

Opinnäytetyö AMK  
Rakennustekniikka  
Tuotantojohtaminen  
2018

Joonas Viman

# KOSTEUDENHALLINTA PIENTALOTYÖMAALLA

BETONIN KUIVUMINEN JA  
PÄÄLLYSTETTÄVYYS

Joonas Viman

# KOSTEUDENHALLINTA PIENTALOTYÖMAALLA

## Betonin kuivuminen ja päällystettävyyden

Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda esille ilmankosteuden suuret ja kuvata pientalotyömaan kosteudenhallintaan liittyviä toimintamalleja, joilla täytetään viranomaisvaatimukset. Työn tarkoituksena on myös lisätä yleistä tietoisuutta ja kosteudenhallintaan liittyvää ammattitaitoa pientalon rakennushankkeeseen ryhtyvälle.

Työssä esitellään kosteuslähteet, kosteusmittausmenetelmät, kosteuden siirtyminen rakenteisiin ja lasketaan kuivumisajat betonilaatalle. Betonin kuivumisaika-arvio on tarkoitettu porareikämittauksen aloittamisen aikatauluuttamiseen, eikä sen perusteella saa tehdä suoraan johtopäätöksiä betonin päällystämiseen.

Teorian tietolähteenä käytettiin rakennusteollisuuden kirjallisuutta. Ajankohtaisen katsauksen työhön tuo vuoden 2018 alusta käyttöön otetut ympäristöministeriön asetukset rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta.

Opinnäytetyön asiat sisäistettyään rakennushankkeeseen ryhtyvällä on suurempi todennäköisyys tarttua ajoissa kosteudenhallinnan näkökulmasta havaittuihin puutteisiin työmaalla. Kosteuden hallinnan onnistuessa rakennuksista tulee pitkäkestoisia, terveitä ja kosteusteknisesti toimivia.

### ASIASANAT:

Kosteudenhallinta, kosteusmittaus, kuivumisaika-arvio, kosteuslähteet, kosteuden suuret, kuivaketju10

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management (Bachelor of Engineering)

2018 | 52

Joonas Viman

## THE ON-SITE MOISTURE CONTROL

### Concrete drying and covering

The aim of the thesis was to discuss the quantities of humidity and describe different procedures concerning humidity control, that meet the authorities' requirements, when building detached houses. The purpose of thesis was also to increase public awareness and expertise, concerning humidity control, for those involved in a construction project.

The thesis covers different moisture sources, different techniques to measure humidity, moisture transferring to structures and calculates the drying time for concrete. The estimate for the drying time of concrete is intended for scheduling the start of borehole measurement, not directly for covering concrete.

The thesis based on literature of construction industry. The new regulation on moisture prevention technology, by the Ministry of the Environment, gives the thesis a topical view.

After studying the content of the thesis, it is possible to start a construction project and prevent the deficiencies concerning humidity control on the construction site. When humidity control is executed successfully, buildings will be long-lasting, healthy and functional.

#### KEYWORDS:

Moisture control, humidity measuring, estimate drying time, moisture sources.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 KOSTEUSLÄHTEET</b>	<b>3</b>
2.1 Sadevesi	3
2.2 Maaperä	4
2.3 Rakennusaikainen kosteus	4
2.4 Loppukäyttäjä	5
<b>3 ILMANKOSTEUS</b>	<b>7</b>
3.1 Suhteellinen kosteus (Relative Humidity)	7
3.2 Absoluuttinen kosteus	7
3.3 Kyllästyskosteus	8
3.4 Hygroskooppinen tasapainokosteus	8
3.5 Painoprosentti	9
<b>4 YLEISIMMÄT KOSTEUSMITTAUSMENETELMÄT</b>	<b>11</b>
4.1 Pintamittaus	11
4.2 Piikkimittaus	12
4.3 Porareikämittaus	13
4.4 Näytepalamenetelmä	14
<b>5 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISIIN</b>	<b>15</b>
5.1 Diffuusio	15
5.2 Konvektio	17
5.3 Kapillaarinen siirtyminen	18
5.4 Kondensoituminen	19
<b>6 UUDET VIRANOMAISVAATIMUKSET 2018</b>	<b>20</b>
6.1 Yleistä	20
6.2 Yleiset kosteustekniset periaatteet	23
6.3 Rakennushankkeen kosteudenhallinta	25
6.4 Rakennuspohjan kuivatus	26
6.5 Rakennuksen alapohja ja maanvastaiset seinärakenteet	28
6.6 Yläpohja ja ulkoilman vastaiset seinä- ja kattorakenteet	31
6.7 Märkätila	34

<b>7 KUIVAKETJU10</b>	<b>36</b>
7.1 Töiden tilaaminen	36
7.2 Suunnittelu	37
7.3 Työmaatoteutus	38
7.4 Käyttöönotto	39
7.5 Käyttö	39
7.6 Kosteudenhallintakoordinaattori	40
7.7 Rakennusvalvonta	42
<b>8 BETONIN KUIVUMINEN JA RAKENTEIDEN PÄÄLLYSTETTÄVYYS</b>	<b>44</b>
8.1 Yleistä	44
8.2 Betonin kuivuminen	45
8.3 Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät	46
8.4 Kuivumisaika-arviot	47
<b>9 YHTEENVETO</b>	<b>52</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>53</b>

## **KAAVAT**

Kaava 1. Suhteellinen kosteus (Inkinen & Tuohi 2012, 397).	7
Kaava 2. Absoluuttinen kosteus. (Inkinen & Tuohi 2012, 397).	8
Kaava 3. Painoprosentti (Merikallio 2002, 8).	14

## **KUVAT**

Kuva 1. Esimerkki hygroskooppisesta tasapainokosteuskäyrästä (Merikallio 2018, 4).	9
Kuva 3. Pintakosteusmittarin toiminta.	11
Kuva 4. Kosteusmittarin piikkimittauspää juntalla.	12
Kuva 2. Putken tiiveyden merkitys porareikämittauksessa (Merikallio 2002, 14).	13
Kuva 5. Havainnekuva diffuusiosta, jossa kosteus tiivistyy. (Siikanen 2014, 75)	16
Kuva 6. Havainnekuva diffuusiosta, jossa kosteus ei tiivisty (Siikanen 2014, 76).	16
Kuva 7. Vesihöyryn konvektio, reikä höyrynsulussa.	17

## KUVIOT

Kuvio 1. Maanvaraisen laatan peruskuivumiskäyrä (Merikallio 2002, 39).....	49
Kuvio 2. Vesisementtisuhte (Nykyri, 4).....	49
Kuvio 3. Ontelolaatan ja pintavalun peruskuivumiskäyrä (Merikallio 2002, 51).....	51

## TAULUKOT

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien tyypillisiä kosteuksia (RIL 250-2011, 69).	5
Taulukko 2. Kosteuden tuotto asuinrakennuksissa (RIL 250-2011, 67).	6
Taulukko 3. Kylläisen vesihöyryn paine pvs ja tiheys pvs eri lämpötiloissa (Inkinen & Tuohi 2012, 396).	10
Taulukko 4. Eri maalajien kapillaarisia nousukorkeuksia (RIL 250-2011, 72).	18
Taulukko 5. Maanvaraisenlaatan kertoimet (Merikallio 2002, 39).	49
Taulukko 6. Ontelolaatta + pintavalun kertoimet (Merikallio 2002, 51).	51

# 1 JOHDANTO

## Tausta

Nykyään pientalon rakennushankkeeseen ryhtyvän ei välttämättä tarvitse olla rakennusalan ammattilainen, vaan hän voi ulkoistaa kaiken tilaamalla talonsa osatoimituksena, avaimet käteen -tyyppisesti tai edellä mainittuja tapoja yhdistellen. Tästä johtuen kuuluu usein kysymyksiä kosteusvaurioista, niiden aiheuttajista ja betonivalun kuivumisesta, joihin tässä työssä haetaan vastauksia. Vaikka omaa taloa ei tarvitsisi itse valvoa, on silti hyvä olla perillä virheistä, jotka aiheuttavat turhia riskejä.

Vuoden 2018 alussa otettiin käyttöön ympäristöministeriön uudet asetukset rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta, jotka jokaisen rakentajan on hyvä ymmärtää, jo ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä.

Rakennusalalla sekä rakentajien että rakennusvalvonnan suunnalla paljon keskustelua aiheuttanut Kuivaketju10-toimintamalli on myös hyvä ottaa esille, koska se on yksi mahdollinen tapa täyttää ympäristöministeriön uudet vaatimukset.

## Tavoite

Tämän työn tavoitteena on tuoda pientalorakentajalle esiin kosteuslähteet, kosteuden peruskäsitteet, yleisimmät kosteudenmittausmenetelmät, sekä tavat, jolla kosteus siirtyy rakenteisiin. Työssä esitellään malliesimerkkejä konkreettisiin ohjein ja kerrotaan, kuinka ympäristöministeriön uudet asetukset täytetään. Lisäksi työssä lasketaan kuivumisajat kahdelle alapohjalle, jotka ovat käytetyimmät pientaloissa. Työssä esitellään Kuivaketju10 -toimintamalli, joka on yksi mahdollinen tapa täyttää ympäristöministeriön vaatimukset rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta.

## Tutkimus

Työn toteutustapa on teoreettinen, ja tarkoitus on tutkia ja koota yksiin kansiin eri kirjallisuuksissa ilmeneviä perusteita, tehtyjä tutkimuksia ja mallilaskelmia kosteudenhallintaan liittyen. Työssä ei ole mitään konkreettista kohdetta, jossa kuivumisaikojen paikkaansa pitävyyttä ja Kuivaketju10 -toimintamallin vaikutusta voisi seurata.

## Rajaus

Työ voidaan rajata koskemaan puurunkoisia pientaloja, joissa lattia valetaan normaalista betonista. Betonin laatu on hyvä ottaa tässä esille, koska markkinoille tulee uusia koostumuksia, kuten maakostea betoni, jonka kuivumis- ja lujuusarvot ovat jotain ihan muuta kuin perinteisessä betonissa ([www.lohjarudus.fi/pdf](http://www.lohjarudus.fi/pdf), 16). Puurunko mainitaan, koska tarkoituksena on käsitellä höyrynsulun reiän aiheuttama konvektio ja sen seuraukset.



## 2 KOSTEUSLÄHTEET

### 2.1 Sadevesi

Sadevesi on rakennusta rasittavista kosteuden muodoista näkyvin. Sateen aiheuttama vedenpaine kohdistuu eniten vesikattoon ja muihin horisontaalisiin rakennuksen osiin, kastellen seinien ulkoverhoukset sekä sokkelin näkyvät osat. Sade kuormittaa rakennusta sen kaikissa eri olomuodoissa, kuten vetenä, räntänä ja lumena. Niistä kastelevin on räntä, koska sen vaikutus on yleensä pitkäaikainen loivilla- ja vaakasuorilla pinnoilla. Suomessa yleisimpänä sadetyyppinä voidaan pitää pystysadetta, joka rasittaa vaakasuoria pintoja ja räystäättömissä taloissa myös pystysuoria seinäpintoja. (Siikanen 2014, 66.)

Seinärakenteiden suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon viistosade, joka kohdistuu tuulenpaineen vaikutuksella myös pystysuoriin pintoihin. Viistosateeseen liittyy aina voimakas tuuli, jonka yleisin suunta on lounaasta. Viistosade ja sen aikaansaamat tuulenpyörteet asettavat lisävaatimuksia ikkunoiden ja niiden pellityksien suunnittelussa. Viistosadetta voidaan pitää suurimpana rakennuksen vaippaan kohdistuvana rasiustekijänä ja kosteusvaurioiden aiheuttajana. (Siikanen 2014, 67.)

Tuulenpyörteiden vaikutuksista sadevesi tai lumi voi nousta myös ylöspäin julkisivuverhouksessa. Lumen suurimmat haittavaikutukset ovat katoille aiheutuva kuormitus ja tuulen mukana yläpohjaan kulkeutuva lumi. Seinien näkyvissä osissa täytyy ottaa huomioon seinän alaosaa kuormittava roiskevesi ja kellaritiloissa vajovesi. (Siikanen 2014, 67.)

Sateen seinille aiheuttamia kosteushaittoja on helpointa vähentää leventämällä räystäiden ylityspituutta, jotka estävät sadeveden pääsyn ainakin seinien yläosiin. Roiskeveden aiheuttamia haittoja ulkoverhoukselle voidaan taas vähentää sokkelin näkyvän osan korkeutta kasvattamalla tai asentamalla karkeaa puhdasta sepeliä sokkelin välittömään läheisyyteen. Ulkopuolisen verhouksen alla tulee aina olla esteetön ja riittävän suuri tuuletusrako, joka johtaa pois verhouksen läpäisseen sadeveden ja sisältä tulevan kosteuden. (Siikanen 2014, 67.)

## 2.2 Maaperä

Osa sadevedestä kulkeutuu maanpintaa pitkin pintavetenä pois päin riittävien kaatojen johdosta ja osa painuu vajovetenä maaperään aiheuttaen kosteuskuormitusta perustuksille tai kellaritilan seinille. Kellaritilan ulkoseinän ja maan alle jäävän perustusten osan suunnittelussa tulee vajovedestä aiheutuvan tilapäisen vedenpaineen vaikutukset ottaa huomioon rakenteellisesti ja niin, ettei estettä sisältä kulkeutuvan diffuusio- ja rakennekosteuden virtausta ulospäin. Käytännössä tämä toteutetaan patolevyllä, joka erottaa maalajit sokkelista ja jättää pystyrakenteelle tilan jatkaa kuivumista täyttöjen jälkeen. Sallaojituksella, sepelillä ja sopivilla mursketäytöillä varmistetaan maaperän pysyminen riittävän kuivana. (Siikanen 2014, 67.)

Maaperän kosteus on myös sidoksissa pohjaveteen, jonka pinnan syvyys vaihtelee alueellisesti ja riippuu muun muassa vuotuisesta sademäärästä ja viemäroinnistä. Pohjavedellä tarkoitetaan sellaista vettä, joka on pysyvästi maanpinnan alla maa- ja kallioperässä. Pohjaveden korkeusasemaa pystyy arvioimaan lähistön pintavesistöjen, kuten jokien, lampien ja järvien mukaan. Pohjaveden pinnan korkeus tulee ottaa huomioon suunniteltaessa maanalaisia rakennuksen osia, kuten kellareita ja perustuksia. Kellaritilat pitää suunnitella aina pohjavedenpinnan yläpuolelle. (Siikanen 2014, 67.)

## 2.3 Rakennusaikainen kosteus

Rakennustöiden loppupuolella ja käyttöönottoaiheessa rakennusmateriaaleissa ja rakenteissa oleva rakennuskosteus on peräisin materiaalien valmistusprosesseissa käytetystä vedestä, mahdollisesti huonosti suojatusta varastoinnista ja rakennusaikana sattuneista kastumisista. (RIL 250-2011, 68.)

Haitallisen rakennuskosteuden ennalta ehkäisemiseksi suojataan sateelta alttiit rakenteet ja huolehditaan rakennustarvikkeiden kuivana pysymisestä peitteillä ja nostamalla varastoitu tarvike irti maasta. Kosteutta kestävät rakenteet tulee kuivattaa riittävän nopeasti, jottei niihin pääse syntymään haitallista kasvustoa. (RIL 250-2011, 68.)

Rakennuskosteus pyrkii poistumaan materiaaleista ja rakenteista kunnes ne ovat saavuttaneet tasapainokosteuden ympäristönsä kanssa. Tasapainotilassa kosteutta ei enää

siirry ympäristön ja rakennusaineen välillä, vaan materiaalit seuraavat ilmankosteutta ominaisuuksiensa mukaan. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien tyypillisiä kosteuksia (RIL 250-2011, 69).

	Rakennusvaiheen kosteus kg/m <sup>3</sup>	Kemiallisesti sitoutuva kosteus kg/m <sup>3</sup>	Poistuva kosteus kg/m <sup>3</sup> , kun RH =50%
Betoni	180	70	80-85
Kevytbetoni	100-200	-	80-180
Kalkkisementtilaasti	300	20	250
Poltettu tiili	10	-	0
Tiilimuuraus	80	-	70
Puu	60	-	20

Taulukosta 1 voidaan laskea, että 100 mm:n paksuinen betonilaatta sisältää noin 8 kg/m<sup>2</sup> haihtumiskykyistä vettä rakennuskosteutena. Erilaisilla lattiapinnoitteilla on kullekin pinnoitteelle ominaiset alustan maksimi asennuskosteudet valmistajien mukaan. Yleisimpinä rajoina voidaan pitää vesieristeen 90 %RH ja parketilla 85 %RH sekä 75 %RH annettujen mittaussyvyyksien mukaan. (RIL 250-2011, 69.)

Kosteuden poistumisnopeuteen vaikuttavat rakennusaikana tapahtunut kastuminen, rakenteen kuivumissuunnat ja paksuus. Jos rakenne ei ole riittävän kuiva pintamateriaalia asennettaessa, voi tiiviin pinnan alle kerääntyä kosteutta, joka aiheuttaa kosteusvaurion. (RIL 250-2011, 69.)

## 2.4 Loppukäyttjä

Sisäilman suhteellinen kosteus vaihtelee suurin piirtein sinikäyrän muotoisesti jäljitellen pääosin ulkoilman suhteellista kosteutta. Sisäilman suhteellinen kosteus on suurimmillaan kesäkuukausina, jolloin ulkoilmakin sisältää hyvin paljon absoluuttista kosteutta ja taas pienimmillään sisällä kosteuslukemat ovat talvikuukausina, jolloin ulkoilman sisältämä absoluuttinen kosteusmäärä on hyvin pieni. (RIL 250-2011, 67.)

Sisäilman kosteus ei selity pelkästään ulkoilman suhteellisella kosteudella, vaan siihen vaikuttaa myös suuri joukko muita tekijöitä, kuten ilmanvaihdon määrä ja rakennuksessa

tapahtuvasta toiminnasta aiheutuva kosteus. (taulukko 2) Rakennukseen normaalista toiminnasta johtuvia kosteuslähteitä ovat muun muassa kasvit, pyykki, peseytyminen ja ruoanlaitto. (RIL 250-2011, 67.)

Taulukko 2. Kosteuden tuotto asuinrakennuksissa (RIL 250-2011, 67).

Kosteuslähde	Tuotto
Ihminen	40–300 g/h riippuen aktiviteetista (keskimäärin 90 g/h)
Kylpy	700 g/h
Suihku	2 600 g/h
Keittiötoiminta	600–1 500 g/h (päivittäinen keskiarvo noin 100 g/h)
Avoim vesipinta	40 g/m <sup>2</sup> h
Kasvit	
- pienet kasvit	7–15 g/h
- keskikokoiset	10–20 g/h (esim. Ficus elastica)
Vaatteiden pesu ja kuivaus	
- lingottu pyykki	10–50 g/h /kg, kuivaa pyykkiä
- vettä tippuva	20–100 g/h /kg, kuivaa pyykkiä
Kuivauksen kesto ja kokonais- kosteus otettava huomioon	

Sisäilman kosteuslähteet muodostavat seuraavat kosteusrasitukset (RIL 250-2011, 68):

- sisäilman vesihöyryn diffuusio rakenteiden läpi (hallittavissa tiiviillä höyrynsululla)
- sisäilman vesihöyryn konvektio rakenteisiin mahdollisten reikien ja repeämien kautta ulospäin suuntautuvien ilmavirtausten mukana
- vesihöyryn kondensoituminen eristämättömien kylmien vesijohtojen ja ilmanvaihtoputkien ympärille ja valuminen rakenteisiin
- sisäpuolinen roiskevesi ja sisäpintoihin kosteissa tiloissa tiivistynyt kosteus, joka valuu rakojen kautta rakenteisiin

## 3 ILMANKOSTEUS

### 3.1 Suhteellinen kosteus (Relative Humidity)

Rakennustekniikassa ilmankosteudesta yleisimmin käytetty suure on suhteellinen kosteus  $\varphi$  (RH), joka ilmoittaa prosentteina ilmassa höyrynä olevan veden massan  $\rho_v$  enimmäishöyrymäärästä  $\rho_{vs}$ , minkä se voi tietyssä lämpöisessä ilmassa sisältää. Tästä johtuen ilman suhteellinen kosteus ei voi ylittää 100 %:a (Siikanen 2014, 69.)

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_{vs}} 100$$

Kaava 1. Suhteellinen kosteus (Inkinen & Tuohi 2012, 397).

Suhteellisen kosteuden hahmottaminen ja hyödyntäminen rakenteiden kuivattamisessa voi aluksi olla hieman hankalaa. Havainnoimisen vuoksi otetaan käytännön esimerkki. Talvella sisäilman tuulettaminen on erittäin tehokas tapa edesauttaa kuivumassa olevia rakenteita saavuttamaan haluttu lopputulos, vaikka ulkona keskimäärin suhteellinen kosteus lämmityskaudella on 85 % ja sisällä olisi 53 %. Esimerkkilaskut ovat seuraavassa luvussa kaavassa 2. (Siikanen 2014, 69.)

### 3.2 Absoluuttinen kosteus

Absoluuttinen kosteus kertoo, kuinka monta grammaa vesihöyryä on yhdessä kuutiossa ilmaa  $\text{g}/\text{m}^3$ . Absoluuttinen kosteus on sidoksissa ilman lämpötilaan. Mitä suuremmaksi ilman lämpötila kasvaa sitä suuremman määrän se voi sisältää vesihöyryä. Seuraavan sivun esimerkeissä lasketaan 21 °C asteisen tilan absoluuttinen kosteus, ilmankosteuden ollessa 53 % ja ulkoilman absoluuttinen kosteus lämpötilan ollessa -5 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa 85 %. (Laskuesimerkin  $\rho_{vs}$ -löytyy taulukosta 3, sivulta 10). (Siikanen 2014, 68.)

$$\rho v = \varphi \rho v s$$

$$\text{sisällä } 21 \text{ }^\circ\text{C, RH53 \%} \quad \rho v = \frac{53}{100} 18,3 \text{ g/m}^3 = 9,699 \text{ g/m}^3$$

$$\text{ulkona } -5 \text{ }^\circ\text{C, RH85 \%} \quad \rho v = \frac{85}{100} 2,34 \text{ g/m}^3 = 1,989 \text{ g/m}^3$$

Kaava 2. Absoluuttinen kosteus. (Inkinen & Tuohi 2012, 397).

### 3.3 Kyllästyskosteus

Kyllästyskosteudella tarkoitetaan vesihöyryn enimmäismäärää, mitä se voi tietyn lämpöisessä ilmassa sisältää. Toisin sanoen puhutaan suhteellisen kosteuden arvosta 100%. Seuraavaksi kaksi esimerkkiä, miten kyllästyskosteuteen voidaan päästä. Ilman vesihöyryn määrän noustua vakio lämpötilassa maksimiinsa, esimerkiksi betonivalun kuivussa puutteellisen tuuletuksen pitäessä lisääntyvän vesihöyryn talon sisällä. Toisena esimerkkinä voidaan pitää ilman vesihöyryn määrän pysymistä vakiona, mutta lämpötilan äkillisen laskemisen vuoksi ilmassa saavuttaa kyllästyskosteuden. (Siikanen 2014, 70.)

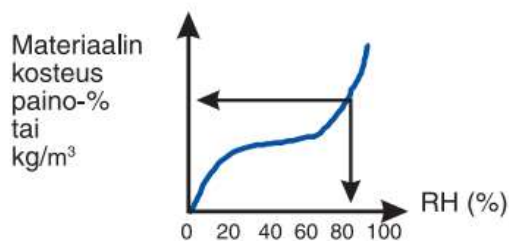
### 3.4 Hygroσκοoppinen tasapainokosteus

Hygroσκοoppinen tasapainokosteus on kosteutta, jonka aine saavuttaa ollessaan tasapainotilassa ympäristönsä kanssa, eli aine pystyy sitomaan kosteutta ilmasta ja luovuttamaan sitä takaisin ilmaan. Matalissa lämpötiloissa aineeseen sitoutuu enemmän kosteutta kuin lämpimissä olosuhteissa. Hygroσκοoppisessa tasapainotilassa oleva aine joko kostuu tai kuivuu mukailen ilman suhteellista kosteutta. Aineiden kyky saavuttaa tasapainotila vaihtelee suuresti niiden vesihöyrynläpäisykertoimien mukaan. Esimerkiksi mineraalivilla jonka tiheys on  $18 \text{ kg/m}^3$  saavuttaa tasapainon nopeasti, toisin kuin tiili, jonka tiheys on  $1680 \text{ kg/m}^3$ . (Siikanen 2014, 77.)

### 3.5 Painoprosentti

Painoprosenttia käytetään yleensä tarkasteltaessa puun kosteutta. Tarkemmin määriteltynä painoprosentti kertoo materiaalin sisältävän veden määrän suhteessa materiaalin absoluuttiseen kuivapainoon. Suurimmat erot verrattuna ilman suhteelliseen kosteuteen puuta mitattaessa ilmenee kyllästyskosteudessa, mikä tuoreen havupuun osalta on noin 30 painoprosenttia. Painoprosentti ei myöskään rajoitu 100 %, vaan se voi olla vastasahatussa puussa jopa 200 %. Painoprosentti puussa ei myöskään ole absoluuttinen arvo, vaan se mukaillee ilman suhteellisen kosteuden mukana. (Merikallio 2018, 3.)

Yleisimpinä mittausmenetelminä voidaan pitää piikkimittausta, jolla saadaan tuloksia jo työmaalla tai punnitus-kuivatusmenetelmää, missä materiaalista pitää ottaa näytepala, joka analysoidaan sille erikseen suunnitellussa tilassa. Eri materiaaleilla on erilainen kyky sitoa kosteutta, koska niillä on erilaiset huokosrakenteet ja tästä syystä materiaaliin sitoutuneen kosteuden suhde ilman suhteelliseen kosteuteen tietyssä tasapainotilassa, saadaan selville punnitus-kuivatusmenetelmällä. Yleisimmille rakennusmateriaaleille on laadittu hygroskooppiset tasapainokosteuskäyrät (kuva 1), joilla voidaan arvioida, paljonko materiaalissa on vettä (paino-%) tietyllä suhteellisen kosteuden arvolla ja päinvastoin. (Merikallio 2018, 2.)



Kuva 1. Esimerkki hygroskooppisesta tasapainokosteuskäyrästä (Merikallio 2018, 4).

Taulukko 3. Kylläisen vesihöyryn paine  $p_{vs}$  ja tiheys  $\rho_{vs}$  eri lämpötiloissa (Inkinen & Tuohi 2012, 396).

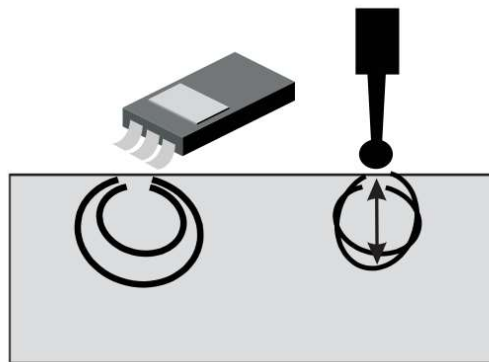
$t$ (°C)	$p_{vs}$ (kPa)	$\rho_{vs}$ (g/m <sup>3</sup> )	$t$ (°C)	$p_{vs}$ (kPa)	$\rho_{vs}$ (g/m <sup>3</sup> )
-15	0,191				
-14	0,208		21	2,486	18,3
-13	0,225		22	2,643	19,4
-12	0,244		23	2,808	20,6
-11	0,265		24	2,982	21,8
-10	0,287	2,15	25	3,166	23,0
-9	0,310	2,34	26	3,360	24,4
-8	0,335	2,54	27	3,564	25,8
-7	0,362	2,75	28	3,778	27,2
-6	0,391	2,99	29	4,004	28,8
-5	0,422	2,34	30	4,241	30,4
-4	0,455	3,52	35	5,62	39,6
-3	0,490	3,81	40	7,37	51,1
-2	0,527	4,13	45	9,58	65,4
-1	0,568	4,47	50	12,33	83,0
0	0,611	4,85	60	19,92	130
1	0,657	5,19	70	31,16	198
2	0,706	5,56	80	47,36	293
3	0,758	5,95	90	70,11	424
4	0,813	6,36	100	101,32	598
5	0,872	6,80	110	143,3	827
6	0,935	7,26	120	198,5	1 122
7	1,002	7,75	130	270,1	1 497
8	1,072	8,27	140	361,4	1 967
9	1,148	8,82	150	476,0	2 548
10	1,228	9,41	160	618,1	3 260
11	1,312	10,0	170	792,0	4 122
12	1,402	10,7	180	1 003	5 158
13	1,497	11,3	190	1 255	6 393
14	1,598	12,1	200	1 555	7 858
15	1,704	12,8	220	2 320	11 610
16	1,817	13,6	240	3 348	16 760
17	1,937	14,5	260	4 694	23 760
18	2,063	15,4	280	6 419	33 280
19	2,196	16,3	300	8 592	46 300
20	2,337	17,3	320	11 290	64 550
			360	18 674	143 500
			374,15	22 129	315 000



## 4 YLEISIMMÄT KOSTEUSMITTAUSMENETELMÄT

### 4.1 Pintamittaus

Pintakosteusmittarin käyttö on nopeaa ja ainoa tapa saada kosteusmittaustuloksia rikkomatta materiaaleja. Mittausmenetelmä (kuva 3) perustuu mitattavan materiaalin kosteuden muutoksen aikaansaaviin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin. (Merikallio 2002, 6.)



Kuva 2. Pintakosteusmittarin toiminta.

Mittareihin on valmistajan toimesta asetettu yleisimpien rakennusmateriaalien kosteuspitoisuuksien painoprosentteja, jotka myötäilevät kyseisten materiaalien sähköisiä ominaisuuksia, kuten sähkönjohtavuutta, kapasitanssia ja resistanssia. Mittaustuloksiksi saadaan yleensä vain lukuarvoja, jotka pitää itse muuntaa mittarin valmistajan painoprosentti taulukon kautta suhteelliseksi kosteudeksi. Mittaustuloksiin liittyvää epävarmuutta lisää esimerkiksi betonipinnan lähellä sijaitsevat raudotteet, lattialämmityspotket, sähköjohdot ja muut sellaiset materiaalit, jotka parantavat sähkönkulkua betonissa. Mittarilla ei pysty havaitsemaan syvällä rakenteessa olevaa kosteutta, eikä myöskään toteamaan onko mahdollisesti havaittu kosteus vesieristeen päällä vai alla. (Merikallio 2002, 6.)

Pintakosteusmittari soveltuu hyvin saman tilan kosteuserojen havaitsemiseen, kuten kuinka korkealle vesivahinko on edennyt seinärakenteessa tai onko muovimaton alle päässyt saumasta vettä. Pintakosteusmittarin lukemien perusteella ei voi tehdä lopullisia päätöksiä liittyen purkamiseen, päällystämiseen tai rakenteiden kuivatustarpeeseen. (Merikallio 2002, 6.)

## 4.2 Piikkimittaus

Piikkimittaria käytetään yleisimmin, kun halutaan mitata puun kosteutta. Piikkianturi voidaan valmistajasta riippumatta yhdistää samaan mittalaitteeseen, kuin porareikämittauksissa käytettävät kosteusanturit. Piikkianturin toiminta perustuu kahden metallisen elektrodin välisen sähkönjohtavuuden mittaamiseen. Mittapiikit pyritään lyömään juntalla mitattavan puun keskivaiheille ja piikkien on osoitettava samaan suuntaan puun syiden kanssa. Esimerkkikuvan (kuva 4) mittapään piikit ovat 7 cm pitkät ja niiden halkaisijat ovat 3 mm. (Merikallio 2018, 2.)



Kuva 3. Kosteusmittarin piikkimittauspää juntalla.

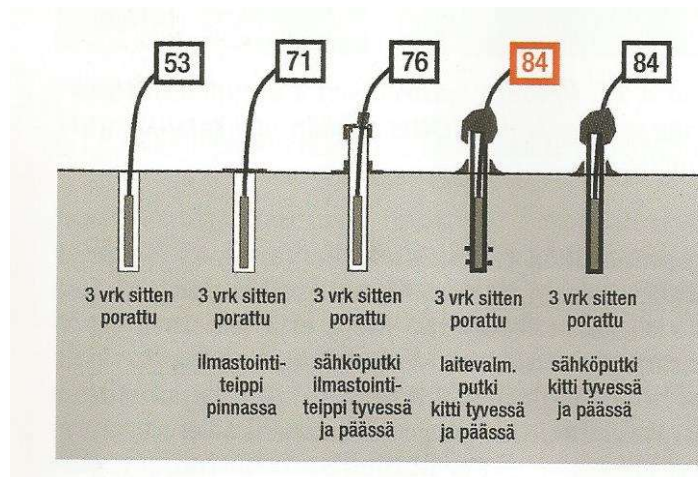
Tässäkin mittarissa tulos annetaan yleisimmin painoprosentteina, mikä toimii erittäin hyvin yhteen puun kosteusmittausten kanssa, koska puun suositellut tasapainokosteus arvot annetaan myös painoprosentteina. Piikkianturilla voidaan mitata myös muita materiaaleja, kuten: tiiltä, kevyt betonia, harkkoja, rakennuslevyjä, kipsilaasteja ja villaa. (Merikallio 2018, 2.)

Edellä mainituista materiaaleista betonin mittauksessa saavutettavat hyödyt liittyvät lähinnä mittaustulosten saantinopeuteen. Piikkianturia käytettäessä tulokset saadaan välittömästi esireikien poraamisen ja mittaamisen jälkeen, kuin vastaavasti porareikämittauksessa jouduttaisi odottamaan anturiputken ilmankosteuden tasaantumista pari päivää. (Merikallio 2018, 2.)

Mittaustulokset betonista keskittyvät lähinnä suuntaa antaviin pintamittausiin, koska esimerkiksi paksusta holvivalusta ei saada mittaustuloksia laatan keskeltä piikkien pituuden vuoksi. Luotettavimman mittaustuloksen saa, kun mittaa mahdollisimman homogeenista materiaalia, eli puuta. (Merikallio 2018, 2.)

### 4.3 Porareikämittaus

Porareikämittaus on yleisin tapa mitata kosteutta betonista työmaalla. Mittauksessa porataan kuivamenetelmällä reiät kahdelle anturiputkelle, joiden syvyyden määrittää rakenne. Reiät puhdistetaan huolellisesti imuroimalla tai paineilmalla, jonka jälkeen niihin asennetaan mittausputket tiivistettynä betonin pintaan. Mittausjakson alkaessa putkien sisälle laitetaan anturit, jotka tiivistetään huolellisesti putken suuhun. (kuva 2) Suhteellisen ilmakehän kosteuden annetaan tasaantua putken sisällä noin kolme vuorokautta ennen mittausta. Mittauksen aikana betonin lämpötilan on oltava samalla tasolla, kuin se on loppukäyttäjälläkin. Betonin ja anturin lämpötilaero kasvattaa kosteuden mittavirhettä tutkimusten mukaan 5 % jokaista astetta kohden siten, että lämpötilojen ollessa alle 20 °C astetta kosteusarvot ovat todellista alhaisempia ja lämpötilan ollessa yli 20 °C kosteusarvot ovat todellista korkeammat. (Merikallio 2002, 16.)



Kuva 4. Putken tiiveyden merkitys porareikämittauksessa (Merikallio 2002, 14).

Mittauksen virheet painottuvat mittaputken tiiveyteen, betonin lämpötilaan suhteessa anturin lämpötilaan ja anturin omaan mittatarkkuuteen, joka on yleisesti  $\pm 3\%$  korkeissa kosteuksissa. (Merikallio 2002, 15.)

#### 4.4 Näytepalamenetelmä

Näytepalamenetelmä menetelmä on ainoa mittaustapa, millä saadaan materiaalista todellinen painoprosentti ja sitä voidaan käyttää kaikissa lämpötiloissa. Mittauksessa otetaan materiaalista näytepala halutusta mittaussyvyydestä, joka laitetaan kuljetuksen ajaksi kosteuden haihtumista estävään rasiaan tai pussiin. Tämän jälkeen kostea kappale  $a$  punnitaan ja aloitetaan kuivaaminen  $+105\text{ °C}$  asteisessa tuulettuvassa uunissa. Kuivausta jatketaan niin pitkään, että kuivan kappaleen  $b$  painon vaihtelu jää alle  $0,1\%$  alkuperäisestä painosta. Tämän jälkeen todellinen painoprosentti lasketaan kaavalla 3. (Merikallio 2002, 8.)

$$\text{Paino} - \% = \frac{a - b}{b} * 100$$

Kaava 3. Painoprosentti (Merikallio 2002, 8).

Mittaustuloksen virheet liittyvät lähinnä näytteen säilytyksen aikaiseen tiiviyteen ja punnitukseen. Mittaustulos on tarkka verrattua sähköisiin mittareihin, joiden tulokset perustuvat mittarivalmistajien tekemiin tutkimuksiin. (Merikallio 2002, 8.)

## 5 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISIIN

### 5.1 Diffuusio

Kaasujen osapainolain mukaan epämääräisesti jakautuneessa kaasuseoksessa kaasumolekyylit pyrkivät siirtymään siten, että syntyy tasaisesti jakautunut kaasuseos. Tämä ilmiö on diffuusio. Osapainolain mukaan kaikki ilmassa olevat kaasut käyttäytyvät erikseen samalla tavalla kuin vesihöyry. Esimerkiksi kun ihmiset hengittäessään kasvattavat sisäilman hiilidioksidipitoisuuden suuremmaksi kuin ulkoilmassa on, pyrkivät hiilidioksidimolekyylit diffusoitumaan rakennuksen vaipan läpi sisältä ulos. (Siikanen 2014, 71.)

Rakennustekniikassa diffuusiolla tarkoitetaan yleisimmin kosteuden siirtymistä vesihöyrynä rakenteiden läpi. Kosteusvaurioita syntyy yleensä, jos rakenteen lämpimämmältä puolelta pääsee vesihöyryä diffuusiolla enemmän rakenteisiin kuin rakenteesta kerkeää poistumaan. (Siikanen 2014, 71.)

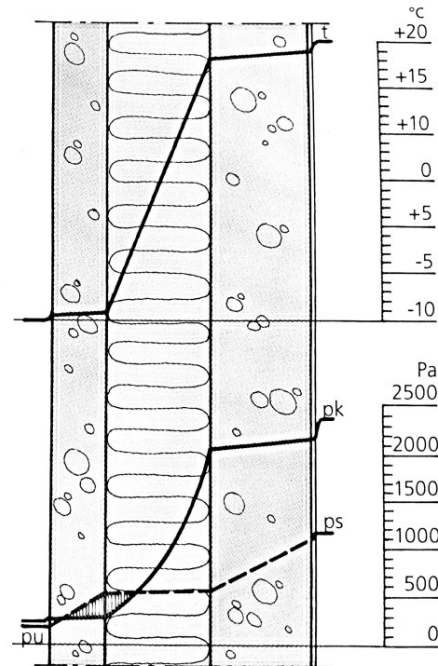
Diffuusiovirtaus kasvaa pitoisuuserojen kasvaessa tai rakenteen vesihöyryn läpäisevyyden kasvaessa. Käytännössä tänä päivänä diffuusio estetään höyrynsulkumuovilla, millä on itsessään hyvin pieni vesihöyryn läpäisykerroin. Rakennukset suunnitellaan siten, että rakenteiden vesihöyrynvastukset pienenevät siirryttäessä lämpimästä kylmään. Pientaloissa ennen höyrynsulkumuovin käyttöä, eristepaksuuksien ollessa huomattavasti pienempiä kuin tänä päivänä, diffuusion aiheuttama rakenteiden kostuminen estyi lämmön vuotaessa rungon läpi samalla kuivattaen rakennetta. (Siikanen 2014, 71.)

## Havainnekuvat diffuusiosta

### Laskuesimerkki 1

Vesihöyryn kulkeutuminen ja vesihöyryn osapaineet betoni-sandwich-seinässä, kun sisälämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 50 %, ulkoilman lämpötila -10 °C ja suhteellinen kosteus 85 %.

Esimerkitapauksessa kyllästymispainekäyrä ja todellinen painekäyrä leikkaavat toisensa lämmöneristyskerroksessa, joten diffuusion aiheuttama kosteuden tiivistyminen tapahtuu ulkokuoren sisäpinnassa.

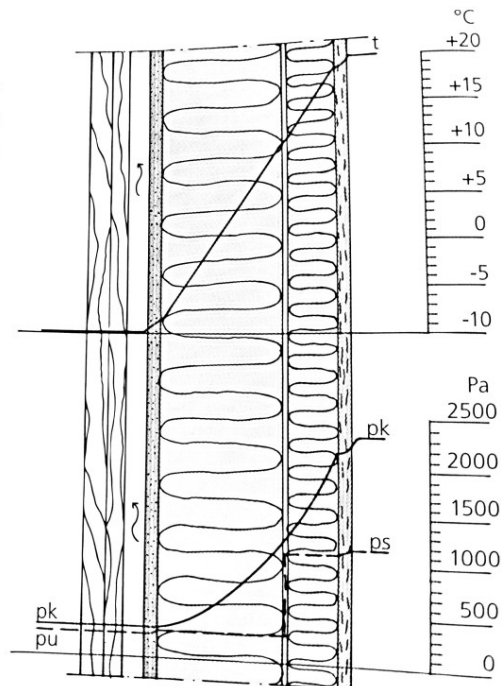


Kuva 5. Havainnekuva diffuusiosta, jossa kosteus tiivistyy. (Siikanen 2014, 75)

### Laskuesimerkki 2

Vesihöyryn kulkeutuminen ja vesihöyryn osapaineet puurankoisessa seinässä, kun sisäilman lämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 50 %, ulkoilman lämpötila -10 °C ja suhteellinen kosteus 85 %.

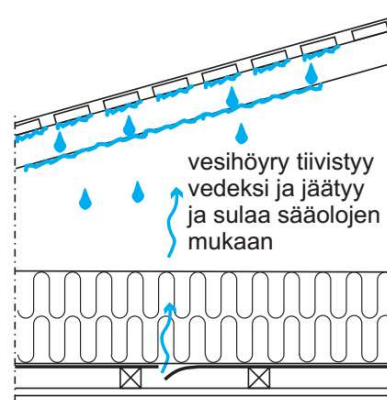
Laskuesimerkissä kyllästymispainekäyrä ja todellinen painekäyrä eivät leikkaa toisiaan, joten rakenteessa ei esiinny diffuusion aiheuttamaa kosteuden tiivistymistä.



Kuva 6. Havainnekuva diffuusiosta, jossa kosteus ei tiivisty (Siikanen 2014, 76).

## 5.2 Konvektio

Konvektiolla tarkoitetaan kaasuseoksen sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkuesssa kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Konvektiota saattaa esiintyä seinän sisäisenä, eli ilman tiheuseroista johtuvana luonnollisena konvektiona tai rakenteessa olevien tiiveyspuutteiden kautta ilmanpaine-erojen takia pakotettuna konvektiona. (Siikanen 2014, 72.)



Kuva 7. Vesihöyryn konvektio, reikä höyrynsulussa.

Suurin kosteusvaurioriski on kylminä vuoden aikoina, kun kostea sisäilma vuotaa rakenteisiin höyrynsulun reikien tai limityksien puutteellisten tiivistyksien vuoksi. Konvektion aiheuttaa rakenteiden eri puolilla oleva erilainen ilmanpaine, joita aiheuttaa esimerkiksi: tuuli, lämpötilaerot ja ilmanvaihtojärjestelmät. Konvektiolla siirtyvä kosteus määrä voi olla moninertainen verrattuna rakenteiden läpi diffuusiolla siirtyvään kosteuteen. (Kuvassa 7) on esimerkkitapaus kostean sisäilman vuodosta, joka on tiivistynyt vedeksi, jäänyt pakkasella ja sulaa keväällä. (RIL 250-2011, 70.)

Omassa talossa on erittäin tärkeää tietää, mihin kohtaan höyrynsulkumuovi on sijoitettu ulkoseinärakenteessa. Yleisin vaihtoehto on sijoittaa höyrynsulkumuovi sisäpinnan kipsilevyn ja tämän koolauksen taakse, juuri ennen varsinaista kantavaa runkotolppaa. Tällä rakenneratkaisulla saavutetaan turvallinen seinärakenne loppukäyttäjältä riippumatta, koska seinän pinnasta muovin pintaan on noin 60 mm. Tämä etäisyys riittää hyvin, jotta yleisimmät sisustukseen tai listojen kiinnittämiseen suunnitellut kiinnitysmenkanismit eivät pääse rikkomaan ehjää höyrynsulkumuovia ja täten seinän sisäinen konvektio estyy.

Toisena vaihtoehtona on sijoittaa höyrynsulkumuovi suoraan sisäpuolen kipsilevyn taakse, josta seuraa haasteita jo talon sähköistyksen aikana, puhumattakaan loppukäytäjästä. Tässä rakenteessa muovi sijaitsee noin 13 mm päästä levyn sisäpinnasta, johon tyypillisimmät kiinnitysmekanismit ylettävät helposti, puhkoen muovin ja aiheuttamalla turhan riskin konvektiolle.

### 5.3 Kapillaarinen siirtyminen

Vesi siirtyy kapillaarisesti materiaaliin veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen takia materiaalin ollessa kosketuksissa veteen tai toiseen kapillaarisen vaikutusalueen altistamaan materiaaliin. Vesi siirtyy kapillaarisesti kaikkiin suuntiin ja juuri tämän takia perustusten kapillaarikatko on erittäin tärkeää kosteudenhallinnan kannalta. Kapillaarinen kosteustasapaino on saavutettu, kun kosteus on noussut tasolle jossa huokosalipaineen imu ja painovoima ovat tasapaino tilassa. (Siikanen 2014, 68.)

Pientalorakentajan näkökulmasta tärkein huomio keskittyy maanvastaisien rakenteiden kapillaariseen kosteuskuormaan. Kapillaarisen nousun katkaiseva kerros tehdään käyttäen esimerkiksi halkaisijaltaan 6-32 mm puhdasta sepeliä alkaen 300 mm maavaraisen betonilaatan alta. Sepelikin on kapillaarinen materiaali, mutta sen nostama vesimäärä on pieni ja nostokorkeus olematon verrattuna muihin maalajeihin. (taulukko 4) Maanvaraisen betonilaatan alle asennettava tiivis ja oikein limitetty lämmöneristekerros parantaa maanvaraisen laatan kosteusteknistä toimintaa, sillä se rajoittaa kosteuden nousua betonilaattaan ja toimii osaltaan myös kapillaarikatkona. (RIL 250-2011, 72.)

Taulukko 4. Eri maalajien kapillaarisia nousukorkeuksia (RIL 250-2011, 72).

Maalaji	Raekoko mm	Kapillaarinen nousu mm
Hiekka	0,2-2 mm	30-300
Hieta	0,02-0,2 mm	300-3000
Hiesu	0,002-0,02 mm	3 000-30 000
Savi	0-0,002 mm	> 30 000



## 5.4 Kondensoituminen

Kondensoituminen tarkoittaa ilmiötä, jossa vesihöyry saavuttaa kastepisteeksikin kutsutun kyllästymiskosteuden ja tiivistyy vedeksi. Tämä ilmiö tapahtuu rakenteissa aina ympäröivää ilmaa viileämmälle kovalle pinnalle, jossa kastepiste saavutetaan. (Siikanen 2014, 72.)

Tavallisimmin kondensio aiheuttamat vauriot liittyvät seuraaviin tapauksiin:

- Yhtenäiset kylmäsillat rakenteen läpi, jossa vesi pääsee tiivistymään rakenteiden sisäpintaa ja valumaan, joko kipsilevyn tai rungon alaosiin aiheuttaen pitkäkestoisena kosteusvaurion.
- Rakenteen höyrynsulussa olevien reikien kautta tapahtuvan konvektion takia, missä vesi jää rakenteen sisälle ja aiheuttaa kosteusvaurion.
- Aluskatteen puutteellinen tiiveys peltikaton alla, aiheuttaa varsinkin viileinä kesäöinä peltikaton kummallekin puolelle tiivistyvälle vedelle oivan reitin suoraan yläpohjan eristeisiin.
- Talvella puutteellinen eristys ilmanvaihtokanavissa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ilmanvaihtokanavin, mistä vesi pääsee helposti vuotamaan huonetiloihin tai putken tiivistämättömistä saumoista eristeisiin.

Kesällä puutteellinen eristys puhallinkonvektorille johtavissa putkissa, aiheuttaa veden tiivistymisen putken ulkopintaan ja näin tapahtuen vesivahingon ympärillä oleviin rakennusmateriaaleihin. (Siikanen 2014, 72.)

Kondensoitumisella voi havaita myös mahdollisia ilmanvaihdon puutteita. Jos asuntoa ei ole varustettu sisäilman suhteellista kosteutta mittaavalla mittarilla, voidaan mahdollinen ilmanvaihtokoneen poistopuolen moottorin hajoaminen todeta nousseena sisäilman kosteutena ja tämän seurauksena kosteuden kondensoitumisena ikkunoihin. Ilmanvaihtokoneen toimiessa normaalisti, kuljettaa se alipaineistaessaan asuintiloja ylimääräistä kosteutta talosta ulkoilmaan.

## 6 UUDET VIRANOMAISVAATIMUKSET 2018

Seuraavassa osiossa ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. Tämä säädös on tullut voimaan tammikuun 1. päivänä 2018. Osioon on otetut lakipykälät ovat siinä muodossa kuin ne ovat asetuksessakin ja ovat täten velvoittavia. Pykälien jälkeen käydään läpi yksi mahdollinen rakentamistapa niiltä osin, kuin sellainen on saatavilla, jolla pykälä täytetään. Uudelle asetukselle ei ole vielä tehty ohjeosiota, joten käytetään RT-kortteja ja vanhan RakMK c2:en ohjeita.

### 6.1 Yleistä

#### 1 § Soveltamisala

*"Tämä asetus koskee uuden rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden suunnittelua ja rakentamista. Asetus koskee myös rakennuksen laajennusta, kerrosalaan laskettavan tilan lisäämistä, korjaus- ja muutostyötä sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutosta." (YM:n asetus 782/2017, 1.)*

#### 2 § Määritelmät

*"Tässä asetuksessa tarkoitetaan:*

- 1) höyrynsululla ainekerrosta, joka estää haittaa aiheuttavan vesihöyryn diffuusion rakenteeseen tai rakenteessa,*
- 2) ilmansululla ainekerrosta, joka estää haittaa aiheuttavan ilmavirtauksen rakenteen läpi puolelta toiselle,*
- 3) kapillaarivirtauksella huokosalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa,*
- 4) kosteudella kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa,*

- 5) märkätilalla huonetilaa, joka ei ole asuinhuone ja jonka lattiapinta on tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiina ja jonka seinäpinnoille voi normaalissa käyttötilanteessa roiskua tai tiivistyä vettä,
- 6) rakennuskosteudella rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakenteisiin tai rakennusmateriaaleihin joutunutta rakennuksen käytönaikaisen tasoapainokosteuden ylittävää kosteutta, jonka on poistuttava,
- 7) ryömintätilalla rakennuksen alapohjan, perusmuurin ja perusmaan rajoittamaa tarkoituksellisesti järjestettyä ulkoilmaan tuulettuvaa ilmatilaa,
- 8) teknisellä käyttöiällä aikaa, jonka rakenne tai rakennusosa teknisesti kestää,
- 9) tuuletusaukolla tai -raolla ulkopuolelta rakenteen tuuletusväliin tai -tilaan johtavaa tuuletusilmavirran sisäänmeno- tai poistumisaukkoa tai -rakoa,
- 10) tuuletustilalla rakenteessa olevaa yhtenäistä ilmatilaa, jonka kautta rakennetta tuulettava ilmavirtaus kulkee ja jonka korkeus tai paksuus ilmavirran suuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa on yli 0,2 metriä,
- 11) tuuletusvälillä rakenteessa olevaa yhtenäistä ilmapäliä, jonka kautta rakennetta tuulettava ilmavirtaus kulkee ja jonka korkeus tai paksuus ilmavirran suuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa on enintään 0,2 metriä,
- 12) vedeneristyksellä ainekerrosta, joka kestää jatkuvaa kastumista ja estää veden haitallisen tunkeutumisen rakenteeseen,
- 13) vedenpaineeneristyksellä ainekerrosta, joka saumoineen ja tukirakenteineen kestää rakenteelle asetetun jatkuvan vedenpainevaatimuksen ja estää veden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen vedenpaineen vaikutuksesta,
- 14) vesihöyryn diffuusiolla kaasuseoksessa vakiokokonaispaineessa tapahtuvaa vesihöyrymolekyylin liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyrypitoisuus- tai höyryn osapaine-eroja,

15) vesihöyryn konvektiolla kaasuseoksen sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkuessa kokonaispaine-eron vaikutuksesta,

16) vesihöyrynvastuksella tasapaksun ainekerroksen tai tällaisista muodostuvan tasapaksun kerroksellisen rakenteen pinnoilla eri puolilla vallitsevien vesihöyrypitoisuuksien tai vesihöyryn osapaineiden eron ja ainekerroksen tai rakenteen läpi jatkuvuustilassa pinta-alayksikköä kohti diffusoituvan vesihöyryvirran suhdetta,

17) vesikatolla katteen ja mahdollisen aluskatteen ja näitä välittömästi kannattavien rakenneosien muodostamaa rakennetta.” (YM:n asetus 782/2017, 1-2.)

### 3 § Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden olennaiset tekniset vaatimukset

”Pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtävänsä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää sen kosteustekniselle toimivuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. Suunnittelijan on rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa selvitettävä rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toimivuus.

Rakennuksen, rakenteiden ja rakennusosien on oltava sisäiset ja ulkoiset kosteusrasitukset huomioon ottaen kosteusteknisesti toimiva niiden suunnitellun teknisen käyttöajan ajan. Rakennuksen liian suuri kosteuspitoisuus tai kosteuden kertyminen rakennuksen osiin tai sisäpinnoille ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa rakennuksessa oleskeleville terveyshaittaa.” (YM:n asetus 782/2017, 2.)

### 4 § Rakennuksen kosteustekninen toimivuus rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa

”Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen ei tarvitse tehdä muutoksia, jos rakennus on kosteusteknisesti toimiva. Korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa kosteusteknisesti toiminut rakenne, jonka tekninen käyttöikä on loppunut tai joka on kosteustekniseltä

*toiminnaltaan vaurioitunut, voidaan korjata rakennusaikaista rakentamistapaa noudattaen. Jos rakenteessa ei ole kosteustekniseltä toimivuudeltaan muutosta vaativaa suunnittelu- tai toteutusvirhettä, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa ensisijaisesti noudatettava alkuperäisen rakenteen toimintatapaa. Korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa voidaan noudattaa tätä asetusta, jos tarkoituksena on parantaa rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta. Jos rakenne on omiaan aiheuttamaan terveyshaittaa tai vaurioita rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa noudatettava tätä asetusta.” (YM:n asetus 782/2017, 2.)*

## 6.2 Yleiset kosteustekniset periaatteet

### *5 § Rakennuksen kosteustekninen toiminta.*

*”Sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi, lumi tai jää ei saa haittaa aiheuttaen kulkeutua rakenteisiin. Sadevesi tai lumi ei saa kulkeutua eikä kosteus saa kerääntyä vaipparakenteeseen myöskään ikkunoiden, ovien tai muiden vaippaan liittyvien rakenteiden, rakennusosien ja laitteiden kautta. Rakennuksen vaipan ja sen rakennekerrosten ja liitosten on muodostettava kokonaisuus, joka estää tuulta, viistosadetta ja tuulenpainetta kuljettamasta vettä vaipan pintaa pitkin rakenteisiin.*

*Rakennuskosteuden ja rakenteisiin ulko- tai sisäpuolelta satunnaisesti kulkeutuvan kosteuden on voitava poistua haittaa aiheuttamatta. Pinnoiltaan kastuvien rakenteiden on kestettävä veden vaikutus.” (YM:n asetus 782/2017, 3.)*

### *6 § Rakenteiden ilmanpitävyys ja höyrytiiviys*

*”Rakennuksen vaipan liitoksineen sekä rakennuksen sisärakenteiden ilmanpitävyyden ja höyrytiivyyden on estettävä vesihöyryn rakenteiden*

*kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitallinen siirtyminen rakenteisiin.”*  
(YM:n asetus 782/2017, 3.)

#### 7 § Rakenteiden tuuletustilat ja -välit

*”Tuuletustilalla tai -välillä varustetun rakenteen tuuletustilaan tai -väliin joh-  
tavien tuuletusaukkojen tai -rakojen on sijoitettava niin, että tuuletustila tai -  
väli on kokonaisuudessaan tuuletusilman virtausreitillä ja ettei tuuletusti-  
laan tai -väliin jää kokonaan suljettuja, tuulettumattomia alueita.”* (YM:n  
asetus 782/2017, 3.)

#### 8 § Rakennuksen korkeusasema

*”Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti  
otettava rakennuksen korkeusaseman valinnassa huomioon rakennuspai-  
kan pinta- ja pohjavedenpinnan taso ja tulvariski. Kosteusvaurioriskien vä-  
hentämiseksi kosteudelle alttiiden rakenteiden ja rakennuspohjan kuivatus-  
järjestelmien on oltava toimintavarmoja niiden suunnitellun käyttöiän ajan.”*  
(YM:n asetus 782/2017, 3.)

#### 9 § Rakennuksen alus- ja vierustäytöt

*”Uuden rakennuksen alla, ryömintätilan alustäytössä ja rakennuksen vie-  
rellä salaojituskerroksena toimivassa vierustäytössä ei saa olla humus-  
maata, kosteuden vaikutuksesta hajoavia tai lahoavia orgaanisia aineita  
eikä rakennusjätettä. Rakennuksen perustuksia, perusmuuria tai alapohjaa  
koskevassa korjaus- ja muutostyössä on noudatettava 1 momenttia aino-  
astaan korjattavilta tai muutettavilta osin.”* (YM:n asetus 782/2017, 3.)

#### 10 § Ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytyslaitteistojen ja muiden laitteistojen vesivuoto- jen havaitseminen, jäätyminen ja veden tiivistyminen

*”Rakenteellisten ratkaisujen on ohjattava uuden rakennuksen ilmanvaihto-  
, lämmitys- ja jäähdytyslaitteistosta tai muusta laitteistosta sekä niihin liite-  
tystä laitteesta aiheutuva vesivuoto näkyville. Jos kyseisiin laitteistoihin tai  
laitteisiin liittyy vesivuodon mahdollisuus, on niiden oltava tarkastettavissa,  
korjattavissa ja uusittavissa. Rakennuksen korjaus- ja muutostyöhön ja*

*käyttötarkoituksen muutokseen sovelletaan 4 §:n säännöksiä. Vesi ei saa jäätyä laitteistojen putkistoissa, kanavissa ja laitteissa. Vettä ei saa tiivistyä haittaa aiheuttaen laitteistojen putkien, kanavien ja laitteiden pinnoille tai tiivistyvä vesi on oltava johdettavissa pois haittaa aiheuttamatta.” (YM:n asetus 782/2017, 4.)*

#### *11 § Rakennustuotteiden olennaiset tekniset vaatimukset*

*”Rakenteissa käytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien on vastattava suunnitelmassa esitettyjä vaatimuksia ja rakennustuotteiden on oltava rakennuspaikan olosuhteisiin soveltuvia. Rakennustuotteen on oltava käyttötarkoituksensa mukaisessa kunnossa sitä asennettaessa. Rakennustuotteen on kestävä asentamisen sekä asennus- ja käyttöolosuhteiden aiheuttamat rasitukset koko rakenteen käyttöiän tai suunnitellun huolto- ja korjausvälin ajan.” (YM:n asetus 782/2017, 4.)*

### 6.3 Rakennushankkeen kosteudenhallinta

#### *12 § Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatiminen ja sisältö*

*”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä.” (YM:n asetus 782/2017, 4.)*

#### *13 § Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen ja sisältö*

*”Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön*

*sovelletaan rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä annetun ympäristöministeriön asetuksen (216/2015) 15 §:ää. Sen lisäksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä.” (YM:n asetus 782/2017, 4.)*

#### *14 § Rakennustuotteiden ja -osien suojaus*

*”Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava rakennustuotteiden ja keskeneräisten rakennusosien suojaamisesta kastumiselta ja epäpuhtauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana.” (YM:n asetus 782/2017, 5.)*

#### *15 § Rakenteiden kuivuminen*

*”Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava siitä, että rakenteissa olevan kosteuden ja rakennuskosteuden kuivumisaste mahdollistaa rakenteiden peittämisen kuivumista hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella vaurioita aiheuttamatta. Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava kosteusmittauksin rakenteiden asianmukaisesta kosteuspitoisuudesta seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä varten.” (YM:n asetus 782/2017, 5.)*

### 6.4 Rakennuspohjan kuivatus

#### *16 § Hulevesien poisjohtaminen*

*”Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava maanpinnan kuivatus ja hulevesien hallinta siten, että hulevedet johdetaan pois rakennuksen vierestä hulevesijärjestelmän avulla.” (YM:n asetus 782/2017, 5.)*

Rakennuksen välittömässä läheisyydessä sijaitseva maanpinta rakennuspaikalla tai tontilla on muotoiltava pois päin viettäväksi. Sopiva maanpinnan vähimmäiskaltevuus



kolmen metrin etäisyyteen perusmuurista on 1:20. Täten korkeuseron on oltava vähintään 0,15 m. (RakMKc2, 5.)

Perusmuurin läheisyydestä vesi poistetaan johtamalla se sadevesiviemäriin, ojiin tai muulla sopivalla tavalla. Rinnetonteille rakentaessa huolehditaan siitä, että yläpuolelta valuvat hulevedet ohjautuvat rakennuksen sivuitse kuitenkin aiheuttamatta haittaa naapuritonteille. Tarpeen vaatiessa tehdään vastakallistukset ja niskaojat. Hulevesiputken minimikaatona voidaan käyttää samaa kuin salaojituksessa, 1:200. (RakMKc2, 5.)

### 17 § Rakennuspohjan salaojitus

*”Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava rakennuspohjan salaojitus veden kapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittävällä etäisyydellä rakennuksen alapohjasta sekä perustusten kuivatusvesien johtamiseksi pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. Rakennuspohja voidaan jättää salaojittamatta, jos erityissuunnittelija on varmistunut perustamis- ja pohjaolosuhdeselvityksen perusteella, että perusmaan vedenläpäisykyky ja pohjaveden korkeus eivät ole omiaan aiheuttamaan haittaa rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle.” (YM:n asetus 782/2017, 5.)*

Salaojituskerrokset salaojaputkineen asennetaan rakennuksen ympärille ja tarvittaessa myös sen alle. Salaojaputken sijainnin tulee olla vähintään 0,4 m yläpuolisen tai viereisen maanvastaisen lattian alapinnan alapuolella. Alapohjan alapuolelle jäävää salaojaputkea ei tule sijoittaa kapillaarisen kosteuden nousua estävään sepelikerrokseen, vaan sen alapuolelle. Salaojaputken tulee sijaita kokonaisuudessaan joka kohdassa anturan alapintaa alempana. (RakMKc2, 7.)

Salaojaputket tulee olla sellaisella syvyydellä ja sillä tavoin eristettynä, etteivät ne jäädy. Salaojien ollessa rakennuksen vieressä, ei tulisi käyttää pienempää peitesyvyyttä kuin 0,5 m silloinkaan, kun salaojaputken yläpuolella on paksuudeltaan ja leveydeltään riittävä routaeristys. Salaojituskerros voidaan toteuttaa muullakin tasarakeisella materiaalilla kuin sepelillä, kunhan sen vedenläpäisy- ja käyttöolojen rasitus ominaisuudet ovat vastaavat kuin sepelillä. Hulevesien pääsy salaojajärjestelmään estetään tiiviillä pihalueen pinnoitteella, joka johtaa rakennuksesta pois päin. (RakMKc2, 7.)

Maanalaisia rakenteita, kuten kellarin seinään tai perusmuuria vasten tulevan pystysuuntaisen salaojituskerroksen paksuuden tulee olla vähintään 0,2 m, kun taas salaojan putkea ympäröivä kerros, tulee olla alla ja sivuilla paksuudeltaan vähintään 0,1 m ja päällä vähintään 0,2 m. Salaojajärjestelmä on varustettava vähintään yhdellä lietepesällisellä kokoojakaivolla ja riittävällä määrällä tarkastuskaivoja, joista järjestelmän toimivuus voidaan tarkastaa ja puhdistaa. Putkien on vietettävä riittävästi kaivon päin. Normaalikaltevuutena voidaan pitää 1:100 ja vähimmäiskaltevuutena 1:200. (RakMKc2, 7.)

## 6.5 Rakennuksen alapohja ja maanvastaiset seinärakenteet

### 18 § Maanvastainen alapohja

*”Maanvastaisen alapohjan lattian yläpinnan on oltava vähintään 0,3 metriä rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella lukuun ottamatta osittain tai kokonaan maanpinnan alapuolella olevien tilojen lattiaita. Jos lattian yläpinta on erityisestä syystä viereiseen maanpintaan verrattuna alempana kuin 0,3 metriä maanpinnan yläpuolella, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen.” (YM:n asetus 782/2017, 5.)*

Tulevan lattiarakenteen alle, levitetään kapillaarisen veden nousun katkaiseva kerros, joka on paksuudeltaan vähintään 0,2 m, normaalisti 0,3 tai 0,4 m. Kerros voidaan toteuttaa sepelillä tai pestyllä singelillä. Kerroksen alle levitetään suodatinkangas, jos perusmaa on silttiä tai savea. (RakMKc2, 8.)

### 19 § Ryömintätilainen alapohja

*”Alapohjan alapuoliseen ryömintätilaan ei saa kerääntyä vettä. Ryömintätilan on tuuletettava. Ryömintätilan kosteus ei saa aiheuttaa haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle.” (YM:n asetus 782/2017, 6.)*

Hulevesien pääsy ulkopuolelta ryömintätilaan estetään sadevesijärjestelmällä, pintaan kallistuksilla ja tarvittaessa rakennuspohjan salaojituksella. Kosteuden kapillaarinen nousu ja haihtuminen estetään salaojituskerroksella tai kosteudeneristyksellä. Kosteudeneristystä käytettäessä on varmistuttava pohjan muotoilun viettävän salaojiin, niin ettei kosteuden eristyksen päälle pääse muodostumaan lammikoita tai kosteuseristys tehdään vettä läpäiseväksi. (RakMKc2, 8-9.)

Ryömintätilan tuuletus toteutetaan yleensä sokkelin tuuletusaukkojen tai -putkien kautta ulkoilmaan. Tuuletus voidaan toteuttaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti katolle johdettavalla tuuletusputkella. Ryömintätilaan ei saa muodostua tehokkaalta tuuletuksesta piiloon jääviä katvealueita. (RakMKc2, 8-9.)

Tuuletusaukkojen yhteenlaskettu pinta-ala tulee olla vähintään 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletus aukoksi lasketaan säleikön tai ritilän vapaa pinta-ala. Tuuletusaukot on jaettava ulkoseinälinjalle tasaisesti siten, että koko ryömintätila tuulettuu ilman katvealueita. Aukot on tehtävä niin ylös kuin mahdollista, kuitenkin vähintään 150 mm maanpinnasta. Aukkojen minimi koko on 150 cm<sup>2</sup> ja suurin sallittu etäisyys toisistaan 6 m. Ryömintätilassa oleviin seiniin ja osastoihin palkkeihin tehdään virtausreitille vähintään kaksi kertaa niin isot tuuletusaukot, kuin ulkoilmaan avautuvat aukot. (RakMKc2, 8-9.)

#### *20 § Ryömintätilan korkeus ja kulkuyhteys*

*”Uuden rakennuksen ryömintätilan korkeuden on oltava keskimäärin vähintään 0,8 metriä. Ryömintätilaan on oltava pääsy sen tarkastamista ja siellä sijaitsevien laitteiden ja järjestelmien huoltamista varten.” (YM:n asetus 782/2017, 6.)*

#### *21 § Maanvastaiset seinärakenteet*

*”Maanvastaisen ulkoseinän rakenteen on estettävä ympäröivän maan kosteuden sekä hulevesien haitallinen tunkeutuminen seinärakenteeseen vedeneristyksellä tai vedenpaineen eristyksellä taikka rakenteellisesti hallitulla vedenpoistolla, joka mahdollistaa kellarin seinän kuivumisen ulospäin. Vedeneristyksen tai vedenpaineen eristyksen on oltava maanvastaisen*

*ulkoseinärakenteen ulkopinnassa tai ulkopuolisen, maata vasten olevan lämmöneristyksen sisäpuolella.” (YM:n asetus 782/2017, 6.)*

Epäjatkovaa vedeneristystä voidaan käyttää, jos pohjaveden pinta on pysyvästi perustamistason alapuolella, rakennuspohjalle on tehty hallittu vedenpoisto ja maaperässä ei ole haitallisia kaasuja, kuten radonia. (RT 83-10955.)

Epäjatkuvan vedeneristyksen tekeminen perusmuurin ulkopuolelle aloitetaan puhdistamalla seinä ja anturan päällä oleva kallistus sementtiliimasta, pölystä ja muista epäpuhtauksista, kuten muottiöljystä. Puhtaalle pinnalle anturan ja pystypinnan taitteeseen asennetaan bitumikermivahvistus. Vahvistuksen asentaminen aloitetaan vähintään 100 mm anturan yläpinnan alapuolelta ja jatketaan kallistuksen jälkeen vähintään 300 mm pystypintaa pitkin ylöspäin. Kermiä limitetään vähintään 100 mm. (RT 83-10955.)

Seuraavaksi asennetaan perusmuurilevy, mikä tunnetaan paremmin kansankielellä patolevy. Patolevyä asennettaessa rakenteen kosteus tai pienet epätasaisuudet eivät haittaa työn etenemistä. Asennus aloitetaan yleensä anturan viisteen välittömästä läheisyydestä ja jatketaan aina noin 50 mm päähän tulevasta maanpinnasta. Levyt limitetään suoralla pinnalla noin 200 mm ja ulko-, että sisäkulmissa noin 600 mm kulman yli. Levyt ja niiden yläpäähän asennettava peitelista kiinnitetään mekaanisilla kiinnikkeillä. (RT 83-10955.)

## *22 § Perusmuurista ja alapohjasta siirtyvä kosteus*

*”Kosteus ei saa siirtyä haitallisesti perusmuurista ja alapohjan betonilaatatastaa alasidepuuhun eikä yläpuolisiin seinä- ja lattiarakenteisiin.” (YM:n asetus 782/2017, 6.)*

Perusmuurista ylöspäin runkoon pyrkivän kosteuden nouseminen pysäytetään käyttämällä bitumikermikaistaa alaohjauspuun alla. Kermikaista voi samalla toimia myös radon sulkuna, sen jatkuessa yhtenäisenä betonilaatan tai lattiaeristeiden alle. Perusmuurin päällä olevan puurunkoisen seinän alaohjauspuu tulee olla auki koko matkalta, ulkoverhouksen takana sijaitsevaan tuuletusväliin niin, ettei mikään rakenneosaa estä aluspuun kuivumista. (RT 81-10854.)

### 23 § Vedenpaineen alaiset rakenteet

*”Vedenpaineen alaisten rakenteiden on kestävä jatkuvan vedenpaineen vaikutus rakenteen suunnitellun käyttöajan ajan. Tällaisissa rakenteissa on oltava vedenpaineeneristys, joka estää ulkopuolisen veden haitallisen tunkeutumisen rakenteeseen.” (YM:n asetus 782/2017, 6.)*

Vedenpaineen alaisissa rakenteissa on vedeneristys toteutettava jatkuvana vedeneristykseenä, mikä tarkoittaa bitumikermin asentamista anturan kyljestä yhtenäisenä, aina tulevaan maanpintaan asti. (RT 83-10955.)

Jatkuvan vedeneristyksen tekeminen perusmuurin ulkopuolelle aloitetaan puhdistamalla seinä ja anturan päällä oleva kallistus sementtiliimasta, pölystä ja muista epäpuhtauksista, kuten muottiöljystä. Puhtaalle pinnalle anturan ja pystypinnan taitteeseen asennetaan bitumikermivahvistus, samalla tavalla kuin epäjatkuvässä vesieristyksessäkin. Vahvistuksen asentaminen aloitetaan vähintään 100 mm anturan yläpinnan alapuolelta ja jatketaan kallistuksen jälkeen vähintään 300 mm pystypintaa pitkin ylöspäin. Kermiä limitetään vähintään 100 mm. (RT 83-10955.)

Tämän jälkeen kermieristyksen kiinnittämistä varten, tehdään tarvittaessa tartuntasively bitumilla. Bitumisively uloitetaan noin 100 mm perusmuurin ja anturan liitoskohdan kermien päälle. Seuraavaksi asennetaan TL2 luokan bitumikermin kauttaaltaan hitsaten alustaan. Kermien limitys pystysaumoissa 100 mm ja 150 mm anturan bitumikermin päälle. Tartunnan onnistuminen testataan vielä niin sanotulla kolmiokokeella. (RT 83-10955.)

#### 6.6 Yläpohja ja ulkoilman vastaiset seinä- ja kattorakenteet

### 24 § Ulkoseinän rakenteet

*”Ulkoseinän ja sen eri kerrosten on muodostettava kokonaisuus, joka estää veden haitallisen kulkeutumisen rakenteiden sisään. Ulkoseinän ja sen eri kerrosten sekä ulkoseinään liittyvien rakenteiden ja ulkoseinän liitosten vesihöyrynvastuksen ja ilmatiiviyyden on oltava sellainen, ettei seinän kosteuspitoisuus sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi muodostu rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitalliseksi. Jos*

*rakenteessa on käytetty ilmansulkua tai höyrynsulkua, on saumojen, reunojen ja läpivientikohtien oltava tiiviitä.” (YM:n asetus 782/2017, 6.)*

Avohuokoisen lämmöneristyksen lämpimällä puolella olevan rakennekerroksen vesihöyrynvastuksen tulee olla vähintään viisinkertainen verrattuna kylmällä puolella olevan rakennekerroksen vesihöyrynvastukseen. Jos tämä ei toteudu, lisätään erillinen höyrynsulku eristyskerroksen lämpimälle puolelle. (RakMKc2, 9.)

#### *25 § Ulkoverhous*

*”Seinä rakenteen ulkoverhouksen taakse ei saa joutua vettä tai ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden ja kosteuden on päästävä poistumaan rakenteita vahingoittamatta. Ulkoverhouksen taustan on oltava tuuletettava, ellei kosteus pääse muutoin poistumaan.” (YM:n asetus 782/2017, 7.)*

Veden pääsy rakenteisiin estetään käyttämällä myrskypeltejä ja muita tarkoitukseen soveltuvia rakenteita siltä osin, kun veden nousu ja tunkeutuminen rakenteisiin on edes teoriassa mahdollista. (RakMKc2, 10.)

Tiilestä muuratun ulkoverhouksen taakse on varattava vähintään 30 mm leveä tuuletusväli, jota pitkin ulkoverhouksen taakse päässyt kosteus tuuletetaan ulkoilmaan. Puurunko on erotettava tuuletusvälistä tuulensuojalevyllä tai rungon ulkopuolisella lämmöneristyksellä. Tiilien taakse mahdollisesti päässyt vesi johdetaan ulos tiiliseinän alareunan, ikkuna- ja oviaukkojen, sekä tarvittaessa myös välipohjien kohdilta avosaumoista tai bitumikermikaistan avulla. (RakMKc2, 10.)

Lauta tai levyverhouksen taakse päässyt kosteus tuuletetaan ulkoilmaan yhtenäisen tuuletusvälin kautta. Tuuletusvälin toimivuus ja yhtenäisyys varmistetaan tarvittaessa ristiin koolauksella. Tuuletusväli tulisi toteuttaa alhaalta ylös suuntautuvaksi ja kummankin pää on oltava avoimet, myös ikkunoiden ja ovien kohdalla. Jos tuuletusväli joudutaan katkaisemaan paloturvallisuussyistä, varmistetaan tuuletuksen toimivuudesta kunkin kentän osalta. (RakMKc2, 10.)

#### *26 § Veden poisjohtaminen vesikatolta*

*”Veden on poistuttava vesikatolta rakennusta vahingoittamatta. Vesikatolla on rakenteineen ja liitoksineen oltava katteelle sopiva kaltevuus ja tiiviys veden poisjohtamiseksi.” (YM:n asetus 782/2017, 7.)*

Veden poistaminen katolta toteutetaan kattokaivojen tai räystäskourujen ja syöksytorvien avulla. Loivia kattoja tehdessä suositeltava vähimmäiskaltevuus on 1:40. Loiville katoille tehdään sellainen kaltevuus, ettei katolle jää sateen jälkeen lammikoita. Kaltevuudessa ja kattokaivoja suunnitellessa, paikat valitaan siten, ettei kattorakenteen painuma estä veden poistumista kattokaivojen kautta. Kattokaivoista vesi johdetaan sisäpuolisten poistoviemärien kautta sadevesijärjestelmään. Sisäpuoliset poistoviemärit tulee olla suunniteltu ja eristetty siten, että ne ovat helposti puhdistettavissa ja niiden pinnoille ei kondensoidu vettä. (RakMKc2, 13.)

Syöksytorvet on asennettava riittävän lähelle sadevesikaivoa, ettei niistä valuva vesi pääse roiskumaan perusmuuriin tai sadevesikaivon ympärillä olevaan maaperään. (RakMKc2, 13.)

Katosta läpi tulevat rakenteet, kuten hormit, tuuletusputket ja huippuimurit on sijoitettava mahdollisimman lähelle harjaa ja niiden liittymät katon pintamateriaaliin ja aluskatteeseen on oltava tiiviit. (RakMKc2, 13.)

### 27 § Yläpohjan rakenteet

*”Yläpohjan kerrosten ja katon tuuletuksen on estettävä vesihöyryn diffuusiosta tai ilmavirtauksista johtuva, haittaa aiheuttava kosteuden kertyminen yläpohjarakenteeseen. Jos rakenteessa on käytetty ilmansulkua tai höyrynsulkua, on saumojen, reunojen ja läpivientikohtien oltava tiiviitä.” (YM:n asetus 782/2017, 7.)*

Tuuletus toteutetaan lappeen suuntaisesti lämmöneristetyissä harjakatoissa räystäiden lisäksi harjalla tai päädyissä olevien tuuletusaukkojen kautta. Tuuletusvälin pitää olla esteetön koko suunnitellulla virtaustieellä sisääntulokohtasta poistumiskohtaan. Tuuletusväli ei saa katketa kattoikkunoiden tai muiden esteiden takia siten, että rakenteeseen jää vain toisesta päästä avoin tuuletusväli. (RakMKc2, 14.)

Kylmien ullakkotilojen riittävä tuuletus voidaan toteuttaa erilaisten tuuletusaukkojen, -ra-kojen tai venttiilien kautta. Ullakkotilaan johtavat tuuletusaukot on sijoitettava siten, että koko yläpohja tuulettuu ilman katvealueita. Tuuletusaukkojen tulisi olla vähintään 4 pro-millea yläpohjan pinta-alasta. Pientaloissa riittävät yleensä 200\*200 mm tuuletussäleiköt päätykolmioissa ja 20 mm raot räystäslaudoituksessa. (RakMKc2, 14.)

## 6.7 Märkätila

### *28 § Märkätilan vedeneristys ja rakenteet*

*”Vesi ei saa valua tai siirtyä kapillaarivirtauksena märkätilasta ympäröiviin rakenteisiin ja huonetiloihin. Valuvalle vedelle, toistuvalla roiskevedelle tai pintaan tiivistyvälle vedelle altistuvien pintojen takana olevan rakenteen on oltava vedeneristetty. Märkätilan lattiapäällysteen ja seinäpinnoitteen on toimittava vedeneristykseenä tai lattiassa päällysteen alla ja seinässä pinnoitteen takana on oltava erillinen vedeneristys. Vedeneristystä ei tarvita erillisen WC-tilan ja löylyhuoneen seinässä pinnoitteen takana. Märkätilan kattopinnoitteen on kestävä tilan käytöstä johtuen roiskevesiä, ajoittaista korkeaa ilman suhteellista kosteutta ja tilapäisesti esiintyvää kosteuden tiivistymistä kattopinnoille. (YM:n asetus 782/2017, 7.)*

*Märkätilan vedeneristyksen on muodostettava kokonaisuus, joka on tiivis kaikilta vedeneristetyiltä pinnoiltaan sekä niiden saumoista, läpiviennistä ja liittymistä. Märkätilojen vedeneristyksenä toimivan lattiapäällysteen tai lattiapäällysteen alla olevan vedeneristyksen on liityttävä vedenpitävästi seinän vedeneristykseen. (YM:n asetus 782/2017, 7.)*

*Märkätilan rakenteiden on oltava niin jäykkiä, että lämpö- ja kosteusliikkeet eivät vaurioita märkätilan vedeneristystä tai pintarakenteita. Jos märkätilan rakenteissa ei erityisestä syystä käytetä vedeneristystä, on rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan tehtäviensä mukaisesti osoitettava suunnitelmissa, että vedeneristyksen puuttuminen ei vaaranna maankäyttö- ja rakennuslain 117 c §:n mukaisten olennaisten teknisten vaatimusten täyttymistä.” (YM:n asetus 782/2017, 7.)*



Veden valuminen viereisiin huoneisiin estetään, pois johtavan oven alle asennettavalla kynnyksellä ja sen alle ulottuvalla vesieristyksellä. Vedeneriste suositellaan nostettavaksi 15 mm valmista lattiapintaa ylemmäksi, mutta suunnittelussa on huomioitava myös 20 mm korkeusraja pyörätuolikäyttöön. Jos vedeneristyksen nostamista kynnyksellä ei toteuteta esimerkiksi pyörätuolilla liikkumisen helpottamiseksi, asennetaan kynnyksen eteen kynnyskaivo. (RIL 107-2012.)

#### *29 § Märkätilan lattian kaltevuus ja läpiviennit*

*”Märkätilan lattian kaltevuuden on mahdollistettava veden valuminen lattiakaivoon. Vedeneristyksen ja lattiakaivon liitoksen on oltava tiivis.” (YM:n asetus 782/2017, 7.)*

Suosittelavaa on, että valmis lattia kaataa kaivon läheisyydessä (noin 500 mm) 1:50 ja muualla kylpyhuoneessa vähintään 1:100. Poikkeuksina voidaan pitää wc-istuimen ja pyykinpesukoneen kohtaa, mutta kallistuksen tulee olla sielläkin sellainen, että vesi valuu kaivoon. Ennen pintamateriaalin asennusta tulee varmistua kaatojen suoruudesta ja ettei kaadoissa ilmene notkoja, joihin vesi jää mahdollisesti makaamaan. (RT 84-11166, 4.)

Märkätilan lattioissa läpiviennit ovat kiellettyjä muiden, paitsi viemäreiden osalta. Viemäriputket tuodaan vähintään 15 mm valmista lattiapintaa ylemmäs, jotta voidaan varmistua vesieristeen tiivyydestä valmiissa lattiassa. Seinissä läpivientejä tulee välttää roiskeveden vaikutusalueella, mikä on noin 1,5 m. Muualla läpiviennit on toteutettava suojaputkin ja suojaputken pään on ulotuttava 5 mm valmista seinäpintaa ulommaksi. (RT 84-11166, 4.)

## 7 KUIVAKETJU10

Kuivaketju10 on yksi mahdollinen kosteudenhallinnan toimintamalli, jota noudattamalla täytetään varsinkin ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta pykälät, joihin ei ole vielä konkreettista ohjeistusta. Toimintamallin tarkoitus on vähentää kosteusvaurioriskiä niin rakentaessa, kuin koko elinkaaren aikana. (Kuivaketju10.)

Toimintamalli tuo esille rakennustyömaiden 10 keskeisintä riskiä. Tarkoituksena on, että suunnitteluvaiheessa arkkitehti-, lvi-, rakenne- ja sähkösuunnittelijat sovittavat Kuivaketju10 -riskilistan ja todentamisohjeet kyseisen hankkeen erityispiirteisiin, millä varmistetaan kosteusriskien kokonaisvaltaisesta hallinnasta. (Kuivaketju10.)

Erityispiirteet voivat aiheutua materiaalivalinnoista, asemakaavasta, rakennuspaikasta tai arkkitehtuuri- ja rakenneratkaisuista. Kuivaketju10 alkaa siitä, että päätös hankkeen toteuttamisesta toimintamallin mukaisesti tehdään rakennushankkeeseen ryhtyvän tai rakennusyhtiön toimesta. Päätös velvoittaa kosteuskoordinaattorin kiinnittämisen hankkeeseen jo alkuvaiheessa, joka valvoo Kuivaketju10:n toteutumista koko rakennusprosessin ajan. (Kuivaketju10.)

Suunnittelijoiden pitää tuoda ilmi, että he ovat huomioineet suunnitelmissa riskilistan ja todentamisohjeen. Urakoitsija puolestaan dokumentoi riskejä sisältävien työsuoritteiden onnistuneen toteutuksen, jonka koordinaattori tarkastaa ja hyväksyy. (Kuivaketju10.)

### 7.1 Töiden tilaaminen

Kuivaketju10:n käyttäminen alkaa aina tilaajan päätöksestä toteuttaa hanke toimintamallin mukaisesti. Päätöksen jälkeen tilaajan, eli rakennushankkeeseen ryhtyvän ensimmäinen tehtävä on kiinnittää hankkeeseen pätevä kosteudenhallintakoordinaattori, joka valvoo tilaajan valtuutuksella Kuivaketju10:n toteuttamista koko rakennushankkeen ajan. Tavanomaisissa kohteissa koordinaattori voidaan nimetä vasta suunnitteluvaiheeseen, jos tilaaja on riittävän pätevä huolehtimaan itse tilaamisvaiheen onnistumisesta toimintamallin mukaan. Toimintamalli on tuotava suunnittelijoille ja urakoitsijoille esiin jo tarjouspyyntövaiheessa. Kuivaketju10:n käyttö tulee kirjata pakollisena vaatimuksena lupullisiin suunnittelu- ja urakkasopimuksiin. (Kuivaketju10, tilaaminen.)

Tilaaajan velvollisuuksiin kuuluu antaa hankkeen suunnitteluun, työmaavaiheeseen ja rakennuksen käyttöönottoon realistinen aikataulu. Kokonaisaikataulu tulee tarkastella ensimmäisen kerran jo tilaamisvaiheessa. Aikataulua arvioidessa pitää ottaa huomioon rakennuspaikka, ajan kohta, rakenne- ja arkkitehtuuriratkaisut sekä materiaalivalinnat. Epärealistinen aikataulu vaikeuttaa toimintamallin onnistumista. (Kuivaketju10, tilaaminen.)

## 7.2 Suunnittelu

Toimintamallin keskiössä on Kuivaketju10-riskilista ja -todentamisohe. Riskilistaan on valittu kymmenen keskeisintä kosteusriskiä, ja se perustuu yleisesti esiintyviin ongelmiin suomalaisessa rakentamisessa. Toimintamallin riskilista kattaa tämän päivän merkittävimmät kosteusriskit ja ne toimenpiteet, joilla kyseiset riskit voidaan välttää. (Kuivaketju10, suunnittelu.)

Todentamisoheeseen suunnittelijan tarkastuslistassa ja urakoitsijan tarkastuslistassa kerrotaan, miten riskilistan riskit torjutaan. Todentamisohe on näin ollen suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden merkittävin työkalu. Suunnittelijan tarkastuslista kertoo yksityiskohtaisen listan asioista, jotka tulee esittää suunnitelmassa riskien torjumiseksi. Urakoitsijoiden tarkastuslista keskittyy keinoihin, joilla onnistuneet työvaiheet todennetaan ja dokumentoidaan. (Kuivaketju10, suunnittelu.)

Suunnittelijoiden tehtävänä kohdistaa Kuivaketju10-riskilista hankkeeseen. Riskilistasta ei saa poistaa pääsääntöisesti mitään, paitsi jos kyseisiä kohteita ei yksinkertaisesti ole. Pääotsikot tarjoavat vähimmäislähtötason jotka on jaettu kahteen tai kolmeen alakohtaan joiden sisältö tulee muokata ja tarvittaessa lisätä, jos hanke sitä edellyttää. Tarkoituksena on käyttää samaa riskilista-pohjaa joka työmaalle, kohdekohtaisesti muokattuna. (Kuivaketju10, suunnittelu.)

Suunnittelijoiden tarkastuslistan muokkaamisen takia, tulee suunnittelijoiden tarkentaa myös urakoitsijan tarkastuslista. Tarkoituksena olisi tuoda esille, kuinka todentaa ja dokumentoida korkeariskisten työvaiheiden onnistunut toteutus, kuitenkin listan kohtia määrällisesti juuri lisäämättä. (Kuivaketju10, suunnittelu.)

Suunnittelijoiden vastuulla on perehdyttää työmaalla pääurakoitsijan työmaaorganisaatio tehtyihin suunnitelmiin. Lisäksi he osallistuvat työmaakokouksiin, jos kokouksessa käsitellään heidän alakohtaisesti tekemiä suunnitelmia. (Kuivaketju10, suunnittelu.)

### 7.3 Työmaatoteutus

Työmaaorganisaation perehdyttämisestä vastaa kosteudenhallintakoordinaattori yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Tavoitteena perehdyttämiselle on avata suunnitteluratkaisujen syitä sekä ennaltaehkäistä suunnitelmien tulkitsemisesta aiheutuvia väärinkäsityksiä. Vaatimusluokaltaan tavanomaisissa kohteissa riittää, että kosteudenhallintakoordinaattori perehdyttää työmaaorganisaation ilman suunnittelijoita. (Kuivaketju10, työmaatoteutus.)

Pääurakoitsijalla on vastuu, että työmaalla noudatetaan Kuivaketju10. Pääurakoitsijan tehtäviin kuuluu perehdyttää kaikki työmaalla työskentelevät työntekijät toimintamalliin ja varmistua olosuhdehallinnan onnistumisesta. Pääurakoitsijan tärkein tehtävä on varmistaa ja dokumentoida työsuorituksen onnistunut toteutus todentamisohjteen tarkastuslistan mukaisesti. Dokumentointi vastuulla varmistetaan oikea-aikainen todentaminen ja, että se tehdään määrätyllä tavalla. Työntekijöiden tulee tietää oman työnsä työvaiheet, jotta onnistuminen pystytään todentamaan. (Kuivaketju10, työmaatoteutus.)

Yleensä pääurakoitsija täyttää todentamisvellisuutensa määrittämällä yhden henkilön, jolla on tarpeeksi resursseja todentaa työvaiheiden onnistuminen tarkastuslistan mukaisesti. Tämä henkilö on hyväksyttävä kosteushallintakoordinaattorilla, koska viimekädessä kosteushallintakoordinaattori on vastuussa todentamisten oikeellisuudesta. (Kuivaketju10, työmaatoteutus.)

Toimintamalli ottaa kantaa ja ohjeistaa työmaan olosuhdehallintaa, kuten esimerkiksi asettamalla yhden henkilön, jonka tehtävänä on joka työpäivän jälkeen varmistua asennettavien materiaalien ja rakenteiden riittävästä suojaamisesta. Materiaalin varastoimiseen tulee kiinnittää huomiota etukäteen, kuten järjestää erilaisia varastointitiloja materiaalien erilaisten olosuhdevaatimusten mukaisesti. Jos kastumista pääsee tapahtumaan, pyritään aina uusimaan materiaalit kuivattamisen sijaan. Pilalle menneitä materiaaleja ei saa asentaa. (Kuivaketju10, työmaatoteutus.)

## 7.4 Käyttöönotto

Kuivaketju10 toimintamallin käyttöönotto jakaantuu kahteen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe sisältää pääurakoitsijan vastuun todentaa ja dokumentoida työvaiheiden onnistuneet toteutukset todentamisohjeen tarkastuslistan mukaisesti, sekä tulevien loppukäyttäjien ja huollosta vastaavien henkilöiden huolellinen perehdyttäminen rakennuksen käyttöön. (Kuivaketju10, käyttöönotto.)

Toinen vaihe liittyy Kuivaketju10 statuksen hakemiseen. Toisessa vaiheessa arvioinnin suorittaa kosteudenhallintakoordinaattori tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijan kanssa. Arvioinnissa keskitytään koordinaattorin raportointiin ja urakoitsijan tarkastuslistan dokumentteihin koko rakennusprojektin ajalta. Toimintamalli voidaan todeta onnistuneeksi, jos kaikki riskikohdat on onnistuttu välttämään suunnittelun, työmaanvaiheen ja käyttöönoton aikana. (Kuivaketju10, käyttöönotto.)

Jos kuitenkin käy niin, ettei kaikkia riskikohtia pystytä torjumaan ja suunniteltuihin tavoitteisiin ei päästä, koordinaattorin, urakoitsijan ja suunnittelijoiden on laadittava jatkotoimenpiteet. Jatkotoimenpiteiksi voidaan lukea puutteellisesti toteutettujen riskikohtien korjaus. Jos korjaus ei ole mahdollista, niin määrätään käytönaikainen seuranta riskiin liittyen, joka sisältää mittauspaikan ja käytettävän menetelmän. (Kuivaketju10, käyttöönotto.)

Lopuksi muodostetaan raportti, jonka sisällössä käsitellään poikkeamia riskikohtien ennaltaehkäisy suunnitelmien ja toteutuksen välillä. Loppuraportissa pitää olla perusteet mahdollisille korjaamattomille poikkeamille tai niille on esitettävä riittävät jatkotoimenpiteet. (Kuivaketju10, käyttöönotto.)

Rakennuskohteelle haettava Kuivaketju10 status haetaan RALA ry:ltä edellä mainituilla raporteilla, joiden asianmukaisuus varmistetaan. Statuksen saanti kohteelle kertoo, että merkittävimmät kosteusriskit on torjuttu toimintamallin tavoitteiden mukaisesti. (Kuivaketju10, käyttöönotto.)

## 7.5 Käyttö

Rakennuksen ylläpidosta vastaavalle taholle on myös asetettu vaatimuksia. Vaatimukset liittyvät lähinnä huoltokirjaan, missä on oma Kuivaketju10 -riskilistaosio. Osioon kuuluvat

ne riskilistan kohdat, joissa on käytönaikaisia ylläpitotoimenpiteitä. Osioon on myös sisällytettävä dokumentit loppukäyttäjän ja huoltoyhtiön perehdyttämisestä, mikä tehdään rakennuksen käyttöönottovaiheessa. (Kuivaketju10, käyttö.)

Rakennuksen ylläpitotoimenpiteet täytyy sisällyttää huoltokirjaan. Sen tulee sisältää perusteellinen käyttöohjeistus ylläpito-organisaatiolle ja siitä pitää löytyä käyttöikäavoitteet eri rakennusosille, niiden arvioidut kunnossapitokaksot ja kunnossapitotoimenpiteet. (Kuivaketju10, käyttö.)

Rakennuksen kuivaketju10 -statuksen säilymiselle on laadittu myös omat tarkastus toimenpiteet, joista ensimmäinen tarkastuskerta suoritetaan ennen takuuajan loppua, noin kaksi vuotta käyttöönotosta. Tämän jälkeen tarkastuskerrat suoritetaan viiden vuoden välein. (Kuivaketju10, käyttö.)

Rakennushankkeen kosteudenhallintakoordinaattorin on osallistuttava ensimmäiseen tarkastuskertaan, mutta siitä eteenpäin tarkastukset voi hoitaa muu pätevä henkilö yhdessä rakennuksen ylläpidosta vastaavan henkilön kanssa. Tarkastuksista kirjoitettu raportti hyväksytetään ensiksi koordinaattorilla, jonka jälkeen se toimitetaan RALA:an, minkä perusteella tehdään päätös Kuivaketju10 -statuksen jatkamisesta. (Kuivaketju10, käyttö.)

## 7.6 Kosteudenhallintakoordinaattori

Kosteudenhallintakoordinaattorin kiinnittäminen hankkeeseen on tilaajan ensimmäinen päätös, heti kuivaketju10-toimintamallin käyttöönotto päätöksen jälkeen. Koordinaattorin tehtävä on ohjata ja valvoa koko rakennushankkeen ajan. Tilaajan etua ajamana henkilönä on suotavaa palkata toimeen suunnittelijoista ja urakoitsijoista riippumaton henkilö. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

Koordinaattorina toimiminen edellyttää samaa pätevyys tasoa, joka on rakennushankkeen vastaavalla mestarilla. Koordinaattorilta on löydettävä rakennusalan AMK-tutkinto tai aiempi, vähintään teknikon tasoinen tutkinto. Pätevyysvaatimukset etenevät samalla kaavalla, kuin vastaavalla mestarillakin: tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Yksityiskohtaiset vaatimukset löytyvät Ympäristöministeriön ohjeesta vaatimusluokkiin tai Fisen taulukoista. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät voidaan jakaa kuuteen pääkohtaan, joista ensimmäinen on tilaamisvaihe. Ennen tarjouspyyntöjen lähettämistä koordinaattorin on arvioitava, onko hankinta ja yleisaikataulu realistinen, tämän jälkeen siirrytään tarjouspyyntöihin. Tilaamisvaiheessa koordinaattorin pitää varmistaa, että tarjouspyynnöissä ja sopimuksissa on pakollisena vaatimuksena työn toteuttaminen kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

Seuraavassa vaiheessa koordinaattori toimii suunnittelijoiden kanssa, varmistaen suunnitelmien mukailevan toimintamallia. Suunnittelijoiden on tarkennettava Kuivaketju10 -riskilista ja todentamisohteet kyseisen hankkeen erityispiirteisiin sopivaksi. Urakkasopimukseen on lisättävä vähintään luonnos tarkennetusta riskilistasta todentamisohteineen. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

Työmaavaiheeseen kuuluu pääurakoitsijan työmaahenkilöstön perehdyttäminen riskilistaan ja todentamisohteisiin. Kuitenkin työmaavaiheen tärkein tehtävä on todentaa ja hyväksyä työsuoritteiden onnistunut toteutus urakoitsijan tarkastuslistan mukaisesti. Todentamisissa voi käyttää ulkopuolista ammattilaista, esim. kosteuden mittajaa. Työmaan edetessä koordinaattorin on varattava itselleen riittävästi aikaa, pystyäkseen seuraamaan toimintamallin toteutusta ja osallistuakseen työmaakokouksiin. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

Rakennuksen käyttöönotossa työt jakaantuvat tekniikan toimivuuden varmistamiseen, loppukäyttäjien perehdyttämiseen ja toimintamallin onnistumisen arviointiin. Tekniikan kanssa pitää varmistua kaikkien säätöjen olevan kunnossa ja, että mittapöytäkirjat on dokumentoitu toimintamallin mukaisesti. Loppukäyttäjien perehdyttämisessä käydään läpi rakennuksen toimintaperiaatteet ja oikeanlainen käyttö, yhdessä huoltohenkilökunnan ja käyttäjän kanssa. Toimintamallin arvioinnista tehdyillä raporteilla haetaan RALA:sta Kuivaketju10-status. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

Rakennuksen käytön aikana huollot ja tarkastukset on kirjattava huoltokirjan Kuivaketju10-osioon. Riskikohdat on lisätty osioon jo ennen rakennuksen luovutusta. Toimintamalli-statusen jatkuvuus edellyttää määräaikaista tarkastuksia ja yhteydenpitoa RALA:n kanssa. Ensimmäinen toimintamallin toteutumisen arviointi suoritetaan noin kaksi vuotta käyttöönotosta, jonka jälkeen tarkastuksia tehdään viiden vuoden välein. Viiden vuoden välein tehtävät tarkastukset eivät ole pakollisia, mutta niiden pois jättäminen lopettaa myös toimintamalli-statusen käyttöoikeuden. (Kuivaketju10, kosteudenhallintakoordinaattori.)

## 7.7 Rakennusvalvonta

Kuivaketju10-toimintamallilla ei ole tarkoituksena juurikaan lisätä rakennusvalvonnan tehtäviä, vaan aloituspalaverin yhteydessä ja sitä ennen tehtävällä opastuksella selkeyttää rakennushankkeeseenryhtyvälle terveen rakentamisen mallia. Rakennusvalvonnan tehtäviin kuuluu arvioida tulevan kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyys yhdessä tilaajan kanssa. Pääsääntönä voidaan pitää, että koordinaattorina voi toimia rakennushankkeen vastaavamestari, ellei hän ole talotoimittajan tai urakoitsijan palveluksessa. Pientaloissa toimintamallin toteutusta joudutaan usein soveltamaan videopuheluiden ja muiden etäyhteyksien kanssa suunnittelijoiden sijaitessa pitkien välimatkojen päässä. (Kuivaketju10, rakennusvalvonta.)

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi rakennusvalvonnan tehtävät, jotka ovat lähinnä pieniä kirjauksia pöytäkirjoihin ja koordinaattorin työn tarkastelua. Rakennushankkeen alussa rakennuslupapäätökseen kirjataan Kuivaketju10 -toimintamallin käyttäminen kohteessa, jolla täytetään tammikuun alussa 2018 voimaan tulleen Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta pykälät. Seuraavaksi todetaan suunnittelijoiden huomioineen toimintamalli tarkastuslistassa, todentamisohjeessa ja käydään läpi hankkeessa käytettävät dokumentointikeinot. (Kuivaketju10, rakennusvalvonta.)

Aloituskokouksessa pitää olla läsnä rakennusvalvonnan edustajan lisäksi: kosteudenhallinta koordinaattori, rakennushankkeeseen ryhtyvä, pääsuunnittelija ja vastaava. Kokouksessa todetaan, että kaikki ovat vielä mukana toteuttamassa hanketta toimintamallin mukaan ja, että todentamisohjeet ovat rakentajan/talotoimittajan hallussa. Lisäksi kirjataan ylös, kenen tehtäviin työsuoritteiden todentaminen kuuluu. (Kuivaketju10, rakennusvalvonta.)

Rakennusvaiheen aikana työmaakatselmuksissa koordinaattorin tulee esitellä jo tehtyjä dokumentteja ja käydä läpi tulevia suunnitelmia toimintamallin etenemiseen liittyen. Hankkeen niin vaatiessa toimintamallin etenemistä seurataan erikseen järjestetyissä kokouksissa. (Kuivaketju10, rakennusvalvonta.)

Käyttöönottokatselmuksessa todetaan, että toimintamallin edellyttämät asiat on tehty suunnitelmien mukaan sisältäen dokumentoinnit teknisten laitteiden säädöistä ja perehdyttämisestä. Loppukatselmukseen jää huolto-ohjekirjaan lisättävät toimintamallin



vaatimukset käytön ajalle ja todetaan, että lisäyksen avulla tulevat asukkaat voidaan perehdyttää rakennuksen käyttäjiksi helposti. (Kuivaketju10, rakennusvalvonta.)

## 8 BETONIN KUIVUMINEN JA RAKENTEIDEN PÄÄLLYSTETTÄVYYS

### 8.1 Yleistä

Lähtökohtaisesti kaikki betonirakenteet, jotka rajoittuvat sisätiloihin päällystetään jollakin toisella rakennusmateriaalilla, kuten parketilla, muovimatolla, laatoilla ja maalilla. Ennen pinnoitustöiden alkua pitää varmistua betonin alittaneen kullekin materiaalille asetetut kosteusraja-arvot. Jos betonipintoja lähdetään pinnoittamaan liiallisen kosteuden vallitessa, seurauksena voi olla päällystemateriaalissa, tasoitteessa tai liimassa kosteusvaurio. Yleisimmät kosteusvauriot ovat: päällysteen irtoaminen alustastaan, värjäytymiset, hajuhaitat sekä terveydelle haitalliset mikrobit ja emissiot. (Merikallio 2002, 32.)

Betonin kuivuminen verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin on suhteellisen hidasta ja riippuvainen useista tekijöistä, kuten betonin ominaisuuksista, rakenneratkaisusta ja kuivumisolosuhteista. Yleensä betonin kuivumisella on työmaita tahdistava vaikutus ja vaikuttaa siten koko rakennusaikatauluun. Jos kuivumisen edellyttämiä vaikutuksia ei oteta riittävän ajoissa huomioon, sen seurauksena voi olla liian kostean rakenteen päällystämistä aiheutuva kosteusvaurio tai aikataulusta viivästyminen. (Merikallio 2002, 32.)

Useimmiten betonirakenteille voidaan laatia kuivumisaika-arviot, kun rakenneratkaisut ja sen seurauksena tavoitekosteudet ovat tiedossa. Kuivumisaika-arvion muuttujina voidaan pitää vesisementtisuhdetta, sementtilaattaa, runkoaineen maksimiraekokoa, notkisteita, kastumisaikaa, rakenneratkaisuja, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Tulevan rakenteen kuivumisen arviointiohjeissa otetaan huomioon kuivumiseen oleellisimmin vaikuttavat tekijät, kuten vesisementtisuhde, rakenneratkaisu ja kuivumisolosuhteet. (Merikallio 2002, 32.)

Kuivumisaika-arvio on kätevä työkalu, kun sitä peilataan suunniteltuun toteutusaikatauluun. Mikäli arvioitu kuivumisaika on paljon pidempi kuin toteutusaikataulu, valitaan sopivat menettelytavat aikataulussa pysymiseksi, kuten nopeammin kuivuvan betonilaadun valinta, kuivumisolosuhteiden parantaminen tai vaihtoehtoisesti vaihdetaan päällystämateriaali paremmin kosteutta kestävään materiaaliin. Kuivumisaika-arvion mukaan voidaan määrittää, millaiset olosuhteet työmaalla on oltava koko rakentamisen ajan. (Merikallio 2002, 32.)

## 8.2 Betonin kuivuminen

Betonin valmistuksessa käytettävästä vedestä osa muodostaa sementin kanssa sementtiliiman, jonka tehtävänä on sitoa runkoainepartikkelit toisiinsa betonin kovettuessa. Kovettumisreaktiossa (hydraatioissa) betoni sitoo itseensä kemiallisesti vettä, mikä ei normaalisti poistu betonista. (Merikallio 2002, 33.)

Betonimassan sekoittaminen aloittaa kemiallisen sitoutumisen jo muutaman tunnin kuluessa. Reaktio etenee pitkien aikojen kuluessa niin, että alussa se on nopeinta ja hidastuu loppua kohden. Normaalisti hydraatio on tapahtunut suurimmaksi osaksi 15 vuorokauden kuluttua, mutta jatkaa reaktiota tämänkin jälkeen hyvin hitaasti. Hydraation aikana betonia ei voi alkaa kuivaamaa, vaan sen täytyy antaa rauhassa kasvattaa lujuttaan. Hydraation aikana, valun jälkihoito voidaan toteuttaa pitämällä betonilaatta kosteana kastelemalla se vedellä, tai peittämällä se rakennusmuovilla kahden viikon ajan. Näiden toimenpiteiden ansiosta estetään plastista halkeilua ja saavutetaan normaali lujuus. (Merikallio 2002, 33.)

Normaalisti lattioissa käytetyn betonin vesisementtisuhde vaihtelee 0,6 ja 0,8 välillä ([www.lohjarudus.fi/pdf](http://www.lohjarudus.fi/pdf), 23). Tällaisen betonin sisältämä veden määrä on aluksi noin 180–200 l/m<sup>3</sup>, josta sitoutuu kemiallisesti vain 50–70 l/m<sup>3</sup>. (Merikallio 2002, 33.)

Suurin osa betonissa käytettävästä seosvedestä on haihtumiskykyistä vettä, koska vain osa kuuluu betonin hydraatioon. Tämä vapaa vesi sitoutuu betonin huokosrakenteeseen siten, että betonin pyrkiessä tasapainokosteuteen osa vedestä poistuu ympäristöön. Kuivumista kestää niin kauan, kunnes betoni on saavuttanut hygroskooppisen tasapainon ympäristönsä kanssa. (Merikallio 2002, 33.)

Betonin suhteellinen kosteus on valuvaiheessa 100 %, josta jo pelkän hydraation takia poistuu mahdollisesti 10 % betonilaadusta riippuen. Jotta betonirakenne saadaan kuivumaan tästä 90 % alhaisempiin lukemiin, osan fysikaalisesti sitoutuneesta vedestä on poistuttava huokosrakenteista. Pinnan kautta haihtuvan kosteuden tilalle pyrkii koko ajan lisää kosteutta suuremman kosteuspitoisuuden omaavasta betonirakenteen osasta. Siirtyminen tapahtuu yleensä kapillaarisesti ja diffuusion avulla. (Merikallio 2002, 33.)

Vedellä täyttynyt yhtenäinen huokosverkosto on kapillaarisen siirtymisen edellytyksenä. Hydraation edetessä huokosverkosto katkeaa ja tai kapillaarihuokokset alkavat vähitellen täyttyä ilmalla, jolloin kosteuden siirtyminen hidastuu ja tapahtuu pääasiassa diffuusion

avulla. Kosteuden siirtyminen diffuusiolla perustuu huokoisen materiaalin eri osapaineisiin, jotka pyrkivät tasoittumaan. Kun vesihöyryn osapaine betonin pinnalla laskee, diffuusoituu syvemmältä vesihöyryä pintaan, josta se edelleen haihtuu ilmaan. Diffuusion välityksellä siirtyvät kosteusmäärät ovat huomattavasti pienempiä kuin kapillaarisella siirtymisellä ja tämän vuoksi kuivumisnopeus pienenee, mitä kuivemmaksi betoni kuivuu. (Merikallio 2002, 34.)

Pyrkiessään tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa, betonin merkittävin tekijä on kyky imeä vettä. Betonirakenteet joutuvat lähes poikkeuksetta tekemiseen veden kanssa rakennusaikana mm. vesivahinkojen ja märkien työvaiheiden kanssa. Kastumisen vaikutus kuivumiseen on sitäkin suurempi, mitä alhaisempi lujuusluokka betonilla on tai mitä myöhemmässä rakennusvaiheessa kastuminen tapahtuu. Betonin lujuusluokan nosto pienentää vesisementtisuhdetta ja näin betonista tulee tiiviimpää, jolloin sen kyky imeä vettä heikkenee. (Merikallio 2002, 34.)

### 8.3 Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Rakeneratkaisut vaikuttavat matkaan, jonka kosteus joutuu siirtymään betonissa päätäkseen haihtumiskykyiseen pintaan. Kuivumista hidastuttaa huomattavasti myös se, jos betoni pääsee kuivumaan vain yhteen suuntaan, kuten liittolevyrakenteissa tai maanvaraisissa lattioissa tiiviin eristeen päälle valettaessa. (Merikallio 2002, 35.)

Olosuhteilla on suuri vaikutus betonirakenteiden kuivumisnopeuteen. Betonirakenteiden sisältä pintaan ja pinnalta haihtuva kosteus ovat vaikutuksissa lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja ilmavirtojen suuruuteen. Olosuhteilla vaikutetaan myös hydraatioon. Hydraatio on suoraan kytköksissä lämpötilaan, mitä suurempi lämpötila, sitä täydellisemmin betoni hydratoituu jolloin kuivuminen nopeutuu. (Merikallio 2002, 35.)

Normaaleilla betoneilla sitoutumiskuivumisen merkitys ei ole niin suuri kuin haihtumiskuivumisella, koska oikeissa olosuhteissa se tapahtuu joka tapauksessa. Mitä alhaisempi ilman suhteellinen kosteus on, sitä suurempi on myös kosteusero rakenteen pinnan ja sisäosan välillä. Betonin vesihöyryn läpäisevyys laskee samalla jyrkästi, kuin betonin suhteellinen kosteus laskee. Optimaalisin suhteellinen kosteus betonin kuivattamiselle on noin 50 %. (Merikallio 2002, 35.)

Lämpötilan nostolla on merkittävä vaikutus betonin kuivumiseen. Lämpötilaa nostettaessa betonin huokosrakenteissa vesihöyryn osapaine kasvaa ja täten myös kosteutta

siirtävät voimat kasvavat. Useimmiten betonirakenteiden riittävän nopea kuivuminen edellyttää vähintään +20 °C lämpötilaa. Kuivumista voidaan nopeuttaa huomattavasti nostamalla betonin lämpötilaa +25 °C–30 °C:een. Korkeampia lämpötiloja käytetään vanhoihin betoneihin ja lähinnä kosteusvaurioiden pikakuivatuksissa. Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa halkeilua ja lujuuden katoa nuoressa betonissa. (Merikallio 2002, 35.)

Betonia kuivattaessa lämpötilan nostamisella on merkitystä betonissa, mutta myöskin ympäröivässä ilmassa. Mitä korkeampi on ilman lämpötila, sitä paremmaksi muuttuu sen kyky ottaa vastaan kosteutta betonista, isomman absoluuttisen kosteuden sitomiskyvyn ansiosta ja samalla ilman suhteellisen kosteuden pienentyessä. Ilmiö korostuu erityisesti talvikausina, jolloin tuuletuksen ansiosta saadaan sisätiloihin vähäistä absoluuttista kosteutta sisältämää kuivaa ilmaa. (Merikallio 2002, 36.)

#### 8.4 Kuivumisaika-arviot

Betonirakenteiden kuivumisaika-arvioiden tekeminen aloitetaan valitsemalla rakenne. Seuraavaksi määritetään tavoitekosteus, joita on yleensä useampi saman valun yhteydessä. Tämän jälkeen tarkastetaan määritetty betonin lujuusluokka, jota käyttämällä saadaan selville vesisementtisuhde kuviosta 2. Lopuksi peruskuivumisaika kerrotaan taulukkoarvoilla, että saadaan lopullinen tulos. Peruskuivumiskäyrä ja taulukko kertomista löytyy sivulta 55. (Merikallio 2002, 38.)

Tässä ohjeessa käsitellään kaksi yleisintä pientalon lattiarakennetta, maanvastainen laatta ja ontelolaatasto pintavalulla. Maanvastaisen laatan kosteudet mitataan syvyyksiltä 0,4\*laatan paksuus ja 0,4\*(0,4\*laatan paksuus). Ontelolaatta pintavalulla, syvyydet ovat 20 mm+valun paksuus ja 0,5\*valun paksuus. (Merikallio ym. 2007, 6.)

Esimerkeissä lasketaan kuivumisarviot kahdelle eri kosteusvaatimukselle, vesikastelu jälkihoidon kanssa ja ilman. Rakenteet ovat, maanvarainen betonilaatta ja betonivalulla päällystetty ontelolaatasto. Märkätilan vesieristeen alla tavoitekosteus on alle RH 90 %, kun taas parkettipohjilla kosteuden tulee alittaa RH 85 % (Merikallio ym. 2007, 6.)

## Maanvastainen teräsbetonilaatta

Kertoimet: Betoni K30, valun paksuus 90 mm, tavoitekosteus 85 %, ei kastunut valun jälkeen, olosuhteet +18 °C RH50 %.

Laskuesimerkki 1: 17vk\* vesisementtisuhde 1,0 \* paksuus 1,4 \* alustan kosteus 1,0 \* kastuminen 0,8 \* olosuhde 0,9 = 17,1 viikkoa.

Kertoimet: Betoni K30, valun paksuus 90 mm, tavoitekosteus 85 %, kastunut valun jälkeen kaksi viikkoa, olosuhteet +18 °C RH50 %.

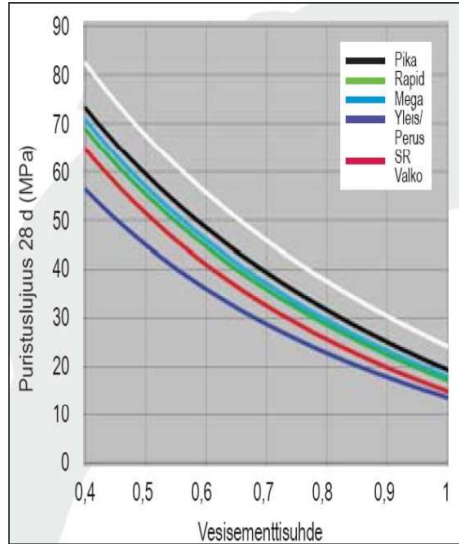
Laskuesimerkki 2: 17vk\* vesisementtisuhde 1,0 \* paksuus 1,4 \* alustan kosteus 1,0 \* kastuminen 1,5 \* olosuhde 0,9 = 32,1 viikkoa.

Kertoimet: Betoni K30, valun paksuus 90 mm, tavoitekosteus 90 %, ei kastunut valun jälkeen, olosuhteet +18 °C RH50 %.

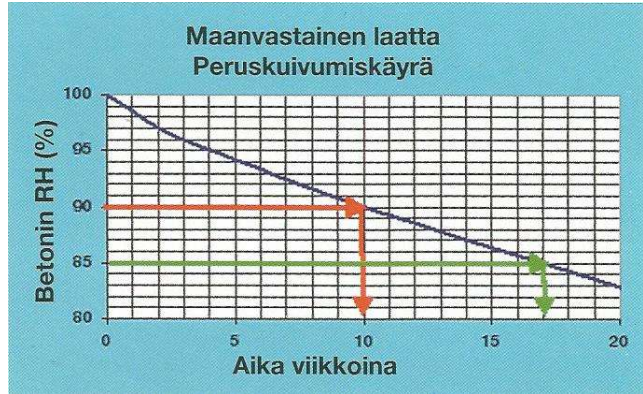
Laskuesimerkki 3: 10vk\* vesisementtisuhde 1,0 \* paksuus 1,4 \* alustan kosteus 1,0 \* kastuminen 0,8 \* olosuhde 0,9 = 10 viikkoa.

Kertoimet: Betoni K30, valun paksuus 90 mm, tavoitekosteus 90 %, kastunut valun jälkeen kaksi viikkoa, olosuhteet +18 °C RH50 %.

Laskuesimerkki 4: 10vk\* vesisementtisuhde 1,0 \* paksuus 1,4 \* alustan kosteus 1,0 \* kastuminen 1,5 \* olosuhde 0,9 = 18,9 viikkoa.



Kuvio 2. Vesimenttisuhte (Nykyri, 4).



Kuvio 1. Maanvaraisen laatan peruskuivumiskäyrä (Meri-kallio 2002, 39).

Taulukko 5. Maanvaraisenlaatan kertoimet (Merikallio 2002, 39).

Alusta	Kerroin
kuiva	1,0
muovi	1,1
märkä	1,5

Vesideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Kastuminen	Vesideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

RH (%)	Olosuhteet			
	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Rakenteen paksuus (mm)	Vesideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
70	1,0	0,8	0,8	0,7
90	1,4	1,3	1,3	1,2
100	1,7	1,6	1,6	1,5
120	2,1	2,0	2,0	1,9
150	2,5	2,4	2,4	2,3

## Ontelolaatta + pintavalu

Kertoimet: Ontelolaatta 256 mm, betoni K30, valun paksuus 50 mm, tavoitekosteus 85 %, ei kastunut valun jälkeen, ontelolaatan kosteus ennen pintavalua 90–95 %, olosuhteet +18 °C RH50 %.

Laskuesimerkki 1: 15vk\* ontelolaatan kosteuskerroin 1,0 \* pintavalun paksuuskerroin 1,0 \* pintalaatan vesisideainesuhdekerroin 1,0 \* kastuminen 0,8 \* olosuhde 0,9 = 10,8 viikkoa.

Kertoimet: Ontelolaatta 256 mm, betoni K30, valun paksuus 50 mm, tavoitekosteus 85 %, kastunut valun jälkeen kaksi viikkoa, ontelolaatan kosteus ennen pintavalua 90–95 %, olosuhteet +18 °C RH50 %.

Laskuesimerkki 2: 15vk\* ontelolaatan kosteuskerroin 1,0 \* pintavalun paksuuskerroin 1,0 \* pintalaatan vesisideainesuhdekerroin 1,0 \* kastuminen 1,5 \* olosuhde 0,9 = 20,25 viikkoa.

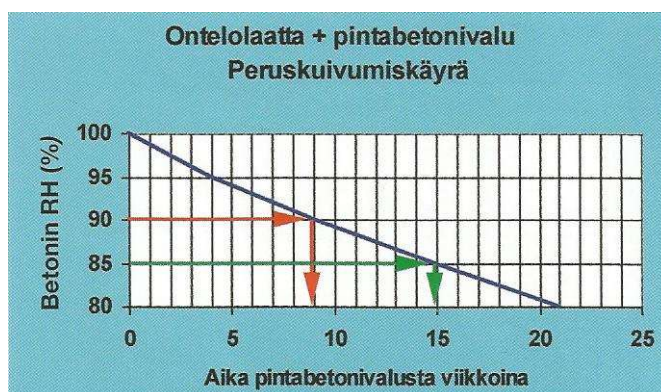
Kertoimet: Ontelolaatta 256 mm, betoni K30, valun paksuus 50 mm, tavoitekosteus 90 %, ei kastunut valun jälkeen, ontelolaatan kosteus ennen pintavalua 90–95 %, olosuhteet +18 °C RH50 %.

Laskuesimerkki 3: 9vk\* ontelolaatan kosteuskerroin 1,0 \* pintavalun paksuuskerroin 1,0 \* pintalaatan vesisideainesuhdekerroin 1,0 \* kastuminen 0,8 \* olosuhde 0,9 = 6,5 viikkoa.



**Kertoimet:** Ontelolaatta 256 mm, betoni K30, valun paksuus 50 mm, tavoitekosteus 90 %, kastunut valun jälkeen kaksi viikkoa, ontelolaatan kosteus ennen pintavalua 90–95 %, olosuhteet +18 °C RH50 %.

**Laskuesimerkki 4:** 9vk\* ontelolaatan kosteuskerroin 1,0 \* pintavalun paksuuskerroin 1,0 \* pintalaatan vesisideainesuhdekerroin 1,0 \* kastuminen 1,5 \* olosuhde 0,9 = 12,15 viikkoa.



Kuvio 3. Ontelolaatan ja pintavalun peruskuivumiskäyrä (Merikallio 2002, 51).

Taulukko 6. Ontelolaatta + pintavalun kertoimet (Merikallio 2002, 51).

Kastuminen	Pintabetonin vesisideainesuhde		
	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,2	1,3	1,5

Ontelolaatan kosteus (RH%) ennen pintavalua	Kerroin
Alle 90 %	0,5
90-95 %	1
yli 95 %	1,5

Pintabetonivalun paksuus (mm)	Kerroin
30	0,7
50	1,0
80	1,3

RH (%)	Olosuhteet Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

Vesisideainesuhde (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,8
0,5	0,6

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda esille yleisimmät ilmankosteuden suuret ja niiden vaikutukset kuivumisprosessiin. Työssä tuotiin selkeästi esille, kuinka absoluuttinen kosteus, suhteellinen kosteus ja kastepiste kytkeytyvät toisiinsa ilman lämpötilaan peilamalla. Tämän avulla kuivumisen tehostamisen keinot ovat helpommin ymmärrettävissä.

Viranomaisvaatimukset-osio on yksi työn tärkeimpiä osa-alueita, koska siinä on haettu konkreettiset mitat ja ohjeet useista eri lähteistä, joihin rakennusalle kuulumattomalla henkilöllä on vaikeuksia päästä käsiksi. Myös tieto betonin hydraation kestosta normaaliolosuhteissa on todella tärkeää, jottei tule aiheutettua turhaa plastista halkeilua ja kuivattua betonirakenteita liian aggressiivisesti niiden alkuvaiheessa.

Työtä olisi pystytty parantamaan käyttämällä konkreettista pientalon rakennustyömaata esimerkkikohteena, jossa uudet viranomaisvaatimukset ja niiden täyttäminen olisivat tulleet esille jo aloituskokouksessa. Betonilattian kuivumista ja omien kuivumisaikaarvioiden paikkaansa pitävyyttä olisi myös voinut tarkastella realistisemmin, mutta tällaiseen ei ollut aikaa, eikä resursseja.

Mahdolliset jatkotutkimusaiheet, joita ilmeni opinnäytetyön edetessä, liittyvät lähinnä lattiapäällysteen alla asennuksen jälkeen tapahtuvien kosteusarvojen muutoksiin. Edellä mainitusta aiheesta ei löytynyt tutkimustuloksia, joissa vertailtaisi eri pinnoitteiden, kuten muovimaton, tekstiilimaton ja vaikka uivan parkettilattian vaikutuksia eri paksuisiin kuivuviin betonirakenteisiin.

## LÄHTEET

Betonirakenteiden suunnittelu Perusteet Pekka Nykyri pdf

Inkinen Pentti, Jukka Tuohi. 2012. Momentti 1, insinöörifysiikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

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

Merikallio Tarja, Niemi Sami, Komonen Juha. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

RIL 250-2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Siikanen Unto. 2014. Rakennusfysiikka, perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Unto Siikanen & Rakennustieto Oy

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

[http://www.lohjarudus.fi/pdf/betonin\\_valintaopas.pdf](http://www.lohjarudus.fi/pdf/betonin_valintaopas.pdf) (luettu 15.4.2018)

[https://www.puuinfo.fi/puutavaran\\_kosteus](https://www.puuinfo.fi/puutavaran_kosteus) (luettu 10.2.2018)

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf> (luettu 7.2.2018)

<http://www.ym.fi/download/noname/%7B940FA2F9-B175-43DE-8453-7FB46CBB3976%7D/132600> (luettu 15.3.2018)