

**TYÖMAANKOSTEUDENHALLINAN KONSULTTIPALVELUN
KEHITTÄMINEN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Kevät, 2019

Jari-Petteri Viitanen

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Visamäki

Tekijä	Jari-Petteri Viitanen	Vuosi 2019
Työn nimi	Työmaan kosteudenhallinnan konsulttipalvelun kehittäminen	
Työn ohjaaja/t	Ville Pulkinen, Lauri Sinelampi	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia työmaan kosteudenhallinnan konsultin tehtäviä nykyrakentamisessa sekä kehittää Sitowisen kosteudenhallinnan palvelua tuottamalla sille työkalun yleisimpien betonirakenteiden kuivumisaika-arvioiden laadintaan. Arvioita käytetään mm rakennusaikataulujen ja rakenteiden kuivatuksen suunnitteluun.

Työn tarkoituksena oli myös tehdä katsaus nykytilaan työmailla kosteudenhallinnassa sekä rakenteiden kuivumisen kannalta tärkeässä asemassa olevaan olosuhteiden hallintaan ja sen seurantaan.

Opinnäytetyössä käydään läpi rakennushankeen erivaiheet kosteudenhallinnan näkökulmasta sekä nykyinen lainsäädäntö rakennushankkeiden kosteudenhallinnasta.

Tässä työssä tarkastellaan myös keskeiset betonirakenteiden kosteusmittausmenetelmät ja niiden dokumentointi.

Lisäksi perehdytään betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttaviin tekijöihin.

Opinnäytetyössä myös vertaillaan tehdyn laskurin kuivumisaika-arvioita todellisen työmaan kuivumisaikoihin.

Avainsanat konsulttipalvelu, kosteudenhallinta, kosteusmittaus, olosuhdeseuranta, tiilaaja

Sivut 44 sivua.

Degree Programme in Construction Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Jari-Petteri Viitanen	Year 2019
Subject	Development of consulting services of moisture management on construction sites	
Supervisors	Ville Pulkkinen, Lauri Sinelampi	

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis was to investigate the tasks of a moisture management consultant on a construction site in modern construction. Another aim was to develop the moisture management service at Sitowise and provide the company with a tool to estimate the drying times for the most common concrete structures used in the design of construction schedules and structural drainage. In addition, the purpose was also to review the current state of the moisture management on construction sites including controlling the conditions important for drying of the structures and monitoring it.

The thesis discusses the different stages of the building project from the point of view of moisture management and the current legislation on moisture management of construction projects including the key methods of humidity measurement in concrete structures, their documentation and the factors influencing the drying of concrete structures.

The drying time estimates were also compared with the actual drying times on a construction site.

Keywords moisture management, consulting service, moisture measurement, condition monitoring

Pages 44 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Opinnäytetyön tavoite.....	5
1.2	Sitowise Oy	5
2	KOSTEUDENHALLINAN MÄÄRÄYKET JA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	6
2.1	Kosteudenhallintaselvitys	6
2.2	Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta	6
2.3	Tilaajan velvollisuudet rakennushankkeessa	7
2.4	Kosteudenhallintasuunnitelma	7
2.5	Rakennusvalvonta osana kosteudenhallintaa.....	8
3	KOSTEUDENHALLINTA PROSESSI	9
3.1	Tilaaminen	9
3.2	Suunnittelu	10
3.3	Työmaatoiminta	11
3.4	Käyttöönotto	12
3.5	Käyttö	13
4	BETONIRAKENTEIDEN KUIVUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	13
4.1	Betonin ominaisuudet.....	13
4.2	Rakenteen ominaisuudet	15
4.3	Kuivumisolosuhteet.....	15
4.4	Jälkihoito	16
5	BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUDEN MITTAUS.....	17
5.1	Porareikämittaus	17
5.2	Näytepalamittaus	19
5.3	Pintakosteusmittaus.....	20
5.4	Mittausvyvyys.....	21
5.5	Mittalaitteiden kalibrointi.....	22
5.6	Mittauspisteiden valinta.....	23
5.7	Mittaustulosten dokumentointi.....	24
6	BETONIRAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT	25
6.1	Kuivumisaika-arvio	25
6.2	Maanvastaiselle teräsbetonilaatalle	27
6.3	Massiivi teräsbetonirakenteelle.....	30
6.4	Liittolaattarakenteille	31
6.5	Kuorilaattarakenteille.....	33
6.6	Ontelolattavälipohjille.....	34
6.7	Kelluville pintabetonilaatoille	37

7	KUIVUMISOLOSUHTEIDEN HALLINTA.....	38
7.1	Rakenteiden suojaus	38
7.2	Rakenteiden lämmitys.....	38
7.3	Ilman kuivattaminen ja lämmittäminen.....	39
7.4	Ilmavirtauksien hallinta	39
8	KUIVUMISAIKA-ARVIOVERTAILU	40
8.1	Vertailu kerrokselliselle betonilaatalle.....	41
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
	LÄHTEET	44

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön toimeksiantajana Sitowise Oy:llä on palvelu, joka tarjoaa kosteudenhallinnan konsulttipalveluita. Toimeksiannon alkuvaiheessa tuli esiin tarve työkalulle, jolla kosteudenhallinnasta vastaava konsultti voisi hankkeen suunnitteluvaiheessa huomioida rakenteiden kuivumiseen tarvittavan ajan ja vertailla hankkeeseen varattuja kuivumisaikoja.

Työn tavoitteena on tutkia kosteudenhallinnan prosessia ja sen koko ketjua sen alkuvaiheesta rakennuksen käyttöön saakka ja käydä prosessin vaiheet läpi. Lisäksi työssä selvitetään, minkälaisia vaatimuksia tulee lain ja määräysten kautta kosteudenhallinnan ketjulle ja sen eri osapuolille. Opinnäytetyössä perehdytään betonirakenteiden kuivumiseen vaikuttaviin tekijöihin kuten, materiaalien ominaisuuksien ja olosuhteiden merkitykseen rakenteiden kuivumisprosessissa.

Tässä työssä selvitetään myös, betonirakenteiden kosteusmittaus menetelmät ja soveltuvuus erityyppisille rakenteille ja olosuhteille sekä laaditaan betonirakenteille kuivumisaika-arviolaskuri, jota käytetään aikataulujen ja kuivatuksen suunnittelussa.

1.2 Sitowise Oy

Sitowise Oy on suurin suomalaisomisteinen rakennusalan suunnittelu- ja konsultointi-yritys. Se muodostui vuoden 2018 alussa, kun Sito ja Wise group yhdistyivät Sitowise Oy:ksi.

Sen palveluksessa on vuonna 2019, yli 1700 asiantuntijaa ja sen omistus muodostuu 60% henkilöstö omistuksesta ja 40% pääomasijoittaja Intera Partnersin osuudesta.

Sitowisellä on Suomessa toimintaa kahdellakymmenellä paikkakunnalla, sekä lisäksi sillä on toimintaa Norjassa, Ruotsissa, Virossa, Latviassa ja puolassa. Sen liiketoiminta muodostuu, viidestä päätoimialasta, jotka ovat, Talo, Infra, Hankejohtaminen, Smart City, Ulkomaan palvelut. Sitowisen toimitusjohtaja on Pekka Eloholma.

2 KOSTEUDENHALLINAN MÄÄRÄYKSET JA LAINSÄÄDÄNTÖ

2.1 Kosteudenhallintaselvitys

Ympäristöministeriön uusi asetus edellyttää, että kaikille rakennusluvan varaisille hankkeille on laadittava kosteudenhallinta selvitys 1.1.2018 alkaen.

Asetuksen tavoitteena on vähentää kosteudesta aiheutuvia haittoja rakentamisessa.

Kosteusvaurioiden aiheuttamat haitat ovat merkittäviä ihmisten, terveyden ja kansantalouden kannalta. Kosteudenhallintaselvityksellä pyritään saada paremmin valvottua nykyrakentamista ja sen osapuolien roolia rakennushankkeissa.

Uusi asetus noudattaa pitkälti nykyisiä määräyksiä (rakennusmääräyskoelman osa C2, 1998), jotka uusi asetus tulee korvaamaan. Uudessa asetuksessa on tarkennettu suunnittelun ja rakentamiseen liittyviä säädöksiä, joilla ohjataan turvalliseen ja kosteusteknisesti toimivaan rakentamiseen.

Uuden kosteushallintaselvityksen laajuus riippuu rakennushankkeen luonteesta ja laadusta, joten selvitys on erilainen erityyppisille rakennushankkeille. Kosteudenhallintaselvityksessä arvioidaan hankekohtaisesti sen kosteuskriittiset kohdat ja riskit kosteudesta mahdollisesti aiheutuville ongelmille sekä suunnitellaan tarvittavat toimintatavat niiden torjumiseksi. Kosteusriski suunnitelmassa keskitytään muun muassa, kuinka rakennusosia, tuotteita ja materiaaleja tulee suojata sekä miten varmistetaan rakenteiden kuivuminen.

Asetusta sovelletaan uuden rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa, sekä vanhan rakennuksen laajennuksessa, korjauksessa ja käyttötarkoituksen muutoksissa.

2.2 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta

Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden kannalta olennaisimmat vaatimukset ovat, pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan, rakennesuunnittelijan ja muiden erityisalojen suunnittelijoiden on tehtävissään huolehdittava siitä, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää kosteustekniset vaatimukset.

Suunnittelijoiden on selvitettävä korjaus ja käyttötarkoituksen muutoksessa rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toiminta.

Rakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon, että rakennus ja sen osat ovat kosteusteknisesti toimivia sisäisiä ja ulkoisia kosteuslähteitä vastaan ja, että rakennukset kestävät sen suunnitellun teknisen käyttöiän ajan. Rakenteet täytyy myös suunnitella siten, että kosteuden kertyminen rakennuksen osiin ei aiheuta ihmisille terveyshaittaa.

Rakenteiden kuivumisen varmistamiseksi rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava rakenteissa olevan kosteuden riittävä poistuminen ennen rakenteiden pinnoitustöitä, jotka hidastavat huomattavasti rakenteen kuivumista ja varmistettava rakenteiden kuivuminen kosteusmittauksin ja näin ollen vastaa, että rakenteiden pinnoitus voidaan suorittaa kosteusvaurioita aiheuttamatta.

2.3 Tilaajan velvollisuudet rakennushankkeessa

Tilaajan eli rakennushankkeeseen ryhtyvän lakisääteisiä velvollisuuksia ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki sekä lisäksi suunnittelussa ja rakentamisessa säännökset liittyvät pelastus- ja sähköturvallisuuteen sekä terveysuojeluun, työturvallisuuteen, väestönsuojien rakentamiseen ja ympäristönsuojeluun (RakMk A1, A2)

Tilaajan on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaan.

Hänellä tulee olla hankkeen vaativuus huomioiden riittävät edellytykset sen toteuttamiseen sekä käytettävissä pätevä henkilöstö. (MRL § 120)

Rakennushankkeen kaikkien osapuolien on yhdessä ja kunkin osaltaan huolehdittava, ettei työstä aiheudu vaaraa tai terveyshaittaa työmaalla työskenteleville eikä muille sen vaikutuspiirissä oleville henkilöille.

2.4 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelma muodostuu rakennus suunnitteluvaiheessa tilaajan tekemän kosteudenhallintaselvityksen pohjalta, jota täydennetään suunnitteluvaiheessa, joka toimii lähtötietona työmaan kosteudenhallintasuunnitelmalle.

Suunnitteluvaiheessa asiakirjan täydentyessä tulee kiinnittää huomiota rakennusaikaiseen kosteusrasitukseen sekä rakenteiden suunnittelussa niin, että rakennekosteus poistuu järkevässä ajassa.

Rakennusvaiheessa seurataan suunnitelman toteutumista ja dokumentoidaan rakenteiden mittauksista saatavat raportit.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman lähtötietoina toimivat tilaajan asettamat vaatimukset kosteudenhallinnasta (kosteudenhallinta-asiakirja) sekä suunnitteluvaiheen täydennykset.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa tuodaan esiin millä toimilla käytännössä kosteudenhallinnan tavoitteisiin päästään.

Tilaaaja asettaa vaatimukset sääsuojaukselle ja missä vaiheessa suojaus on asennettava. Tilaaja siis asettaa ehdot kosteudenhallinnalle.

Pääurakoitsija esittää kosteudenhallintasuunnitelman ja hyväksyttää sen tilaajalla. Pääurakoitsija esittää rakenteiden kuivumisaika-arviot ja kuivumisen aikataulut sekä laatii kosteusmittaussuunnitelman.

Lisäksi pääurakoitsija esittää mahdollisesti työmaalla kastuvien rakenteiden kuivaus, seuranta ja mittaus toimenpiteet.

Pääurakoitsija on velvollinen välittämään kaikille työmaalla toimiville osapuolille tiedon ja tavoitteet työmaan kosteudenhallinnasta.

2.5 Rakennusvalvonta osana kosteudenhallintaa

Rakennuslupahakemuksen liitteenä toimitettava kosteudenhallintaselvitys kertoo rakennusvalvonnalle hankkeeseen ryhtyvän halua ja kykyä huolehtia koko rakennushankkeen kosteudenhallinnasta selvityksessä esitetyin menettelyin.

Rakennusvalvonta arvioi menettelyjen riittävyyden haettuun rakennushankkeeseen ja se voi harkita mahdollisten lupamääräysten asettamista koskien kosteudenhallintaa.

Tarvittaessa rakennusvalvonta voi antaa erityismenettely määräyksen aloituskokouksessa ja vielä rakennustyönaikana.

Lupahakemuksen liitteenä toimitettava kosteudenhallintaselvityksessä tulee esittää hankkeen kosteuskoordinaattori ja hänen ohjaus- ja valvonta vastuut.

3 KOSTEUDENHALLINTAPROSESSI

3.1 Tilaaminen

Rakennushanke käynnistyy tavallisesti tarveselvityksestä, jossa rakennushankkeeseen ryhtyvä asettaa koko hankkeen tavoitteet sekä kosteudenhallinnan vaatimukset.

Rakennushankkeen kosteudenhallinnan onnistumisen kannalta on tärkeää, että hankkeen suunnittelun sekä toteutuksen ohjaukseen ja kosteusriskienhallintaan nimetään jo hankesuunnitteluvaiheessa kosteuskoordinaattori.

Kosteuskoordinaattori on tilaajan valitsema ulkopuolinen asiantuntija taho, joka ohjaa kosteudenhallinta prosessia läpi hankkeen eri vaiheissa tilaamisesta käyttöön.

Kosteuskoordinaattorin suorittama valvonta on myös osa tärkeää prosessia sen eri vaiheissa.

Ilman tehokasta valvontaa tilaajan hankkeen alussa asettamat kosteudenhallintaa koskevat tavoitteet ja vaatimukset voi ”unohtua” urakoiden tiiviin aikataulun ja kustannuspaineiden takia.

Tarjouspyyntövaiheessa kosteuskoordinaattori arvioi tilaajan kanssa, että suunnittelu- ja urakka-asiakirjoihin kirjataan selkeät kosteudenhallinnan tavoitteet ja vaatimukset sekä annetaan realistinen aikataulu suunnittelu, työmaa ja käyttöönottovaiheeseen.

Tarjouspyyntövaiheen jälkeen valitaan rakennushankkeeseen pääurakoitsija, jonka kanssa kosteuskoordinaattori käy aikataulun läpi ja hankkeen keskeisimmät kosteudenhallinnan riskit ja torjuntamenetelmät sekä sovitaa ne aikatauluun.



kuva1: kosteudenhallintaprosessi (Kuivaketju10)

3.2 Suunnittelu

Rakennussuunnitteluvaiheessa on olennaisinta, että rakenteiden kosteusteknisen toiminnan varmistaminen. Suunnittelijat määrittelevät riskirakenteet ja tilaajan tekemää kosteudenhallinta-asiakirjaa täydennetään. Tavoitteena on kosteudenhallinnan siirtäminen suunnitelmiin, joita suunnittelijat ja päärakennesuunnittelija koordinoi.

Suunnittelussa huomioidaan rakenteiden rakentamisen ja käytön aikainen toimivuus, kirjataan kosteudenhallinnan tavoitteet ja ohjeet suunnitelmiin, arvioidaan rakenteiden kosteusvaurioitumisriskit sekä suunnitelmille tehdään kosteustekninen tarkastus, joka on tarvittaessa ulkopuolinen asiantuntija.

Suunnittelussa rakenteet suunnitellaan siten, ettei niiden kosteuspitoisuus missään vaiheessa aiheuta merkittävää haittaa rakenteiden toiminnalle eikä rakennuksen käytölle sekä varaudutaan, että rakenteet voivat satunnaisesta syystä kastua ja, että rakenteilla on kyky kuivua riittävän nopeasti.

Rakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa otetaan seuraavat asiat huomioon:

- Viistosateen vaikutus julkisivuihin sekä veden ja lumen tunkeutuminen tuulenpaineen vaikutuksesta

- Kosteuden siirtyminen rakenteissa kapillaarisesti ja diffuusiolla sekä kosteuden tiivistyminen rakenteeseen
- Maaperästä ja ympäristöstä siirtyvä kosteus sekä lumien sulamisvesi
- Sisätiloissa tapahtuva kosteudentuotto sekä vedenkäyttö
- Sisä- ja ulkopintojen pintakondenssi.
- Rakennuskosteuden ja vesivahinkojen seurauksena rakenteisiin pääsyt kosteus ja sen mahdollisuus poistua rakenteista.

Rakentamisen valmisteluvaiheessa huomioidaan, miten tilaajan asettamat tavoitteet toteutetaan käytännössä. Lähtökohtana toimivat aikaisemmin laaditut kosteudenhallinta-asiakirjat ja suunnittelijoiden laatima suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma.

Rakentamisen valmisteluvaiheessa tehtävä työmaalle tarkoitettu kosteudenhallinta suunnitelmassa käydään läpi, kuinka työmaan kuivana-pito toteutetaan. Suunnitelmat siirretään tämän jälkeen tuotanto-suunnitelmiin.

3.3 Työmaatoiminta

Rakentamisvaiheessa pääurakoitsija laatii työmaan kosteudenhallintasuunnitelman.

Pääurakoitsija tuo esiin kosteudenhallinnan vaatimukset aliorakoitsijoiden tarjouspyyntöihin ja sopimukseen sekä antaa ohjeistukset työntekijöille.

Työmaalle tulee nimetä kosteudenhallinnasta vastaavat henkilö, jolloin kosteudenhallinnan vastuun kokonaisuus olisi selkeästi määritelty.

Kaikkien työmaalla työskentelevien vastuulla on kuitenkin huolehtia omalta osaltaan kosteudenhallinnasta sekä jokaisella on ilmoitusvelvollisuus havaitsemistaan kosteusriskeistä ja vaurioista.

Kosteusteknisissä asioissa on samanlainen ilmoitusvelvollisuus kaikilla työmaalla työskentelevillä kuin työturvallisuushavainnoissakin.

Kosteudenhallinnasta vastaavan henkilöiden tehtävät työmaan kosteudenhallinnassa:

- Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman tarkastaminen ja hyväksyttäminen tilaajalla.
- Sopimusten ja suunnitelmanmukaisuuden sekä työmenetelmien valvominen.
- Kosteusteknisen toteutuksen laadun valvominen.
- Rakenteiden kuivumisaika-arvioiden ja -aikataulun noudattamisen seuranta ja valvominen.

- Osallistuminen kosteusteknisesti riskialttiiden työvaiheiden aloituspa-lavereihin.
- Malliasennusten tarkastaminen.
- Kosteusmittausten valvonta ja kosteusmittausraporttien tarkastami-nen.
- Katselmuksiin osallistuminen ja tarpeen vaatiessa katselmustarpei-den ilmoittaminen osapuolille.
- Hankkeen työmaa-aikainen dokumentointi ja valokuvaus.

Kosteudenhallinnasta vastaavan henkilöiden tehtävät työmaan kosteu-denhallinnassa:

Tilaaajan määrittelemän valvojan on laadittava yksityiskohtainen valvonta-suunnitelma, joka tulee pitää sisällään tarkastusmenettelyt tilaaajan asetta-mille kosteudenhallinta vaatimuksille. Valvontasuunnitelmaan tulee kir-jata myös kosteusteknisen laadunvarmistuksen tarkistuslista.

Valvojan päätehtäviä ovat, valvoa työmaan kosteudenhallinnan toteutu-mista niin kuin on suunniteltu ja tarvittaessa reagoitava nopeasti.

Kosteudenhallinta suunnitelmista poikkeaminen kirjataan rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Suuremmista kosteudenhallinnan poikkeamista val-vojan on ilmoitettava rakennusvalvontaan viipymättä.

Työmaalla kaikista kosteudenhallintaan liittyvistä mittauksista, havain-noista sekä vesivahingoista tehdään asianmukaiset pöytäkirjat sekä doku-mentoidaan ja valokuvataan rakennuksen tulevaa käyttöä varten.

Työmaalla tehtävät kosteusmittaukset ovat tärkeä osa kosteudenhallinta suunnitelmaa.

Kosteusmittauksista tehdään kosteusmittaussuunnitelma, jossa määritel-lään ainakin seuraavat tehtävät:

- Kosteusmittaus pisteet ja rakennetyypit.
- Mittauksessa käytettävä menetelmä ja kalusto.
- Mittalaitteiden kalibrointi
- Kosteudenmittaaja ja sen pätevyys
- Kosteusmittauksien aikataulu

Suunnitelman tekee kosteudenhallista vastaava henkilö tai asiantuntija, joka suorittaa kosteusmittaukset.

Mittaukset tulisi aloittaa heti kun rakennuksen vaippa on suljettu ja läm-möt saatu päälle.

3.4 Käyttöönotto

Kosteudenhallinnan prosessin käyttöönotto vaiheen tavoitteena on, että hankkeessa käytössä ollut kosteudenhallinta ketju jatkuisi käyttöönotossa ja rakennuksen elinkaaren aikana hankkeen alussa tehtyjen suunnitelmien mukaan.

Käyttöönottovaiheessa on tärkeää varmistaa järjestelmien suunniteltu toiminta sekä antaa käyttäjälle opastus laitteiden käyttöön.

Käyttäjälle luovutetaan huoltokirja, jossa on kiinteistön hoidon, huollon sekä kunnossapidon lähtötiedot, tavoitteet ja tehtävät.

Käyttäjän toimenpiteillä on suuri merkitys rakennuksen elinkaareen.

Jotta varmistutaan kosteudenhallinnan ketjun jatkumisesta käyttöönoton jälkeen, niin käyttäjän on noudatettava huoltokirjan ohjeistuksia, tarkastettava säännöllisesti rakenteet, huomioitava vesivuodot ja pyrkiä ennalta ehkäisemään niitä sekä huolehdittava rakennuksen ja teknisten laitteiden säännöllisestä huollosta.

Omistajalle luovutettavia asiakirjoja ovat:

- Huoltokirja
- Hankkeen suunnitelma-asiakirjat
- Tarkastusasiakirjat
- Kosteusmittaus dokumentit

Huoltokirjassa on oltava lisäksi kosteusteknisesti riskialttiiden paikkojen määrittely ja seuranta ohjeistus.

3.5 Käyttö

Rakennuksen käyttövaiheen huolto- ja ylläpidolla on keskeinen merkitys, jotta saavutetaan suunniteltu rakennuksen tekninen käyttöikä.

Kriittisimpiä huomioitavia kohteita ovat salaojien, julkisivujen, vesikaton, lvi- ja muiden teknisten järjestelmien toiminta sekä märkätilojen oikealainen käyttö ja huolto.

Rakennuksen huollon ja ylläpidon riittävyttä arvioidaan ennen rakennuksen takuuajan päättymistä.

Käyttäjän tai hänen kiinteistöhuollosta vastaavan tahon on tehtävä pääurakoitsijan luovuttaman huoltokirjan vaatimat tarkastukset ja huollot sekä täyttää huoltokirjaa ja dokumentoida tehtyjä toimenpiteitä.

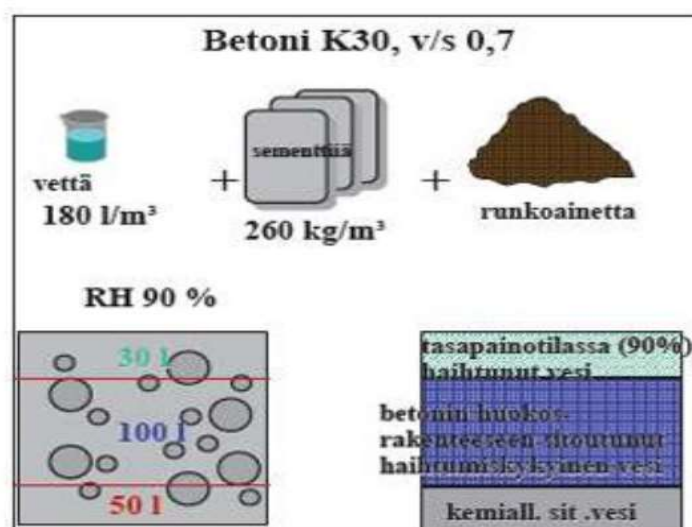
Dokumentissa tulee käydä ilmi tarkastuksen tai huollon tekijä, yritys, toimenpiteet ja päivämäärä.

4 BETONIRAKENTEIDEN KUIVUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1 Betonin ominaisuudet

Betonin ominaisuuksilla on vaikutus siihen, kuinka paljon betonista pitää haihtua kosteutta ja kuinka nopeasti haihtuminen tapahtuu.

Betonin huokosrakenteella on suurin merkitys veden haihtumisnopeuteen. Betonimassa, jossa on alhainen vesimäärä suhteessa sementin määrään jää haihdutettavan veden määrä pienemmäksi, kuin korkeammalla veden suhteellisella osuudella olevaan massaan.



Alkuperäisen seosveden jakaantuminen betonissa K30, kun betonin huokosilman suhteellinen kosteus (RH) on 90 %.

Kuva2: betonin koostumus (Merikallio 2002)

Betonimassan valmistuksessa käytettävästä vedestä osa muodostaa sementin kanssa sementtiliiman, joka sitoo runkoaineen osat toisiinsa betonin kovettuessa.

Kovettumisreaktiossa (hydrataatiossa) betoniin sitoutuu kemiallisesti vettä, mikä ei pääse normaaliolosuhteissa poistumaan betonista.

Kemiallinen sitoutuminen alkaa muutaman tunnin kuluessa betonimassan sekoittamisesta. Tämä betonin hydrataatio on alussa voimakkaampaa ja se hidastuu ajan kuluessa.

Tavanomaisilla sementtilaaduilla tämä sitoutumisreaktio on suurimmalta osin tapahtunut ensimmäisten 15 vuorokauden aikana, mutta se jatkuu senkin jälkeen, mutta hitaasti.

Hydrataatiossa kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on noin 20 paino-% betoniin sekoitetusta sementin määrästä.

Täydellisessä hydrataatiossa kemiallisesti sitoutunut veden määrä olisi 25 paino-%. Käytännössä kuitenkin kemiallisesti sitoutunut veden määrä jää aina tätä alhaisemmaksi.

Tavanomaisessa betonissa, jota käytetään mm. lattiavaluissa, V/S eli vesi-sementtisuhte on välillä 0,6...0,8. Betonissa on tällöin vettä valmistusvaiheessa 180-200 litraa/m³.

Tästä valmistuksessa käytettävästä kokonaisvesi määrästä kemiallisesti sitoutuu hydrataation seurauksena 50-70 l/m³. Betonin huokosrakenteeseen jää tällöin yli 100 litraa haihtumiskykyistä vettä, josta osa vedestä poistuu ympäristöön niin kauan kunnes betonin huokosilman suhteellinen kosteus on tasapainossa ympäröivän ilman kanssa.

Betonissa käytettävällä runkoaineella voidaan myös säädellä paitsi lujuutta myös kuivumisaikaa. Se tarkoittaa käytännössä betonin valmistukseen käytettävän veden määrää.

Mitä suurempi runkoaineen maksimiraekoko on, sitä pienempi alkuperäisen veden määrä ja siten nopeampi kuivuminen on mahdollista.

4.2 Rakenteen ominaisuudet

Rakennerratkaisulla on merkitystä betonin kuivumiseen vaikuttaviin tekijöihin.

Rakenteen paksuudella voidaan vaikuttaa siihen, että kuinka pitkän matkan kosteus joutuu liikkumaan betonissa ennen kuin se saavuttaa haihtumiskykyisen pisteen, jossa se voi alkaa kuivumaan, edellyttäen että ympäröivän ilman olosuhteella on kyky sitoa kosteutta.

Eli toisin sanoen mitä paksumpi rakenne, sen pidempi on kosteuden siirtymimatka ja sen hitaammin se pystyy kuivumaan.

Rakenne, jonka on mahdollista kuivua vain yhteen suuntaan, hidastaa se kuivumista merkittävästi. Esimerkiksi lattiavalu, joka on valettu tiiviin eristeen päälle tai liittorakenne, jossa on tiivis teräslevy ”muottina” pystyy se kuivumaan vain yhteen suuntaan.

Tyypillisiä kahteen suuntaan kuivuvia rakenteita ovat välipohjat ja seinärakenteet, jossa kuivuminen on nopeampaa verrattuna yhteen suuntaan kuivuviin rakenteisiin.

Suunniteltaessa rakenneratkaisuja on tärkeää tunnistaa rakenteen ominaisuudet, mahdolliset kuivumissuunnat ja huomioida rakenteenkuivumisen aikatauluvaikutukset sekä ymmärtää kuivumisolosuhteiden merkitys.

4.3 Kuivumisolosuhteet

Liian usein huomaa, että kuivumisprosessissa ei huomioida riittävästi ympäröivän ilman olosuhteita osana betonin kuivumista.

Betoni on hygroskooppinen rakennusmateriaali, eli huokoinen materiaali, joka tarkoittaa, että se pystyy sekä luovuttamaan, että vastaanottamaan kosteutta.

Jotta betonin on mahdollista kuivua, niin täytyy ympäröivällä ilmalla olla kyky vastaanottaa kosteutta betonista.

Se tarkoittaa käytännössä riittävää lämpöä ja sopivaa ilman suhteellista kosteutta (RH%).

Optimaalinen ympäröivän ilman olosuhde on +20 c sekä (RH 50%).

Ilman täytyy myös vaihtua riittävästi, jotta kosteus voi haihtua ja rakenteen sisältä on taas mahdollista siirtyä kosteutta pintaa kohti.

Liika lämpö ja liian alhainen RH% voi aiheuttaa nuoren betonin halkeilua ja lujuuden menetystä sekä kuivumisen hidastumista, koska liian nopea kuivuminen aiheuttaa pinnan huokosten tiivistymistä, jonka seurauksena kosteuden haihtuminen hidastuu merkittävästi.

Kesä aikaan tilanne voi olla myös toisinpäin, kun ilma on lämmin ja samalla kostea, niin betoni voi alkaa vastaanottamaan kosteutta itseensä.

Sen takia olosuhteilla on keskeinen merkitys betonin kuivumisessa.

4.4 Jälkihoito

Valettua betonia on aina jälkihoidettava, eli betonia on pidettävä kosteana ja suojattuna. Betoni vaatii kovettuakseen riittävästi kosteutta.

Liian nopea kuivuminen betonissa aiheuttaa kutistumisesta johtuvaa halkeilua.

Jälkihoitoaika ja toimenpiteet riippuvat valetusta rakenteesta. Sen koosta ja muodosta sekä siinä käytetystä betonilaadusta ja ympäröivistä olosuhteista.

Jälkihoidon tarkoitus on taata betonille riittävät edellytykset kestää kuivumisesta aiheutuvia kutistuma jännityksiä.

Kun jälkihoito lopetetaan, alkaa betoni kutistumaan veden haihtumisen seurauksena. Jälkihoidon loputtua on oletus, että betoni on saavuttanut riittävän lujuuden kestääkseen kuivumisesta aiheutuvan kutistuman.

Jälkihoito aloitetaan heti valun jälkeen, kun betoni kestää kävelyä, jotta halkeilu saadaan minimoitua.

Jälkihoitona voidaan käyttää betonin kastelua vedellä, jolla taataan kovettumisen vaatima kosteus betonissa. Betonin kastelua ei voida kuitenkaan käyttää talviolosuhteissa, sillä viileä vesi jäähdyttää betonin pintaa ja voi synnyttää halkeilua aiheuttavia lämpötila eroja.

Muottia vasten olevat betoni pinnat, säilyttää kosteuden itsessään, joten muottien purkua ei ole syytä tehdä liian aikaisin. Sen sijaan muottiin valetujen rakenteiden avoimet pinnat kastellaan vedellä tai peitetään muovilla, riittävän kosteuden saavuttamiseksi.

Jos rakenteen betonointi on tehty nopeasti kuivuvilla betoneilla tai tavoitteena on betonin mahdollisimman nopea pinnoitus aikataulu, niin jälkihoitona kastelu ei ole järkevää.

Tällöin vaihtoehtona betonin jälkihoitoon on sen peittäminen tiiviillä muovikalvolla, jolloin betonia ei tarvitse kastella lisävedellä ollenkaan, haihtuvan kosteuden tiivistyessä betonin ja muovin väliin.

Muovikalvon saumakohdat teipataan, jotta kalvo on kauttaaltaan tiivis, eikä ilmavirtojen vaikutuksesta kosteus pääse haihtumaan saumakohdista. Muovikalvo myös suojaa betonia sadeveden vaikutukselta, jolloin se on mahdollista pinnoittaa aikaisemmin, kun lisävettä ei ole päässyt valettuun rakenteeseen.

Betonin jälkihoitona voidaan käyttää myös nestemäisiä ruiskutettavia jälkihoitoaineita, jonka tarkoitus on muodostaa betonin pinnalle kosteutta läpäisemätön kalvo.

Jälkihoitoaineiden käytössä on varmistuttava siitä, että onko jälkihoitoaine itsessään haihtuvaa vai tarvitseeko se mekaanisesti poistaa pinnoitteen tartunnan varmistamiseksi.

5 BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUDEN MITTAUS

5.1 Porareikämittaus

Betonirakenteiden kosteusmittaus menetelmistä, käytetyin menetelmä, eli porareikämittaus.

Porareikä mittaus kuuluu betonirakenteiden luotettavimpiin kosteusmittausmenetelmiin, kunhan huomioidaan sen rajoitteet lämpötilojen suhteen ja ymmärretään mittauspisteen porauksen ja tiivistämisen vaikutukset tuloksissa.

Porareikämittausmenetelmä on yksinkertainen, jossa mitataan rakenteen suhteellista kosteutta tietyllä syvyydellä.

Mittaussyvyyteen vaikuttaa rakenteen tyyppi ja paksuus sekä rakenteen kerroksellisuus. Mittaukset tehdään kuitenkin aina jokaisessa mittauspisteessä vähintään kahdelta eri syvyydeltä, jotta voidaan varmistua kuivumisen oikeasta suunnasta.

Porareikämittauksessa on erityisen tärkeää ymmärtää ja huolehtia mittasensorin riittävästä tasaantumiseen vaadittavasta ajasta, jotta tulokset olisivat riittävän luotettavia.

Porareikämittauksessa betonin suhteellisen kosteuden määrittäminen tehdään betoniin porausta reiästä, jossa kosteus tasaantuu sitä ympäröivän materiaalin kanssa, tietyn ajan kuluessa.

Poraus tehdään yleensä muutaman millin suuremmaksi kuin mittasensori. Yleisesti käytetty Vaisalan mittapää vaatii halkaisijaltaan 16mm reiän, johon asennetaan ensin mittaputki, jonka pää sekä putken juuri tiivistetään juurestaan betonipinnan kanssa vesihöyryn tiiviillä kitillä.

Ennen putken asennusta reikä puhdistetaan porauspölystä.

Tyypillisesti porauksen jälkeen tiivistetty mittaputki annetaan tasaantua betonin kanssa vähintään 72 tuntia, jonka jälkeen mittaasensori asennetaan mittasensori, joka tiivistetään putken päästä vesihöyryn tiiviillä kitillä. Mittasensori annetaan tasaantua putkessa niin kauan, että se saavuttaa kosteus tasapainon putkessa olevien olosuhteiden kanssa. Tavallisesti se on 1-24 tuntia.

Tasaantumisaika riippuu paljolti mittasensorin tyypistä.

Yleisesti käytettyjen Vaisalan valmistamien mittasensoreiden tasaantumisaika putkessa on 1-4 tuntia.

Kun mittasensori on tasaantunut kosteusmittausputkessa oleviin olosuhteisiin, niin sensoriin asennetaan mittauslukulaite, joka kertoo betonin

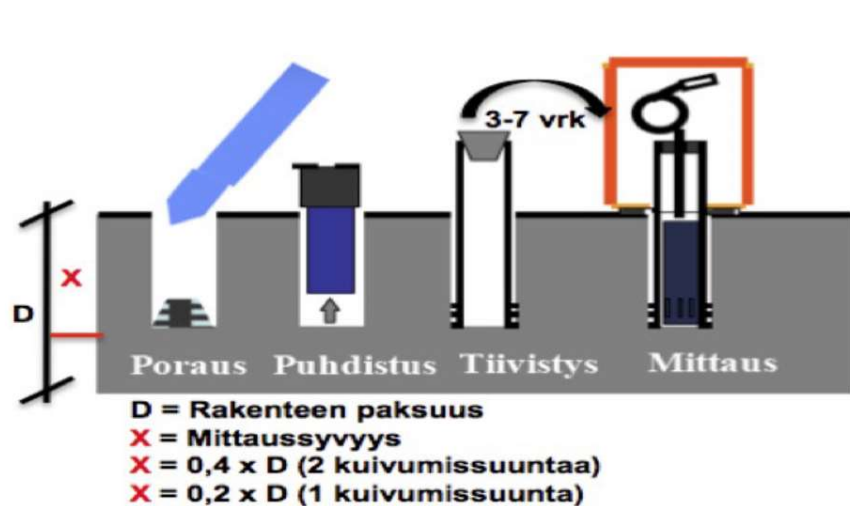
suhteellisen kosteuden (RH) mittaussyvyydellä. Lisäksi lukulaite ilmoittaa betonin lämpötilan.

Mitatut betonin olosuhteet kirjataan ylös sekä lisäksi kirjataan käytetyn mittasensorin tunnistenumero, jotta tarvittaessa voidaan jäljittää ja korjata ennen tai jälkeen kalibroinnin saatavilla korjauskertoimilla tulos laskennallisesti oikeaksi.

Porareikä mittausta antaa luotettavan tuloksen vain, kun mittausta tehdään betonista, jonka lämpötila on lähellä sen käyttölämpötilaa, eli yleensä +20c. Kuitenkin enimmillään +/- 5c käyttölämpötilasta.

Tätä suuremmat lämpötila erot antavat jo täysin hallitsemattomia virheitä mittaustuloksissa.

Tästä syystä porareikämittausmenetelmää käytettäessä betonin lämpötila tulisi olla +15...+25c



Kuva3: Porareikämittauksen vaiheet (Kosteudenhallinta 2019)

5.2 Näytepalamittaus

Betonin suhteellisen kosteuden määrittäminen näytepalamenetelmällä on luotettava ja nopea tapa saada määritettyä betonin suhteellinen kosteus.

Se on menetelmänä nopeampi kuin porareikämittaus ja sitä käytetäänkin lähinnä silloin kun halutaan saada tulokset nopeasti ja mittaolosuhteet ovat epävakaita tai lämpötila-ero on liian suuri porareikämittaukselle.

Näytepalamittauksessa porataan mitattavan pisteen kohdalle betoniin noin 100...150 mm halkaisijaltaan oleva piiri tietylle mittaussyvyydelle, josta piikkaamalla poistetaan betoniekko, jonka alta tulee esiin varsinainen mitattava näytteenotto betoni pinta.

Näytteenotto syvyydeltä piikataan betonimurusia, jotka laitetaan välittömästi koeputkeen (ei kuitenkaan betonipölyä).

Koeputki täytetään betonimurusilla noin 1/3 koeputken tilavuudesta, jonka jälkeen putkeen asennetaan mittasensori ja koeputki tiivistetään vesihöyryn tiiviillä kitillä.

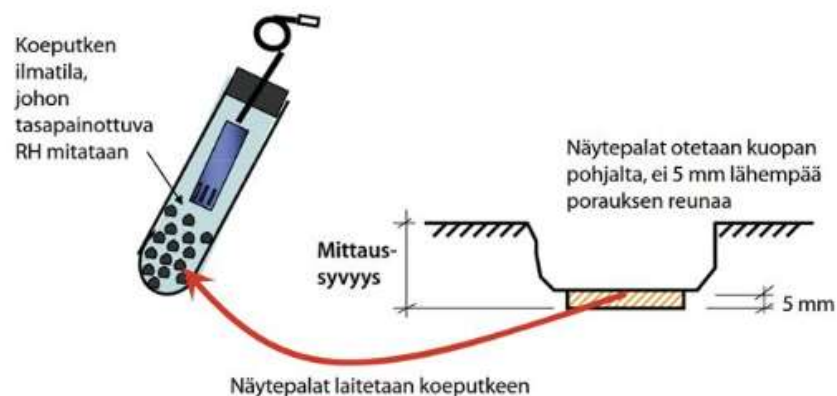
Koeputket, jossa on betonimuruset ja mittapää tulee siirtää vakio-lämpötilaan tasaantumaan +20c.

Talviaikaan on syytä huomioida suuret lämpötila erot, kuljettaessa näytteitä ja tarvittaessa eristettävä kylmyydeltä kosteuden tiivistymisen välttämiseksi.

Koeputkissa olevien näytteiden annetaan tasaantua vakio lämpötilassa (+20c) 2-12 tuntia riippuen vaaditusta mittaustarkkuudesta.

Betonin päällystettävyyttä arvioitaessa, tasaantumisaika tulisi olla vähintään 6 tuntia sekä tiiviillä betonilla, jonka vesisementtisuhde on alle $v/s < 0,5$ niin tätäkin pidempi.

Tasaantumisaajan jälkeen, kytketään mittasensori kiinni näyttölaitteeseen, josta luetaan betonin suhteellinen kosteus (RH), lämpötila ja mittasensorin tunnistenumero sekä kirjataan tulokset ylös.



Kuva4: Näytepalamittaus menetelmä (Kosteudenhallinta 2019)

5.3 Pintakosteuden mittaus

Pintakosteuden mittaus menetelmä on rakennetta rikkomaton tapa tutkia rakenteiden kosteuspitoisuuksia.

Pinta kosteudenosoittimen toiminta perustuu materiaalin sähkönjohtavuuden muuttumiseen kosteuden muuttuessa materiaalissa.

Pinta kosteudenmittausta voidaan käyttää lähinnä suuntaa antavana mittausmenetelmänä, jolla voidaan löytää rakenteiden kosteimmat kohdat

mm. muovimaton alta tai sillä voidaan selvittää, kuinka korkealle kosteus on noussut kapillaarisesti seinärakenteessa.

Pintakosteudenosoittimen antamat arvot ovat yksiköttömiä numeroita, joka tarkoittaa, että tulos ei kerro esimerkiksi rakenteen suhteellista kosteutta.

Pintakosteusmittaus menetelmää käyttäessä on syytä ymmärtää myös menetelmän toimintaperiaate, jotta voi tulkita tuloksia oikein.

Pintakosteudenmittaus perustuu materiaalin sähkönjohtavuuden muutokseen kosteuspitoisuuden muuttuessa, lisäksi tuloksiin vaikuttaa mitattavan betonin vesisementtisuhte.

Eli mitä enemmän betonissa on sementtiä suhteessa veteen, niin sen paremmin se johtaa sähköä, joten mittari antaa myös korkeampia tuloksia.

Lisäksi tuloksiin vaikuttaa pinnan läheisyydessä betonissa olevat raudoitteet, vesijohdot, sähköjohdot ja muut sähkönjohtavuutta lisäävät materiaalit, jotka on syytä huomioida tuloksia tulkittaessa.

Tästä syystä pintakosteudenmittaus menetelmää voidaan käyttää vain suuntaa antavana tapana tutkia rakenteiden kosteuspitoisuuksia. Pinta kosteudenmittaus on nimensä mukaisesti rakenteen pinta osia mittaava menetelmä.

Se ei pysty kertomaan myöskään, että missä syvyydessä tai rakennekerroksessa kosteutta on.

Esimerkiksi mitattaessa pintakosteudenosoittimella laatoitettua kylpyhuoneen lattiaa, niin pinta kosteusmittari ei pysty eritellä onko mahdollinen kosteus vesieristeen päällä, joka on normaalia vai onko kosteus vesieristeen alla, joka aiheuttaa ongelmia. Tämä on syytä ymmärtää mitattaessa pintakosteusmittaus menetelmällä.

5.4 Mittaussyvyys

Ennen betonirakenteiden päällystämistä mittaamalla varmistetaan betonirakenteiden riittävän alhainen kosteussisältö, jottei kosteus päällysteen alla nouse yli kriittisen arvon.

Mittaus syvyydet ovat kokeellisesti tutkittuja arvoja, jonka mukaan suhteellinen kosteus ei nouse tiiviin päällysteen alla, kuin enimmillään 0,2 x rakenteenpaksuus syvyydeltä saatuun arvoon (kahteen suuntaan kuivuva rakenne) ja 0,4 x rakenteen paksuus syvyydeltä saatuun arvoon (yhteen suuntaan kuivuva rakenne).

Näistä mittaus syvyyksistä saatujen arvojen lisäksi pinnoitteen ja betonin välissä olevan kosteuden määrään vaikuttaa merkittävästi myös betonin pinta osien kosteus sisältö.

Betonin pinta osien täytyy olla riittävän kuiva, jotta se pystyy vastaanottamaan kosteusrasituksen, joka tulee tasoitteista ja matto liimoista.

Pinnoittaessa betonia on siis huolehdittava myös pinta-osien kosteuden mittaamisesta.

Pinta-osien ollessa liian kosteat voi jo heti pinnoituksen jälkeen maton ja betonin välissä suhteellinen kosteus nousta yli kriittisen arvon ja vaurioituminen alkaa hyvinkin pian pinnoituksesta.

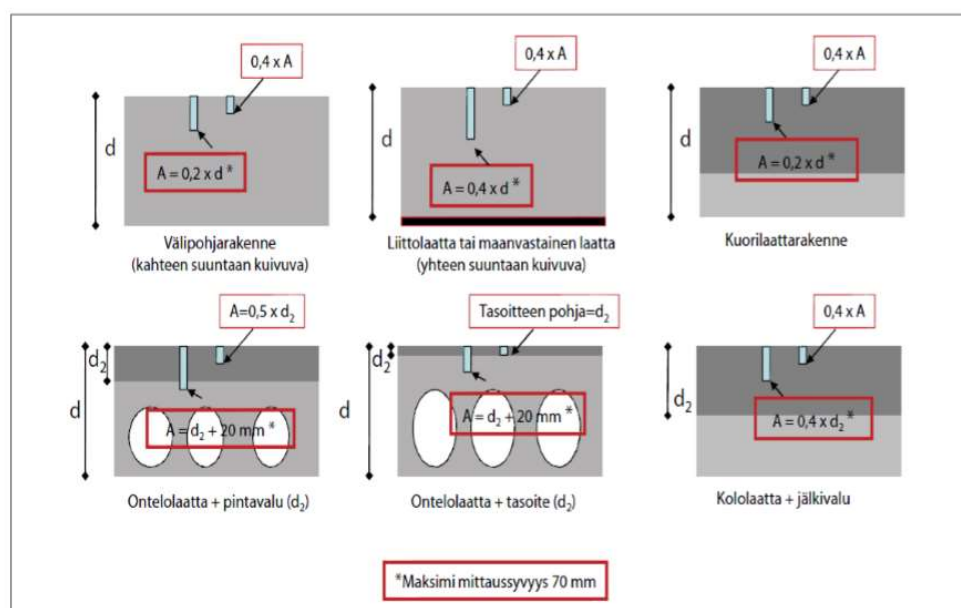
Pinta-osien kosteus sisällöllä on merkitystä siihen, kuinka nopeasti kosteus virtaa syvemmältä rakenteesta kohti pintaa.

Eli mitä kuivemmat ovat betonin pinta-osat, niin sitä hitaampaa on betonissa kosteuden siirtyminen kohti pintaa.

Betoni rakenteiden pinta-osia voidaan pitää riittävän kuivana, kun sen suhteellinen kosteus alittaa RH 75% 3cm syvyydellä.

Oikea mittaus syvyys on edellytys luotettavien mittaustulosten saamiseksi. Mittaussyvyteen vaikuttaa useita tekijöitä mm:

- Rakenteen tyyppi
- Rakenteen paksuus
- Rakenteen kerroksellisuus
- Rakenteen luonnolliset kuivumissuunnat
- Mittaustapa



Kuva5: Mittaussyvyys erityyppisille rakenteille (Betoni 2019)

5.5 Mittalaitteiden kalibrointi

Mittalaitteiden anturit joutuvat vaihteleviin olosuhteisiin ja rasitukseen, mikä aiheuttaa mitattaessa tulosten vääristymää.

Mitta antureita rasittaa mattoliimojen ja parkettilakkojen kemikaalit sekä lika, pöly ja antureiden vanheneminen.

Mittaustulosten luotettavuuden suhteen mitta-antureita tulee kalibroida 1-2 kertaa vuodessa. Betonirakenteita mitattaessa vieläkin useammin. Kalibrointi tiheyteen vaikuttaa kosteusmittausten määrä ja mitattavat materiaalit.

Anturit ovat toimintakuntoisia ilman kalibrointiakin, mutta tulosten tarkkuus voi vääristyä jopa RH 10-15%.

Mitta anturien kalibrointi tapahtuu siten, että mitta-anturit asennetaan laboratoriossa referenssi kosteuteen, eli johonkin tunnettuun vertailukosteuteen, josta saadaan anturin ero todelliseen kosteuteen.

Mittari tyypistä riippuen voidaan laskea joko korjauskertoimet, jolla korjataan saatu arvo todellisuutta vastaavaksi tai joissakin mittari malleissa voidaan tallentaa ne suoraan laitteeseen ja näin ollen saadaan mittarin näytöltä todellisia arvoja ilman erillistä korjauskertoimilla tulosten korjaamista.

Tyypillisiä kalibroinnissa käytettäviä referenssejä, joihin verrataan kalibroitava mittalaitteita ovat kylläisiä suolaliuoksia kuten:

- Kalsiumsulfaatti (97%)
- Natriumkloridi (75%)
- Litiumkloridi (11%)

Mittalaitteiden valmistajien mukaan mittalaitteiden tarkkuus on yleensä 2% luokkaa.

5.6 Mittauspisteiden valinta

Suunniteltaessa kosteusmittauksia täytyy perehtyä kohteeseen ja sen erityispiirteisiin.

Kosteusmittauksissa ei ole olemassa mittauspisteiden valinnan suhteen tiettyä kaaviota, jota voisi toteuttaa jokaisessa mitattavassa kohteessa vaan kosteusmittaukset on suunniteltava kohdekohtaisesti.

Mittauspisteitä suunniteltaessa on selvitettävä kohteen tiedot tarkkaan. Kyseessä voi olla korjausta vaativa vanha rakenne mm. vesivahingosta kärsinyt rakenne tai, kosteusteknisistä ongelmista vaurioitunut rakenne.

Tyypillisesti mittaukset aloitetaan pintakosteuden ilmaisimella kartoittamaan kosteus vaurion laajuutta.

Pintakosteuden ilmaisimella rajattu kosteusvaurioituneen kohdan rakennekuvien läpikäynti.

Rakennekuvat antavat arvokasta tietoa mittaus pisteiden valinnassa.

Jos rakenne on vaurioitunut kosteusteknisen toiminnan puutteesta, niin rakenne piirustuksista voidaan usein päätellä kosteuden siirtymiseen aiheuttavat syyt esimerkiksi kapillaarinen veden nousu maaperästä sekä saadaan käsitys rakenteen toiminnasta ja näin mittauspisteiden paikat, suunnat ja syvyydet ovat optimaalisia.

Uusien betonirakenteiden kuivumista seuravan kosteudenmittauksen suunnittelussa on huomioitava erilaiset rakennetyypit ja niiden paksuudet sekä tunnettava työmaan olosuhteet.

Kosteusmittauksessa pyritään löytämään oletettavasti kaikkein kosteimmat kohdat, kuten tiiviit tilat, nurkka-alueet, jossa ilman vaihtuvuus on pienempi kuin esimerkiksi hyvin tuulettuvassa haalausaukossa.

Kuitenkin mittauspisteet valitaan niin laajasti, että saadaan luotettava käsitys koko rakenteen riittävästä kuivumisesta.

Mittauspisteiden valinnassa on tärkeää myös rikottujen pintojen helppo paikkaaminen ja niiden sijoittaminen niin, että ne eivät olisi alttiina vaurioille (nostimet, kulkutiet).

5.7 Mittaustulosten dokumentointi

Mittaustulokset pyritään aina dokumentoimaan niin yksiselitteisesti, että myös muut ymmärtävät mittaus tavan ja tulokset.

Mittaustuloksia dokumentoitaessa kirjataan vähintään seuraavat tiedot mittausraporttiin:

- Kohteen kuvaus
- Mittauspäivä, aika ja mittausmenetelmä
- Mittaaja
- Mittalaitteen malli
- Mittalaitteen kalibrointi päivämäärä
- Mittauspiste
- Mittaus rei'än poraus ja anturin asennus päivä ja aika

- Mittauspisteessä käytetty mitta anturin tunnistenumero
- Mittaus syvyys
- Mitattu betonin suhteellinen kosteus (RH)
- Mitatun betonin lämpötila mittaussyvyydellä
- Mittauspisteen ympäröivät olosuhteet (ilman RH ja lämpötila)
- Tulosten tulkinta
- Johtopäätökset
- Valokuvat (mittapisteistä ja mahdollisesti vaurio kohdista)

6 BETONIRAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT

6.1 Kuivumisaika-arvio

Kuivumisaika-arvioita voidaan käyttää rakentamisen aikataulujen ja kuivatuksen suunnittelussa. Todellinen betonirakenteiden kosteuspitoisuus täytyy aina todeta mittaamalla.

Yleisimmille betonirakenteille voidaan laatia kuivumisaika-arviot, kun tiedossa on rakennetyyppi ja tavoiteltu kosteus.

Kuivumisaika-arvioissa on muuttujina:

- Vesisementtisuhde
- Kuivumissuunta (yhteen /kahteen suuntaan kuivuva)
- Rakenteen paksuus
- Kastumisaika
- Lämpötila
- Ilman suhteellinen kosteus RH
- Alustan materiaali (lattiavalut)

Kuivumisaika-arvioita verrataan suunniteltuun toteutus aikatauluun. Mikäli kuivumisaika-arvio on pidempi kuin toteutus aikataulussa suunniteltu niin on huomioitava aikataulussa pysyminen erityistoimilla tai varattava kuivumiselle enemmän aikaa toteutusvaiheessa.

Aikataulussa pysymisen erityistoimilla voidaan tarkoittaa muun muassa vesisementtisuhteen pienentämistä (nopeammin kuivuva betoni), kuivumisolosuhteiden parantamista tai pinnoitusmateriaalin vaihtamista paremmin kosteutta kestäväksi.

Kuivumisaika-arviossa määritellään myös, millaiset kuivumisolosuhteet tulee järjestää, jotta kuivuminen tapahtuu suunnitellussa ajassa.

Betonin kuivatuksen toteutuksessa on myös otettava huomioon paitsi kuivumisolosuhteet, niin pitämällä kuivuvan rakenteen pinta paljaana ja puhtaana (betonipinnan hionta ja pölyn poisto), jotta ei betonin pinnalle muodostu haihtumisen estäviä kerroksia.

Kuivuminen katsotaan alkavan siitä, kun betoni ei saa enää lisäkosteutta.

Laskentakaava:



Kuva6: Kuivumisaika-arvion laskentakaava. (Merikallio 2002)

Kuivumisaika-arvio taulukon käyttöohje:

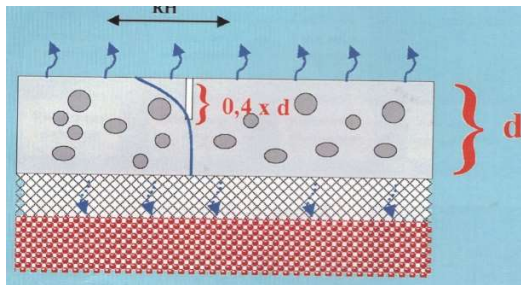
- Valitaan rakenneratkaisu
- Määritetään betonin suhteellinen RH% tavoitekosteus (määräytyy pinnoitteen vaatimuksen mukaisesti)
- Valitaan tavoitekosteutta vastaava aika viikkoina peruskuivumiskäyrältä.
- Peruskuivumisaika kerrotaan muuttujille saaduilla kertoimilla (vesisementtisuhde, rakenteen paksuus, kastumisaika ja kuivumisolosuhteet)
- Tuloksena arvioitu kuivumisaika viikkoina

6.2 Maanvastainen teräsbetonilaatta

Maata vasten valettu teräsbetonilaatassa, voidaan olettaa kuivumisen tapahtuvan pääosin yhteen suuntaan (sisätiloihin päin).

Alaspäin kuivumiseen vaikuttaa laatan alla olevat kerrokset, kuten eristeen tiiviys ja maan lämpötila.

Maan lämpötilan ollessa alhaisempi kuin betonilaatan, pystyy betonilaatta kuivumaan myös alaspäin, vaikka maassa olisi huokosilman suhteellinen kosteus 100%. Kosteus siirtyy silloin diffuusiolla betonista maaperään päin.



Kuva7: maanvastainen rakenne (Merikallio 2002)

Esimerkki kuivumisajan teoreettiseen määrittämiseen laskurin avulla.

Maanvastainen teräsbetonilaatta, jossa käytetty seuraavia lähtötietoja.

- 90mm paksu maanvarainen teräsbetonilaatta
- Betoni K30
- Kosteissa olosuhteissa yli 2 viikkoa
- Kuivatuksen alettua ympäröivän ilman olosuhde 18°C/RH 50%
- Tavoitekosteus RH 85%

Saadaan laskurista arvioiduksi kuivumisajaksi yllä olevilla tiedoilla 21 viikkoa.

Aikatauluja suunniteltaessa laskurilla on mahdollista tarkistaa aikatauluun suunniteltu ja varattu rakenteen kuivumisaika.

Jos rakentamisen aikatauluun on varattu vähemmän aikaa kuin laskuri antaa teoreettiseksi kuivumisajaksi rakenteelle, niin laskurista voidaan selvittää, millä muutoksilla kuivumisaikaa voidaan teoreettisesti lyhentää.

Muuttamalla tavoitekosteudeksi korkeampi, paremmin kosteutta kestävä materiaali, betonin vesisementtisuhdetta alentamalla, rakenteen kuivumissuuntaa muuttamalla, rakenteen paksuutta vaihtamalla, alustan olosuhteita, ja ympäröivän ilman tavoite olosuhteita muuttamalla.

SITOWISE BETONIRAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIO
MAANVASTAINEN TERÄSBETONILAATTA

1 Betonin tavoitekosteus (RH%): 35%
rh 0,35 %

2 Vesisisäinavesuhde: 1 v/s kerrain

v/s	Kerrain
0,7	1
0,6	0,5
0,5	0,6
0,4	0,2

3 Peruskuivumisaika: 17 viikkoa

4 Rakenteen paksuus: 1,4 kerrain

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

5 Alustan kosteus ki: 1 kerrain

Alusta	Kerrain
kuiva	1
muovi	alusla
märkä	1,5

6 Kastumisaika kerros: 1 kerrain

Kastuminen	Virtsäainavesuhde (v/s)			
0,4	0,5	0,6	0,7	
Kuivaus	1	0,9	0,9	0,8
Karttausyhdistys	1	1	1	1
Karttausyhdistys	1,1	1,2	1,3	1,5

7 Kuivumisolosuhteet: 0,9 kerrain

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

8 ARVIOITU KUIVU: 21,42 viikkoa

LASKURIN KÄYTTÖ:
Valitse vasemman reunan taulukoista **vihreillä** solusta oikea arvo

- 1) Määritä betonin tavoitekosteus (pinnanteen mukaan)
- 2) Valitse kerrain käytettävän betonin vesisisäinavesuhde mukaan V/S
- 3) Valitse alla olevasta kuvajajasta oikea peruskuivumisaika ja syötä se taulukon 3 solun viikkokä
- 4) Valitse kerrain rakenteen paksuuden ja v/s mukaan
- 5) Valitse kerrain alustan kosteuden mukaan
- 6) Valitse kerrain rakenteen kastumisen ja v/s mukaan
- 7) Valitse kerrain tavoite kuivumisolosuhteiden RH% ja °C mukaan
- 8) Arvioidu kuivumisaika viikkokä

Maanvastainen teräsbetoni-laatta

Aika (viikkoa)	Hiukkaisuus (%)
0	100
1	98
2	96
3	94
4	92
5	90
6	88
7	86
8	84
9	82
10	80
11	78
12	76
13	74
14	72
15	70
16	68
17	66
18	64
19	62
20	60

Kuva8: opinnäytetyö kuivumisaikalaskuri (Sitowise 2019)

Peruskuivimuskäyrä:



Kertoimet:

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

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

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

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

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

Kuva9: maanvastaisen betonilaatan kuivumisaika arvioissa käytetyt kertoimet (Merikallio 2002)

6.3 Massiviteräsbetonirakenne

Paikalla valetuille massiivi teräsbetoni rakenteille, kuten massiivinen teräsbetonilaatta/ välipohja/väliseinä ovat pääosin kahteen suuntaan kuivuvia rakenteita.

Maanpaineseinä voidaan poikkeuksena olettaa kuivuvan tehokkaasti vain yhteen suuntaan.

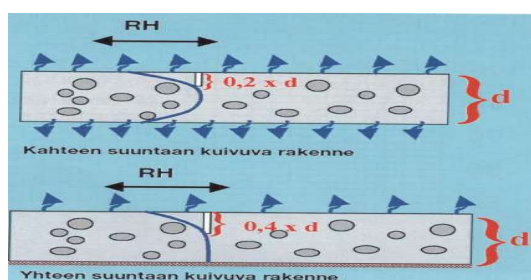
Seinä rakenne, jossa toisella puolella on maatyttö, kuivuu kuitenkin myös ulospäin, mutta kuivumisnopeus on riippuvainen seinän ulkopintojen rakenteesta, käytetystä eristeestä ja maatyttön ja sitä ympäröivän maan suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta.

Kuivumisaika-arvioissa massiivi betonirakenteille huomioidaan rakenteen vesisementti suhde, rakenteen paksuus, kuivumissuunta, ympäröivän ilman olosuhteet sekä rakenteen kastuminen.

Rakenteissa, jotka lasketaan kahteen suuntaan kuivuvan, on huomattava myös rakenteen toisella puolella olevat ilmanolosuhteet vaikkakin pinnoitus tehdään vain rakenteen toiseen pintaan. Tällaisia ovat mm. kerroksellisten rakennusten välipohjat.

Tyypillisesti välipohjan alapuoli verhoillaan alakatolla ja yläpuolen lattia pinnoitetaan.

Jos kuivatetaan pinnoitettavaa kerrosta, jossa on järjestetty kuivumista edellyttävät olosuhteet, mutta alapuolella kellarissa on suhteellinen kosteus korkea, niin kuivumisen sijaan betoni alkaa mahdollisesti alapuolelta keräämään kosteutta itseensä ja näin ollen kuivumista ei tapahdu laske- tussa ajassa.



Kuva10: massivibetoni rakenne (Merikallio 2002)



Kertoimet:

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

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
200	0,7	0,7	0,7	0,8
230	0,9	0,9	0,9	0,9
250	1,0	1,0	1,0	1,0
280	1,3	1,1	1,1	1,1
300	1,6	1,4	1,3	1,2

Kuivumisuunta	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
Kahteen suuntaan	1,0	1,0	1,0	1,0
Yhteen suuntaan	3,2	2,6	2,3	2,0

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	15	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
70	1,4	1,1	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

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

Kuva11: massiivisen teräsbetoni-laatan kuivumisaika arvioissa käytetyt kertoimet (Merikallio 2002)

6.4 Liittolaatta rakenne

Betonista ja teräspoimulevystä muodostuva liittolaatta on yhteen suuntaan kuivuva rakenne.

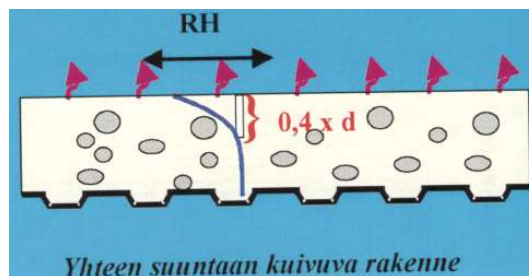
Tyypillisiä liittolaatta rakenteita on ala, väli ja yläpohjat, jossa teräspoimulevy toimii muottirakenteena.

Liittolaatta rakenteilla on verrattain pitkä kuivumisaika, johtuen kuivumisen olevan mahdollista vain yhteen suuntaan.

Esimerkiksi jo 150mm paksu liittolaatta, joka pinnoitetaan materiaalilla missä alustan maksimi sallittu suhteellinen kosteus saa olla enintään RH 85% ja jonka betonin vesisementtisuhde on 0,7 ja rakenne ollut kastuneen yli 2 viikkoa, jonka jälkeen kuivumisolosuhteiksi on saatu 25°C ja ilman suhteelliseksi kosteudeksi RH 50% on kuivumisaika-arvio noin 61 viikkoa, mikä tarkoittaa yli vuoden kuivatusta rakenteelle.

Näin pitkät kuivumisajat on otettava rakentamisen aikatauluja suunniteltaessa huomioon tai tarvittaessa muuttamalla kuivumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Jos yllä olevaan esimerkkiin vaihdetaan betonin vesisementtisuhde 0,7:stä 0,5, niin jo tätä ominaisuutta muuttamalla päästään laskennallisesti huomattavasti lyhyempään kuivumisaikaan, joka on 21 viikkoa.



Kuva12: liittolaatta rakenne (Merikallio 2002)

Kertoimet:

Vesiseinäsuhte (v/a)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Rakenteen paksuus (mm)	Vesiseinäsuhte (v/a)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
150	0,7	0,6	0,6	0,5
170	0,8	0,7	0,7	0,6
200	1,0	0,8	0,8	0,7

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

Kastumisen	Vesiseinäsuhte			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	1,0	0,9	0,9	0,8
kostassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0	1,0
kastunut yli 2 viikkoa	1,1	1,2	1,3	1,5

Kuva13: liittolaatan kuivumisaika arvioissa käytetyt kertoimet (Merikallio 2002)

6.5 Kuorilaatta rakenne

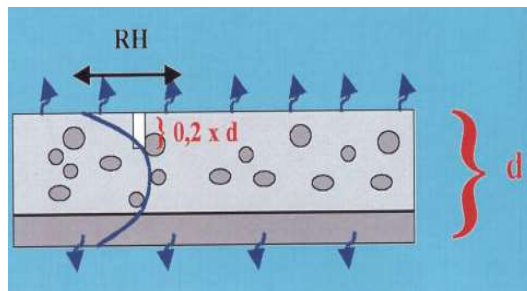
Kuorilaatta rakenne on ohut, esijännitetty umpilaattaelementti, joka muodostuu tyypillisesti 70..150 mm paksusta betonielementistä, sekä paikalla-valetusta jälkivalusta, jonka paksuus on tavallisesti 140..190 mm.

Kuorilaatta toimii myös pääraudoituksen sisältävänä rakenteena ja muodostaa liittorakenteen päälle valettavan betonin kanssa.

Tyypillisiä käyttökohteita kuorilaatoille ovat ala- ja välipohjat sekä parkkitasot.

Rakenne kuivuu kahteen suuntaan, kuitenkin niin, että ylöspäin kuivuminen on voimakkaampaa kuin alaspäin, johtuen kuorilaatan tiiviyydestä.

Kuorilaatan kuivumisen arvioinnissa otetaan huomioon pintalaatan vesiseimenttisuhte, pintavalun paksuus, ilman olosuhteet ja rakenteen kastuminen.



Kuva14: kuorilaatta rakenne (Merikallio 2002)

Kertoimet:

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

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
140	1,0	1,0	1,0	1,0
160	1,2	1,2	1,2	1,2
190	1,3	1,2	1,2	1,1

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

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

Kuva15: kuorilaatan kuivumisaika arvioissa käytetyt kertoimet (Merikallio 2002)

6.6 Ontelolaatta välipohja

Ontelolaatta on yleisin rakentamisessa käytetty elementtilaattatyyppi, jota käytetään betonirunkoisissa taloissa.

Ontelolaatta on myös esijännitetty laattaelementti, jota on kevennetty laatan pituussuuntaisella ontelorakenteella.

Ontelolaattoja käytetään asuin, liike ja teollisuusrakentamisessa ala, väli- ja yläpohjissa.

Tyypillisiä ontelolaattarakenteita ovat:

- Ontelolaatta, jonka päälle on valetaan 5..20 mm lattiatasoite.
- Ontelolaatta, jonka päälle on valetaan erillinen pintabetoni. Sen paksuus vaihtelee 30..80 mm.
- Ontelolaatta (kololaatta), jonka päälle valetaan jälkivalu. Sen paksuus vaihtelee 100..150 mm.

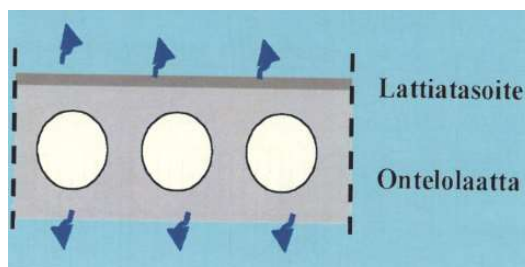
Ontelolaatta + lattiatasoite rakenne muodostuu ontelolaatasta ja sen päälle valettavasta lattiatasoitteesta.

Rakenteen kuivumisaikaan vaikuttaa ennen tasoitteen asentamista oleva ontelolaatan, eli lattiatasoitteen alustan kosteus RH%, sekä lattia tasoitteen paksuus ja kuivumisolosuhteet.

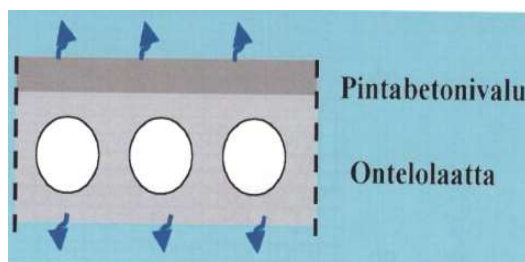
Ontelolaatan valmistuksessa käytettävässä betonissa on alhainen vesiseimenttisuhte v/s 0,4-0,5, joka tarkoittaa tämän tyyppisen rakenteen suhteellisen nopeaa kuivumista pinnoitus valmiiksi.

Tasoitteen paksuus vaikuttaa kuivumiseen siten, että 5 mm tasoite kerros pidentää kuivumisaikaa noin viikon.

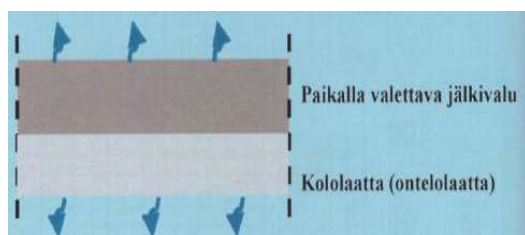
Jos lattiatasoitteen paksuus on 20 mm, silloin se pidentää kuivumisaikaa noin neljä viikkoa.



Kuva16: ontelolaatta + lattiatasoite (Merikallio 2002)



Kuva17: ontelolaatta + pintabetoni (Merikallio 2002)



Kuva18: ontelolaatta (kololaatta + jälkivalu) (Merikallio 2002)

Esimerkiksi:

Ontelolaatta 320 mm + lattiatasoite 20 mm.

Ontelolaatan kosteus ennen lattiatasoitteen levittämistä on alle RH 90%. Kuivatuksen käynnistyttyä ympäröivän ilmanolosuhteet ovat 25°C ja RH 50% ja lattia pinnoitteen vaatima suurin sallittu alustan RH 85%.

Saadaan teoreettiseksi kuivumisaika arvioksi noin 8 viikkoa, jolloin lattia voitaisiin aikaisintaan pinnoittaa.

Ontelolaatta + pintabetoni muodostuu ontelolaatasta, jonka päälle paikalla valetaan erillinen pinta laatta.

Sen kuivumisen merkittävimmät tekijät ovat rakenteen kastuminen, pinta-betonin ominaisuudet, kuten paksuus ja vesisementtisuhte sekä kuivumisolosuhteet.

Ontelolaatta (kololaatta) + jälkivalu (kallistusvalu) muodostuu ontelolaatasta, jota on kavennettu paksuus suunnassa sekä sen päälle valettavasta jälkivalusta.

Tämän tyyppinen rakenne on lähinnä tarkoitettu märkätiloihin lattiarakenteeksi, johon saadaan tehtyä lattia kallistukset ja sijoitettua tarpeellinen talotekniikka viemäreineen välipohjan paksuutta kasvattamatta verrattuna muihin tiloihin.

Kololaatta rakenteessa kuivumiseen vaikuttaa merkittävästi jälkivalun ominaisuudet, paksuus ja kuivumisolosuhteet.



Kertoimet:

Ontelolaatan kosteus (RH%) ennen pintävalua	Kerroin	Tasoitteen paksuus (mm)	Kerroin
Alle 90 %	0,6	20	1,5
90-95 %	1,0	10	1,0
yli 95 %	1,3	5	0,8

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

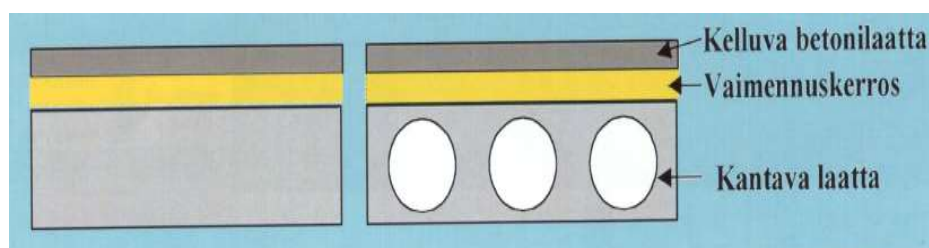
Kuva19: ontelolaatta + lattiatasoteen kuivumisaika arvioissa käytetyt kerrotoimet (Merikallio 2002)

6.7 Kelluva betonilaatta

Kelluvat betonilaatta rakenteet muodostuvat kantavasta betonilaatasta, joka voi olla ontelolaatta tai massiivilaatta ja sen päälle tulevasta eristekerroksesta ja kelluvasta betonilaatasta.

Kerroksellisissa betonilaatoissa kuivumisaika-arvio jakaantuvat kantavan betonilaatan kuin kelluvan pinta betonilaatan kuivumisarvioon.

Kelluvan pintalaatan kuivumiseen vaikuttaa kantavan laatan ja vaimennus (eristekerroksen) kosteus ja pintabetonin ominaisuudet sekä kuivumisolosuhteet.



Kuva20: kerroksellinen betonirakenne (Merikallio 2002)

Kertoimet:

Runkolaitan kosteus (RH%) ennen pintavalua	Kerroin	Vesisideainesusuhde (v/s)	Kerroin
Alle 90 %	1,0	0,7	1,0
90-95 %	1,1	0,6	0,7
yli 95 %	1,5	0,5	0,5

Kelluvan laatan paksuus (mm)	Vesisideainesusuhde (v/s)		
	0,7	0,6	0,5
50	0,8	0,7	0,7
70	1,0	0,8	0,8
90	1,2	1,1	1,1
100	1,5	1,3	1,3

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

Kastuminen	Pintabetonin vesisideainesusuhde		
	0,5	0,6	0,7
Kuivassa	0,9	0,9	0,8
kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	1,0	1,0

Kuva21: kelluvan betonirakenteen kuivumisaika arvioissa käytetyt kertoimet (Merikallio 2002)

7 KUIVUMISOLOSUHTEIDEN HALLINTA

7.1 Rakenteiden suojaus

Rakenteiden kuivumisolosuhteiden suunnitteluun sisältyy rakenteiden suojauksen suunnittelu, joka on merkittävässä roolissa rakenteiden kuivumisen kannalta.

Betonirakenteille tulee luoda kuivumisolosuhteet niin, että rakenne ei saa enää lisäkosteutta valun jälkeen, jolloin kuivuminen käynnistyy.

Betonirakenteet tulee myös suojata siten, että valun jälkeen kuivuminen on mahdollista. Suunnittelussa on huomioitava työjärjestys. Erillistä sääsuojaa ei välttämättä ole tarpeen rakentaa, jos vesikatto on valmis ennen lattiavalua. Kuivuminen katsotaan alkaneeksi, kun rakenne ei saa enää lisäkosteutta.

Rakenteiden kuivumisaikaa arvioitaessa on asetettu tavoite kuivumisolosuhteet. Jotta saadaan hallittua ja järjestettyä riittävän stabiilit olosuhteet. Se tarkoittaa käytännössä, että ulkovaipan on oltava tiivis, jotta sadevesi ja suhteellisen kosteuden vaihtelut saadaan pysymään suunniteltuina.

Suojausten suunnittelussa otetaan huomioon myös työmaa aikainen veden käyttö, jotta vältetään mahdollisten vesivahinkojen aiheuttamalta kuivumisen viivästyksiltä. Kuivuvat lattiarakenteet, jossa on työmaa

vesipisteitä, tulisi vesipisteille tehdä erillinen vedenpitävä kaukalo, jossa työmaa aikaista vettä käsitellään, jotta vesipisteeltä ei päädy vettä kuivuvan rakenteen pinnalle.

Kuivuville betonipinnoille päässyt vesi poistetaan välittömästi vesi-imurilla ja lumi sekä jää mekaanisesti lapiolla lisäkosteuden välttämiseksi.

7.2 Rakenteiden lämmitys

Kuivatettavien rakenteiden lämpötilan nostaminen on tehokas tapa nopeuttaa kuivumisprosessia.

Rakennetta lämmittäessä siihen sitoutuneet vesimolekyylit irtoavat rakenteen huokosten pinnoilta ja näin kosteusvirta voimistuu rakenteesta ulospäin.

Betonirakenteen lämpötilaa voidaan nostaa, jo betonivaluun laitettuihin lämmityskaapelein tai lattiaan suunnitellun nestemäisen aineen kiertojärjestelmän avulla sekä erityyppisillä säteilylämmittimillä.

7.3 Ilman kuivattaminen ja lämmittäminen

Kuivatettavien rakenteiden ympäröivällä ilmanolosuhteilla on suurin yksittäinen merkitys rakenteita kuivatettaessa.

Jos ympäröivän ilman suhteellinen kosteus RH on 100% niin rakenteen ei ole mahdollista kuivua.

Optimi ilman olosuhde on kuivatuksen kannalta noin RH 50% ja lämpötilan ollessa 20°C.

Silloin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pitoisuus mahdollistaa betonista kosteusvirran haihtumisen ilmaan tasaisella nopeudella.

Liian alhaisen ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on RH 20..40%, joka aiheuttaa valettuun betonilaattaan haitallisia kutistumisjännityksiä ja kuivumisen hidastumista rakenteen kosteusjakauman voimakkaan vaihtelun vuoksi pintaosien ollessa erittäin kuivat ja sisäosien erittäin kosteat.

Betonin vesihöyryn läpäisevyys laskee jyrkästi betonin suhteellisen kosteuden laskiessa, jolloin kosteuden haihtuminen pintaosien kautta hidastuu.

Ilman lämpötilaa nostamalla voidaan tehostaa betonin kuivumista tehokkaasti.

Lämpötilan noston myötä vesihöyryn osapaine betonin huokosrakenteessa kasvaa ja kosteutta siirtävät voimat lisääntyvät.

Tavallisesti betonin kuivuminen on riittävän nopeaa +20°C.

Lämpötilan noustessa +25..30°C kuivuminen nopeutuu merkittävästi, mutta usein ei ole taloudellista eikä tarpeellista käyttää näin korkeita lämpötiloja.

Korkeita kuivatuslämpötiloja käytetään lähinnä vesivaurio kohteiden pika-kuivatuksessa.

7.4 Ilmavirtauksien hallinta

Kohteesta riippuen betonirakenteiden kuivatuksen kannalta saattaa olla tarpeellista jakaa kuivatettavia tiloja osiin osastoimalla tilat muista tiloista tulevan lisäkosteuden välttämiseksi.

Jos valuja tehdään vaiheittain niin silloin on tarve suojata jo kuivumassa oleva tila lisäkosteudelta.

Tiloja jakamalla saadaan myös pidettyä olosuhteet tasaisempina ja ilmavirtauksia hallittua ja tällöin muissa tiloissa tehtävät kosteutta tuottavat työvaiheet, kuten ruiskutasoitus, maalaus ym. työt eivät rasita muiden tilojen kuivumisprosessia sekä on helpompi tehostaa erikseen työskenteltävän tilan kosteuden poistoa, kuin kokonaisen rakennuksen.

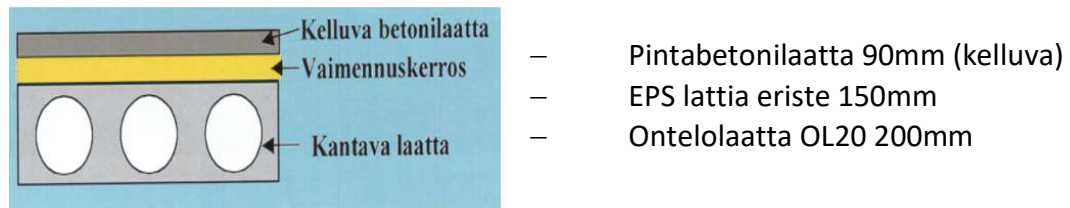
Ilmavirtauksien hallinnan kannalta on tärkeää, että ulkovaippa on tiivis, eikä ilma liiku sisällä ulkona olevan tuulen vaikutuksesta.

8 KUIVUMISAIKA-ARVION VERTAILU

8.1 Vertailu kerrokselliselle betoni laatalle

Tässä vertailussa tutkitaan todellista kuivumisaikaa suhteessa teoreettiseen kuivumisaika arvioon.

Tähän vertailuun otettiin rakennetyyppi, joka koostuu:



Kuva22: rakennekerrokset (Merikallio2002)

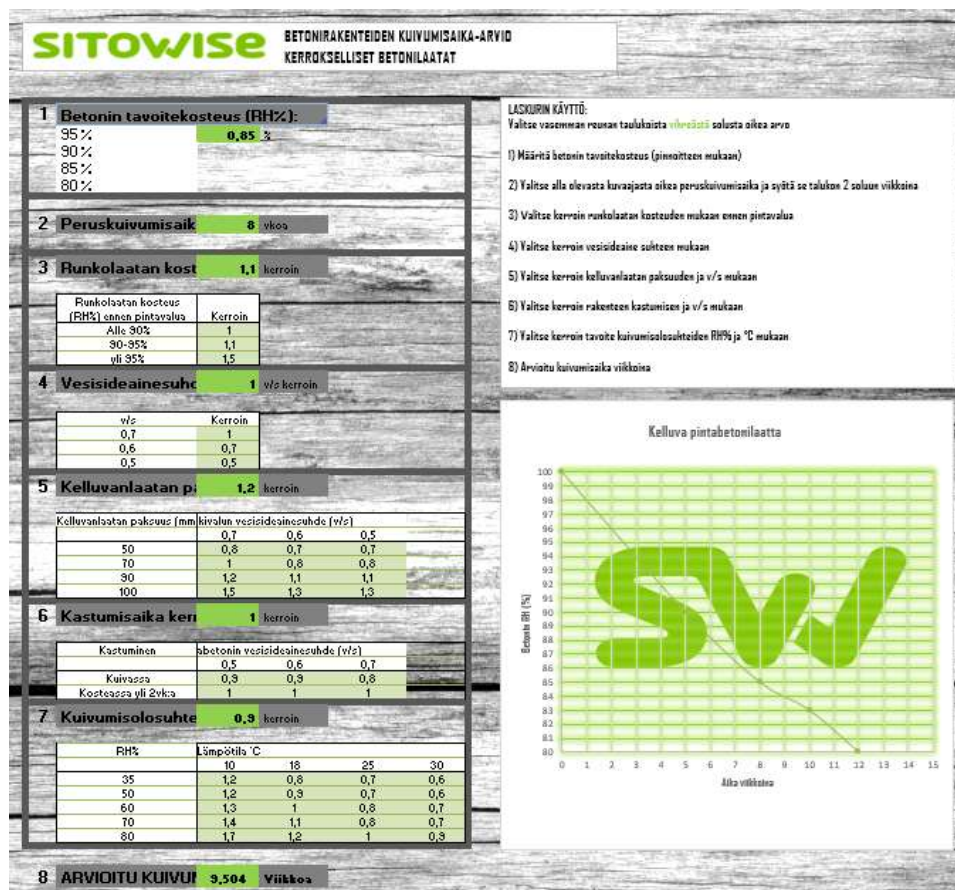
Rakenne toimii alapohjana, jossa ontelolaatta muodostaa kantavan rakennekerroksen, joka päälle on asennettu lattia eriste 150mm sekä kelluva betonilaatta, johon on lisätty kutistumaraudoitus.

- Betonilaatta on valettu 6.5.2015
- Betonivalun jälkeisenä päivänä 6.6.2015 laatan päälle on asennettu kauttaaltaan muovi, jonka saumat ovat teipattu vesihöyryn tiiviiksi, pitäen tuoreen betonin kosteana.
- Muovi on poistettu valetun betonin päältä 19.6.2015.
- Betonilattiasta on hiottu sementtiliima 20.6.2015
- Ulkovaippa tiivis ja ilman olosuhteet +18°C ja RH 50% 21.6-24.8.2015
- Porareikämittaus 24.8.2015 RH 84,3%.

Taulukko1: Kuivumisaika vertailu

VERTAILU:

Kuivumisaika vertailu	Kuivumisaika arvio	Todellinen kuivumisaika
RH%	RH 85%	RH 84,3%
Kuivumisaika	9,5 viikkoa	11,5 viikkoa



Kuva23: kuivumisaikalaskuri (Sitowise)

Vertailussa otanta oli yhdestä kohteesta ja yhdestä rakennetyypistä.

Vertailusta voidaan kuitenkin todeta, että kosteus tarvitsee aina mitata erikseen, eikä koskaan tulisi tehdä pinnoituspäätöstä teoreettisen kuivumisaika arvion perusteella.

Tässä esimerkissä todellinen kuivumisaika oli 2 viikkoa enemmän kuin arvioitu kuivumisaika.

Suurimpia syitä eroon laskurin ja todellisen kuivumisen välillä aiheuttavat ainakin kuivumisolosuhteiden muutokset johtuen tasoite ja maalaus työstä, mikä nosti hetkittäin kosteuden arvioissa asetettua korkeammaksi.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kosteudenhallinta on noussut omaksi osa-alueeksi koko rakentamisprosessissa. Sen merkitys koko rakennuksen elinkaareen on alettu ymmärtämään kaikissa prosessin portaita.

Kaiken kaikkiaan kosteudenhallinnan vastuuta on lisätty kaikilla tasoilla, mutta ennen kaikkea tilaaja organisaatiolle, jolle kuuluu uudistetun rakentamismääräyskokoelman myötä tehdä kosteudenhallintaselvitys ja nimetä hankkeelle kosteuskoordinaattori, joka vastaa koko hankkeen ajan toteuttavasta kosteudenhallinnan toimintatavasta.

Tällä menettelyllä on tarkoitus määritellä entistä tarkemmin kosteudenhallinnan kannalta oleelliset vaatimukset kaikille hankkeen osapuolille ja ohjata jo hankkeen suunnitteluvaiheessa vähemmän kosteusriskeihin ratkaisuihin päätymistä.

Kosteudenhallintaprosessissa on jokaisella vaiheella tärkeä edistää kosteudenhallinnan tavoitteita ja ymmärtää riskialttiiden ratkaisujen merkitys hankkeelle ja käyttäjälle sekä suunnitella koko kosteudenhallintaketju niin, että ei muodostu sellaisia ratkaisuja, joissa rakenteiden kuivumisaikoja ole riittävästi huomioitu.

Tämän opinnäytetyön tuloksena tehty betonirakenteiden kuivumisaika-arvio laskurin käytössä on tärkeä ymmärtää rakenteen ominaisuudet ja kuivumisolosuhteet myös käytännön työmaalla ja huomioitava riittävästi aikaa rakenteiden kuivumiselle ennen pinnoitusta.

Rakenteiden todellinen suhteellinen kosteus on aina todettava mittauksilla, eikä koskaan tehdä pinnoitus päätöstä kuivumisaika-arvion perusteella, joka perustuu laskennassa käytettyihin oletettuihin stabiileihin olosuhteisiin.

Kuivumisaika-arviota verrattaessa todelliseen kuivumiseen voidaan huomata olosuhteiden vaihtelun merkitys.

Vaikka tässä vertailun otanta on pieni ja toteutettu yhdestä rakennetypistä ja kohteesta niin kuivumisaika oli 2vkoa noin 18%, varattua aikaa pidempi, kuin aikataulussa arvioitu.

Tämä vertailu oli pientalo työmaalta, jossa aikataulu paineella ei ole suurta merkitystä mutta tämä näyttää sen, että isoilla työmailla, joissa rakenne paksuudet ovat huomattavasti korkeampia, ja kuivumisajat sitä myöden pidempiä on kuivumisolosuhteisiin kiinnitettävä huomioitava ja tarvittaessa reagoitava nopeasti, jotta kuivuminen tapahtuu arvioidussa ajassa, eikä turhia riskejä liian varhaisesta pinnoituksesta lähdetä ottamaan aikataulupaineiden takia.

LÄHTEET

Betoni (2019). Betonin jälkihoitomenetelmät. Haettu 14.5.2019 osoitteesta:

<https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/>

Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi (2002)
Merikallio Tarja 2002, Betonikeskus Ry, Rakennustieto Oy

Betonirakenteiden päällystäminen ja onnistunut kosteuden mittaaminen (2019). Haettu 22.7.2019 osoitteesta:

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100401.pdf>

Hankkeen kosteudenhallinnan vaatimukset ja tavoitteet (2019). Haettu 21.6.2019 osoitteesta:

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/hankesuunnittelu/hankkeen-kosteudenhallinnan-vaatimukset-ja-tavoitteet>

Kuivaketju10 vähentää merkittävästi kosteusvaurioita (2019). Haettu 23.6.2019 osoitteesta:

<http://kuivaketju10.fi/#toimintaohjeet>

Kosteudenhallintasuunnitelma (2019). Haettu 9.7.2019 osoitteesta:

http://kosteudenhallinta.fi/attachments/article/77/Kosteudenhallinta_RAKENTAMISVAIHE_25092015.pdf

Kosteudenhallintasuunnitelman noudattamisen valvonta (2019). Haettu 21.6.2019 osoitteesta:

<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteudenhallintasuunnitelman-noudattamisen-valvonta>

Kosteudenhallintasuunnitelma (2019). Haettu 15.7.2019 osoitteesta:

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Tyomaan-kosteudenhallinta/Kosteudenhallintasuunnitelma>

Luovutettavat asiakirjat (2019). Haettu 15.7.2019 osoitteesta:
<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/kaeyttoeoenotto/luovutusmateriaalit>

Maankäyttö ja rakennuslaki (1999). Ajantasainen lainsäädäntö 5.2.1999/132. Haettu 16.5.2019 osoitteesta:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Rakennustyömaan kosteudenhallinta (2018). Haettu 23.7.2019 osoitteesta:
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>

Rakennushankkeen kokonaisvaltainen kosteudenhallinta (2019). Haettu 16.6.2019 osoitteesta:
<https://www.rakennustarkastusyhdistysry.fi/29258>

Sitowise faktat (2019) Haettu 5.7.2019 osoitteesta:
<https://www.sitowise.com/fi/sitowise/yritys>

Tilaajan kosteudenhallinta-asiakirja toimii lähtötietona (2019). Haettu 16.5.2019 osoitteesta:
<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimet/kosteudenhallinta-suunnitelma>

Työmaan kosteudenhallinnan suunnittelu (2019). Haettu 16.5.2019 osoitteesta:
<http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/tyoemaan-kosteudenhallinnan-suunnittelu>

Uusi asetus edellyttää rakennushankkeelta kosteudenhallintaselvitystä (2019). Haettu 9.7.2019 osoitteesta:
[https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_asetus_edellyttaa_rakennushankkeelt\(45129\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_asetus_edellyttaa_rakennushankkeelt(45129))

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (2017). Haettu 30.6.2019 osoitteesta:
<https://www.ym.fi/download/noname/%7B940FA2F9-B175-43DE-8453-7FB46CBB3976%7D/132600>