



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# OLOSUHDEHALLINTA SAIRAALATYÖMAALLA

TEKIJÄ:

Toni Lindström

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Toni Lindström	
Työn nimi Olosuhdehallinta sairaalatyömaalla	
Päiväys 24.11.2021	Sivumäärä/Liitteet 33/14
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suutarinen Yhtiöt	
Tiivistelmä <p>Viimeisten vuosikymmenten aikana on alettu ymmärtämään kosteudenhallinnan merkittävyys rakentamisessa. Julkisuudessa on puhuttu paljon rakennusten kosteus- ja sisäilmaongelmista myös uudemmissa rakennuksissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä kosteudenhallinnan eri vaiheisiin ja betonirakenteiden päällystettävyyteen sekä laatia opinnäytetyön toimeksiantajalle toimintaohje edellä mainittuihin asioihin.</p> <p>Opinnäytetyön ensimmäisissä luvuissa perehdyttiin rakennusprosessin kosteudenhallinnan eri vaiheisiin sekä betonin kuivumiseen vaikuttavaan rakennusfysiikkaan. Kosteudenhallintaprosessista käytiin läpi mm. rakennuttajan ja urakoitsijan tehtäviä sekä perehdyttiin Kuivaketju10- toimintamalliin. Tietoa haettiin edellä mainittuihin asioihin kirjallisuudesta ja verkkojulkaisuista. Loppupuolella käsiteltiin tuloksia sekä tehtiin työstä tarvittava pohdinta. Opinnäytetyö oli tutkimustyö, jonka kohteena oli Mikkelissä rakenteilla oleva Mielen- ja kuntoutuksen talo, josta tarkkailtiin rakennusolosuhteita sekä tehtiin tarvittavat pinnoitettavuusmittaukset. Kohteesta saatiin tutkimustietoa mm. etäluettavista mittalaitteista sekä mittausraporteista. Lisäksi opinnäytetyön toimeksiantajalle laadittiin selkeä toimintaohje, jolla saadaan varmistettua kosteudenhallintaan ja olosuhteisiin liittyvät toimenpiteet mahdollisimman kattavasti.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksiin saatiin toivotut mittaustulokset rakennuskohteesta, joten pinnoitustyöt päästään aloittamaan suunnitellussa aikataulussa. Lisäksi urakoitsija sai käyttöönsä toimintaohjeen, jota pystyy hyödyntämään myös tulevissa urakoissa varmistaen optimaaliset kuivumisolosuhteet ja laadukkaan lopputuloksen. Tutkimustuloksena saatiin todettua kohteen onnistunut kosteudenhallinta.</p>	
Avainsanat betoni, kosteus, kosteudenhallinta, Kuivaketju10, kuivuminen, olosuhteet	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Toni Lindström	
Title of Thesis Circumstance Control at a Hospital Site	
Date November 24, 2021	Pages/Appendices 33/14
Client Organisation /Partners Suutarinen Corporation	
<p>Abstract</p> <p>The building industry has begun to comprehend the importance of moisture control in the last few decades. In public, there has been a lot of discussion about moisture- and indoor air problems. The problems have even appeared in recently built constructions. The objective of this thesis was to get acquainted with the different phases of moisture control and the coatability of concrete structures. The purpose was also to draw operational instructions for the client of this thesis. The study was carried out at Mielen ja kuntoutuksen talo in Mikkeli.</p> <p>First, the moisture control in the different stages of a construction process and structural physics were discussed. The tasks of the building developer and contractor on moisture control were rippled in general levels. Kuivaketju10 moisture management concept was also included. Next, the effects of drying concrete were brought out. The information was received from literature and online publications. The results of the study and an analysis of them were presented last. The circumstances were supervised and the required measurements were made. In addition to this, clear and comprehensive instructions for moisture control were drawn up.</p> <p>As a result, desired measuring results were received and the coating work was possible to start on schedule. The produced instructions enable optimal circumstances and a high-quality result also at the future construction sites. In addition, the moisture control was succeeded according to the objectives.</p>	
<p>Keywords concrete, humidity, moisture control, desiccation, circumstances</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	KOSTEUDENHALLINTA.....	6
2.1	Rakentamisen kosteudenhallintavaiheet .....	6
2.1.1	Hankesuunnittelu .....	6
2.1.2	Suunnitteluvaihe .....	8
2.1.3	Rakentamisen valmistelu .....	9
2.1.4	Rakentamisvaihe.....	10
2.1.5	Käyttöönotto ja käyttö.....	11
2.2	Kuivaketju10 .....	12
3	BETONIN KUIVUMINEN.....	15
3.1	Betonin kosteus .....	15
3.2	Ilmankosteus ja lämpötila.....	15
3.3	Kuivumisaika .....	17
4	CASE-TUTKIMUS MIELEN JA KUNTOUTUKSEN TALO .....	21
4.1	Kohde .....	21
4.2	Rakenne.....	21
4.3	eGate.....	22
4.4	Betonin suhteellisen kosteuden mittaus .....	23
4.4.1	Porareikämittaus .....	24
4.5	Tulokset.....	27
5	YHTEENVETO JA POHDINTA .....	28
	LÄHTEET .....	30
	LIITE 1: KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA .....	34
	LIITE 2: MITTAUSRAPORTTI .....	45
	LIITE 3: TOIMINTAOHJE .....	46

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään rakentamisolosuhteiden hallintaa ja olosuhdehallinnan vaikutuksia työmaalle. Opinnäytetyöaihe on ajankohtainen ja tärkeä, koska toimeksiantajalla on käynnissä tällä hetkellä suuri sairaalarakennushanke, jota opinnäytetyö tukee.

Työmaan olosuhteet vaikuttavat olennaisesti siihen, miten rakenteet pääsevät kuivumaan. Olosuhdehallinta on merkittävässä osassa, kun tavoitellaan laadukasta ja terveellistä rakentamista. Pahimmassa tapauksessa liian kostean materiaalin päällystämisen seurauksena seuraa vakava kosteusvaurio. Rakennusaikaisiin olosuhteisiin on kiinnitettävä huomiota myös talouden näkökulmasta, koska betonirakenteiden pinnoitusvalmius ohjaa sisärakennusvaiheita ja suunnitellusta aikataulusta myöhästyminen taas näkyy vääjäämättä nousevina kustannuksina.

Opinnäytetyössä keskitytään käsittelemään niitä lattiarakenteita, jotka ovat kyseisessä kohteessa ensimmäisenä pinnoitettavana. Opinnäytetyön teoriaosiossa käydään läpi kosteudenhallintaprosessin vaiheita sekä rakennusfysiikkaa, joiden perusteella rakenteiden kuivumista saadaan pidettyä yllä. Rakennuskohteessa on käytössä langattomat mittauslaitteet, joilla voidaan seurata helposti reaaliaikaisia olosuhdetietoja ja toimia sen mukaisesti.

Tämän opinnäytetyön tilaajana on Suutarinen Yhtiöt (kuva 1), jonka toiminta-alue sijaitsee Etelä-Savossa. Kasvava ja vakavarainen monialayritys työllistää n. 200 työntekijää kolmella eri osa-alueella, jotka ovat betoniteollisuus, talonrakentaminen ja maanrakennustehtävät. Liikevaihto vuonna 2020 oli n. 50 miljoonaa euroa. (Suutarinen julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 1. Logo (Suutarinen julkaisuaika tuntematon)

## 2 KOSTEUDENHALLINTA

### 2.1 Rakentamisen kosteudenhallintavaiheet

#### 2.1.1 Hankesuunnittelu

Rakentamisen kosteudenhallinta alkaa heti hankesuunnittelusta, jossa asetetaan tavoitteet rakennushankkeen kosteudenhallinnalle. Hankesuunnitteluvaiheessa asioista huolehtii pääsääntöisesti hankkeeseen ryhtyvä eli rakennuttaja. Tässä vaiheessa rakennuttaja ja asiantuntijat selvittävät mm. olosuhteet, tekevät alustavaa aikataulua sekä päättävät menettelytavan, jolla hoitavat kosteudenhallinnan. Jotta hankkeen kosteudenhallinta onnistuu parhaiten, suositellaan, että kosteudenhallintakoordinaattori on mukana jo hankesuunnitteluvaiheesta alkaen. (Kosteudenhallinta 2015.)

Kosteudenhallintakoordinaattorilla tarkoitetaan rakennuttajan kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavaa edustajaa, joka ilmoitetaan kosteudenhallintaselvityksessä rakennusvalvonnalle, ja hänen tehtävänä on huolehtia kosteudenhallinnan onnistumisesta koko rakennusprosessin läpi. (FISE julkaisuaika tuntematon.)

Rakennushankkeen kosteusteknisen vaativuuden määrittää rakennuksen eri ominaisuudet. Hankesuunnitteluvaiheessa sovitaan mahdollisesta kosteudenhallinnan toimintamallin käytöstä, kuten esim. Kuivaketju10 tai Terve Talo. (Kosteudenhallinta 2015.)

Hankkeet ovat jaettavissa eri kosteusriskiluokkiin; erittäin vaativa, normaalia vaativampi ja normaali (taulukko 1). Kosteusriskiluokan määrittelyn tavoitteena on saada osapuolet ymmärtämään rakennushankkeen riskit. (RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2011, 28.)

TAULUKKO 1. Kosteusriskiluokat ja niiden esimerkkejä (RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2011, 28.)

Hankkeen vaativuus	Kosteusriskiluokka	Esimerkkejä
Erittäin vaativa	3	Rakennukset, joissa on suuri kosteusrasitus (mm. uimahallit, kostutetut tilat, pakkasvarastot) tai jotka ovat muuten kosteudenhallinnan suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon tai käytön kannalta erittäin vaativia.
Normaalia vaativampi	2	Normaalia vaativammat asuin-, liike- ja toimistorakennukset. Koulut ja päiväkodit.
Normaali	1	Tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennukset (normaalimenettely). Rakennukset, joissa on ihmisiä vain satunnaisesti tai rakennuksen suunniteltu käyttökä on normaalia lyhyempi (kevennetty normaalimenettely).

Jos rakennushankkeessa käytetään esim. Kuivaketju10- toimintamallia, kuuluu suuri osa kosteudenhallinnan toimenpiteistä tähän menetelmään, joten niitä ei tarvitse erikseen kuvailla kosteudenhallintaselvityksessä. Jos ei käytetä tunnettua kosteudenhallintamenettelyä, tulee kosteudenhallintaselvitys tehdä perusteellisesti koko hankkeen ajalle.

Aikataulu on tärkeässä osassa rakentamisessa, ja rakennuttaja päättää milloin rakennushankkeen on oltava valmis. Aikataulua laatiessa on syytä ottaa huomioon sen vaikutus onnistuneeseen kosteudenhallintaan. Aikaa on varattava tarpeeksi hankkeen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöönottoon, jotta saavutetaan paras mahdollinen lopputulos ilman kosteusvaurioriskejä. Hankkeen edistyessä aikataulua käsitellään uudestaan urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden kanssa. Aikataulua suunniteltaessa on syytä pyrkiä siihen, että saadaan rakennettua mahdollisimman kuivaan vuodenaikaan. Kosteudenhallinnan kannalta on oleellista, että tilaaja asettaa välitavoitteita mm. lämmityksen aloitukseen ja vaipparakenteiden vedenpitävyyteen.

Kosteudenhallintaselvitys (kuva 2) toimitetaan rakennuslupahakemuksen liitteeksi, ja sitä aloitetaan tekemään hankesuunnittelun aikana. Kosteudenhallintaselvitys on rakennuttajan tekemä dokumentti, jossa käydään läpi vaadittua rakennustuotannon kosteudenhallinnan tasoa ja siihen tehdään täydennyksiä myös suunnitteluvaiheessa. Sen sisältö riippuu hankkeen laadusta sekä suuruudesta, riskitasoltaan vaativammassa hankkeessa se on luonnollisesti laajempi ja yksityiskohtaisempi. Kosteudenhallintaselvitys on myös lähtötietona kosteudenhallintasuunnitelmalle. (Kosteudenhallinta 2015.)

### **1. Hankkeen yleistiedot - hankkeen luonne, aikataulu, toteutusmuoto**

#### **2. Kosteudenhallinnan henkilöresurssit**

- Kosteudenhallintakoordinaattori
- Suunnittelijoiden tehtävät ja vastuut
- Valvojien tehtävät ja vastuut
- Pää toteuttajan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö
- Kosteusmittauksista vastaavat henkilöt
- Työvaihetarkastuksia suorittavat henkilöt

#### **3. Kosteudenhallinnan konkreettiset vaatimukset**

- Rakennushankkeeseen ryhtyvän tavoite ja tahtotila
- Vaatimukset suunnitteluvaiheeseen
- Vaatimukset rakentamisvaiheeseen
- Vaatimukset valmistumis-/käyttöönotto vaiheeseen

#### **4. Toimenpiteet ja menettelyt - miten tavoitteeseen päästään**

- Hankkeen kosteusriskit ja toiminnot niiden välttämiseksi
- Suunnittelun ohjausmenettelyt
- Miten kosteudenhallinnassa huomioitavat asiat viedään suunnitelmiin
- Pää toteuttajan toimenpiteet
- Kosteudenhallinnan menettelytavat rakennustyömaalla
- Rakennuksen terveellisyyden osoittamisen toimenpiteet
- Mahdollinen käytönaikainen seuranta

KUVA 2. Kuvakaappaus kosteudenhallintaselvityksen esimerkistä (Kosteudenhallinta 2015)

## 2.1.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa pääasiallisena tavoitteena on huolehtia siitä, että varmistetaan asioiden kosteustekninen toimivuus. Taloteknisiä järjestelmiä, rakenteita sekä rakennusta suunniteltaessa pääsuunnittelija koordinoi ja varmistaa, että kosteudesta ei aiheutu haittoja missään vaiheessa.

Suunnittelussa on huomioitava kaikki ajankohdat; rakentamisvaihe, rakennuksen kuivumisvaihe sekä käyttövaihe. Suunnitteluratkaisussa pitää huomioida ulkoiset ja sisäiset kosteusrasitukset ja niiden ajanjaksot sekä rakenteen kuivumisen mahdollisuus. Tärkeimpinä asioina rakentamisvaiheessa on huolehtia runko- ja eristysrakenteiden kosteusrasitusten kestämisestä. Urakoitsija, suunnittelijat ja kosteudenhallintakoordinaattori käyvät yhdessä läpi suunnitelmia ja miettivät niiden toteutuskelpoisuuksia ja toimivuuksia. Suunnitelmia arvioidaan järjestelmällisesti tarkistuslistojen avulla keskittyen kriittisiin asioihin ja ne tarkastellaan mm. aikataulun ja rakennusfysikaalisen toimivuuden perusteelta.

Onnistunut suunnitteluprosessi luo edellytykset toimivalle ja hyvälle rakentamiselle. Valittujen ratkaisujen tulee olla tarpeeksi hyviä, ettei pienet virheet tai puutteet elinkaaren aikana aiheuta rakenteiden vaurioitumista. Rakennerratkaisujen on siis siedettävä rakennettaessa ja käyttäessä mahdolliset vähäiset kastumiset. Yleisesti hyväksi tavaksi on todettu, että suunnitteluun osallistuu eri osapuolet, kuten tilaaja, urakoitsija ja käyttäjä. Suunnittelijoille ja urakotisijoille olisikin hyvä antaa mahdollisuuksia keskustella ratkaisuista ennen kuin aloitetaan itse rakennustyöt. Näin toimiessa voidaankin parantaa lopullista laatua.

Pääsuunnittelijan kuuluu varmistaa, että rakennushankkeeseen palkataan vaatimustasoon perustuen ammattitaitoisia suunnittelijoita. On todettu hyväksi keinoksi, että ulkopuolinen taho käy vielä läpi suunnitelmien riskikohdat. (Kosteudenhallinta 2015.)

Suunnittelutehtävien vaativuusluokat (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132, 120 §)

Suunnittelutehtävät kuuluvat vaativuusluokkiin, joita ovat vaativa suunnittelutehtävä, tavanomainen suunnittelutehtävä ja vähäinen suunnittelutehtävä.

Vaativuusluokka määräytyy suunnittelutehtävän arkkitehtonisten, toiminnallisten ja teknisten vaatimusten, rakennuksen ja tilojen käyttötarkoituksen, rakennuksen terveellisyyteen ja energiatehokkuuteen liittyvien sekä rakennusfysikaalisten ominaisuuksien, rakennuksen koon, rakennussuojelun sekä kuormitusten ja palokuormien, suunnittelu-, laskenta- ja mitoitusmenetelmien, kantavien rakenteiden vaativuuden ja ympäristöstä ja rakennuspaikasta aiheutuvien vaatimusten perusteella.

Sen lisäksi, mitä edellä 1 momentissa säädetään, voi suunnittelutehtävän vaativuusluokka olla poikkeuksellisen vaativa, jos jokin 2 momentissa tarkoitetuista vaatimuksista tai ominaisuuksista on poikkeuksellinen.

Samassa rakennushankkeessa voi olla eri vaativuusluokkiin kuuluvia suunnittelutehtäviä.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä suunnittelutehtävän vaativuusluokan määräytymisestä.



### 2.1.3 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmistelussa pääurakoitsijan tavoitteena on suunnitella lähtötavoitteiden toteutus. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävänä on perehdyttää pääurakoitsija rakennuskohteessa käytettävään kosteudenhallintamalliin. Pääurakoitsijan tehtävänä on kosteudenhallintasuunnitelman tekeminen kosteudenhallintaselvityksen pohjalta ja päättää työmaalta kosteudenhallinnasta ja mitauksista vastuussa olevat henkilöt.

Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää työmaalla tehtävät toimet, jotta päästään hankesuunnittelu- vaiheessa päätettyihin tavoitteisiin (kuva 3 ja liite 1). Suunnitelman on oltava valmiina ennen kuin työmaa aloitetaan, ja sen tekee vastaava työnjohtaja. Työmaalla toisten urakoitsijoiden on lähetettävä omat kosteudenhallintasuunnitelmansa pääurakoitsijalle. Kosteudenhallintasuunnitelmaa pitää päivittää tarvittaessa, ja tärkeää onkin saada sisäistettyä asiat jokaiselle työmaalla olevalle. (Kosteudenhallinta 2015.)

#### 1. Yleistiedot

- hankkeen perustiedot ja kohteen erityispiirteet
- vastuuhenkilöt - ketkä vastaavat kosteudenhallintatoimenpiteistä

#### 2. Laatutavoitteet

- rakennuttajan laatutavoitteet
- urakoitsijan laatutavoitteet

#### 3. Kosteusriskit

- suunnittelijan riskianalyysi (rakenteet, olosuhteet)
- valittu menettelytaso
- kriittiset rakenteet, materiaalit ja työtavat
- toimenpiteet

#### 4. Kuivumisajat

- päällystämiseen liittyvät raja-arvot materiaaleittain
- rakennuksen, rakenteiden ja materiaalien kuivumisaika-arvot ja kosteudensieto
- aikataulusuunnittelu
- toimenpiteet, jos rakenne ei kuivu suunnitellussa ajassa

#### 5. Olosuhdehallinta ja kuivumisolosuhteet

- materiaalien ja rakennusosien sekä taloteknisten laitteiden suojaus ja varastointi (Rakennusosien suojaussuunnitelma laaditaan osana kosteudenhallintasuunnitelmaa.)
- työaikaisten vesivuotojen torjunta (vesijohto-, sadevesiviemäri- ja vesikiertoisten lämmitysjärjestelmät)
- kuivumisolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus, tuuletus)

#### 6. Erityisohjeet

- märkätilat
- muut erityistilat

#### 7. Valvonta ja mittaus

- valvonnan organisointi
- kosteusmittausuunnitelma (tehtävät mittaukset, mittausmenetelmät ja niiden aikataulu sekä -laajuus, mittausvyvydet ja mittauspisteiden sijainti sekä mittapisteiden sijainnin ja syvyyksien valintaperusteet)
- muut mittaukset
- tarkastusten kirjaus
- allekirjoitus (kosteudenhallinnasta vastaava, vastaava mestari, rakennuttaja, rakennesuunnittelija)

#### 8. Erityispiirteet

- korjaus- ja muutostöiden erityispiirteet (esimerkiksi säilytettävien rakenteiden suojaus ja osastointi)

KUVA 3. Kuvakaappaus kosteudenhallintasuunnitelman esimerkistä (Kosteudenhallinta 2015).

Tehtäväsuunnitelmat tehdään tuotanto- tai projektiakohtaisesti ennalta määritetyistä kokonaisuuksista, jossa kartoitetaan mahdolliset ongelmat ja kosteusriskit. Aloituspäätöksessä kuuluu käydä työntekijöiden kanssa suunnitelman sisältö läpi. Tehtäväsuunnitelmassa on syytä varmistaa kosteudenhallintaan liittyvät seuraavat asiat

- suunnitelmatilanne ja liittyvät työt
- materiaalien soveltuvuudet ja hyväksynnät
- materiaalien vaaditut olosuhteet
- raja-arvot sekä toleranssit
- työn kesto ja ajankohta
- olosuhteet ja vaaditut toimenpiteet
- laadunvarmistaminen ja mittaukset. (Kosteudenhallinta 2015.)

#### 2.1.4 Rakentamisvaihe

Rakentamisvaiheessa huolehditaan siitä, että päästään niihin tavoitteisiin mitä aiemmin on sovittu. Pääurakoitsijan on huolehdittava siitä, että jokainen työntekijä tietää omat vastuunsa ja velvollisuutensa kosteudenhallinnasta. Työmaalla kuuluu seurata tarkasti olosuhteita; kiertämällä säännöllisesti työmaata ja katsomalla materiaalien ja rakenteiden suojausten taso. Tarvittaessa virheet ja puutteet korjataan välittömästi ja tarvittava jälkihoito aloitetaan. On tärkeää myös varautua kosteusriskeihin ja vesivahinkoihin mm. riittävällä kuivatuskalustolla ja käyttövesijohtojen sulkemisella yöksi sekä viikonlopuksi. (Kosteudenhallinta 2015.)

Rakenteiden ja materiaalien suojaus on oleellisessa osassa kosteudenhallinnassa. Kastumisesta aiheutuu lisäkuivatarvetta sekä turmeltuneen materiaalin määrää. Sateelta suojaudutaan suojapeittein, julkisivusuojilla sekä sääsuojauksella. Sääsuoja voidaan tehdä koko rakennuksen tai osan siitä, ja tehokkainta onkin käyttää hyödyksi rakennuksen omia rakenteita. Rungon kastumista voidaan vähentää mm. rungon nopealla pystytyksellä, holvien aukkojen vesitiivistämisellä sekä veden ja lumen nopealla poistamisella. Rakennusmateriaalien osalta on oleellista panostaa varastoinnin suojauksiin sekä tilata tarvikkeet oikeaan aikaan. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 545–546.)

Sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakenteiden kosteusmittaukset ovat merkittävässä osassa kosteudenhallinnassa. Kosteusmittaussuunnitelma on osa kosteudenhallintasuunnitelmaa ja siinä määritellään mm. tarvittavat mittaukset ja niiden laajuus, menetelmät, käytettävä kalusto sekä mittauslaitteiden kalibrointi. Mittausten avulla saadaan tietoa siitä, tarvitseeko esim. ilmanvaihtoa muuttaa. Kosteusmittaukset olisi syytä tehdä siellä, mitkä kosteustarkastuskieltoilla on havaittu kosteiksi kohdiksi. Näin toimimalla saadaan varmuutta siitä, että myös muut kohdat ovat tarpeeksi kuivia.

Rakennekosteusmittaus olisi hyvä suorittaa ensimmäisen kerran, kun kohteessa on lämmöt ja ulko-kuori on valmiina. Sen perusteella voidaan arvioida, tarvitaanko toimia kuivumisen nopeuttamiseksi. Lisämittauksia tekemällä voidaan arvioida aikatauluvaikutuksia. Lopullinen suurempi mittaus varmistaa, että rakenne on pinnoituskunnossa. Betonin kosteusmittaus on tarkkaa työtä, virheistä voi seurata liiallista viivyttelyä tai pahimmillaan kosteusvaurio.

Työvaiheiden dokumentointi on merkittävässä osassa laadunhallinnassa ja sen tavoitteena on todistaa töiden teko sovitusti. Yleensä pääurakoitsija on valinnut tähän tehtävään yhden henkilön. Dokumentointia tulee tehdä mittauksista, poikkeavuuksista sekä havainnoista. Tärkeimpiä kosteudenhallinnan dokumentteja ovat mittausraportit, jotka ovat tehtävä selkeästi sekä säilytettävä huolellisesti. (Kosteudenhallinta 2015.)

### 2.1.5 Käyttöönotto ja käyttö

Hankkeen ollessa valmistumassa, kosteudenhallintakoordinaattorin johdolla tilaaja, suunnittelijat, ja urakoitsija arvioivat yhdessä dokumenttien perusteella kosteudenhallinnan onnistumista. Mahdolliset riskikohdat korjataan, ja jos ongelmakohtia ei onnistuta korjaamaan suunnitelmien mukaisiksi, arvioidaan kosteusriskin todennäköisyys ja seurataan sitä mm. mittauksen avulla.

Rakennuksen käyttäjille ja huoltajille annetaan opastusta ennen kuin se luovutetaan tilaajan käyttöön. Lisäksi omistajille annetaan mm. käyttö- ja huoltokirja, suunnitelma-asiakirjat, tarkastusasiakirjat sekä kosteusmittauspöytäkirjat. (Kosteudenhallinta 2015.)

Käyttö- ja huolto-ohje on tehtävä pysyvään työskentelyyn tai asumiseen rakennettavalle rakennukselle. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää sitä myös luvanvaraisissa korjaus- ja muutostöissä ja se on oltava rakennuslupaa tarvittavan kohteen loppukatselmuksessa.

Käyttö- ja huolto-ohje sisältää

- kiinteistön omistajuuden, laajuuden, tilat ja päärakenteet
- rakentamiseen osallistuneiden yhteystiedot
- huolto- ja kunnossapitotehtävät
- merkittävimmät huoltokohteiden paikat
- sisäilman tavoitellut olosuhteet, käyttöarvot ja laatutaso
- rakenteiden pintamateriaalit
- käyttöikätaavoitteet
- merkittävät kunnossapitokäytännöt ja niiden tehtävät
- korjauksien kirjaus
- kustannusten seuranta vuositason tasolla
- poikkeaviin tilanteisiin toimintaohjeet. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2013.)

Kosteudenhallintaprosessin onnistumisen kannalta myös käytönaikainen toiminta on oltava kunnossa. Rakennuksesta on huolehdittava tarvittavilla toimenpiteillä ja mahdollisiin poikkeamiin on reagoitava heti. Ennalta suunnitelluilla huolloilla ja kunnostuksilla rakennuksen elinkaari toteutuu ja käyttäjät pääsevät toimimaan terveellisessä rakennuksessa. Säännöllisesti tulee tarkastaa mm. katon kunto, salaojat, padotusventtiilit ja pumput, tiski- ja pesualtaat sekä pyykin- ja astianpesukoneiden liitännät. (Kosteudenhallinta 2015.)

## 2.2 Kuivaketju10

Kuivaketju10 on koko rakennusprosessin kattava kosteudenhallinnan toimintamalli, jonka tarkoitus on vähentää kosteusvaurioriskejä myös käytön aikana. Malli sisältää riskilistan ja todentamisohjeen, joissa esitetään kymmenen merkittävintä kosteusriskiä, ja joiden hallinnalla voidaan välttää yli 80 % kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. Suunnittelijat tarkentavat riskilistan ja todentamisohjeen projektiin sopivaksi, varmistaakseen kosteusriskien täydellisen hallitsemisen. (Kuivaketju10-Tilaaminen ohjekortti 2018, 1.)

Kuivaketju10:n sisältö ja sen sähköinen järjestelmä ovat käyttäjälleen maksuttomia. Kuitenkin RALA Kuivaketju10-status on maksullinen. Kertamaksulliset hinnat perustuvat rakennuslupiin, esimerkiksi vuonna 2021 pientaloissa maksu on 600 € (+24 % alv) ja poikkeuksellisen vaativissa kohteissa 4800 € (+24 % alv). (RALA hinnasto 2021.)

Kohteissa, joille myönnetään Kuivaketju10- status, rakentamisaikaiset kosteusvaurioriskit ovat huomattavasti pienentyneet. Jotta kyseistä statusta voidaan käyttää kohteen markkinoinnissa, on sen aie hakemisesta pitänyt päättää jo projektin perustamisvaiheessa. Status myönnetään kriteerit täyttyessä (kuva 4) koko rakentamisen ajalle ja on voimassa kohteen takuuajan päättymiseen asti eli kaksi vuotta. (RALA Kuivaketju10 julkaisuaika tuntematon.)

Yrittäjän halutessa säilyttää status myös takuuajan jälkeen, täytyy toimintamallin toteutumista arvioida. Ensimmäisen kerran se on tehtävä ennen takuuajan loppumista ja sitten aina viiden vuoden välein. Käytönaikainen Kuivaketju10- status edellyttää RALAn käytön- ja ylläpidon riskilistan käyttöä. (Kuivaketju10- Käytön ohjekortti 2018, 3.)

- ✓ **Projekti on perustettu sähköiseen järjestelmään merkinnällä "Kohteelle tullaan hakemaan Kuivaketju10-status". Merkintä tulee tehdä projektin perustamisvaiheessa.**
- ✓ **Kuivaketju10 -toimintamallin käyttö on dokumentoitu kokonaisuudessaan sähköiseen järjestelmään.**
- ✓ **Projektin eri rooleihin liitetyt henkilöt on tunnistettu ja he ovat tietoisia rooleistaan ko. projektissa.**
- ✓ **Projektissa eri tehtävien (raportointi-, suunnittelu- ja todentamistehtävät) kuittaukset muodostavat ajallisesti loogisen ketjun ja kuittaajina toimivat pääsääntöisesti asianmukaiset roolit. Toisten puolesta kuittaminen ei saa ylittää 50 prosenttia kaikista kuittauksista.**
- ✓ **Minimissään seuraavat raportointitehtävät on hoidettu ja dokumentoitu asianmukaisesti: 2.1.1 pakollinen vaatimus urakkasopimuksissa; 1.1.2 KHK valittu riittävän ajoissa; 1.3.1 hankkeelle on laadittu realistinen aikataulu; 4.1.1 työmaaorganisaatio on perehdytetty onnistuneesti.**
- ✓ **Vähintään 25 prosenttiin suunnittelutehtävistä liittyy todentamistehtävä.**
- ✓ **100 prosenttiin todentamistehtävistä liittyy dokumentointivelvollisuus.**
- ✓ **Hankkeen osapuolet ovat avanneet RALAlle pääsyn kaikkeen hankkeen dokumentaatioon statuksen myöntämiseksi.**
- ✓ **Statuksen myöntämisen yhteydessä ko. kohde siirretään rakennuttajan julkiseksi referenssiksi RALAn ylläpitämään referenssikantaan.**

KUVA 4. Kuvakaappaus rakentamisen aikaisesta RALA Kuivaketju10-satuksen kriteereistä (RALA julkaisuaika tuntematon)

Kuivaketju10:n käyttö alkaa tilaajan päätöksestä käyttää kyseistä toimintamallia. Sen käyttö pitää kirjata vaatimuksena rakennuskohteesta tehtäviin sopimuksiin. Tilaaja nimeää rakennushankkeeseen suunnittelijoista ja urakoitsijoista riippumattoman pätevän kosteudenhallintakoordinaattorin, joka vastaa Kuivaketju10 toteutumisesta hankeen ajan. (Kuivaketju10-Tilaaminen ohjekortti 2018, 2.)

Todentamisohje on tärkein asia suunnittelijoille ja urakoitsijalle kyseisessä toimintamallissa. Siinä esitetään suomalaisessa rakentamisessa merkittävien kosteusriskien hallitseminen. Riskilista ja todentamisohje toimivat suunnittelun tarkistuslistana. Tarkoituksena on saada tehtyä tarkat suunnitelmat riskikohtiin, jotta ongelmakohtat saadaan selvitettyä jo suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa kyseinen toimintamalli koskee arkkitehti-, rakenne-, LVI-, sähkö- ja automaatio suunnittelijoita, jotka käyvät toimintamallia samalla tavalla ja tarkentavat sitten sisällön erityispiirteisiin. Riskilistalta voidaan poistaa kohtia vain, jos niitä ei hankkeesta löydy. Tämän jälkeen tehdään hankkeelle lopullinen riskilista ja todentamisohje, ja ne hyväksytään kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa. (Kuivaketju10- Suunnittelun ohjekortti 2018, 2.)

Pääurakoitsija on vastuussa toimintamallin toteutumisesta työmaalla, johon kuuluu olennaisesti työntekijöiden perehdytys aiheeseen. Pääasiallisena tehtävänä on todentaa eri työvaiheiden onnistuminen tarkistuslista johdolla. Pääurakoitsija on veloitettu dokumentoimaan tarkistuslistan mukaiset työvaiheet ja kokonaisvastuu dokumentoinnista määritetään yhdelle pääurakoitsijan edustajalle. Valitulla henkilöllä on oltava käytettävissään tarpeeksi resursseja ja kosteudenhallintakoordinaattorin on hänet hyväksyttävä. (Kuivaketju10- Työmaatoteutuksen ohjekortti 2018, 2–3.)

Käyttöönoton aikana pääurakoitsija jatkaa tärkeintä tehtäväänsä eli todentamista sekä dokumentointia onnistuneista työvaiheista tarkistuslistansa mukaisesti. Käyttöönottovaiheessa arvioidaan lopullista onnistumista toimintamallin osalta sekä tehdään loppuraportti. Raportissa käydään läpi onnistuminen ja mahdolliset poikkeamat sekä niiden aiheuttamat toimenpiteet. Raportin hyväksyvät kaikki rakentamiseen osallistuneet osapuolet. (Kuivaketju10- Käyttöönoton ohjekortti 2018, 3.)

Rakennuksen käytölle on myös asetettu vaatimuksia. Huoltokirjaan on tehtävä Kuivaketju10 -osio, jossa on kaikki riskikohtat. Niistä on esitettävä määräajoin tehtävät tarkastukset, huollot ja eri materiaalivalmistajien ylläpito-ohjeet. (Kuivaketju10- Käytön ohjekortti 2018, 2.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkemmin riskilistan (kuva 5) kohtaan kahdeksan ”kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen”.

1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.
2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
4. Kosteutta siirtyy ilmansulku-kerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.

KUVA 5. Kuivaketju10-riskilista (Kuivaketju10-riskilista 2018, 1)

### 3 BETONIN KUIVUMINEN

#### 3.1 Betonin kosteus

Betonissa on aina kosteutta, joka on tullut valmistuksesta ja ympäristöstä joko nestemäisessä tai kaasumaisessa muodossa. Betonista tulee yleensä lujempaa, kun sitä säilyttää kosteissa olosuhteissa, joten kosteudesta sinällään ei ole sille haittaa. Kuitenkin vedessä voi olla aineita, jotka ovat haitallisia betonille. Betonin liiallinen kosteus aiheuttaa sen sijaan vaurioita ympärillä oleviin materiaaleihin, joka voi olla terveydelle ja rakenteille haitallista.

Vettä tarvitaan betonin valmistuksessa, mutta sitä käytetään siihen paljon enemmän mitä veden ja sementin kemiallisessa reaktiossa sitoutuu. Vettä tarvitaan betonin työstettävyyden takia sekä riittävästi edellä mainittuun hydratoitumisreaktioon. Betonissa on fysikaalisesti sitoutunutta ja kemiallisesti sitoutunutta vettä. Fysikaalisesti sitoutunut vesi on haihtumiskykyistä ja voi siksi olla mm. lattiapäällysteille vahingollista. Betonin kosteus pyrkii siis saavuttamaan tasapainotilan ympäröivän tilan kanssa. On tärkeää tietää, että betoni on hygroskooppinen materiaali eli se voi myöskin imeä kosteutta ilmasta.

Yleensä rakennebetoneilla kemiallisen kuivumisen seurauksena päästään vain n. 98 % betonin suhteelliseen kosteuteen. Alhainen vesi-sideainesuhde betonissa mahdollistaa pelkällä kemiallisella kuivumisella jopa 90 % suhteellisen kosteuden. Lisäksi tarvitaan siis haihtumiskuivumista, jossa kosteus siirtyy rakenteen pintaan ja siitä kuivempaan ilmaan. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 527, 531–532, 535.)

Betonin kosteudesta puhutaan enimmäkseen suhteellisena kosteutena RH (%). Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosissa olevaa ilman suhteellista kosteutta. Se kuvaa kosteutta, joka on liikkumiskykyinen ja pystyy tasapainottumaan esimerkiksi tiiviin pinnoitteen alla. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021, 2.) Se määräytyy huokosten ilmatilassa olevan vesihöyryn määrän (g/m<sup>3</sup>) ja lämpötilan perusteella eikä huomio kosteutta, joka on kiinnittynyt huokosten pintaan.

Betonin kosteudesta puhuttaessa voidaan käyttää myös painoprosenttikosteutta (paino-%). Siitä saa selville vesimäärän, joka on fysikaalisesti sitoutunut betoniin. Suhteellinen kosteus kuitenkin ilmaisee paremmin kosteuden haitallisuuden kosketuksessa olevaan materiaaliin. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 533–534.)

#### 3.2 Ilmankosteus ja lämpötila

Ilman kosteudesta puhuttaessa käytetään vesihöyrymäärää (absoluuttinen kosteus), vesihöyryn osapainetta (Pa) tai suhteellista kosteutta (%).

Lämpimään ilmaan mahtuu enemmän vesihöyryä kuin kylmempään. Ilmassa olevan vesihöyryn määrä kertoo absoluuttisen kosteuden, joka ilmoitetaan yleensä kg/m<sup>3</sup>. Rakentamisessa ilmassa olevasta kosteudesta puhutaan kuitenkin yleensä suhteellisena kosteutena, joka ilmoittaa ilmassa olevan vesihöyrynpitoisuuden maksimipitoisuudesta prosentteina tietyssä lämpötilassa.

Talvella suhteellinen kosteus on normaalissa huonetilassa 20 ja 40 prosentin välillä ja samalla ulkona n. 85 %. Kesäaikana ulkona suhteellinen kosteus on tavallisesti 50–60 %.

Koska lämpimään ilmaan mahtuu enemmän kosteutta, talvella korkeassa suhteellisessa kosteudessa itse kosteuspitoisuus on erittäin matala. Suhteellisen kosteuden ollessa 90 % ja lämpötilan -20°C, kosteutta on vain 0,8 g/m<sup>3</sup> (taulukko 2). Vertailun vuoksi kosteus määrä sisällä on 6,9 g/m<sup>3</sup> lämpötilan ollessa +20°C ja suhteellisen kosteuden ollessa 40 %. Sisäilman kosteuteen vaikuttavat monet asiat; absoluuttinen kosteus ulkona, sisäilman kosteuslähteet ja lämpötila sekä ilmanvaihtuvuus. (Siikanen 2017, 68–70.)

TAULUKKO 2. Kyllästymistila-arvot. Suhteellinen kosteuden ollessa 40 % ja lämpötilan ollessa +20°C, huoneen ilmassa on 6,92 g /m<sup>3</sup> vesihöyryä, joka tiivistyy vedeksi siellä, missä rakenteen lämpötila on +5°C tai kylmempi (Siikanen 2017, 69.)

Ilman lämpötila	Ilman suhteellinen kosteus										Vesihöyryn osapaine kyllästystilassa kN/m <sup>2</sup>
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
+50	8,30 +8	16,60 +19	24,89 +26	33,19 +32	41,49 +36	49,79 +40	58,08 +43	66,38 +45	74,68 +48	82,98 +50	12,46
+45	6,54 +4	13,09 +15	19,63 +22	26,18 +27	32,72 +32	39,26 +36	45,81 +38	52,35 +41	58,90 +43	65,44 +45	9,56
+40	5,11 +1	10,23 +11	15,34 +18	20,46 +23	25,57 +27	30,68 +30	35,80 +33	40,91 +36	46,03 +39	51,14 +40	7,36
+35	3,96 -2	7,92 +8	11,88 +14	15,84 +18	19,80 +22	23,76 +25	27,72 +28	31,68 +31	35,64 +33	39,60 +35	5,61
+30	3,04 -6	6,07 +3	9,11 +10	12,14 +14	15,18 +18	18,22 +21	21,25 +24	24,29 +26	27,32 +28	30,36 +30	4,23
+25	2,30 -8	6,61 0	6,91 +5	9,22 +10	11,52 +13	13,82 +16	16,13 +19	18,43 +21	20,74 +23	23,04 +25	3,16
+20	1,73 -12	3,46 -4	5,19 +1	6,92 +5	8,65 +9	10,37 +12	12,10 +14	13,83 +16	15,56 +18	17,29 +20	2,33
+15	1,28 -16	2,56 -7	3,85 -3	5,13 <sup>5</sup> +1	6,41 <sup>20</sup> +4	7,69 +7	8,97 +9	10,26 +11	11,54 +13	12,82 +15	1,70
+10	0,91 -19	1,88 -11	2,82 -7	3,76 -3	4,70 0	5,64 +1	6,58 +4	7,52 +6	8,46 +8	9,40 +10	1,22
+5	0,68 -23	1,36 -15	2,04 -11	2,72 -7	3,40 -5	4,08 -2	4,76 0	5,44 +2	6,12 +3	6,80 +5	0,870
0	0,48 -6	0,97 -19	1,45 -14	1,94 -11	2,42 -8	2,90 -6	3,39 -4	3,87 -3	4,36 -2	4,84 0	0,609
-5	0,34 -29	0,68 -22	1,02 -18	1,36 -15	1,70 -13	2,05 -11	2,39 -8	2,73 -7	3,07 -6	3,41 -5	0,400
-10	0,23 -34	0,47 -26	0,70 -22	0,94 -19	1,17 -17	1,40 -15	1,64 -13	1,87 -11	2,11 -11	2,34 -10	0,259
-15	0,16 -37	0,32 -30	0,48 -26	0,64 -23	0,80 -21	0,97 -19	1,13 -17	1,29 -16	1,45 -15	1,61 -15	0,164
-20	0,09 -42	0,18 -35	0,26 -32	0,35 -29	0,44 -27	0,53 -25	0,62 -24	0,70 -22	0,79 -21	0,88 -20	0,102



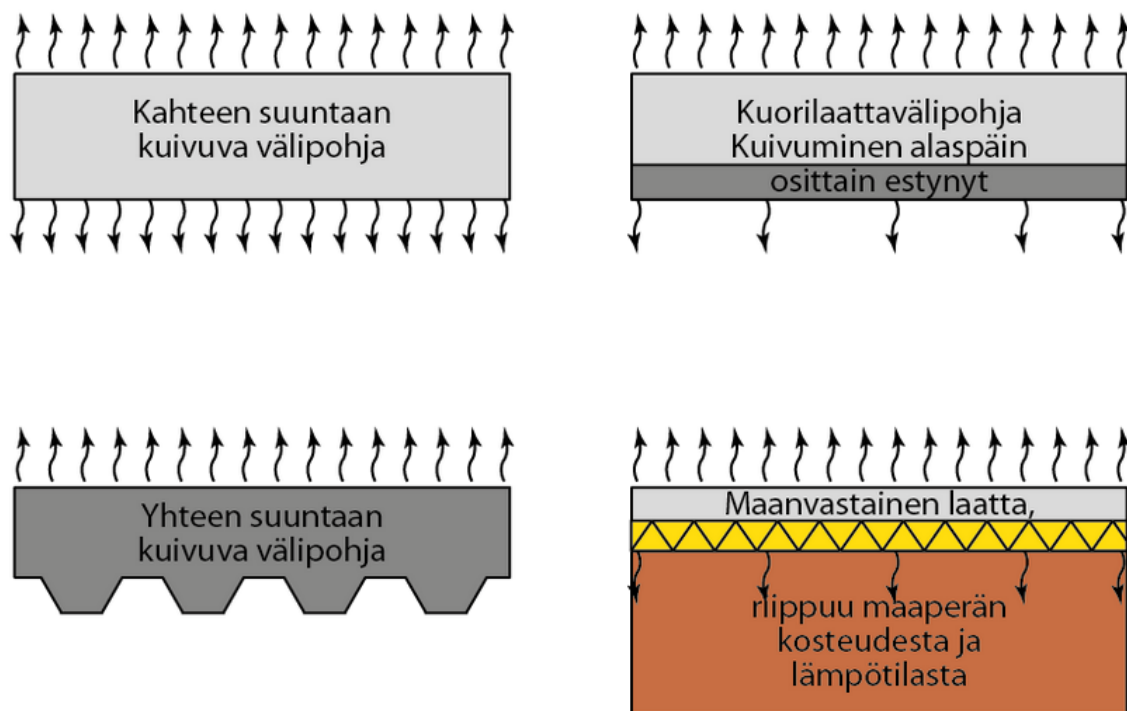
### 3.3 Kuivumisaika

Betonirakenteiden kosteuden kuivuminen on hidasta. Kuivumista tapahtuu niin pitkään, kunnes kosteuseroa rakenteessa ja ympäristössä ei enää ole. Esimerkiksi välipohjissa voi mennä yli kymmenen vuotta siihen, että suhteellinen kosteus on koko rakenteessa sama kuin ympäröivässä ilmassa. Tavoitteena onkin saada rakenne riittävän kuivaksi, ettei kosteus haittaa muita materiaaleja.

Rakennepaksuus vaikuttaa huomattavasti rakenteen kuivumiseen. Paksussa rakenteessa oleva kosteus joutuu kulkemaan pidemmän matkan haihtumiskykyiseen pintaan. (BY 201 Betonitekniikan opikirja 2018, 535–537.)

Nyrkkisääntönä betonilattian kuivumisessa on viikko senttimetriä kohden, kun paksuus on alle 40 mm. Yli 40 mm osuudelle varataan kuivumiseen aikaa kaksi viikkoa jokaista senttimetriä kohden, ja paksuuden ylittäessä 60 mm lisätään jokaista senttimetriä kohden kuivumisaikaa neljä viikkoa. Näin ollen esim. 80 mm betonin on kuivuttava vähintään 16 viikkoa. Lisäksi lattiatasoitteet hidastavat kuivumista. Se voidaan huomioida lisäämällä betoniin tasoitteen paksuus ja kertoa kahdella tai kolmella. Usein siis lisätään lattiapaksuuteen 20–60 millimetriä. (Kosteudenhallinta 2015.) Betonin kuivumiseen vaikuttaa niin moni asia, joten edellä mainittua nyrkkisääntöä voidaan käyttää vain erittäin karkeissa ja suuntaa antavissa vähimmäisaikojen arvioinnissa.

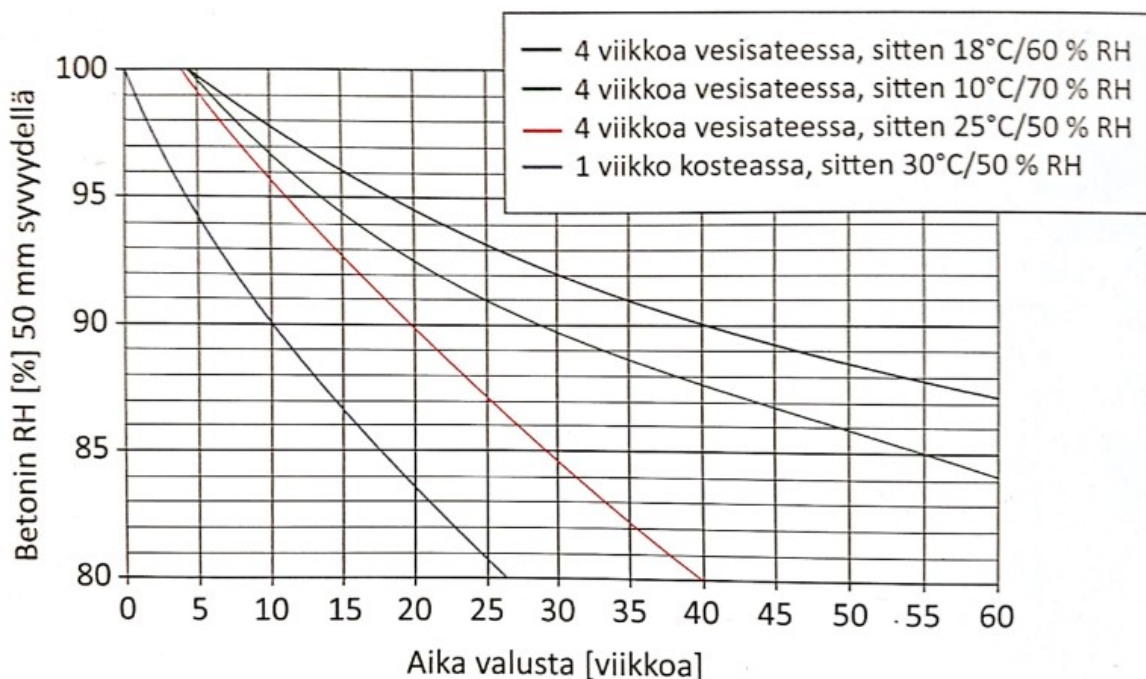
Kuivumisaikaan vaikuttavat lisäksi mm. betonin lujuusluokka, jälkihoito, kuivumissuunta (kuva 6), ilman suhteellinen kosteus ja uudelleenkastuminen. (Kosteudenhallinta 2015.)



KUVA 6. Kuivumissuunnat (Kosteudenhallinta 2015)

Kuivumisaikojen arvioinnin helpottamiseksi on tehty taulukoita, käyrästäjä ja ohjelmia. Arvioissa (kuva 7) määritetään rakenteen arvioitu suhteellinen kosteus ajan funktiona. Se tehdään yhteen suuntaan kuivuvissa 40 %:n syvyydeltä ja kahteen suuntaan kuivuvista 20 %:n syvyydeltä rakenteen kokonaispaksuudelta. Kuivumiseen vaikuttavat niin moni muuttuva asia, joten kuivumisaika-arviota pitää käyttää vain aikataulu- ja kuivatussuunnitteluun sekä betonilaadun määrittelyyn. Riittävä kuivuminen on todettava aina asianmukaisilla mittauksilla. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 538.)

Betoniyhdistys julkaisi BY 2020 Betonin kuivumisaika-arvio-ohjelman tammikuun 2021 alussa. Ohjelmalla pystyy tekemään kuivumisaika-arvioita ja riskiarvioita päällystettävistä rakenteista, mutta ei päällystettävyysspäätöksiä. Se korvaa aikaisemmin käytössä olleen työkalun, joka oli tehty Exceliin. (Betoniyhdistys julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 7. Arvio kuivumisnopeudesta (betoni 250 mm, v/s 0,7) välipohjassa (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 538)

Kuivumisprosessia pystyy nopeuttamaan

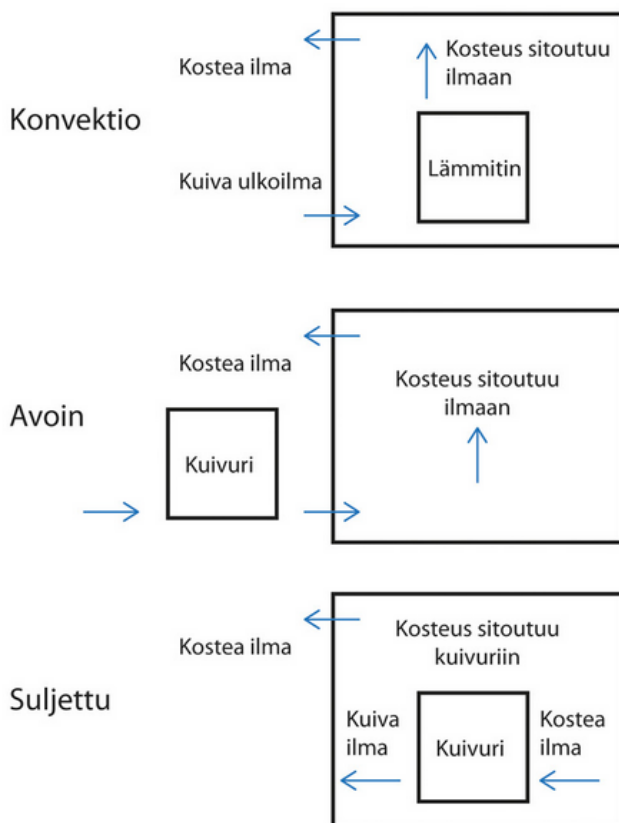
- kun ongelmakohtat ovat tiedossa etukäteen esim. delpapalkit
- nopeasti kuivuvan betonin valinnalla paksuissa ja loppupuolella olevissa valuissa
- jäykällä ja maksimi raekokoisella massalla
- notkistimien käytöllä
- hyvällä jälkihoidolla; valun suojaus muovilla yhdestä kahteen viikkoon
- mahdollisimman nopealla sementtiliiman poistolla
- uudelleenkastumisen estämisellä; kuivumisjaksolla betonin kastuessa kuivumisaika jopa kaksinkertaistuu

- lämmittämällä sisältäpäin mahdollisuuksien mukaan esim. lattialämmityksellä
- sisäilman lämpötilan nostolla (n. 20°C)
- pitämällä suhteellisen kosteuden n. 50 % (RH alle 50 % ei merkittävästi nopeuta, mutta RH yli 60 % hidastaa huomattavasti kuivumista)
- ilman hallitulla vaihtumisella (Kosteudenhallinta 2015; Vertia julkaisuaika tuntematon.)

Kuivumisen varmistamiseksi on syytä seurata myös ulkoilman olosuhteita ja miettiä parhaiten soveltuva kosteudenpoisto.

Avoin järjestelmä (kuva 8) käyttää hyväkseen jatkuvaa konvektiota. Siinä osastoitua tilan ilmaa lämmitetään ja sinne tehdään hallittu ilmanvaihto. Ilmanvaihto saadaan pienten aukkojen avulla, jotka ovat esim. talotekniikan varauksia tai ovien kynnysrakojia. Avoin järjestelmä sopii tiloihin, joissa kiertäytysilman käyttäminen on vaikeaa vaikkapa pölyisyyden takia. Kyseinen järjestelmän käyttö sopii talviaikaan, kun ulkoilmassa on vain vähän kosteutta.

Suljetussa järjestelmässä sen sijaan ilmankosteus kerätään ilmankuivaajien avulla. Tilan on oltava mahdollisimman tiivis, jottei kosteutta tule kerätyksi ulkoilmasta. Suljettua järjestelmää kannattaakin käyttää kesällä ja alkusyksystä, kun ulkoilmassa on paljon kosteutta, eikä avoin järjestelmä sovellu käyttöön. (Kosteudenhallinta 2015.)



KUVA 8. Kuvattuna konvektio sekä avoin- ja suljettu järjestelmä (Kosteudenhallinta 2015)

Myös pölyisyys ja likaisuus hidastavat betonin kuivumista. Säännöllisesti tapahtuva siivous ja imuroidi nopeuttaa kuivumista. Työmaan logistiikkakin kannattaa ottaa huomioon, sillä kaikki ylimääräinen materiaali betonin päällä hidastaa kuivumista merkittävästi. Nopeasti kuivaksi halutut pinnat olisi syytä pitää tyhjinä tavaroista. (Vertia julkaisuaika tuntematon.) Varastoidut tavarat tuleekin säilyttää esim. kuormalavojen päällä, jos tavaroita on jostain syystä säilytettävä kuivuvassa tilassa. Lähtökohteisesti materiaalien toimitukset tuleekin suunnitella niin, että materiaalit tulevat työmaalle oikea-aikaisesti.

## 4 CASE-TUTKIMUS MIELEN JA KUNTOUTUKSEN TALO

### 4.1 Kohde

Mielen ja kuntoutuksen talo (kuva 9) on Mikkelin keskustassa rakenteilla oleva hanke, johon tulee mm. mielenterveys- ja päihdepalvelut. Rakennuttajana on Etelä-Savon sosiaali- ja terveystalouden kuntayhtymä Essote. Hankkeen kokonaiskustannukset ovat n. 41,2 miljoonaa euroa, josta n. puolet koostuu pääurakasta. Pääurakan aikatauluna on joulukuu 2020-joulukuu 2022.

Rakennus toteutetaan kolmessa lohossa, joka koostuu yhdestä maanalaisesta ja neljästä maanpäällisestä kerroksesta. Kellarikerros on paikallavalurakenteinen, pohjakerroksesta ylöspäin runko tulee betonielementeistä ja julkisivut ovat osittain puuelementtirakenteisia. Sairaalakerrosten päällä oleva iv-konehuone on teräsrunkoinen. (Tompuri 2021, 26.) Rakennuksessa käytetään lohkoittain siirrettävää sääsuojaa.



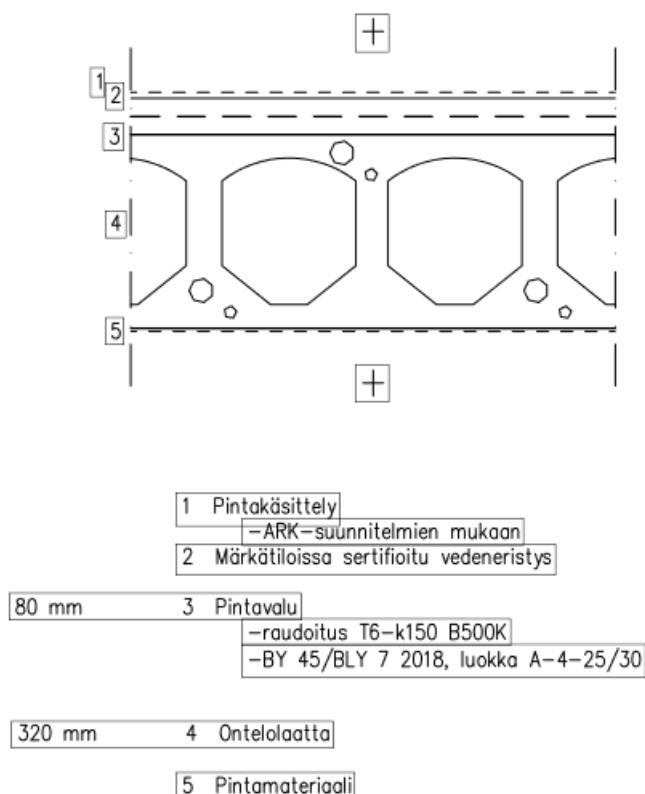
KUVA 9. Luonnos Mielen ja kuntoutuksen talosta (Essote 2019)

### 4.2 Rakenne

Opinnäytetyössä keskitytään tarkemmin välipohjarakenteeseen (kuva 10), pintavalun päälle tulee lisäksi pumpattava tasoite.

Pintamateriaalina toimii alustaan liimattava muovipäällyste, joka on oikein liimattuna turvallinen ja monin tavoin toimiva lattiamateriaali. Ne kestävät kovaa rasitusta ja täyttävät sairaaloilta vaadittavat korkeatasoiset hygieniavaatimukset. Muovimattopinnat ovat tasaisia ja yhtenäisiä sekä eristävät hyvin askelääniä. Ne ovat myös helppo pitää puhtaana. (Lattian- ja seinäpäällysteliiton ohje julkaisu-aika tuntematon.)

Tampereen yliopiston tutkimuksen mukaan muovimattojen asennuksessa pitää huomioida betonin kosteuden lisäksi sen alkalisuus. Muovimattoa ei pidä asentaa suoraan betonin päälle, vaan Rakennusteollisuus RT suosittelee alustaksi vähintään 5 mm tasoitekerrosta. Ilman matala-alkalista (pH enintään 11,5) tasoitekerrosta, sisäilmaan voi aiheutua terveyshaittoja. Pääsyyinä sisäilmahaittoihin on pidetty liian kosteaa betonia, mutta myös alustan korkea pH-arvo pitää siis huomioida. (Rakennusteollisuus RT 2019.)

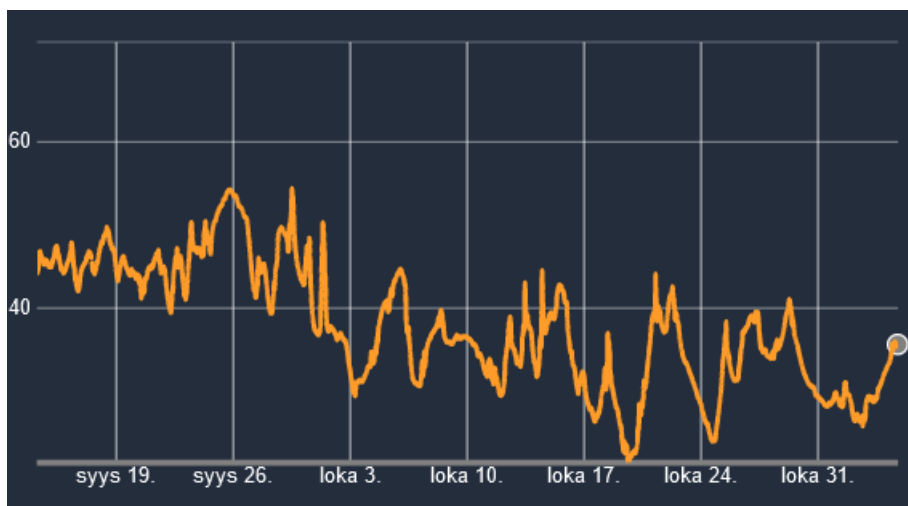


KUVA 10. Välipohjarakenne (SokoPro-projektipankki 2021)

### 4.3 eGate

Rakennuskohteessa oli käytössä eGate- mittausjärjestelmä, jolla saadaan seurattua ilman lämpötiloja sekä kosteuspitoisuuksia eri mittauspisteiltä (kuva 11).

Mittausjärjestelmä toimii langattomien antureiden ja mittalaitteiden (kuva 12) avulla reaaliaikaisesti. Työnjohto pystyy seuraamaan tuloksia esim. älypuhelimilla tai työtilojen infonäyttöiltä. Suhteellisen kosteuden ja lämpötilojen lisäksi järjestelmällä pystyy tarvittaessa seuraamaan mittalaitteista riippuen mm. betonin kuivumista, hiilidioksidipitoisuuksia, partikkeleita, haihtuvia yhdisteitä sekä paineroja. Järjestelmä mahdollistaa rakennusvaiheessa olevan kohteen lisäksi myös käytössä olevan kiinteistön olosuhteiden seurannan. (Cramo julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 11. Suhteellisen kosteuden kuvaaja ensimmäisen kerroksen mittauspisteeltä (e-Gate 2021)



KUVA 12. Ilman lämpötila ja kosteuslähetin eGate-Kube-Sky-RHT (e-Gate RHT-in 2021, 1)

#### 4.4 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus

Betonin suhteellisen kosteuden mittauksen RT- ohjekortti on uudistunut. Vanha RT-14 10984 korvataan RT- 103333- ohjekortilla ja se asettui voimaan huhtikuusta 2021 lähtien. Uudessa ja vanhassa kortissa on siirtymäaika, joten jos rakennuslupa on haettu ennen huhtikuuta 2021, voidaan vanhempi ohjekorttia vielä käyttää. Uudempi ohjekortti voidaan kyllä ottaa käyttöön jo heti, jos kaikki osapuolet tämän hyväksyvät. (Vertia. Kosteusmittaukset RT-103333 mukaisesti 2021, 1.)

Päivitys mukailee paljon aiempaa korttia, mutta siinä on myös uutta, joista seuraavana on kerrottu osa päivityksen pääkohdista.

Jaksoittain luettavia ja jatkuvatoimisia mittauslaitteita on viime aikoina tullut markkinoille lisää, joten näille periaatteille määritellään vaatimukset tiettyihin tarkoituksiin ja tarkkuuteen uudessa kortissa. Edellä mainitut periaatteet eivät kuitenkaan saata olla vielä yhtä tarkkoja kaikissa tilanteissa kuin pora- tai näytepalamittaus. Päivityksessä pora- ja näytepalamittauksiin suurin muutos on päällystysmittausten minimilämpötilan nosto (+15 °C → 18°C). Uusi kortti toteaa sen, että mittaustarkkuus-

osiossa tarkkuuden arviointi perustuu suurimmaksi osaksi mittaajan kokemukseen. Mittaussyvyyksien ja -kohtien valintaa ohjeistetaan tarkemmin ja määritetään erikseen tasoitteen riittävän kuivumisen varmistaminen. (Rakentamisensertifikaatit 2021.)

#### 4.4.1 Porareikämittaus

Porareikämittauksella mitataan poratusta reiästä ilmatilan suhteellinen kosteus sekä lämpötila. Porareikä porataan haluttuun syvyyteen millimetrin tarkkuudella ja putkitetaan, jotta tulos saadaan sopivalta syvyydeltä. Mittaus on syytä tehdä rakennuksen käytönaikaisessa lämpötilassa (+18°C ja +25°C välillä päällystettävyyssarvioinnissa). Mittauksen aikana olosuhteiden tulee olla mahdollisimman vakaat (3 °C tarkkuudella) ja ennen porausta olosuhteiden pitää olla tasaantuneena 24 tuntia.

Porareikämittauksen reiän halkaisija porataan mittalaittevalmistajan edellytyksen mukaisesti (yleensä 16 mm) ja sen annetaan tasaantua vähintään kolmen vuorokauden ajan pyrittäessä hyvään mittaus-tarkkuuteen. Porauspöly tulee poistaa huolellisesti reiästä ja reikään laitetaan esim. muovinen sähköputki, joka tiivistetään (kuva 13). Putken voi myös lyhentää betonipinnan tasolta, mikä vähentää olosuhdevaihtelujen vaikutusta putken sisällä ja mittausputket eivät haittaa tilan käyttöä (kuva 14). Huolellisesti tiivistetty mittauspiste säilyy tarkkana mittauspisteenä maksimissaan kaksi viikkoa. Mittausreiän lämpötilan saa varmimmin pysymään tasaisena, kun täyttää putken lämmöneristeellä siihen asti, kunnes mittapää asennetaan. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021, 5–7.)



KUVA 13. Putken ja betonin väli tiivistetään vesihöyryntiivillä kitillä ja putken yläpään tiivistys samalla kitillä, tulpalla tai teipillä (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021)



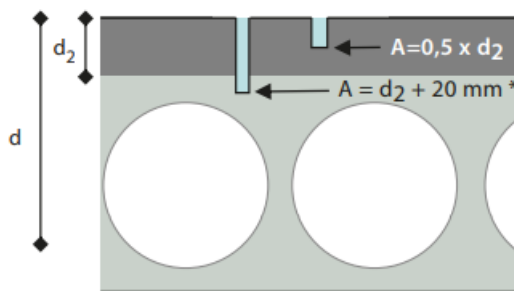
KUVA 14. Vaihtoehtoinen tapa, jossa näkyy myös lämpötilavaihtelujen tasaamiseksi laitettu eriste. Yläpää tulee lisäksi tiivistää kitillä (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021)



Tasaantumisaajan jälkeen mittausputken kitti avataan ja mittapää laitetaan putken pohjalle, jonka jälkeen johdon ja putken yhtymäkohta tiivistetään välittömästi. Mittapään pitää tasaantua ympäröiviin olosuhteisiin, ennen kuin otetaan arvoja. Mittaajan pitää tietää tasaantumisaika, joka on nopeimmissakin laitteissa vähintään yhdestä neljään tuntiin. Liian lyhyt tasaantumisaika voi näyttää liian alhaista suhteellista kosteutta. Mittaustulosten tarkkuuden arviointi edellyttää mittausolosuhteiden kirjaamista ylös. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021, 8–9.)

Mittauspisteen syvyys (kuva 15) kyseisessä rakenteessa. Kun ontelolaatan päälle valetun pintabetonilaatan paksuus on vähintään 60 mm, pitää kosteuspitoisuus mitata myös ylemmän arviointisyvyyden  $A$  yläpuolella syvyydellä  $0,4 \times A$ . Yli viiden millimetrin paksuinen tasoite huomioidaan rakenteen paksuuteen kuuluvana, kun määritellään mittaussyvyksiä.

Päällystettävyyssmittauksissa mittauksia tehdään tarvittava määrä, että saadaan varmuus päällystettävän alueen riittävästä kuivuudesta. Jokaisessa mittauspisteessä mittaus tulee tehdä vähintään kahdelta eri syvyydeltä. Tärkein syvyys mitataan ainakin kahdella vierekkäisellä porareiällä, jotka ovat toisistaan 50–200 mm etäisyydellä. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021, 20,29.)



KUVA 15. Perusmittaussyvyudet päällystettävyyden arvioinnissa. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021)

Mittaaminen on tarkkaa työtä ja siinä tapahtuvat virheet voivat vaikuttaa paljon lopputulokseen (kuva 16). Mittausepävarmuuden arviointi kuuluu sisällyttää mittaustulosten tulkintaan, ja epävarmuusanalyysistä huomattava osa on epävarmuustekijöiden tunnistamista. Jos epävarmuutta ei voida arvioida, pitää mittausta käyttää vain suuntaa pitävänä.

Kun halutaan tarkkaa mittausepävarmuuden tarkastelua, käytetään laskukaavaa (kaava 1) tai RT 100333- kortissa olevaa liitteen 1 taulukkoa. Saatu tulos ilmoitetaan kokonaislukuna. Tarkkuuden määrittämiseen ei ole yleisiä ohjeita, joten arviointi on mittaajan näkemystä ja perustuu kokemukseen. Jos mittauksen suorittaja ei pysty luotettavasti kertomaan tarkkuustietoa, pitää epävarmuustekijänä käyttää vähintään  $\pm 3$ . Lisäksi epävarmuusluokan ylittäessä  $\pm 4$ , tarkkoja päätöksiä päällystettävyydestä ei voi suorittaa. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021, 15–16, 25.)

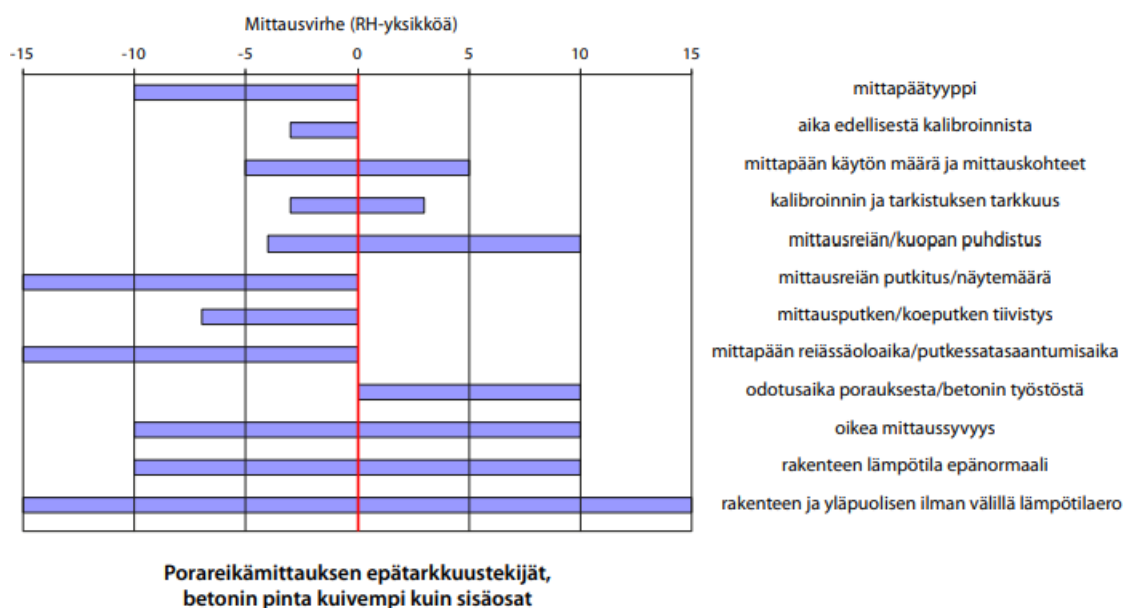
Mittausepävarmuuskerroin voidaan laskea käyttämällä kaavaa

$$\sqrt{T_{ml}^2 + T_{ms}^2 + T_{mo}^2} \quad (1)$$

missä  $T_{ml}$  on mittalaitteen tarkkuus (kalibrointiajankohta, -tarkkuus ja ryömintä),

$T_{ms}$  on mittaussuorituksen yksityiskohdat ja

$T_{mo}$  mittaolosuhteiden vaikutus. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mitaus 2021, 26.)



KUVA 16. Enimmäisvirheet porareikämittauksessa (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mitaus 2021)

Mittauksesta tehdään yksityiskohtainen mittausraportti (liite 2), josta lukija pystyy arvioimaan mittauksen laatua sekä tarkkuutta. Raportti sisältää mm. seuraavat asiat

- mittauskohteen tiedot; osoite ja yhteyshenkilö
- mittajaan yhteystiedot
- mittauksen tarkoitus
- kohteen kuvauksen
- mittauspisteiden sijainti esim. pohjapiirroksessa
- rakennetyyppi
- mittalaitteen tiedot ja mittapään kalibrointitiedot
- mittaussuorituksen kuvaus
- mittaussuorituksen lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä ulkoilman olosuhteet
- mittaussyvytykset sekä mittaustulokset
- mittausepävarmuustarkastelu.

Toimeksiannosta riippuen esitetään myös

- mittauskohdan valintaperuste
- valintaperusteen tekijä
- johtopäätökset ja tuloksista tehdyt tulokset. (RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaustaus 2021.)

#### 4.5 Tulokset

Mittausraportista (liite 2) saadaan selville, että pinnoitustyöt päästään aloittamaan suunnitellussa aikataulussa, joten voidaan todeta kuivumisolosuhteiden ja kosteudenhallinnan olleen kunnossa. Kyseisestä välipohjarakenteesta mittaukset ovat tärkeä tehdä myös ontelolaattojen saumoista.

Taulukossa (taulukko 3) kerrotaan eri päällystemateriaaleista tarvittavia mittausarvoja, jotta päällystystyöt voidaan tehdä ja saadaan laadukas lopputulos.

TAULUKKO 3. Päällysteiden enimmäisarvoja (Ratu KI-6029 Rakennustöiden laatu 2017 2016, 68)

**Betonialustan suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot**  
(SisäRYL 2013, taulukko 1041:T4)

päällystemateriaali	betonin RH % arviointisyvyydellä (A) syvyydellä (0,4 × A)	betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1...3 cm:n syvyydellä
Muovimatot	85	
Linoleumi	85	
Kumimatot	85	
Korkkilaatat	85	75
Tekstiilimatot, jossa tiivis alusta (vinyyli, kumi, kumilateksisively)	85	
Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot	85	
Flokutat matot ja laatat	85	
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	75
Muovi-, kumi- ja linoleumilaatat	90	

**Alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvoja päällystyshetkellä**  
(SisäRYL 2013, taulukko 752:T4 ja taulukko 753:T4)

päällystemateriaali	betonin RH % arviointisyvyydellä (A)	betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1...3 cm:n syvyydellä (0,4 × A)
Mosaiikkiparketti		
- normaali betoni	85	75
- erikoisbetoni (v/s < 0,5)	85	
Kerrokselliseksi asennettava (kelluva) lautaparketti ja alusmateriaali	85	75
Alustaan liimattava lautaparketti		
- normaali betoni	85	75
- erikoisbetoni (v/s < 0,5)	85	
Laminaatti ja vesihöyryntiivis alusmateriaali	85	75

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä rakentamisen kokonaisvaltaiseen kosteudenhallintaan ja sen merkittävyyteen rakenteilla olevan esimerkkikohteen avulla. Rakennuskohde ja sen kosteudenhallinta tuli hyvin tutuksi kyseisessä kohteessa työskenneltyään. Opinnäytetyössä keskityttiin tarkemmin betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttaviin asioihin sekä niiden päällystämiseen liittyviin tietoihin. Liian kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa vahinkoa ympärillä oleviin materiaaleihin ja pahimmillaan siitä aiheutuu terveyshaittoja tilojen käyttäjille. Aihe ei ole syyttä kuvattuna myös Kuivaketju10- riskilistan yhtenä kohtana, joten sitä on rakennusaikana pidettävä merkittävänä asiana tavoitellessa laadukasta rakentamista. Onneksi viime aikoina onkin alettu kiinnittämään kosteuteen liittyviin asioihin enemmän huomiota, ja mitä enemmän tulevaisuudessa siihen panostetaan, niin aina sen parempi.

Tärkeimpinä keinoina työmaan kosteudenhallinnassa voidaan pitää hyvin suunniteltuja suojauksia ja työvaiheita, hyvien kuivausolosuhteiden luomista ja laaduntarkkailua sekä työntekijöiden kunnollista perehdyttämistä kosteuden aiheuttamista ongelmista. Varsinkin suuremmilla työmailla, missä työskentelee paljon eri tehtävien työntekijöitä, on syytä panostaa liiallisesta vedestä aiheutuvien vaikutusten ymmärtämiseen sekä yleiseen asenteeseen liittyen kosteusasioihin. Työmaille on syytä luoda aina ilmapiiri, jossa puututaan välittömästi mahdollisesti havaittuihin epäkohtiin ja jokainen tietää vastuunsa sekä velvollisuutensa.

Kohteesta voidaan todeta tältä osin onnistunut olosuhdehallinta ja työnsuunnittelu. Ontelolaattojen päälle valettavat pintabetonilattiat saatiin työmaalla tehtyä reilusti suunniteltua aikataulua nopeammin, joten ennen pinnoitustöitä voidaankin varmistua entistä enemmän riittävästä kuivumisajoista, olosuhteista sekä hyvistä kosteusmittaustuloksista. On huomioitava, että vaikka sääsuojat ovat käytössä, ei pidä esimerkiksi lähteä hiomaan lattiapintoja auki, ennen kuin sääsuojat pitävät varmasti vettä. Työmaalla käytössä olevat etäluettavat lämpötila- ja kosteudenmittauslaitteet antavat reaaliaikaista tietoa, joka helpottaa sisäilman olosuhteiden pitämistä jatkuvasti vähintään +20°C ja RH alle 50 %, eli hyvissä kuivumisolosuhteissa. Kuivumisolosuhteista voidaan helposti ja nopeasti tehdä johtopäätöksiä ja tarvittaessa pystytään esim. lisäämään kohteeseen lämmittimiä. Etäluettavia mittareita kannattaa käyttää myös tulevissa projekteissa, ja myös teknologian kehittyessä betoniin upotettavien rakennekosteusmittareiden käyttöä kannattaa mielestäni harkita.

Opinnäytetyön toimeksiantajalle laadittu käytännönläheinen ja kattava toimintaohje (liite 3), auttaa työnjohtoa parantamaan ja tehostamaan kosteudenhallintaan liittyviä asioita ja sen laadunhallintaa. Ohjeen tarkoituksena on luoda uutta toimintaa, tukea ja säännöllistä onnistunutta käytäntöä sekä sen valvontaa työmailla. Itse ohjetta on helppo päivittää aina tarpeen tullen, kun lisättävää ja parannettavaa ilmenee. Lähtökohtana olikin luoda tuotoksesta selkeä ja yksinkertainen, sillä pitkät ja vaikeasti luettavat vähän asiaa sisältävät tekstit eivät toimi käytännössä rakennustyömaiden arjessa.

Saavutin työssä asettamani tavoitteet. Tavoitteena oli perehtyä syvällisesti olosuhdehallintaan ja omalta osalta tukea sekä kehittää aihetta kohderakennuksen pohjalta. Opinnäytetyötä oli mielenkiintoinen tehdä, varsinkin kun pääsi näinkin suureen työmaahan perehtymään myös palkkatöissä. Var-

masti tästä aiheesta tehdyn opinnäytetyön paras anti on se, että tulevista rakennusalan työtehtävistä riippumatta ottaa kosteusasiat varmasti entistä paremmin huomioon. Halua on olla tulevaisuudessa mukana kehittämässä kosteudenhallintatoimintaa vieläkin tarkemmaksi sekä laadukkaammaksi, ettei tarvitsisi enää lehdistä lukea uusienkin rakennusten kosteus- ja sisäilmaongelmista.

Opinnäytetyötä voisi mielestäni käyttää myös alalla opiskelevien, asian kanssa työskenteleville sekä muiden kiinnostuneiden oppimateriaalina sen kattavuuden ja rakenteen sekä runsaiden lähteiden ansiosta. Opinnäytetyöstä voisi olla hyötyä esim. sellaiselle opiskelijalle, jonka opinnäytetyöaiheenaan on kosteudenhallinta ja siinä osana mm. kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen. Opinnäytetyötä voi jatkaa sekä kehittää myös koskemaan pelkästään pintavaluja, jossa käsiteltäisiin mm. ennakoivia töitä, laadukkuuteen sekä lopputulokseen vaikuttavia asioita, jälkihoitoa ja kosteudenhallintaa.

Opinnäytetyöprosessi eteni suunnitellusti ja aikataulullisesti ennalta ajatellun mukaisesti. Opinnäytetyö ajoittui myös hyvin tapaustutkimuskohteena olevan rakennuksen kanssa, joten aihe oli myös näin ollen hyvä valinta. Lisäksi aihekokonaisuus ja sen tärkeys ovat sopivia tuotantopuoleen erikoistuneelle valmistuvalle opiskelijalle. Työstä tuli mielestäni johdonmukainen ja kaikki oleelliset asiat on saatu työhön mukaan. Kommunikointi niin ohjaajan kuin myös toimeksiantajan kanssa sujui myös moitteettomasti. Kaikkia tuloksia ja asiapapereita, kuten esim. mittausraportteja, ei tässä työssä voida käydä julkisesti tarkasti läpi niiden luottamuksellisuuden vuoksi.

## LÄHTEET

- Betoniyhdistys. BY 2020 betonin kuivumisaika-arvio julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <http://www.betoniyhdistys.fi/julkaisut/betoniohjelmat/by-2020-betonin-kuivumisaika-arvio-2.html>. Viitattu 14.10.2021.
- BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. Suomen Betoniyhdistys ry 2018. 6. painos. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- Cramo julkaisuaika tuntematon. Cramon toimittama älykäs eGate mittausjärjestelmä tukee vastuullista rakentamista. Verkkojulkaisu. <https://www.cramo.fi/fi/yritys/ajankohtaista/uutiset/cramon-toimittama-alykas-egate-mittausjarjestelma-tukee-vastuullista-rakentamista>. Viitattu 19.10.2021.
- e-Gate. Laitteet. Verkkosovellus. <https://app.e-gate.fi>. Viitattu 4.11.2021.
- e-Gate. Tekniset tiedot. RHT-in. Pdf-tiedosto. Julkaistu 22.8.2021. [https://www.e-gate.io/wp-content/uploads/2021/08/egate-kube-sky-rht\\_2021-08-22.pdf](https://www.e-gate.io/wp-content/uploads/2021/08/egate-kube-sky-rht_2021-08-22.pdf). Viitattu 18.10.2021.
- Essote. Essoten valtuusto hyväksyi mielen ja kuntoutuksen talon suunnitelmat,2019. Verkkojulkaisu. Päivitetty 4.12.2019. <https://www.essote.fi/essoten-valtuusto-hyvaksyi-mielen-ja-kuntoutuksen-talon-suunnitelmat/>. Viitattu 16.10.2021.
- FISE julkaisuaika tuntematon. Kosteudenhallintakoordinaattori. Verkkojulkaisu. <https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/valvojat/kosteudenhallintakoordinaattori/>. Viitattu 22.9.2021.
- Kosteidenhallinta 2015. Kuivatuksen suunnittelu ja toteutus. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/kuivatus/kuivatuksen-suunnittelu-ja-toteutus>. Viitattu 4.10.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Hankesuunnittelu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hankesuunnittelu>. Viitattu 11.9.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Hankkeen aikataulu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hankesuunnittelu/hankkeen-aikataulu>. Viitattu 11.9.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Hankkeen kosteudenhallinnan vaatimukset ja tavoitteet. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hankesuunnittelu/hankkeen-kosteudenhallinnan-vaatimukset-ja-tavoitteet>. Viitattu 11.9.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Kosteudenhallinnan dokumentointi. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteudenhallinnan-dokumentointi>. Viitattu 23.9.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Kosteudenhallinnan menettelyt ja toimenpiteet. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hankesuunnittelu/kosteudenhallinnan-menettelyt-ja-toimenpiteet>. Viitattu 11.9.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Kosteudenhallinta tehtäväkohtaisessa suunnittelussa. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/kosteudenhallinta-tehtaevaekohtaisessa-suunnittelussa>. Viitattu 17.10.2021.
- Kosteudenhallinta 2015. Kosteudenhallintaselvitys. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hankesuunnittelu/kosteudenhallintaselvitys>. Viitattu 11.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Kosteusmittaukset. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteusmittaukset>. Viitattu 14.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Onnistuneen kosteudenhallinnan menettelytavat. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/onnistuneen-kosteudenhallinnan-menettelytavat>. Viitattu 14.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Rakennuksen käyttö ja huolto. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/kaytto/rakennuksen-kaytto-ja-huolto>. Viitattu 23.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Rakennuksen valmistuessa. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/kaeyttooenotto/rakennuksen-valmistuessa>. Viitattu 23.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Rakentamisen valmistelu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu>. Viitattu 12.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Rakenteiden kosteustekninen suunnittelu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/suunnittelu/rakenteiden-kosteustekninen-suunnittelu>. Viitattu 12.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Suunnittelu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/suunnittelu>. Viitattu 12.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Säännöllisesti tarkastettavat asiat. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/kaytto/saannollisesti-tarkastettavat-asiat>. Viitattu 17.10.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Toimiva suunnitteluprosessi. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/suunnittelu/toimiva-suunnitteluprosessi>. Viitattu 12.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Työmaan kosteudenhallinnan suunnittelu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/tyoemaan-kosteudenhallinnan-suunnittelu>. Viitattu 23.9.2021.

Kosteudenhallinta 2015. Urakoitsijan aikataulusuunnittelu. Verkkojulkaisu. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/urakoitsijan-aikataulusuunnittelu>. Viitattu 27.9.2021

Kuivaketju10. Käyttönoton ohjekortti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.3.2018. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88o%CC%88notto\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88o%CC%88notto_150313.pdf). Viitattu 26.9.2021.

Kuivaketju10. Käytön ohjekortti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.3.2018. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88_150313.pdf). Viitattu 26.9.2021.

Kuivaketju10. Riskilista. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.3.2018. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf). Viitattu 13.10.2021.

Kuivaketju10. Suunnittelun ohjekortti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.3.2018. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu_150313.pdf). Viitattu 25.9.2021.

Kuivaketju10. Tilaaminen ohjekortti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.3.2018. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf). Viitattu 23.9.2021.

Kuivaketju10. Työmaatoteutuksen ohjekortti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 13.3.2018. [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus_150313.pdf). Viitattu 26.9.2021.

Lattian- ja seinän päällysteliitto. Näin päällystät oikein. Pdf- tiedosto. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/toimialalohkot/toimialalohkot/talonrakennusteollisuus/hyotytytieto-tyomaille/muovimattoesite2.pdf>. Viitattu 10.11.2021.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Viitattu 1.10.2021.

Rakennusteollisuus RT 2019. Uusilla ohjeilla torjutaan muovimattopäällysteiden betonilattioiden sisäilmariskiä. Verkkojulkaisu. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2019/uusilla-ohjeilla-torjutaan-muovimattopaallysteisten-betonilattioiden-sisailmariskia2/>. Viitattu 10.11.2021.

Rakentamisensertifikaatit 2021. Ohjekortin päivitys: Betonin suhteellisen kosteuden mittaus RT 103333. Verkkojulkaisu. [https://rakentamisensertifikaatit.fi/uutiset/ohjekortin\\_paivitys\\_RT103333](https://rakentamisensertifikaatit.fi/uutiset/ohjekortin_paivitys_RT103333). Viitattu 12.10.2021

RALA hinnasto 2021. Verkkojulkaisu. <https://www.rala.fi/tuotteet/hinnasto/#kk10status>. Viitattu 25.9.2021.

RALA julkaisuaika tuntematon. Kuivaketju10. Verkkojulkaisu. <https://www.rala.fi/tuotteet/kuivaketju10/>. Viitattu 25.9.2021.

RALA. Kuivaketju10- statuksen myöntämisen kriteerit julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <https://www.rala.fi/tuotteet/tuotteet/kuivaketju10-status-kriteerit/>. Viitattu 27.9.2021.

Ratu KI-6029 Rakennustöiden laatu 2017 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 28.10.2021.

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

RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus 2021. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 1.10.2021.

Siihanen, Unto. 2017. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto Oy

SokoPro 2021. Projektipankki. <https://www.sokopro.fi>. Viitattu 14.10.2021.

Suutarinen julkaisuaika tuntematon. Avoimet työpaikat. Verkkojulkaisu. <https://www.suutarinen.fi/avoimet-tyopaikat/>. Viitattu 18.10.2021.

Tompuri, Vesa 2021. Vanhan Saimaan pohjalle. Rakennuslehti 22.1.2021. Viitattu 12.10.2021.



Vertia julkaisuaika tuntematon. Keinot betonin kuivumiseen aikataulussa. Verkkojulkaisu.

<https://vertia.fi/keinot-betonin-kuivumiseen-aikataulussa/>. Viitattu 1.10.2021.

Vertia. Kosteusmittaukset RT-103333 mukaisesti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 21.6.2021.

<https://drive.google.com/file/d/1PUyMnIBFiyDRgx7FOu6SrH5K51KYjqsY/view>. Viitattu 9.10.2021

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkojulkaisu 2013. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Verkkojulkaisu. Päivitetty 11.2.2020. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/kiinteiston\\_yllapito\\_ja\\_korjaaminen/kiinteiston\\_kaytto\\_ja\\_huoltoohje](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen/kiinteiston_kaytto_ja_huoltoohje). Viitattu 23.9.2021.

LIITE 1: KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA

LIITE ON LUOTTAMUKSELLINEN























LIITE 2: MITTAUSRAPORTTI

LIITE ON LUOTTAMUKSELLINEN

LIITE 3: TOIMINTAOHJE

LIITE ON LUOTTAMUKSELLINEN

