suuntaa ja eristeen ja vesikaton välissä on matala tuuletusrajo. Tällöin voi myös harjan poikkisuunnassa ilman liikkuminen olla huonoa, jos kattotuolien yläpaarteet estävät ilman virtaamisen.

Tuulettuvien kattorakenteiden yläpohjien kriittisiä kohtia tyypillisimpiä kosteusvaurion aiheuttajia ovat rikkoutunut vesikate joko sään aiheuttamien rasitusten, katolla tapahtuneen toiminnan, alustan liikkeen seurauksena. Kate on asennettu virheellisesti ja kattamistapa on ollut väärä katon kaltevuuteen nähden. Loivan bitumikermikaton tai konesaumattun peltikaton liian pienet kallistukset jolloin jään patoutuminen voi rikkoa saumat. [5.] Lämpövoitojen aiheuttama jään muodostuminen räystäälle tai esimerkiksi läpivientien ympärille, sekä yläpohjan- tai seinärakenteeseen pääsee räystään kautta vettä tai lunta. Yläpohjarakenteen puutteellinen tuuletus tai tuuletusaukot ovat tukossa, sekä sisätilan ilmanavat ja viemärin tuuletusputket on päätetty ullakkotilaan. Liian matalassa tuuletustilassa, tuuletus katke-

aa esimerkiksi sisätaitteessa tai katon lävistävien rakenteiden kohdalla. Tuuletus puuttuu harja-, auma-, tai pulpettikaton harjalta. Lisäeristyksellä on tukittu räystäään tuuletusreitit, lisäksi lisäeristys vähentää yläpohjan läpi kulkevaa lämpövirtaa ja siten pienentää tuuletustilan kuivumiskapasiteettia. Lämpötilavaihtelun johdosta peltikatteen alapintaan tiivistyy kosteutta, aluskatteen puuttuminen konesaumatuista peltikatoista ja muista sellaisista katoista, joissa on käytetty epätiivitä katteita ja aluskatetta ei ole ulotettu ulkoseinäpinnan ulkopuolelle. Käyttöullakoilla, joissa kantavan betonilaatan päällä on lämmöneristys ja pintalaatta, sekä vesikaton puutolpat alkavat kantavan laatan päältä. [5.] Kattokaivot ja liittymät, sadevesiviemäroinit, sekä kumibitumikermin huono sauma lisäävät kattovuotojen riskiä. Kuvassa 24 on esitelty tuulettuva kattorakenne.



Kuva 24. Tuulettuvan kattorakenteen periaatekuva [5].

4.5.2 Tuulettumattomat kattorakenteet

Heikosti tuulettuvia tai tuulettumaton kattorakenne ovat esimerkiksi tasakatto, jossa on levyäinen lämmöneriste, kevytsorakatto, lämmöneristealustainen umpirakenne ja tuuletusurallinen lämmöneristealustainen katto [3]. Kevytsora- ja lämmöneritealustaisten kattojen kriittisiä ja kosteusvaurioiden syitä tyypillisesti ovat:

- Katteen repeäminen, joka voi aiheutua säärasituksista, toiminnasta katolla, katteen alustan liikkeistä, halkeilusta, katteen puutteellisesta tai väärästä kiinnityksestä.
- Liian loivat kallistukset, vastakallistukset puuttuvat, jiiirit ovat tasaisia.
- Huonosti toimiva kattotason ja seinärakenteen liitos.
- Räystäään kautta yläpohja- tai seinärakenteeseen päässyt vesi tai lumi.
- Yläpohjarakenteen puutteellinen tuuletus. [5.]

Tuuletusurituksessa ilman kulku on vähäistä tai uritus ei muodosta jatkuvaa verkostoa jolloin umpirakenteet eivät tuuletu lainkaan. Kevytsorakatoissa tuulettuminen on heikkoa jolloin tuuletus toimii lähinnä katon reuna-alueilla lähellä räystäitä.

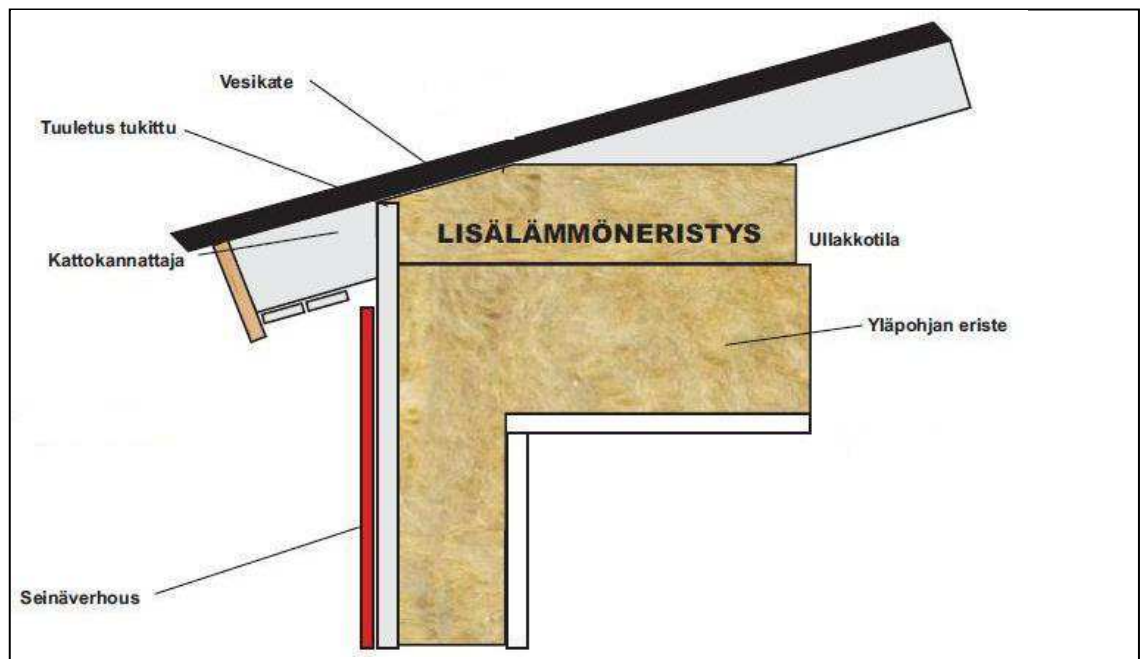
Vesikaton yleisimpiä läpivientejä ovat savupiippu, ilmastoinnin läpiviennit, liesituulettimen läpivienti, antenniläpivienti ja radonputken läpivienti. Pieninkin läpivienti kuten antenniläpivienti voi aiheuttaa merkittävän vesivahingon talon rakenteisiin. Vesi voi kulkeutua kauas varsinaisesta vuotopaikasta esimerkiksi antennikaapelia pitkin tai yläpohjassa höyrynsulun päällä valuen sitten huonetilaan muovissa olevan reiän kautta.

Vesi voi kulkeutua kovalla tuulella ylöspäin ja valua läpivientien ylösnostokohdista alapuolisiin rakenteisiin. Talvella voi tuuli kuljettaa pakkaslunta kattorakenteisiin.

4.5.3 Yläpohjan kosteustekninen toiminta

Vesikaton läpiviennit voivat toimia lämpösiltoina ja siirtää kosteutta katolle [7, s. 87]. Sulanut vesi valuu läpivientien ympärille ja räystäälle alueelle lammikoiksi ja jäätyy. Tämä voi aiheuttaa paineellisen veden muodostumisen ja veden valumisen yläpohjan rakenteisiin. Yläpohjan tuuletustilan kosteuspitoisuus riippuu tuuletustilaan tulevasta tai rakenteiden luovuttamasta kosteudesta [6, s. 88]. Kosteuspitoisuuteen vaikuttaa ulkoilman ja tuuletustilan välinen lämpötilaero, ulkoilman kosteuspitoisuus, sisäkosteuden diffuusio ja konvektio sekä mahdollisista kattovuodoista aiheutuva kosteuslisä. Sisäkosteus voi siirtyä yläpohjaan konvektiolla ja diffusiolla. Diffuusion aiheuttamaan kosteuden siirtymiseen vaikuttaa yläpohjan vesihöyrynläpäisevyys. Tähän vaikuttaa rakenneosan materiaalikerroksen vesihöyrynläpäisykerroin. Vesi-

höyrynläpäisykerroin ilmoittaa sen vesihöyrymäärän, joka 1m^2 suuruinen rakenneosu läpäisee aikayksikössä, kun paine-ero on 1 Pa. Useimmiten lämpötilaero määrää diffuusion suunnan, joka on sisätiloista ulospäin, koska sisäilmassa on enemmän kosteutta kuin ulkoilmassa. Konvektiolla kosteus siirtyy yläpohjaan rakojen ja muiden läpivientien epätiivelyskohtien kautta ja huonetilassa vaikuttavan ylipaineen vaikutuksesta. Tuuletustilassa voi esiintyä kosteusvaurio konvektion vaikutuksesta ilmavirtausten ja kattorakenteen ollessa alle huoneen kriittisen lämpötilan. Talvella kosteus tiivistyy vesikaton rakenteisiin ja jäätyy. Jään sulaessa vesi ja jäälohkareet voivat tippua yläpohjaan aiheuttaen kosteusvaurion. Tuuletusilman kyky sitoa kosteutta riippuu ulkoilman suhteellisesta kosteudesta ja sitä lämpeneekö tuuletusilma tuuletustilassa [6, s. 90]. Kuvassa 25 on tukittu tuuletus, jonka seurauksena eriste homehtuu.



Kuva 25. Yläpohjan tuuletus on tukittu lisälämmöneristeellä [13].

4.5.4 Vesikaton ja yläpohjan korjaaminen

Vesikaton ja muiden rakenteiden vedeneristystöitä varten laaditaan rakennusosakohtaiset vedeneristysuunnitelmat, joista ilmenee työohjeiden lisäksi rakenteen kosteusteknisen toiminnan periaatteet [1, s. 46]. Vesikattokorjauksen suunnittelussa tulee huomioida korjauskäytännön säänsuojauksen. Vesikattosuunnitelmaan sisältyvä vedeneristysuunnitelma sisältää työ-

piirustukset, leikkaukset, tarvittavat yksityissuunnitelmat. Työselityksestä tulee ilmenee ainakin seuraavat seikat:

- Konehuoneet, muut huonetilat ja rakenteet.
- Katolla sijaitsevat koneet ja laitteet.
- Katon korkeudet ja kallistukset.
- Yksityiskohdat kuten räystäsrakenteet, seinäliittymät, ylösnostot, kattokaivot tai syökytorvet, yliheittäjät, kattopollarit, lävistyksset.
- Rakenteelliset liikuntasaumot, katteen liikuntasaumot.
- Kulkuteiden sijainti ja rakenne.
- Laadunvarmistukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. [1, s. 46.]

Vedeneristeen alustan ja sen käsittelyssä mahdollisen aluskatteen, tarvikkeiden laatuun ja lämmöneristyksen kiinnitykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Vedeneristyksen alustan ja yläpohjan tuuletusjärjestelyjen on mahdollistettava tuuletus koko yläpohjan alueelle [1].

Tällaisilla yksityiskohtaisilla suunnitelmilla varmistutaan myös siitä, että kattoremontin suunnittelijan on perehdyttävä huolellisesti kohteeseen, rakenteisiin ja vallitseviin olosuhteisiin. Työn suorittamisen ajaksi kannattaa palkata ulkopuolinen valvoja, joka on korjausrakentamisen ammattilainen ja osaa kiinnittää huomioita yksityiskohtien toteutukseen ja laatuun.

Lisäksi on huomioitava vesikaton vedeneristävyiden ja yläpohjan toimintaan liittyvät seikat. Vesikaton korjausta suunniteltaessa on pidettävä mielessä vesikaton tehtävä, joka on: ” Vesikaton on estettävä sadeveden, lumen ja sulamisveden tunkeutuminen kattorakenteisiin, seinien ja sisätiloihin [2].” Vesikaton on suunniteltava ja rakennettava siten, että vesi poistuu katolta suunnitellulla tavalla rakennusta vahingoittamatta, jolloin räystäiden tekeminen riittävän ulkoneviksi on suositeltavaa seinärakenteiden suojaamiseksi. Lumen sulamista ja veden jäätymistä räystäällä voidaan ehkäistä yläpohjan riittäväällä lämmöneristyksellä ja ilmatiiydelä sekä tuuletusvälillä vesikaton ja yläpohjan välissä [2]. Vesikatto suunnitellaan riittävän kaltevaksi vesien poisjohtamiseen, ettei katolle jää sateen jälkeen lammikoita. Kaltevuus ja kaivojen paikat valitaan siten, ettei kattorakenteen painuma estä veden poistumista kattokaivo-

jen kautta. Muut lävistyksset, kuten hormit ja tuuletusputket on pyrittävä sijoittamaan lähelle katon harjaa sekä liittymien katteeseen on oltava tiiviit. Veden poistaminen katolta hoidetaan käyttäen tarvittaessa kattokaivoja tai räystäskouruja ja syöksytorvia. Suositeltava katon kaltevuus on vähintään 1:40 [2].

Yläpohjan suunnittelussa täytyy huomioida seuraavia asioita:

Yläpohjan tuulettuvassa rakenteessa huonetilasta rakenteiden läpi diffuusion vaikutuksesta siirtyvä vesihöyry poistetaan rakenteesta joko luonnollisella tai koneellisella ilmanvaihdolla [2]. Tuulettuusta varten on oltava erityinen tuuletustila, tuuletusväli tai tuulettuva lämmöneristekerros. Eri kerrokset ja katon tuuletus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei kattoon kerry vesihöyryn diffuusion tai ilmavirtausten vuoksi haitallisessa määrin kosteutta ja että rakenteisiin mahdollisesti pääsevä kosteus voi kuivua [2]. Tuuletustila tehdään tavanomaisissa rakenteissa aina eristeen kylmälle puolelle ja rakenne tehdään ilmanpitäväksi huonetiloissa tapahtuvien ilmavuotojen ehkäisemiseksi. Puurakenteisen yläpohjan höyry- ja ilmatiiviys varmistetaan asentamalla lämmöneristyksen sisäpintaan höyrynsulku. Erillinen höyrynsulku voidaan tiivistää myös ilmansulkuksi. Yläpohjan ilmansulku liitetään tiiviisti seinien ilmansulkuun tai ilmansulkuna toimivaan ainekerrokseen [1]. Tuuletusvälillä varustetun vesikatton tuuletuksen ohjearvot tuuletusvälin korkeus sekä ilmanotto- ja poistoaukkojen poikkileikkauksat on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tuulettuvien kattorakenteiden tuuletuksen suositusarvot [1, s. 49].

Kattokaltevuus	Toimiva tuuletusväli	Sisäänottoaukot	Poistoaukot
<1:20	200 mm	Yhteensä 5‰	
1:20...1:5	100 mm	2 ‰	2,5 ‰
>1:5	75 mm	2 ‰	2,5 ‰

4.6 Märkätilat ja niiden korjaaminen

Märkätila tarkoittaa huonetilaa, jonka lattiapinta joutuu tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiiksi ja jonka seinäpinnoille voi roiskua tai tiivistyä vettä (esim. kylpyhuone, suihkutila sauna) [1, s. 141]. Kosteaa tila on huone tai sen osa, jossa ilma on yleensä niin kosteaa, että pinnoille tiivistyy kosteutta, mutta ei vesipisaroita. Kosteita tiloja ovat mm: yhteiskäytössä

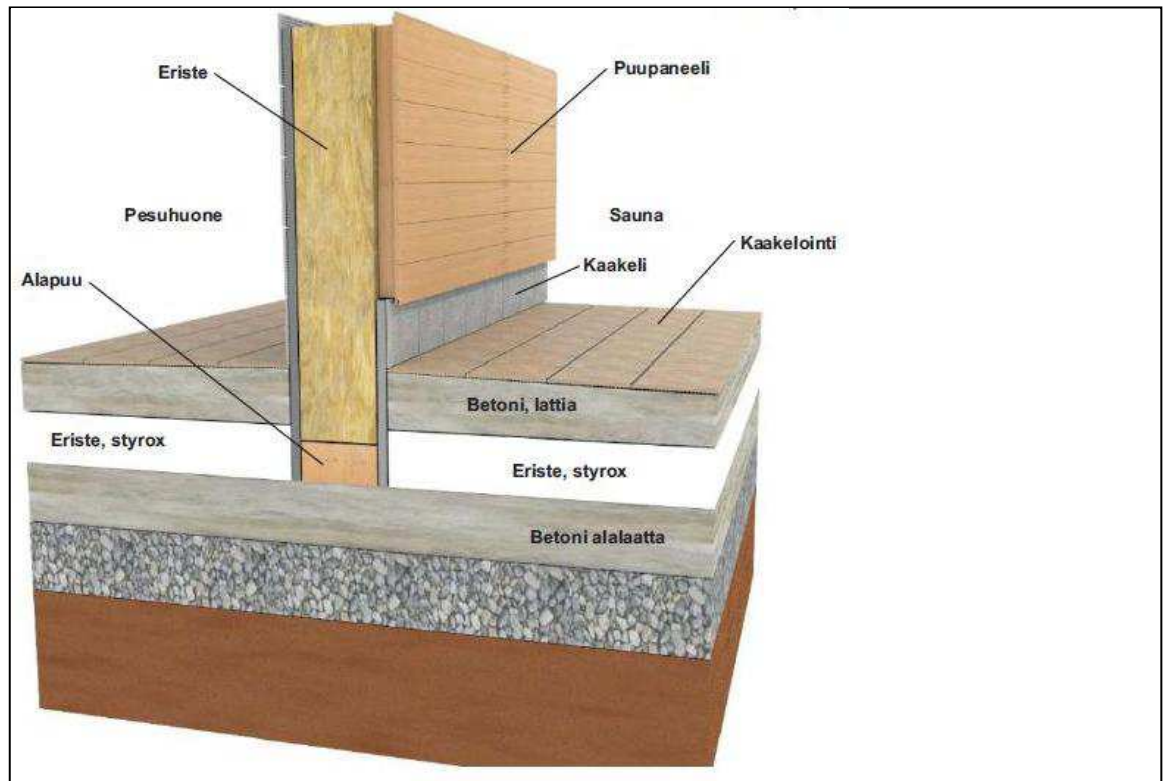
olevat vaatteiden pesutilat, talopesulat, kylmä- ja pakastehuoneet, suurkeittiöt, suurkeittiöiden ja elintarvikemyymälöiden tuotteiden käsittelytilat, tietyt kellarit ja teollisuustilat ja väestönsuojat.

Osa pesuhuoneista on voitu rakentaa virheellisesti ja osassa tekninen käyttöikä on ylitetty kauan sitten. Märkätilan vedeneristyksen puutteellisuus aiheuttaa kosteuden pääsyn rakenteeseen. Rakenteeseen päässyt kosteus leviää kapillaarisesti laajalle alueelle vedeneristyksen alla [6]. Märkätilat on tehty yleensä kivirakenteisina ja puurunkorakenteisina, mutta kerrostoiloissa on voitu käyttää myös teräsrakenteisia pesuhuone-elementtejä. Vanhemmissa kerrostoiloissa pesuhuoneet olivat kivirakenteisia ja seinissä ei ollut vedeneristettä, vaan tiiliseinän päällä on rappaus ja laatoitus tai maali. Laatoitusta on käytetty roiskevedelle alttiissa paikoissa, jolloin muista kohdista vesi on voinut imeytyä seinään [3]. Märkätilojen tyypillisiä ja kriittisiä laatutekijöitä arvioitavia kohtia, sekä havaittuja ongelmia ovat:

- Muovimattojen/tapettien saumojen aukeaminen ja kupruileminen.
- Laattojen ja saumausten irtoileminen sekä homehtuminen.
- Lattian kaatojen puutteellisuuksista johtuva veden lammikoituminen.
- Ympäröivien rakenteiden vaurioituminen. [5, s. 197.]

Pesuhuonetiloja on rakennettu pääsääntöisesti kivi- ja levyrakenteisina, jolloin lattiassa ei välttämättä ole käytetty vedeneristystä tai vedeneristyksen reuna päättyy lattiarakenteen sisään. Esimerkiksi muovimaton reuna on jätetty lattialaatoituksen alle tai matto on kutistunut ja rikkoutunut saumoistaan tai irronnut seinäpinnalta. Muovimaton tai muun lattian vedeneristyksen liitos lattiakaivon vuotaa tai lattiakaivon rakenne on muuten puutteellinen. Seinän ja lattian liitoskohdassa on kosteuden- tai vedeneristyksessä rako jolloin seinän laatoituksen taakse päässyt vesi kulkeutuu muovimaton alle epätiiviestä saumasta. Seinälaatoituksen alla ei ole käytetty vedeneristystä ja käytetty kosteussively seinälaatoituksen alla on usein riittämätön estämään veden pääsy seinärakenteeseen. Muovitamattien saumakohdat vuotavat tai huonosti tiivistetyn putkiläpiviennin kautta pääsee vettä seinärakenteeseen. Märkätilassa on puutteellinen ilmanvaihto, jolloin kosteusrasitus vaikuttaa pitkään jolloin sisäilman korkea kosteuspitoisuus aiheuttaa kosteuden tiivistyminen toistuvasti esimerkiksi kattopinnalle. Lattian vääran suuntaiset tai liian loivat kallistukset aiheuttavat veden lammikoitumista, sekä rakenteen sisällä olevan putken vuotaminen. [5, s. 198.]

Yllämainittujen yleisien märkätilojen ongelmien lisäksi levyrakenteisissa märkätiloissa ilmenee ongelmia verhoukseen lämpöliikkeestä aiheutuen muovipinnoitteeseen halkeamia, puskusaumojen halkeilua ja laattasaumojen halkeilua. Levyrakenteinen runko voi olla kahden huonosti kosteutta läpäisevän pinnoitteen välissä, jolloin se ei pääse kuivumaan. Levyseinän runko on perustettu siten, että vesi pääsee kulkeutumaan rakenteen alaosiin kosteusvaurioittaen niitä. Kuvassa 26 on esitelty tyypillinen pesuhuoneen- ja saunanväliseinän riskirakenne.



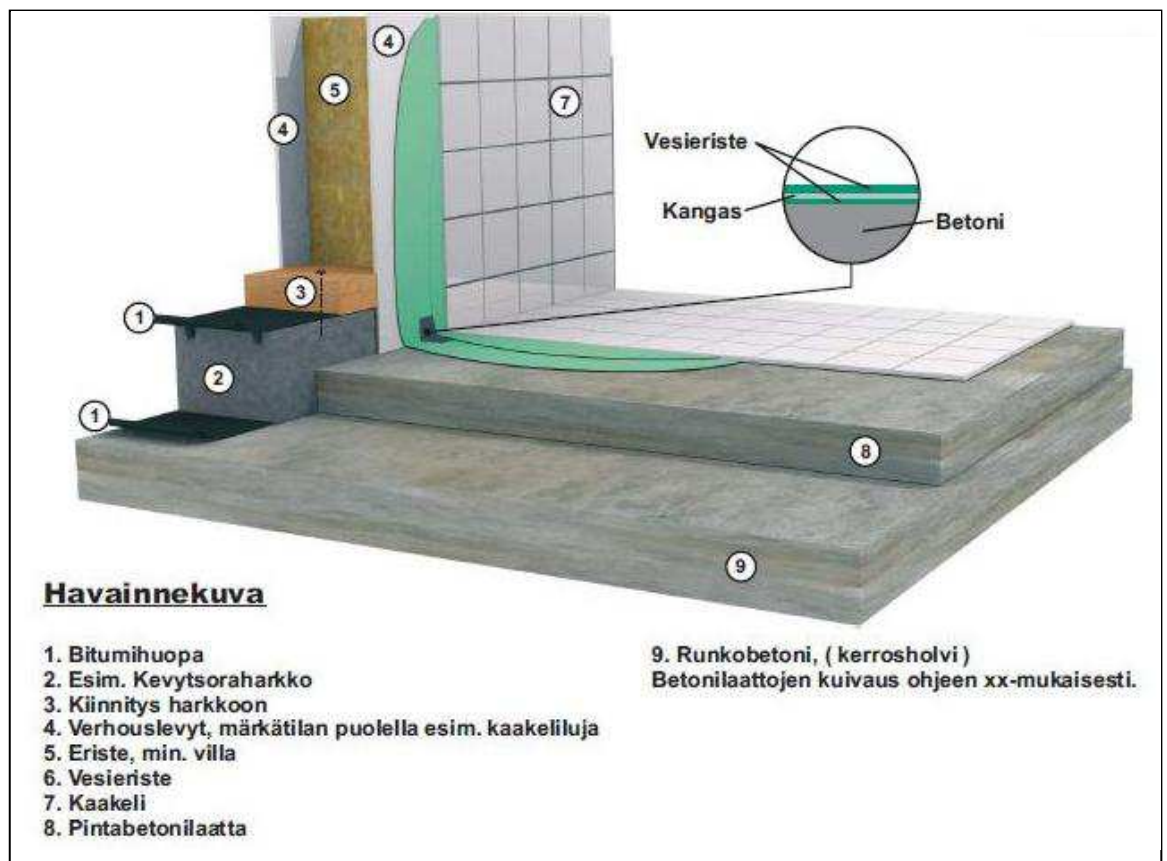
Kuva 26. Pesuhuoneen- ja saunanväliseinän riskirakenne [13].

Kivirakenteisten pesuhuoneiden tyypillisiä kosteusvaurioiden syitä ovat kivi- ja puurakenteiden liitokset, jolloin esimerkiksi kapillaarisesti nouseva vesi pääsee vaurioittamaan puurakenteita. Kivirakennetta vasten olevat tilat pinnoitetaan liian tiiviillä pinnoitteella, jolloin rakenteen kuivuminen heikkenee.

Korjaaminen

Märkätilojen ongelmat voivat olla pitkäaikaisen kosteusrasituksen aiheuttamia. Silloin kun ongelma havaitaan, on toimenpiteisiin ryhdyttävä nopeasti. Perusteellisen kosteuskartoituksen perusteella laaditaan korjausohje. Märkätilojen vedenpoisto ja rakenteet on suunniteltava siten, ettei vettä pääse tunkeutumaan ympäröiviin rakenteisiin ja huonetiloihin [1, s.

141]. Märkätilä korjataan siten, että havaitut ongelmat ja sen aiheuttaja poistetaan, sekä rakenteet kuivatetaan ja korjataan kosteusrasitusta kestäviksi. Märkätilojen lattia- ja seinäpinnoissa tulee aina käyttää vedeneristystä [1, s. 141]. Lattiaan saa tehdä vain läpivientejä, jotka ovat tarpeen viemäroinnin järjestämiseksi. Betonilaatan tai betonisen ala- ja välipohjan päälle rakennettavan puurunkoisen seinän aluspuu nostetaan laatan yläpuolelle niin, ettei puuta jää betonivalun sisään ja erotetaan kosteuden siirtymisen katkaisevalla kerroksella kuten bitumikermillä kivirakenteesta [2]. Lattian kaltevuuden on oltava sellainen, että vesi valuu esteettä lattiakaivoon jolloin vedeneristysten ja lattiakaivon liitoksen on oltava niin tiivis, että vesi ei pääse vedeneristysten alapuolisiin rakenteisiin, vaikka vedenpinta kaivossa nousisi liitoksen yläpuolelle [2]. Veden poistumiseksi on lattian kaltevuuden oltava vähintään 1:100. Lattiakaivon läheisyydessä suositellaan kaltevuutta 1:50. Vedeneristetyt rakennuslevyn taakse ei saa asentaa höyrynsulkua ja pois johtavan oven kynnyksen tehdään siten, että vettä ei pääse valumaan viereisen huoneen puolelle [1, s. 144]. Kuvassa 27 on esitelty korjatun kylpyhuoneseinän periaaterakenne.



Kuva 27. Periaatekuva korjatusta pesuhuoneesta [13].

4.7 LVI-tekniikka ja korjaaminen

Lämpö-, vesi-, ja ilmanvaihtojärjestelmät voivat vaikuttaa monella tavalla rakenteiden kosteusvaurioitumiseen. Rakenteiden kosteusvaurioitumisen syynä ovat usein erilaiset vesi-, viemäri- tai lämpöputkien vuodot virheellisen asennustyön tai materiaalien vaurioitumisen/vanhenemisen seurauksena. Myös ilmanvaihdon tehottomuus ja ilmanvaihdon aiheuttamat virheelliset painesuhteet, yleensä ylipaine, rakennuksessa voivat aiheuttaa rakenteiden kosteusvaurioita tai lisätä muiden vauriosyiden vaikutusta. [10.]

LVI – järjestelmien aiheuttamat ongelmat voivat ilmetä monilla tavoilla, riippuen mikä järjestelmän osa ongelman on aiheuttanut. Tyypillisesti jostakin järjestelmän osasta on päässyt kosteutta rakenteisiin kosteusvaurioittaen niitä, jonka jälkeen on muodostunut mikrobikasvustoa.

Ilmanvaihdon tehottomuus voi aiheuttaa sisäilman kosteuspitoisuuden nousun haitallisen korkealle tasolle. Tällöin rakenteiden pinnat esimerkiksi kylpyhuoneissa voivat vaurioitua, tai ulkovaipparakenteet voivat vaurioitua rakenteiden sisältä esimerkiksi diffuusion tai konvektion vaikutuksesta. Ilmanvaihdon ongelmat toteutustavan mukaan voivat poiketa toisistaan. Ilmanvaihdon toteutustapoja ovat painovoimainen-, koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja ilmastointi.

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu ilman lämpötilaeroihin ja tuulen aiheuttamiin paineeroihin ulko- ja sisäilman välillä. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa usein ilmanvaihto jää liian pieneksi ja se on riippuvainen ulkoilman lämpötilasta ja tuulesta. Lämpimänä vuodenaikana ilman vaihtuvuus voi olla riittämätön jolloin sisäilman kosteuspitoisuus voi nousta liian korkeaksi. Ilmanvaihdon määrää ei voida mittauksilla selvittämään ja eri huoneiden välillä ilman vaihtuvuus on epätasaista. Kosteiden tilojen ilmanvaihto on riittämätön ja ilma voi virrata hormissa väärään suuntaan ja aiheuttaa hygieenisiä haittoja. Painesuhteet rakennuksessa muodostuvat sellaisiksi, että yläpohjan yli vaikuttaa ylipaine. Hormien tukokset ja vuodot, venttiilien ja kanavien likaantuminen, riittämättömät siirtoilmareitit ja korvausilmareittien puuttuminen huonontavat sisäilmaa. [3, s. 62.]

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa poistoventtiilit sijoitetaan, kuten painovoimaisessakin järjestelmässä, mutta virtausta tehostetaan poistopuhaltimen avulla. Tyypillisimpiä poistoilmanvaihdon ongelmia ovat riittämätön korvausilman saanti, ilmavirtojen riittämättömyys ja

riittämättömät siirtoilmareitit. Toisaalta asunnossa voi olla liiallinen alipaineistus ja korvausilma virtaa hallitsemattomasti rakenteista, koska korvausilmareitit on tukittu joko asukkaan tai esimerkiksi korjauksen yhteydessä.

Koneellisella tulo-, ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä voidaan vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin siten, että rakenteiden kosteusvaurioituminen on mahdollista. Järjestelmä tulisi säätää siten, että rakennus on ulkoilmaan nähden lievästi alipaineinen. Mikäli järjestelmä säädetään ylipaineiseksi, aiheutetaan ulkovaipparakenteille merkittävä kosteusvaurioriski kosteuskonvektion seurauksena. Tällöin lämmin kostea sisäilma voi virrata rakenteisiin, ja kosteus voi kylminä vuodenaikoina tiivistyä rakenteiden kylmiin osiin vaurioittaen niitä. Ilmanvaihtokanavien puutteellinen lämmöneristys voi aiheuttaa kosteuden tiivistymisen putkistojen ulkopinnoille. Tällöin putken ulkopintaan tiivistynyt vesi voi aiheuttaa kosteusvaurion. Myös ilmanvaihtokoneeseen ja sen suodattimiin pääsevä vesi tai lumi voi aiheuttaa mikrobivauriota. Tuloilmajärjestelmässä olevat mikrobivauriot voivat vaikuttaa laajallekin rakennuksessa, mikrobien levitessä ilman mukana. [10.]

Putkivuodot ovat merkittävä kosteusvaurioita aiheuttava tekijä [7, s. 17]. Putkivuoto voi aiheutua äkillisesti esimerkiksi jäätyneen putken halkeamisesta. Vuoto voi olla myös pieni vaikeasti havaittava pistesyöpymä putkessa, jonka havaitseminen voi kestää kauan. Paikallisia kosteusvaurioita voi syntyä esimerkiksi silloin, kun putkiliitokset ja patteriventtiilit vuotavat, tai kun kosteus tiivistyy eristämättömien kylmän tilan läpi kulkevien ilmakehien sisälle. Lämpölaajenemisesta johtuvasta liikkeestä voivat kupari- ja rautaputket kulua puhki. Vanhat valurautaiset viemärit ja rautaputket alkavat olla teknisen käyttöikänsä päässä, tai se on jo ylitytty. Teknisen käyttöikänsä suhteutettuna jälleenrakennuskaudella rakennettujen talojen alkupe-
räisissä putkistoissa ei putki- tai viemäri- vuoto pitäisi tulla enää yllätyksenä, vaan se on erittäin todennäköistä. Rakenteiden sisällä tapahtuneet vuodot johtavat poikkeuksetta kuivatukseen, sekä rakenteellisiin korjauksiin ja muutoksiin, kuten putkistojen siirtämiseen huollettavissa ja valvottavissa oleviin paikkoihin [6, s. 17].

Korjaaminen

LVI – järjestelmien korjaaminen rakennuksissa on yleensä merkittävästi asumiseen vaikuttava vaihe. Kyseessä voi olla kerrostalon linjasaneeraus tai vaikka omakotitalon käyttövesiputkiremontti. Yhteistä molemmille korjauksille on se, että jotain näkyvää muutosta asuintilaan

jää, esimerkiksi putkikotelo tai pintaan asennetut vesiputket. Lähtökohtana LVI-korjauksille on seuraava Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan C2 ohje:

Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot sekä ilmanvaihto-, lämmitys ja jäähdytyslaitteistot niihin liittyvine laitteineen on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita niin aikaisin, ettei se ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa. Putket, kanavat ja laitteet on sijoitettava, eristettävä tai varustettava siten, ettei vesi putkistoissa jäädy ja ettei putkien, kanavien tai laitteiden pinnoille tiivisty haitallisesti vettä tai tiivistyvä vesi on johdettavissa pois haittaa aiheuttamatta. [2.]

Korjaustyön suunniteltaessa ja toteuttaessa vesijohdot tulisi sijoittaa näkyville tai koteloon, josta vuodon sattuessa vesi ei pääse tunkeutumaan rakenteisiin, vaan ohjataan sopivaan kohtaan vuodon havaitsemiseksi. Putkien tulee olla helposti tarkastettavissa ja korjattavissa. Mikäli tilassa ei ole lattiakaivoa, sijoitetaan vesijohtoverkostoon kytketyn laitteen alle vesitiivis, viemäriin johtavalla ylijouksuputkella varustettu kaukalo, tai laitteen alusta tehdään vesitiiviiksi niin, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita.

Lämpö- ja vesijohtoja saa sijoittaa maanvastaisen alapohjan alle vain, jos ne asennetaan vaihdettaviksi esimerkiksi suojaputkiin [2]. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle.

Ulkoilmalaitteet on sijoitettava siten, että rakennukseen tuleva ulkoilma on mahdollisimman puhdasta. Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta. Jäteilma on johdettava ulos siten, ettei rakennukselle, sen käyttäjille tai ympäristölle aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa. Painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtoa ei saa yhdistää siten, että ilman virtaussuunnat huonetilojen välillä ja kanavistoissa voivat muuttua suunnitelluista. [18.]

Jokainen vesipiste varustetaan tarkoitukseen soveltuvalla viemäripisteellä, joka on suoraan liitetty viemäriin joka on yleensä sijoitettava niin, että se voidaan ilman suurehkoja toimenpiteitä korjata tai vaihtaa [19]. Kiinteistön alueella olevat pinnat, joihin sadevesi ei pysty imeytymään, on varustettava sadevesilaitteistolla. Kerääntynyt sadevesi on johdettava pois tarkoituksenmukaisella tavalla.

5 KOSTEUSVAURION TUTKIMINEN

Tutkimuksen lähtökohtana on yleensä havaittu kosteusongelma eli kosteuden aiheuttaman vaurio tai haitta, jonka syy ja oikea korjaustapa halutaan selvittää [1, s. 189]. Tarkoituksena on määrittää vaurion ja sen syiden poistamiseksi tarvittavat toimenpiteet ja arvioida lisätutkimusten ja jälkiseurannan tarvetta [3].

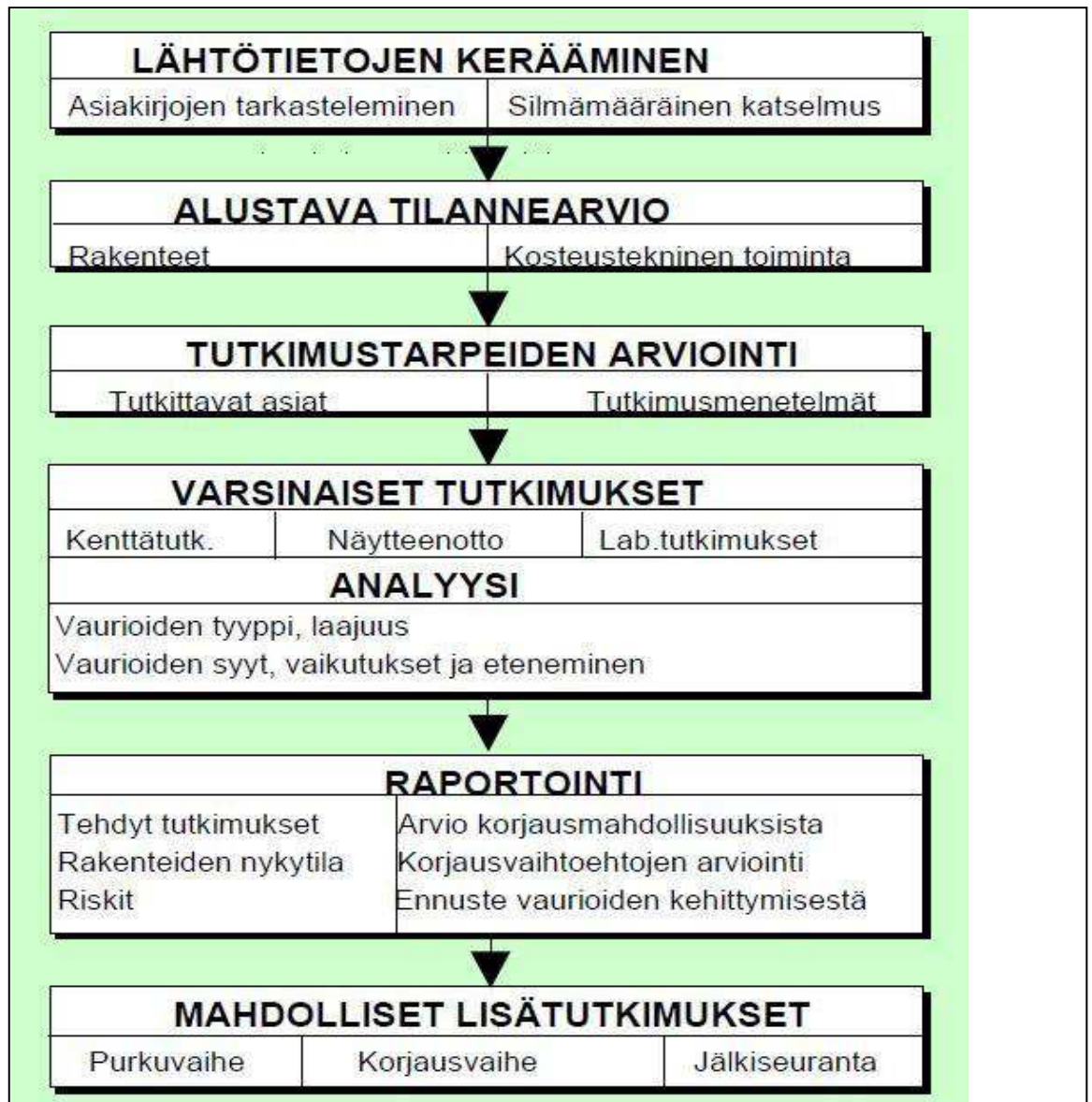
Kosteustekninen kuntotutkimus

Kosteusteknisen kuntotutkimuksen periaatteena on kerätä riittävät tiedot tarkasteltavasta rakenteesta, rasitusoloista ja vaurioista ja muodostaa näiden tietojen pohjalta luotettava käsitys rakenteen kosteusteknisestä toimintatavasta [1, s. 190]. Tutkimukselle on oltava ja annettava riittävät lähtötiedot minkä perusteella ensin suunnitellaan mitä mitataan ja miksi, ja vasta sitten mennään mittamaan.

Lähtötiedoista keskeisimpiä ovat:

- Havaitut ongelmat
- Pohjapiirustukset, leikkauspiirustukset ja rakennetyypit
- Sisäilmaongelmissa IV-piirustukset

Kuntotutkimuksessa selvitetään rakenteiden korjaustarve, eli käytetyt rakenteet ja niiden riskit, vauriot, niiden tyyppi, syyt, laajuus, aste, vaikutukset ja eteneminen sekä syntymekanismi. Tarkoituksena on määrittää vaurion ja sen syiden poistamiseksi tarvittavat toimenpiteet ja arvioida lisätutkimusten ja jälkiseurannan tarvetta [10]. Kosteusvaurion kuntotutkimus normaalisti etenee kuvan 28 mukaisessa järjestyksessä.



Kuva 28. Kosteusteknisen kuntotutkimuksen kulku [11].

Kosteusvaurioiden tutkiminen voidaan jakaa seuraavalla tavalla esitettyihin vaiheisiin, joiden suorittamista ja hallitsemista voidaan edellyttää kuntotutkijalta. Kosteusteknisen kuntotutkimuksen vaiheet:

1. Rakennetyyppien selvittäminen:

- Materiaalit ja niiden ominaisuudet.
- Veden- ja kosteudeneristeiden olemassaolo ja kunto.
- Tuulettumiseen ja veden poistumiseen vaikuttavat tekijät.

- Lämpötilasuhteet ja lämmöneristykset.
- Maaperän rakennekerrosten ominaisuudet.

2. Kosteusrasitusolosuhteiden selvittäminen:

- Kosteuslähteet.
- Kosteuden sitoutumis- ja siirtymistavat sekä mahdollinen kertyminen ja kuivuminen.
- Kosteuteen vaikuttavat olosuhdetekijät, lämpötila, kosteuspitoisuus, ilmanvaihto, painesuhteet ja rakennuksen käyttötavat.

3. Mahdollisten vauriotapojen selvittäminen ja niiden vaikutusten ja prioriteettien arviointi.

4. Tutkimuksen suunnittelu.

5. Havaintojen tekeminen kohteesta:

- Suunnitelmista.
- Aistinvaraisesti.
- Kenttäkokein.
- Laboratoriokokein.

6. Analysointi havaintoihin perustuen:

- Ongelman poistavien korjaustapojen ideointi.

7. Raportointi analyysiin perustuen. [3.]

Kosteusvaurioituneen rakenteen kuntotutkimus sisältää aina rakennusfysikaaliset mittaukset, joiden perusteella arvioidaan vaurioiden syitä. Tarkastelussa tulee ottaa huomioon olosuhteiden muuttuminen vuodenaikojen ja sään muuttuessa sekä harvinaiset aiemmin vaikuttaneet rasituslähteet [3]. Rakenteiden tutkimusmenetelmät voidaan jakaa seuraavasti:

- Aistinvaraiset menetelmät.

- Mittaukset rakenteiden pinnalta.
- Mittaukset rakenteen sisältä.
- Rakenteiden avaaminen.
- Materiaalinäytteiden otto ja analysointi.
- Mikrobitutkimukset.

Aistinvaraisilla ja kohteessa suoritetuilla kenttäkokeilla arvioidaan laboratorioskokeiden tarve. Taustatietojen ja yleistarkastuksen perusteella hahmotellaan rakenteen kosteustekninen toimintamalli tai mallit. Tutkimussuunnitelma täydennetään sellaiseksi, että tutkimus tuottaa analyysivaiheessa tarvittavat tiedot [1, s. 191]. Rakennetyyppien varmistamiseksi tai selvittämiseksi on tarvittaessa tehtävä avauksia, porauksia tai tutkimusaukkoja [3]. Rakenteiden avaaminen on syytä tehdä, mikäli siitä ei ole dokumentteja tai sitä ei muutoin tiedetä.

Analyysivaiheessa arvioidaan rakenteen kosteusteknistä toimintaa, vaurioiden tyyppiä, laajuutta, syitä ja vaikutuksia. Analyysissä arvioidaan vaurion vaikutuksia ja mahdollisia haittoja sekä niiden kehittymistä. Lisäksi pohditaan korjausvaihtoehtoja ja laaditaan korjaussuositus.

Kosteusteknisen kuntotutkimuksen raportti on tutkimuksen ja tulosten kuvaus ja dokumentointi. Se sisältää kirjallisen raportin, jossa on esitelty mittaustavat, mittaustulokset sekä rakenteet, niiden nykytila ja riskit. Selostuksessa tulee selkeästi erottaa toisistaan saadut tiedot ja tutkijan omat tulokset sekä johtopäätökset. Tutkimusselostuksen runko ja periaatteellinen sisältö on seuraava [10.]:

Sisällysluettelo (tarvittaessa)

Yhteenveto (tarvittaessa)

1. Tutkimuksen perustiedot

2. Kohteen perustiedot ja tausta

- Saadut tiedot
- Havainnot muista tutkimuksista ja kartoituksista

3. Käytetyt mitta- ja näytteenottolaitteet

4. Havainnot, johtopäätökset ja toimenpiteet rakennusosittain

4.1 Havainnot

- Rakennetyyppi
- Saadut tiedot, aiempien tutkimusten havainnot
- Havainnot piirustuksista
- Havainnot ja mittaukset kohteessa
- Mikrobinäytteiden tulokset

4.2. Johtopäätökset

Yhteenveto vaurioista

4.3 Toimenpide-ehdotukset/ vaihtoehdot

5. Yhteenveto, enintään 1 sivua

Lyhyt lausuntomainen yhteenveto rakennuksen kunnosta tai sisäilmaongelman syistä, tärkeimmistä vaurioista, niiden syistä ja vaikutuksesta sekä lyhyt listamainen yhteenveto toimenpide-ehdotuksista

5.1 Kiireelliset toimenpiteet (näihin lyhyesti perustelut miksi kiireellinen)

5.2 Normaalit toimenpiteet

5.3 Viimeistään liittyvien toimenpiteiden yhteydessä tehtävät toimenpiteet

6. Muita havaintoja

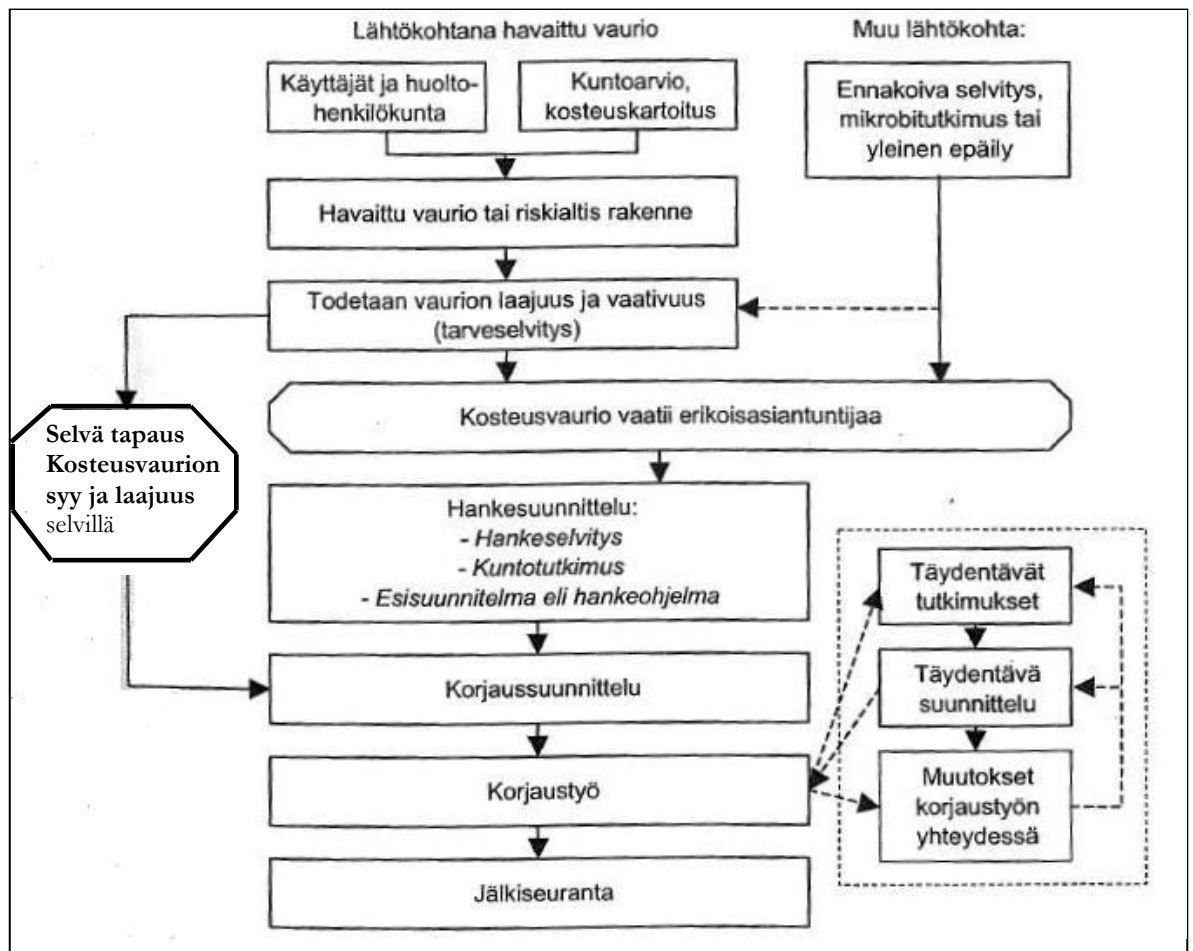
Litteet

- Paikannuspiirustukset [10.]

6 KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIOKORJAUS

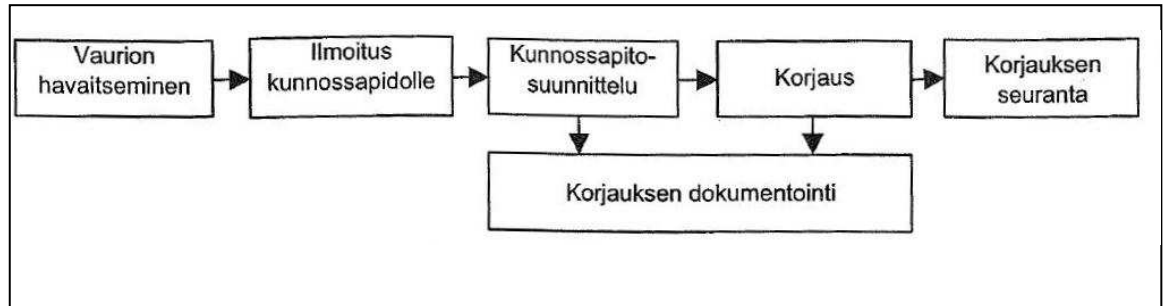
6.1 Korjausprosessin eteneminen

Korjaushanke ja sen lopputulokseen vaikuttavat laatutekijät ovat useiden asioiden kokonaisuus. Niin korjausrakentamisessa kuin uudistuotannossa useat eri vaiheet limittyvät päällekkäin ja kaikkien vaiheiden kesken pitää pyrkiä siihen, että hanke on järjestelmällinen. Vaikka hankkeessa on laajuudeltaan hyvin erikestoisia ja laajuisia vaiheita on tärkeää, että kaikki vaiheet käydään läpi. Kuvassa 29 on esitelty korjausprosessin eteneminen.



Kuva 29. Kosteus- ja homevauriokorjauksen kulku [3].

Pienemmissä hankkeissa vaurioiden korjausprosessi voi olla kuvan 30 mukainen [3, s. 66].



Kuva 30. Pienten kosteusvauriokorjausten prosessin kulkukaavio [3].

Kuvan 30 mallilla voidaan korjata kohteita vain silloin kun vaurion syy ja korjaustapa ovat täysin varmasti selvillä.

6.2 Suunnittelu

Kuntotutkimuksen tai kosteuskartoitusraportissa annetaan yleensä toimenpide-ehdotuksia vaurion aiheuttajan poistamiseksi ja vaurioiden korjaamiseksi. Korjaushankkeen laajuudesta riippuen on suunnittelijoiden (arkkitehti, rakenne-, rakennusfysiikka- ja lvi -suunnittelija) ja kuntotutkijoiden osallistuttava hankkeen suunnitteluun. Huolellisesti toteutetulla kuntotutkimuksella pyritään laatimaan korjaussuunnitelma, jolla vältetään ali- ja ylikorjaaminen. Kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa tulee aina käsitellä rinnakkain rakennetekniset ja talotekniset syyt. Korjaushankkeeseen osallistuvien tulee ymmärtää rakennusfysiikka ja miten eri toimet vaikuttavat toisiinsa. Vuodenajoilla on merkittävä vaikutus suunnitelman tekemiseen. Korjauksen suunnittelussa noudatetaan seuraavia periaatteita

1. Kosteus- ja mikrobivaurioon johtaneet syyt selvitetään.
2. Vaurioituneet rakenteet ja materiaalit poistetaan ja uusitaan.
3. Rakenteiden pinnoilta poistetaan mikrobivauriot tai rakenne puretaan, sekä estetään mikrobien leviäminen muualle rakennukseen.
4. Kosteusvaurioituneet rakennusosat kuivataan.
5. Puretut rakennusosat uusitaan vastaavilla tai rakenne korjataan kosteusteknisesti toimivaksi eri menetelmiä ja materiaaleja hyödyntäen.

Korjaus toteutetaan siinä laajuudessa, että kosteusvaurioista aiheutuvat terveyshaitat poistuvat ja rakennusta voidaan turvallisesti käyttää siten, että korjauskustannukset eivät nouse kohtuuttomiksi. [20.]

Rakenteiden kosteusteknisellä mitoituksella on kaksi lähtökohtaa:

1. Rakenteet suunnitellaan niin, ettei niiden kosteuspitoisuus missään vaiheessa aiheuta merkittävää haittaa rakenteiden toiminnalle ja rakennuksen käytölle.
2. Suunnittelussa varaudutaan siihen, että rakenteet voivat satunnaisesta syystä kastua ja niillä tulee olla kyky kuivua riittävän nopeasti. [1. s, 41.]

Teknisiä ratkaisuja suunniteltaessa niin uudis- kuin korjausrakentamisessa tulee huomioida seuraavat kolme kosteustekniseltä toiminnaltaan erilaista jaksoa rakennuksen elinkaaressa.

1. Rakentamisvaihe, jolloin ulkoinen ja materiaaleista vapautuva kosteusrasitus on korkeimmillaan. Tekniset ratkaisut, suojaaminen, odotusajat jne. on valittava siten, että valittu tekninen ratkaisu on toteutettavissa ja ratkaisuun liittyvät riskit ovat hallittavissa.
2. Rakennuksen kuivumisvaihe, jolloin rakenteisiin kohdistuva rasitus esim. diffuusiokosteusrasitus saattaa olla olennaisesti suurempi kuin käytön aikainen rasitus.
3. Rakennuksen normaali käyttövaihe, jolloin rakennuskosteus on kuivunut ja rakennuksen kosteustekninen toiminta seuraa sääolosuhteiden ja sisäilmaston muutoksia. [1. s, 41.]

Korjaustyössä suunnittelussa ja toteuttamisessa voi noudattaa seuraavia ohjeita ja julkaisuja:

- Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Ratu 82-0239. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000.
- Tavanomaiset purkutyöt. Ratu 82-0240. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000.
- Asbestia sisältävien rakenteiden purku. Ratu 82-0236. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000.

- Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku. Ratu 82-0237. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000.
- PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purku. Ratu 82-0238. Rakennustieto Oy. Helsinki 2000.

6.3 Desinfiointi ja hajunpoisto

Purku- ja korjaustöiden aikana tulee estää pölyn leviäminen korjauskohteesta ympäröiviin tiloihin. Näin suojellaan puhtaiden alueiden käyttäjien terveyttä. Suojaukset myös vähentävät ja helpottavat korjausten jälkeen tarvittavaa homeettomaksi siivousta [13]. Siivous ja irtaimiston puhdistus ovat kosteus- ja mikrobivaurioremontin viimeinen vaihe. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi vaurioituneet eristeet on poistettu, puumateriaali sekä betonipinnat on puhdistettu. Erityisesti on myös huomioitava vuodenaikojen ja lämpötilavaihteluista johtuvia eri materiaalien solu- ja huokosrakenteessa tapahtuvaa käyttäytymistä. Esimerkiksi puun huokosrakenne lämpimässä on avoin, jolloin kosteus ja hajut kulkeutuvat materiaalin sisälle ja siitä ulos.

Homeen- ja muiden siivottavan tilan käyttöä haittaavien hajujen poistaminen on usein pölyjen poistamista hankalampaa. Tuulettaminen poistaa hajuja. Tuulettamista voidaan tehostaa erilaisilla ilmanpuhdistimilla ja tuuletuspuhaltimilla. Vaikeissa tapauksissa voidaan käsitellä huoneilat hapettavilla aineilla kuten otsonilla. [13.] Otsonointi menetelmänä on vähenemässä ja hajunpoistossa on yleistynyt kuivasavukäsittely.

Rakennuksen, sen osan tai irtaimiston desinfiointi suoritetaan sen jälkeen, kun vaurion aiheuttaja(t) on poistettu. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi vaurioituneet eristeet on poistettu, puumateriaali sekä betonipinnat on puhdistettu. Desinfioinnilla käsitellään näkyvät pinnat. Niitä voi olla esimerkiksi huonekalut ja niiden rakenteet, tai rakenneosien sisällä olevat eristeet ja pinnat. Tällöin on mietittävä käytettäviä menetelmiä ja aineita. Erityisesti on huomioitava vuodenaikojen ja lämpötilavaihteluista johtuvia eri materiaalien solu- ja huokosrakenteessa tapahtuvaa käyttäytymistä.

Siivouksen yleisperiaatteet:

- Imuroinnissa käytetään mikro-suodattimella varustettua pölynimuria.

- Puhdistuksessa käytetään tarpeen mukaan homepesuainetta.
- Siivouksessa noudatetaan huoneittain ja tiloittain ns. uuden rätin periaatetta lian siirtymisen estämiseksi.
- Kaikki avohyllyillä olleet kirjat ja tavarat imuroidaan tai nihkeäpyyhitään.
- Tietokoneet, televisiot ja laitteet nihkeäpyyhitään.
- Ovellisissa kaapeissa olevat tavarat imuroidaan tai nihkeäpyyhitään (tekstiilit pestään).
- Neuvotellaan siivoustoimen kanssa suoritetaanko samalla perussiivous, esimerkiksi pinttyneen lian poisto tai lattiavahan poisto.
- Tilojen osastointi pidetään voimassa siivoustyön ajan.
- Siivoustyötä valvotaan valvontasuunnitelman mukaan. [10.]

6.4 Kuivaus

Liiallinen kosteus on rakenteille ja materiaaleille haitallista ja siitä johtuen ilmenee kuivaustarvetta rakentamisen, rakennuksen käytön aikana ja vesivahinkotapauksissa. Kuivattaminen aloitetaan aina, kun rakenteen uusiminen on kallista ja jopa mahdotonta, sekä silloin kun kosteuden poistuminen luonnollisesti on hidasta.

Yleisimmin käytössä olevia kuivausmenetelmiä ovat pintakuivaus, imukuivaus ja suljetun järjestelmän kuivaus. Pintakuivausta käytetään betoni-, puu- ja levyrakenteiden kuivattamiseen. Pintakuivaus tapahtuu veden haihtumiseen lämmittämällä ilma mahdollisimman lähellä kostea aluetta. Tätä kutsutaan myös infrapunakuivatukseksi, joka perustuu lämmön täsmäkäyttöön. Pintakuivatuksella pyritään hyödyntämään rakenteen pinnan ja sen sisällä olevaa lämpötilaeroa, joka toimii hyvin massiivisissa rakenteissa. Betonin tehokkaan kuivumisen tehostamiseksi on tiiviit pinnoitteen poistettava, kuten betoniliima, mattoliimat ja vedeneristeet.

Imukuivaus perustuu siihen, että ilma saadaan kiertämään rakenteen sisässä ja rakenne sisältää paljon kosteutta tai vettä. Imukuivauksessakin on omat haasteensa, koska ilma kulkee sieltä mistä se pääsee helpoiten voi alueita jäädä huolimattomalla kuivattamisella kosteiksi.

Suljetun järjestelmän kuivaus perustuu ilman kierrättämiseen rakenteen sisällä, jolloin ilma saadaan tehokkaasti kohteeseen. Tämä kuivatus ei kuitenkaan sovellu kohteisiin joiden rakenteissa on näkyvää vettä.

Kuivaimia on kahta eri tyyppiä, joita ovat kondensiokuivaimet ja absorptiokuivaimet, jotka toimivat hieman eritavalla toisistaan. Kondensiokuivaimen toiminta perustuu ilman jäähdyttämiseen ja se toimii ainoistaan, kun ilman lämpötila on riittävän korkea. Tehokas kuivattaminen voi vaatia myös ilman lämmittämistä. Kuivaimen tiivistämä kosteus johdetaan astiaan tai viemäriin ja sen takia laitteen käyttö vaatii valvontaa, että ei kastella kertaalleen poistetulla vedellä rakenteita uudelleen. Absorptiokuivaimen kosteapoistoilma johdetaan kokonaan pois kuivatettavasta tilasta ja laite toimii pakkasellakin aina -20 °C saakka eikä erillistä lämmitystä tarvita.

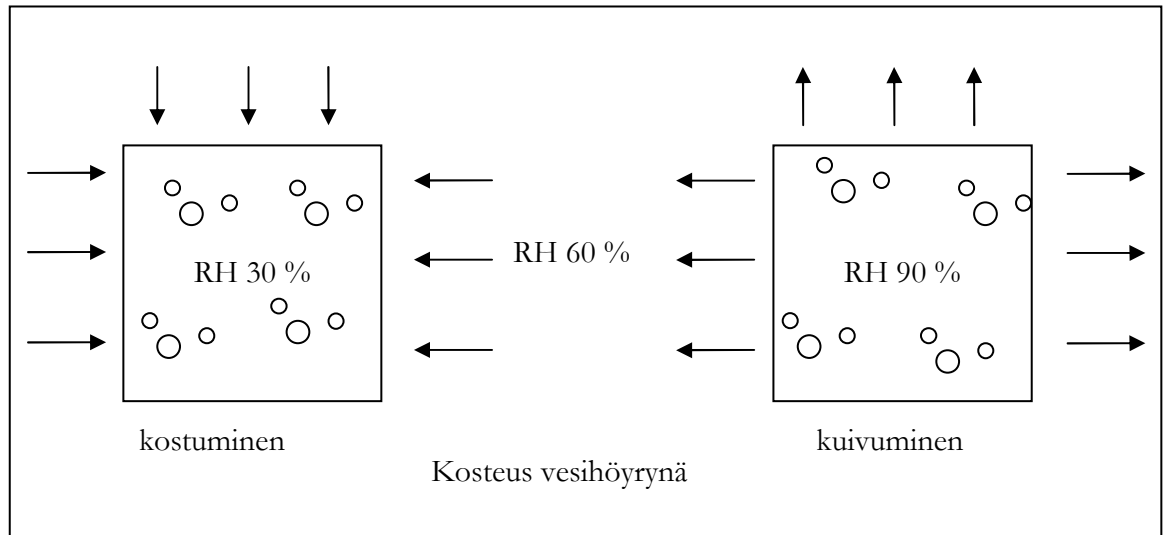
Kuivattamisessa kannattaa huomioida kokonaistaloudellisesti mikä on kannattavinta. Toisinaan voi pahoin kastuneen betonilaatan kuivattaminen olla hitaampaa ja kalliimpaa, kuin purkaa vanha pois ja valaa uusi laatta nopeasti kuivuvilla betoneilla uudelleen. Tällöin myös alapuolista rakennetta voidaan tutkia ja tarvittaessa korjata. Mikäli tilat pitää saada nopeasti käyttöön purkamista ja uudelleen rakentamista kannatta harkita.

Aina ennen kuivattaminen aloittamista on tutkittava rakenne, sekä rakenteesta tulee tuntee sen kuivumismekanismi. Mikäli kysymyksessä on riskirakenne, täytyy tarkasti arvioida, onko tärkeämpi ensin muuttaa rakenne tai sen kerros toimivaksi rakenteeksi. Vasta sitten suoritetaan rakenteen kuivattaminen korjauksen yhteydessä.

Betonin kuivattaminen

Kovettunut betoni sisältää aina jonkin verran kosteutta [21]. Betonin valmistuksessa käytetystä vedestä osa sitoutuu kemiallisesti, vaikka betoni olisikin kemiallisen sitoutumisen seurauksena saavuttanut loppulujuutensa, se voi olla hyvin kosteaa. Betonin varsinaista kuivamista tapahtuu vasta, kun fysikaalisesti sitoutunut vesi haihtuu betonista. Mikäli betonirakenne on huonetilassa, jonka kosteus on pienempi kuin betonin se haihduttaa kosteutta niin kauan kuin ilman suhteellinen kosteus on pienempi. Betonin suhteellisella kosteudella (RH) tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta [21]. Suhteellinen kosteus huomio vain betonin huokosten ilmatilassa vesihöyrymuodossa olevan kosteuden. Kuiva betoni taas voi imeä kosteutta ilmasta kunnes se on tasapainotilassa ympäröivän ilman kanssa.

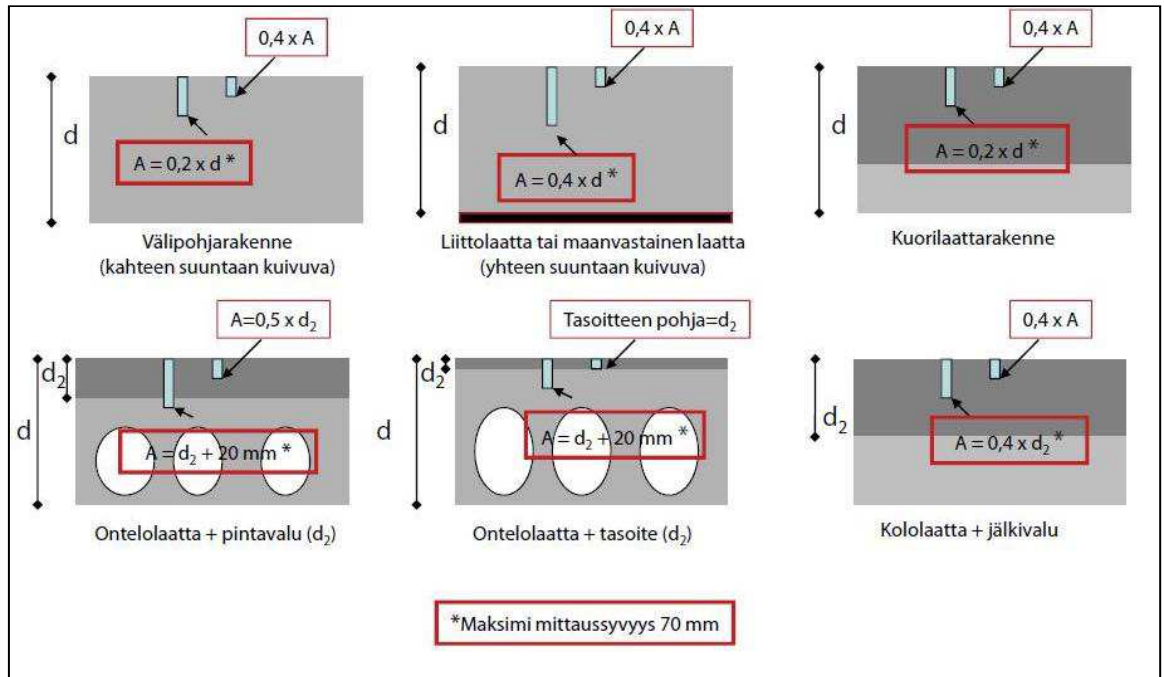
Huokoisena materiaalina betoni pystyy imemään itseensä kosteutta sekä hygroskooppisesti, että kapillaarisesti [21]. Kuvassa 31 on esitetty, miten betonin hygroskooppisena materiaalina pyrkii tasapainokosteuteen ympäristön kanssa.



Kuva 31. Hygroskooppisena materiaalina betoni pyrkii tasapainoon ympäröivän ilmatilan kanssa [21].

Ollessaan kosketuksissa vapaaseen veteen betoni alkaa imeä itseensä nesteinä olevaa kosteutta. Tällöin on kyseessä kapillaarinen kosteuden siirtyminen betoniin ja se alkaa kastua. [21.]

Päällystettävyyden vaatimuksena oleva tietty betonin suhteellisen kosteuden arvo ei kuitenkaan tarkoita, että betonirakenteen tulisi kuivua vaadittuun kosteusarvoon läpikotaisin, vaan riittää, kun kyseinen kosteusarvo on alitettu rakenteen paksuudesta riippuvaisella arviointisyvytydellä [21]. Vesivahingossa täysin kastuneen vanhan betonin kuivumisaika voi olla huomattavasti pidempi kuin tuoreen betonin. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa betonin pääsee vettä, sitä hitaammin se kuivuu. Betonirakenteen paksuus, kerroksellisuus ja kuivumisuunta vaikuttavat siihen miten nopeasti betonissa oleva kosteus pääsee rakenteen pintaan ja haihtumaan ympäröivään tilaan. Kuvassa 32 on esitelty erilaisten betonirakenteiden kosteusmittausvytydet.



Kuva 32. Betonirakenteen kosteusmittausvyvydet [21].

Jos päällysteen vesihöyrynläpäisevyys ei ole tarkasti tiedossa, verrataan syvyyden A mittaustulosta päällysteen/pinnoitteen kriittiseen kosteusarvoon. Jos ontelolaatan päälle valetun pintabetonilaatan paksuus on 60 mm tai suurempi, tulee kosteuspitoisuus mitata lisäksi arviointisyvyyden A yläpuolella syvyydellä $0,4 \times A$, jossa RH:n tulee yleensä olla alle 75 % [21]. Taulukossa 3 on eri pinnoitteille alusbetonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvoja päällystyshetkellä arviointisyvyydellä.

Taulukko 3. Alusbetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja [21].

Päällystemateriaali	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	Betonin ja /tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1-3 cm:n syvyydellä (0,4xA)
Muovimatot	85	75
Linoleumi	85	
Vedeneriste	85-95	
Mosaiikkiparketti	85	
Laminaatti	85	
Alustaan liimattava lautaparketti	85	
Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali	85	

Mikäli rakennetta ei tunneta, täytyy se tutkia tekemällä esimerkiksi tutkimusaukko. Kaksoislaatta- ja maanvaraisissa rakenteiden kuivattamisen kannalta on oleellista tietää onko materiaalien välissä käytetty muovikalvoa. Epäselvissä tapauksissa on rakenteesta mitattava kosteutta eri syvyyksistä ja niiden tulosten perusteella on tehtävä johtopäätökset mistä suunnasta kosteusvaurioituminen on tapahtunut. Mikäli betonilaattaa kastelee kapillaarisesti nouseva vesi, niin kuivattaminen ei poista ongelmaa mikäli veden nousemista ei voida ensin estää. Maanvaraisissa lattioissa on huomioitava, että vesihöyrytiivien päällysteiden alle voi kerääntyä kosteutta, jos kosteusvirta maaperästä on suurempi, kuin päällysteen kyky läpäistä kosteutta. Tämän takia tiiviiden pinnoitteiden käyttö maanvaraisissa rakenteissa vaatii huolellista rakennusfysikaalista tarkastelua. Lattiarakenteissa, joissa on lattialämmitys, tiiviin päällysteen alle voi tiivistyä kosteutta tai suhteellinen kosteus voi nousta kriittisen korkeaksi, jos päällysteen lämpötila laskee lattiarakennetta alhaisemmaksi [21].

6.5 Korjaustöiden valvonta

Korjaustyöhön laatua valvovat rakennuttajan lisäksi myös suunnittelija ja urakoitsija [3 s.92]. Isommissa kohteissa ulkopuolinen ja puolueeton valvoja olisi kaikkien hankkeen osapuolien kannalta hyvä vaihtoehto. Valvontavastuut jaetaan seuraavalla tavalla:

- Suunnittelija vastaa laadun ohjauksesta, joka käsittää rakennussuoritusten ohjauksen niin, että lopputulos vastaa asiakirjoissa tarkoitettua.
- Urakoitsija vastaa laadun toteutuksesta valvomalla työsuorituksia, aliurakointia, hankintoja ja koko rakennusvaihetta niin, että toteutus on asiakirjojen vaatimusten mukainen.
- Rakennuttaja vastaa työn seurannalla, katselmuksilla ja mittauksilla, että kaikki osasuorituksen vastaavat laatuvaatimuksia. [3.]

Valvontasuunnitelma on osa korjaustyömaan laatusuunnitelman liitteistä. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakenteen korjaustyössä erityisesti huomioita täytyy kiinnittää seuraaviin seikkoihin ennen varsinaisen työn aloittamista ja sen lopetuksen:

- Suojaus ja alipaineistus
- Purku, puhdistustyö ja jätteen käsittely
- Kuivatus
- Loppusiivous ja desinfiointi

6.6 Korjaustyön jälkiseuranta

Kosteusvaurioiden aiheuttamissa korjauksissa voi olla tarpeellista järjestää erillinen jälkiseuranta [3, s. 97]. Jälkiseuranta on erityisesti tarpeellinen silloin kun valittu korjaustapa on ollut haasteellinen ja jopa riskialtis tai ei ole varmistuttu siitä onko vaurion aiheuttaja saatu poistettua. Kuntotutkijoiden ja suunnittelijoiden on pohdittava jälkiseurannan tarpeellisuus ja miten kauan seuranta suoritetaan. Jälkiseurantaa voidaan toteuttaa:

1. Tarkastuksilla ja katselmuksilla.
2. Asentamalla seuranta- ja hälytyslaitteita.
3. Seuranmittauksilla ja tutkimuksilla.
4. Joissain tapauksissa voidaan ryhmätasolla seurata kohteen käyttäjien oireilun vähentymistä. [3, s. 97.]

Jälkiseurantaa suunniteltaessa on selvítettävä ja päätettävä:

- Mitä seurantatoimenpiteitä tarvitaan?
- Kuka seurannan hoitaa ja vastaa sen onnistumisesta ja valvonnasta?
- Kuinka tulokset dokumentoidaan ja käsitellään?
- Miten mahdollinen korjaustarve todetaan?
- Miten päätetään lisäkorjauksiin ja tutkimuksiin ryhtymisestä? [3, s. 97.]

Jälkiseurannan toteuttaja olisi syytä päättää jo hyvissä ajoin korjaussuunnittelu vaiheessa. Valvojan tulee olla sitoutunut kohteen jälkiseurantaan ja huolehtia sen toteutuksesta, dokumentoinnista ja raportoinnista. Rakennuksen huoltokirja on hyvä dokumentoinnin väline, johon kirjataan tehdyt havainnot ja korjaukset.

6.7 Korjaustyön turvallisuus

Korjaus ja mikrobivauriokorjaus työmaat poikkeavat normaalista rakennustyöstä ja sen tuomat haasteet ovat otettava ennen purkamistyöhön ryhtymistä tarkasti huomioon. Korjaustyö on pienimmillään neliöstä ja suurimmillaan koko kiinteistöön rajoittuvaa työn suorittamista. Purkutöissä on otettava huomioon mitä työturvallisuuslaki ja valtioneuvoston asetus työturvallisuudesta määräävät purkamistyöstä.

Työsuojelulain 10 § Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi on sanottu seuraavasti: ”Työnantajan on työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvítettävä ja tunnistettava työstä, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta-

ja vaaratekijät sekä, milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle.” [22.] Lisäksi Valtioneuvoston asetuksessa luvussa 10 on erikseen maininta purkutöissä huomioon otettavista asioista.

Kuten edellä mainitussa lain pykälässä mainittiin, ovat haitat ja vaaratekijät huomioitava työntekijöiden osalta. Toisinaan voi tiloissa olla asutusta ja muuta toimintaa, jolloin yleiseen turvallisuuteen ja hyvinvointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kohteen purkamisen laajuudesta riippuen on pohdittava suojauksien ja pölynpoiston toteutus siten, että ympärillä olijat eivät missään olosuhteissa pääse altistumaan haitallisille aineille. Työntekijän on huolehdittava henkilösuojainten ja –varusteiden käytöstä. Esimiesten velvollisuus on valvoa, että suojaimia myös käytetään.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen huoneiston työturvallisuuteen on olemassa Ratu 82-0383 -ohjekortti kosteus ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku, jossa on kerrottu purkutyön yleiset menetelmät. Ohjekortissa on kerrottu aloittavat ja lopettavat työt, sekä purkutyötä edistäviä ja ylläpitäviä korjaustöitä. Lisäksi kortti sisältää ohjeet on työntekijöiden ja ympäristön suojauksesta, sekä laadunvarmistus toimenpiteet.

Keskeisimmät henkilökohtaiset suojavausteet korjausrakentamisessa kuulon- ja silmien-suojaimet sekä suojakypärä ja riittävän suojaustason (naulaanastumis- ja varvassuojaus) turvakengät. Purkutyössä käytetään aina silmiensuojaimia ja soveltuvia suojakäsineitä ja -vaatetusta. Polvillaan työskennellessä käytetään polvensuojaimia. Kaikilla suojaimilla tulee olla vähintään CE -hyväksyntä. Purkutöiden aikana käytetään P2-, P3- tai P3/A2-luokan suodattimella varustettua moottoroitua koko- tai puolinaamaria tai eristävää naamaria esiintyvistä terveydelle vaarallisista aineista riippuen. P3-suodatinta käytettäessä on yleensä tarve myös kasvojen ihon ja silmien suojaamiseen, jolloin käytetään kokonaamaria tai koko kasvojen alueen suojaavaa moottoroitua hengityksensuojainta. [23.]

Pienissä kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku- ja korjaustöissä pölyn leviäminen ympäristöön estetään käyttämällä kohdepoistoa. Kohdepoistolaitteet jaotellaan muodostamansa alipaineen mukaan matala- ja korkeapaineisiin järjestelmiin. Korkeapaineisia kohdepoistolaitteita ovat liikuteltavat esierottimella ja mikro-suodattimella varustetut teollisuusimurit ja keskusimurijärjestelmät. Matalapaineisessa kohdepoistossa purkukohteen välittömään läheisyyteen sijoitetaan imurilaitteistoon yhdistetty pölynkerääjä, joka sieppaa purkutyössä syntyvää leijuvaa pölyä. Mikro-suodattimella varustetun laitteiston poistoilma johde-

taan työtilan ulkopuolelle ulko- tai sisäilmaan poistoputken avulla niin, ettei poisto ilma nosta työtiloissa olevaa pölyä liikkeelle. [23.]

7 YHTEENVETO

Rakennusten kastumisesta aiheutuvat mikrobivauriot aiheuttavat rakennuksissa monenlaista korjaustarvetta. Vaurioiden havaitseminen voi kestää vuosia ja jopa vuosikymmeniä. Pitkäaikaiset vaurioitumiset johtuvat usein virheellisistä rakenneratkaisuista, jotka ovat piilossa rakenteiden sisällä ja ilmenevät tilojen käyttäjille mikrobiperäisenä hajuna tai rakenteiden pintojen turmeltumisena.

Mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaaminen vaatii aina ammattitaitoista tutkimista, suunnittelua ja toteutusta. Tutkimuksella luodaan perusta laadittaville korjaustoimille ja niiden laajuuksille. Korjaustyön suunnittelun tulee tapahtua eri toimialojen yhteistyössä sujuvan työn edistymisen kannalta.

Korjaustyö toteutus tulee suorittaa ammattitaitoisten työntekijöiden toimesta. Työn suorittamisessa tulee ottaa huomioon tilan käytön asettamat haasteet ja suojaustarpeet. Suoritettavissa korjaustöissä tulee ottaa tarkasti henkilökohtainen suojautuminen huomioon ja samalla pyrkiä välttämään korjaustyössä nousevan epäpuhtauden leviäminen ympäristöön. Mikrobivaurion siivoaminen ja desinfiointi on aina kokeneiden ammattilaisten suorittamaa erikoistyötä. Desinfiointissa käytettävät aineet ovat väärin käytettyinä vaarallisia työn suorittajalle ja tilan käyttäjille.

1950–1990-luvuilla rakennetuissa taloissa on runsaasti korjaustarvetta ja tulevana vuosina korjaustarve tulee jopa lisääntymään. Korjaustoimista on olemassa suunnitelmia ja ohjeita, mutta niiden käyttämistä tulee aina tapauskohtaisesti selvittää. Tässä opinnäytetyössä laaditut ohjeet ovat etupäässä pientalojen korjaamiseen suunniteltuja, mutta tapauskohtaisesti niitä voi soveltaa isommissakin kohteissa. Opinnäytetyön liitteenä laadittu neljän tunnin koulutuspaketti käsittelee 1950–1990-luvun pientalojen eri rakenneosissa tyypillisimpiä kosteus ja mikrobivaurioita.

LÄHTEET

1. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Hansaprint Oy, 2009. ISBN 978-951-758-509-5
2. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Asunto ja rakennusosasto. C2 Kosteus, Määräykset ja Ohjeet. Luettu 13.2.2013. <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>
3. Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus, julkaisu 99, Tampereen tekninen korkeakoulu.
4. Muhonen A. Opintomoniste. Kajaanin ammattikorkeakoulu 2012
5. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Saarijärven Offset Oy, 2011. ISBN 978-951-758-537-8
6. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Tammer-Paino Oy, Tampere 1997. ISBN 951-682-468-4
7. Tikkanen E, Hekkanen M, Rantamäki, Tikkanen I, Tulla K, Ympäristöministeriö. Kosteus ja Homevaurioituneen rakennuksen korjaus. ISBN 951-682-469-2
8. Erikoisasiantuntija Kettunen A-V. Opintomoniste. Vahanen Oy 2012.
9. Björkholtz, D. Lämpö ja Kosteus, Rakennusfysiikka. Saarijärvi 2000. ISBN 951-682-432-3
10. Sisäilmayhdistys. Luettu 10.2.2013. <Http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/>
11. Leivo V. Opas Kosteusongelmiin. Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Rakennustekniikan osasto, Tampere 1998. ISBN 952-15-0105-7
12. Ilmatieteen Laitos. Luettu 10.2.2013. <http://ilmatieteenlaitos.fi/>
13. Hometalkoot. Luettu 10.12.2012. <http://hometalkoot.mcasiakas.net/oppaat>

14. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivaus. Hansaprint, 2009, 3. painos. ISBN 978-951-758-508-8
15. Karjalainen J, Riippa T. Jälleenrakennuskauden pientalon korjausopas. Kopijyvä Oy 2010 Kuopio. ISBN 978-952-61-0069-2
16. Laurinen M. 1980 –luvun pientalojen rakenneratkaisut. Niiden yleisimmät ongelmakohdat ja korjausehdotukset. Kuopio 2011. ISBN 978-952-61-0352-5 (PDF)
17. Rakennustieto ohjetiedosto. Julkisivun betonipinnat 2000 RT 82-10657. Luettu 17.2.2013. https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_7207.html.stx
18. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2010. Helsinki 2008. 37 s. ISBN-13: 9789525236347
19. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma, D1. Kiinteistöjen vesi ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki 2007. Luettu 17.2.2013. http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf
20. Rantakytö V. Kosteus ja homevaurioituneen omakotitalon korjaussuunnitelma. Tampereen Ammattikorkeakoulu 2011. Luettu 17.2.2013. [Http:// kajak.fi, Theseus –portaali](http://kajak.fi/Theseus-portaali)
21. Merikallio T, Niemi S, Komonen J. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki 2007. ISBN 978-952-5075-88-5.
22. Finlex. Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Luettu 14.10.2012. [http:// www.finlex.fi /fi/ajantasa/2002/20020738](http://www.finlex.fi/fi/ajantasa/2002/20020738)
23. Rakennustieto. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakenteen purku, Ratu 82-0383. Luettu 10.1.2013. [Https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto.html](https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto.html)
24. Kärki J-P, Öhman H. Homevaurioiden korjausopas. Kuopio 2007. ISBN 978-951-27-0649-5 (PDF).

LIITTEET

MS PowerPoint –esitys 83 diaa 1950-1990 –luvun talojen tyypilliset kosteusvauriot.

Diaesityksen sisällysluettelo:

1950 –luvun talot

Vesikatto ja yläpohja	diat 1-13
Ulkoseinät	diat 14-17
Alapohja ja perustukset	diat 18-25

1960 –luvun talot

Vesikatto ja yläpohja	diat 26-33
Ulkoseinät	diat 34-38
Alapohja ja perustukset	diat 39-41

1970 –luvun talot

Rakennerekaisuja	diat 42-44
Vesikatto ja yläpohja	diat 45-48
Ulkoseinät	diat 49-50
Alapohja, perustukset ja pesuhuone	diat 51-59

1980-1990 –lukujen talot

Vesikatto ja yläpohja	diat 60-67
Ulkoseinät	diat 68-69
Alapohja ja perustukset	diat 70-75

LVI Tekniikka diat 76-83

