

Jukka Rosberg

# KOSTEUSVAURIOT JA NIIDEN KARTOITUS PIENTALOISSA

Opinnäytetyö  
Rakennustekniikka

Huhtikuu 2016



<b>Tekijä (tekijät)</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Jukka Rosberg	Rakennusinsinööri	Huhtikuu 2016
Opinnäytetyön nimi Kosteusvauriot ja niiden kartoitus pientaloissa		43 sivua
Toimeksiantaja Polygon Finland Oy		
Ohjaaja Lehtori Kuusela Anu, Lehtori Laakso Sirpa		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Tämä opinnäytetyö on tehty omaan työhön perehtymisen tueksi. Opinnäytetyö on tarkoitettu oppaaksi vastavalmistuneelle rakennustekniikan insinöörille, joka haluaa perehtyä kosteusvaurioihin ja kosteuskartoituksiin. Opinnäytetyö on kirjoitettu Polygon Finland Oy:n käyttämien menetelmien ja käytäntöjen pohjalta. Polygon Finland Oy:n käyttämiä menetelmiä kosteuskartoituksessa ovat muun muassa vuodonhaku, kosteusmittaukset ja sisäilmatutkimukset.</p> <p>Opinnäytetyön tukena (teoreettinen viitekehys) on käytetty paljon erilaista kirjallisuutta ja tutkimustietoa. Aiheesta on tehty runsaasti erilaista tutkimusta, koska kosteusvauriot ja sisäilmaongelmat ovat yleistyneet viime vuosien aikana. Tähän syynä ovat rakennusvirheet sekä Suomen muuttuvat sääolosuhteet.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi yleisimpiä rakennuksissa vastaan tulevia kosteusvaurioiden aiheuttajia, kuten kapillaariset vedennousut ja kondessivedet. Työssä käydään läpi niin äkillisiä kuin myös pitkällä aikavälillä kehittyneitä kosteusvaurioita.</p> <p>Toisena pääaiheena työssä on kosteusvaurioiden kartoittamisessa käytettävät menetelmät, joita esittelen teorian ja käytännön keinoin, runsaasti kuvamateriaalia apuna käyttäen. Osa kuvista on kirjoittajan työssään ottamia ja siksi erityisen havainnollistavia.</p> <p>Työn tarkoitus on tuoda esille, kuinka tärkeää on pitää oman rakennuksensa kunnosta huolta. Lisäksi työssä tuodaan myös esille huolellisen ja vastuullisen rakentamisen tärkeys uudis- ja korjauskohteissa. Työn tavoite on tuoda edellä mainitut asiat konkretian tasolle ja siten tehdä aiheesta hieman helpommin ymmärrettävä.</p> <p>Opinnäytetyö on keskittynyt tutkimaan aihetta teorian ja käytännön kautta, ja se on verrattavissa teoreettiseen kirjallisuuskatsaukseen. Opinnäytetyö alkaa käsitteiden läpikäynnillä, jotta lukijan on helppo päästä opinnäytetyön tekstiin ja kerrontaan mukaan.</p>		
<p><b>Asiasanat</b> Kosteusvaurio, mikrobikasvusto, sisäilma, kapillaarinen vedenliike, riskirakenne</p>		

Author Jukka Rosberg	Degree Bachelor of Engineering	Time April 2016
Thesis Title Moisture Damages and Damp Measuring in One-Family House		43 pages
Commissioned by Polygon Finland Oy		
Supervisor Anu Kuusela, Senior Lecturer Sirpa Laakso, Senior Lecturer		
<p>Abstract</p> <p>The thesis is intended as a guide for a recently graduated construction engineer who wants to become familiar with the damp measuring and moisture damage. The purpose of the thesis is to support of work orientation. The thesis was made based to main methods of humidity measurements of Polygon Finland Oy. The main methods in Polygon Finland Oy of damp measuring are searching a leakage, humidity measurements and indoor air quality investigations.</p> <p>This thesis is mainly based on relevant literature, laws, regulations and other publications of the field. There are numerous studies about moisture damages, because the damage caused by moisture and indoor air quality problems have become more common in recent years. This is caused by construction defects, as well as Finland's changing weather conditions.</p> <p>The thesis discusses the most common moisture damage causes of buildings, for example capillary water rises and condensing water. The thesis deals with both acute and long-term moisture damage.</p> <p>The second main theme is the work methods used for moisture damage mapping, which will be presented based on theory and practical examples. The thesis includes a large number of pictures, which have been taken at the worksite, are therefore particularly illustrative.</p> <p>The purpose of the study was to underline how important it is to maintain the condition of the building. In addition, the work also underlines the importance of careful and responsible construction. The goal is to bring the above-mentioned cases the substantial level and to make constructions somewhat easier to understand.</p> <p>The thesis is focused on research the topic with theory and practical work.</p>		
<p>Keywords Moisture damage, microbes, indoor air quality, capillary water, structure risk</p>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTATIEDOT .....	8
2.1	Polygon Finland Oy .....	8
2.2	Kosteus.....	9
3	KOSTEUSVAURIOIDEN AIHEUTTAJAT .....	9
3.1	Kosteuden lähteet.....	9
3.2	Riskirakenteet.....	10
3.2.1	Alapohjarakenteet .....	11
3.2.2	Alaohjauspuut .....	14
3.2.3	Valesokkelit.....	15
3.2.4	Salaojitus.....	17
3.2.5	Yläpohja .....	19
3.2.6	Muita riskitekijöitä.....	19
3.3	Rakennus- ja suunnitteluvirheet.....	20
3.4	Korjausrakentaminen.....	24
3.5	Vedenvuototapaturmat .....	25
4	KOSTEUSVAURIOIDEN KORJAUS .....	25
4.1	Mittaus .....	25
4.1.1	Vuodonhaku.....	25
4.1.2	Mittausmenetelmät.....	27
4.1.3	Mittavirheet.....	31
4.2	Toimenpiteet.....	32
4.2.1	Purkaminen .....	32
4.2.2	Kuivaaminen .....	33
4.3	Sisäilmatutkimukset.....	36
5	YHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET.....	40

## KÄSITTEET

Alaohjauspuu	Alaohjauspuu on puurunkoisen seinän alimmainen osa, joka on lappeellaan esimerkiksi betonilaatan päällä. Tämän päälle asennetaan runkotolpat. Alaohjauspuu on erittäin altis kosteudelle vanhoissa rakennuksissa. Sen alle tulisi laittaa kapillaarikatko.
Antura	Antura on sokkelin alla oleva laattamainen rakenne. Sen tehtävänä on siirtää rakennuksen kuormien rasitukset kantaviin maakerroksiin.
Bitumikermi	Bitumikermi on kumimainen ja raskas, mutta vedenpitävä materiaali. Se on yleensä muutamia milliejä paksu. Sitä käytetään muun muassa vesikatteissa ja kapillaarikatkoissa.
Diffuusio	Diffuusio on pitoisuuksien ja paine-erojen tasoittumista, esimerkiksi ulkoilman ja sisäilman välillä.
Hajuhaitta	Hajuhaitta on sisäilmassa havaittu pahahaju, mikä johtuu yleensä jostain rakennuksen rakenteiden kosteusvauriosta tai jopa mikrobikasvustosta, kuten homeitiöistä tai lahottajasienistä.
Hygroskooppisuus	Hygroskooppisella materiaalilla on kyky sitoa itseensä kosteutta ilmasta. Materiaali pystyy myös luovuttamaan sitä. Esimerkiksi puu on hyvin hygroskooppinen materiaali.
Höyrynsulku	Höyrynsulku on materiaalikerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallisten vesihöyryjen diffuusiot ja ilmavirtaukset rakenteeseen tai rakenteessa.
Kapillaarinen vedenliike	Kapillaarinen vedenliike syntyy kun huokoisen materiaalin kosteuspitoisuus on pienempi kuin ympärillä oleva pitoisuus. Tällöin kosteus lähtee siirtymään tasoittaakseen pitoisuudet. Kosteus pääsee siirtymään sitä paremmin, mitä tiiviimpi ainekerros on. Esimerkiksi betonin läpi kosteus pääsee tunkeutumaan.

Kondenssivesi	Kondenssivettä syntyy kylmän ilman kohdatessa lämpimän ilman. Tällöin rajapintaan on mahdollista muodostua kastepiste eli vettä. Esimerkiksi saunan ikkuna toimii kastepisteenä, varsinkin talvella.
Konvektio	Konvektiolla tarkoitetaan lämmön tai paine-erojen aiheuttamien ilmavirtojen mukana siirtyvää lämpöä.
Korvausilma	Korvausilma on rakennuksessa sisäänpäin kulkeva puhdas ilma. Korvausilman kulkureitti tulisi olla tiedossa ja hallinnassa. Näin ei kuitenkaan vanhemmissa taloissa ole, vaan korvausilma saattaa tulla epäedullisista paikoista ja tuoda mukanaan paljon epäpuhtauksia.
Perusmuuri	Perusmuuri lähtee anturan päältä, nousee yleensä maapinnan yläpuolelle. Se voi olla myös valesokkeli, jolloin sokkelin pää voi jäädä jopa maapinnan alapuolelle.

## 1 JOHDANTO

Käsitys vesivahinkojen vakavuudesta on käynyt läpi paljon muutoksia viime vuosina. Ennen vesivahinkoihin ja sisäilmaongelmiin ei reagoitu tarvittavalla tavalla, vaan korjaustoimenpiteet olivat puutteellisia. Ne tulevat esiin myöhemmin ilmenevien ongelmien myötä. Avattaessa rakenteita uudestaan nähdään puutteellisesti korjattuja ja kuivattuja rakenteita. Nähdään esimerkiksi, miten vesi on ajan myötä lahoittanut puuosia tai höyrynsulkumuoveja ei ole korjattu yhtenäisesti. Syitä siihen on, että ennen ei huomattu tutkia, onko betonilaatta imenyt itseensä kosteutta ja kuinka syvälle kosteus on mennyt tai millainen kunto on esimerkiksi betonin päällä tai alla olevilla puuosilla. Esimerkiksi betonilaatan päällä olevat alaohjauspuut on yleensä jätetty vaihtamatta sekä märkätilojen mahdollinen uusi kosteudeneristys on tehty siten, että se ei ole ollut yhtenäinen vanhan kosteudeneristyksen kanssa.

Vuosien saatossa erilaiset rakennusvirheet ovat voineet olla usein syynä erilaisille kosteusvaurioille. Kosteusvauriot ovat saaneet aikaiseksi rakenteisiin rakenteellisten ominaisuuksien muutoksia sekä erilaisia epäpuhtauksia, jotka ovat siirtyneet huoneilmaan. Näin talon hengitysilma on tullut epäpuhdasta ja pahimmillaan asukkaat ovat voineet alkaa oireilla sisäilman vuoksi. Toinen kosteusvaurioiden laajuutta lisäävä tekijä on riskirakenteet. Riskirakenteet on tehty rakennusajan säännöksiin ja suunnitelmien mukaan ja niiden on uskottu olevan toimivia rakenneratkaisuja, mutta myöhemmin niiden ongelmat on huomattu.

Uudistuneiden määräysten mukaan on kaikenlainen kosteus poistettava rakenteista epäpuhtauksien syntymisen välttämiseksi. Siksi korjauspiteet ovat tänä päivänä laajempia ja tarvittavat rakenteiden kuivaukset suoritetaan huolella.

Syinä vaurioihin voivat olla esimerkiksi Suomen vaihteleva lämpötila, rankat ja lisääntyvät viistosateet sekä kovat pakkaset, jotka saattavat jäädyttää vesiputket. Lisäksi syy voi olla myös teknillinen, eli esimerkiksi vesiputkien käyttöikänsä loppuminen. Muita teknillisiä syitä voi olla esimerkiksi pakastimen hajoaminen tai erilaisiin tiivisteisiin tai muihin kulutusosiin ajan mukana tullut rappeutuminen.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTATIEDOT

Aloitin tammikuun 2016 alussa työt Polygon Finland Oy:llä. Työni on selvittää kosteusvaurioiden aiheuttaja rakennuksissa, selvittää vahingon laajuus ja parhaat menetelmät suorittaa rakenteiden kuivattaminen. Asiakkaita ovat yksityiset henkilöt, yritykset tai vakuutusyhtiöt.

Työni perehdytysjakson aikana sain idean käyttää opinnäytetyön tekemistä hyödykseni selvittämällä kirjallisesti työssä vastaan tulevia ongelmarakenteita ja työskentelytapoja. Kosteuskartoituksen ja rakenteiden kuivaamisen apuna on käytössä erilaisia työkaluja, joiden toimintaperiaatteita työssä avataan. Työssä käydään läpi yleisempiä pientalojen rakennusvirheitä ja riskirakenteiksi luokiteltuja rakenteita, joita eri vuosikymmenten rakennuksissa on toteutettu. Havainnollistamisen tueksi työssä on esitetty selventäviä käytännön esimerkkejä, jotta lukijan on helppo saada käsitys kosteusvaurioista ja niiden korjaamisesta. Opinnäytetyöni on suunnattu kaikille oman rakennuksensa kunnosta kiinnostuneelle rakennusten omistajille, käyttäjille ja ammattilaisille.

### 2.1 Polygon Finland Oy

Polygon Finland Oy on erilaisiin kiinteistöaurioihin ja niiden ennaltaehkäisyyn erikoistunut kansainvälinen yritys. Yrityksen juuret ulottuvat aina 1950-luvulle asti. Suurimman ajan yritys on tunnettu nimellä Munters (perustaja Carl Muntersin mukaan). Vuonna 2010 Munters-yhtymä luopui kuivatustekniikan käytöstä ja syntyi Polygon. Yrityksellä on yli 300 toimipaikkaa 13 eri maassa. Suomessa yrityksellä on 300 ammattilaista eri puolilla maata. Polygonin palveluja ovat vesi- tai palovahinkojen hallinta, sisäilmanlaadun tukinta, muut kuivaamiseen tai lämmitykseen liittyvät palvelut sekä 24/7 puhelinpäivystys äkillisten vahinkojen varalta. Kosteusvauriot ovat Polygonin yleisimmin työllistävä vahinkomuoto. Polygonilla on myös oma rakennusosastonsa, jonka työntekijät suorittavat tarvittaessa purku- ja korjaustöitä. Kosteusvaurioihin liittyviä palveluita voi olla esimerkiksi kosteuden mittaaminen, vuodonhaku, rakenteiden sisäinen kuivaaminen, pikakuivaus, desinfiointi, hajunpoisto, rakenteiden korjaus ja päivystävä puhelin. (7; 8.)



## 2.2 Kosteus

Kosteus aiheuttaa rakenteissa erilaisia haittoja. Fysikaalisesti kosteus voi muuttaa materiaalien muotoja sekä heikentää lujuuksia. Kosteutta saadesaan hygroskooppiset materiaalit, kuten puut turpoavat ja kuivuessaan ne kutistuvat. Muodonmuutokset voivat taas aiheuttaa pintamateriaalien irtoamisen. Lujuus heikkenee esimerkiksi metallissa korroosion ja puussa lahottajasienien takia. (15, 30.)

Biologisesti kosteus voi aiheuttaa mikrobien kehittymistä materiaalien pinnoille, kuten homeitiöitä ja lahottajasieniä, koska haitalliset mikrobit tarvitsevat otolliset olosuhteet kehittyäkseen. Otollisiin olosuhteisiin kuuluu yleensä kosteus, hyvä kasvualusta kuten puu, happi ja oikea lämpötila. (15, 30.)

Kemiallisesti kosteus aiheuttaa reaktioita esimerkiksi metalleissa. Sähkökemiallisessa korroosiossa veden tehtävä on toimia elektrolyytinä. Elektrolyytin lisäksi sähkökemiallinen korroosio tarvitsee potentiaalieron eli korroosioparin, jona toimii materiaali, jolla on erilainen sähkökemiallinen varaus. Tällaisen parin metalli saa muista rakennusmateriaaleista ympärillään. Lisäksi kosteus voi kemiallisesti liuottaa ainesosia irti betonista. Tätä kutsutaan vanhenemisreaktioksi. Tässä reaktiossa voi kulua vuosikymmeniä. (15, 31.)

Esteettisesti kosteus voi vaikuttaa rakenteiden ulkonäköön. Kosteus voi esimerkiksi aiheuttaa kosteusjälkiä maalipinnalla, tai tiputtaen seinälaatat märkätiloista. (15, 31.)

## 3 KOSTEUSVAURIOIDEN AIHEUTTAJAT

### 3.1 Kosteuden lähteet

Rakennuksissa on monia eri kosteuden lähteitä, ulko- ja sisäpuolella. Ulkopuolisia voivat olla:

- Sade- ja sulamisvesien valuminen raoista sisään (kattovuodot), tuulenpaineen alistamana työntyminen raoista tai kapillaariset veden johtumiset.

- Ulkoilman vesihöyryn siirtyminen rakenteisiin diffuusion ja konvektion avulla. Rakenteissa sen sitoutuminen hygroskooppisiin materiaaleihin tai kondensoituminen eri materiaalien pinnoille.
- Maanpinnan valumavesien kulkeutuminen perustuksiin ja sieltä kapillaarisesti rakenteisiin.
- Pohjaveden korkeusasema verrattuna perustuksiin. (15, 22-24.)

Ulkopuolisia lähteitä pyritään estämään uusissa rakennuksissa muun muassa valitsemalla rakennuspaikka siten, että esimerkiksi myrskysateet eivät pääsisi suoraan haitallisesti vaikuttamaan rakennukseen, pohjaveden taso on riittävän alhaalla perustustasoon nähden tai että rakennuksen viereiset maan korkeus-asetat eivät aiheuttaisi ylimääräisiä kosteusrasituksia (vältetään rakentamista rakennusta kuoppaan). (15, 22-24.)

Sisäpuolisia lähteitä ovat:

- Sisäilman vesihöyryn siirtyminen seinäpinna läpi rakenteisiin diffuusion avulla.
- Sisäilman vesihöyryn siirtyminen rakojen kautta rakenteisiin konvektion avulla.
- Roiskevesien valuminen raoista tai siirtyminen kapillaarisesti rakenteisiin.
- Vesihöyryn kondensoituminen kylmille materiaaleille.
- Vesivahingot. (15, 22-24.)

Sisäpuoliseen kosteuspitoisuuteen vaikuttavat muun muassa jäteilmän mukana poistuva kosteus, vesihöyryn sitoutuminen hygroskooppisiin materiaaleihin, vesihöyryn siirtyminen seinärakenteen läpi diffuusion ja konvektion avulla sekä huoneistossa tuotettava vesihöyryn määrä kuten esimerkiksi peseytymisestä, kasveista, ihmisistä ja ruuanlaitosta lähtevä kosteus. (15, 22-24.)

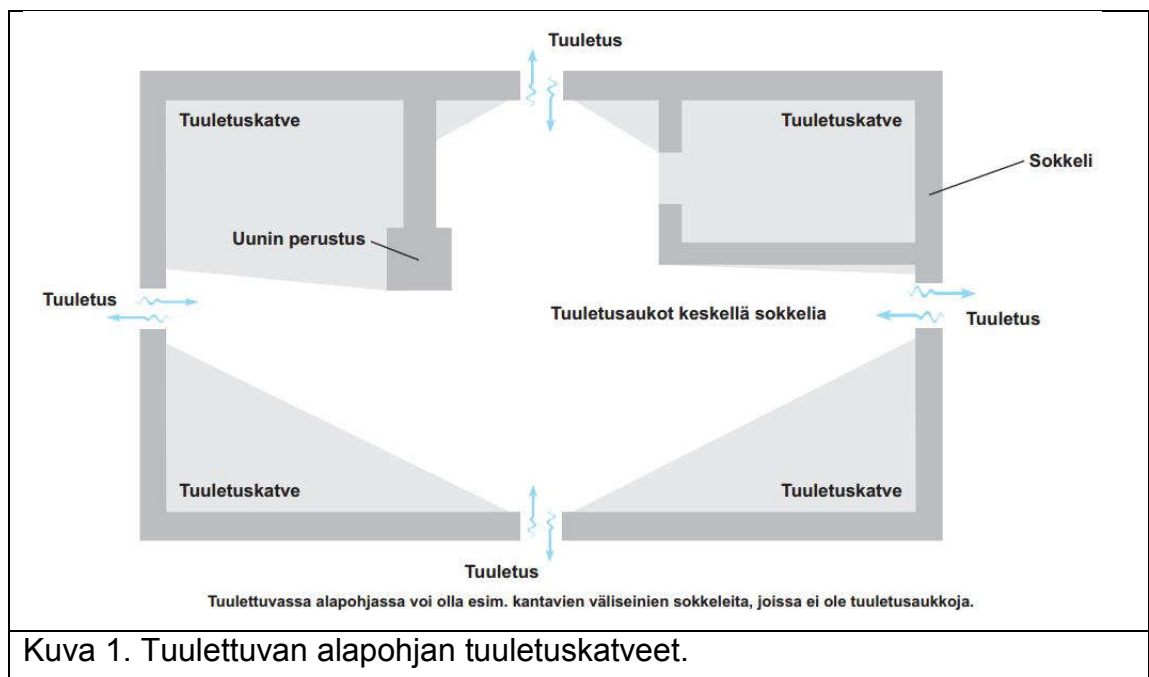
### 3.2 Riskirakenteet

Vuosien saatossa on suunniteltu erilaisia rakenneratkaisuja, jotka luokitellaan nykyään riskirakenteiksi. Näiden rakenteiden on todettu aiheuttavan rakenteellisia riskitilanteita, vaikka ne on toteutettu silloisten suunnitelmien ja säännös-

ten mukaan. Kosteuskartoituksien ohessa kohdataan usein riskirakenneratkaisuja, jotka ovat olleet tähän asti toimivia, mutta lumikuormien painaessa, vesivahingon sattuessa tai esimerkiksi rakennusteknillisen käyttöiän tullessa täyteen aiheuttavat ne riskitilanteita. Jokaisella talotyypillä, joita on rakennettu tietyllä vuosikymmenellä, on omat tyypilliset ongelmansa. Seuraavaksi käydään läpi tyypillisimpiä riskirakenteita pientaloissa. (3.)

### 3.2.1 Alapohjarakenteet

Ryömintätalallinen alapohja oli hyvin yleinen alapohjaratkaisu pientaloissa 1900-luvulla ja sitä käytetään edelleen. Alapohjaratkaisussa alapohjan ja maaperän välillä liikkuu vapaasti ilma ja siellä pystyy nimensä mukaan ryömiään. Vaurion aiheuttajina tässä rakenteessa on esiintynyt riittämätön tuuletus, eli ilmatilaan on jäänyt katvealueita, joissa ilma ei liiku. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki tällaisista katvealueista. Ryömintätiloihin on yleensä jäänyt rakennusvaiheessa paljon orgaanista rakennusjätettä, kuten betonivalujen muottilautoja tai purua. Näihin jätteisiin on aktiivisesti alkanut muodostua mikrobikasvustoa pysyvän ilmankosteuden takia. Ryömintätalallisten alapohjien liittymät ovat yleensä epätiivittä, jolloin sieltä on päässyt epäpuhdasta ilmaa sisäilman joukkoon. Alapohjassa kulkevien vesi- ja viemäriputkien riittämätön eristäminen on aiheuttanut jäätymisiä. Oikein tiivistettynä, eristettynä ja tuuletettuna ryömintätalallinen alapohja on varsin hyvä rakenne. Esimerkiksi radioaktiivinen radon-kaasu pysyy tehokkaasti poissa huoneistosta. (12, 22.)



Kuva 1. Tuulettuvan alapohjan tuuletuskatveet.

Pientalojen vanhoissa maanvaraisissa laatta-rakenteissa suurimmat riskirakenneratkaisut ovat kosteuseristyksien puuttumiset perusmuurin pinnoilta, lämmön- ja roudaneristyksien riittämättömyys, kapillaarikatkojen puuttuminen, kylmäsiilat, epäkelpo maa-aines laatan alla ja laatan korkeusasema verrattuna maan pintaan. (12, 23.) Edellä mainittujen riskirakenteiden seurauksia ja ratkaisuja ovat seuraavat:

- Puutteellisten kosteuseristyksien takia, kosteus on päässyt siirtymään maaperästä rakenteisiin. Varsinkin maaperän ja perusmuurin välistä puuttuvat kosteuden eristykset, kuten esimerkiksi patolevyt aiheuttavat pitkällä aikavälillä kosteusvaurioita. Perusmuurin kosteudeneristyksien tulisi myös ohjata sade- ja sulamisvesiä pois perusmuurista.
- Puutteelliset routaeristykset päästävät talvisin ilmaston jäädyttämään maaperän myös perustuksien tasolta. Tämä aiheuttaa liikettä maaperässä ja pahimmassa tapauksessa muodonmuutoksia ja vaurioita perustuksissa.
- Kapillaarikatkojen puuttuminen esimerkiksi perusmuurin ja anturan välistä, aiheuttaa kosteuden nousemista betonia pitkin aina anturasta lähtien. Kapillaarikatkon lisääminen edellä mainittuun paikkaan sekä esimerkiksi alajuoksupuiden alle, katkaisevat maaperän kosteuden nousut rakenteisiin tehokkaasti kahdesta kohtaa.
- Kylmäsiilat aiheuttavat kondenssiveden vaaran. Esimerkiksi maaperän tai ulkoilman kylmä ilma pääsee johtumaan hyvin vaikka naulaa tai betonia pitkin lähelle lämpöistä sisäilmaa, jolloin on vaarana syntyä kondenssivettä. Tällaista kondenssiveden muodostumista on joskus vaikea havaita ajoissa, koska se saattaa tapahtua esimerkiksi yläpohjassa tai eristekerroksissa. Kaikki kylmäsiilat tulisi poistaa rakenteista.
- Ennen maanvaraisenlaatan alla käytettiin maa-aineena hiekkaa, joka on hyvin kapillaarista maa-ainesta, eli kosteus pääsee hyvin nousemaan niin tiiviissä maa-aineksessa. Nykyään käytetään soraa, joka on hyvin paljon löyhempää, eikä kosteus pääse nousemaan maaperästä.
- Maanvarainenlaatta tulisi rakentaa selvästi maanpintaa ylemmäksi, jolloin siihen ei kohdistuisi ylimääräisiä kosteusrasituksia, vaan sade- ja sulamisvedet valuisivat pois päin rakenteista. (12,15-41.)

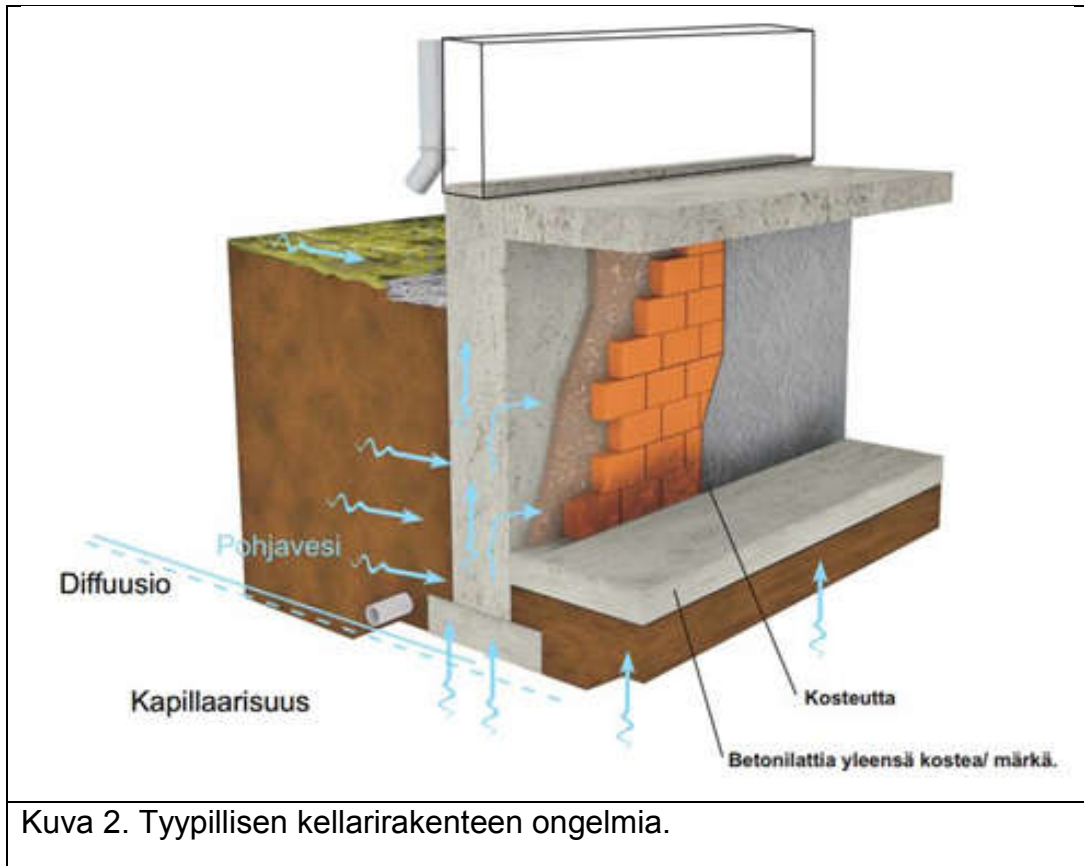
Maavaraisen betonilaatan päälle asennetun puulattian ongelmat piilevät laatan alla olevissa riittämättömissä tai täysin puuttuvissa eristyksissä. Betonilaa-

tan päälle asennettujen koolauslautojen alle ei ole asennettu kapillaarikatkoa eli kosteus on voinut nousta maaperästä betonilaattaan ja jatkanut matkaa siitä puuosiin, jolloin seurauksena on ollut puuosien mikrobivaurioituminen sekä lopulta lahoaminen. (5.)

Vanhoissa kaksoislaattarakenteissa ongelmana on betonilaattojen välissä käytetyn mineraalivillaeristyksen mikrobivaurioituminen. Siitä mikrobit pääsevät huoneilmaan ja ainoa vaihtoehto on poistaa epäkelvot eristeet. Se onnistuu ainoastaan poistamalla päällimmäinen laatta. (5, 14.)

Kellari alapohjaratkaisuna on ollut kymmeniä vuosia sitten lähes välttämätön elintarvikkeiden säilymisen kannalta. Nykyään kellareita ei uusissa pientaloissa aikaisemmin esiintyneessä laajuudessa enää ole. Kellarien voimakkaasti kosteuden vaurioittamat rakenteet ovat aiheuttaneet paljon korjausurakoita. Yleensä syynä on ollut puutteelliset kosteuden- ja lämmöneristykset. Riskirakenteen kellarista tekevät puuttuvat tai väärin asennetut salaojat, sade- ja sulamisvesien kulkeutuminen maanpinnalta ulkoseinää kohti, diffuusiona rakenteisiin siirtyvä kosteus maaperästä, kapillaarinen vedennousu ja mikrobivaurioituvat sisäseinät. Sisäseinissä on saatettu käyttää mikrobivaurioituvaa toja-levyä eli sementti-puulastulevyä tiilien taustalevynä, varsinkin tyyppitaloissa eli niin sanotuissa rintamamiestaloissa 1940-50-luvuilla. Yleensä kyseisissä kellarirakenteissa ei ollut lämmöneristystä vaan pelkästään ilmarako. Myöhemmin, 1970-luvun öljykriisin aikana, kellareihin on lisätty mineraalivilla lämmöneristeeksi ja sen päälle rakennuslevy. Nämä eristeet ovat yleensä mikrobivaurioituneet levyn takana tiivistyneen kosteuden takia. Vanhojen kellarirakenteiden yläpuoliseen lattian rajapintaan on vaarassa muodostua kondenssi-vettä, koska kylmä ilma pääsee sokkeliä pitkin johtumaan suoraan lattiarakenteeseen, jossa se kohtaa lämpimän sisäilman. Kuvassa 2 on kerrottu tyypillisimpiä ongelmia kellareissa. (3; 12.)

Kellarillisia alapohjarakenteita on korjattu uusimalla salaojia ja asettamalla salaoja oikeaan korkoon. Lisäksi lämmön- ja kosteudeneriste on lisätty maakeroksen ja ulkoseinän väliin, tehostettu kellaritilan tuuletusta, katkaistu kapillaarisen veden nousu maaperästä rakenteisiin ja lisätty lämpökatkoja sokkeliin yläpäihin. Vanhojen rakennuksien kellaritiloissa voidaan yleensä jo ummehtuneen hajun perusteella sanoa rakenteiden sisältävän kosteutta. (3, 66-78.)



### 3.2.2 Alaohjauspuut

Seinien alaohjauspuut ovat vanhoissa pientaloissa kovan kosteusrasituksen kohteena. Ne on voitu vanhoissa rakenneratkaisuissa sijoittaa suoraan betonilaatan päälle, ilman kapillaarikatkoja, jolloin niihin on vuosien saatossa nousut betonilaatan lävitse kosteutta. Väliseinissä on käytetty rakenneratkaisua, jossa alajuoksupuun on jätetty pintavalujen sisään ilman kapillaarikatkoja, jolloin se alkaa vaurioitumaan helposti, koska kosteus on päässyt siirtymään siihen maaperästä ja märästä betonista. Nykyään kapillaarisen veden nouseminen betonista alaohjauspuuhun estetään esimerkiksi asentamalla bitumikermitä puun alle. Myös sokkelin ja anturan väliin asennetaan kapillaarikatko. Lisäksi anturan alle laitetaan kapillaarikatkosoraa tai vastaavaa, ettei kosteus pääse nousemaan syvältä maaperästä rakenteiden tasolle. (12, 25.)

Puun tiedetään olevan hyvin hygroskooppinen. Puun pinnalle alkaa muodostua mikrobikasvustoa jo muutaman kuukauden aikana, jos sen kosteuspitoisuus pysyy yhtäjaksoisesti yli 20 %:ssa. Mikrobit tarvitsevat kehittyäkseen myös lämpöisen ja noin 80-90 % kostean ilman. Talvisin kylmä ilma estää mikrobien kehittymisen. Mikrobeista esimerkiksi homeitiöt eivät vaikuta puun

lujuuteen, koska ne muodostuvat vain puun pintaosiin. Kuvasta 3 alla voi havaita, kuinka alaohjauspuu on mikrobivaurioitunut kosteudesta. Homeen ja muiden mikrobien levittämät itiöt ovat ihmisen hengitykselle vaarallisia ja siksi niihin tulee suhtautua aina erityisellä varovaisuudella. Kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 90 %-lukeman, alkaa puuhun muodostua lahottajasientä eli puu alkaa lahoamaan. Puun lahoaminen vaurioittaa puun rakennetta merkittävästi. (11.)



Kuva 3. Mikrobivaurioitunut alaohjauspuu.

### 3.2.3 Valesokkelit

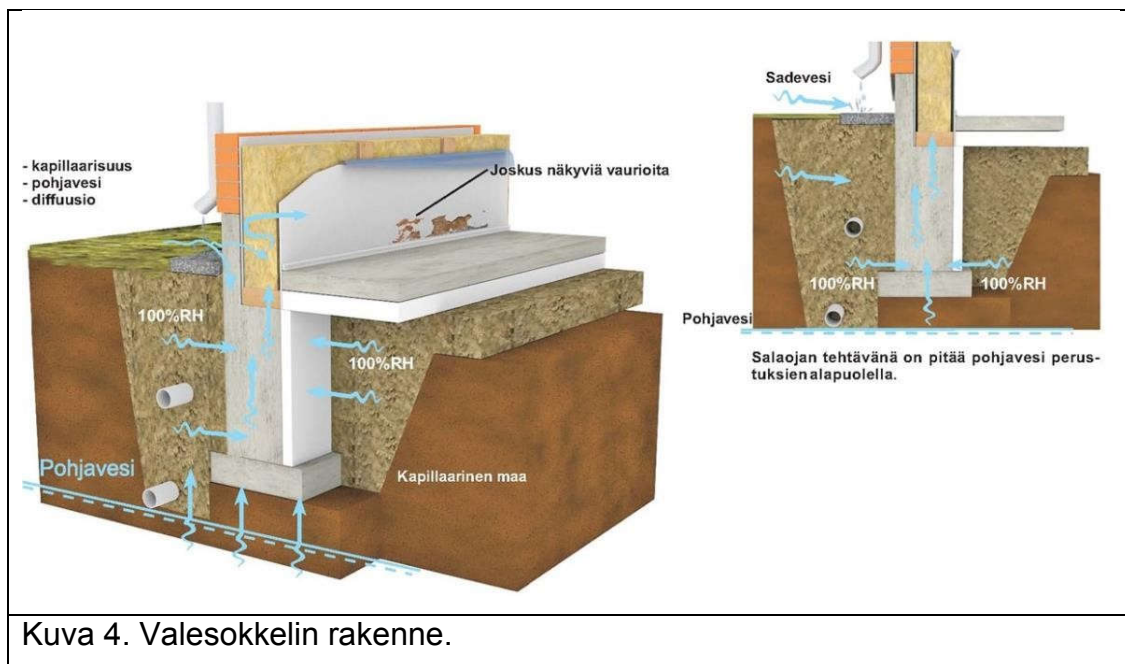
Valesokkelit olivat yleisiä rakenneratkaisuja pientaloissa 1970-80-luvulla. Niillä pyrittiin saamaan aikaiseksi matalampia rakennuksia sekä tiiviimpi alapohjan ja seinän liitoskohta. Valesokkelissa lattian yläpinta on alaohjauspuuta ylempänä sekä alaohjauspuu on yleensä maanpintaa alempana tai samassa tasossa. Kuvassa 4 alla on havainnollistettu valesokkelirakenne. Valesokkelin tuntomerkinä rakennusta ulkoapäin tarkastellessa voidaan pitää ulko-oven kynnystä, joka näyttäisi olevan sokkelin yläpintaa alempana. Valesokkelissa

varsinaisen sokkelin päällä on alaohjauspuu, jonka päältä seinärakenteet lähtevät normaalisti. (3; 12, 11-18.)

Valesokkeli kuuluu riskirakenteisiin siinä esiintyvien kosteusrasituksien vuoksi. Alaohjauspuun sijaitessa usein maapintaa alempana kohdistuu siihen paljon kosteusrasitusta. Kyseisissä rakenteissa ei ole käytetty kapillaarikatkoja, ja betoni on hyvin todennäköisesti tehty paikan päällä eli betonin tiiveys voi olla puutteellista. Näistä syistä vesi pääsee nousemaan kapillaarisesti betonia pitkin ylös muihin rakenteisiin. Sokkelin päällinen on yleensä hyvin epätasainen ja huonosti siivottu, eli siinä esiintyy orgaanisia aineita, kuten sahanpurua, johon voi alkaa kehittyä mikrobikasvustoa. Orgaanisia aineita tapaa myös kyseisen aikakauden pientalojen alapohjarakenteiden alla olevan maataytön päältä. Siellä mikrobeilla on kasvuun tarvittava lämpö, kosteus ja ravinto koko ajan saatavilla, ja tästä johtuen erilaiset mikrobit pääsevät kehittymään. Esimerkiksi sädesienien musodostamat rihmastot leviävät hyvinkin laajalle alueelle aiheuttaen suuria vaurioita sisäilmaan. Valesokkeliratkaisussa maanvaraisen lattian ja seinän väli ei yleensä ole täysin tiivis, minkä vuoksi sisäilman korvausilma voi osittain tulla hallitsemattomasti ja tarkoituksettomasti tätä kautta. Niin tapahtuu varsinkin, jos huoneiston sisäilmaan on alipaineinen, eli korvausilman kulkureittejä ei ole tarpeeksi. Lisäksi huoneistoon on saatettu lisätä koneellinen poistoilmanvaihto, jolloin sisäilman alipaineisuus lisääntyy huomattavasti. (3; 12, 11-18.)

Valesokkelin sisäpintaan muodostuu herkästi talvisin härmää eli jäätä, joka sulaessaan valuu sokkelin päälle, missä alaohjauspuu sijaitsee. Ongelmia on yritetty korjata käyttämällä alaohjauspuuna painekyllästettyä puuta, joka kestää kosteutta jonkin verran enemmän, kuin kyllästämätön sahatavara. Painekyllästetyn puutavaran ongelmat ovat sen hinta sekä metalliosille tuottama rasisitus. Metallien, kuten naulojen ja ruuvien kanssa, kyllästetty puu muodostaa tehokkaan sähköparin, joka johtaa metalliosien rappeutumiseen. Lisäksi painekyllästetyn puutavaran kierrätys aiheuttaa ylimääräisiä päästöjä luontoon. (3; 12,11-18.)





Kuva 4. Valesokkelin rakenne.

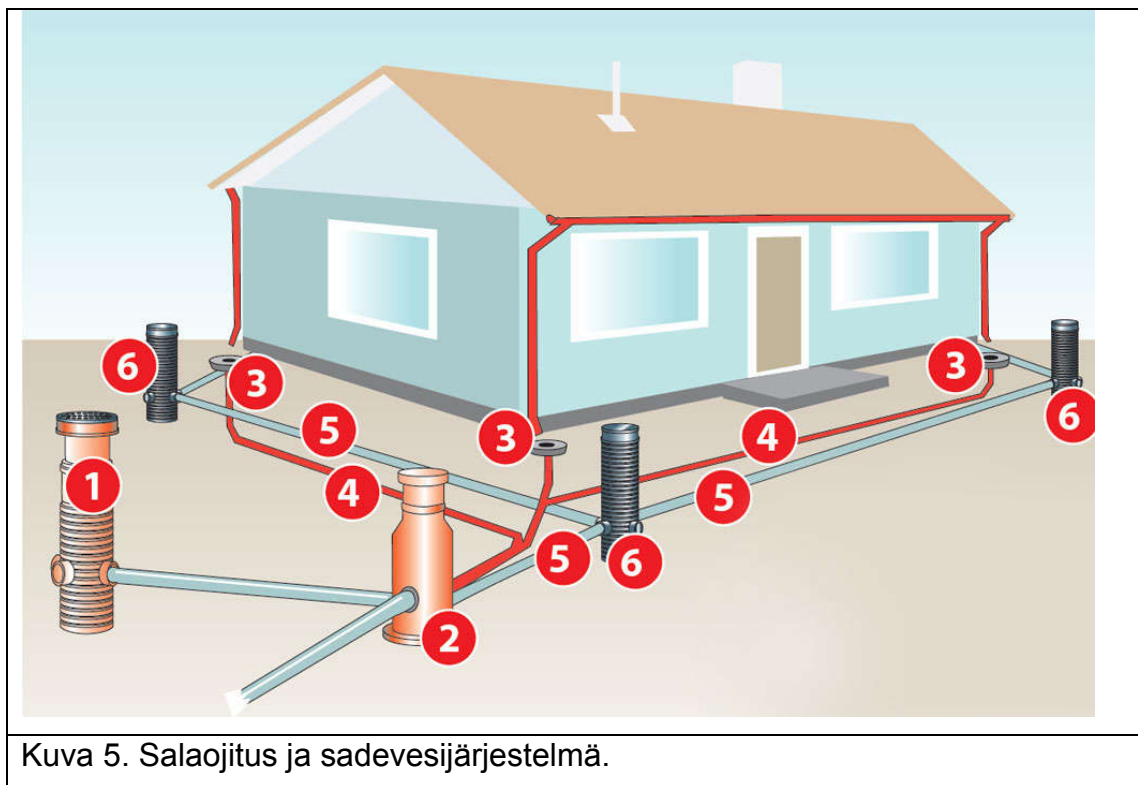
### 3.2.4 Salaojitus

Ennen vuotta 1998 rakennetuissa salaojitusjärjestelmissä on havaittu isoja puutteita. Vuonna 1998 tuli voimaan uusi kosteusmääräys, jossa kiinnitettiin enemmän huomiota salaojitukseen. Siinä korostettiin muun muassa salaojien ensisijaisia tehtäviä sekä kerrottiin salaojien tarkastustoimenpiteistä. (20.)

Salaojajärjestelmien on todettu kestävän rakennuspaikasta riippuen noin 30-50 vuotta. Tämän jälkeen maaperän muutoksien ja salaojaputkien rappeutumisen takia salaojajärjestelmien on katsottu olevan korjauksen tarpeessa. Virheellisesti asennetuissa salaojitusjärjestelmissä salaojat on asennettu liian korkeaan korkoon maaperässä, jolloin ne eivät pysty suorittamaan ensisijaista tehtäväänsä eli pitämään pohjavesi erossa anturoista ja sokkelista. Lisäksi vuosien saatossa putket ovat saattaneet vaurioitua, tukkeutua maa-aineksista tai juurista tai maan routivuuden vuoksi menettäneet oikean kallistuksensa. (18; 3.)

Salaojat ovat tukkeutuneet helposti varsinkin salaojaputkien asennuksien alkuvuosina, jolloin saatettiin käyttää poistettaviin vesimääriin nähden liian pieniä putkia. Näistä salaojitusputkityksistä puuttuivat tarkastuskaivot, joista putkien toimivuutta voitaisiin seurata. Vanhoissa rakennuksissa on yleistä, että sade- ja sulamisvedet on ohjattu suoraan talon viereen, jolloin ne imeytyvät maaperään ja suoraan salaojitusputkistoon ja putkistojen toiminta ylikuormittuu. Salaojien peruseräkkeen sijaan systeemistä on tullut näin talon perus-

tuksien kastelujärjestelmä. Sadevesien pois johtaminen rakennuksen läheisyydestä tulisi suorittaa tarvittavilla maankallistuksilla tai sadevesiviemäröinnillä. Kuvassa 5 alla on esitetty esimerkki salaoja- ja sadevesijärjestelmästä, jollaisia tänä päivänä rakennetaan. (3; 12, 7.)



1. Sadevesikaivo
2. Perusvesikaivo
3. Rännikaivo
4. Sadevesiviemäri
5. salaojaputket
6. Salaojakaivo

(14.)

Toinen salaojitusjärjestelmää kuormittava tekijä on talon sokkelin välittömään läheisyyteen istutetut kukkapenkit tai pensaikot. Niiden juuret ja käytetty maaines eli multa sitovat kosteutta ja pitävät maaperän kosteana koko ajan. Lisäksi niiden juuret ovat vaarassa kasvaa salaojaputkistoihin. Kukkat pitää istuttaa vähintään metrin päähän sokkelista, sekä pensaita ja puita korkeintaan neljän metrin läheisyyteen. (16.)

### 3.2.5 Yläpohja

Puuttuvat aluskatteet ovat pientalojen yläpohjien riskirakenne, koska vesikatton alapintaan muodostuvat kondessivedet pääsevät näin tippumaan suoraan yläpohjan rakenteisiin tai eristeisiin. Lisäksi mahdolliset läpiviennit ovat ongelma-kohta, jos niitä ei ole tiivistetty tarpeeksi huolellisesti. Läpiviennit ovatkin yleensä kattovuotojen aiheuttajia. Vanhoissa rakennuksissa myös sade- ja sulamisvesien johdatus räystäiden kautta on usein puutteellista, jolloin ne joutuvat kulkemaan epäedullisempia reittejä pitkin, esimerkiksi edellä mainituista epätiiviestä läpivienneistä. Niistä vesi pääsee kulkeutumaan suoraan yläpohjan eristykseen ja muihin rakenteisiin, missä seurauksena voi olla mikrobikasvuston kehittyminen. (12, 32-37.)

Vesikatteen epätiiviydet ovat haastavia kosteusvahingon aiheuttajia, koska niitä harvoin huomataan ajoissa. Vahinko on saattanut tapahtua tai alkaa jo kuukausia ennen sen havaitsemisesta, ja sen laajuus yläpohjassa on saattanut levitä hyvinkin merkittäväksi. Pientalojen yläpohja on hyvä käydä tarkistamassa vähintään muutaman kuukauden välein laajojen vahinkojen välttämiseksi. Esimerkiksi läpivientien tiivistyksessä käytettyjen erilaisten silikonien tai vastaavien kunto tulisi tarkistaa ja uusia tarvittaessa. Vakuutusyhtiöt eivät korvaa materiaalien vanhenemisesta johtuvia vahinkoja. (12; 5.)

### 3.2.6 Muita riskitekijöitä

Puuttuvat höyrynsulkumuovit, roudan- ja lämmöneristykset aiheuttavat kosteus- ja muodonmuutosongelmia rakenteissa. Rakenne, kuten esimerkiksi seinärakenne, tulee suojata siten, ettei siihen pääse siirtymään haitallista kosteutta sisä- eikä ulkopuolelta. Tuulensuojalevyn tehtävä on estää pakotetut konvektiovirtaukset (kylmät ilmavirrat) ulkoapäin ja höyrynsulkumuovien tehtävä on estää sisäilmankosteuden pääseminen seinän eristekerrokseen. Lisäksi kondenssivesien muodostuminen rakenteiden sisällä on estettävä sopivilla eristekerroksilla. (12; 15, 27-28.)

Kylmäsiltoja tulee välttää rakennuksissa. Kylmäsilloissa on aina kondenssiveden muodostumisvaara. Vuosikymmenten takaiset epätarkat mitoitukset ovat johtaneet muun muassa sokkelin ja lattiarakenteiden kylmäsiltoihin. Betonirakenne on ollut lähes yhtenäinen aina anturasta lähtien, jolloin maaperän tai ulkoilman kylmä ilma on päässyt johtumaan aivan lattiarakenteen yläpintaan asti, missä se on kohdannut lämpöisen sisäilman. Tästä seuraa sisäilman sisältämä kosteuden tiivistymisen viileälle pinnalle. (12.)

Betonilaattojen päällä on käytetty kylmiä ja kuumia bitumisivelyjä. Menetelmä on tarkoituksenmukainen estämään betonista nousevaa kosteutta pääsemästä eteenpäin. Ongelmiksi tässä menetelmässä on muodostunut bitumipinnoitteen kesto ja sivelyn laatu. Bitumipinnoitteen on arvioitu kestävän noin 30 vuotta, ennen kuin se rappeutuu ja alkaa päästää kosteutta lävitse. Bitumisivelyiden laaduissa on paljon eroja, on tavattu laadullisesti paksuja, koko alan peittäviä pinnoitteita, mutta on myös tavattu paikoin erittäin puutteellisia pinnoituksia, jotka eivät täytä käyttötarkoitustaan. Ennen 1950-lukua bitumin tilalla käytettiin kivihiilipikeä, jonka on todettu sisältävän syöpää aiheuttavia PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä vapautuu hengitysilmaan purkutöiden yhteydessä. Siksi kivihiilipikeen kohdistuvat purkutyöt onkin suoritettava erillisenä purkutyönä. (12; 17.)

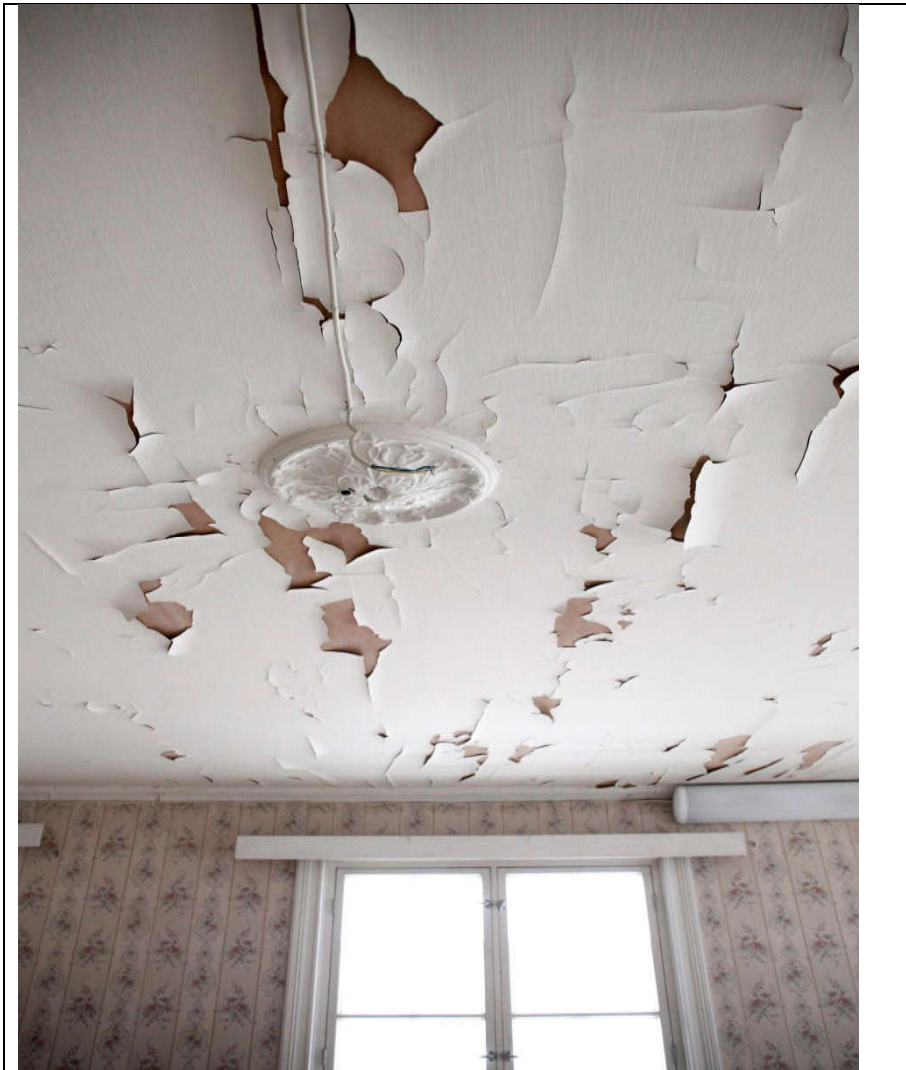
Osa suunnitelluista rakenneratkaisuista on ollut varsin toimivia, mutta vesivahingon sattuessa niistä on koitunut paljon ongelmia. Esimerkiksi alapohjarakenteessa höyrynsulkumuovin asettaminen polystyreenilevyjen sekä hiekan väliin katkaisee tehokkaasti kapillaarisen veden nousun alapohjan muihin rakenteisiin, mutta siinä piilee myös omat riskinsä. Vesivahingon sattuessa vesi pääsee johtumaan betonin ja polystyreenilevyjen läpi muovikalvolle, jonne se jää kellumaan, eikä pääse pois muulla keinoin kuin haihtumalla ylöspäin, edellyttäen että lattian pintamateriaalit mahdollistavat kosteuden haihtumisen vaurioitumatta. Vaarana on myös, että muovi toimii veden kuljettajana ympäri rakennusta, jolloin vahingon laajuus kasvaa merkittävästi.

### 3.3 Rakennus- ja suunnitteluvirheet

Rakentamisen aikana on tehty paljon virheitä eli on laiminlyöty rakennusmääräyksiä ja suunnitelmia. Suurin osa näistä virheistä on tapahtunut, koska rakentaja on ollut välinpitämätön määräyksiä ja lopputuloksen laatua kohtaan. Tämän huomaa korjaustoimenpiteitä suorittaessa. Höyrynsulkumuoveja ja

lämmöneristystä on asennettu epätiivisti, märkätilojen vedeneristykset ovat epätiivittä tai pintamateriaalit on asennettu liian märälle pinnalle, jolloin pintamateriaalit ovat alkaneet irtoilla jo kuukausien kuluessa. Lisäksi esimerkiksi autotallien tai märkätilojen lattioiden kallistusvalut saattavat olla puutteellisia, jolloin kaikki vesi ei pääse kulkeutumaan viemäriin. (12, 24-39.)

Lisäksi rakentajien tai suunnittelijoiden materiaalitietoisuus ei ole ollut riittävä tasolla, koska on saatettu käyttää materiaaleja niille epäsopivissa paikoissa. Esimerkiksi vääränlaisen maalin käyttö voi näkyä poishilseilynä, kuten alla kuvassa 6. On myös voitu käyttää materiaaleja, joiden ominaisuuksista ei ole ollut tarkkaa tietoa. Hyvä esimerkki on ollut asbesti: rakennusmateriaalina hyvä, mutta korjaus- ja purkuvaiheessa sekä teknisten käyttöikien vastaan tullessa hyvin ongelmallinen materiaali. Asbestista lisää myöhemmin tässä opinnäytetyössä. (12.)



Kuva 6. Katon maalauksessa on käytetty vääränlaista maalia.

Seuraavassa yleisempiä vastaan tulevia rakennus- ja suunnitteluvirheitä pientaloissa:

#### Perustusvaihe

- Maapohjatutkimuksia on laiminlyöty, jolloin esimerkiksi routimissyvyys ja pohjavedensyvyys ovat jääneet epäselviksi.
- Anturoiden mitoitus ja toteutus ovat olleet liian pienet, jolloin kuormia ei ole saatu siirrettyä tarpeeksi maaperään ja seurauksena on voinut olla esimerkiksi vaurioita perusmuurissa.
- Maankallistukset tehty väärin, jolloin sade- ja sulamisvedet eivät ole valuneet pois päin rakennuksesta suunnitellusti.
- Salaojia asennettaessa putkien kallistukset ovat olleet väärät, putkena on käytetty vääränlaista putkea tai asennussyvyys pohjaveteen nähden on ollut väärä.
- Routa- ja kosteuseristykset on asennettu puutteellisesti, jolloin routa on päässyt aiheuttamaan vahinkoa perustuksiin ja kosteus rakenteisiin.  
(12, 8-59.)

#### Seinärakenteet

- Höyrynsulkumuovina on käytetty vääränlaista muovia, kuten esimerkiksi jätteen luokiteltua pakkausmuovia, joka on teknillisiltä ominaisuuksiltaan epäkelvoinen.
- Höyrynsulkumuovi on asennettu puutteellisesti tai sitä on vaurioitettu rakennusvaiheessa, jolloin muovi ei ole enää ollut yhtenäinen.
- Rakennuksen aikainen kosteudenhallinta on laiminlyöty: materiaalit ovat olleet märkiä jo asennusvaiheessa.
- Julkiverhouksen takaisen ilmatilan tarve on laiminlyöty.
- Ikkunoiden vesipellityksiä ei ole tehty tarpeeksi tiiviiksi, jolloin vesi on päässyt valumaan rakenteisiin.
- Tiiliverhouksessa käytetty liikaa laastia, jolloin laasti on kasaantunut verhouksen taakse estäen ilman liikkumisen.
- Tiiliverhouksessa kapillaarikatkona käytetty bitumikermin on asennettu siten, että se on sekä tiilien alla, että myös alajuoksupuun alla, jolloin kosteus on päässyt bitumikermin päällä siirtymään alajuoksupuuhun.  
(12, 8-59.)

## Alapohja

- Orgaanista jätettä on jätetty rakenteiden alle, jolloin se voi aiheuttaa mikrobien kehittymisen.
- Julkiverhouksen takainen ilmatilan tarve on laiminlyöty.
- Ikkunoiden vesipellityksiä ei ole tehty tarpeeksi tiiviiksi.
- Tiiliverhouksessa käytetty liikaa laastia, jolloin se on kasaantunut verhouksen taakse estäen ilman liikkumisen.
- Tiiliverhouksessa kapillaarikatkona käytetty bitumikermi on asennettu siten, että se on sekä tiilien alla, että myös alajuoksupuun alla. (12, 8-59.)

## Yläpohja

- Läpivientejä ei ole tiivistetty tarpeeksi, jolloin vesi on päässyt siirtymään raoista rakenteisiin
- Yläpohjan tuuletus on laiminlyöty, joko suunnittelu- tai rakennusvaiheessa.
- Aluskatteen pituus on vajavainen eli vesi ei pääse kulkemaan vesikatetta pitkin seinälinjan ulkopuolelle vaan valuu rakenteisiin.
- Aluskate on asennettu liian löysään, jolloin siihen pääsee muodostumaan vesipusseja, mikä on rasittanut liaksi aluskatetta ja rikkonut sen.
- Aluskatteen päälle ei ole asennettu niin sanottuja happirimoja, jolloin ilma ei pääse kiertämään aluskatteen ja vesikaton välissä. Tällöin sinne on voinut kehittyä mikrobikasvustoa.
- Yläpohjan lämmöneristettä lisättäessä on tukittu ilman kulkureitit.
- Yläpohjassa ei ole tehty tuulenohjausta ja tuuli pääsee suurella paineella kasaamaan lämmöneristevillat epätasaisesti.
- Höyrynsulkumuovia ei ole asennettu yhtenäisesti tai sitä on rikottu rakennus- tai korjausvaiheessa.
- Höyrynsulkumuovina on käytetty epäkelvää materiaalia.
- Muita virheitä ovat puutteelliset tuennat ristikoissa, puutavaran tarkistamaton laatu, katon liian loivaksi suunniteltu kulma ja räystäiden väärät kallistukset. (12, 8-59.)

### 3.4 Korjausrakentaminen

Korjausrakat on yleensä toteutettu ilman minkäänlaisia korjaussuunnitelmia, jolloin ratkaisut ovat olleet epämääräisiä. Lisäksi uusia korjausrakoita aloittaessa on tullut usein ilmi, ettei edellisen korjausrakan toimenpiteistä ole yleensä olemassa juuri minkäänlaisia dokumentteja. Tämä aiheuttaa lisätöitä uusissa remonteissa, kun yritetään selvittää, mitä rakenteita edellisissä remonteissa vaihdettu, poistettu tai lisätty.

Korjausremonttien aikana on saatettu vähätellä kosteusvaurion laajuutta ja ne on tehty liian pintapuolisesti. On saatettu esimerkiksi jättää alaohjauspuu paikoilleen, koska sen vaihtamisen on katsottu aiheuttavan liian paljon työtä. Ilman kulkureittejä on saatettu tukkia liiaksi, koska on haluttu estää lämpöä karkaamasta. Tästä on aiheutunut ongelmia sisäilman laadussa. Höyrynsulku-muoviin on tehty reikä eristeiden tarkistamiseksi, mutta tarkistamisen jälkeen on reikä saatettu jättää paikkaamatta. Katolla on raot ja virheelliset huopasennukset korjattu puutteellisesti rakennusmassalla tai jollakin muulla vastaavalla materiaalilla, jolloin vesivuoto ei ole loppunut. Kaikki tällaiset virheelliset korjausremontit tuottavat paljon ongelmia rakennuksen jatkoa ajatellen. Korjausremontti voi olla täysin turha, koska kaikki samat rakenteet voidaan joutua avaamaan uudestaan jo muutamien vuosien sisällä. Tästä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia sekä suurta haittaa asukkaille. Tällaiset remontit tulisi suorittaa hyvin huolella alusta loppuun, jotta rakennus pysyisi koskemattomana taas kymmeniä vuosia (12; 5.)

Suomessa asukkaat suorittavat itse korjaustoimenpiteitä, ilman riittävää tietoa ja osaamista. Nämä korjaustoimenpiteet ovat toisinaan vain pahentaneet ongelmaa. Itse korjatut ongelmat, kuten putkivuodot, vedon tunteet rakenteissa, vedon tunteet ikkunoissa ja ovissa ja erilaiset sähkötyöt, ovat yleisimpiä ongelmia, joiden vääränlainen korjaaminen on tuottanut vain lisäharmia rakennuksen asukkaille. Sähkö- ja putkityöt tulee aina jättää ammattitaitoiselle henkilölle, eikä rakenteiden kylmiin kohtiin tulisi puuttua itse ilman ammattilaisen ohjeistusta ja muutoksen vaikutuksen kokonaisvaltaista tarkastelua. Ikkunoiden ja ovien vääränlainen tiivistäminen yleensä johtaa siihen, että huoneilman alipaineisuus vetää ilmaa sisään jostain epäedullisemmista paikasta, kuten lattian ja seinän rakenteista. Tällöin huoneilmaan voi päästä epäpuhtauksia tai puiteväliin päässyt sisäilman kosteus ei pääse tuulettumaan ulomman puit-



teen tuuletusrakojen kautta. Vanhoissa ikkunoissa ulommaista puitetta ei tulisi kauttaaltaan tiivistää, vaan vähintään ylä- ja alareuna tulisi puitevälin tuulettamiseksi jättää tiivistämättä. (12.)

### 3.5 Vedenvuototapaturmat

Vedenvuototapaturmat yleistyvät Suomessa koko ajan. Tilastojen mukaan tapaturmat ovat olleet viime vuodet noin 25 %:n kasvussa. Esimerkiksi kotitalouksien yleisin yksittäinen riskikohde on astianpesukoneiden tulo- ja lika-vesijohdot sekä viemäriiliitokset. Niistä aiheutuvia vuotoja tapahtuu Suomessa noin 200 kappaletta jokaisella viikolla. Muita yleisiä vahingon aiheuttajia ovat viemäriputkistot, kylmä ja kuumavesi putkistot, lämmitysverkosto sekä vesikalusteet. Suurin osa, yli 40 % kaikista vahingoista tapahtuu kerrostaloissa. Vuonna 2012 eri vakuutusryhmät maksoivat vuotovahingoista yli 150 miljoonaa euroa korvauksia. Lisäksi on arvioitu, että lähes yhtä suuri summa jää vakuutusilta korvaamatta vuosittain, syynä vakuutusehtojen ulkopuoliset syyt, kuten käyttäjien huolimattomuus koskien laitteiden tai rakennuksen ylläpitoa. (1.)

## 4 KOSTEUSVAURIOIDEN KORJAUS

### 4.1 Mittaus

Rakenteiden kosteudenmittauksessa on teknologian kehittyessä käyttöön tullut erilaisia kartoitusta helpottavia työkaluja. Työkalujen lisäksi kartoittaja pysyy aistinvaraisin keinoin selvittämään rakennuksessa esiintyviä kosteuden aiheuttamia vahinkoja. Kosteus yleensä aiheuttaa silminnähtäviä jälkiä eri materiaaleihin. Kuulon avulla pystytään esimerkiksi tarkistamaan seinä- tai lattia-laatoitusten kiinnitys. Hajuaistin perusteella kartoittaja voi arvioida rakennuksen sisäilman puhtauden tunnetta ja sen perusteella arvioida mahdollisista kosteusvaurioista ja korvausilman riittävyttä.

#### 4.1.1 Vuodonhaku

Ennen kuin aletaan kartoittaa kosteusvauriota, on selvitetävä kosteuden lähde ja poistettava se, ettei kartoitus ja korjaaminen olisi turhaa ongelman uusiutuksessa korjaustoimenpiteen jälkeen. Yleensä kosteuden lähde on selvä, eikä

vuodonhakua tarvitse tehdä. Joissakin tapauksissa kuitenkin vuodonhaku tarvitsee tehdä ja sen suorittamiseksi tarvitaan materiaali- ja rakennetietämyksen lisäksi myös LVI-asentajan ammattitaitoa, jotta esimerkiksi rakennuksessa ja sen ulkopuolella kulkevien vesiputkistojen sijainnit ja materiaaliratkaisut olisivat tiedossa. Kuvassa 7 on vuotokohta löytynyt lämpöpatteriverkoston putkesta, saunan ja pesuhuoneen välisen seinän alapuolelta. (9.) Vuodonhaussa voidaan apuna käyttää erilaisia työvälineitä, joita voidaan käyttää yhdessä tai erikseen:

- Kuulolaitteella voidaan kuunnella putkistoja ja päätellä vuotava putkilin ja vuotoäänien perusteella. Kuuntelulaitteen apuna voidaan käyttää esimerkiksi paineilmaa, joka paineistetaan putkiverkostoon, jolloin vuotokohta kuuluu selkeämmin.
- Sähkötutkalla pystytään selvittämään esimerkiksi lattiabetonin alla kulkevat metalliputkien sijainnit. Sähkötutka havaitsee metalliputkiin varatun sähkön.
- Lämpökameralla voidaan tarkistaa esimerkiksi lattialämmityksen putkien sijainnit ja kunto. Vuotokohta huomataan vesilämmitteisessä lattialämmityksessä putkesta purkautuvana lämpönä. Lisäksi lämpökameralla saadaan selville rakenteissa esiintyvät kylmäsiljat ja kohdat, joista kylmä ulkoilma pääsee sisäilmaan.
- Merkkikaasun avulla pystytään havaitsemaan putkiston vuotokohta. Putkistoon lisätään merkkikaasua ja aletaan erillisellä tunnistelaitteella etsiä vuotokohtaa, esimerkiksi lämmityspatteriverkostosta lämmityspatterien luota. Merkkikaasun avulla voidaan myös tutkia rakenteiden epätiiviyksiä.
- Merkkisavun avulla voidaan etsiä esimerkiksi lattian ja seinän liittymäkohdasta vuotokohtia. Vuotokohdan selvitystä helpottaa huoneiston alipaineistus esimerkiksi liesituulettimen tehon lisäämisellä. Merkkisavun liikkeistä huomaa onko kohdalla ilmavirtauksia. (9.)



Kuva 7. Vuotokohta löytynyt saunan ja pesuhuoneen välisen seinän alta, merkkikaasun ja kuulolaitteen avulla.

#### 4.1.2 Mittausmenetelmät

Humoristisesti voisi sanoa, että Suomessa on yhtä monta erilaista rakenneratkaisua kuin on rakentajaakin. Siksi onkin tärkeää selvittää rakennuksen kokonaisuuden muodostavat rakenteet ja rakenneratkaisut materiaaleineen. Sen jälkeen selviävät yleensä rakennuksen mahdolliset riskirakenteet sekä veden leviämismahdollisuudet.

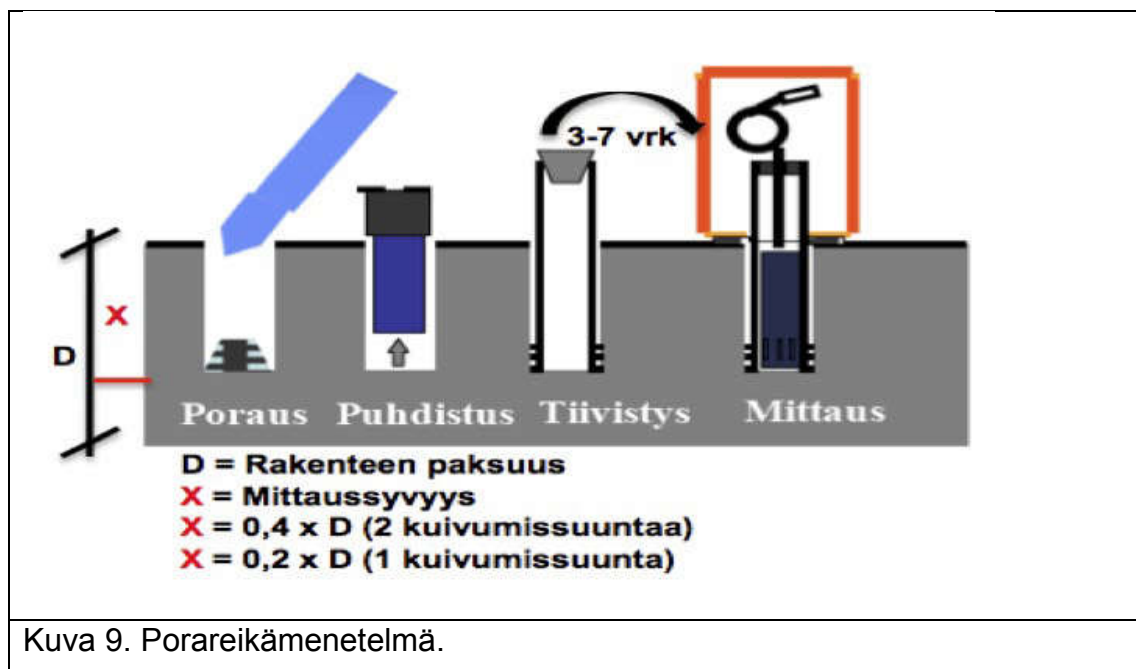
Materiaalin kosteus voidaan mitata monella eri tapaa. Kuvan 8 mukaisella pintaindikaattorilla ei suoriteta varsinaisia kosteusmittauksia, vaan sillä etsitään materiaalista kosteuseroja, joiden perusteella voidaan tehdä havaintoja veden liikkeistä. Pintaindikaattorin toimintaperiaate perustuu materiaalin pinnan sähköjohtavuuteen. Esimerkiksi betonipinnan sähköjohtokyky on sitä parempi, mitä kosteampi se on. Pintaindikaattoria käytettäessä on muistettava, ettei sen välittömässä läheisyydessä ole metallia, mikä johtaa jo itsessään hyvin sähköä, koska silloin pintaindikaattorin antama tulos on epätodennäköinen. Pintaindikaattorin luoma sähkökenttä ei lävistä kaikkia materiaaleja, kuten esimerkiksi kylpyhuoneissa käytettyä klinkkeri-laattaa, jolloin saatu mittaustulos on virheellinen. Pintaindikaattori sopii käytettäväksi, kun halutaan saada viitteellinen kuva kosteusvahingon laajuudesta. Esimerkiksi jos vesivahinko sattunut lattiamaton päällä, saadaan pintaindikaattorilla viitteellinen arvio siitä, kuinka suurelle alueelle vesi on lattiamaton alla levinnyt. Pintaindikaattorilla mitattaessa, esimerkiksi lattiamaton lävitse, on hyvä etsiä läheltä referenssiar-

vo eli kuivan arvo, että saadaan selville rakennuksen lattiamaton alla vallitseva normaali kosteuden määrä. (4, 6-7; 13.)



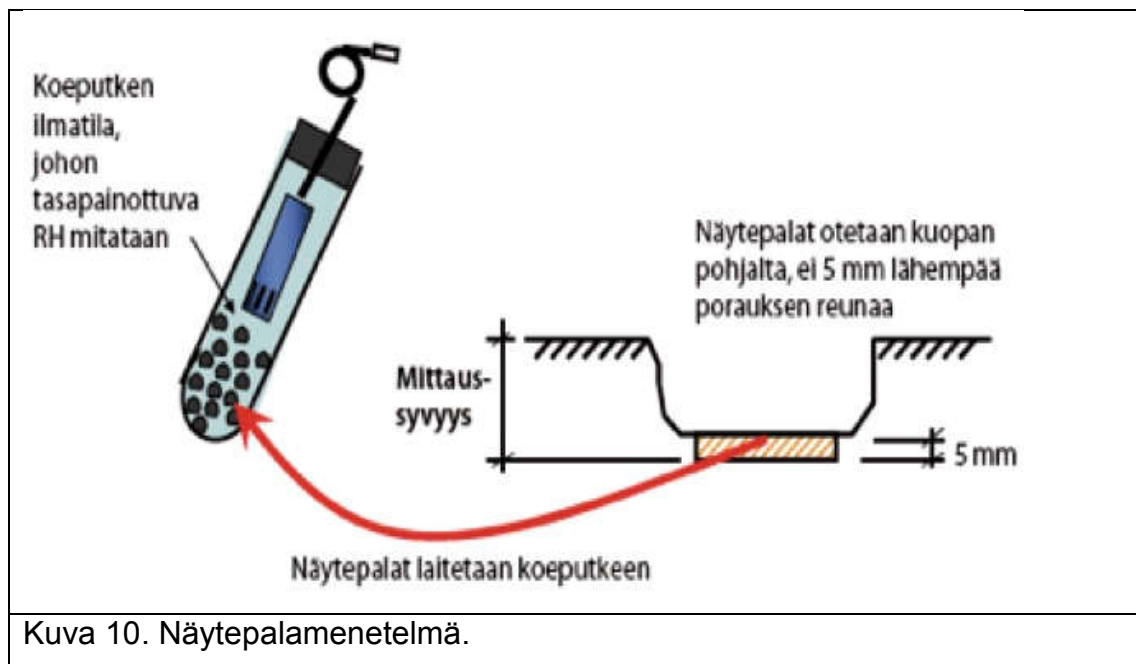
Kuva 8. Gann B 60 pinta-anturi.

Betonin ja betonin kaltaisten materiaalien suhteellinen kosteus mitataan yleensä joko näytepalamenetelmällä tai porareikämenetelmällä. Kuvan 9 porareikämenetelmä soveltuu erityisen hyvin, jos halutaan useammasta kohdasta mitata kosteutta. Menetelmä ei sovellu käytettäväksi jos halutaan saada suhteellinen kosteus kuumasta betonista, heti esimerkiksi lämpömattojen sammuttamisen jälkeen. Porauksen ja puhdistuksen jälkeen näihin yleensä 16 mm reikiin asennetaan huoneenlämpöiset muoviset mittaputket. Putket pitää asentaa tiiviisti reikiin, apuna voi käyttää esimerkiksi tiivistyskittinauhaa. Mittausputkien tulee antaa tasaantua porausrei'issä 3-7-vuorokautta ennen mittapäiden asennusta, jotta tasapainokosteus putkessa olisi saavutettu. Ennen mittapäiden asennusta tulee varmistaa, että mittapääät ovat ohjeiden mukaan kalibroituja ja että ne ovat tasaantuneet vallitseviin olosuhteisiin (lämpötila sekä ilmankosteus). Jos mittapääät tai mittausputket asennetaan liian kylminä porareikään, voi niihin muodostua kastepiste, jolloin mittaustulos on virheellinen. Mittapäiden pitää antaa tasaantua mittatulpassa mittapäälle ominaisen ajan, yleisesti ottaen 1–4 tuntia, riippuen halutusta tai tarvitusta mittaustarkkuudesta ja vallitsevista olosuhteista. (4, 13-16; 13.)



Kuva 9. Porareikämenetelmä.

Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen voidaan suorittaa myös näytepalamenetelmällä. Menetelmä on porareikämenetelmää luotettavampi. Menetelmä soveltuu kohteisiin, joissa halutaan suhteellinen kosteus saada selville nopeasti. Menetelmää käytetään, kun betonin lämpötila on liian korkea tai matala porareikämenetelmälle. Näytepalamenetelmää voidaan käyttää lämpötilan ollessa  $-20...+80^{\circ}\text{C}$ . Näytepalat otetaan betonista poraamalla ensiksi 10 – 16 mm terällä 50...100 mm piiri haluttuun mittaussyvyyteen asti, sen jälkeen piirin sisään jäänyt betoni piikataan pois. Sen jälkeen aletaan varovasti piikkaamaan esille tulleesta alueesta palasia koeputkeen. Koeputkeen ei laiteta pölyä eikä kiviä, vaan mahdollisimman suuria palasia sideaineesta, jotka mahtuvat koeputkeen. Koeputken tulee olla huoneenlämpöinen ( $+20^{\circ}\text{C}$ ). Tavoitteena on täyttää koeputkesta noin 1/3. Koeputki suljetaan tiiviisti heti tulpalla, josta läpi kulkeutuu mittapääanturi koeputken sisälle. Koeputkien säilytys sekä kuljetus tulee tapahtua huoneenlämpöisessä ilmassa. Näytepalojen tulee tasaantua halutusta mittaustarkkuudesta riippuen 5 – 12 tuntia noin  $+20^{\circ}\text{C}$  asteen vakolämpötilassa ennen lopullista mittausta. Kuvassa 10 alla on esitetty näytepalamenetelmä. (4, 17-18; 13.)



Kuva 10. Näytepalamenetelmä.

Haettu betonin suhteellinen kosteus riippuu päälle asennettavasta pintamateriaalista. Jos esimerkiksi päälle ei asenneta minkäänlaista pintamateriaalia, voidaan hyväksyä suhteellisen korkeakin kosteusarvo. Jos taas päälle asennetaan tiivis pintamateriaali, minkä lävitse kosteus ei pääse helposti haihtumaan, tulee betonin olla kuiva myös pintaa syvemmilläkin. Jos syvemmillä betoniin jää kosteutta, siirtyy se ajan myötä kohti pintaa ja haihtuu ilman mukana. Jos pintamateriaali on tiivis, tiivistyy kosteus pintamateriaalin alle ja aiheuttaa pahimmassa tapauksessa kosteusvaurion. (4, 22-23; 13.)

Puurakenteiden kosteus mitataan kuvassa 11 esitetyllä painoprosenttimittarilla lyömällä piikit puun sisälle ja katsomalla saatu prosenttimäärä näyttölaitteesta. Kuivana raja-arvona pidetään arvoa 20%. Kun puun kosteus ylittää arvon 28-painoprosenttia, alkaa tuloksen tarkkuus heikentyä. Tämä johtuu siitä, että tässä kosteustilassa puu materiaalina saavuttaa kyllästyskosteutensa.



Kuva 11. Gann-merkkinen puun painoprosentti-mittalaite.

Muita yleisesti käytettyjä mittalaitteita ovat erilaiset mittapäät, kuten esimerkiksi Vaisalan HMP42, jolla voidaan mitata ilman suhteellinen kosteus ahtaistakin paikoista, kuten eristetiloista. Sauvamaisen mittapään kärjessä on erittäin herkkä sensori, joka mittaa muun muassa ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden, lämpötilan, kastepisteen ja keskimääräisen vesimäärän ( $\text{g/m}^3$ ). Sauvan kärki pitää tarkistaa aina ennen mittausta, että sen reiät ovat puhtaat ja suodatin on ehjä. Eristetilan suhteellisen kosteuden kuivana ylärajana pidetään arvoa 60%.

#### 4.1.3 Mittavirheet

Mittauksessa esiintyviä mahdollisia virheitä liitetään usein vallitseviin olosuhteisiin ja asennusvirheisiin. Hyvin korkeat ja varsinkin hyvin matalat lämpötilat voivat antaa jopa yli kymmenen prosenttiyksikön mittausvirheen. Esimerkiksi porausmittareikiä tehdessä betoniin tulee varmistaa, että betonin lämpötila on välillä  $+15\dots+25\text{ }^\circ\text{C}$ . Jos lämpötila eroaa  $+20\text{ }^\circ\text{C}$ :sta  $\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ :een, on yleensä mitattu suhteellisen kosteuden arvo  $\pm 0\text{--}5\text{ }%$  -yksikköä virheellinen. Tämä johtuu siitä, että kosteusmittari mittaa lämpötilaa ja ilman absoluuttista kosteutta, näistä kahdesta mittari laskee suhteellisen kosteuden. Lämpöisempi ilma sisältää enemmän absoluuttista kosteutta kuin kylmä ilma. Mittausvirheet vaikuttavat vaurion arvioinnin tarkkuuteen merkittävästi. Liian korkeat mittaustuloksien takia saatetaan tehdä liian kalliita korjausratkaisuja verrattuna vahin-

gon laajuuteen, kun taas saadut liian matalat mittaustulokset voivat aiheuttaa sen, että korjaussuunnitelmasta tehdään liian pintapuolinen, jolloin rakenteisiin voi jäädä kosteutta. Siitä voi aiheutua vakavia terveyshaittoja ja uusia, entistä suurempia korjausremontteja. (6; 4.)

Porareikämenetelmässä tiivistämätön mittatulppa vuotaa, ja tasoittaa mittatulpassa olevan kosteuden sisäilman kosteuden kanssa. Kaikkien mittapäiden ja anturien tulee olla huoneenlämpöisiä. Liian kylmillä välineillä mitattaessa on vaarassa kastepisteen syntyminen anturiin, jolloin mittaustulos on virheellinen, koska tulos on lähellä sataa prosenttia. Lisäksi tulee ottaa huomioon porauksen ja piikkauksen aiheuttamat lämpötilan nousut betonissa, koska liian kuumma betoni antaa virheellisen tuloksen, siihen mahtuvan absoluuttisen kosteuden takia. Jäähdyttämättömän betonin mittaustulokset ovat virheellisiä. (4, 13-16).

Näytepalamenetelmää toteuttaessa betonista tulee tarkistaa, että otettavan näytemateriaalin seassa ei ole isoja kiviä, koska niiden koostumus on erilainen kuin betonin sideaineella. Kivet aiheuttavat mittaustuloksen vääristymisen koska, kiveen ei sitoudu niin paljoa kosteutta kuin betonin muihin sideaineisiin. Jos näytepala sisältää liian paljon kiviä, on saatu mittaustulos liian alhainen. Lisäksi näytepala putkessa tulee olla riittävän paljon näytemateriaalia. (4, 17-18.)

Laitteistojen kalibrointi tulee suorittaa ohjeistuksen mukaisesti. Laitteiden kalibroinnin laiminlyönti voi aiheuttaa useiden prosenttiyksiköiden virheen mittaustuloksissa, mikä puolestaan aiheuttaa vaurion arvioinnissa vääriä johtopäätöksiä. Arvioiden toimiessa korjaussuunnittelun lähtötietoina on tulosten oltava täsmällisiä ja oikeita, jotta voidaan päätyä riittävän laajoihin ja kustannustehokkaisiin ratkaisuihin. (4, 12-13.)

## 4.2 Toimenpiteet

### 4.2.1 Purkaminen

Kosteuskartoituksen tulosten perusteella suunnitellaan tarvittavat toimenpiteet kosteuden poistamiseksi rakenteista. Rakennuksesta voidaan määrätä esimerkiksi lattia- ja seinärakenteita purkuun, jotta kuivaus saadaan suoritettua



riittävän laajasti. Mahdolliset purkutöitä tulee suorittaa tarvittavia purkuohjeistuksia noudattaen. Esimerkiksi Ratu 82–0239 -menetelmäkuvauksessa on kerrottu erilaisista purkutöissä tarvittavista suojaus- ja osastointimenetelmistä. Purkutöistä aiheutuvan pölyn ja lian leviäminen tulee estää siten, että ne eivät pääse kulkeutumaan esimerkiksi viereisiin huoneisiin tai rakennuksiin. Pölyn leviäminen voi aiheuttaa viereisissä rakennuksissa asumishaittaa ja jopa altistumista epäpuhtauksille, kuten esimerkiksi homeitiölle. Pöly voi myös asunnon sisällä aiheuttaa epäsiisteyttä, ellei asuntoa ole tyhjennetty irtaimistosta, tai jos purkualuetta ei ole osastoitu. Varsinkin vanhoissa rakennelmissa tulee suorittaa tarvittavat haitta-aine tutkimukset ennen purkuvaiheen aloittamista, koska vanhat rakennukset saattavat sisältää lukuisia elimistölle vaarallisia aineita, kuten asbestia. Asbestipurkutöiden määräyksiin tuli tarkennuksia vuoden 2016 alussa. (19.)

Lattialle yleisin toimenpide on pintamateriaalien purkaminen kosteusvaurioituneelta alueelta sekä alla olevan betonilaatan pinnan jyrkiminen tasoitteista ja mahdollisista liimoista, ettei hengitykselle vaarallisia käymisreaktioita pääsisi tapahtumaan. Tärkeintä on saada betonilaatan huokokset auki, jolloin betoni pääsee kuivumaan tehokkaammin.

Seinien alalaidat ovat alttiita kosteuden nousulle lattiasta. Siksi kartoittaja voi usein suositella ne purettavaksi. Alaohjauspuut sekä runkotolppien alapäävät ovat vaarassa vaurioitua kosteudesta ja ne tulee vaihtaa, jos mittaukselliset osoittavat rakenteen kosteuden vaurioittavan tai vaurioittaneen rakennetta. Kipsilevyt ohjeistetaan nykyään asennettavaksi irti lattiasta. Ohjeistuksen ansiosta kipsilevyihin ei pääse niin helpolla nousemaan kosteutta vesivahingossa. Vanhemmissa kipsilevyseinissä levyt ovat kiinni lattiassa ja vaarassa kostua.

#### 4.2.2 Kuivaaminen

Vesivahingon sattuessa asukkaan nopea toimiminen saattaa säästää paljon sekä ajallisesti että rahallisesti. Irtoveden poistaminen vesi-imurilla ja muilla keinoilla mahdollisimman nopeasti on tehokas keino estää veden imeytyminen syvälle rakenteisiin ja leviäminen suuremmalle alueelle. Tuuletuksen ja lämmityksen lisääminen on hyvä ensiapu vesivahingolle. Lämmityksen lisäämisen kanssa tulee olla kuitenkin maltillinen, koska joissakin vesivahingotapauksissa

liiallinen lämpöenergian lisääminen saattaa vain nopeuttaa esimerkiksi mikrobikasvuston syntyä. (10.)

Rakenteiden kuivaamiseen on olemassa monenlaisia erilaisia kuivausvaihtoehtoja, joista seuraavassa ne yleisimmät:

- **Pikakuivaus:** Pikakuivauksessa käytetään kuvan 12 mukaisia lämpömattoja, jotka asennetaan kostuneen betonin tai vastaavan materiaalin päälle. Matot asennetaan kellokytkimeen, jolla säädellään mattojen lämmitysaikaa. Matot eivät saa kuumentua liikaa, jos kyseessä on välipohja- tai seinärakenne. Tällöin toisen puolen pintamateriaalit saattavat kärsiä sekä esimerkiksi kevytbetoniseinät alkavat helposti halkeilla. Lämpömattoja voidaan käyttää myös muiden kuivausmuotojen apuna. Menetelmä sopii esimerkiksi kostuneen betoniseinän tai lattian kuivaamiseen. Menetelmä ei ole sovelias, kun halutaan kuivata esimerkiksi puurakenteita. (8.)



Kuva 12. Pikakuivausmenetelmä.

- **Ilman liikuttaminen ja kuivaaminen:** Vesivahingon sattuessa kosteus imeytyy hygroskooppisiin materiaaleihin, mistä sitä vapautuu rakennuksen sisäilmaan. Tällöin on tarpeen ilmankuivaaja, joka poistaa ilmasta kosteutta puhaltamalla sen rakennuksen ulkopuolelle. Toinen yleinen ja helppo tapa kuivata rakenteita on liikuttaa ilmaa rakenteiden pinnalla. Tämä onnistuu esimerkiksi kuvan 13 mukaisilla aksiaalipuhaltimilla. Menetelmää käytetään kun kyseessä on laajavahinko ja halutaan kui-

vata esimerkiksi seinärakenteita, mutta ei voida käyttää esimerkiksi pikakuivausta. Menetelmää ei tule käyttää asunnoissa, joissa on asukkaita tai tilassa, missä on epäpuhtauksia koska ne leviäisivät tehokkaasti ilmavirtojen mukana. (8.)



Kuva 13. Kuivauksessa käytettävä aksiaalipuhallin.

- Puhalluskuivaus: Puhalluskuivauksessa puhalletaan ilmaa esimerkiksi eristetilaan ilmanpuhalluskoneella. Kuivaustapa saattaa aiheuttaa epäpuhtauksien leviämistä rakennuksen sisäilmaan, joten sen käyttämisestä on syytä miettiä tarkoin. Puhalluskuivaus on tehokas tapa kuivata esimerkiksi kaksoislaatta ratkaisun alimmaista laattaa. (8.)
- Imukuivaus: Imukuivausta käytetään eristetilän kuivaukseen. Imukuivaus on päinvastainen kuivausmenetelmä kuin puhalluskuivaus. Imukuivauksessa tuotetaan eristetilaan alipaine, jolloin tila joutuu imemään korvausilmaa ohjatusta tilasta. Kuivaus suoritetaan siten, että imureistä imetty ilma ohjataan rakennuksen ulkopuolelle ja vastaavasti korvausreikien kautta eristetilän on tarkoitus ottaa ilmaa tilalle. Reikien sijainnit tulee suunnitella siten, että koko eristetilän ilma saadaan liikkeelle, ettei eristetilaan muodostu katvealueita. Imureikien sekä korva-

usilmareikien välit on oltava vakiot, jotta imun tuottama alipaineistus kattaisi tasaisesti koko eristetilan. (8.)

- Mikrokuivaus: Mikrokuivaus tarkoittaa materiaalin vesimolekyylien saattamista värähtelyyn suuren taajuuden avulla. Työtapa on nopea, hyviä tuloksia saadaan jo muutamassa vuorokaudessa. Mikrokuivauksessa periaate on sama kuin mikroaaltouunissa. Menetelmää joudutaan käyttämään kun esimerkiksi kastuneen betonin paksuus on liian paksu muille kuivausmenetelmille. Mikrokuivausta ei saa toteuttaa asunnoissa, jonka läheisyydessä oleskellaan samanaikaisesti. (8.)

### 4.3 Sisäilmatutkimukset

Kosteusvaurio tai muu rakenteellinen vaurio voi ilmetä sisäilman laadusta.

Paha, pistävä haju ja mahdolliset jatkuvat, erilaiset oireilut, ovat merkki huonolaatuisesta sisäilmasta. Sisäilmatutkimukset lähtevät liikkeelle huonolaatuisen sisäilman aiheuttajan paikallistamisesta. Kun hajuhaitta on paikallistettu ja laatu tutkittu, poistetaan haitta ja sen aiheuttaja sekä tiivistetään hajun vuotokoh- ta. Näytepalojen ottaminen ja lähettäminen laboratorioon tutkittavaksi on varma tapa selvittää, mitä haitallisia haitta-aineita rakenteissa on.

Huonolaatuisen sisäilman aiheuttavia haittoja voi olla esimerkiksi:

- Erilaiset kosteuden aiheuttamien mikrobikasvustojen, kuten homeitiöiden, lahottaja- ja sädesienien sekä hiivojen aiheuttamat epäpuhtaudet. Nämä aiheuttavat erilaisia oireiluja ihmisen elimistössä. (2.)
- Erilaiset materiaalien hajoamistuotteet PAH- ja VOC-yhdisteinä, joita syntyy kosteuden ja erilaisten liimojen tai tasoitteiden kemikaalien kohtaamisesta, jolloin syntyy käymisreaktio. Havaitaan yleensä myös hajusta. Useammalle VOC-yhdisteelle altistuminen on todettu aiheuttavan limakalvojen ärtymistä, päänsärkyä ja muita vakavampia sairauksia. VOC-yhdisteitä saadaan rikottua betonilaatata korkeilla lämpötiloilla. (2.)

- Maaperästä nousevat radioaktiiviset radon-kaasut. Nämä kaasut ovat täysin värittömiä ja hajuttomia. Niiden on arvioitu aiheuttavan keskimäärin 300 keuhkosityöpätapausta vuodessa. (2.)
- Jotkut vanhat katto- ja seinätaidoitteet sisältävät huonosti kosteutta kestäviä kaseiinia ja gelatiinia. Kun nämä ainesosat altistuvat kosteudelle, alkavat ne luovuttamaan ammoniakkia, aldehydejä ja rikkiyhdisteitä huoneilmaan, jotka voivat aiheuttaa esimerkiksi limakalvojen ärtymistä. (2.)
- Viemäristä nouseva pistävä haju on yleinen huoneistossa, jossa viemäriä ei ole käytetty pitkään aikaan, jolloin viemäri tai vesilukko on päässyt kuivumaan. Joskus aiheuttajana voi olla myös tiivisteiden vuotaminen. Se voi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa ja limakalvojen ärtymistä. (2.)
- Asbestipöly on erittäin vaarallista ihmisen hengityselimistöille aiheuttaen muun muassa syöpää. Asbestipölyä syntyy asbestirakenteita purettaessa tai korjattaessa. Siksi uuden määräyksen mukaan jokainen mahdollinen ennen vuotta 1994 rakennettu rakenne tulee tutkia asbestista ennen purkua tai korjausta. Uusi määräys astui voimaan vuoden 2016 alusta lähtien. Asbestia käytettiin muun muassa sidosaineena sekä paloeristeenä. (19; 2.)
- Muita rakennuksissa mahdollisesti esiintyviä haitallisia yhdisteitä ovat:
  - Styreeniä esiintyy lattiapinnoitteissa ja kumimatoissa. Se voi aiheuttaa silmien sidekalvojen ja hengitysteiden ärtymistä. pahimmissa tapauksissa aiheuttanut myös hermojen toiminnallisia häiriöitä.
  - Formaldehydiä on muun muassa lastulevyissä käytetyssä liimassa. Se ärsyttää silmiä ja hengitysteitä.
  - Hiilimonoksidi eli häkää on vaarana muodostua vanhoissa puulämmitteissä rakennuksissa. Se voi

aiheuttaa häikämyrkytyksen eli päänsärkyä, pahoinvointia ja hengenahdistusta.

- Hiilidioksidi syrjäyttää hapen huonon ilmanvaihdon seurauksena, jolloin se aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä, keskittymisvaikeuksia. Esimerkkinä voidaan pitää koulua, jossa paljon henkilöitä samassa tilassa. (2.)

Epäpuhtauksiin reagoiminen on täysin yksilökohtaista, jotkut ihmiset reagoivat erittäin vahvasti, kun taas jotkut eivät reagoi ollenkaan. Esimerkiksi homeitiöille vahvasti altistuminen saattaa johtaa intoleranssiin, jolloin herkistynyt henkilö ei enää siedä pientäkään määrää homeitiöitä vaan alkaa heti oireilla vahvasti. (2.)

## 5 YHTEENVETO

Yhteenvetona voidaan sanoa rakennusalan kokevan suurta muutosta Suomessa tällä hetkellä. Muutos on alkanut 1990-luvun lopulla ja jatkuu edelleen. Muutoksen tarkoituksena on luoda suomalaisille vieläkin terveellisempi asuinympäristö. Määräyksiä päivitetään jatkuvasti tiukempaan suuntaan. Niissä kaikenlainen uhka mahdollisille mikrobikasvustojen kehittymisille tulee poistaa rakenteista. Tällaiset korjausprojektit ovat yleensä laajoja ja pitkiä, jolloin myös niiden kustannukset ovat suuria. Esimerkiksi uudistuneen asbestin purkumääräyksen tuottamat lisätyöt tuovat lisätyötunteja ja sitä kautta kuluja.

Suuria kustannuksia aiheuttaa myös kymmenien vuosien aikana tehdyt erilaiset rakennusvirheet. Rakennusvirheitä on päässyt tapahtumaan, koska ennen ei oltu niin paljon huolissaan suomalaisten asumisolosta, jolloin määräyksetkään eivät olleet tiukkoja tai niitä ei olla valvottu tarpeeksi. Virheistä on kuitenkin opittu ja tänä päivänä varsinkin suurien työmailla on erittäin tarkkaa, että määräyksiä noudatetaan. Lisäksi teknologian kehittyessä on saatu tehtyä materiaaleja, millä teknillinen käyttöikä on edellisiä materiaaleja pidempi. Lisäksi näihin materiaaleihin pyritään käyttämään ainesosia, jotka eivät ole terveydelle tai luonnolle mitenkään haitallisia.

Edelleen tapahtuu paljon rakennusvirheitä myös uusissa rakennuskohteissa. Niissä on tehty virheitä joko työmaalla tai sitten jo suunnittelupöydällä. Ei ole otettu esimerkiksi huomioon Suomen voimakkaasti vaihtelevaa ilmastoja tai on saatettu suunnitella ja toteuttaa uusia riskirakenteita. Lisäksi esimerkiksi arkkitehdit ovat saattaneet suunnitella todella haastavia rakennuksia, joihin on ollut hyvin haastavaa suunnitella onnistuneita rakenteita.

Tässä opinnäytetyössä on ongelmakohtia käyty läpi vain pintapuolisesti. Lisätutkimuksia tulisi suorittaa varsinkin rakennusvirheiden kitkemiseksi. Tänä päivänä tulisi rakentaa rakennuksia, joihin ei tarvitsi suorittaa korjaustoimenpiteitä moneen kymmeneen vuoteen.

## LÄHTEET

1. Finanssialan keskusliitto. 2015. Tilastot ja vesivahinkojen aiheuttajat. Saatavissa: <http://www.vesivuoto.fi/tilastot-ja-vesivahinkojen-aiheuttajat/> [Viitattu 16.2.2016].
2. Hengitysliitto. 2015. Hiukkasmaiset ja kaasumaiset epäpuhtaudet. Saatavissa: <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhtaudet> [Viitattu 29.3.2016].
3. Hometalkoot. 2012. Tunnista ja tutki riskirakenne -opetusmateriaali. Saatavissa: <http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html> [Viitattu 16.1.2016].
4. Merikallio Tarja. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Jyväskylä; Gummerrus kirjapaino Oy. [Viitattu 30.3.2016]
5. Nyysönen Antti. 2015. Omakotitalojen riskirakenteet. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89564/Antti+Nyysonen+opinnayte-tyo+omakotitalojen+riskirakenteet.pdf;jsessionid=D2BA596A96A177EE6A4A42A4E2B19C0F?sequence=1> [Viitattu 16.1.2016].
6. Pastrav Mircea. 1990. Moisture and temperature measurements in concrete - Risk for misleading results when measuring in drilled holes. NTH Trondheim –julkaisu.
7. Polygon Finland Oy a. Saatavissa: <http://www.polygongroup.com/fi-FI/polygon/asiakaslupaus/> [Viitattu 16.2.2016].
8. Polygon Finland Oy b. Saatavissa: <http://www.polygongroup.com/fi-FI/palvelut/> [viitattu 16.2.2016]
9. Polygon Finland Oy c. Saatavissa: <http://www.polygongroup.com/fi-FI/palvelut/vesivahingot/vuodenhaku/> [Viitattu 10.4.2016]
10. Polygon Finland Oy d. Saatavissa: <http://www.polygongroup.com/fi-FI/tietopankki/vahinko-opas/> [Viitattu 10.4.2016]
11. Puuinfo. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Saatavissa: [Puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%c3%a4-ominaisuuksia](http://puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%c3%a4-ominaisuuksia) [Viitattu 13.3.2016].
12. Rakennusalan Tutkimuskeskus Oy. 1992. Rakennusvirheet pientalossa. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
13. Rakennustieto. 2010. RT 14-10984. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.xhalax-ng.kyamk.fi:8443/kortistot/tuotteet/103082.html.stx> [Viitattu 20.4.2016]
14. Salaojitus ja sadevesiviemärointi. 2014. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/salaojitus-ja-sadevesijarjestelma-periaate>. [Viitattu 9.4.2016]
15. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. 2009. RIL 107-2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Hansaprint Oy.
16. Tynys Outi. 2011. Ovatko kasvit uhkana talollesi? 4 klassista tapausta ratkaisui-neen. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/piha-puutarhakukat-taimetovatko-kasvit-uhkana-talollesi-4-klassista-tapausta-ratkaisui-neen-51304> [Viitattu 13.3.2016].



17. Työterveyslaitos. 2015. Kivihiilipiki. Saatavissa:  
[http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset\\_aineet/eristeaineet/kivihiilipiki/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/kivihiilipiki/Sivut/default.aspx) [Viitattu 29.3.2016].
18. Uudenmaan salaojahuolto. 2014. Salaojat. Saatavuus:  
<http://www.salaojat.fi/tag/tekninen-kayttoika/> [Viitattu 30.3.2016]
19. Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150798> [Viitattu 9.4.2016]
20. Ympäristöministeriö. 1998. Rakentamismääräyskokoelma C2. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf> [Viitattu 30.3.2016].

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Tuulettuvan alapohjan tuuletuskatveet. Saatavissa:

<http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html> [Viitattu 10.4.2016].

Kuva 2. Tyypillisen kellarirakenteen ongelmia. Saatavissa:

<http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html> [Viitattu 16.1.2016].

Kuva 3. Mikrobivaurioitunut alaohjauspuu. Saatavissa: <http://www.valesokkeli.fi/> [Viitattu 24.2.2016].

Kuva 4. Valesokkelin rakenne. Saatavissa:

<http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html> [Viitattu 16.1.2016].

Kuva 5. Salaojitus ja sadevesiviemärointi. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/salaojitus-ja-sadevesijarjestelma-periaate> [Viitattu 9.4.2016].

Kuva 6. Katossa käytetty väärän tyyppistä maalia. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/koti/a1395372787334> [Viitattu 29.3.2016].

Kuva 7. Vuotokohta löytynyt saunan ja pesuhuoneen seinän alta. Kuva: Rosberg Jukka 2016 [viitattu 24.3.2016].

Kuva 8. Gann B 60 pinta-anturi. Saatavissa:

<http://kosteusmittarit.com.kotisivukone.com/tuotteet.html?id=20/19> [Viitattu 30.3.2016].

Kuva 9. Porareikämenetelmä. Saatavissa:

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset> [Viitattu 12.2.2016].

Kuva 10. Näytepalamenetelmä. saatavissa:

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/103-rakenteista-tehtaevaet-mittaukset> [Viitattu 12.2.2016].

Kuva 11. Gann-merkkinen puun painoprosentti-mittalaite. Saatavissa:

<http://kosteusmittarit.com.kotisivukone.com/tuotteet.html?id=21/27> [Viitattu 30.3.2016].

Kuva 12. Pikakuivausmenetelmä. Kuva: Rosberg Jukka [11.2.2016].

Kuva 13. Kuivauksessa käytettävä aksiaalipuhallin. Kuva: Rosberg Jukka [11.2.2016].