

Otto Liuhto

# Kipsilevyrakenteisen kylpyhuoneen laattaseinän kosteuskäyttäytyminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

13.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Otto Liuhto Kipsilevyrakenteisen kylpyhuoneen laattaseinän kosteuskäyttäytyminen 34 sivua + 1 liite 13.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Vastuukorjaustyönjohtaja Sami Rulja, YIT Rakennus Oy Lehtori Jouni Ruotsalainen
<p>Insinööriyön taustalla on tilaajayrityksen vuosi- ja vastuukorjauskohteita, joissa on havaittu kohonneita pintakosteusarvoja sekä esteettisiä haittoja, kuten seinälaattojen tummumista, kylpyhuoneiden seinissä. Kohteissa on tehty tarkempia tutkimuksia ja todettu, ettei rakenteissa ole kosteutta vedeneristeen takana. Työn tavoitteena oli selvittää kohonneiden pintakosteusarvojen syitä sekä arvioida pintakosteusmittarin luotettavuutta märkätilan kosteuden arvioinnissa.</p> <p>Työssä käytiin läpi keskeisimpiä kosteuteen liittyviä käsitteitä, märkätilan rakennetta, kosteuden siirtymistä seinärakenteessa sekä kosteusvaurion syntymistä, tutkimista ja korjaamista.</p> <p>Kipsilevyrakenteisen kylpyhuoneen laattaseinän kosteuskäyttäytymistä tutkittiin koekylpyhuoneen avulla. Tilaajayrityksen tiloihin rakennettiin koekylpyhuone, johon tehtiin erilaisia työvirheitä seinärakenteisiin sekä seinä- ja lattiarakenteen liittymäkohtaan. Kylpyhuonetta kasteltiin ja rakenteiden kosteusarvoja seurattiin säännöllisesti. Tulosten perusteella suurin yksittäinen rakenteiden kosteuksiin vaikuttanut työvirhe oli laattojen saumauksen huono laatu.</p>	
Avainsanat	kosteusmittaus, märkätila, pintakosteus

Author Title	Otto Liuhto Humidity Behavior of a Gypsum Board Built Bathroom Tile Wall
Number of Pages Date	34 pages + 1 appendix 13 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructors	Sami Rulja, Warranty Repair Foreman Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer
<p>The commissioner of this study has had warranty repair projects where increased surface humidity values have been measured and some esthetic issues detected such as darkening of wall tiles in the bathrooms. More detailed inspections have been carried out where humidity has not been found behind the damp-proof course. The purpose of this Bachelor thesis was to determine reasons for the increased surface humidity values, and to evaluate the reliability of a surface humidity meter in measuring humidity values in a bathroom.</p> <p>This Bachelor thesis reviews the most essential concepts regarding humidity. It also reviews the structure of bathrooms, humidity transportation in a wall structure and the emerging, inspection and repairing of a moisture-damaged bathroom wall.</p> <p>The gypsum board -built bathroom tile wall was researched in the form of a test bathroom. A small bathroom with different types of defects in wall structures and in the joint of the wall and floor structures was built in the premises of the company. The bathroom was then subjected to water regularly and the humidity values were recorded. Based on the results, the most significant individual defect was the bad quality of joint mortar work.</p>	
Keywords	humidity measurement, sanitary cabin, surface humidity

## Sisällys

### Käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Työhön liittyvää taustatietoa	1
1.2	Työn rajaus	1
2	Kosteus kipsilevyrakenteisessa kylpyhuoneen seinässä	2
2.1	Kosteuteen liittyviä käsitteitä	2
2.2	Märkätila	4
3	Kosteusvaurion syntyminen, tutkiminen sekä korjaus	5
3.1	Kosteusvaurion syntyminen	5
3.2	Kosteusvaurion tutkiminen	7
3.3	Kosteudenmittausmenetelmät	10
3.3.1	Aistinvaraiset havainnot	11
3.3.2	Pintakosteusmittaus	11
3.3.3	Piikkimittaus	12
3.3.4	Porareikämittaus	12
3.3.5	Viiltomittaus	13
3.3.6	Näytepalamittaus	14
4	Case märkätilan seinärakenteen kosteudenmittaus	14
4.1	Koejärjestely	14
4.2	Kipsilevyrakenteisen märkätilan seinän rakenne	17
4.3	Käytetyt materiaalit	18
4.3.1	Rakenne 1	18
4.3.2	Rakenne 2	19
4.3.3	Rakenne 3	20
4.3.4	Rakenne 4	21
4.3.5	Rakenne 5	21
4.3.6	Rakenne 6	21
4.3.7	Rakenne 7	22
4.3.8	Rakenne 8	23
4.4	Käytetty mittauskalusto	23

4.4.1	Gann Hydromette UNI 1 -mittari ja B 50 -pinta-anturi	23
4.4.2	Gann Hydromette BL H 40 -mittari ja Gann M 18 -puuanturi	25
4.4.3	Ironside IMT7000 -yleismittari	25
4.5	Tulokset	26
5	Vaurioituneen märkätilan seinärakenteen korjaus	29
5.1	Silikonisaumojen uusiminen	29
5.2	Laattasaumojen uusiminen	30
5.3	Laattojen injektointikorjaus	30
5.4	Laattojen vaihtaminen	30
5.5	Seinärakenteen purku ja uudelleen rakentaminen	31
6	YIT Rakennus Oy:n laatoitusohjeet	31
7	Johtopäätökset ja kehitysehdotukset	32
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Kosteusmittauspöytäkirja ja mittauspaikat	

## Käsitteet

Hydrofobinen

Vettähylkivä

Konduktanssi

Resistanssin käänteisarvo eli sähkönjohtavuus

## 1 Johdanto

### 1.1 Työhön liittyvää taustatietoa

Insinööriyössä tutkitaan kipsilevyrakenteisen kylpyhuoneen laattaseinän kosteuskäytymistä, käytävissä olevia mittalaitteita ja niiden luotettavuutta. Työn tilaaja on YIT Rakennus Oy/ Asuintalot Etelä-Suomi. Työn taustalla on YIT Rakennus Oy:n rakentamia asuintalokohteita, joissa on havaittu mahdollisia kosteusongelmia kylpyhuoneiden seinissä. Seinissä on ollut muun muassa tummuneita laattoja alimmilla riveillä ja niissä on havaittu kohonneita pintakosteusarvoja. Seinä rakenteita on tutkittu tarkemmin pintakosteusmittarilla ja rakenteita avaamalla sekä YIT Rakennus Oy:n että ulkopuolisen kosteusmittaajan toimesta. Tutkimukset ovat osoittaneet, että seinä rakenteet ovat olleet kivia ja seinä rakenteissa havaitut kosteudet ovat olleet laatan ja vedeneristeen välissä.

Työtä varten yrityksen tiloihin rakennettiin pienoiskylpyhuone, johon tehtiin erilaisia työvirheitä. Jokaisen työvirheen kohdalta mitattiin säännöllisesti kosteusarvot, jonka jälkeen arvioitiin kyseisten työvirheiden vaikutukset kosteusarvoihin.

Työn tavoitteena on tutkia laatoitetun kylpyhuoneen seinän työvirheiden vaikutusta seinän kosteuteen, vähentää laatoitustyön virheitä ja siten mahdollisia rakenteiden kastumisia sekä parantaa työn laatua. Työssä tutkitaan myös, miten pintakosteusmittari soveltuu rakenteiden kosteuksien arviointiin. Työn tuloksena saadaan arvio erilaisten mittalaitteiden luotettavuudesta kipsilevyrakenteisen laattaseinän kosteuden arvioinnissa sekä päivitetään yrityksen laatoitusohjekortti.

### 1.2 Työn rajaus

Työ on rajattu siten, että siinä ei käsitellä betonirakenteisen kylpyhuoneen laattaseinän kosteustoimintaa, sillä pintakosteuden syntymekanismi on käytännössä sama kuin kipsilevyrakenteisessa laattaseinässä. Lisäksi mahdolliset korjaustoimenpiteet on huomattavasti helpompi suorittaa betonirakenteiselle seinälle kuin kipsilevyrakenteiselle seinälle. Työssä ei myöskään käsitellä lattialaatoituksia, sillä niissä ei ole juurikaan havaittu

vastaavanlaisia ongelmia ja niissä mahdollisesti esiintyvien ongelmien korjaaminen on helpompaa kuin kipsilevyrakenteisen seinän kohdalla.

## 2 Kosteus kipsilevyrakenteisessa kylpyhuoneen seinässä

### 2.1 Kosteuteen liittyviä käsitteitä

Kosteudella tarkoitetaan kemiallisesti sitoutumatonta vettä, joka on kaasuna (vesihöyrynä), kiinteänä (jäätynäänä) tai nesteinä (vetenä). Kosteuden määrä ilmoitetaan painoprosentteina, joka kuvaa aineeseen sitoutuneen kosteuden massan suhdetta kuivan aineen massaun. (RT 05-10710, 1999: 1.)

Kyllästyskosteudella tarkoitetaan sitä vesihöyryn määrää, joka tietyssä lämpötilassa olevassa ilmassa voi enintään olla vesihöyryn tiivistymättä vedeksi. Lämpimään ilmaan voi olla sitoutuneena enemmän vesihöyryä kuin kylmään ilmaan. (RT 05-10710, 1999: 1.)

Suhteellisella kosteudella (RH%) tarkoitetaan tietyssä lämpötilassa olevan ilman vesihöyryn määrän suhdetta vastaavaan kyllästyskosteuteen. Suhteellinen kosteus ilmoitetaan prosentteina.

$$RH\% = \frac{\text{vesihöyryn määrä}}{\text{kyllästyskosteus}} \times 100\%$$

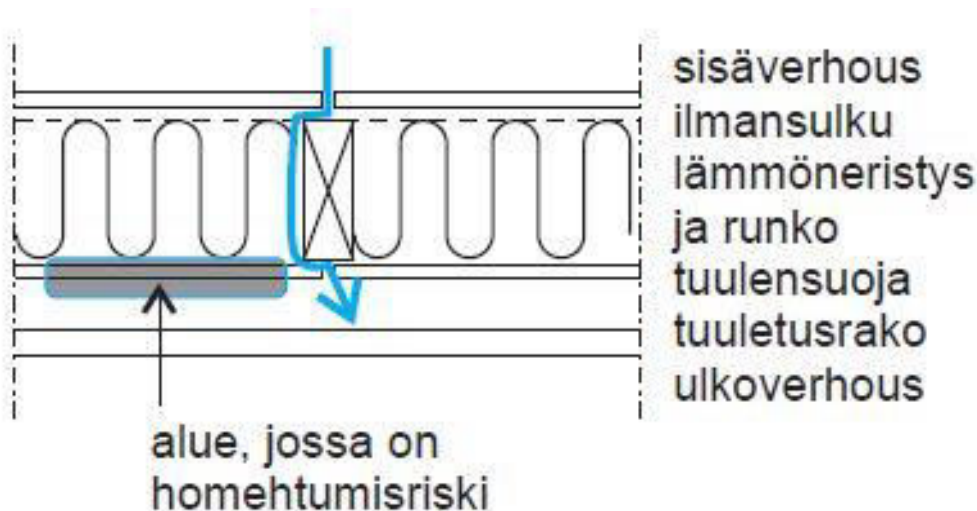
Ilman kosteuspitoisuus voidaan ilmoittaa vesihöyryn määränä (g/m<sup>3</sup>), vesihöyryn osapaineena (Pa) tai suhteellisena kosteutena (RH%). (RT 05-10710, 1999: 1.)

Kondensoituminen tarkoittaa ilmiötä, jossa ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy nesteeksi kun ilman kosteus on suurempi kuin ilman lämpötilaa vastaava kyllästyskosteus. Vesihöyry voi tällaisessa tapauksessa tiivistyä esimerkiksi rakenteen pintaan tai sen sisälle ilmahuokosiin. (RT 05-10710, 1999: 2.)

Diffuusio tarkoittaa ilmiötä, jossa vesihöyry kulkeutuu suuremmasta vesihöyryn osapaineesta (vesihöyrypitoisuudesta) pienempään osapaineeseen. Tämä tapahtuu joko il-

massa tai kiinteän aineen huokosissa. Kylpyhuoneessa diffuusio näkyy siten, että vesihöyry pyrkii kylpyhuoneesta rakenteisiin ja sitä kautta muihin tiloihin, joissa on matalampi vesihöyrypitoisuus kuin kylpyhuoneessa. Kylpyhuoneessa diffuusiota rajoitetaan höyrynsululla kattorakenteessa ja vedeneristyksellä seinissä sekä lattiassa. (RT 05-10710, 1999: 2.)

Konvektio tarkoittaa ilmiötä, jossa rakenteessa olevien rakojen tai huokoisten ja hyvin ilmaa läpäisevien aineiden läpi virtaa ilmaa. Ilmavirtaukset johtuvat rakenteen eri puolilla vallitsevista paine-eroista. Ilmanvaihdolla pyritään aikaansaamaan rakennuksiin pieni alipaine verrattuna ulkoilmaan kosteusvaurioiden välttämiseksi. Jos kylpyhuoneen seinä on myös ulkoseinä, toimii siinä oleva vedeneristys myös ilmansulkuna. Mikäli vedeneristeessä on reikä ja kylpyhuoneessa ylipainetta, niin paine-erosta johtuva ilmavirtaus voi kuljettaa mukanaan vesihöyryä ulkoseinään. Vesihöyry voi kondensoitua ulkoseinään ja siinä voi kasvaa mikrobeja alla olevan kuvan mukaisesti. (RT 05-10710, 1999: 2.)



Kuva 1. Puurunkoinen ulkoseinärakenne, jonka ilmansulussa on reikä. Reiän läpi virtaa sisäilman ylipaineen vaikutuksesta ulospäin vesihöyryä, joka tiivistyy vedeksi. Kostunut kohta voi homehtua tai lahota. (RT 05-10710, 1999: 2.)

Veden kapillaarista siirtymistä (nousua) voi tapahtua kun huokoinen aine, kuten betoni, tiili tai puu on kosketuksessa veden tai vesihöyryyn kanssa. Veden siirtyminen johtuu huokosalipaineesta, jonka arvo riippuu huokosten koosta. Mitä pienempiä huokokset ovat, sitä suurempi niissä oleva huokosalipaine on. Vesi voi nousta kapillaarisesti huokoisessa aineessa tasolle, jossa huokosalipaineen ja nousukorkeutta vastaavan vesimäärän pai-

novoima ovat yhtä suuret. Veden kapillaarisen nousun estämiseksi maanvaraisiin alapohjiin tulee tehdä kapillaarikatko, jottei kosteus pääse nousemaan alapohjarakenteisiin. (RT 05-10710, 1999: 2.)

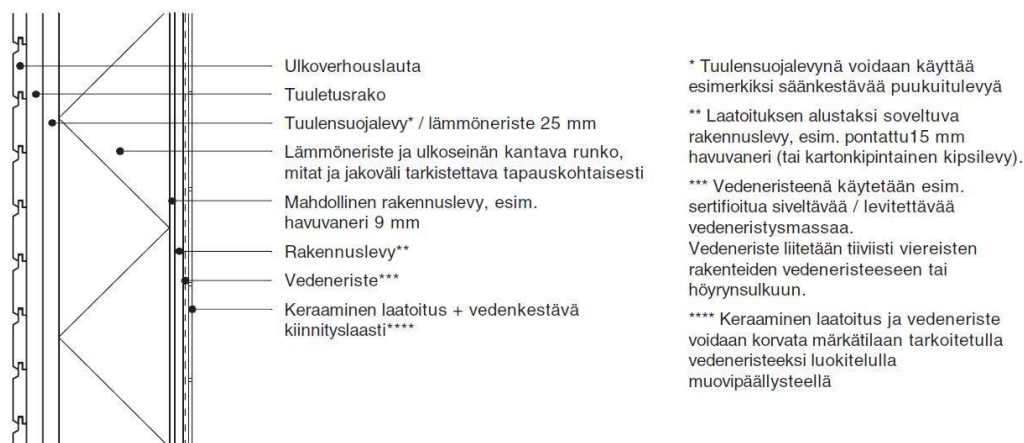
## 2.2 Märkätila

Märkätilat toteutettiin ennen usein siten, että ne tehtiin kokonaan erilliseen tilaan. Esimerkiksi omakotitaloissa sauna rakennettiin usein erilliseksi rakennukseksi pihamaalle. Sittemmin tietotaito märkätilarakentamisesta sekä ihmisten vaatimukset asumismukavuudesta ovat kasvaneet, joten märkätilat sijoitetaan nykyisin useimmiten sisälle asuntoihin. Tästä johtuen määräykset ja vaatimukset vedeneristyksestä ovat tiukentuneet. Vedeneristys märkätiloissa tuli pakolliseksi vasta vuonna 1998 uusitussa Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, joten sitä ennen rakennetuissa märkätiloissa ei välttämättä ole kunnollista vedeneristystä lainkaan. Märkätiloihin liittyen on olemassa sertifikaattijärjestelmiä koskien niin materiaaleja kuin vedeneristyksiä tekeviä henkilöitä. VTT myöntää ja hallinnoi märkätilojen vedeneristäjien henkilösertifikaatteja, jonka saadakseen henkilöllä tulee olla talonrakennusalan työkokemusta ja suoritettuna valmentava koulutus, kirjallinen koe sekä näyttö.

Nykyään märkätilalla tarkoitetaan huonetilaa, jonka lattia voi joutua vedelle alltiiksi ja jonka seinille voi tiivistyä tai roiskua vettä. Märkätilat tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että estetään veden valuminen ja kapillaarinen virtaaminen ympäröiviin rakenteisiin. Jos lattia- tai seinäpinnoite ei itsessään toimi vedeneristeenä, on pinnoitteen alle tehtävä erillinen vedeneristys. (Ympäristöministeriö 1998: 2.) Tätä työtä varten rakennetun kylpyhuoneen rakenteet eivät itsessään toimi vedeneristeenä, joten ne on erikseen vedeneristetty. Viime aikoina markkinoille on tullut uudenlaisia vedeneristysjärjestelmiä, kuten ruiskutettavia vedeneristysmassoja sekä vesitiiviitä betonijärjestelmiä. Aika näyttää, kuinka uudet järjestelmät vuosikymmenten saatossa toimivat.

Jos märkätilan seinä toimii myös ulkoseinänä, ei siinä yleensä käytetä erillistä höyrynsulkua, vaan vedeneriste toimii höyrynsulkuna. Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu märkätilan puurunkoisen ulkoseinärakenteen osia. Jos tällaiseen seinärakenteeseen tehtäisiin erillinen höyrynsulku, niin osa rakenteesta jäisi kahden tiiviin pinnan väliin. Sinne mahdollisesti pääsevä kosteus ei pääsisi pois, jolloin rakenne

voisi homehtua tai lahota. Poikkeuksena edelliseen on niin sanottu kaksoiseinärakenne, jossa märkätilan seinärakenteen ja varsinaisen ulkoseinärakenteen välissä on sisätiloihin tuulettuva tuuletusrako. Tässä tapauksessa höyrynsulku asennetaan varsinaisen ulkoseinärakenteen sisäpintaan, eli tuuletusraon ulkopintaan.



Kuva 2. Märkätilan puurunkoisen ulkoseinärakenteen leikkauskuva (RT84-10793, 2003: 7).

Märkätilan ilmanvaihdon toimivuus on ehdoton edellytys märkätilan kosteustekniselle toimivuudelle. Rakentamismääräyskokoelman D2 mukaan poistoilmanvirran tulisi olla märkätilassa vähintään 15 l/s. VTT:n Kosteusvarma kylpyhuone -tutkimuksessa (1998 – 2002) tutkittiin 36 erilaista kylpyhuonetoteutusta kenttäseurantana. Tutkituista märkätiloista ainoastaan kolmessa poistoilmanvirta oli vähintään 15 l/s. Tutkimuksen mukaan liian alhainen poistoilmanvirta oli mahdollisesti syynä märkätilojen hitaaseen kuivumiseen sekä tunkkaiseen hajuun. Tutkimuksessa todettiin myös, että asukkaat olivat tiivistäneet omin päin tuloilma-aukkoja, joka pienentää ilmanvaihtonopeutta. (Kosteusvarma kylpyhuone: loppuraportti. 2002: 17, 19.)

### 3 Kosteusvaurion syntyminen, tutkiminen sekä korjaus

#### 3.1 Kosteusvaurion syntyminen

Epäily mahdollisesta kosteusvauriosta tulee usein asukkaalta. Asukas on voinut havaita esimerkiksi värimuutoksia tai sienikasvustoa rakenteissa, hajuhaittoja tai terveysongelmia. Kosteusvaurio syntyy, kun rakenne ei kestä siihen kohdistuvia kosteusrasituksia.

Kosteusvaurion syy voi piillä missä tahansa rakennuksen elinkaaren vaiheessa. Syy voi olla suunnitteluvirhe, rakentamisen aikainen työvirhe, käytönaikainen virhe tai se, että rakenne on tullut käyttöikänsä päähän.

Märkätilojen kosteusrasitukseen ja sitä kautta mahdolliseen kosteusvaurioon vaikuttaa merkittävästi myös asukkaiden toiminta. Asukas voi omalla toiminnallaan ehkäistä kosteusvaurion syntymistä muun muassa kuivaamalla pesutilat käytön jälkeen lastalla, kuivattamalla pyykit ulkona sekä käyttämällä liesituuletinta ruoanvalmistuksen aikana. Alla olevassa taulukossa on kuvattu eri kosteuslähteitä ja niiden arvioituja kosteustuottoja. Taulukosta huomataan, että kosteuslähteillä on keskenään hyvin erisuuruisia kosteustuottoja.

kosteuslähde	kosteustuotto kg/h
lepo – kevyt työ	0,03...0,06
keskiraskas työ	0,12...0,30
raskas työ	0,20...0,30
keittäminen sähköliedellä	0,6...1,5
keittäminen kaasuliedellä	2,0...3,0
astioiden pesu	0,2 kg/kerta
peseytyminen kylvyssä	0,7
peseytyminen suihkussa	2,6
käsienpesu	0,007 kg/kerta
pyykinpesu ja kuivatus	0,05...0,5
huonekasvit, pienet...suuret	0,005...0,02
akvaario	0,01
lattian pesu	0,01 kg/m <sup>2</sup>

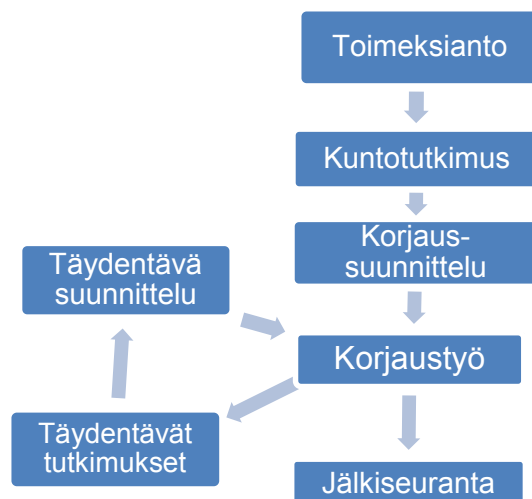
Kuva 3. Asuinhuoneiston kosteuslähteitä ja niiden arvioituja kosteustuottoja (Ympäristö-opas 28, 1997: 50).

Vauriot voidaan pääsääntöisesti jakaa kahteen luokkaan: hitaasti ja nopeasti syntyviin vaurioihin. Hitaasti syntyviin vaurioihin voidaan lukea esimerkiksi kosteuden nousu ka-

pillaarisesti maaperästä alapohjaan sekä märkätilojen kosteusvauriot ja nopeasti syntyviin vaurioihin esimerkiksi viemärin tukkeutumisen aiheuttama kellarin tulviminen sekä vesiputken rikkoutuminen.

### 3.2 Kosteusvaurion tutkiminen

Alla olevassa prosessikaaviossa (Kuvio 1) on havainnollistettu kosteusvaurion korjaamisen prosessi. Asukas tai taloyhtiön hallitus tekee toimeksiannon kosteusvaurion tutkimisesta haluamalleen yritykselle. Yritys tekee tutkimuksia vaurioiden laajuudesta kosteusmittausten, lämpökuvausten, rakenteiden avaamisen asukkaiden kuulemisen sekä aistinvaraisten havaintojen avulla. Tutkimuksissa pyritään selvittämään vaurion syy, vaurioitumismekanismi sekä vaurioiden laajuus. Tämän jälkeen tutkimuksen suorittava yritys laatii kosteusvauriosta raportin ja kunnostussuunnitelman. Seuraavaksi suoritetaan varsinainen korjaustyö, jonka yhteydessä saatetaan havaita lisävaurioita. Kaikkia vaurioita ei ole välttämättä havaittu alkuperäisissä tutkimuksissa, sillä kosteus on voinut siirtyä pintarakenteiden takana. Mahdollisten lisävaurioiden pohjalta täydennetään kunnostussuunnitelmaa ja suoritetaan tarvittavat kunnostustyöt. Työn valmistuttua rakenteiden kosteutta seurataan, jotta varmistutaan että kaikki vauriot saatiin korjattua, eikä niitä enää pääse syntymään. (Ympäristöopas 28, 1997: 9-13.)



Kuvio 1. Prosessikaavio kosteusvaurion korjaamisesta (Ympäristöopas 28, 1997: 9).

Kosteusvauriotutkimuksia ja erityisesti niiden pohjalta laadittavaa tutkimusraporttia voidaan pitää tärkeimpänä edellytyksenä kosteusvaurion korjaamisen onnistumiselle. Siksi on ehdottoman tärkeää, että raportti on mahdollisimman selkeä ja johdonmukainen. Raportin laadinnassa tulee ottaa huomioon, että sitä lukee usein osapuoli, jolla ei ole rakennusalan tuntemusta. Tästä johtuen raportin tulee olla mahdollisimman yksinkertainen kuitenkin siten, että kaikki olennainen tieto tulee kerrottua.

Kosteusvaurioraportista tulisi käydä ilmi vähintään seuraavat asiat:

- Kohteen yleistiedot
- Tilaaja
- Laskutusosoite
- Toimeksianto
- Tutkija
- Raportin päivämäärä
- Selvitys tutkimuskohteen rakenteista

- Havaitut vauriot ja niiden syntymekanismit
- Vaurioiden syyt ja johtopäätökset
- Kosteusmittauskalusto ja mittaustulokset
- Suositeltavat jatkotoimenpiteet (korjaussuunnitelma)
- Valokuvat
- Mahdolliset liitteet. (Salo 2010: 21.)

Kohteen yleistiedoissa kerrotaan kohteen osoite ja mahdollisesti kuva sekä tarvittavien osapuolten, kuten asukkaan, huoltoyhtiön, isännöitsijän tai vakuutusyhtiön yhteystiedot. Laskutusosoite on hyvä mainita erikseen erityisesti silloin, kun se on joku muu kuin asukas, kuten esimerkiksi taloyhtiö. Toimeksiannossa kuvataan lyhyesti tutkimuksen syy, kuten esimerkiksi tummuneet laatat kylpyhuoneen seinässä, joiden pohjalta epäillään kosteusvauriota. (Salo 2010: 21.)

Rakenteiden selostuksessa selostetaan tutkimuksen kannalta olennaiset rakenteet. Tämä voi olla haasteellista vanhoissa rakennuksissa, joista ei välttämättä ole tallessa minkäänlaisia rakennekuvia. Tällöin rakenteet on pyrittävä tunnistamaan esimerkiksi rakennusaikakaudelle tyypillisten rakenteiden avulla. (Salo 2010: 22.)

Vaurioiden syyn tai syyt havaitsee usein ensimmäisenä asukas, jonka haastattelu kannattaa kirjata raporttiin. Tällöin tulee ilmaista lähtökohdat tutkimukselle. Vaurioiden syystä on erityisen kiinnostunut vakuutusyhtiö, joka tekee korvauspäätöksensä pitkälti vaurioihin johtaneiden seikkojen perusteella. (Salo 2010: 22.)

Mittauskalusto kalibrointineen esitetään raportissa, kuten myös mittausten tulokset. Mittaustulosten pohjalta suunnitellaan rakenteiden kuivatus. Mittaukset voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen: vaurion havaitsemisen yhteydessä tehtäviin mittauksiin, rakeneavausten jälkeisiin mittauksiin, kuivatuksen aikana tehtäviin seurantamittauksiin sekä jälkimittauksiin. Mittauspisteet tulee esittää pohjapiirustuksissa tai valokuvissa, jotka liitetään raporttiin. (Salo 2010: 22.)

Suosittelavissa jatkotoimenpiteissä (korjaussuunnitelmassa) selostetaan eri toimenpidevaihtoehdot. Niitä voivat olla esimerkiksi pelkkä rakenteiden kuivatus tai esimerkiksi ve-

deneristyksen uusiminen. Viimeistään tässä vaiheessa tulee ilmoittaa, mikäli kosteusvaurio on aikaansaanut rakenteisiin home- tai mikrobikasvustoa. Jos näin on päässyt käymään, niin kaikki korjaustoimenpiteet tulee suorittaa kosteus- ja homevaurioituneiden rakenteiden ohjeistuksen mukaisesti. Näin tulee toimia siksi, ettei home- tai mikrobikasvustot pääse leviämään muihin rakenteisiin tai huonetiloihin. Korjaustoimenpiteiden kustannukset jakautuvat usein siten, että taloyhtiö (tai vakuutusyhtiö) vastaa rakenteiden kunnostuksesta siihen tasoon, jossa ne olivat ennen vaurion syntymistä. Mikäli osakas haluaa nostaa laatutasoa esimerkiksi korvaamalla muovimaton parketilla, tulevat siitä aiheutuvat kustannukset osakkaan itsensä maksettaviksi. (Salo 2010: 22-23.)

Valokuvaosiossa on hyvä esittää ensimmäisenä yleiskuva vaurioista, jonka jälkeen seuraa yksityiskohtaisempia kuvia. Kuviin voi merkata nuolin ja ympyröin havainnollistuksia. Raportti on hyvä tulostaa värillisenä, jotta kuvat pysyvät selkeinä. (Salo 2010: 23.)

Liitteisiin on hyvä sisällyttää muun muassa leikkauskuvia, detaljeja ja pohjapiirustuksia. On hyvä muistaa ettei raportin pituudella ole väliä, kunhan siinä tulee esille tarpeelliset asiat. (Salo 2010: 23.)

### 3.3 Kosteudenmittausmenetelmät

Erilaisia kosteudenmittausmenetelmiä on olemassa useita ja niistä yleisimpiä ovat pintamittaus, piikkimittaus, porareikämittaus, viiltomittaus sekä näytepalamittaus (Salo 2010: 23). Kosteusmittaajan tulee tuntea eri mittausmenetelmät ja niiden soveltuvuus kuhunkin tarkoitukseen, jotta saadaan mahdollisimman luotettavia mittaustuloksia. Esimerkiksi betonin suhteellista kosteutta voidaan mitata tarkasti porareikämittauksella sekä näytepalamittauksella ja suuntaa antavasti muun muassa pintakosteusmittauksella sekä valuun asennetusta mittausputkesta.

Tässä työssä käytetään pintakosteusmittausta laattojen kosteuden arviointiin, sillä se on parhaiten soveltuva mittaustapa tämän tyyppiseen tilanteeseen. Lisäksi runkona toimivan puun kosteuden arviointiin käytetään piikkimittausta.

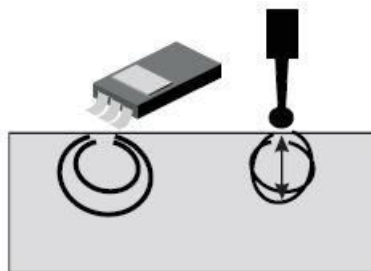
### 3.3.1 Aistinvaraiset havainnot

Aistinvaraiset havainnot aikaansaavat usein ensimmäinen epäilyn kosteusvauriosta. Rakenteissa saatetaan nähdä jotakin epätavallista tai huonetilassa saattaa olla epäilyttävä haju, joka herättää epäilyksen kosteusvauriosta. Kosteusvaurio on voinut olla rakenteissa pitkään ennen kuin siitä havaitaan mitään merkkiä. Aistinvaraiset havainnot eivät ole varsinaisia tutkimusmenetelmiä vaan niiden pohjalta täytyy aina tehdä tarkempia tutkimuksia.

### 3.3.2 Pintakosteusmittaus

Pintakosteusmittauksessa rakennetta ei rikota, vaan kosteus mitataan rakenteen pinnasta. Pintakosteusmittarilla ei mitata suhteellista kosteutta, vaan materiaalin sähköisten ominaisuuksien muutoksia. Se kertoo kosteuden koko mittaussyvyydeltä, joten sillä ei saada tietoa kosteuksista eri syvyyksillä. (Merikallio 2002: 6-7.) Tästä johtuen pintakosteusmittari ei sovellu esimerkiksi rakenteiden kosteuden arviointiin, joten sen näyttämien arvojen perusteella ei tule tehdä esimerkiksi päällystettävyysepäätöksiä. Tässä työssä pintakosteusmittaria käytettäessä ei saada täysin varmaa tietoa siitä, onko mahdollinen kosteus laatassa vai vesieristeen takana olevassa kipsilevyssä. Käytetyt materiaalit vedeneristysten osalta ovat VTT:n sertifikaattien mukaisia ja työmenetelmät RIL 107-2012 mukaisia, joten voidaan olettaa, että mahdollinen kosteus on laatan puolella vesieristettyä.

VTT tutki vuosina 1998 – 2002 kylpyhuoneissa käytettävien materiaalien ominaisuuksia sekä kylpyhuoneiden kosteuksia tutkimuksessaan ”Kosteusvarma kylpyhuone”. Sen mukaan pintakosteusmittarilla ei voida päätellä kummalla puolella vedeneristettyä kosteus on. Tässä työssä tutkitun koekylpyhuoneen pintakosteusmittaukset tukevat tätä väitettä, sillä pintakosteusmittauksia tehtiin molemmin puolin seinärakenteita ja mittari näytti kohonneita arvoja myös rakenteiden toiselta puolelta. Pintakosteusmittari soveltuu kuitenkin hyvin kosteuden suuruusluokan arviointiin varsinkin rakennetta rikkomattomuutensa vuoksi, sekä siksi että sillä saadaan tulokset välittömästi. Sen etuina voidaan pitää nopeutta ja helppokäyttöisyyttä (ottaen huomioon laitteen aiheuttamat rajoitukset).



Kuva 4. Pintakosteusmittarin toimintaperiaate (Merikallio 2002: 6-7).

### 3.3.3 Piikkimittaus

Piikkimittaria käytetään pääsääntöisesti puun kosteuden arviointiin. Piikkimittauksessa puuhun lyödään kaksi metallielektrodia, ja mittalaite mittaa niiden välistä konduktanssia. Piikkimittaus soveltuu erityisen hyvin puulle, sillä sähkövastuksen ja kosteuden välinen yhteys on helppo määrittää johtuen puun homogeenisuudesta. Koska menetelmä perustuu sähköjohtavuuteen, on syytä varmistua, ettei puussa ole sähköjohtavuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten suoloja tai metalleja. (Salo 2010: 25.)

### 3.3.4 Porareikämittaus

Porareikämittaus kertoo mitattavan aineen suhteellisen kosteuden (RH %). Eri syvyyksiltä mitattaessa sillä voidaan myös arvioida mihin suuntaan kosteus rakenteessa liikkuu. (Merikallio 2002: 11.)

Porareikämittausten perusteella tehdään usein merkittäviä taloudellisia päätöksiä, kuten esimerkiksi betonilattian päällystettävyyden arviointia. Tästä johtuen mittaustulosten tulee olla hyvin luotettavia, joten mittaukset tulee suorittaa erittäin huolellisesti. Kosteusmittauksen suorittajalla tulee olla riittävät tiedot käytettävästä mittalaitteesta, mittaustyön tekemisestä, sekä tuloksen tulkintaan vaikuttavista tekijöistä, kuten betonin ja ilman lämpötiloista. Mittaajan tulee lisäksi olla tietoinen rakenteesta mahdollisesti sijaitsevista putkista ja johdoista, jottei poraus osu niihin. (RT14-10984, 2010: 3.)

Porareikämittauksen vaiheet:

- Reikien poraus ja puhdistus
- Mittausputkien asettaminen sekä tiivistäminen

- Tasaantumisajan (vähintään 3 vrk) jälkeen mittapäiden asettaminen putkiin
- Tasaantumisajan (yleensä 1...4 tuntia) jälkeen kosteusarvojen lukeminen näyttölaitteen näytöltä. (RT14-10984, 2010: 4-5.)



Kuva 5. Porareikämittauskalusto (RT14-10984, 2010: 1).

### 3.3.5 Viiltomittaus

Materiaalin kosteutta voidaan arvioida myös viiltomittausmenetelmällä. Sitä voidaan käyttää tilanteissa, joissa pintarakenne eristää tehokkaasti kosteutta, jolloin pintamittarilla ei voida luotettavasti arvioida rakenteen kosteutta.

Viiltomittauksen vaiheet ovat:

- Tehdään viilto muovimattoon

- Asennetaan mittapää viiltoon ja tiivistetään viilto huolellisesti
- Annetaan mittapään tasaantua ohjeen mukainen aika
- Luetaan mittaustulokset mittarista ja kirjataan tiedot ylös. (Salo 2010: 25.)

### 3.3.6 Näytepalamittaus

Näytepalamittaus soveltuu tilanteisiin, jossa mittaustulokset tarvitaan nopeasti ja niitä edellytetään suurempaa tarkkuutta kuin esimerkiksi porareikämittaukselta. Se soveltuu myös epävakampiin olosuhteisiin kuin porareikämittaus. (Merikallio 2002: 17.)

Näytepalamittauksen eteneminen:

- Kuivaporataan 10 – 16 mm terällä halkaisijaltaan 100 – 150 mm alue 5 mm haluttua mittaussyvyyttä ylemmäksi
- Piikataan alueen sisällä oleva betoni pois, jolloin paljastuu näyteenotto-pinta
- Piikataan pinnasta betonimurusia esimerkiksi lyöntimeisselillä (ei pölyä)
- Laitetaan betonimuruset ja mittapää koeputkeen, joka tiivistetään vesi-höyryntiiviiksi
- Siirretään koeputket 20 °C vakioämpötilaan, jossa niiden annetaan tasaantua vaadittu aika
- Tasaantumisen jälkeen luetaan mittarista suhteellinen kosteus ja lämpötila sekä kirjataan tiedot ylös. (Merikallio 2002: 17.)

## 4 Case märkätilan seinärakenteen kosteudenmittaus

### 4.1 Koejärjestely

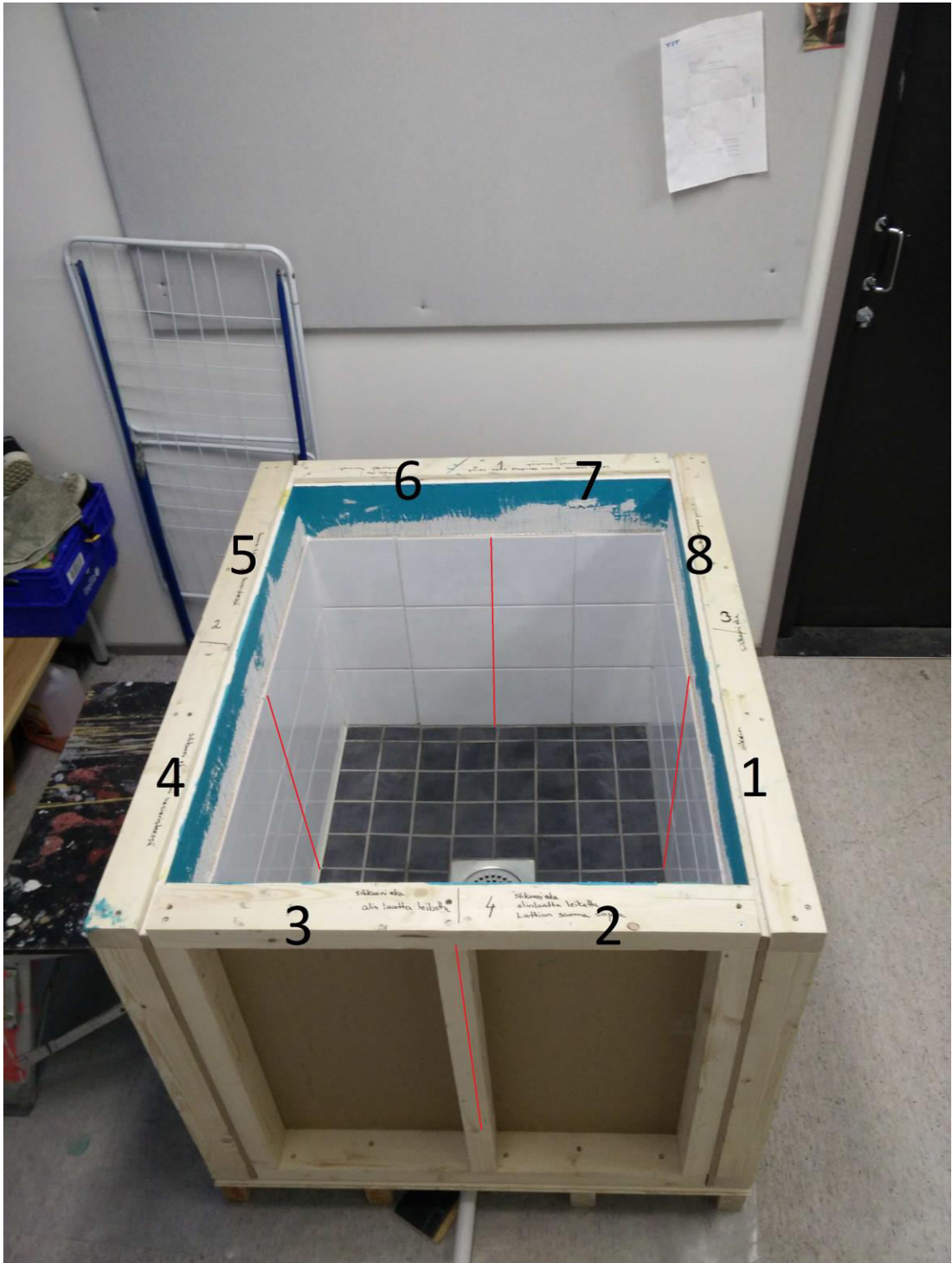
Työtä varten rakennettiin yrityksen tiloihin koekylpyhuone, jolla simuloitiin normaalin asunhuoneiston kylpyhuoneen toimintaa. Koekylpyhuone rakennettiin joulukuun 2015 ensimmäisellä viikolla, jonka jälkeen rakenteiden annettiin kuivua 18.1.2016 asti. Tämän jälkeen aloitettiin säännöllinen kylpyhuoneen seinien ja lattian kastelu. Kylpyhuonetta

kasteltiin arkipäivisin noin viiden minuutin ajan. Tällä pyrittiin aikaansaamaan mahdollisimman realistinen kosteus kylpyhuoneeseen. Kastelua ei aloitettu välittömästi kylpyhuoneen valmistumisen jälkeen, jotta kiinnityslaastiin sitoutunut vesi pääsi kuivumaan rakenteesta. Kastelua ei aloitettu välittömästi senkään takia, että todellisessa tilanteessa kylpyhuoneen laatoitus pääsee kuivumaan viikkoja, yleensä jopa kuukausia ennen kuin asukkaat muuttavat sisään ja alkavat käyttämään kylpyhuonetta sekä aiheuttamaan sinne kosteusrasitusta.

Liitteessä 1 on esitetty kosteusmittauspöytäkirja koekylpyhuoneesta. Siihen on taulukoitu kosteusarvoja, jotka on mitattu pintakosteusmittarilla koekylpyhuoneen laatoituksen pinnasta viikon välein. Kylpyhuoneen annettiin kuivua kolme päivää viikonlopun ajan, joka on RT14-10984 mukainen ohjeistus.

Pintakosteudet mitattiin rakenteista siten, että jokaisesta laatasta mitattiin pintakosteus keskeltä sekä isommista laatoista myös laatan reunoilta. 8.12.2015 ja 16.12.2015 suoritettiin mittaukset jokaisen rakennetyypin 1-8 alimman laattarivin keskimmäisen laatan keskeltä. Seuraavalla kerralla 4.1.2016 todettiin, että mittauspisteitä on syytä valita lisää mittaustulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Tuolloin lisättiin jonkin verran mittauspisteitä ja 18.1.2016 alkaen mittauspisteitä oli seuraavasti:

- rakenteissa 2, 3, 6 ja 7 oli kuusi mittauspistettä per rakenne
- rakenteiden 2 ja 3 sekä 6 ja 7 saumakohtiin valittiin kolme mittauspistettä per sauma
- rakenteissa 1,4, 5 ja 8 oli 12 mittauspistettä per rakenne.



Kuva 6. Tilaajayrityksen tiloihin rakennettu koekylpyhuone, johon on merkattu eri seinärakenteiden paikat.

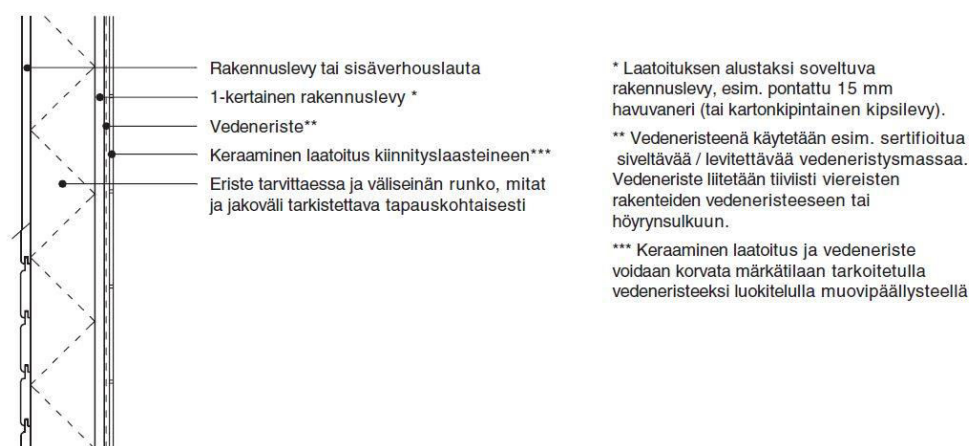
Koekylpyhuoneeseen tehtiin kahdeksan erilaista seinärakennetta. Seinärakenteisiin tehtiin eroja seuraaviin asioihin:

- alimman laattarivin laastin kampauksen suunta
- silikonin sijainti suhteessa lattia- ja seinälaattaan
- leikattu / leikkaamaton alin laatta
- saumalaastin määrä
- saumojen huokoisuus.

Koejärjestelyn mittaustulokset on esitetty kohdassa 4.4.

#### 4.2 Kipsilevyrakenteisen märkätilan seinän rakenne

Insinööriyötä varten tehdyn koekylpyhuoneen seinärakenne koostuu 50 x 50 puurungosta, erikoiskovasta kipsilevystä, vesieristeestä, kiinnityslaastista sekä laatoituksesta. Lisäksi saumat on saumattu saumauslaastilla sekä seinän ja lattian saumassa on silikoni. Seinärakenne on esitetty alla olevassa leikkauskuvassa, mutta sisäverhous jätettiin pois.



Kuva 7. Kuivan tilan ja märkätilan välinen seinä (RT84-10793 Puutalon märkätilat 2003, 8).

### 4.3 Käytetyt materiaalit

Runkona käytettiin 50 x 50 sahattua puutavaraa, jonka kosteus asettui alussa tasolle 6 %. Normaalikäytössä puun kosteus vaihtelee välillä 8 – 25 %, joten puun kosteus alkutilanteessa oli normaali. (Puun kosteusteknisiä ominaisuuksia 2015.)

Jäykistävänä rakenteena käytettiin 13 mm märkätiloihin soveltuvaa erikoiskovaa kipsilevyä. Tartuntapohjusteena käytettiin Kiilto Keraprimeria ja vedeneristeenä Kiilto Kerafiberia. Kiinnityslaastina käytettiin Kiilto Saneerauslaastia. Saumaukseen käytettiin Kiilto Saumalaastia ja silikonisaumoihin Kiilto Saniteettisilikonia. Työssä noudatettiin Kiilto Kerafiber -vedeneristysjärjestelmän työohjeita.

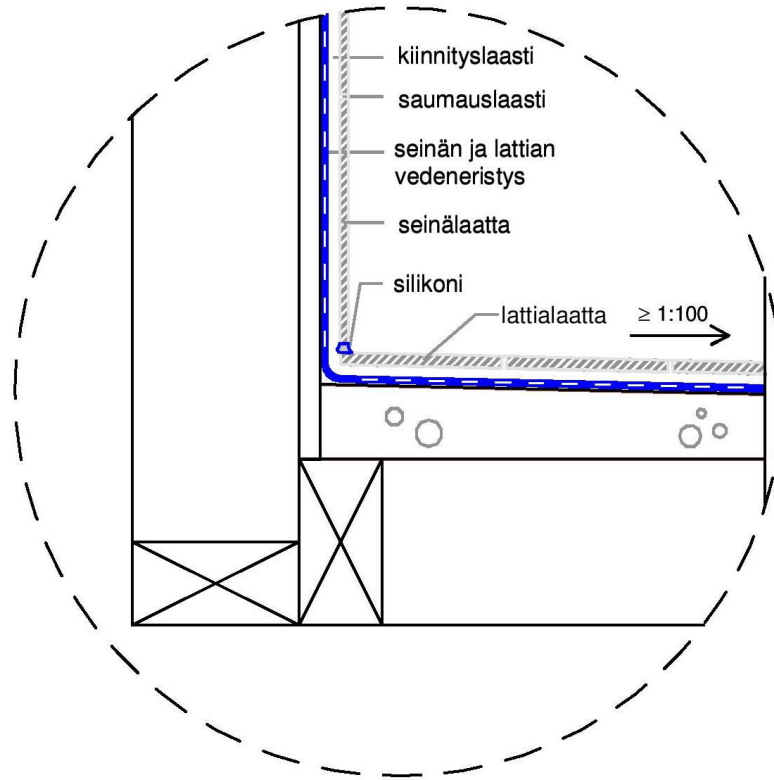
Rakenteet on toteutettu siten, että rakenne 1 on voimassa olevien rakennusmääräysten sekä yrityksen laatoitustyöohjeiden ja märkätiladetaljien mukainen. Rakenteet 2-8 pohjautuvat rakenteeseen 1, mutta niihin on tehty erilaisia työvirheitä.

#### 4.3.1 Rakenne 1

Vedeneristystyö aloitettiin varmistamalla olosuhteiden olevan sopivat eli lämpötila vähintään 15°C ja alustan suhteellinen kosteus korkeintaan 90 %. Aluksi mahdolliset kolot ja raot tasoitettiin. Tämän jälkeen varmistuttiin seinäpintojen puhtaudesta ja pohjustettiin seinäpinta tartuntapohjusteella. Seuraavaksi asennettiin nurkkavahvikenauhat sekä levitettiin vedeneriste kahteen kertaan. Seinälaattojen asennus aloitettiin toiseksi alimmalta laattariviltä ylöspäin, jotta alinta laattaa leikkaamalla oltaisi voitu tasata mahdollisia lattian korkoeroja. Tässä rakenteessa käytettiin kuitenkin ainoastaan ehjiä laattoja. Kiinnityslaasti tulee kammata pystyyn, jotta laastiin mahdollisesti päätyvä vesi voi valua laatan takana pois.

Lattiapinta pohjustettiin tartuntapohjusteella, minkä jälkeen asennettiin nurkkavahvikenauhat lattian ja seinän rajapintaan. Seuraavaksi vedeneriste levitettiin lattiaan kahteen kertaan. Kaivon vedeneristys toteutettiin vedeneristevalmistajan työohjeiden sekä vedeneristysmääräysten mukaisesti. Tämän jälkeen asennettiin lattialaatat sekä seinälaatoituksen alimmainen rivi. Tässä tulee huomioida, että sekä seinä- että lattialaatoitus jäävät hieman irti nurkasta, jottei laattojen taakse voi padottua vettä.

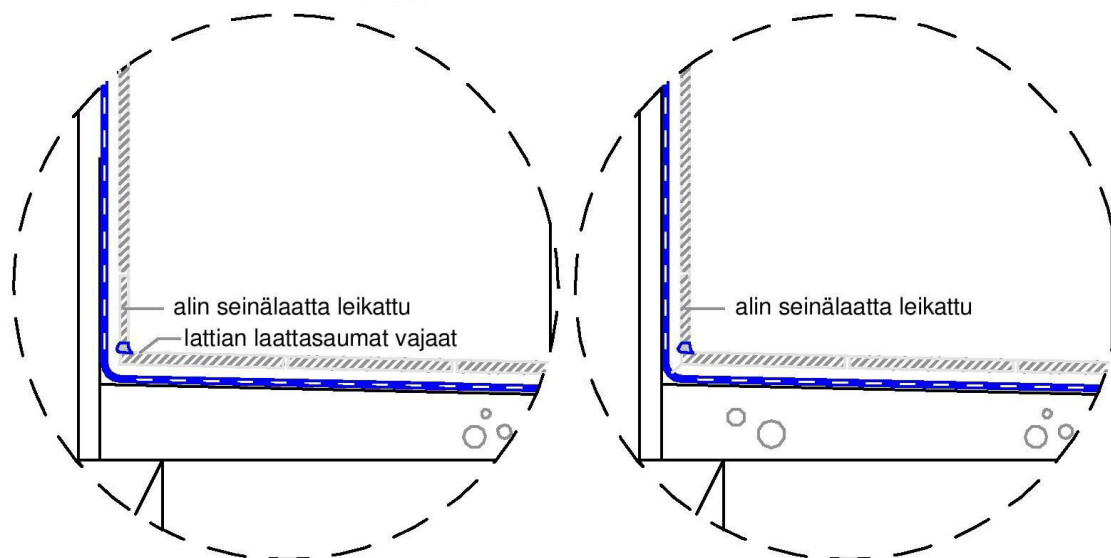
Viimeisenä vaiheena saumattiin laattasaumat. Saumojen tulee olla pinnaltaan tiiviitä ja sileitä, jottei niiden läpi pääse imeytymään vettä laattojen taakse. Lopuksi nurkista poistettiin ylimääräinen saumalaasti ja saumattiin nurkat silikonilla.



Kuva 8. Leikkauskuva rakenteesta 1.

#### 4.3.2 Rakenne 2

Tässä rakenteessa alin laatta on leikattu, jolloin sitä kautta voi imeytyä vettä laattaan. Lisäksi lattian laattasaumat ovat seinän vieressä hieman vajaat, jolloin laattasauman ja silikonin väliin jää rakoja. Tämä osaltaan voi edesauttaa veden imeytymistä leikattuun laattaan.



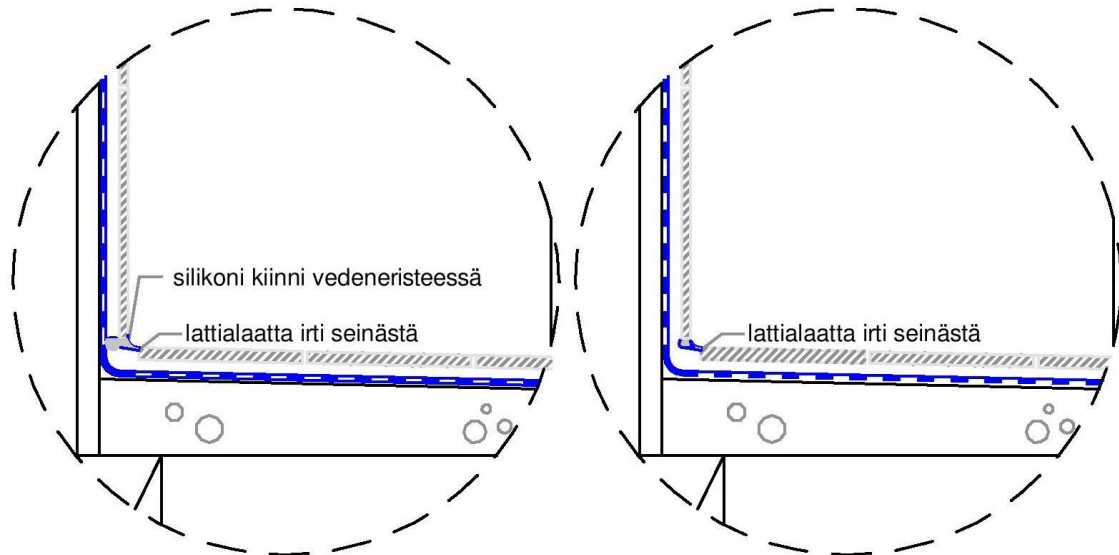
Kuva 9. Leikkauskuva rakenteista 2 ja 3.

#### 4.3.3 Rakenne 3

Tässä rakenteessa alin laatta on leikattu, jolloin sitä kautta voi imeytyä vettä laattaan.

#### 4.3.4 Rakenne 4

Tässä rakenteessa silikonin ulottuu vedeneristeeseen asti, jolloin se voi padottaa vettä alimman laatan päälle. Lattialaatta on kauempana seinästä kuin normaalisti.



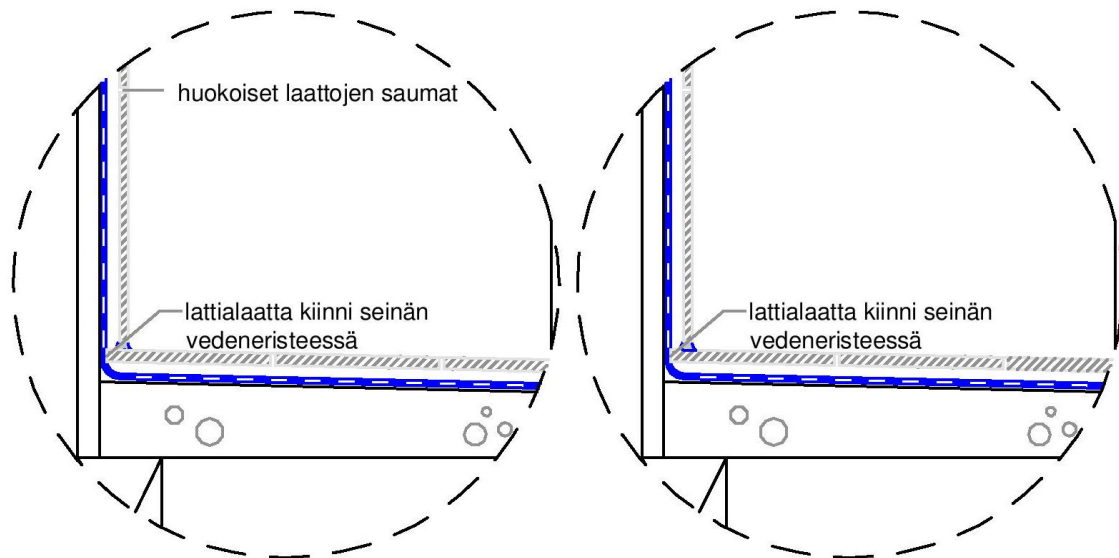
Kuva 10. Leikkauskuva rakenteista 4 ja 5.

#### 4.3.5 Rakenne 5

Lattialaatta on kauempana seinästä kuin normaalisti.

#### 4.3.6 Rakenne 6

Tässä rakenteessa lattialaatta on kiinni seinän vedeneristyksessä, joka on sivelty seinän kipsilevyn pintaan. Tässä voi käydä niin, että lattialaatta padottaa vettä alimman seinälaatan päälle. Laattojen väliset saumat ovat huokoiset josta toisaalta voi edesauttaa veden imeytymistä laattoihin, mutta toisaalta ne voivat myös kuivua helpommin.



Kuva 11.

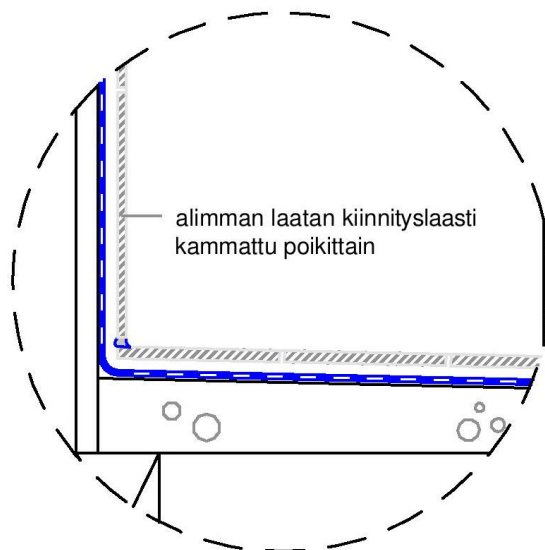
Leikkauskuva rakenteista 6 ja 7.

#### 4.3.7 Rakenne 7

Tässä rakenteessa lattialaatta on asennettu samalla tavalla kuin rakenteessa 5, jolloin vettä voi padottua alimman seinälaatan päälle. Laattojen väliset saumat ovat paremmat kuin edellisessä rakenteessa.

#### 4.3.8 Rakenne 8

Tässä rakenteessa alimman laatan kiinnityslaastin kampausta on tehty poikittain, joka voi padottaa vettä kyseisen laatan taakse.



Kuva 12.

Leikkauskuva rakenteesta 8.

#### 4.4 Käytetty mittauskalusto

Koejärjestelyssä käytettiin pintakosteusmittaria laatta- ja kipsilevyrakenteen kosteuden mittaukseen, junta-anturilla varustettua kosteusmittaria puurankojen kosteuden mittaukseen sekä yleismittaria lämpötilan sekä ilmankosteuden mittaukseen. Kaikki mittauskalusto on kalibroitu asianmukaisesti.

##### 4.4.1 Gann Hydromette UNI 1 -mittari ja B 50 -pinta-anturi

Gann Hydromette UNI 1 -mittarilla ja siihen asennetulla B 50 -pinta-anturilla mitattiin seinärakenteiden pintakosteuksia. Lisäksi sillä mitattiin kosteusarvoja rakenteen sisältä eli kipsilevyn ulkopinnasta.



Kuva 13.

Gann Hydromette UNI 1 -mittari ja B 50 -pinta-anturi

#### 4.4.2 Gann Hydromette BL H 40 -mittari ja Gann M 18 -puuanturi

Gann Hydromette BL H 40 -mittarilla ja siihen asennetulla Gann M 18 -puuanturilla mitattiin runkopuun kosteusarvoja.



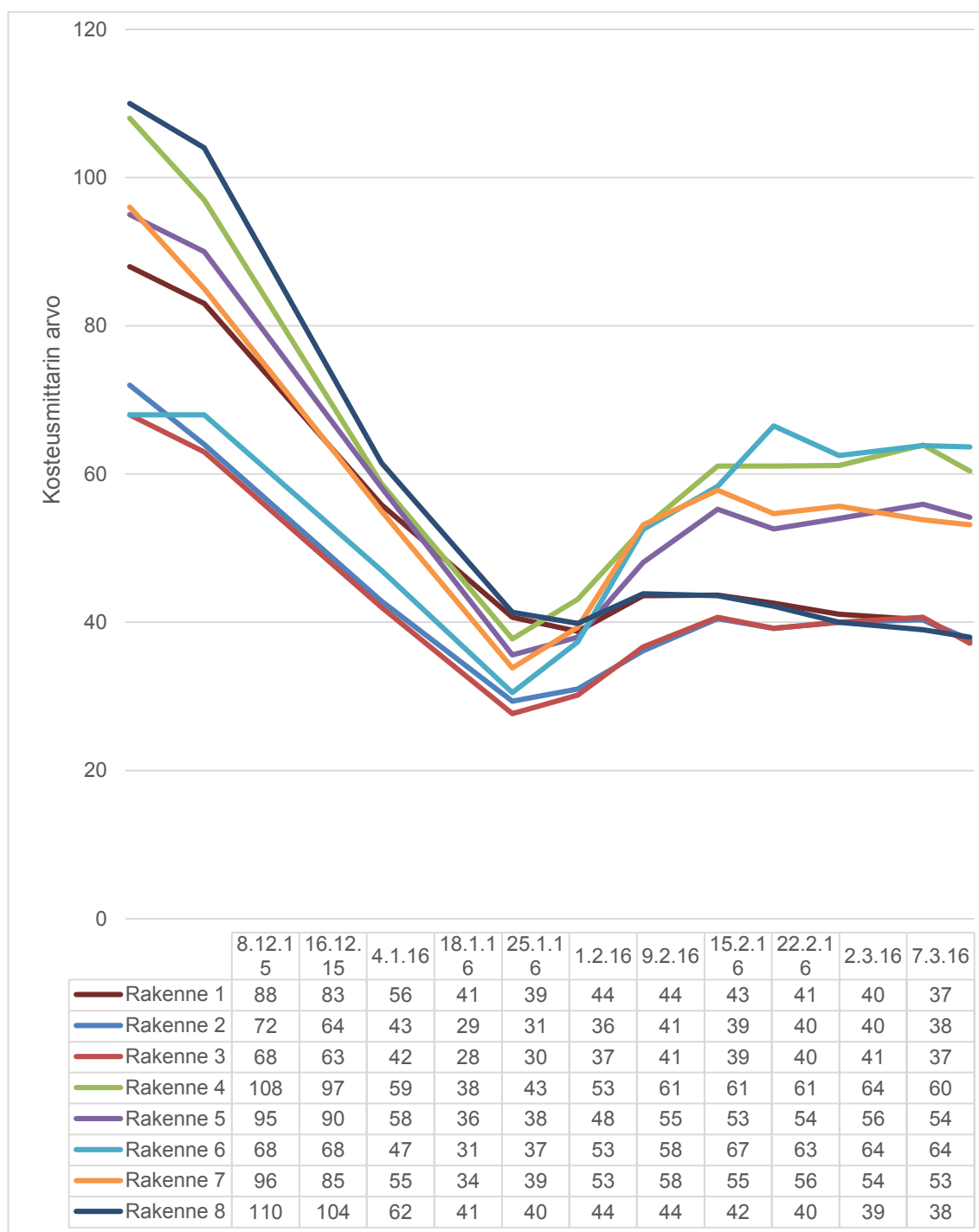
Kuva 14. Gann Hydromette BL H 40 -mittari ja Gann M 18 -puuanturi

#### 4.4.3 Ironside IMT7000 -yleismittari

Ironside IMT7000 -yleismittarilla mitattiin lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus huoneesta, jossa koekylpyhuone sijaitsi.

## 4.5 Tulokset

Tulokset ja mittauskohdat on esitetty kosteusmittauspöytäkirjassa liitteessä 1.



Kuvio 2. Rakenteiden keskimääräiset kosteusarvot eri mittauspäivinä.

Mitatut keskimääräiset pintakosteusarvot rakenteittain olivat melko korkeita kolmen ensimmäisenä mittauskertana, 8.12.2015 68-110, 16.12.2015 63-104 ja 4.1.2016 42-62. Korkeat pintakosteusarvot johtuivat kiinnityslaastiin sitoutuneesta vedestä, joka alkoi poistumaan rakenteista saumojen kautta. Ensimmäisten mittauskertojen aikana suurimmat yksittäiset pintakosteusarvot mitattiin rakenteista, joissa saumat olivat vajaat tai huonosti tehtyt. Kahteen kohtaan, rakenteiden 4 ja 5 kahden alimman laattarivin saumakohtaan sekä rakenteiden 6 ja 7 kahden alimman laatan vaakasaumaan oli laatoittajan toimesta tullut vahingossa rako saumalaastiin, josta rakenne pääsi kastumaan koko mittausajanjakson ajan. Rakenteeseen 6 tehtiin tarkoituksella huokoisemmat saumat kuin muihin. 18.1.2016 suoritettiin viimeinen mittaus kastelemattomasta rakenteesta, jolloin keskimääräiset pintakosteusarvot olivat asettuneet välille 28- 41. Korkein yksittäinen arvo oli tuolloin 72. Rakenteen ominaispaino on luokkaa 1000 kg / m<sup>3</sup>, jolloin kuivan rakenteen vertailuarvo pintakosteusmittarin näytöllä on valmistajan ohjeiden mukaan 30 – 50. Kosteina pidetään rakenteita, joiden arvot ylittävät 70, joten rakenne oli pääsääntöisesti kuiva kastelun aloitushetkellä.



Kuva 15. Vasemmalla rakenteen 6 huokoiset saumat ja keskellä rakenteiden 6 ja 7 saumassa oleva reikä.

25.1.2016 koekylpyhuonetta oli kasteltu viiden päivän ajan viisi minuuttia päivässä, jonka jälkeen se oli saanut kuivua viikonlopun ylitse. Tuolloin kahta rakennetta lukuun ottamatta kaikkien pintakosteusarvot olivat nousseet keskimäärin 2-6 yksikön verran. Kylpyhuonetta kasteltiin viiden viikon ajan, jona aikana pintakosteusarvot asettuivat rakenteittain melko vakioiksi. Huomionarvoista on, että muutamaa mittauspistettä lukuun ottamatta pintakosteusarvot eivät nousseet kastelujakson aikana korkeammiksi kuin mitä ne alussa heti koekylpyhuoneen valmistumisen jälkeen olivat.

Oikein tehty rakenne ei ollut kuivin. Kuivimpia olivat rakenteet, joissa alin laatta oli leikattu. Tähän lienee syynä se, että vaikka alin laatta voi imeä kosteutta leikatulta pinnalta, niin se myös voi kuivua sitä kautta painovoiman vaikutuksesta. Mikäli näin käy, niin kosteus kulkeutuu lattialaatoitukseen, josta se haihtua huonetilaan. Varmoja johtopäätöksiä pitkän aikavälin kosteusarvoista ei voi tämän tutkimuksen perustella vetää, mutta koska leikattu laatta voi päästä helpommin kastumaan, niin ajan saatossa se saattaa tummua helpommin kuin leikkaamaton laatta.

Yhteenvedona tuloksista voidaan todeta, että merkittävien tutkituista työvirheistä oli huokoiset ja muuten huonosti tehdyt saumat. Myös kiinnityslaastin kampaussuunta vaikutti mittausten alkuvaiheessa, mutta rakenteen kosteus normalisoitui mittausten aikana.

Mittauksia tehtäessä huomattiin anturin olevan hyvin herkkä epävarmuustekijöille. Esimerkiksi ottamalla eri tavoin kiinni anturin varresta voi mittari näyttää muutaman kymmenen yksikön eroja pintakosteuksissa. Samoin huomattiin mittarin havaitsevan herkästi jos seinän toisella puolella on sähkönjohtavaa materiaalia. Näiden epävarmuustekijöiden vuoksi on ensiarvoisen tärkeää, että mittauksia suorittava henkilö tuntee käyttämänsä kaluston ja sen aiheuttamat rajoitteet sekä seinärakenteen mahdollisten sähköä johtavien materiaalien, kuten metallien, varalta. Joissain tilanteissa pintakosteusmittari voi näyttää epäilyttävän korkeita arvoja ilman, että sille ilmenee heti selitystä. Tällaisissa tilanteissa tulee muistaa, että seinärakenne saattaa sisältää sähköä johtavia materiaaleja, jolloin rakenne tulee avata tai muuten varmistua siitä, että se on kuiva.

## 5 Vaurioituneen märkätilan seinärakenteen korjaus

Mikäli tutkimuksissa on havaittu seinärakenteen kastuneen siinä määrin, että se on rakenteille tai terveydelle haitallista, on seinärakenne korjattava. Myös visuaalinen haitta, kuten tummunut laatta, voi aikaansaada korjaustarpeen, vaikkei rakenne itsessään olisi vaurioitunut varsinaisesti kokenut vauriota. Korjausmenetelmiä on olemassa useita ja menetelmä tulee aina valita tapauskohtaisesti. Menetelmä tulee valita siten, että rakenne saadaan toimimaan ja palautettua vähintään vauriota edeltäneelle tasolle.

Korjaustavan valintaan vaikuttaa oleellisesti käytetty seinärakenne, vaurion laajuus sekä seinärakenteen tyyppi. Esimerkiksi puurakenteinen suihkun seinä, jonka toisella puolella on sauna, voi olla melko yksinkertaista tutkia ja kuivattaa saunan puolelta.

### 5.1 Silikonisaumojen uusiminen

Kosteusvauriot ovat usein alimmissa laatoissa, joten helpoin ja kevein korjausratkaisu on silikonisaumojen uusiminen. Tätä menetelmää voidaan pitää nopeana ja edullisena, mutta jos esimerkiksi laatat ovat pahoin tummuneet, niin pelkällä silikonisaumojen avaamisella kuivuminen ja sitä kautta laattojen värin muuttuminen takaisin normaaliksi vie kauan aikaa. Tämä on huono vaihtoehto asukkaiden kannalta, sillä kylpyhuonetta ei voi käyttää kuivatuksen aikana.

Ensimmäiseksi saumat avataan ja silikoni poistetaan esimerkiksi mattopuukolla erityistä varovaisuutta ja huolellisuutta noudattaen, ettei missään nimessä viilletä vedeneristeen reikää. Tämän jälkeen kylpyhuonetilan lämpötilaa nostetaan ja tilaan kuivatetaan, jotta laatat, laattasaumat ja kiinnityslaasti pääsevät kuivumaan. Kun tavoiteltu kuivuus on saavutettu, voidaan lämpötila laskea normaalille tasolle ja erillinen kuivatus ottaa pois käytöstä. Tämän jälkeen saumoihin voidaan asentaa uusi silikoni.

## 5.2 Laattasaumojen uusiminen

Mikäli todetaan, ettei silikonisaumojen uusiminen ole riittävä toimenpide tai sitä on aiemmin yritetty saavuttamatta haluttua lopputulosta, niin laattasaumat voidaan avata rakenteen kuivattamiseksi. Tämä toimenpide on jo huomattavasti raskaampi kuin silikonisaumojen uusiminen, joten sitä tulee käyttää harkiten.

Korjaaminen aloitetaan avaamalla laattasaumat pienellä monitoimityökalulla. Tässäkin työvaiheessa tulee noudattaa erityistä varovaisuutta ja huolellisuutta, jotta vedeneriste säilyy vahingoittumattomana. Seuraavaksi tilaan asennetaan lämmitys- ja kuivatuskalusto kuten edellisessä korjausmenetelmässä. Kun rakenteet on saatu riittävän kuiviksi, voidaan laattasaumat saumata uudelleen.

Laattasaumat voidaan tarvittaessa kyllästää hydrofobisiksi saumasuoja-aineella, jolloin kapillaarisen veden imeytyminen estyy. Suojakäsittely ei muodosta kalvoa sauman pintaan, jolloin sauman vesihöyrynläpäisevyys ei muutu. Suoja-aine tekee saumoista myös likaa hylkiviä.

## 5.3 Laattojen injektointikorjaus

Mikäli laattoja on osittain irronnut alustastaan, niin ne voidaan kiinnittää alustaan injektointilla. Injektoinnissa laattasaumaan porataan reikä, johon laitetaan injektointinippa, jonka kautta muovipohjainen injektointiaine, kuten epoksi, leviää laatan ja alustan väliin. Injektointinipat poistetaan injektoinnin kuivuttua ja reiät paikataan saumalaastilla. Injektointi perustuu injektointiaineen alhaiseen viskositeettiin ja siinä voidaan käyttää apuna painetta. Menetelmän etuna on sen siisteys ja nopeus, mutta se ei sovellu kaareutuneille laatoille. (RT84-11093 2012: 9.)

## 5.4 Laattojen vaihtaminen

Laattojen vaihtaminen voi tulla kyseeseen, mikäli rakenteita ei muuten saada kuivumaan ja erityisesti jos niissä on pahoin tummuneita laattoja. Tämä menetelmä on haasteellinen

toteuttaa kipsilevyrakenteiselle seinälle, sillä kipsilevy hajoaa helposti laattoja irrotettaessa. Mikäli vaihdetaan vain yksittäisiä laattoja, niin niiden tulisi olla samasta polttoerästä samanvärisyyden takaamiseksi.

Työ aloitetaan irrottamalla vanhat laatat varovasti. Tämän jälkeen tarkastetaan silmämääräisesti vedeneristyksen kunto. Mikäli vedeneriste on vaurioitunut, niin se tulee korjata. Vedeneriste voidaan korjata osakorjauksena, mikäli se on alle 10 vuotta vanha ja nestemäisenä levitetty (RT84-11093 2012: 7). Korjauksessa tulee noudattaa vedeneristevalmistajan ohjeistusta. Tätä vanhempi tai jonkin muun tyyppinen vedeneriste, kuten esimerkiksi hitsattu muovimatto, tulee uusia kokonaan. Seuraavaksi kiinnitetään uudet laatat ja saumataan ne.

## 5.5 Seinärakenteen purku ja uudelleen rakentaminen

Jos vedeneriste on vahingoittunut tai asennettu virheellisesti ja seinärakenne on päässyt kastumaan vedeneristeen takaa, niin seinärakenne täytyy purkaa ja rakentaa uudelleen. Tämä on kaikista työläin, kallein ja asukkaalle eniten harmia aiheuttava vaihtoehto.

## 6 YIT Rakennus Oy:n laatoitusohjeet

YIT:n laatoitusohjeet pohjautuvat rakentamismääräyksiin ja ne ovat osittain tiukempia kuin mitä määräykset edellyttävät. YIT:n asuntotuotannossa on laadittu paljon erilaisia ohjekortteja laadunvarmistuksen työkaluiksi. Märkätilojen laatoitukseen ja vedeneristykseen liittyviä työohjeita, laatukortteja sekä ”hyviä ja huonoja ratkaisuita” on käytettävissä Asuintalot Etelä-Suomi -yksiköllä kymmenkunta. Suuri määrä johtuu siitä, että ohjeita on laadittu niin yksikkö- kuin yritystasolla sekä siitä, että laatuvaatimukset riippuvat tuotannosta. Gryndikohteissa laatuvaatimukset ovat usein korkeammat kuin vuokratoh-teissa. Edellä mainittujen lisäksi tilaaja saattaa asettaa omia laatuvaatimuksiaan. Suureen määrään vaikuttaa myös se, että eri työvaiheisiin (vedeneristys, lattia- ja seinälaatoitus sekä saumaus) liittyvät ohjeet ovat erillään. Vaikka tämä lisääkin yksittäisten ohjeiden määrää, niin niitä ei ole edellä mainituista syistä syytä yhdistää. Lisäksi ohjeet erillään pitämällä eri työvaiheiden ohjeet ovat helpommin löydettävissä.

Tutkitut työohjeet, laatukortit ja ”hyvät ja huonot ratkaisut” ovat kattavia, eikä niihin tämän työn pohjalta tarvitse tehdä muutoksia. Laatoitustyötä suunniteltaessa ja sitä valvottaessa tulee muistaa noudattaa kyseiseen kohteeseen sovittuja ohjeita sekä mahdollisia tilaajan asettamia erityisvaatimuksia.

## 7 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että suurin yksittäinen tekijä työssä tutkitun seinärakenteen pintakosteuksiin oli laattojen saumauksen laatu. Huonot laattasaumat imivät vettä rakenteeseen, mutta vesi ei poistunut niiden kautta. Siten laattasaumojen laatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota rakennusvaiheessa ja työtä tulee valvoa erityisen tarkasti.

Kylpyhuoneen elinkaari voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: suunnittelu-, rakennus- ja käyttövaiheisiin. Näistä suunnittelua ja rakentamista säädellään tarkasti erilaisin ohjein ja määräyksin. Kylpyhuoneen käyttö on kuitenkin täysin vapaata ja ihmisillä on hyvin erilaisia käyttötottumuksia ja -määriä. Siten esimerkiksi laattojen tummuminen ei välttämättä johdu suunnittelu- tai rakennusvirheistä vaan siitä, että ne eivät pääse kuivumaan suunnitellusti kovasta kosteusrasituksesta johtuen. Käyttövaiheen alussa tulee pitää riittävän kattava käytönopastus märkätilojen osalta, jossa käydään läpi toimenpiteet jotka asukkaan tulee suorittaa. Kohteesta riippuen näitä toimenpiteitä ovat muun muassa ilmanvaihtoventtiileiden huolto ja puhdistus, ilmanvaihtokoneen käyttäminen, lattiakaivon puhdistaminen sekä laattapintojen puhdistusohjeet. Myös yksinkertaisilta vaikuttavat asiat, kuten suihkun lattian lastaaminen sekä lattialämmityksen käyttö, on hyvä mainita asukkaalle.

Erilaisten järjestelmien monimutkaistuessa tulisi niiden huollosta ja puhdistuksesta vastata tahon, jolla on siihen riittävä koulutus ja pätevyys. Myös yksinkertaiset asiat, kuten lattiakaivon puhdistus, saattavat jäädä asukkaalta syystä tai toisesta tekemättä, vaikka niillä on suuri merkitys märkätilan toimivuuteen ja viihtyisyyteen. Tähän ratkaisuna voisi olla malli, jossa huoltoyhtiö vastaa asunnon kunnossapidosta suuremmassa määrin kuin mihin on totuttu. Huoltoyhtiö voisi vastata totuttujen toimenpiteiden lisäksi muun muassa lattiakaivojen sekä ilmanvaihtoventtiileiden puhdistuksesta.

## Lähteet

Asuntojen märkätilojen korjaus. RT 84-11093. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kosteus rakennuksissa. RT 05-10710. 1999. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Markelin-Rantala Lina & Rautiainen Liisa. 1999. Kosteusvarma kylpyhuone: laboratorio-kokeiden tutkimusraportti. Helsinki: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Markelin-Rantala Lina & Rautiainen Liisa. 2002. Kosteusvarma kylpyhuone: loppuraportti. Helsinki: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Merikallio, Tarja. 2002. Kosteusmittaus. Verkkodokumentti. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>> 23.10.2002. Luettu 24.1.2016.

Merikallio, Tarja. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Puun kosteusteknisiä ominaisuuksia. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.puu-info.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia> Luettu 28.1.2016.

Puutalon märkätilat. RT84-10793. 2003. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 2012. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Salo, Juhani. 2010. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekniset mittaukset kosteusvaurion yhteydessä. Insinööriyö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C2. 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöopas 28, kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997.  
Helsinki. Ympäristöministeriö.

PVM											keskiarvo mittaus- pisteittäin	keskiarvo rakenteittain	
Huoneilma	8.12.15	16.12.15	4.1.16	18.1.16	25.1.16	1.2.16	9.2.16	15.2.16	22.2.16	2.3.16			7.3.16
t (°C)	21	20,2	19	18,5	20,7	20,2	20,6	20,2	20	20,2	20,1	20,1	
RH (%)	37,7	37	35,6	36,4	34,2	35,3	36,7	38,4	37,4	34,8	35,5	36,3	
<b>Päätyvaraston puoleinen sivu</b>	<b>8.12.15</b>	<b>16.12.15</b>	<b>4.1.16</b>	<b>18.1.16</b>	<b>25.1.16</b>	<b>1.2.16</b>	<b>9.2.16</b>	<b>15.2.16</b>	<b>22.2.16</b>	<b>2.3.16</b>	<b>7.3.16</b>		
1A1				51	44	50	46	44	43	41	40	44,9	42,7
1A2				45	37	43	42	41	38	38	35	39,9	
1A3				38	33	38	38	31	32	35	31	34,5	
1B1	88	83	69	55	54	55	53	53	49	47	46	59,3	
1B2			72	56	49	52	49	48	44	44	42	50,7	
1B3			68	53	48	51	47	43	41	41	37	47,7	
1C1				34	40	45	49	52	50	47	43	45,0	
1C2				30	29	36	39	38	36	36	31	34,4	
1C3				28	27	34	33	33	32	31	29	30,9	
1D1			44	35	40	47	51	52	54	52	48	47,0	
1D2			43	32	33	38	42	41	40	38	35	38,0	
1D3			39	31	31	34	35	35	34	34	32	33,9	
<b>1 keskiarvo</b>	<b>88</b>	<b>83</b>	<b>56</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>37</b>		
<b>Suihkun puoleinen sivu</b>	<b>8.12.15</b>	<b>16.12.15</b>	<b>4.1.16</b>	<b>18.1.16</b>	<b>25.1.16</b>	<b>1.2.16</b>	<b>9.2.16</b>	<b>15.2.16</b>	<b>22.2.16</b>	<b>2.3.16</b>	<b>7.3.16</b>		
2A1			54	37	37	44	46	49	49	48	48	45,8	38,5
2A2			48	30	31	36	39	40	40	41	38	38,1	
2A3			43	29	29	32	36	32	35	36	31	33,7	
2B1	72	64	40	30	35	41	47	49	49	51	48	47,8	
2B2			34	26	28	34	38	35	37	35	32	33,2	
2B3			38	24	26	30	37	30	30	31	29	30,6	
<b>2 keskiarvo</b>	<b>72</b>	<b>64</b>	<b>43</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>36</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>38</b>		
2-3.1			58	39	42	46	47	47	49	48	46	46,9	40,9
2-3.2			52	32	37	39	43	42	43	43	40	41,2	
2-3.3			43	28	32	34	37	34	33	38	31	34,4	
<b>2-3 keskiarvo</b>			<b>51</b>	<b>33</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>39</b>		
3A1	68	63	37	28	34	39	44	42	43	43	39	43,6	38,1
3A2			35	25	29	34	37	35	36	35	33	33,2	
3A3			34	24	25	31	31	30	31	30	28	29,3	
3B1			51	32	35	43	50	52	51	61	53	47,6	
3B2			49	29	31	39	45	42	45	42	40	40,2	
3B3			46	28	27	34	37	34	34	33	30	33,7	
<b>3 keskiarvo</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>42</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>37</b>		
<b>Sosiaalitilojen puoleinen sivu</b>	<b>8.12.15</b>	<b>16.12.15</b>	<b>4.1.16</b>	<b>18.1.16</b>	<b>25.1.16</b>	<b>1.2.16</b>	<b>9.2.16</b>	<b>15.2.16</b>	<b>22.2.16</b>	<b>2.3.16</b>	<b>7.3.16</b>		
4A1			46	31	37	47	92	97	99	97	90	70,7	56,3
4A2			39	30	31	39	46	51	48	45	41	41,1	
4A3			39	25	26	33	37	36	34	35	31	32,9	
4B1			31	35	50	59	62	66	103	101	63,4	63,4	
4B2			29	30	42	47	44	43	44	40	40	39,9	
4B3			29	29	37	39	35	33	35	32	32	33,6	
4C1	108	97	85	59	59	75	115	116	117	120	115	96,9	
4C2			73	56	48	57	54	54	53	52	51	55,3	
4C3			70	47	42	46	44	41	43	42	37	45,8	
4D1			42	89	119	120	120	117	116	113	104,5	104,5	
4D2			38	47	47	41	42	45	43	40	42,9		
4D3			36	44	40	39	35	36	35	34	37,4		
<b>4 keskiarvo</b>	<b>108</b>	<b>97</b>	<b>59</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>60</b>		
5A1			37	41	51	70	62	72	91	86	63,8	50,5	
5A2			32	32	37	39	39	39	38	36	36,5		
5A3			31	30	35	37	34	34	35	32	33,5		
5B1	95	90	75	52	52	56	58	56	56	55	54	63,5	
5B2			69	49	45	50	50	48	48	47	46	50,2	
5B3			70	41	42	47	48	40	40	38	38	44,9	
5C1			34	45	51	55	54	54	52	51	49,5		
5C2			28	26	40	50	53	48	49	46	42,5		
5C3			29	23	35	41	34	35	35	32	33,0		
5D1			52	35	69	98	117	119	118	122	116	94,0	
5D2			46	32	31	44	58	58	67	70	78	53,8	
5D3			37	27	20	33	40	34	37	39	35	33,6	
<b>5 keskiarvo</b>	<b>95</b>	<b>90</b>	<b>58</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>48</b>	<b>55</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>56</b>	<b>54</b>		
<b>Ulkoseinän puoleinen sivu</b>	<b>8.12.15</b>	<b>16.12.15</b>	<b>4.1.16</b>	<b>18.1.16</b>	<b>25.1.16</b>	<b>1.2.16</b>	<b>9.2.16</b>	<b>15.2.16</b>	<b>22.2.16</b>	<b>2.3.16</b>	<b>7.3.16</b>		
6A1			54	37	44	51	60	103	88	100	96	70,3	54,4
6A2			49	33	37	43	45	49	46	46	46	43,8	
6A3			48	30	30	35	35	36	36	32	32	34,9	
6B1	68	68	37	30	55	116	126	132	127	129	132	92,7	
6B2			27	31	39	48	48	48	48	48	46	41,9	
6B3			26	27	31	36	31	30	28	30	30	29,9	
<b>6 keskiarvo</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>47</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>58</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>64</b>		
6-7.1			55	41	108	123	126	133	126	127	129	107,6	63,4
6-7.2			48	36	41	44	58	52	53	52	52	48,4	
6-7.3			42	30	31	34	36	35	34	32	33	34,1	
<b>6-7 keskiarvo</b>	<b>48</b>	<b>36</b>	<b>60</b>	<b>67</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>73</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>71</b>			
7A1	96	85	57	39	61	112	128	124	124	125	123	97,6	52,0
7A2			28	29	41	45	41	42	36	36	36	37,3	
7A3			26	25	33	35	31	30	28	28	28	29,5	
7B1			66	49	54	57	60	56	57	56	56	56,8	
7B2			46	30	36	40	43	44	45	44	43	41,2	
7B3			51	31	31	36	36	32	36	34	33	35,6	
<b>7 keskiarvo</b>	<b>96</b>	<b>85</b>	<b>55</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>53</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>54</b>	<b>53</b>		
<b>Päätyvaraston puoleinen sivu</b>	<b>8.12.15</b>	<b>16.12.15</b>	<b>4.1.16</b>	<b>18.1.16</b>	<b>25.1.16</b>	<b>1.2.16</b>	<b>9.2.16</b>	<b>15.2.16</b>	<b>22.2.16</b>	<b>2.3.16</b>	<b>7.3.16</b>		
8A1			46	37	36	36	40	41	40	40	41	39,7	43,4
8A2			43	32	32	38	42	40	42	37	38	38,2	
8A3			44	30	29	37	34	34	35	34	34	34,6	
8B1			38	35	42	41	39	36	40	37	37	38,5	
8B2			30	32	37	36	40	35	35	35	35	35,0	
8B3			30	33	37	36	43	32	35	31	31	34,6	
8C1	110	104	92	72	73	75	72	68	63	60	56	76,8	
8C2			68	45	40	43	41	40	41	31	37	43,1	
8C3			76	51	40	41	42	38	36	38	35	44,1	
8D1			60	62	65	61	55	53	49	48	48	56,6	
8D2			37	34	39	40	36	36	35	33	33	36,3	
8D3			34	32	36	36	31	32	34	31	31	33,3	
<b>8 keskiarvo</b>	<b>110</b>	<b>104</b>	<b>62</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>42</b>					

