

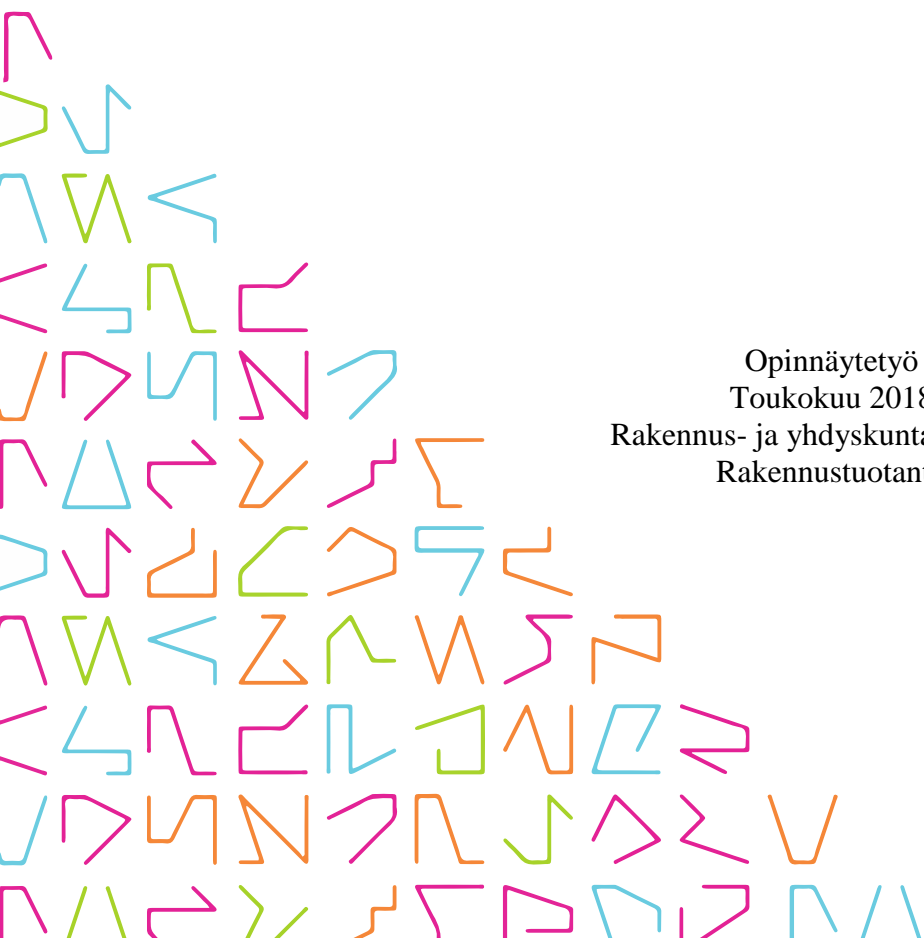


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# RAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLINTA JA KUIVAKETJU10-TOIMINTAMALLI

Noora Virtanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Rakennustuotanto



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Rakennustuotanto

VIRTANEN, NOORA:

Rakentamisen kosteudenhallinta ja Kuivaketju10-toimintamalli

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Toukokuu 2018

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda selkeä kokonaiskuva uudisrakentamisen kosteudenhallinnasta ja sen haasteista. Aihetta lähestyttiin määrittämällä yleisimpiä uudiskohteen kosteusriskejä sekä esittämällä ratkaisuja ja ohjeita niiden ehkäisemiseksi. Kosteudenhallinnan toimenpiteitä havainnollistettiin rakennusvaiheessa olevan esimerkkikohteen avulla. Esimerkkikohteen rakenteiden kuivauksesta sekä kosteusmittauksien ja merkkiainekokeen suorittamisesta vastasi tämän opinnäytetyön tilaajayritys RKM Group Oy.

Suomen sääolosuhteissa kosteudenhallinta on erityisen haasteellista. Olosuhteet vaihtuvat nopeasti, ja vesisateen lisäksi rakenteet on suojattava lumelta ja jäältä. Vaikka tällaisiin olosuhteisiin on totuttu, on kosteudenhallinnan suunnittelussa ja toteuttamisessa usein yhä parannettavaa. Kosteudenhallinnan onnistumiseksi ja kosteusriskien minimoimiseksi onkin kehitetty uusia menetelmiä ja toimintamalleja, joista tässä työssä tarkemmin tarkasteltiin Kuivaketju10-toimintamallia ja sen vaikutuksia rakentamisen kosteudenhallinnan kehitykseen sekä rakentamisen laatuun.

Kosteudenhallinnalla on suuret vaikutukset sekä hankkeen laatuun että kustannuksiin. Lisäkustannuksia kertyy muun muassa kostuneiden tai vaurioituneiden materiaalien uusimisesta sekä takuuajan puitteissa havaittujen rakennusaikaisen kosteuden aiheuttamien vaurioiden korjauskustannuksista. Kustannusten lisäksi huonosti toteutettu kosteudenhallinta voi johtaa mikrobivaurioihin. Mikrobivaurioille altistuessaan rakennuksen käyttäjät saattavat alkaa oireilemaan jopa niin pahasti, että he eivät pysty enää oleskelemaan rakennuksessa.

Vastuu kosteudenhallinnasta ei ole ainoastaan suunnittelijoilla ja työmaan vastuuhenkilöillä, vaan kaikilla työmaan toimijoilla. Kosteudenhallinnan kannalta ratkaisevien valintojen, kuten suojaustoimenpiteiden ja materiaalivalintojen, lisäksi myös pienillä teoilla on merkitystä. Jokainen työmaa-alueella työskentelevä voi esimerkiksi korjata varastoitavien materiaalien suojapeitteitä, ilmoittaa työnjohdolle havaitsemistaan kosteusriskeistä sekä varmistaa, että rakenteita kuivaava laitteisto kytketään takaisin päälle, mikäli ne on muiden työvaiheiden vuoksi sammutettu.

---

Asiasanat: rakentamisen kosteudenhallinta, kosteusriski, kosteusmittaus, pinnoitettavuus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Production

VIRTANEN, NOORA:

Humidity Control at Construction Site and Kuivaketju10 Operations Model

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 1 page

May 2018

---

The purpose of this study was to create extensive instructions about risks and procedures of humidity control at new construction sites. In addition to that, information about moisture performance of materials and influence of conditions on humidity control were covered in this study.

The data were collected from literature and other publications related to the subject area, and through discussions between the author and experts in the field. Practical implementation was illustrated with an example construction project. At the example construction project, where moisture and temperature of the indoor air and drying of structures were analysed.

It was found that the humidity control can have a significant effect on the costs and the schedule of the project. Customer satisfaction and the health of the residents can be affected by proper humidity control. The quality of humidity control can be confirmed for example by Kuivaketju10, the new operations model which is discussed in section 4.1 of this study.

The findings indicate that there is still a lot to develop on section of humidity control. The biggest problem is to involve every worker at the construction site in humidity control. The quality of humidity control can be improved by little actions so everyone at the construction site can easily participate in that.

---

Key words: humidity control, humidity risk, humidity measurement

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA .....	6
2.1	Rakennusaikainen kosteus .....	6
2.1.1	Kosteuslähteet .....	6
2.1.2	Kosteuden siirtyminen .....	7
2.1.3	Materiaalien varastointi.....	8
2.1.4	Rakenteiden suojaus.....	9
2.2	Kuivumisen varmistaminen .....	9
2.2.1	Betonin kosteustekniset ominaisuudet ja kuivuminen .....	10
2.2.2	Puun kosteustekniset ominaisuudet ja kuivuminen.....	11
2.2.3	Muiden materiaalien kosteustekniset ominaisuudet.....	12
2.2.4	Kuivumisolosuhteet ja rakenteiden kuivaaminen .....	14
2.3	Pinnoitettavuus.....	15
2.3.1	Betonirakenteet .....	15
2.3.2	Puurakenteet.....	17
2.3.3	Kosteusmittaukset .....	17
2.3.4	Mittaustulosten dokumentointi.....	19
3	ESIMERKKIKOHDE .....	20
3.1	Kohteen yleistiedot .....	20
3.2	Kuivaus .....	21
3.3	Mittaukset .....	23
3.4	Mittaustulokset.....	24
4	POHDINTA.....	26
4.1	Kosteudenhallinta esimerkkikohteessa ja yleisesti .....	26
4.2	Kuivaketju10-toimintamalli ja kosteudenhallintakoordinaattori .....	28
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET .....	33
	Liite 1. Esimerkkikohteen rakennekosteusmittauspöytäkirja.....	33

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua uudiskohteen kosteudenhallinnan vaatimuksiin ja toteutukseen. Opinnäytetyössä pyritään selkeästi ja tiivistetysti esittämään kosteusriskien aiheuttajia, kosteuden siirtymistä rakenteissa sekä kosteudenhallinnan merkitystä hankkeen kustannustehokkuuteen ja laatuun.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa kattava asiakirja kosteudenhallinnan toteuttamisesta, rakenteiden kuivauksesta sekä kosteusmittauksista ja niiden tulosten dokumentoinnista. Opinnäytetyössä perehdytään lisäksi yleisimmin käytettävien materiaalien kosteusteknisiin ominaisuuksiin sekä materiaalien varastointiin ja suojaukseen.

Opinnäytetyössä käsitellään uudiskohteen kosteudenhallintaa materiaalivalinnoista lopuksiivoukseen saakka. Kosteudenhallinnan toimenpiteitä havainnollistetaan tämän opinnäytetyön tilaajan, RKM Group Oy:n, asiakaskohteen avulla. Työssä otetaan kantaa myös tilaajayrityksessä käyttöön otettavaan Kuivaketju10-toimintamalliin sekä kosteuskoordinaattorin tehtävään. Opinnäytetyön ulkopuolelle rajataan varsinainen kosteudenhallinnan ja rakenteiden kuivauksen yksityiskohtainen suunnitelmien laatiminen sekä kuivainten ja puhaltimien toimintaperiaatteiden esittely.

Opinnäytetyön toisessa luvussa käsitellään kosteudenhallinnan teoriaa. Teoriaosuus on jaettu kolmeen osaan: rakennusaikainen kosteus, kuivumisen varmistaminen ja pinnoitettavuus. Jokaisessa osassa aihealueet käsitellään mahdollisimman kattavasti, mutta yksinkertaisesti siten, että teksti olisi ymmärrettävää myös aiheeseen perehtymättömällekin lukijalle. Kolmannessa luvussa esitellään esimerkkikohte sekä siellä tehdyt toimenpiteet ja mittaukset. Kosteusmittausten lisäksi esimerkkikohteessa tehtiin alapohjarakenteiden tiiveyttä mittaava merkkiainekoe. Työn neljäs luku sisältää pohdinnan kosteudenhallinnasta, sen toimenpiteistä sekä Kuivaketju10-toimintamallista ja kosteuskoordinaattorin tehtävistä.

## 2 TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA

Jotta uusi rakennus olisi maankäyttö ja -rakennuslain pykälän 117 c mukaisesti terveellinen ja turvallinen, on rakennushankkeeseen ryhtyvän ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 pykälän 12 mukaisesti huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Tämän lisäksi ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 pykälän 13 mukaisesti vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen. (Maankäyttö ja -rakennuslaki 132/1999; Ympäristöministeriön asetus rakennusten... 782/2017.)

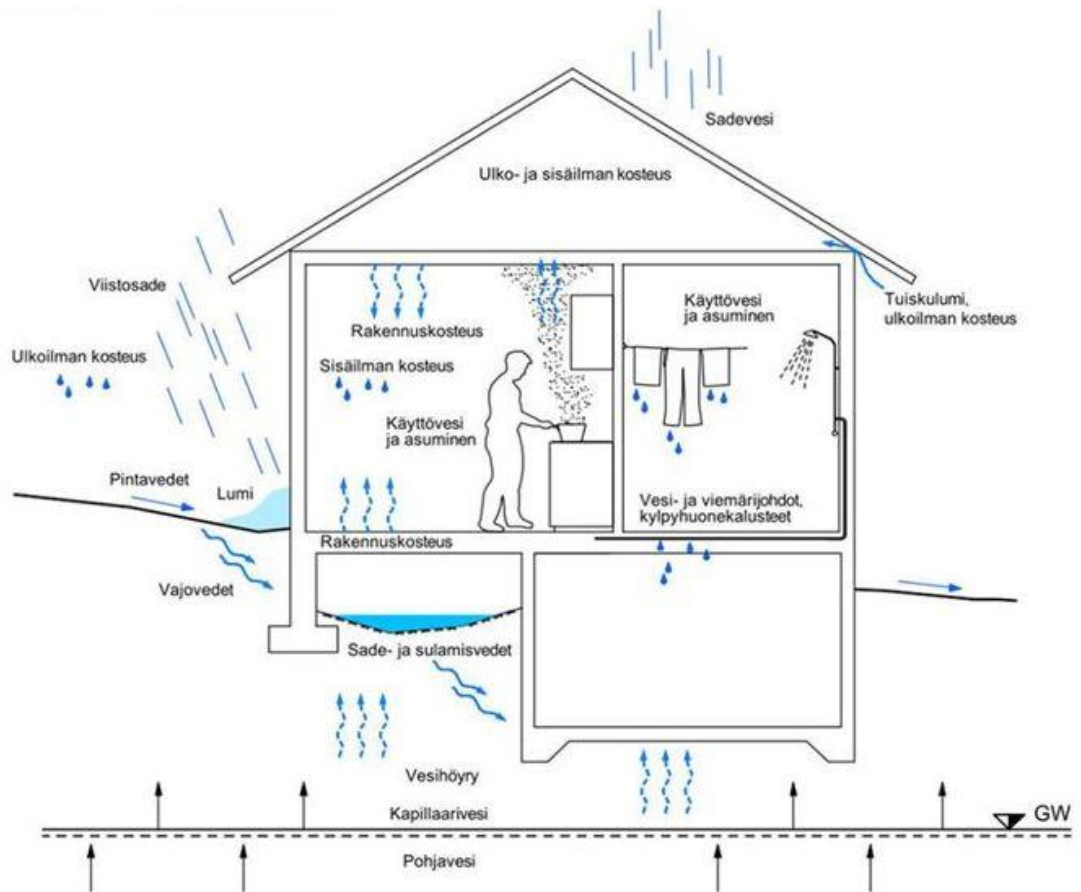
### 2.1 Rakennusaikainen kosteus

Suomen sääolosuhteissa sekä rakennusmateriaalit että valmiit rakenteet altistuvat rakentamisvaiheessa helposti kosteudelle. Myös työtavoilla ja materiaalivalinnoilla on suuri vaikutus rakenteiden kosteuspitoisuuksiin ja kuivumisaikoihin. Liiallinen kosteudenkehitys on mahdollista saada hallintaan riittävällä ennakkosuunnittelulla, suojauksilla sekä tarpeen mukaan koneellisella kuivauksella.

#### 2.1.1 Kosteuslähteet

Kosteuslähteet voidaan jaotella rakennuksen ulko- ja sisäpuolisiin kosteuslähteisiin, jotka on esitetty kuviossa 1 (Mölsä 2017). Rakennusvaiheessa huomiota pitää kiinnittää erityisesti ulkopuolisiin kosteuslähteisiin, joita ovat sade, maaperän kosteus, pintavedet sekä ilmassa oleva vesihöyry. Etenkin huokoiset aineet sitovat itseensä helposti kosteutta ilmasta (Björkholtz 1997, 59).

Rakennushankkeen edetessä myös sisäpuolisten kosteuslähteiden vaikutus rakennuskohteen kosteudenhallinnassa kasvaa. Huomioon otettavia sisäpuolisia kosteuslähteitä ovat määrät työvaiheet kuten betonityöt, siivoaminen, putkivuodot sekä rakennekosteus. (Kosteuslähteet 2008.)



KUVIO 1. Kosteuslähteet (Mölsä 2017)

### 2.1.2 Kosteuden siirtyminen

Rakenteissa siirtyvä kosteus on joko nestettä tai vesihöyryä. Kosteuden siirtymistapoja ovat kapillaarivoimat, painovoima, diffuusio ja konvektio.

Kapillaarisuudella tarkoitetaan rakennusaineiden ja maaperän kykyä imeä ja siirtää nestemuotoista vettä huokosiinsa niiden ollessa kosketuksissa veden kanssa. Maaperän kapillaarista nousukorkeutta ei normaalisti tarvitse ottaa huomioon perustus- ja alapohjamateriaaleja valittaessa, sillä rakenteen ja maaperän väliin tulee kapillaarisuuden katkaiseva kerros. (Björkholtz 1997, 53.)

Merkittävä osa rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen. Toivottua painovoimasta siirtymistä on esimerkiksi putkissa ja

kouruissa kulkeva vesi. Ei-toivottua on rakenteiden epätiivveyskohdista rakenteeseen valuva vesi, joka voi aiheuttaa kosteusriskin ja pysyviä vaurioita. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

Vesihöyry siirtyy diffuusiolla suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Mitä suurempi osapaineiden ero on, sitä voimakkaampi on diffuusiovirtaus. Vesihöyryn siirtymiseen vaikuttaa osapaine-eron lisäksi myös materiaalin vesihöyrynläpäisevyys, joka vaihtelee suuresti materiaalista riippuen. Kosteusvaurioiden kannalta ongelmallisinta on, jos rakenteeseen pääsee diffuusiolla enemmän kosteutta kuin rakenteesta voi poistua. Kylmänä vuodenaikana rakenteeseen voi tällaisessa tilanteessa tiivistyä liiallinen määrä kosteutta. (Kosteuden siirtyminen 2008.)

Konvektiossa vesihöyryä siirtyy ilmavirtojen mukana. Ilmavirtauksia syntyy, kun rakenteen eri puolilla vallitsee erilaiset ilman kokonaispaineet. Kosteusriski syntyy, kun kostea sisäilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi kohti ulkoilmaa. Tällöin rakenteeseen voi kerääntyä haitallisia määriä kosteutta. (Björkholtz 1997, 57–58.)

### **2.1.3 Materiaalien varastointi**

Materiaaleja tilattaessa tulee toimitusaika sopia siten, että materiaaleja ei tarvitse varastoida työmaalla pitkään. Toimitusajankohtaan pitää kiinnittää erityistä huomiota, jos varastotilaa on vähän eikä materiaaleille optimaalisia olosuhteita voida taata. Etenkin kosteudelle herkät materiaalit tulisi varastoida käyttökohteen kaltaisissa olosuhteissa. Paremmin kosteusrasitusta kestävätkä materiaalit, kuten betoni- ja puuelementit sekä hyvin pakkautetut lämmöneristeet varastoidaan irti alustastaan ja suojattuna sateelta. Materiaalitoimittajan asentamat suojamateriaalit poistetaan vasta materiaalin asennusvaiheessa.

Kunkin materiaalin varastointipaikka tulee olla lähellä käyttökohdetta, jotta ylimääräistä siirtelyä on mahdollisimman vähän. Mitä vähemmän materiaaleja siirrellään, sitä todennäköisemmin materiaalit sekä niiden suojaukset säilyvät ehjinä. Myös varastointipaikan sijainti suhteessa muuhun työmaatoimintaan ja -liikenteeseen vaikuttaa materiaalien vaurioitumisriskiin.



#### **2.1.4 Rakenteiden suojaus**

Kosteudelle alttiit materiaalit ja rakenteet pitää suojata niiden paikalleen asennuksen jälkeinkin. Suojausmenetelmä valitaan vuodenajan, rakentamisen vaiheen, rakennuksen koon, sijainnin, muodon sekä rakenteiden vaurioitumisherkkyuden mukaan. Suojausmenetelmiä ovat suojapeitteet, julkisivusuojat sekä sääsuojat. (Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus 2013, 5–6.)

Suojapeitteitä käytetään työmaalla muun muassa rakenteiden väliaikaisina suojina, täydentämässä muita suojausmenetelmiä, perusmaan ja betonoinnin routasuojaukseen sekä holvi- ja laattavalujen lämpösuojauksena. Suojapeitteitä käytettäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota peitteiden paikalleen kiinnitykseen sekä kuntoon. Kevyet suojapeitteet repeytyvät herkästi, jolloin ne on välittömästi korjattava tai vaihdettava ehjiin. (Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus 2013, 6.)

Julkisivusuojia ovat telineisiin kiinnitetyistä peitteistä koostuvat pystysuojat sekä telinekatot. Julkisivusuojilla voidaan suojata ylin työtaso, seinät tai koko rakennus. Suojan runkorakenteet, tuet ja peitteet sekä niiden kiinnitykset pitää tarkistaa säännöllisesti. (Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus 2013, 6.)

Sääsuojat koostuvat kantavasta rakenteesta sekä katemateriaalista ja ne ovat suojausmenetelmistä varmimpia. Sääsuojilla voidaan suojata niin työntekijät, työkohde kuin materiaalitkin haitallisilta sääolosuhteilta kuten tuulelta, sateelta ja liialliselta auringonvalolta. Tyypillisesti sääsuojia käytetään suurempien rakennuksien saneerausten yhteydessä sekä uudiskohteiden perustusvaiheessa. Hyvällä ennakkosuunnittelulla sääsuojia voidaan hyödyntää myös runkovaiheessa. Sääsuojan käyttöä harkittaessa tulee miettiä sekä hankkeen kustannustehokkuutta että haluttua laatutasoa. (Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus 2013, 6.)

#### **2.2 Kuivumisen varmistaminen**

Jotta rakenteiden asianmukainen kuivuminen on mahdollista, on sille varattava riittävästi aikaa hankkeen aikataulusta. Rakenteiden kuivumisnopeuteen vaikuttaa muun muassa

materiaalin ominaisuudet, rakenneratkaisut sekä kuivumisolosuhteet. Kuivumista voidaan nopeuttaa materiaalien oikeanlaisen varastoinnin ja suojaamisen lisäksi koneellisella kuivauksella.

### **2.2.1 Betonin kosteustekniset ominaisuudet ja kuivuminen**

Betoni sisältää aina kosteutta. Kosteus on peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sekä betoniin ympäristöstä siirtyneestä nestemäisessä tai kaasumaisessa muodossa olevasta kosteudesta. Valmistusvaiheessa käytetyn veden kuivuminen jatkuu niin kauan kun rakenteen sisällä sekä rakenteen ja ympäristön välillä on kosteuspitoisuusero. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 527, 536.)

Betonille itselleen ei nestemäisestä tai kaasumaisesta kosteudesta ole yleensä haittaa. Betonista tulee jopa sitä lujempaa, mitä kosteammassa olosuhteissa sitä säilytetään. Hyvän kosteudensietokykynsä ansiosta betonista valmistetaan monia veden ja kosteuden kanssa kosketuksissa olevia rakenteita kuten perustuksia ja paaluja. Jos betonin suoja-  
huokossuhde ei ole riittävä, voi kosteus jäätyessään aiheuttaa betoniin suuriakin vaurioita. Myös epäpuhdas vesi voi kuljettaa betoniin haitallisia aineita vaurioittaen rakennetta. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 527.)

Valuvaiheessa tuoreen betonin suhteellinen kosteus on noin 100 %. Betonin kovettuessa osa betonin valmistamiseen käytetystä seosvedestä sitoutuu kemiallisesti sementin hydratoitumisreaktiossa, minkä seurauksena betonissa tapahtuu kuivumista. Normaaleilla rakennebetoneilla kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on yleensä niin alhainen, että kemiallisen kuivumisen seurauksena betonin suhteellinen kosteus laskee vain noin 98 %:iin. Siksi rakenteen kuivuminen edellyttää yleensä myös haihtumiskuivumista. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 535.)

Haihtumiskuivuminen on kosteuden liikkumista rakenteen sisältä kohti pintaa. Mikäli rakennetta ympäröivä ilma on rakennetta kuivempaa, rakenteen pintaan siirtynyt kosteus haihtuu ilmaan. Alkuvaiheessa, kun rakenteen pinta on vielä kostea, rakenteen sisäosissa olevaa kosteutta siirtyy kapillaarisesti kohti rakenteen pintaa. Pinnan nopean kuivumisen takia kosteuden kapillaarinen siirtyminen pintaosissa kuitenkin estyy, jolloin kosteuden

ainoaksi siirtymismuodoksi jää diffuusio. Kosteuden siirtyminen diffuusiolla on huomattavasti hitaampaa kuin kapillaarisesti, joten haihtumisrintaman siirtyessä syvemmälle rakenteeseen kuivuminen hidastuu hidastumistaan. Esimerkiksi välipohjalaatta saattaa saavuttaa koko rakenteensa paksuudelta rakennetta ympäröivän huonetilan kosteuspitoisuuden vasta yli 10 vuoden kuluttua. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 535–536.)

### **2.2.2 Puun kosteustekniset ominaisuudet ja kuivuminen**

Puussa on melkein aina vettä ja sen määrä vaikuttaa lähes kaikkiin puun ominaisuuksiin. Koska puu on hygroskooppinen materiaali, sen kosteuspitoisuus riippuu ympäröivän ilman kosteudesta. (STEP 1 Puurakenteet 1996, A4/1.)

Kosteuden tunkeutuessa puun soluseinämään soluseinäma paksunee ja puu turpoaa. Tilavuusturpoaminen on yhtä suuri kuin absorptoituneen veden tilavuus. Kun soluseinämät ovat kyllästyneet vedellä, puu ei enää turpoa, vaikka puun kosteuspitoisuus nousisikin. Vastaavasti, kun puusta poistuu kosteutta, puu kutistuu. Tätä puurakenteiden tavanomaista kosteusvaihtelua kutsutaan kosteuselämiseksi ja sen aiheuttamat tilavuusmuutokset ovat suurempia puun poikki- kuin pystysuunnassa. (STEP 1 Puurakenteet 1996, A4/1, A4/8, A4/10.)

Tuoretta puuta kuivattaessa vesi irtoaa ensin soluonteloista. Soluonteloissa olevaa vettä kutsutaan vapaaksi vedeksi, koska vesi ei ole kiinnittynyt puun soluseinämien ainekseen. Soluseinämiin kiinnittynyttä vettä kutsutaan sidotuksi vedeksi, jonka poistamiseen tarvitaan enemmän energiaa kuin vapaan veden poistamiseen. (STEP 1 Puurakenteet 1996, A4/10.)

Puun syiden kyllästymispisteeksi kutsutaan kosteusmäärää, jossa soluseinämät ovat kylästetty vedellä, mutta vapaata vettä ei enää ole. Useimmilla puulajeilla kyllästymispiste vaihtelee kosteusalueella 28–35 %. Puun lahoaminen on mahdollista kosteusalueella 20–30 %, joten lahovaurioiden ehkäisemiseksi puun tulisi olla kuivempaa kuin kyllästymispisteessä. (STEP 1 Puurakenteet 1996, A4/10, A14/1.)

### 2.2.3 Muiden materiaalien kosteustekniset ominaisuudet

Betoni- ja puurakenteiden lisäksi rakentamisessa käytetään paljon muita rakennusmateriaaleja, joiden laatuun ja toimintaan kosteus vaikuttaa. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi tiilet, harkot ja lämmöneristeet.

Sekä kalkkihiekk- että poltettujen tiilien kosteuspitoisuus vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Edellä mainituista tiilistä poltettu tiili imee itseensä helpommin kosteutta ja sen vesihöyrynläpäisevyys on suurempi kuin kalkkihiekkatiilellä. Kosteus ei kuitenkaan itsessään vaurioita kumpaakaan tiilityyppiä, sillä puhtaassa tiilessä ei ole mikrobien ravinnoksi kelpaavaa ainesta. Ongelmia kosteudesta aiheutuu, mikäli kosteuden mukana tiileen siirtyy tai tiilipinnan päällä on mikrobivaurioita mahdollistavia epäpuhtauksia tai kastunut tiilirakenne altistuu pakkaselle. Poltetun tiilen pakkasenkestävyyttä parannetaan lisäämällä valmistusmassaan sahanpurua, joka polttovaiheessa palaa pois jättäen tiileen suojahuokosia. Mikäli valmistaja on määritellyt tiilet säänkestäviksi, kestävät tiilet myös pakkasta. (RT 35-10840 Kalkkihiekkatiilet 2005, 3–4; RT 35-11136 Poltetut tiilet 2013, 1, 3–4.)

Harkkotyyppejä ovat kevytsoraharkot, karkaistut kevytbetoniharkot, betoniharkot sekä kalkkihiekkaharkot (RT 82-10588 Harkkorakenteiden suunnittelu 1995, 1–2). Parhaiten kosteutta kestävä kevytsoraharkot, joiden kapillaarisuus on pienempi kuin betonin ja tiilen. Suljetun huokosrakenteen vuoksi kevytharkot imevät vain vähän vettä ja kuivuvat nopeasti. Eristetyt kevytsoraharkot eivät myöskään vahingoitu kosteuden vaikutuksesta, sillä umpisoluinen polyuretaani ei ime itseensä eikä päästä lävitseen nestemäistä tai kaasmaista kosteutta. Huokoisuutensa takia kevytsoraharkkojen pakkasenkestävyyskin on hyvä. (RT 35-10834 Kevytsoraharkot 2004, 2.)

Karkaistut kevytbetoniharkot voivat imeä kosteutta 25–35 paino-% nopeudella  $4-7 \text{ kg/m}^3\text{h}^{0,5}$ , joten niiden kosteuspitoisuus voi nousta huomattavasti korkeammaksi kuin esimerkiksi kevytsoraharkkojen. Karkaistut kevytbetoniharkot kestävätkin hyvin pakkasrasitusta. Pakkasvaurioita voi syntyä vain, jos harkkojen vesipitoisuus nousee noin 60 painoprosenttiin. Tämä on käytännössä mahdollista vain rakennusvirheen tai vesivuodon yhteydessä. (RT 35-10835 Karkaistut kevytbetoniharkot 2004, 2.)

Betoniharkot ovat kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan samankaltaisia kuin vastaavanlaisesta betonimassasta valmistettujen betonirakenteiden ominaisuudet (RT 35-10844 Betoniharkot 2005, 2). Betonin kosteusteknisiä ominaisuuksia käsiteltiin kohdassa 2.2.1. Samalla tavalla myös kalkkihiekkaharkkojen ominaisuudet vastaavat kalkkihiekkatiilien ominaisuuksia, joita käsiteltiin aiemmin kohdassa 2.2.3 (RT 35-10841 Kalkkihiekkaharkot 2005, 2–3).

Erilaisia lämmöneristeitä on markkinoilla todella paljon. Yleisimmin käytettäviä lämmöneristeitä ovat muun muassa mineraalivillat, puukuitueristeet, EPS- ja XPS-eristeet sekä kevytsora. Kevytsoraeristeiden kosteustekniset ominaisuudet vastaavat kevytsoraharkkojen ominaisuuksia, joita käsiteltiin aiemmin kohdassa 2.2.3.

Mineraalivillan ja EPS-eristeiden vesihöyrynläpäisevyys on melko suuri, joten vesihöyry pääsee liikkumaan eristeiden läpi. Eristeiden lämpimällä puolella onkin käytettävä höyrynsulkua, jollei kosteuden poistumista lämmöneristeestä ulospäin voida varmistaa. Niin mineraalivilla kuin EPS-eristekään ei mätäne tai lahoa, mutta epäsuotuisissa kosteusolosuhteissa mineraalivillassa voi esiintyä sieni- ja homekasvustoa. (RT 36-10689 Mineraalivillat 1999, 3–4; RT 36-11113 EPS-eristeet 2013, 3.)

Puukuitueristeet sitovat ja luovuttavat kosteutta ympäristön kosteuspitoisuuden mukaan. Huonon suojauksen seurauksena sateelle altistuessaan puukuitueriste voi sitoa vettä itseensä jopa 5-10-kertaisesti oman painonsa, jolloin se menettää lämmöneristyskykynsä. Koska puukuitueristeeseen lisätään lahonestoaineita, ei lievistä kosteusrasituksesta ole eristeelle välitöntä haittaa. Lahonestoaineet suojaavat sekä eristettä että siihen kosketuksessa olevaa puuta lahottajasieniltä. (RT 36-11090 Puukuitueristeet 2012, 2.)

XPS-eristeiden vesihöyrynläpäisevyys on niin pieni, että niitä voidaan käyttää tiiviisti saumattuna myös höyrynsulkuna. Umpisoluisena materiaalina XPS-eriste imee itseensä veteen upotettuna ainoastaan  $\leq 2$  tilavuus-% ja diffuusiolla 1–5 tilavuus-% vettä. XPS-eristeet eivät sisällä mikrobien tarvitsemia ravintoaineita eikä sienirihmasto pääse tunkeutumaan levyn suljettuun solurakenteeseen. (RT 36-11102 XPS-eristeet 2012, 2.)

#### 2.2.4 Kuivumisolosuhteet ja rakenteiden kuivaaminen

Materiaalien ja rakenteiden kuivumiseen vaikuttavia tärkeimpiä olosuhdetekijöitä ovat mahdolliset kastumisajat, ilman suhteellinen kosteus sekä lämpötila. Jotta ilma pystyy vastaanottamaan rakenteesta poistuvaa kosteutta, on ilman suhteellisen kosteuden oltava riittävän alhainen. Betonirakenteiden kuivumisen kannalta riittävän alhaisena ilman suhteellisenä kosteutena pidetään 50 %. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 544, 548.)

Kuivumisen katsotaan alkavan siitä, kun rakenteeseen ei enää pääse lisäkosteutta ja kohteen lämpötila on riittävä. Rakenteita kuivattaessa sisäilman lämpötilan tulisi olla vähintään +20 °C. Lämpötilaa nostettaessa kuivumisaika saattaa lyhentyä huomattavasti, mutta työskentelyolosuhteet voivat vaarantua. Sisäilman lämpötilaa nostamalla saadaan ilman suhteellinen kosteus laskemaan, jolloin sen kyky vastaanottaa rakenteesta poistuvaa kosteutta paranee. Tällöin myös rakenteen lämpötila nousee ja rakenteen kosteutta siirtävä voima kasvaa. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 545, 548.)

Ideaalisten kuivumisolosuhteiden luomiseen vaikuttaa rakenteen ominaisuuksien lisäksi se, kuinka kuivaksi rakenne pitää saada ja kuinka kauan kuivumiselle on varattu aikaa (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 548). Siihen, kuinka kuivaksi rakenne pitää saada, vaikuttaa kuivuvaan rakenteeseen liittyvät rakenteet sekä valittu pinnoite. Mikäli rakenteen kuivumiselle on asetettu tiukka aikataulu, voidaan kuivumista nopeuttaa koneellisesti esimerkiksi ilmankuivaajilla, erilaisilla lämmityslaitteilla sekä puhaltimilla.

Puurakenteita kuivatessa on aikaa varattava enemmän kuin betonirakenteiden kuivaamiseen, sillä liian nopeasti kuivuva puu saattaa halkeilla. Etenkin massiivisilla poikkileikkauksilla halkeilu on todennäköistä. Kuivausolosuhteiden tulisi olla sellaiset, että kuivatavan puun kosteuden ja kuivatusolosuhteiden tasapainokosteuden ero on korkeintaan 6 %. Jos rakenteita pitää kuivattaa tätä enemmän, on kuivaus suoritettava useammassa vaiheessa. (RIL 240-2006 Puurakenteiden laadunvarmistus 2006, 42.)

Rakenteiden kuivatusta suunniteltaessa on otettava huomioon vuodenajat, sillä ulkoilman kosteussisältö ( $\text{g/m}^3$ ) vaikuttaa olennaisesti rakennuksen sisäilman suhteelliseen kosteuteen. Koska talvella ulkoilman kosteussisältö ( $\text{g/m}^3$ ) on pienimmillään, rakenteita saadaan helpoiten kuivatettua lämmittämällä sisäilmaa. Loppusyksyllä ja keväällä kuivumista voi-

daan lämpötilan nostamisen lisäksi tehostaa lisäämällä ilmanvaihtoa. Alkusyöksyllä ja kesällä ulkoilman kosteussisältö ( $\text{g/m}^3$ ) on suurimmillaan, jolloin kosteuden poistuminen sisäilmasta saattaa edellyttää ilmankuivaajien käyttöä. Jotta ilmankuivaajien käyttö olisi tehokasta, on varmistettava, että kuivatettava tila on tiivis eikä kosteaa ilmaa kerätä epätiivieyskohtien takia rakennuksen ulkopuoleltakin. Ilmankuivaajia käytettäessä on lisäksi varmistettava sisäilman riittävä lämpötila sekä ilmanvaihto. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 548–549.)

Sisäilman suhteellista kosteutta voivat nostaa myös märät työvaiheet sekä ikkunoiden, ovien ja aukkojen väliaikaiset suojat, joiden kylmiin pintoihin saattaa tiivistyä kosteutta. Kosteuden tiivistymistä ja märkien työvaiheiden aiheuttamaa kosteuslisää voidaan ehkäistä käyttämällä ilmankuivaajia. Myös väliaikaisten suojausten lämmöneristyskykyä parantamalla ehkäistään kosteuden tiivistymistä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 549.)

### **2.3 Pinnoitettavuus**

Betonirakenteilta edellytetään rakentamisen aikaista kuivumista, mutta rakenteiden ei kuitenkaan tarvitse kuivua tasapainotilaan ympäröivän sisäilman kanssa, mikä tarkoittaisi keskimäärin 50–60 % RH. Tavoitteena on, että niin betonirakenteet, kuin muutkin rakenteet kuivuvat niin paljon, ettei rakenteiden sisältämä kosteus vaurioita rakenteiden pinnoille laitettavia materiaaleja. Riittävä kuivuminen varmistetaan erilaisilla rakennekosteusmittausmenetelmillä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2018, 536.)

#### **2.3.1 Betonirakenteet**

Sallitut alusbetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot riippuvat käytettävästä päällysteestä. Liian korkea suhteellinen kosteus voi aiheuttaa puupohjaisissa päällysteissä mikrobivaurioitumisen riskin ja muovipohjaisissa päällysteissä kiinnitysliiman kupruilua sekä haihtumista sisäilmaan. Mikäli päällysteen alla käytetään alusmateriaalia, on varmistettava, että alusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys on kyseiselle rakenteelle sopiva. Jos vesihöyrynläpäisevyys on suuri, voi betonista siirtyvä kosteus jäädä huonommin vesihöyryä läpäisevän puumateriaalin alle aiheuttaen mahdollisesti materiaalin turmeltumista sekä mikrobivaurioita. Jos taas alusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys on pieni, voi

betonista siirtyvä kosteus kerääntyy alusmateriaalin alle. Mikäli betonin pinnassa on orgaanista ainetta, voi kerääntynyt kosteus aiheuttaa mikrobivaurioita betonin ja alusmateriaalin väliin. (Betonikeskus ry 2007, 16–17, 32.)

Taulukossa 1 on esitetty yleisimpien lattiapäällysteiden vaatimat alusbetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot päällysteittäin (Betonikeskus ry 2007). Ennen päällysteen asentamista on suositeltavaa varmistaa alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvot materiaalivalmistajalta.

TAULUKKO 1. Alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvot päällysteittäin (Betonikeskus ry 2007, 19, 22, 25, 29, 34, 37)

<i>Päällystemateriaali</i>	<i>Betonin RH (%) arviointisyvyydellä A</i>	<i>Betonin/tasoitteen RH (%) pinnassa ja syvyydellä (0,4xA)</i>
Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali	85	75
Alustaan liimattava lautaparketti	85	75
Laminaatti ja vesihöyryntiivis alusmateriaali	85	75
Mosaiikkiparketti	85	75
Muovimatto	85	75
Linoleumi	85	75
Kumimatto	85	75
Tekstiilimatto, tiivis alusta tai luonnonmateriaalista tehty	85	75
Täyssynteettinen tekstiilimatto ilman alusrakennetta	90	75
Muovi-, kumi- tai linoleumilaatat	90	75
<i>Keraamiset laatat, kuivat tilat (- kutistuma laatoituksen jälkeen)</i>		
- 0,45–0,65 mm/m	95	
- 0,35–0,55 mm/m	90	
- 0,3–0,4 mm/m	85	
- 0,2–0,3 mm/m	80	



### 2.3.2 Puurakenteet

Puurakenteet suunnitellaan niiden kosteudelle altistumisen perusteella käyttöolosuhdeluokkiin 1–3. Käyttöolosuhdeluokassa 1 puun kosteus on enintään 12 % (RH 65 % lämpötilassa +20 °C). Luokkaan 1 kuuluvat lämmitetyissä sisätiloissa sijaitsevat puurakenteet. Käyttöolosuhdeluokassa 2 puun kosteus on enintään 20 % (RH 85 % lämpötilassa +20 °C). Luokkaan 2 kuuluvat lämmittämättömissä tiloissa sijaitsevat puurakenteet. Käyttöolosuhdeluokassa 3 olosuhteet ovat sellaiset, että puurakenteiden kosteudet nousevat korkeammiksi kuin luokassa 2. Tarkemmat puurakenteiden tavoitekosteudet määritetään kosteudenhallintasuunnitelmassa. (RIL 240-2006 Puurakenteiden laadunvarmistus 2006, 42; STEP 1 Puurakenteet 1996, A14/2.)

Jos puun kosteuspitoisuus ylittää arvon 20–25 % ja lämpöolosuhteet ovat otolliset (0 °C – +50 °C), voi puuhun kasvaa lahottajasieniä. Nopeinta lahottajasienten kasvu on lämpötiloissa +15 °C – +40 °C, riippuen sienilajista. (RIL 240-2006 Puurakenteiden laadunvarmistus 2006, 64.)

### 2.3.3 Kosteusmittaukset

Betonirakenteen tarkka suhteellinen kosteus voidaan mitata joko porareikä- tai näytepalamittauksilla. Porareikämittauksessa mitattavaan rakenteeseen jää pienempi porausjälki kuin näytepalamittauksessa, mutta näytepalamittauksessa tulokset saadaan nopeammin. Mikäli mittaustuloksia tarvitaan kovin syvältä rakenteesta, on porareikämittaus järkevämpi valinta. Porareikämittaus on tarkimmillaan +15 °C – +25 °C lämpötilassa, joten mittauslämpötilan poiketessa tästä, voidaan mittaustulosten tarkkuus optimoida käyttämällä näytepalamittauksia. Näytepalamittauksen tulokset ovat tarkkoja -20 °C – +80 °C lämpötiloissa. (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010, 3.)

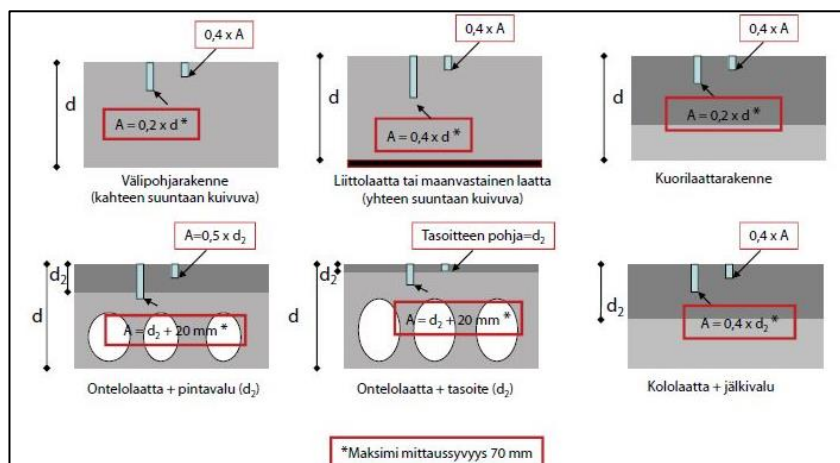
Ennen varsinaista mittausta mittaajan pitää mittaamenetelmästä riippumatta selvittää mittauspisteet ja mittaussyvyudet. Mittaussyvyudet määritetään kuviossa 2 esitetyillä laskukaavoilla (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010, 14). Tämän jälkeen porareikämittausmenetelmää käytettäessä rakenteeseen porataan suunnitellun syvyinen reikä, joka puhdistetaan imuroimalla ja johon asennetaan mittausputki. Putken ja betonin rajakohta tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä ja putki imuroidaan uudelleen puhtaaksi.

Puhdistuksen jälkeen putken pää tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä, tulpalla tai teipillä ja putken annetaan tasaantua kolme vuorokautta. (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010, 4.)

Tasaantumisaajan jälkeen putken päässä oleva tiivistys poistetaan ja putkeen asennetaan mittapää. Mittapään ja putken väli tiivistetään ja mittapään annetaan tasaantua valmistajan ohjeiden mukaisesti 1–4 tuntia. Tasaantumisaajan jälkeen näyttölaitteella voidaan lukea mittaustulokset, jotka kirjataan mittauspöytäkirjaan ja joiden pohjalta laaditaan mittausraportti. (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010, 5.)

Näytepalamittauksessa haluttuun mittaushaaraan porataan kuivamenetelmällä ympyräraura, josta poistetaan betoni halutun mittaussyvyyden yläpuolelta. Rakenteeseen jääneen kuopan pohjalta hakataan esimerkiksi taltalla mahdollisimman suuria betonimurusia, jotka kerätään imuroimalla puhdistettuun lasiseen näyteputkeen. Näytemäärän tulisi olla noin 1/3 näyteputken tilavuudesta. Kuopan reunoille jätetään viiden millimetrin alue, jolta betonia ei irroteta, koska porauksen aiheuttama lämpötilan muutos saattaa vaikuttaa mittaustulokseen. (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010, 7.)

Välittömästi näytteiden keräämisen jälkeen putkeen asennetaan mittapää ja näyteputken suu tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä. Näyteputki siirretään vakio-olämpötilaan tasaantumaan mittapään vaatimaksi ajaksi, yleensä 5–12 tunniksi. Tasaantumisaajan jälkeen näyttölaitteella voidaan lukea tulokset, jotka kirjataan mittauspöytäkirjaan, jonka pohjalta laaditaan mittausraportti. Lukemienottolämpötilan tulee olla  $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  tarkkuudella rakenteen normaali käyttölämpötila. (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010, 7.)



KUVIO 2. Mittaussyvyysien määrittäminen (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden... 2010)

Rakentamisessa yleisesti käytettävien puulajien kosteusmittauksissa käytetään yleensä piikkimittaria. Menetelmää voidaan pitää suhteellisen luotettavana, jos mittalaitteen käyttäjä on kokenut ja osaa tulkita laitteen antamia tuloksia epävarmuustekijät huomioon ottaen. Piikkimittarimenetelmällä mitattavaan puuhun lyödään syyn suuntaisesti kaksi metallielektrodia, joiden välistä sähkönjohtavuutta laite mittaa. Useimmat mittalaitteet ilmoittavat kosteuspitoisuuden painoprosentteina. (Merikallio n.d.)

#### **2.3.4 Mittaustulosten dokumentointi**

Mittaustuloksista laaditaan mittausraportti, josta lukijalle pitää yksiselitteisesti selvittää käytetty mittausmenetelmä, mitatun rakenteen tyyppi, mittausvyvydet ja mittausajan kohta. Mittausraportissa kerrotaan lisäksi:

- mittaushetken osoitetiedot ja yhteystietojen yhteystiedot
- mittausajan yhteystiedot
- mittauspisteiden sijainti esimerkiksi pohjakuvaan merkittynä
- mittalaitteiden tyypit, mittapäiden numerot ja kalibrointiajankohdat
- tarkemmat tiedot mittauksen suorittamisesta, kuten porauspäivä, mittapäiden asennushetki, tasaantumisaikat sekä lukemien ottohetki
- sisä- ja ulkoilman suhteellinen kosteus ja lämpötila
- mittaustulokset: vähintään suhteellinen kosteus ja rakenteen lämpötila
- mittaukseen liittyvät mahdolliset virhetekijät
- tulosten tulkinta ja johtopäätökset

(Betonikeskus ry 2007, 14.)

Mittaustulokset itsessään eivät anna absoluuttista totuutta rakenteen tilasta, sillä mittaukseen liittyy usein epävarmuustekijöitä, joita ovat esimerkiksi liian korkea tai matala mitauslämpötila ja mittaus useasti samasta putkesta. Vasta mittaustuloksien analysoinnin jälkeen voidaan tehdä lopulliset johtopäätökset. (Betonikeskus ry 2007, 14.)

### 3 ESIMERKKIKOHDE

Esimerkkikohteena toimi tämän opinnäytetyön tilaajan RKM Group Oy:n asiakaskohde Kangasalla. Kohteen rakennustyöt alkoivat elokuussa 2017 ja kohde valmistuu syyskuussa 2018. RKM Group Oy:n toimesta kohteeseen asennettiin kuivauskalusto sekä suoritettiin kosteusmittauksia ja merkkiainekoe. Lisäksi kohteen sisäilman kosteutta ja lämpötilaa seurattiin etäluettavalla Seemoto-laitteistolla.

#### 3.1 Kohteen yleistiedot

Esimerkkikohde oli rakennustoimisto Arkta Oy:n urakoima nelikerroksinen asuinkerrostalo Kangasalan Suoramassa. Kohteen huoneistokoot vaihtelivat yhdestä neljään huoneeseen. Yhteensä huoneistoja oli 34, joissa 23:ssa oli sauna.



KUVA 1. Yleiskuva esimerkkikohteesta

Kohteen ala-, väli- ja yläpohjat ovat ontelolaattarakenteiset, ulkoseinät sandwich-elementeistä ja huoneistojen väliset seinät teräsbetonielementeistä. Kevyet väliseinät ovat teräsrankaisia kipsilevyseiniä ja märkätilat peltirakenteisia tilaelementtejä. Yläpohjan lämmöneristeenä käytetään puhallusvillaa ja vesikatto on bitumikernipintainen epäkeskinen harjakatto.

### 3.2 Kuivaus

Koska kohteen runkovaihe toteutettiin talvella, oli rakenteiden kuivaaminen ulkoilman alhaisen kosteuspitoisuuden vuoksi helpompaa kuin esimerkiksi kesällä. Ongelmia aiheutti kuitenkin alkukevään epävakasta lämpöolosuhteista. Keväällä 2018 lunta satoi paljon ja lämpöolosuhteet vaihtelivat rajusti, mikä aiheutti ongelmia kohteen kosteudenhallintaan. Yllättävän runsaasti lumisateisiin ei ollut osattu varautua riittävän tehokkaasti ja sulava lumi pääsi kastelemaan yläpohjarakenteita. Tilanne saatiin kuitenkin nopeasti hallintaan tehostamalla rakenteiden kuivausta. Kuvista 6 ja 7 nähdään tilanteet lumen sulamisen ja kuivauksen tehostamisen jälkeen.

Vesikattotöiden ollessa vielä kesken rakenteiden kuivumisen tehostamiseksi kohteeseen asennettiin toinen ilmankuivain 8.2.2018. Aiemmin kohteen toisessa kerroksessa käytettiin yhtä kuvan 2 mukaista DST Recusorb R-060BR -ilmankuivainta, mutta kuivaustarpeen lisääntyessä kuivausta tehostettiin ottamalla käyttöön myös kuvan 3 mukainen DehuTech DT-8000 -ilmankuivain. DST-kuivain sijoitettiin rakennuksen neljänteen kerrokseen ja DehuTech-kuivain toiseen kerrokseen. Vesikattotöiden valmistuttua kohteen neljänteen kerrokseen asennettiin myös kuvan 4 mukainen Munters 600 -kuivain.



KUVA 2. DST Recusorb R-060BR



KUVA 3. DehuTech DT-8000



KUVA 4. Munters 600 -kuivain



KUVA 5. Simpukkapuhaltimia

Koska kohteen ylimmässä kerroksessa haasteena oli kosteuden siirtyminen yläpohjarakenteen läpi rakenteen alapintaan, asennettiin kohteen kaikkiin ylimmän kerroksen asuntoihin kuvassa 5 esitetyt suuret simpukkamalliset puhaltimet. Puhaltimilla varmistettiin ilman riittävä liikkuminen sekä ilmankuivainten optimaalinen hyöty. Kuvasta 6 nähdään yläpohjarakenteen tilanne ennen simpukkapuhaltimien asennusta ja kuvasta 7 tilanne, kun puhaltimet olivat olleet käytössä neljä viikkoa.



KUVA 6. Yläpohjan alapinta ennen puhaltimien asentamista



KUVA 7. Yläpohjan alapinta puhaltimien käytön jälkeen

Ilmankuivainten ja puhaltimien lisäksi jokaiseen kerrokseen asennettiin väli- ja yläpohjana toimivien ontelolaattojen onteloihin kuvan 8 mukaiset kuivauslinjat. Kuivauslinjojen ilmavirta aikaansaatiin kuvan 9 mukaisilla hormipuhaltimilla. Ontelokuivauksia asennettiin kohteeseen aikavälillä 21.3.–13.4.2018 ja jokaista linjaa kuivattiin noin kolmen viikon ajan.



KUVA 8. Onteloiden kuivauslinja



KUVA 9. Hormipuhallin

### 3.3 Mittaukset

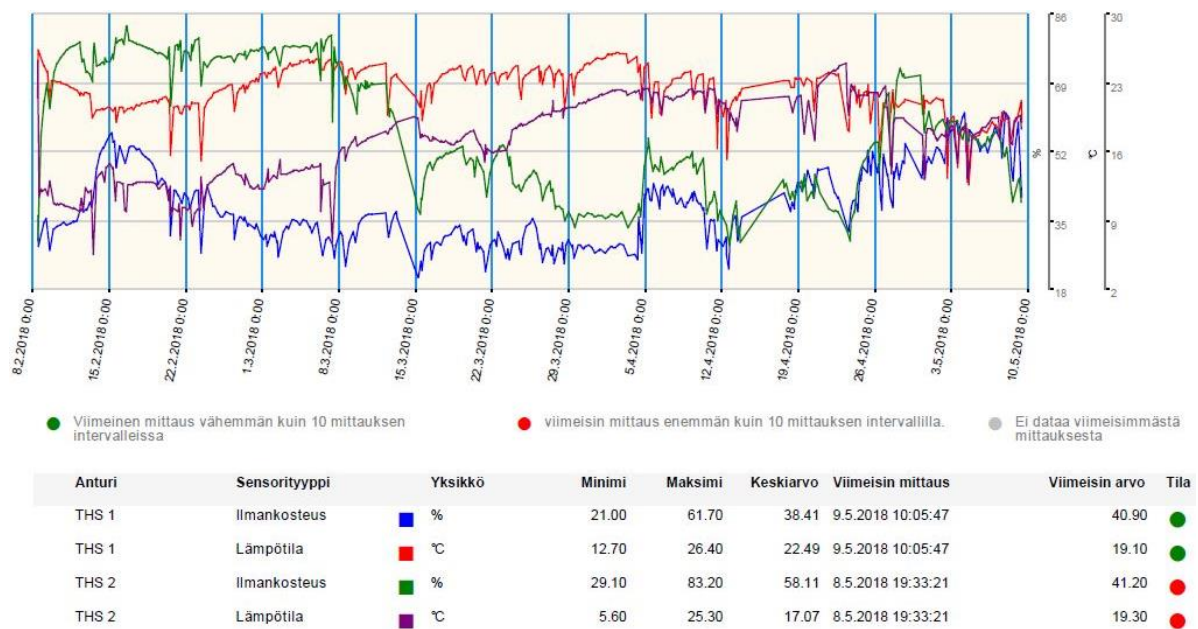
8.2.2018 kohteeseen asennettiin kaksi sisäilman kosteutta ja lämpötilaa mittaavaa etäluettavaa Seemoto-anturia sekä anturien toiminnan mahdollistava tukiasemalaite. Anturit pyrittiin sijoittamaan siten, ettei niihin kohdistuisi suoraa auringonpaistetta, kosteutta tai ilmavirtoja eikä niistä aiheutuisi haittaa muille työvaiheille. Lisäksi anturien sijoituspaikkojen valintaan vaikutti etenkin anturien ja tukiaseman välisen signaalin voimakkuus. Jotta mittausdataa saatiin mahdollisimman laajalta alueelta, päädyttiin toinen anturi asentamaan kohteen ensimmäiseen kerrokseen ja toinen anturi neljänteen kerrokseen.

Esimerkkikohteen kosteusmittaukset toteutettiin porareikämittauksella. Sopimuksen mukaisesti RKM Group Oy suoritti esimerkkikohteeseen rakennekosteusmittauksia tukevaluihin, kylpyhuonekonttien täytevaluihin, väestönsuojan pintavaluun, väli- ja ulkoseinäelementteihin sekä tasoitteisiin.

Kosteusmittausten lisäksi esimerkikohteessa suoritettiin merkkiainekoe. Kokeen suorittamisen helpottamiseksi ja muun työmaatoiminnan mahdollisimman vähäisen häiritsemisen vuoksi merkkiainekoe suoritettiin vain yhden asunnon alapohjaan. Koekohteeksi valikoitui asunto 2 ja sen alapohja. Kokeen tulokset olivat todella hyvät, mittalaite reagoi merkkiaineeseen ainoastaan muutamissa yksittäisissä kohdissa. Kokeen hyvään tulokseen vaikutti osaltaan vain muutama viikko aiemmin valettu lattiatasoite. Koska tasoitevalu ei ollut ehtinyt kokonaan kuivumaan, ei tasoitteen ja seinän rajapintoihin ollut ehtinyt muodostua kuivumisen aiheuttamia halkeamia, joten rakenteet olivat kokeen aikana tiiveimmillään. Koska merkkiainekoe ei liity suoranaisesti kosteudenhallintaan, ei kokeen suorittamiseen tai sen tuloksiin paneuduta syvällisemmin.

### 3.4 Mittaustulokset

Etäluettavien Seemoto-anturien mittausraporotti on esitetty kuviossa 3. Kuvioista nähdään mittausravot aikaväliltä 8.2.–9.5.2018. THS 1 -anturi sijaitsee kohteen ensimmäisessä kerroksessa ja THS 2 kohteen neljännessä kerroksessa. Yksittäiset jyrkät nousut tai laskut mittausravojanoissa johtuvat anturin ja tukiaseman välisen signaalin katkoksista.



KUVIO 3. Seemoto-anturien mittausravot aikaväliltä 8.2.–9.5.2018



Kuviosta 3 nähdään selkeästi, miten märät työvaiheet vaikuttavat rakennuskohteen sisäilman kosteuteen ja täten myös rakenteiden kuivumiseen. Huhtikuun puolessa välissä aloitettiin ensimmäisen kerroksen tasoitetyöt, joiden vaikutus sisäilman kosteuteen nähdään kuvion 3 sinisen, ensimmäisen kerroksen ilmankosteutta kuvaavan, janan nousuna 12.4.2018 jälkeen.

Vihreän, neljännen kerroksen ilmankosteutta kuvaavan, janan rajuun laskun noin 8.3.2018 alkaen vaikutti suurelta osin kuivauksen tehostus puhaltimilla sekä ilman kuivainten suodattimien vaihto. Tällöin kuvassa 6 nähtävä yläpohjan alapinnassa oleva kosteus alkoi vähitellen poistua rakenteesta ja ilmankosteuden mittausarvot laskivat. Kuten ensimmäisen kerroksen myös neljännen kerroksen ilmankosteuden mittausarvot nousivat tasoitetöiden alettua.

Mittausarvojen suurien muutosten lisäksi kuviosta 3 havaitaan pienempiä muutoksia mittausarvoissa. Nämä muutokset johtuvat kuivauksen häiriöistä, joita aiheutuu kohteessa työskentelystä. Tällaisia häiriöitä ovat esimerkiksi ovien aukipitäminen ja kuivainten käyttökatkokset. Myös esimerkiksi maalaustyöt tuottavat sisäilmaan kosteutta, joka voidaan havaita mittaustuloksissa.

Aikatauluristiriidoista johtuen tässä opinnäytetyössä esitetään vain kahden ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevan asunnon kylpyhuoneiden täytevalujen ensimmäiset rakennekosteusmittaustulokset. Mittaustulokset löytyvät liitteestä 1. Asuntojen kylpyhuoneiden täytevaluihin porattiin kaksi syvyydeltään erilaista mittausputkiä. Toinen putki porattiin 28 millimetrin syvyydelle ja toinen 70 millimetrin syvyydelle. Rakenteen kosteuden lisäksi mitattiin sisäilman kosteus ja lämpötila.

Esimerkkikohteen rakennekosteusmittauksen tuloksia analysoitaessa piti huomioida etenkin matala mittaustilapöytä, mittaputkiin osuvat ilmavirrat sekä mittausten kanssa samaan aikaan tehdyt maalaustyöt. Koska mittaukseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä, on mittaus suoritettava uudelleen optimaalisimmissa olosuhteissa, jotta mittaustuloksia voidaan pitää varmoina. RKM Group Oy ei sopimuksen mukaisesti ota kantaa rakenteiden pinnoitettavuuden raja-arvoihin vaan tilaaja on määrittänyt ne kohteen kosteudenhallintasuunnitelmassa.

## 4 POHDINTA

### 4.1 Kosteudenhallinta esimerkkikohteessa ja yleisesti

Ympäristöministeriön asetuksissa 782/2017 ja 216/2015 esitetään erinäisiä vaatimuksia rakennuskohteen kosteudenhallinnalle. Asetuksessa 782/2017 vastuu kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta osoitetaan kohteen vastaavalle työnjohtajalle ja velvoitetaan nimeämään kosteudenhallinnan vastuuhenkilöt. Asetuksessa 216/2015 edellytetään, että kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään tehtävät toimenpiteet rakenteiden ja materiaalien suojaamiseksi kosteudelta sekä kuivumisen varmistamiseksi. Esimerkkikohteen kosteudenhallintasuunnitelmassa nämä seikat esitetään kompaktina kokonaisuutena, jossa tehtävät toimenpiteet esitetään selkeästi ja ytimekkäästi.

Esimerkkikohteen kosteudenhallintasuunnitelma oli kokonaisuutena hyvä, mutta pienillä tarkennuksilla ja lisäyksillä suunnitelmasta olisi saatu kattavampi. Suunnitelmassa esitettiin hyvin rakenteissa ja niiden asentamisessa huomioitavat kosteusriskit, mutta esimerkiksi varastoinnista tai sääolosuhteista aiheutuvia riskejä ei ollut huomioitu suunnitelmassa lainkaan. Myös pinnoitettavuuden raja-arvojen määrittämisessä olisi voitu olla tarkempia, sillä raja-arvot kyllä määritettiin, mutta ei määritetty miltä syvyydeltä vaaditun raja-arvon mukainen tulos on saatava. Lisäksi seinärakenteiden pinnoitettavuuden raja-arvot puuttuivat kokonaan kosteudenhallintasuunnitelmasta.

Materiaalien varastointi toteutettiin esimerkkikohteessa hyvin. Kuivissa olosuhteissa varastoitavat materiaalit varastoitiin kohteen alimmassa kerroksessa, niin että ne eivät altistuneet liialle kosteudelle. Ulkona varastoitavat materiaalit sijoitettiin alueelle järkevästi ja ne suojattiin huolellisesti. Työvaiheiden edetessä asennettavat materiaalit siirrettiin sisäolosuhteisiin hyvissä ajoin ennen asennustöiden alkua.

Kosteudenhallinnan ja rakentamisen laadun kannalta on tärkeää, että uudiskohteissa tehtävät pinnoitettavuuden määrittävät rakennekosteusmittaukset suoritetaan ulkopuolisen ammattilaisen toimesta. Näin vältetään useimmilta riitatilanteilta, joita voi syntyä rakennuskohteissa, joissa kosteiden rakenteiden päälle asennettavat pinnoitteet ovat vaurioituneet ja aiheuttaneet asukkaille terveysongelmia. Sertifioitu ammattilainen osaa myös paremmin tulkita mittaustuloksia eikä luota niihin sokeasti. Kuten esimerkkikohteessakin

huomattiin, kosteusmittauksen kanssa samaan aikaan tehtävät työvaiheet, tilojen tuuletus ja mahdollinen mittausputkiin suoraan paistava aurinko vääristävät mittaustuloksia.

Esimerkkikohteeseen RKM Group Oy:ltä tilattiin rakennekosteusmittausten lisäksi kuivauskalusto, ontelolaattojen onteloiden koneellinen kuivaus sekä sisäilman kosteuden seuranta. Tällainen kosteudenhallinnan toimenpiteiden keskittäminen parantaa kosteudenhallinnan lopputulosta ja vähentää kaikkien kosteudenhallintaan osallistuvien osapuolien työmäärää. Mikäli rakennekosteusmittaukset ja kuivauslaitteisto tilattaisiin eri yrityksistä, joutuisi työmaan työnjohto perehdyttämään useampia henkilöitä työmaalle, minkä lisäksi työnjohdon toimisto aika lisääntyisi useiden aikataulujen yhteensovittamisen ja tietojenvälityksen johdosta. Mitä enemmän työnjohto joutuu käyttämään aikaa toimistossa, sitä vähemmän ehditään keskittymään itse rakennuskohteeseen ja siellä suoritettaviin toimenpiteisiin.

Kosteudenhallinta vaikuttaa siis monin tavoin rakennushankkeeseen, sen aikatauluun laatuun sekä kustannuksiin. Kuten tästä opinnäytetyöstä käy ilmi, on kosteudenhallinnan toteuttamiseen lukuisia eri tapoja. Materiaalivalinnat, rakenneratkaisut, varastointi, suojausmenetelmät sekä kuivauslaitteisto vaikuttavat kaikki kosteudenhallintaan ja sen toteuttamiseen.

Suunnitteluvaiheessa on tärkeää valita materiaaleja, joiden kosteustekniset ominaisuudet sopivat sekä käytettävään kohteeseen, että toimimaan asianmukaisesti muiden materiaalien kanssa. Yksittäisten materiaalien kosteustekninen toiminta voi olla hyvä, mutta kun materiaaleja asennetaan toistensa päälle kerroksittain, voi rakennekokonaisuuden kosteustekninen toimivuus olla hyvinkin heikko. Rakenneratkaisujen suunnittelussa on lisäksi tärkeää huomioida myös työmaatoteutus. Jos rakenteet suunnitellaan rakennettavaksi niin, että niiden kosteudelle herkät osat ovat pitkään suojaamatta tai rakentamisesta koituu kosteushaittaa valmiille rakenteille, on rakenteiden suojaksi suunniteltava asianmukaiset suojaukset, jotta vesi- ja lumisade ei pääse kastelemaan rakenteita.

Toteutusvaiheessa tärkeintä on varmistaa, että materiaalit ovat asennettaessa kuivia, eikä valmiisiin rakenteisiin pääse kosteutta. Etenkin juuri toteutusvaiheessa monilla työmailla on vielä parantamisen varaa. Materiaalien varastointiin ei usein kiinnitetä tarpeeksi huomioita, jolloin materiaalit ja niiden suojaukset saattavat rikkoontua ja pahimmassa ta-

pauksessa materiaalit kastuvat. Myös valmiiden rakenteiden suojaamisessa havaitaan monesti puutteita. Rakenteita ei välttämättä ole huomattu suojata vesi- ja lumisateelta työpäivän päätteeksi, jolloin yön aikana satava vesi tai lumi kastelee rakenteita useiden tuntien ajan.

Kuten edellä mainittiin, voidaan rakennuskohteen kosteudenhallintaan vaikuttaa laajasti hankkeen jokaisessa vaiheessa. Kosteudenhallinnan toteuttaminen ei siis ole vain suunnittelijoiden ja työnjohtajien vastuulla, vaan kaikki työmaa-alueella liikkuvat voivat osaltaan parantaa rakennuskohteen kosteudenhallinnan laatua. Kun kaikki työmaan työntekijät tuntevat velvollisuudekseen varmistaa kosteudenhallinnan toimivuuden, saadaan varmistettua sekä rakennuskohteen laatu, että terveelliset asuin- ja työskentelyolosuhteet valmiin kohteen käyttäjille.

#### **4.2 Kuivaketju10-toimintamalli ja kosteudenhallintakoordinaattori**

Rakennusten kosteus- sekä sisäilmaongelmat ovat olleet viime vuosina runsaasti esillä eri medioissa. Uusien ongelmien ehkäisemiseksi kehitetty Kuivaketju10-toimintamalli puheutuu yleisimpiin rakennushankkeen kosteusriskeihin esittäen kaikille hankkeen osapuolille omat toimintatavat. Suunnittelutyön aikana kohteen suunnittelijat tarkentavat yhteistyössä yleispätevää kosteusriskilistaa vastaamaan kohteen erityispiirteitä, jolloin kosteusriskit saadaan kokonaisvaltaisesti hallintaan.

Toimintamalli kattaa koko rakennushankkeen tilauksesta valmiin rakennuksen käyttöön asti. Jotta rakennus säilyttää Kuivaketju10-statuksensa myös käyttöönoton jälkeen, on käytön aikainen toimintamallin toteutuminen arvioitava säännöllisesti uudelleen. Uudelleen arviointi ei ole pakollista, mutta mahdollisuudella statuksen menettämiseen motivoidaan rakennuksen omistajatahoa noudattamaan huoltokirjan ohjeita ja järjestämään statuksen uudelleen arvioinnit.

Kuivaketju10-toimintamallin käyttö ei ole vielä kovin yleistä, koska toimintamalli on uusi eikä sen käytöstä ole saatu vielä riittävästi kokemusta. Toimintamallin käyttö itsessään on kuitenkin ilmaista, joten sen käyttöasteen kasvu lähtee luultavasti nousuun, kun tilaajat ja rakennuttajat pääsevät tutustumaan toimintamalliin paremmin. Toimintamallin

kustannukset muodostuvat mahdollisesta kosteudenhallintakoordinaattorin palkkaamisesta ja uusista tai kalliimmista toimintatavoista sekä materiaaleista. Edullisuutensa lisäksi Kuivaketju10-toimintamallin käyttäminen ja siitä rakennusvalvontaan ilmoittaminen täyttää uuden Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta.

Kuivaketju10-toimintamallin käyttäminen on aina tilaajan päätös. Mikäli tilaaja päättää käyttää toimintamallia, on toimintamallin käyttö kirjattava pakollisena vaatimuksena sekä suunnittelu- että urakkasopimukseen. Toimintamallin käyttäminen voidaan sopimusten lisäksi varmistaa esimerkiksi sitomalla suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden palkkiot toimintamallin asianmukaiseen käyttöön ja todentamiseen. Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden tehtävää on helpotettu laatimalla valmiit todentamisohjeet, jotka sisältävät rakennushankkeen 10 yleisintä kosteusriskiä, niitä koskevat tarkastuslistat sekä suunnitteluratkaisuja. Suunnittelijat tarkentavat jokaisen riskin todentamisohjeet ja pääurakoitsijan vastuulla on todentaa ja dokumentoida tarkastuslistojen mukaisten työvaiheiden onnistuminen. Toimintamallin aiheuttama lisätyö saattaa aiheuttaa vastustusta ja negatiivista palautetta suunnittelijoissa ja urakoitsijoissa, jolloin selkeiden ohjeiden ja valmiiden dokumenttipohjien merkitys toimintamallin toteuttamisessa nousee tärkeään asemaan.

Koska toimintamallia ei ole vielä käytetty laajassa mittakaavassa, on sen käyttöönotossa vielä joitakin epäkohtia. Kosteudenhallintakoordinaattorina toimivalle henkilölle ei ole asetettu tarkkoja koulutus- tai kokemusvaatimuksia, jolloin toimintamallin soveltaminen käytännössä ei välttämättä ole tasapuolista eri hankkeiden välillä. Koordinaattorit eivät ehkä ole riittävän tietoisia kaikista heille asetetuista työtehtävistä, jolloin tilaajan toimintamallista saama hyöty jää vajavaiseksi. Tämän opinnäytetyön tilaajayrityksen RKM Group Oy:n kannalta nämä käyttöönoton epäkohdat ovat hivenen haasteellisia, koska ei ole varmaa, kuka yrityksen työntekijöistä voi toimia kosteudenhallintakoordinaattorina. Yrityksessä tulisikin kartoittaa työntekijöiden koulutustasot sekä työkokemus ja mahdollisesti järjestää lisäkoulutusta henkilöille, joiden työtehtäväksi kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät asetetaan.

Mikäli kosteudenhallintakoordinaattoreille järjestettäisiin pakolliseksi määritelty koulutus, voisi toimintamallin käytöstä sekä hankkeen eri toimijoiden välisestä yhteistyöstä tulla sujuvampaa. Koulutuksella varmistettaisiin, että koordinaattorit ovat selvillä kaikista velvollisuuksistaan ja heillä olisi paremmat mahdollisuudet neuvoa hankkeen muita

osapuolia toimintamallin käytössä. Kun hankkeen kaikki osapuolet ovat selvillä tehtävistään ja toteuttavat ne ammattitaitoisesti, on hankkeelle taattu paras mahdollinen laatu. Pakollinen koulutus helpottaisi myös kosteudenhallintakoordinaattoripalveluja myyviä yrityksiä, koska koulutuksen käyneet työntekijät olisivat varmasti ajan tasalla tehtävistään. Koulutuksesta saatava todistus myös kasvattaisi yrityksen imagoa ja herättäisi luottamusta asiakkaissa.

Oikealla käytöllä Kuivaketju10-toimintamalli ehkäisee suuren osan sekä rakennus- että käytönaikaisista kosteusriskeistä ja vähentää korjaustoimenpiteisiin käytettäviä kustannuksia. Mikäli toimintamalli otetaan kattavasti käyttöön koko rakennusalalla, parantaa se varmasti niin rakentamisen laatua kuin rakennusalan mainettakin.

Vaikka Kuivaketju10-toimintamallin käytöllä on ainoastaan positiivisia tuloksia, on pohdittava, miksi tällainen toimintamalli on pitänyt kehittää. Usein sekä päättäjät että yksityishenkilöt heräävät pohtimaan vallitsevia ajattelu- ja toimintatapoja vasta, kun niistä on aiheutunut riittävän suuret kansantaloudelliset kustannukset tai terveystarpeeksi monelle henkilölle. Niin vaikuttaa käyneen rakentamisen laadunvalvonnassakin.

Useista eri medioista, niin ammattilaisille kuin yksityishenkilöillekin suunnatuista, saa lukea eri-ikäisten ja eri käyttötarkoituksiin suunniteltujen rakennusten home- ja sisäilma-ongelmista. Osa ongelmista on varmasti aiheutunut käytönaikaisista toimista, mutta suurin osa on saatu aikaan rakennusaikaisilla virheillä. Jos kautta rakentamisen aikakauden olisi rakennusvaiheessa tarkemmin noudatettu viranomaisten ohjeita ja määräyksiä, ei tällä hetkellä välttämättä tarvittaisi Kuivaketju10-tapaisia toimintamalleja varmistamaan kosteudenhallinnan toimivuutta ja laatua.

## LÄHTEET

Betonikeskus ry. 2007. Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Centrum Hout. 1996. STEP 1 Puurakenteet. Suunnitteluperusteet, materiaaliominaisuudet, rakenneosat, liitokset. Toim. Kurkela, J., Lahtinen, R., Muilu, J. & Mäki-Ketelä, L. Helsinki: Rakennustieto Oy. Alkuperäinen teos 1995.

Maankäyttö ja -rakennuslaki 5.2.1999/132.

Merikallio, T. N.d. Kosteusmittaus. Luettu 24.3.2018.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>

Rakennustieto Oy. 1999. RT 36-10689 Mineraalivillaeristeet. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden.

[https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_7283.html.stx](https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/RT_7283.html.stx)

Rakennustieto Oy. 2005. RT 35-10840 Kalkkihiekkatiilet. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden.

[https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_9056.html.stx](https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/RT_9056.html.stx)

Rakennustieto Oy. 2010. RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Luettu 24.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/103082.html.stx>

Rakennustieto Oy. 2012a. RT 36-11090 Puukuitueristeet. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/108903.html.stx>

Rakennustieto Oy. 2012b. RT 36-11102 XPS-eristeet. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/108904.html.stx>

Rakennustieto Oy. 2013a. Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus. Luettu 12.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/109926.html.stx>

Rakennustieto Oy. 2013b. RT 36-11113 EPS-eristeet. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/108905.html.stx>

Rakennustieto Oy. 2013c. RT 35-11136 Poltetut tiilet. Luettu 20.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/109302.html.stx>

Mölsä S. 31.10.2017. Kosteudenhallinta koulutus halutaan pakolliseksi työmaille. Rakennuslehti. Luettu 22.3.2018.

<https://www.rakennuslehti.fi/2017/10/kosteudenhallintakoulutus-halutaan-pakolliseksi-tyomaille/>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kosteuslähteet. Luettu 9.3.2018.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kosteudensiirtyminen. Luettu 12.3.2018.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>

Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. by Betonitekniiikan oppikirja 2018. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2006.RIL 240-2006 Puurakenteiden laadunvarmistus. Suunnittelu – valmistus – työmaatoteutus – käyttö. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 24.11.2017/782.



## LIITTEET

### Liite 1. Esimerkkikohteen rakennekosteusmittauspöytäkirja



## MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde	TA-Asumisoikeus Oy / Aakkulantie 29
Osoite	Aakkulantie 29, 36220 Kangasala

### RAKENTEEN KOSTEUS

Mittaus suoritettiin VAISALA HMI 41 -rakennekosteuden mittarilla.

Mittauspiste/ mittaussyvyys (mm)	RH %	°C	g / m <sup>3</sup> (ABS)	Materiaali	Kosteusarvio
<b>A 3</b>					
1 / 28 mm	76,6	16,4	10,7	Kph täytevalu	**
1 / 70 mm	85,4	16,1	11,7	Kph täytevalu	**
Sisäilma	63,4	16,8	9,0		
<b>A 6</b>					
1 / 28 mm	81,2	16,4	11,4	Kph täytevalu	**
1 / 70 mm	87,3	16,2	12,1	Kph täytevalu	**
Sisäilma	62,9	16,6	8,8		

\*Mittaus suoritettu 7.5.2018

\*\*Pinnoitettavuuden raja-arvot määrittää tilaaja

Mittauksen tekijä: RKM Group Oy	Laatimispäivämäärä 11.5.2018
------------------------------------	---------------------------------

RKM Group Oy  
Haikavuori 1 A  
33960 PIRKKALA

Puh 050 4036432  
etunimi.sukunimi@rkmgroup.fi  
www.rkmgroup.fi