

**KOSTEUDENHALLINTA RAKENTAMISESSA TUOTANNON NÄ-  
KÖKULMASTA**

# **KOSTEUDENHALLINTA RAKENTAMISESSA TUOTANNON NÄ- KÖKULMASTA**

Antti Still  
Opinnäytetyö  
Syksy 2018  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tutkinto-ohjelma, suuntautumisvaihtoehto  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

---

Tekijä(t): Antti Still  
Opinnäytetyön nimi: Kosteudenhallinta tuotannon näkökulmasta  
Työn ohjaaja(t): Matti Toppi, Pauli-Pekka Österberg  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2018  
Sivumäärä: 36

---

Opinnäytetyön aiheena on kosteudenhallinta rakentamisessa tuotannon näkökulmasta. Työssä käsitellään työmaalla tapahtuvan kosteudenhallinnan keinoja, sekä yleisesti että Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilojen kannalta.

Työn alussa käsitellään kosteuden siirtymisen muotoja sekä sen lähteitä ja riskitekijöitä. Tämän jälkeen työssä käsitellään, mitä kosteudenhallinta tarkoittaa ja sisältää, sekä miten sitä toteutetaan ja valvotaan työmaalla. Tämän jälkeen käsitellään keskeisimmät rakenteet, ja niiden kosteusriskit. Lisäksi käsitellään betonin kuivumista ja kosteuden mittaamista. Lopussa pohditaan kosteudenhallinnan toteuttamista Lehto HVT:ssa.

Tuloksena saatiin selville tärkeitä asioita rakennustyömaan kosteudenhallinnasta. Lisäksi työn ohella saatiin koottua Lehto HVT:lle kosteudenhallintatyökalu työmaakäyttöön.

---

Asiasanat: kosteudenhallinta, Kuivaketju10, kosteus

## **ALKULAUSE**

Kiitokset Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilojen rakennuspäällikölle Pauli-Pekka Österbergille opinnäytetyön aiheen tarjoamisesta sekä kaikesta avusta ja tuesta opinnäytetyön tekemisen aikana. Kiitos myös ohjaavalle opettajalle Matti Topille.

Kempeleessä 20.9.2018

Antti Still

# SISÄLLYS

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| TIIVISTELMÄ                                                   | 3  |
| ALKULAUSE                                                     | 4  |
| SISÄLLYS                                                      | 5  |
| 1 JOHDANTO                                                    | 6  |
| 2 KOSTEUDEN SIIRTYMISEN MUOTOJA                               | 7  |
| 2.1 Kapillaarinen siirtyminen                                 | 7  |
| 2.2 Diffuusio                                                 | 8  |
| 2.3 Konvektio                                                 | 8  |
| 3 KOSTEUDEN LÄHTEET RAKENNUSHANKKEESSA                        | 10 |
| 3.1 Maakosteus                                                | 11 |
| 3.2 Salaoja-, sade- ja pintavesijärjestelmät                  | 12 |
| 3.3 Ilmankosteus                                              | 13 |
| 4 KOSTEUDENHALLINTA                                           | 14 |
| 5 KOSTEUDENHALLINNAN TOTEUTTAMINEN JA VALVONTA                | 16 |
| 5.1 Kosteudenhallinta suunnitteluvaiheessa                    | 16 |
| 5.2 Suojaus ja materiaalit                                    | 17 |
| 5.3 Rakenteet                                                 | 19 |
| 5.3.1 Perustukset                                             | 19 |
| 5.2.2 Alapohja                                                | 20 |
| 5.2.3 Ulkoseinät                                              | 21 |
| 5.2.4 Yläpohja ja vesikatto                                   | 23 |
| 5.2.5 Märkätilat                                              | 24 |
| 6 BETONIN KUIVUMINEN JA KOSTEUDEN MITTAAMINEN                 | 26 |
| 6.1 Kosteuden mittaaminen                                     | 26 |
| 6.2 Betonin kuivuminen ja kuivumisolosuhteisiin vaikuttaminen | 27 |
| 7 LEHTO HVT JA KOSTEUDENHALLINTA                              | 29 |
| 7.1 Lehto HVT                                                 | 29 |
| 7.2 KH-mittari                                                | 30 |
| 8 YHTEENVETO                                                  | 32 |
| LÄHTEET                                                       | 33 |

# 1 JOHDANTO

Sain ehdotuksen kosteudenhallinnasta opinnäytetyön aiheena Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilat-yksikön rakennuspäällikkö Pauli-Pekka Österbergiltä. Kosteudenhallinnalla on rakennushankkeessa todella merkittävä rooli, ja tulevaisuudessa sen merkitys tulee yhä korostumaan paitsi haastavampien rakennusprojektien ja -paikkojen, mutta myös ilmastonmuutoksen aiheuttamien haasteiden myötä. Lisäksi tammikuussa 2018 voimaan tullut uusi asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta edellyttää kaikilta rakennushankkeilta kosteudenhallintaselvitystä. Koska aihe on ajankohtainen ja tärkeä, päätin valita sen opinnäytetyöni aiheeksi.

Rakentamisen Laatu RALA ry alkoi vuonna 2013 kehittää Kuivaketju10-nimistä toimintamallia, joka tarkastelee rakennushankkeille keskeisimpiä kosteusriskejä ja niiden torjumiseen käytettäviä keinoja kymmenen kohtaa sisältävän kosteusriskilistan avulla. Toimintamallin mukaan nämä riskit hallitsemalla voidaan välttää jopa 80 prosenttia kosteusvaurioiden aiheuttamista seurannaiskustannuksista. (1.)

Apuna kosteudenhallinnan dokumentoinnissa voidaan käyttää Kuivaketju10:n riskilistan ja sen todentamiskaavakkeen lisäksi esimerkiksi rakennustyön tarkastusasiakirjan ja laadunvarmistusmatriisin pohjalta laadittua tarkistuslistaa. Tarkoituksena on saada käyttöön kattava, mutta samalla selkeä työkalu työmaan kosteudenhallinnasta vastaavalle henkilölle. Paperisen asiakirjan lisäksi kosteudenhallintamittari tulee käyttöön sähköisenä mobiilisovelluksena, johon voidaan liittää esimerkiksi valokuvia, mittausdokumentteja ja tarkepiirustuksia, joiden avulla todennetaan, että suunnitellut arvot ovat toteutuneet ja mahdolliset riskit on torjuttu.

Tässä opinnäytetyössä pohdin siis kosteudenhallintaa tuotannon näkökulmasta. Tämän lisäksi pohdin, miten kosteudenhallintaa toteutetaan ja miten sitä voitaisiin parantaa Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilat-yksikössä (jatkossa lyhenne HVT). Tähän liittyen työstän edellä mainittua kosteudenhallinnan todentamisen työkalua, jonka Lehto HVT voisi ottaa käyttöön omilla työmaillaan.

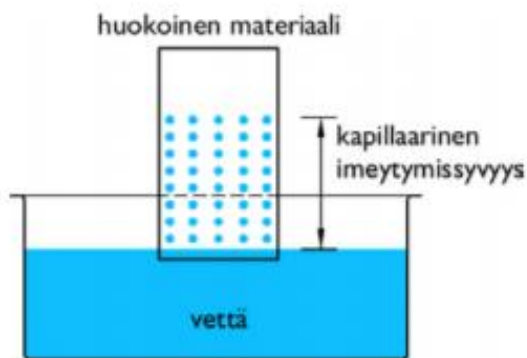
## 2 KOSTEUDEN SIIRTYMISEN MUOTOJA

Käsitteenä kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä joko kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa. Rakennustyömaalla kosteus on huomioitava sen kaikkien lähteiden kannalta: sateet, pintavedet, maaperä, ilmankosteus sekä rakenteiden ja materiaalien oma kosteus. (2, s. 2.)

Kosteuden siirtyminen ei ole vain kiinteän veden liikkumista paikasta toiseen. Vedен painovoimainen siirtyminen on ehkä helpoimmin havaittava kosteuden siirtymisen muoto, mutta kosteutta siirtyy myös kapillaarisesti, diffuusion ja konvektion avulla (3).

### 2.1 Kapillaarinen siirtyminen

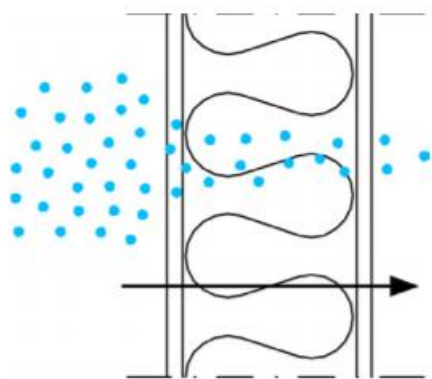
Kapillaarisessa siirtymisessä vettä tai vettä sisältävää materiaalia imeytyy huokosalipaineen vaikutuksesta huokoiseen materiaaliin. Huokosalipaine on sitä suurempi, mitä huokoisempaa materiaali on. Siirtymistä voi tapahtua sekä pystyettä vaakasuuntaisesti. Kuvassa 1 esitetty veden kapillaarisen siirtymisen periaate. (4, s. 111.)



KUVA 1. Vedен kapillaarisen siirtymisen periaate (4, s. 111)

## 2.2 Diffuusio

Diffuusiossa kosteutta siirtyy vesihöyryvirtauksena molekyylitasolla suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään. Tiiviillä höyrinsululla voidaan estää esimerkiksi ulkoseinässä tilanne, jossa rakenteeseen siirtyvä vesihöyrypitoisuus on suurempi kuin siitä poistuva, jolloin vesihöyry voi tiivistyä vedeksi rakenteen sisällä. Kuvassa 2 esitetty kosteuden siirtyminen diffuusion avulla ulkoseinä-rakenteen läpi. (4, s. 113–114.)



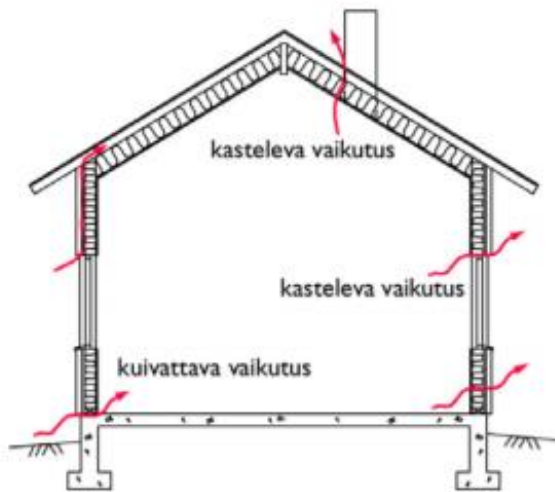
*KUVA 2. Diffuusion periaate; pallot kuvastavat vesimolekyylejä ja nuoli diffuusion suuntaa. (4, s. 113)*

## 2.3 Konvektio

Konvektiossa kosteus siirtyy vesihöyrynä ilmavirtojen mukana. Virtaus tapahtuu suuremmasta ilman kokonaispaineesta pienempää kohti, esimerkiksi huokoisten materiaalien tai rakenteessa olevien rakojen kautta. Ilman kokonaispaineeseen vaikuttavat muun muassa tuuli sekä sisä- ja ulkoilman lämpötilaerot.

Jos ilma lämpenee kulkiessaan rakenteen läpi, eli käytännössä siirtyessään ulkopuolelta sisälle, ilmavirtauksella on sisäpuolen rakenteita kuivattava vaikutus; lämmin sisäilma vastaanottaa kosteutta kylmemmästä rakenteesta, esimerkiksi lattialaatasta.

Tilanteessa, jossa ilma viilenee kulkiessaan rakenteen läpi, kosteus voi tiivistyä rakenteen sisälle aiheuttaen kosteusvaurioriskin. Näin voi käydä, jos rakenteen höyry- tai ilmansulku ei ole tiivis. Kuvassa 3 esitetty konvektion vaikutus rakenteiden kuivumiseen. (4, s. 115–116.)

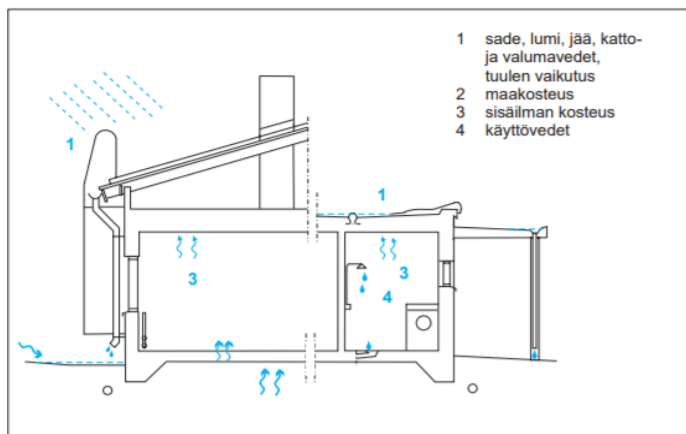


*KUVA 3. Konvektion vaikutusta rakenteiden kuivumiseen. (4, s. 116)*

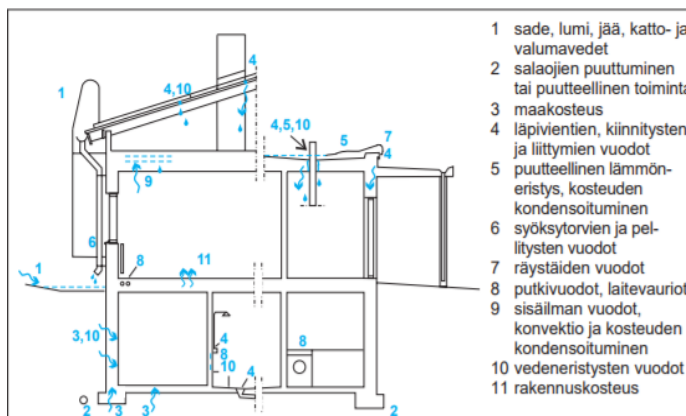
### 3 KOSTEUDEN LÄHTEET RAKENNUSHANKKEESSA

Kosteudenhallinnalla pyritään aina ensisijaisesti ennaltaehkäisemään kosteudenlähteistä aiheutuvat vahingot; suurimpia riskejä kartoitetaan kosteudenhallintasuunnitelmaa tehtäessä. Lisäksi on tärkeää tietää, miten vahinkoja niiden satuessa pystytään korjaamaan.

Maaperän ja ilman kosteus sekä sade- ja pintavedet ovat merkittäviä ulkopuolisia kosteustekijöitä. Ulkopuolelta tulevaa kosteutta torjutaan maanpinnan kallistamisella rakennuksesta poispäin ja salaoja- sekä sadevesijärjestelmillä. Sisäpuolisen kosteuden merkittäviä lähteitä ovat sisäilman kosteus, rakennekosteus ja asukkaan oma toiminta. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty eri kosteudenlähteitä ja -riskitekijöitä.



KUVA 5. Yleisiä rakennuksen kosteuden lähteitä. (5, s. 1)

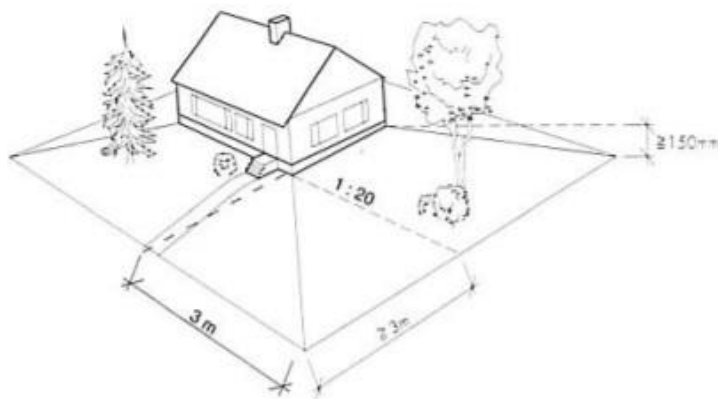


KUVA 6. Yleisiä kosteuden lähteitä ja vaurioriskejä. (6, s. 4)

### 3.1 Maakosteus

Tulevalle rakennuspaikalle tehdään ennen rakennustöiden aloittamista maaperä- ja pohjatutkimukset. Niiden avulla saadaan selville paikan maaperän laatu, pinnanmuodot sekä pohjavesien korkeudet. Saatujen tietojen perusteella pystytään suunnittelemaan rakennuksen salaoja-, sadevesi- ja viemärijärjestelmät sekä rakennuksen korkeusasema. Korkeusasema voidaan ilmoittaa esimerkiksi lattiapinnan korkeutena suhteessa merenpintaan. (7.)

Maanpinta tulee rakennuksen läheisyydessä muotoilla niin, että sade- ja sulamisvedet johdetaan pois päin rakennuksesta niille suunniteltuihin viemäriin tai ojiin. Valmiin maanpinnan tulee viettää vähintään 1:20 kallistuksella, vähintään kolmen metrin matkan. Lisäksi valmis maanpinta on oikein toteutettuna vähintään 30 cm lattiapinnan alapuolella. Kaadot ja korkeustasot on todennettava työmaalla suunnitelmia vastaaviksi. Kuvassa 4 esitetty maanpinnan muotoilu rakennuksen ympärillä RakMK C2 -oppaan ohjeistusta vastaavaksi. (2, s. 18.)



*Maanpinnan muotoilu rakennuksen ympärillä.*

**KUVA 4.** *Maanpinnan muotoilu rakennuksen ympärillä. (2, s. 18)*

Maasta kosteus siirtyy kapillaarisesti, joko ylöspäin tai vaakasuunnassa. Maakosteuden ja roudan vaikutusta torjutaan käyttämällä perustusten alla kapillaarista vedennousua katkaisevia, routimattomia maa-aineita, kuten soraa ja karkeaa hiekkaa, suodatinkankailla ja routaeristystä. Maanvaraisen betonilaatan alta tulisi poistaa eloperäiset maa-ainekset, kuten lieju, humus ja muta. (8.)

Liian ohut tai väärästä materiaalista tehty kapillaarikatko altistaa esimerkiksi lattialaatan kosteusvaurioille, jotka päällepäin ilmenevät esimerkiksi lattiapinnoitteiden vaurioina. Itse täyttöaine voi myös altistua homeen kasvuille, joka voi johtaa hajuhaittoihin sisäilmassa. Maakosteutta voi siirtyä lattiaan myös diffuusion avulla, jos lämmöneristys on lattiassa puutteellinen. (9.)

### **3.2 Salaoja-, sade- ja pintavesijärjestelmät**

Perustusten yleisimpiä kosteusvaurioita ovat virheellisestä tai puutteellisesta salaojituksesta tai sadevesijärjestelmästä johtuvat vauriot. Yleensä ongelmat johtuvat putkien tukkeutumisesta tai jäätymisestä, liian pienistä kaadoista tai väärästä sijainnista.

Salaojajärjestelmä tulee sijoittaa anturatasen alapuolelle ja pääsääntöisesti rakennuksen ulkopuolta kiertäen, vähintään 0,5 m:n syvyyteen. Putken päälle tuleva salaojituskerros toimii kapillaarikatkona ja johtaa maassa liikkuvan veden salaojiin. Salaojituskerros tehdään yleensä jostain karkeasta kiviaineksesta, esimerkiksi salaojasorasta. Kerroksen täytyy ulottua sekä putken päälle, että myös alle ja sivuille vähintään 0,2 m. Salaojituskerroksessa käytettävät maa-aineet, putkien kaadot sekä niiden ja tarkastuskaivojen toimivuudet on tarkastettava ja dokumentoitava esimerkiksi valokuvin työmaalla. Kaatojen tulisi olla kaivojen välillä vähintään 1:200, mutta suositus on kuitenkin 1:100. (2, s. 22–24)

Suomen kaltaisessa maassa sade on vuodenajasta riippumatta merkittävä ulkopuolisen kosteuden lähde. Sade- ja sulamisvesijärjestelmien toimivuus on todettava työmaalla, ja tarvittaessa voidaan rakentaa poikkeustilanteita varten niin sanottuja varajärjestelmiä. Sade- ja pintavesiä ei saa johtaa salaojiin, sillä esimerkiksi kovalla vesisateella ne voivat tukkeutua.

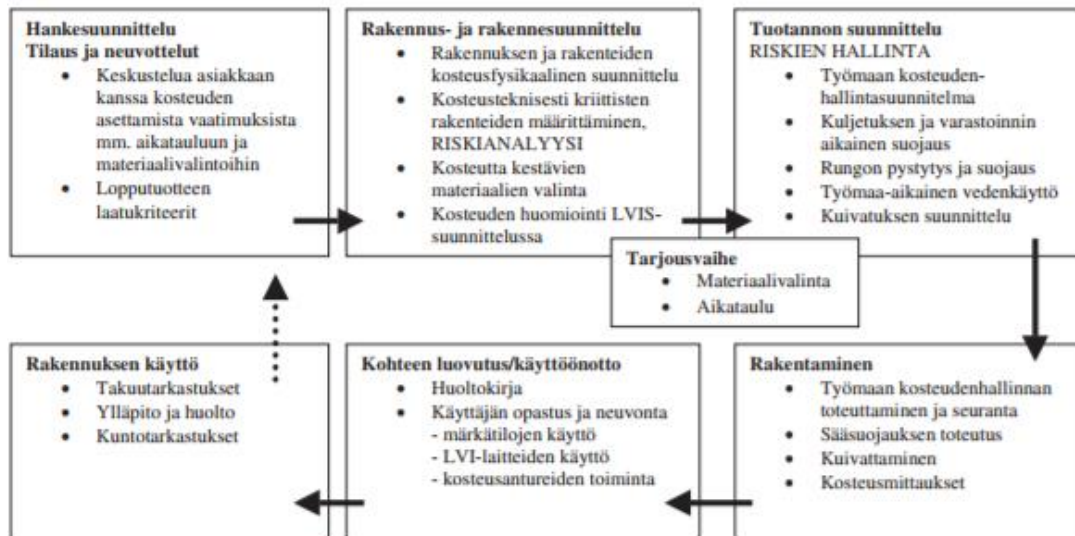
### **3.3 Ilmankosteus**

Ulkoilman kosteus vaikuttaa suoraan myös sisätilojen ilmankosteuteen, sillä kosteus pyrkii aina siirtymään pienemmän suhteellisen kosteuden omaavaan tilaan. Tämän lisäksi rakennuksen eri rakenteet, kuten betoniseinät ja -lattiat, luovuttavat itsestään rakennekosteutta ilmaan.

Materiaalien ja olosuhteiden lisäksi ilmankosteuteen sisätiloissa vaikuttaa kaikki toiminta, jossa vapautuu vesihöyryä. Tällaista toimintaa on esimerkiksi siivoaminen ja peseytyminen. (10.)

## 4 KOSTEUDENHALLINTA

Rakennustyömaan kosteudenhallinnalla on sekä välittömiä että kauaskantoisia vaikutuksia kosteudesta johtuvien vaurioiden ja haittojen ehkäisemisessä. Kosteudenhallinta tulee ottaa huomioon rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kuvassa 7 on esitelty kosteudenhallinnan elinkaari hankesuunnittelusta käyttöön.



KUVA 7. Kosteudenhallinnan elinkaari (11, s. 1)

Ympäristöministeriö hyväksyi marraskuussa 2017 uuden asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Asetuksen tultua voimaan 1.1.2018 kaikilta rakennushankkeilta edellytetään kosteudenhallintaselvitystä ja sen pohjalta tehtyä kosteudenhallintasuunnitelmaa. Kosteudenhallintaselvitykseen tulee sisällyttää kohteen yleistiedot, vaatimukset ja menettelytavat kosteudenhallinnalle projektin eri vaiheissa sekä tieto kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä. Rakennushankkeeseen ryhtyvä voi laatia selvityksen yhteistyössä esimerkiksi kosteudenhallintakoordinaattorinsa ja pääsuunnittelijan kanssa. (12.)

Uusi asetus on hyvin samankaltainen kuin RakMK C2, mutta tarkentaa suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä säännöksiä ja esimerkiksi rakenteiden ja materiaalien sääsuojausten toteutusta. Kokonaisuudessaan suurin muutos on se, että

C2:ssa esitetyt määräykset ja ohjeet muuttuvat asetuksen myötä velvoittaviksi säädöksiksi. (12.)

Tuotannosuunnitteluvaiheessa laadittavan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö jaetaan kosteusriskien kartoittamiseen, kuivumisaika-arvioihin, olosuhteiden hallintaan, kosteusmittaussuunnitelmaan sekä organisointiin, seurantaan ja valvontaan (11, s. 2). Suunnitelmassa on nimettävä henkilöt, jotka vastaavat kosteudenhallinnasta projektin eri vaiheissa. Suunnitelman todellinen sisältö ja laajuus räätälöidään kullekin työmaalle yksilöllisesti; fokus määräytyy kriittisiin pisteisiin rakennuksen luokituksen mukaan.

Tuotannon näkökulmasta kosteudenhallinnalla pyritään estämään rakentamisvaiheessa mahdolliset kosteusvauriot. Kosteusvauriot voidaan jaotella esimerkiksi suunnitelmien puutteellisuudesta tai virheellisyydestä johtuviin, työn aikana tapahtuneesta virheestä johtuviin tai kelpaamattomista rakennusosista tai materiaaleista johtuviin vaurioihin (5, s. 1).

Rakennusprojektit pyritään aina toteuttamaan olosuhteista ja vuodenajasta riippumatta suunnitelmien mukaisessa aikataulussa, samalla huomioon ottaen rakenteiden vaatimat kuivumisajat. Hankinnan ja tuotannon yhteispelillä, kuten aikataulutuksella ja toimitusten ajoittamisilla, sekä työmaalla tapahtuvalla materiaalien suojauksella pienennetään myös materiaalihukkaa.

Työmaan kosteudenhallintaan kuuluvat sääsuojauksen ja rakenteiden kuivattamisen lisäksi myös vaadittavat kosteusmittaukset (13).

## 5 KOSTEUDENHALLINNAN TOTEUTTAMINEN JA VALVONTA

### 5.1 Kosteudenhallinta suunnitteluvaiheessa

Kaikki laadunhallintaan liittyvät asiat, mukaan lukien kosteudenhallinta, vaativat sitoutumista ja asennetta asiaa kohtaan sekä toimihenkilöiltä että työntekijöiltä. Työnjohdolla tulee olla hyvä käsitys siitä, mitä kosteudenhallinta tarkoittaa ja kattaa ja mitä riskejä ja ongelmakohtia rakennustyön eri vaiheet tulevat sisältämään. Vanhanaikaista, piittaamatonta ilmapiiriä tulee pyrkiä päivittämään uuteen ajattelutapaan, jossa kosteudenhallinta on osa yrityskulttuuria ja todistetusti myös laatu parantava ja kustannuksia säästävä tekijä. Kosteudenhallinta voidaankin rinnastaa työturvallisuuteen: jos virhe havaitaan, siitä myös ilmoitetaan ja siihen puututaan. Työmaan perehdytyksessä tulisi tehdä työntekijöille tutuksi kosteudenhallintasuunnitelma sekä todentamisessa apuna käytettävä riskilista. (14.)

Jo rakennushanketta suunniteltaessa voidaan vaikuttaa kosteudenhallinnan toteuttamiseen varaamalla kokonaisaikatauluun riittävästi aikaa rakennusprosessin kaikkiin eri vaiheisiin. Tämä koskee sekä työmaavaihetta että suunnittelua, hankintaa ja käyttöönottoa. (15, s. 2)

Kosteudenhallinnasta ja sen valvonnasta työmaalla vastaa tavallisesti vastaava työnjohtaja. Työvaihekohtaisesti voidaan vastuuhenkilöksi nimetä myös erillinen työnjohtaja. Tilaajan puolelta kosteudenhallinnan valvonnasta vastaa kosteudenhallintaselvityksessä nimetty kosteudenhallintakoordinaattori. Kuivaketju10-toimintamallissa tilaajan tulee nimetä kosteudenhallintakoordinaattoriksi ulkopuolinen, suunnittelusta ja urakoinnista riippumaton henkilö. (1.)

Vastuuhenkilö tarkentaa ja täydentää rakennustoimien alkaessa tuotannosuunnitteluvaiheessa tehtyä kosteudenhallintasuunnitelmaa ja hyväksyytään sen tilaajalla. Tässä vaiheessa tarkentuvat muun muassa kriittiset pisteet, rakenteiden kuivumisaika-arviot ja -aikataulut, sääsuojaus, varastoinnin toteuttaminen sekä muut toimenpiteet kosteusvaurioiden ehkäisemiseksi ja korjaamiseksi. Kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön tulee myös varmistaa, että suunnitelmassa mainitut ja sovitut asiat myös toteutuvat työmaalla oikeilla työmenetelmillä, tarvittaessa malliasennusten kautta. (16.)

Rakennuksen käyttö- ja kosteusriskiluokka vaikuttavat suunnitelman laajuuteen ja ratkaisevat, mihin vaiheisiin täytyy kosteudenhallinnan kannalta kiinnittää erityistä huomiota. Rakennushanke kuuluu kosteusriskiluokaltaan joko R1-, R2- tai R3-luokkaan, riippuen kosteusteknisistä vaatimuksistaan. Vähiten vaativa R1-luokka käsittää esimerkiksi tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennukset, ja niiden kosteudenhallinnassa käytetään normaalimenettelyä. R2-luokkaan kuuluvat esimerkiksi koulut, päiväkodit ja hoivakodit. Tavallisesti niissä käytetään normaalimenettelyä, tarvittaessa tehostettuna. Kosteusrasituksiltaan ja kosteudenhallinnallisilta toimenpiteiltään vaativimpia ovat luokan R3 rakennukset. Niihin kuuluvat muun muassa uimahallit. Tällaiset kohteet vaativat analyysipohjaisen, tehostetun kosteudenhallinnan suunnittelun ja menettelyn. (17.)

Vastuuhenkilön tulee kosteusmittausten avulla varmistaa, että rakenteiden kuivumisaste mahdollistaa rakenteiden päällystämisen. Kosteusmittaukset tulisi teettää ulkopuolisella, sertifikaatin omaavalla kosteusmittaajalla. Vastuuhenkilön tulisi valvoa henkilökohtaisesti mittausten toteutus ja lukea ja tarkastaa niiden tuloksina tehdyt raportit. Valokuvia olisi suositeltavaa ottaa koko työmaan ajan. Ne ovat oiva työkalu laadun ja suunnitelmien mukaisuuden varmistamisessa, myös kosteudenhallinnan osalta. Myös tilaaja tai kiinteistön omistaja katsoo mielellään valokuvia rakennustyön etenemisestä; laadukkaasti tehty ja dokumentoitu työ tuo asiakkaalle turvaa ja sitä kautta myös rakennushankkeelle lisäarvoa. (14.)

## **5.2 Suojaus ja materiaalit**

Rakenteiden suojaaminen on aina tehokkaampaa ja edullisempaa kuin niiden kuivatus. Lähtökohta on, että rakennus saataisiin mahdollisimman nopeasti umpeen, jolloin rakennuksen omat rakenteet toimivat sääsuojana. Tätä ennen joudutaan käyttämään väliaikaisia suojauskeinoja. Väliaikainenkin materiaalien varastointi ja suojaus tulee toteuttaa huolella.






Materiaalien varastointiaika tulee pyrkiä pitämään mahdollisimman lyhyenä; materiaalityöt tulisi ajoittaa aina niin, että materiaalit menevät mahdollisimman nopeasti käyttöön työmaalle saavuttuaan. Tässä korostuu hankinnan ja työ-

maan yhteistyö. Ennakoimalla säästetään sekä aikaa että materiaalihukkaa. Toimitusajaltaan pitkät rakennusmateriaalit, kuten elementit, rytmittävät työmaan kulkua, sillä varsinkin niillä pitkää varastointiaikaa tulee välttää.

Materiaalit varastoidaan aluesuunnitelmassa merkitylle paikalle, mieluiten paikkaan missä ne eivät ole työmaaliikenteen tiellä, mutta silti mahdollisimman lähelle oikeaa työkohdetta, jotta turhilta nostoilta vältytään. Paikan tulisi olla tasainen, jotta sadevedet eivät kerry materiaalien alle. Tarvittaessa varastointipaikalle voidaan tehdä murskepeti.

Työmaalle saavuttuaan materiaalit nostetaan tukipuiden päälle, irti maakosketuksesta. Materiaalipakkaukset voivat olla valmiiksi tehdassuojattuja, mutta varsinkin kosteudelle herkät rakennustarvikkeet, kuten puutavara, on syytä suojata kestävämmiin suojapeitteillä. Työntekijöistä voidaan valita henkilö, joka huolehtii työpäivän päätteeksi, että kaikki suojausta vaativat materiaalit on varmasti suojattu. Kuvassa 8 on esitetty suojaustapoja eri materiaaleille käyttökohteiden mukaan.

Myös muut kosteudenlähteet, kuten vesipisteet, -letkut ja -astiat, tulisi tarkastaa päivittäin esimerkiksi vuotojen varalta. Havaitut virheet sekä puutteet tulee korjata. (14.)

| Käyttötila                                                                                                                 | Lämmin tila                                                                       | Sisätila                                                                                                                                         | Suojainen tila                                                                                                | Ulkotila                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |  |                                                                 |                             |  |
| Säilytys lämmitetyssä sisätilassa. Materiaalilla voi olla erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten lämpötila tai ilmankosteus. | Materiaali säilytetään lämmitetyssä sisätilassa.                                  | Materiaali tulee säilyttää sisätilassa kastumiselta. Ei välttämättä lämpötilavaatimusta. Varastointipaikka esim. ulkorakennus tai varastokontti. | Materiaali voidaan säilyttää katetussa ulkotilassa. Esimerkiksi suojapeitteillä tai katoksella suojattu tila. | Materiaalilla ei ole erityistä suojaustarvetta.                                     |
| Parketit, laminaatit                                                                                                       |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| Kalusteet                                                                                                                  |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| Matot                                                                                                                      |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| Kipsi- ja lastulevyt                                                                                                       |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| Pintatuotteet                                                                                                              |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet                                                                                         |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| Pintapuutavara                                                                                                             |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
| IV-koneet ja äänenvaimentimet                                                                                              |                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Laastit                                                                                                                                          |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Runkopuutavara                                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen)                                                                                                              |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Metalli-ikkunat ja -ovet                                                                                                                         |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Kuivabetoni                                                                                                                                      |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Lämmöneristeet                                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Metallikasetit                                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Puuelementit                                                                                                                                     |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Betonelementit                                                                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Keramiikka, tiilet ja laatat                                                                                                                     |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Raudoitteet                                                                                                                                      |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Metallivarusteet                                                                                                                                 |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Maa-ainekset                                                                                                                                     |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Kattotiilet                                                                                                                                      |                                                                                                               |                                                                                     |
|                                                                                                                            |                                                                                   | Ulkovarusteet                                                                                                                                    |                                                                                                               |                                                                                     |

KUVA 8. Esimerkki erilaisten rakennusmateriaalien säilytyksestä (18.)

## 5.3 Rakenteet

### 5.3.1 Perustukset

Perustukset ja alapohjarakenteet altistuvat rakennuksen rakenteista pitkäaikaisimmalle kosteusrasitukselle. Perustuksiin voi siirtyä kosteutta maaperästä sekä sade- ja pintavesistä. (18.)

Perustusten, eli anturoiden ja perusmuurin, suojeleminen kosteudelta alkaa rakennuspaikan valinnasta. Tontti tulee muotoilla kallistuksin siten, että pinta- ja sadevedet ohjautuvat rakennuksesta pois päin. Salaojat pitävät rakennuksen pohjan kuivana, ja salaojakerroksen kapillaarikatko katkaisee maaperästä kapillaarisesti siirtyvän kosteuden nousun. Salaojajärjestelmän toimivuus, salaojaputkien ja pintamaiden kaadot sekä salaojituskerroksina käytetyt materiaalit on tarkistettava ja dokumentoitava työmaalla. Lisäksi maakosteutta voidaan torjua perustuksiin kiinni asennettavilla pystyeristeillä, kuten patolevyllä tai bitumihuovalla.

Anturoiden alle on suositeltava asentaa sekä kosteuden- että lämmöneristeeksi XPS- levyt. (14.)

Anturoiden ja paikalla valettavien perusmuurien rakentamisen aikana on huomioidava kappaletavarasta tehtyjen valumuottien huolellinen purku. Valumuottien pinnat kannattaa ennalta ruiskuttaa tai sivellä muottiöljyllä purkamisen helpottamiseksi. Jos orgaanista ainesta, kuten muottilautaa tai -levyä, jää alapohjan alle, se saattaa aloittaa homeitiöiden muodostumisen täytössä tai salaojasorassa. Tämä voi tulevaisuudessa aiheuttaa hajuhaittoja huonetiloissa. (18.)

Perusmuuriin yhdistyvät liitokset, erityisesti maanvaraiset laatat ja ulkoseinän alajuoksut, ovat suuria mahdollisten kylmäsiltojen lähteitä. Näitä liitoksia pystytään tiivistämään esimerkiksi liimaamalla perusmuurin kylkeen kumibitumihoopa, joka taitetaan maanvaraisen laatan lämmöneristeen päälle ennen valua, sekä lämmöneristämällä perusmuurin vierusta sisäpuolelta. Samoin perusmuurin ja ulkoseinän alle voidaan tehdä tiivistys esimerkiksi solumuovilla. (20, s. 385–387.)

### **5.2.2 Alapohja**

Yksi yleisimmistä alapohjaratkaisuista on maanvarainen betonilaatta. Kuten perustukset, myös alapohjarakenteet altistuvat maaperän kosteudelle; maassa laatan alla suhteellinen kosteusprosentti voi toimenpiteistä huolimatta olla aina 90–100 % (19). Tämän lisäksi riskitekijä on laatasta itsessään esiintyvä rakennekosteus, joka aiheuttaa ongelmia, jos laatta päällystetään ennen riittävää kuivumisaikaa.

Laatan kapillaarinen kastuminen estetään laatan alla olevalla kapillaarikatkolla, mutta kosteutta voi siirtyä laattaan myös diffuusion avulla. Diffuusiota torjutaan laatan lämmöneristyksellä. Eristelevyjen saumat ovat riskikohtia, jotka voidaan huomioida asentamalla eristelevyt limittäin niin, että saumat eivät kohtaa. Ennen eristämistä on myös varmistettava, että laatan alle jäävä täyttöaine on huolellisesti tiivistetty. Tiiviys pitää myös mitata ja dokumentoida. (21.)

Täytön lisäksi myös laatta itsessään on saatava tiiviiksi. Edellä mainitut liitoskohdat esimerkiksi ulkoseiniin nähden on huomioitava, kuten myös betonin riittävä tiivistys. Hiertämällä ja liippaamalla varmistetaan, ettei rakenteeseen jää suuria

ilmahuokosia. Jos laatussa on läpivientejä, tulee ne tiivistää huolellisesti. Lattian ja seinän välinen tiiviys varmistetaan radonerotuskaistalla. (14.)

Valutilanteessa olosuhteiden, kuten lämpötilan, ilmankosteuden ja ilmavirtaus-  
ten, on oltava sopivat, jotta betonin kuivumisprosessi lähtee heti oikein käyntiin  
(14). Valun jälkeen betonille suoritetaan jälkihoito. Jälkihoidolla pyritään estä-  
mään betonin pintaa kuivumasta ennenaikaisesti. Ennenaikainen kuivuminen  
heikentää betonin pintaa ja aikanaan päällystettävyyttä sekä voi aiheuttaa halkei-  
lua.

Jälkihoitoaineiden tulee olla soveltuvia betonitoimittajan tuotteiden kanssa,  
koska tietyt jälkihoitoaineet toimivat eri tavoin eri betonilaatujen kanssa. Jälkihoi-  
tokeinoja ovat myös kastelu tai valun peitteleminen sekä myöhemmin laatan pin-  
nan hiominen. Jälkihoitokeino täytyy kuitenkin valita kohdekohtaisesti; esimer-  
kiksi laatan kastelun täytyy olla hallittua, jotta muut rakenteet eivät kastu. Puura-  
kenteisessä kohteessa kannattaa kastelun sijaan käyttää oikeita jälkihoitoaineita.  
(14.)

### **5.2.3 Ulkoseinät**

Kosteudenhallinnan kannalta erityisen tärkeä vaihe on saada rakennuksen  
vaippa umpeen. Se käynnistyy ulkoseinien asentamisesta. Ulkoseinien asennus  
mahdollistaa katon asennuksen paikalleen, jolloin rakennus toimii itse omana  
sääsuojanaan ja väliaikaisen suojauksen tarve vähenee. Lisäksi sisätilojen ra-  
kenteiden kuivuminen helpottuu, kun rakennuksen lämmöt saadaan päälle vai-  
pan ollessa ummessa. Vaippa saadaan nopeasti umpeen käyttämällä mahdolli-  
simman pitkälle valmiiksi tehtyjä rakennekokonaisuuksia, kuten tehtaalla esival-  
mistettuja ulkoseinäelementtejä ja kylpyhuone- ja talotekniikkamoduuleita. Li-  
säksi katto voidaan koota maanpinnalla ja nostaa lohkoittain paikalleen. Kuvassa  
9 esivalmistettujen elementtien käyttöä Lehto Tilojen Esperin Care -työmaalla  
Haapajärvellä.



*KUVA 9. Lehto Tilojen Esperi Care -työmaa Haapajärvellä; esivalmistettujen elementtien käyttöä. Kuvan etualalla ja keskellä ulkoseinäelementtejä, nostolaitteessa kylpyhuone-moduuli ja taustalla maajalassa koottu kattoelementti. (22, Kuva: Lauri Österberg)*

Ulkoseinäelementtien, kuten muidenkin rakennusosien ja -materiaalien, kanssa kannattaa pyrkiä täsmätoimituksiin työmaalle, jotta pitkäaikaiselta varastoinnilta vältytään. Elementit on tavallisesti sääsuojattu jo tehtaalta lähtiessään, mutta tilanteesta riippuen suojausta täytyy työmaalla lisätä. Elementit voidaan varastoida työmaalla pystyasentoon elementtitelineisiin, jonka lisäksi ne kannattaa tukea toisiinsa revalaudoilla. Elementtien tulee varastoitaessa olla irti maakosketuksesta ja suojattuna siten, että ilma pääsee kiertämään niiden ympärillä suojapeitteiden allakin.

Seinäelementit sisältävät useita kosteuden riskikohtia, jotka täytyy huomioida, kunnes rakennukseen on saatu katto päälle ja julkisivu verhottua. Näitä riskikohtia ovat esimerkiksi rakenteessa olevat aukot, kuten ikkuna- ja oviaukot, sekä asentamisen aikana paljaaksi jäävä yläpinta, jonka kautta kosteutta voi päästä eristetilaan. Elementteihin on suositeltavaa asentaa ikkunat valmiiksi, mutta tässäkin tapauksessa tiiviys ja työnaikainen suojaus on varmistettava. Ennen ikkunapellityksiä ikkunan alareuna tulee suojata esimerkiksi vanerilla. (23, s. 25.)

Kosteutta voi ulkoseinärakenteessa siirtyä monin eri tavoin. Perusmuurin ja alajuoksun väliin asennettu bituminen sokkelikaista estää kosteuden kapillaarista siirtymistä perusmuurista seinärakenteeseen, ja seinän höyrynsulku torjuu rakenteen läpi diffuusion avulla liikkuvaa kosteutta. Höyrynsulut täytyy limittää keskenään vähintään 150 mm:n limityksin. Niiden tulee liittyä tiiviisti ala-, väli- ja yläpohjaan. Konvektion avulla kosteutta voi siirtyä epätiiviksi jääneistä paikoista rakenteessa, kuten ikkuna- ja oviaukkojen kohdalla tai elementtien välisistä saumoista.

Tiivis ja pois päin viettäväksi muotoiltu ulkoverhous, räystäät ja ikkunapellitykset suojaavat rakennusta sadevesiltä. Ulkoverhouksen taakse tulee jättää kuitenkin vähintään 30 millimetrin tuuletusväli, jota kautta läpi päässyt vesi pääsee poistumaan tuulettamalla. Koolauksen alla oleva tuulensuojalevy suojaa seinän eristeitä pienentämällä rakenteen läpi kulkevia ilmavirtauksia. (24.)

#### **5.2.4 Yläpohja ja vesikatto**

Maassa kootun ristikkorakenteisen yläpohjan etuja on rakenteen helpompi työstäminen ja työnaikainen suojaus, jolloin materiaalit eivät pääse kastumaan ennen katteen asennusta. Lisäksi sokkelin päällä työskennellessä työturvallisuus on parempi kuin katon korkeudella. Alla olevassa kuvassa 10 kootaan kattoristikoita elementiksi Lehto Tilojen työmaalla Haapajärvellä.

Kattoelementin paikalleen asentamisen jälkeen asennetaan vesikate. Katteen tiiviyys tulee varmistaa, etenkin saumojen, ylösnostojen ja läpivientien kohdalta. (14.)

Vedenpoisto tapahtuu räystäskourujen ja kattokaivojen avulla. Kattokaivojen kaadot ja niiden toimivuus tulee todentaa ja ylläpitää. Kaivot ja räystäskourut on pidettävä puhtaana roskista ja jäistä, jotta vettä ei pääse lammikoitumaan katolle.

Yläpohjan tulee olla kuiva ennen villojen asentamista. Lämmöneristyksen sisäpintaan asennetaan tiivis höyrynsulku, joka limittyy ulkoseinärakenteen höyrynsulun kanssa. (25.)



*KUVA 10. Kattoristikot on kätevä koota maajalassa elementeiksi, sekä laadun että työturvun kannalta. Lehto Group, Esperi Care, Haapajärvi. (22, Kuva: Lauri Österberg)*

### **5.2.5 Märkätilat**

Nimensä mukaisesti märkätilat ovat rakennuksen sisäpuolisista tiloista eniten kosteusrasitettuja. Tärkeimpiä asioita huomioida märkätilojen kosteudenhallinnan kannalta ovat lattiakaivojen sijainnit, lattian kallistukset sekä lattian ja seinien vedeneristykset. (14.)

Lattiakaivon korko, kuten myös tilan nurkkien ja kynnyksen korot, tulee olla merkittynä märkätilan suunnitelmissa. Korot tulee todentaa työmaalla suunnitelmia vastaaviksi. Lattia tulee tehdä lattiakaivoon viettäväksi vähintään 1:100:n kaltevuudella. Kaivosta puolen metrin säteellä kaato tulee tehdä 1:50:n kaltevuudella. Kaivon keskeltä valmiiseen seinäpintaan on jätävä tilaa vähintään 400 millimetriä.

Märkätilan kynnyksen tulee nostaa 15–20 millimetriä tilan lattiapintaa korkeammalle. Tällä tulvimiskynnyksellä estetään veden kulkeutuminen viereiseen kuivaan tilaan, jos lattiakaivo ei ehdi poistaa vettä riittävän nopeasti. Kynnystä vasten täytyy myös nostaa vedeneristys. (26.)

Lattian ja seinän vedeneristeiden sekä lattiakaivojen osien tulee kaikkien olla keskenään yhteensopivia. Sama koskee mahdollisten läpivientien tiivistyksiin käytettäviä massoja. Eristettävän alustan tulee olla kuiva ja tasainen. Ennen varsinaista vedeneristystä pintaan sivellään pohjuste, esimerkiksi Primer.

Seinän vedeneristys ja laatoitus tehdään ennen lattian vedeneristystä. Vedeneristys tehdään koko seinän korkeudelle. Alin laattarivi jätetään tekemättä, jotta lattian vedeneriste saadaan nostettua seinälle ja limitettyä seinän vedeneristysten kanssa. Seinälle noston tulee olla vähintään 100 millimetriä korkea. Kun vedeneristys on yhdistetty lattian ja seinän välille, voidaan alin laattarivi asentaa. Laatoituksen jälkeen laattojen saumoihin laitetaan saumamassa tai silikoni. (27, s. 716–718.)

## 6 BETONIN KUIVUMINEN JA KOSTEUDEN MITTAAMINEN

### 6.1 Kosteuden mittaaminen

Betonin kuivuminen on pitkäaikainen ja epätasainen tapahtuma; esimerkiksi lattialaatan täydellinen kuivuminen voi viedä vuosia. Lisäksi rakenteen eri osat kuivuvat eri nopeuksilla. Pinnasta ja hieman sen alapuolelta laatta on voinut jo kuivua ja saavuttaa päällystettävyytensä raja-arvon, mutta alaosista se voi olla vielä hyvin märkä. Eri päällysmateriaaleilla on omat suhteellisen kosteuden raja-arvonsa, jotka on saavutettava ennen päällystämistä. Kuvassa 11 on taulukoitu eri laisten päällysteiden raja-arvoja

| Lattianpäällyste                                                                             | Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A) <sup>1)</sup> | Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1...3 cm:n syvyydellä (0,4xA) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali                                                      | 85                                                   | 75                                                                         |
| Alustaan liimattava lautaparketti                                                            | Normaali betoni 85                                   | 85                                                                         |
|                                                                                              | Erikoisbetoni w<0,5                                  | 90                                                                         |
| Laminaatti                                                                                   | 85                                                   | 75                                                                         |
| Mosaiikkiparketti                                                                            | Normaali betoni                                      | 85                                                                         |
|                                                                                              | Erikoisbetoni w<0,5                                  | 90                                                                         |
| Muovimatot                                                                                   | 85                                                   | 75                                                                         |
| Linoleumi                                                                                    | 85                                                   | 75                                                                         |
| Kumimatot                                                                                    | 85                                                   | 75                                                                         |
| Tekstiilimatto, tiivis alusta (pvc, kumi, kumilateksisiveily) tai luonnonmateriaalista tehty | 85                                                   | 75                                                                         |
| Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta                                         | 90                                                   | 75                                                                         |
| Muovi-, kumi- ja linoleumilaatat                                                             | 90                                                   | 75                                                                         |

<sup>1)</sup>Arviointisyvyys A on rakenteen paksuudesta riippuva kosteusmittausvyvyys. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaussyvyys on 20 % rakenteen paksuudesta ja yhteensä suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %. Maksimimittaussyvyys on 70 mm.

KUVA 11. Betonin kosteuden raja-arvoja eri lattianpäällysteillä (28)

Ennen pintarakenteen asentamista on laatan riittävä kuivuus ja pinnoituskelpoisuus varmistettava kosteusmittauksilla. Liian kostean laatan päällystäminen voi turmella käytetyn pinnoitteen. Tämän lisäksi kiinnitykseen käytetyt aineet, kuten liimat, voivat liiallisen kosteuden kanssa reagoidessaan tuottaa huoneilmaan sisäilmaongelmia aiheuttavia aineita. (20, s. 387)

Luotettavaa tietoa rakenteen kosteudesta saadaan ottamalla kosteusmittauksia useasta pisteestä ja eri syvyyksiltä, esimerkiksi porareikämenetelmällä. Lisäksi luotettavien tulosten saamiseksi rakenteen oman lämpötilan on oltava riittävä: +15–25 °C. Kosteusmittaukset tulee teettää pätevyudet omaavalla kosteusmittaajalla.

Niin sanottu kriittinen mittaussyvyys pinnasta mitattuna on kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 0,2 x rakenteen paksuus ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 0,4 x rakenteen paksuus. Myös pintaan ja sen alapuolelle, noin 1–3 sentin syvyyteen tehdään mittauspisteet, jotta kosteuden jakauma saadaan realistisemmaksi. Reikiä tulee tehdä useampi rinnakkain. Mittauspaikoiksi tulee valita kohdat rakenteessa, joissa voidaan olettaa olevan paljon kosteutta ja jotka kuivuvat hitaammin, kuten nurkat ja saumojen kohdat. Jos laatussa on lattialämmitysputkia, tulee mittauspaikat miettiä ja merkitä jo ennalta, jotta poratessa ei osuta putkiin. (29.)

## **6.2 Betonin kuivuminen ja kuivumisolosuhteisiin vaikuttaminen**

Yksi betonin kuivumisnopeuteen vaikuttavista asioista on sen laatu. Erityisbetonilaadut, kuten nopeasti päällystettävä NP-betoni, kuivuvat jopa kaksi kertaa nopeammin kuin normaalit betonilaadut. NP-betonia käytettäessä jälkihoito on erityisen tärkeää, koska vesisementtisuhte on tässä betonilaadussa pieni. Varhaisjälkihoito voidaan tarvittaessa tehdä jo betonipintaa oikaistessa, esimerkiksi vedellä tai varhaisjälkihoitoaineella, ja varsinainen jälkihoito hierron jälkeen. (30.)

Lattian pintaan muodostuu jälkihoidon seurauksena tiivis sementtiliimakerros, joka paitsi hidastaa laatan kuivumista, myös vaikeuttaa päällystemateriaalin kiinnittymistä laattaan. Liimakerros tulee poistaa hiomalla esimerkiksi lattiahiomakoneella. Liimakerroksen poistamisen jälkeen on tärkeää, että lattialaatan pinta pidetään puhtaana myös kosteutta sitovasta rakennusjätteestä ja pölystä. Samoin jos tilaan varastoidaan esimerkiksi rakennusmateriaaleja, täytyy ne nostaa irti lattiasta tukipuiden päälle, tai jos mahdollista, seinälle, jotta laatan kuivuminen ei kärsi. (14.)

Valun jälkeisillä olosuhteilla, kuten tilan lämpötilalla, ilmankosteudella sekä rakenteen omalla lämpötilalla, on myös suuri rooli kuivumisprosessissa. Tehokas

kuivuminen alkaa noin 20 °C:n lämpötilassa, suhteellisen kosteuden ollessa alle 50 % (15, s. 6). Olosuhteisiin pystytään parhaiten vaikuttamaan, kun rakennuksen vaippa on ummessa; ennen tätä kuivatus tai lämmitys ei ole kannattavaa. Keinot, joilla olosuhteisiin vaikutetaan, riippuvat myös vuodenajasta.

Lämpötilaan ja sitä kautta rakenteen kuivumiseen pystytään parhaassa tapauksessa vaikuttamaan rakennuksen omalla lämmitysjärjestelmällä. Jos se ei ole mahdollista, voidaan tilaa lämmittää esimerkiksi sähkö- tai polttoöljykäyttöisiä lämpöpuhaltimia käyttämällä.

Kylminä vuodenaikoina eli talvella ja loppusyksystä ulkoilma sisältää vähän kosteutta. Tällöin kuivatettavan tilan sisäilman suhteellinen kosteus on helppo saada laskettua alle 50 %:n lämmittämällä tilaa ja järjestämällä tilaan hallittu ilmanvaihto, jolloin kosteus siirtyy rakenteesta lämpimämpään sisäilmaan ja sisäilmasta tuuletuksen kautta vähäisemmän kosteuden omaavaan ulkoilmaan. Tätä kutsutaan ns. avoimeksi järjestelmäksi.

Kesäisin avoimen järjestelmän käyttö ei ole kannattavaa, koska ulkoilma sisältää paljon kosteutta. Lämpötilaan vaikuttaminen on toisaalta helpompaa ja taloudellisempaa, mutta tila on myös saatava tiiviiksi ja ilmanvaihto mahdollisimman vähäiseksi, jotta kostea ulkoilmaa ei siirry sisätilaan. Kesällä sisäilman suhteellista kosteutta pystytään laskemaan ilmankuivaimilla. (31.)

## 7 LEHTO HVT JA KOSTEUDENHALLINTA

### 7.1 Lehto HVT

Lehto Konsernin talousohjatun rakentamisen malli ja samalla myös kosteudenhallinnan toteuttaminen perustuu esivalmistettujen rakenteiden hyödyntämiseen. Elementit, kuten seinäelementit ja kylpyhuone- ja talotekniikkamoduulit, valmistetaan elementtitehtaalla vakiona pysyvissä optimiolosuhteissa, esimerkiksi pohjalaattaan asennettavia kosteutta ja lämpötilaa mittaavia antureita hyödyntäen. Työmaalle saapuessaan elementit ovat varmasti kuivia ja laadukkaasti tehtyjä. Esivalmistettuja rakenteita käyttämällä rakennus saadaan nopeasti umpeen, mikä jälleen edesauttaa kuivana rakentamista. Kuvassa 12 on esitelty vaihe vaiheelta Lehdon Tekniikkastudion valmistus.

Suuri etu rakentamisen kuivaketjun kannalta Lehto HVT:lla on myös se, että oman elementtituotannon ja työmaatoteutuksen lisäksi myös suunnittelu on saman katon alla. Yhteispeli suunnittelun, hankinnan ja tuotannon välillä helpottaa osaltaan kosteudenhallinnan toteuttamista. (14.)



KUVA 12. Lehdon Tekniikkastudion valmistus (32.)

## 7.2 KH-mittari

Yksi opinnäytetyön tavoitteista oli kehitellä Lehto HVT:lle käytännönläheistä työkalua työmaan kosteudenhallinnan todentamiseen ja dokumentointiin. Työn tuloksena syntyi lopulta KH-mittari (Kosteudenhallintamittari) -niminen tarkistus- ja havaintolista. KH-mittarin dokumenttia ei tilaajan pyynnöstä julkaista työn liitteenä. KH-mittaria pystytään hyödyntämään asiakirjana myös Lehto HVT:n sähköisissä työmaanhallintaohjelmissa, jolloin saadaan varmistettua nopea ja ajan tasalla oleva tiedonkulku työmaan kosteudenhallinnan tasosta, esimerkiksi tilaajan, urakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välillä.

KH-mittari perustuu TR-mittarin tapaan havaintojen tekemiseen ja niihin puuttumisiin työmaalla. Työturvallisuuden sijaan havainnot kohdistuvat erilaisiin kosteuden riskikohtiin eri rakennusvaiheissa. Päädyin rajaamaan havintosarakkeet kuuteen mielestäni keskeisimpään rakennusvaiheeseen sekä yhteen materiaaleja ja työmaan olosuhteita yleisesti käsittelevään sarakkeeseen.

Ensimmäisenä sarakkeena on pohjarakentaminen, jossa tehdään havaintoja muun muassa putkilinjoista, salaojajärjestelmästä, maanmuotoilusta, kaadoista ja koroista. Toinen sarake sisältää perustusten eli anturoiden ja perusmuurien, sekä maanvaraisen betonilaatan kosteudenhallinnan varmistuskeinoja. Kolmannessa sarakkeessa on runko- ja vesikattorakenteissa huomioitavia asioita. Neljäs ja viides osa käsittävät täydentävät rakenteet, kuten väliseinät, ovet ja ikkunat, sekä pintarakenteet kuten vesikatteen, ulkoverhouksen ja lattian pinnan. Kuudes sarake sisältää märkätilojen kosteudenhallinnassa huomioitavia asioita, kuten vedeneristykset, kynnykset, lattiakaivot ja lattian kaadot. Seitsemänteen sarakkeeseen kirjataan yleisesti havaintoja materiaaleista ja työmaan olosuhteista. Havainnot voivat koskea esimerkiksi materiaalien suojauksen ja varastoinnin toteutusta, siisteyden tilaa sekä työmaan vesipisteitä.

Suunnitellussa toimintatavassa havainnot merkitään tukkimiehen kirjanpidon tapaisesti joko oikein tai väärin, jonka lisäksi voidaan kirjata lisähavaintoja ja huomautuksia. Sähköiseen versioon voidaan myös liittää dokumentteja kuten valokuvia. KH-kierroksen jälkeen kootaan oikein- ja väärin- merkit, ja lasketaan työmaan KH-taso. KH-taso lasketaan jakamalla oikein- havaintojen määrä oikein- ja

väärin- havaintojen määrällä. KH-prosentti saadaan kertomalla osamäärä luvulla 100.

Virheiden ja puutteiden korjaamiseen nimetään sovellukseen oikeudet omaava henkilö, esimerkiksi aliurakoitsija tai oma työntekijä. Puutteet ja virheet korjattuaan vastuuhenkilö merkitsee sovellukseen havainnot korjatuiksi. Havainnot kerännyt työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö, eli työnjohtaja, käy havainnot läpi ja varmistaa ne hyväksynnällään joko korjatuiksi tai keskeneräisiksi.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni käsittelin, miten kosteudenhallintaa toteutetaan tuotannon näkökulmasta. Lisäksi pyrkimyksenä oli parantaa Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilojen kosteudenhallinnan toteuttamista luomalla työkalu kosteudenhallinnan todentamiseen ja dokumentointiin työmailla.

Työssäni käsittelin kosteudenhallinnan kannalta keskeisiä toimia, kuten kosteudenhallintasuunnitelman tekemistä ja kosteudenhallinnan valvonnan vastuuttamista. Lisäksi käsittelin kosteutta sen lähteiden ja siirtymämuotojen kautta. Kävin myös läpi keskeisimpiä rakennusvaiheita, ja niiden mahdollisia kosteusriskejä. Esitin työssä myös tapoja, joilla eri rakennusvaiheissa pystytään ehkäisemään mahdolliset kosteuden aiheuttamia vaurioita. Tämän materiaalin pohjalta kokosin myös työn tavoitteena ollutta kosteudenhallintamittaria.

Aiheen laajuuden vuoksi päätin keskittyä pohtimaan kosteudenhallintaa pääasiassa työmaan näkökulmasta. Koin kuitenkin tärkeäksi käsitellä kosteutta hieman myös sen fysikaalisten ominaisuuksien pohjalta. Projektissa olikin haastavaa varmistaa, ettei työn laajuus karkaa liian suureksi ja kovin kauas itse aiheesta. Suuren materiaalmäärän käsitteleminen oli myös yksi haaste.

Sain opinnäytetyötä tehdessäni paljon hyödyllistä tietoa kosteudenhallinnasta ja siitä, kuinka tärkeässä roolissa se on koko rakennusprojektin kannalta. Tätä tietoa pystyn varmasti hyödyntämään aikanaan työssäni.

## LÄHTEET

1. Kuivaketju10. Rakentamisen laatu RALA ry. Saatavissa: <http://kuivaketju10.fi/>  
Hakupäivä 22.8.2018.
2. Kosteus rakentamisessa, RakMK C2 opas. 1999. Ympäristöopas 51. Ympäristöministeriö.
3. Kosteuden siirtyminen. 2008. Sisäilmayhdistys. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen> Hakupäivä 27.8.2018.
4. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Ympäristöopas. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO\\_2016\\_Kuntotutkimus-opas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimus-opas.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Hakupäivä 27.8.2018.
5. Kosteus rakennuksissa. 1999. RT 05-10710. Rakennustieto Oy. Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_7876.html.stx](https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_7876.html.stx) (Vaatii kirjautumisen tunnuksilla.) Hakupäivä 27.8.2018.
6. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. 1999. RT 80-10712. Rakennustieto Oy Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT\\_7903.html.stx](https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_7903.html.stx) (Vaatii kirjautumisen tunnuksilla.) Hakupäivä 27.8.2018.
7. Pohjatyöt. 2014. Rakentaja.fi. Saatavissa: <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12045/pohjatyot.htm>. Hakupäivä 22.8.2018.
8. Maalajit. 2012. Rakentaja.fi Saatavissa: <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11/maalajit.htm> Hakupäivä 27.8.2018.
9. Perustus ja alapohja. 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Perustus-ja-alapohja> Hakupäivä 28.8.2018.

10. Kosteuslähteet. 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet> Hakupäivä 27.8.2018
11. Merikallio, Tarja. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf> Hakupäivä 27.8.2018.
12. Uusi asetus edellyttää rakennushankkeelta kosteudenhallintaselvitystä. 24.11.2017. Ympäristöhallinto. Ympäristö.fi Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Uusi\\_asetus\\_edellyttaa\\_rakennushankkeelt\(45129\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Uusi_asetus_edellyttaa_rakennushankkeelt(45129)) Hakupäivä 27.8.2018.
13. Työmaan kosteudenhallinta. 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Työmaan-kosteudenhallinta> Hakupäivä 27.8.2018.
14. Österberg, Pauli-Pekka. 2018. Rakennuspäällikkö, Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilat. Skype-keskustelut helmi–huhtikuu/2018.
15. Kuivaketju10-riskilista. 13.3.2018. Rakentamisen laatu RALA ry. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista\\_150313.pdf?x70712](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf?x70712) Hakupäivä 28.8.2018
16. Kosteudenhallintasuunnitelman noudattamisen valvonta. 2018. Kosteudenhallinta.fi. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteudenhallintasuunnitelman-noudattamisen-valvonta> Hakupäivä 28.8.2018.
17. Kosteusriskiluokat. 2018. Kosteudenhallinta.fi. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/riskit/kosteusriskiluokat> Hakupäivä 28.8.2018.
18. Materiaalien suojaus. 2018. Kosteudenhallinta.fi. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/suojaus/111-materiaalien-suojaus> Hakupäivä 28.8.2018.

19. Perustus ja alapohja. 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Perustus-ja-alapohja> Hakupäivä 28.8.2018.
20. Rantala, Jukka – Leivo, Virpi. Rakenteiden ja liitosten rakennusfysiikkaa. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070301.pdf> Hakupäivä 20.9.2018.
21. Maanvaraiset alapohjat. 2018. Kosteudenhallinta.fi. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/maanvastaiset-alapohjat> Hakupäivä 28.8.2018.
22. Österberg, Lauri. 2018. Työpäällikkö Lehto Tilat Oy:n Hyvinvointitilat. Kuva: Lehto Tilat Oy:n arkisto.
23. Ohtonen, Teemu. 2014. Rakennustyömaan rakennusaikainen kosteudenhallinta. Opinnäytetyö. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu, tekniikan ja liikenteen ala. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73017/Ohtonen\\_Teemu.pdf..pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73017/Ohtonen_Teemu.pdf..pdf?sequence=1&isAllowed=y) Hakupäivä 28.8.2018.
24. Ulkoseinät. 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Ulkoseinat> Hakupäivä: 20.9.2018
25. Tuulettuvan yläpohjan kosteusriskikohtia. 2018. Kosteudenhallinta.fi. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ylaepohjat-ja-ve-sikatto/tuulettuvan-ylaepohjan-kosteusriskikohtia> Hakupäivä: 20.9.2018
26. Märkätila. Oulun kaupungin rakennusvalvonta. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/pesuhuoneen-kynnys> Hakupäivä 20.9.2018
27. Nissinen, Sampsa. Märkätilan vedeneristys ja laatoitus – oikeat työmenetelmät. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010506.pdf> Hakupäivä: 20.9.2018

28. Betonilattian pintatarvikkeet. Betoni.com Saatavissa: <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/betonilattian-pintatarvikkeet/> Hakupäivä: 20.9.2018
29. Rakenteista tehtävät mittaukset. 2018. Kosteudenhallinta.fi. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/mittaus/rakenteista-htaevaet-mittaukset> Hakupäivä: 20.9.2018
30. Käyttöohje: Nopeammin päällystettävä (NP) lattiabetoni. 18.11.2015. Rudus.fi Saatavissa: <http://www.rudus.fi/ohjeet/betonin-ohjeet/np-lattiabetoni-kayttoohje> Hakupäivä: 20.9.2018
31. Kuivatuksen suunnittelu ja toteutus. 2018. Kosteudenhallinta.fi Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kuivatus/kuivatuksen-suunnittelu-ja-toteutus> Hakupäivä: 20.9.2018
32. Talousohjattu rakentaminen lyhyesti. Lehto.fi Saatavissa: <https://lehto.fi/yri-tys/talousohjattu-rakentaminen/> Hakupäivä: 20.9.2018