

# **Kosteudenhallintasuunnitelma korjaus- rakennuskohteisiin**

**Janne Nuutinen**

Opinnäytetyö





Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Janne Nuutinen	
Työn nimi Kosteudenhallintasuunnitelma korjausrakennus kohteisiin.	
Päiväys 11.12.2012	Sivumäärä/Liitteet 37
Ohjaaja(t) Matti Ylikärppä, tuntiopettaja Pasi Haataja, lehtori	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) ISS Palvelut Oy, Itä-Suomi Rakennustekniikka	
Tiivistelmä Opinnäytetyön nimi on <b>Kosteudenhallintasuunnitelma korjausrakennuskohteisiin</b> . Työn taustalla oli selkeyttää ja yhtenäistää yrityksen toimintamalleja korjausrakennus kohteissa. Opinnäytetyön aihe rajattiin korjausrakentamisessa kiinteistöjen sisäpuolisiin yleisimpiin rakenteisiin.  Tavoitteena oli tehdä tiivis yhteenveto aiheesta tueksi työnjohtajille käytännön työhön. Työssä tehtiin kosteusteknisesti kriittisistä rakenteista kosteudenhallintasuunnitelma yrityksen työnjohdon käyttöön. Aineistossa tarkasteltiin rakennusalan voimassaolevia määräyksiä, ohjeita, luentomateriaaleja ja ammattikirjallisuutta kosteudenhallinnasta.  Opinnäytetyön tuloksena oli käytännön ohjeita työmaan rakennusaikaisesta kosteudenhallinnasta. Lisäksi esimerkki kosteudenhallintasuunnitelmasta joka toimii joustavasti muunneltava pohjana yrityksen korjausrakennuskohteissa. Työ myös toimii kokonaisuudessaan työnjohdon apuvälineenä korjausrakennushankkeiden hallinnassa.	
Avainsanat Kosteudenhallinta, korjausrakentaminen	

Field of Study			
Technology, Communication and Transport			
Degree Programme			
Degree Programme in Construction Management			
Author(s)			
Janne Nuutinen			
Title of Thesis			
Humidity Management Plan for Renovation Projects			
Date	11 December 2012	Pages/Appendices	37
Supervisor(s)			
Mr Matti Ylikärppä, Full-time Teacher Mr Pasi Haataja, Lecturer			
Client Organisation/Partners			
ISS Facility Services			
Abstract			
<p>This thesis was made for a multi-service company called ISS Facility Services in Kuopio. The purpose of this thesis was to create a humidity management plan for the most common technically critical structures. The main target was to create a guide for the site managers on the sites of ISS Technical services.</p> <p>The idea to this thesis was born from the company`s needs to standardize the methods for humidity management on their sites. The information for this thesis was collected from professional literature, lecture materials, dissertations and directives. The subject of the thesis was limited to the common structures of the sites where renovation was done.</p> <p>As a result of thesis was a hands-on guide on controlling humidity management on construction sites for the use of site managers. This thesis will be used to clarify the operational models on humidity management in the company`s renovation projects.</p>			
Keywords			
Humidity, renovation, management plan			



## SISÄLTÖ

### KÄSITTEIDEN SELITTEET

1	JOHDANTO .....	8
2	KOSTEUSRISKIEN KARTOITTAMINEN .....	9
3	RAKENTEIDEN KUIVIMISAIKA-ARVIOT .....	11
3.1	Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät .....	11
3.2	Tasoitettujen betonirakenteiden kuivuminen.....	12
3.3	Kuivumisaika-arvion laskeminen .....	14
4	TYÖMAAOLOSUHTEIDEN HALLINTA .....	17
4.1	Materiaalien toimitus ja varastointi .....	17
4.2	Kosteus rakenteissa.....	18
4.3	Olosuhdehallinta .....	18
5	KOSTEUSMITTAUKSET .....	21
5.1	Mittausmenetelmät.....	22
5.2	Pintakosteudenosoittimet.....	22
5.3	Rh-mittaus porareikämenetelmällä.....	23
5.4	RH-mittaus viiltomittauksella .....	24
5.5	RH-mittaus näytepalamenetelmällä.....	24
5.6	Esimerkkejä mittausvyvyksistä eri rakenteille .....	25
5.7	Kosteusvauriotutkimus.....	25
6	PÄÄLLYSTETTÄVYYDEN ARVIOINTI .....	27
7	SEURANTA JA VALVONTA TYÖMAALLA.....	31
8	KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA ESIMERKKI.....	32
9	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET .....	37

## KÄSITTEIDEN SELITTEET

**Betonin alkalinen kosteus** (korkea PH) voi aiheuttaa päällystemateriaalissa ja niiden kiinnittämisessä käytettävissä liimoissa kemiallista hajoamista. Hajoamisreaktiossa syntyvät kemialliset yhdisteet voivat emittoitua sisäilmaan.

**Diffuusio** tarkoittaa kaasuseoksessa vakioaineessa tapahtuvaa yksittäisen kaasun (esim. vesihöyryn) pitoisuuserojen tasoittumista kaasumolekyylien liikkeen seurauksena. Diffuusiossa kaasu siirtyy korkeammasta pitoisuudesta alempaan pitoisuuteen.

**Kapillaarisuudella** tarkoitetaan veden liikkumista pienissä huokosissa.

**Kondensoituminen** tarkoittaa vesihöyryn tiivistymistä rakenteiden pintoihin vedeksi tai jääksi, kun ilman *vesihöyrynpitoisuus* on saavuttanut pinnan lähellä *kyllästyskosteuden* eli sen *suhteellinen kosteus* on 100 % RH.

**Konvektio** tarkoittaa lämmön ja kosteuden siirtymistä ilmavirran mukana.

**Kosteus** tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta eli haihtumiskykyistä vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa. Aineen sisältämä kosteusmäärä ilmoitetaan kosteuden massan ja kuivan aineen massan välisenä suhteena, lukuarvona prosentteina kuivapainosta tai materiaalin huokostilan suhteellisen kosteutena RH (relative humidity).

**Rakennuskosteus** tarkoittaa rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakenteisiin tai rakennusaineisiin joutunutta rakennuksen käytönaikaisen tasapainokosteuden ylittävää kosteutta, jonka tulee poistua.

**Suhteellinen kosteus** (RH, relative humidity) ilmoittaa kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä kyllästyspitoisuuteen verrattuna tietyssä lämpötilassa. (Betonin suhteellisella kosteudella tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteutta. Betonin suhteellisen kosteuden arvo ei kerro, miten paljon betonissa on kosteutta (g/betoni-m<sup>3</sup>). Betonin suhteellisen kosteuden arvo viittaa vain betonin huokosten ilmatilassa vesihöyrymuodossa olevan kosteuden.

**Vesihöyrynsisältö** (Absoluuttinen kosteus) ilmaisee, montako grammaa vesihöyryä sisältyy kuutiometriin ilmaa. Yksikkönä käytetään grammoja kuutiometrissä (g/m<sup>3</sup>).

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on ISS Palvelut Oy, Itä-Suomi Rakennustekniikka. Yritys on perustettu Tanskassa 1901. ISS Palvelut on osa ISS -konsernia joka toimii yli 50 maassa ja henkilöstöä vuonna 2011 oli 534 500. Liikevaihto konsernilla vuonna 2011 oli 78 mrd Tanskan kruunua. Suomessa yritys työllisti vuonna 2011 noin 12000 työntekijää. Liikevaihto vuonna 2011 Suomessa oli 558 M €. Yrityksen toimialoina ovat kiinteistö-, ruokailu-, siivous-, tuki-, turvallisuus-, ja monipalvelut. Itä- Suomi tekniset palvelut toimialoina ovat lvis-, kylmä- ja rakennustekniikka ja vahinkosaneeraus. ISS Palvelut työllistää teknistä henkilöstä Kuopion alueella noin 70 henkilöä. (ISS Palvelut Oy www-sivut.)

Ajatus työn tekemiseen syntyi vertailtuani tilaajien vaatimuksia työmaan kosteudenhallinnasta. Vaatimukset kosteudenhallinnalle ovat tarjouspyyntöasiakirjoissa varsin erilaisia ja ajatus yrityksen yhdenmukaisesta käytännöstä tilaajien vaatimuksista riippumatta on lähtökohta työlle. Selkeä malli kosteudenhallinnan toteuttamisesta tilaajasta riippumatta tuo lisäarvoa yritykselle hyvän rakennustavan mukaisilla toimintamalleilla.

Tämän työn tarkoituksena on vastata yrityksen tarpeisiin ohjeistamalla työnjohtoa ja asentajia arkipäivän työssä kosteudenhallintamenetelmien, voimassa olevien määräysten ja ohjeiden vaatimalla tavalla. Korjausrakennuskohteiden onnistunut kosteudenhallinta vähentää kosteusvaurioita, rakenteiden kuivaustarvetta ja materiaalien hukkaa. Työn sisältö rajautuu korjausrakentamiseen rakennuksien yleisimpiin sisäpuolisiin osiin. Työssä käytetään rakennusalan ajantasaisia määräyksiä, ohjeita, luentomateriaaleja ja rakennusalan ammattikirjallisuutta. Lähteistä on pyritty keräämään olennainen asia ohjeistuksen laatimiseksi. Lisäksi työhön asiantuntijoina on tukea antanut Mikko Kallinen, Sirate Oy ja työn ohjaaja Matti Ylikärppä, Savonia Amk.

Kosteudenhallintasuunnitelma koostuu seuraavista aiheista:

- kosteusriskien kartoittaminen
- rakenteiden kuivumisaika- arviot
- työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu
- kosteusmittausuunnitelma
- organisoinnin, seurannan ja valvonnan järjestäminen
- esimerkki kosteudenhallintasuunnitelma korjausrakennuskohteeseen.

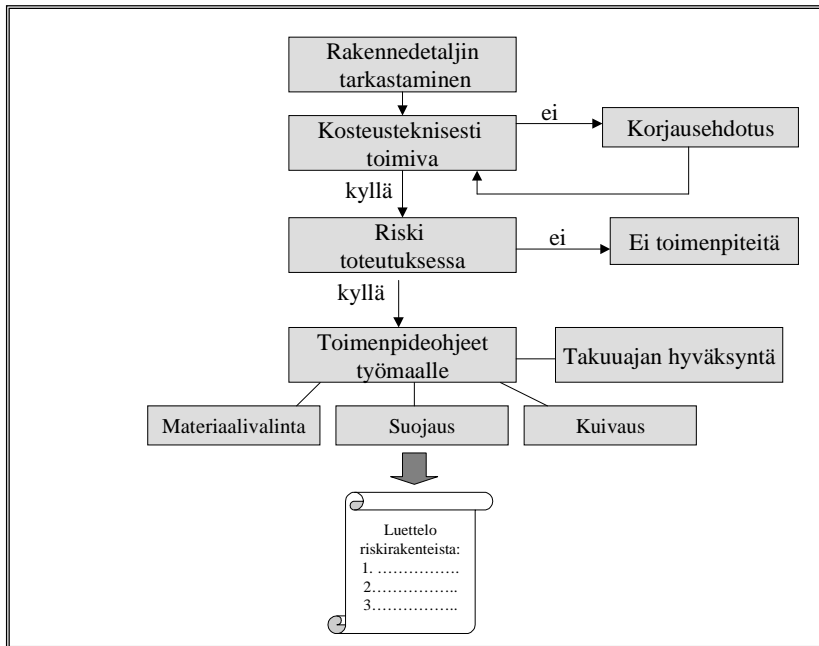


## 2 KOSTEUSRISKIEN KARTOITTAMINEN

Kosteudenhallintasuunnitelman ensimmäisessä vaiheessa tarkastetaan kohteen rakennus- ja rakennesuunnitelmat kartoittaen mahdollisesti kosteusteknisesti kriittiset rakenteet, tuotteet ja materiaalit. Tavoitteena on selvittää, onko kohteessa sellaisia rakenneratkaisuja, joiden toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia tai joissa myöhemmin on riski kosteusvaurioiden synnylle. Samalla voidaan eliminoida mahdolliset rakennusfysikaaliset suunnitteluvirheet. Rakennesuunnitelmia tarkastettaessa tulee ensisijaisesti kiinnittää huomiota siihen, että rakenneratkaisut ovat sellaisia, että liiallisen kosteuden pääsy rakenteisiin estyy. Suunnittelussa ja toteutuksessa on kuitenkin otettava huomioon myös ylimääräisen kosteuden poistumistiet ja rakenteiden kuivattamismahdollisuus.

Kuviossa 1 on muutamia esimerkkejä toimenpiteistä, joita kosteudenhallintasuunnitelmaan voidaan koota.

Kuvio 1. Kosteusriskien kartoittaminen (RIL 250-2011, 98.)



Työmaan rakennusaikaisten kosteusriskien kartoittamisessa huomioidaan kohteen käyttötarkoitus, muut toimijat (urakoitsijat, käyttäjät.). Työmaa-aikataulun huomioiminen on myös tässä vaiheessa tärkeää jolloin vältetään viivästymiltä ja sanktio seuraamuksista. Kuivumisajat ovat usein työmaalla valetuissa rakenteissa ja kosteusvaurioituneissa rakenteissa pitkiä, jolloin ennakoinnilla on suuri merkitys.

Rakenteiden kosteustarkasteluun voidaan vielä työmaavaiheessa puuttua ja esittää korvaavia toimivampia ratkaisuja suunnittelijalle. Materiaalien ja menetelmien vaihto edellyttää aina ilmoituksen suunnittelijalle. Suunnittelija antaa hyväksynnän toimenpiteille. Korjausrakentamisessa rakenteiden ja rakennusosien voidaan tarkastella olemassa olevista rakenteista ja tarkastella niiden kosteusteknistä toimivuutta saneerauksen yhteydessä. Uusien ja vanhojen rakenteiden liittymien kosteustekniselle toimivuudelle kannattaa tehdä tarkastelu. Tarvittaessa kutsutaan rakennesuunnittelija työmaa käynnille ja etsitään korvaavia ratkaisuja, jos on epäilystä rakenteen toimivuudesta.

### 3 RAKENTEIDEN KUIVIMISAIKA-ARVIOT

#### 3.1 Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Kuivumisaika-arvioita laadittaessa on syytä huomioida, että ne ovat suuntaa-antavia ja tarkoitettu käytettäväksi esimerkiksi rakentamisaikataulujen, työmaan kosteudenhallinnan ja kuivatuksen suunnitteluun. Todellinen varmuus rakenteen riittävästä kuivumisesta saadaan vain mittaamalla betonin kosteus. (Merikallio 2002, 32.) Luotettavina pidettäviä menetelmiä ovat näytepalamittaus ja porareikämittaus.

Merikallion mukaan (2002,37.) betonirakenteiden kuivumista voidaan nopeuttaa seuraavilla tavoilla:

- Käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa. Mitä pienempi runkoaineen maksimiraekoko on, sitä suurempi massan alkuperäinen vesimäärä on ja sitä hitaampaa myös kuivuminen.
- Käytetään nopeasti kuivuvia betonilaatuja. Betonoinnissa ja jälkihoidossa noudatettava valmistajan antamia ohjeita. Nopea kuivuminen perustuu yleensä normaalibetonia pienempään vesisideainesuhteeseen (v/s) sekä massan huokostamiseen.
- Minimoidaan betonirakenteen kastuminen. Mitä myöhemmässä vaiheessa betonirakenne kastuu, sitä enemmän siihen imeytyy vettä.
- Poistetaan betonirakenteeseen päässyt vesi ja lumi mahdollisimman nopeasti mekaanisesti. (vesi-imurilla, lastalla, harjalla.)
- Luodaan rakenteen ympärille hyvät kuivumisolosuhteet. (vähintään +20 °C lämpötila ja alle 50 % RH.) Unohtamatta kuitenkaan huolellista jälkihoitoa, itse betonirakenteen lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa kuivumista.
- Pidetään rakenteen pinta puhtaana ja paljaana. Pinnan hionta, pölyn poisto, ei haihtumista estävien tavaroiden varastointia.
- Käytetään imubetoni menetelmää.

Rakenteiden kuivumisaika-arvioihin vaikuttavia tekijöitä on useita. Esimerkiksi paikallavalu rakentamisessa kuivumisaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat käytettävän betonin

c-luokka, vesi/sementti suhde, rakenteen paksuus, vuodenaika, säänsuojaus ja tavoit-  
tekosteus, Rh. Luentomateriaalissa (Niemi Sami,2011.) on huomioitu myös lisäksi  
betonissa käytettävät lisäaineet, rakenteen kuivumissuunta, betonipinnan puhtaus ja  
auki hionta (sementtiliiman poisto). Muita vaikuttavia tekijöitä kastumisajankohta ja  
ilmanvaihto, erityisesti silloin kun ulkoilma on sisäilmaa kuivempaa, ilmanvaihdon  
merkitys korostuu.

Korjausrakentamisessa ja vahinkosaneerauksessa kuivumisaika arvioiden antaminen  
perustuu työn aloitusvaiheessa tehtyihin mittaustuloksiin ja sen jälkeen päätettyihin  
toimenpiteisiin kuivumisen edistämiseksi. Kuivumista voidaan nopeuttaa tehostamalla  
ilmanvaihtoa, ilmankuivaimilla ja säteilylämmittimillä lämmittämällä betonirakennetta.  
Kosteusvaurioituneen rakenteen kuivumisaika-arvion tekemiseen vaikuttaa vahingon  
laajuus, vaurion alkuhetki ja vaikutusaika. Lisäksi rakenteen kosteustekninen toimi-  
vuus kannattaa selvittää. Mittauksilla selvitetään lähtötilanne ja suljetaan pois ulkoisia  
tekijöitä, kapillaarinen nousu, konvektio ja diffuusio. Suunnitelmallisella kuivatuksella  
voidaan antaa luotettava arvio kuivauksen alkamisesta ja tarvittaessa välimittauksin  
jolloin voidaan seurata kuivumisen edistymistä. Ennen kuivauksen alkamista on hyvä  
tutustua ja selvittää rakenteen kosteustekninen toimivuus ja rakenteiden alapuoliset  
kerrokset. Suunnittelematon kuivatus saattaa aiheuttaa lisävauriota tai tilanne voi  
pysyä ennallaan. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi ohut pintalaatta ja sen alla  
eriste tai vesi-, lämmitysputki jonka harkitsemaan kuivaus voi aiheuttaa eristeen tai  
putken sulamisen.

### 3.2 Tasoitettujen betonirakenteiden kuivuminen

Merikallion mukaan (2007, 42.) betonilattiarakenteen pintaan levitetään usein ennen  
päällystystöitä tasoitekerros lattiapäällystetöiden alustan tasaamiseksi. Ennen tasoit-  
teen levittämistä betonin pinnasta poistetaan pöly, irtonainen lika ja rasva, minkä jäl-  
keen pinta pohjustetaan. Myös sementtiliiman poistaminen useimmissa tapauksissa  
on välttämätöntä. Pohjusteen tehtävänä on parantaa tasoitteen tarttumisen alustaan,  
estää ilmakuplien syntyminen ja estää tasoitteessa oleva vesi imeytyminen  
alustaan. Tasoitteilla voidaan oikaista lattioiden epätasaisuuksia, täyttää koloja sekä  
tehdä kallistuksia ja pintavaluja. Tasoitteet voidaan jakaa käsilevitteisiin ja pumpputa-  
soitteisiin. Käsilevitteiset lattiatasoitteet voidaan jakaa hienotasoitteisiin (kerrospak-  
suus 0-5 mm), yleistasoitteisiin (kerrospaksuus 1-30 mm) ja oikaisutasoitteisiin (ker-  
rospaksuus 3-50 mm).

Tasoiitteet eivät yleensä hidasta kosteuden poistumista betonista, mutta tasoiitetyö voi pidentää koko rakenteen kuivumisaikaa muutamista päivistä muutamiin viikkoihin, johtuen tasoiitteen sisältämästä vedestä. Pohjustuksesta huolimatta tasoiitteet kastelevat alapuolisen betonirakenteen pintaosia. Siihen, miten paljon ja miten syvälle tasoiite kastelee alapuolista betonia ja miten nopeasti tämä kosteus poistuu, vaikuttavat merkittävästi tasoiitelaatu, tasoiitekerroksen paksuus sekä alustabetonin tiiviys ja kosteus. Betonirakenteiden päällystettävyyden kannalta on oleellista, ettei kosteus välittömästi päällysteen ja sen kiinnittämiseen käytettävän liiman läheisyydessä sekä tasoiitteessa nouse liian pitkäksi aikaa yli kriittisen arvon. Tasa-aineiset muovimatot kestävät yleensä hyvinkin korkeaa kosteutta (90 % RH) toisin kuin joustovinyylimatot, joissa alkalinen kosteus voi saada aikaan mm. maton pehmitinaineiden hajoamisen. Pehmeillä matoilla kriittisenä kosteuden arvona pidetään 85 %:a, mikä tarkoittaa, että kosteus välittömästi maton alla ei saa nousta yli tämän arvon. Useimmat tasoiitteet edellyttävät, että betonin suhteellinen kosteus (ns. arviointisyvyydellä) on ennen tasoiitteen levittämistä alle 90 %:a. Näin varmistetaan, ettei kosteus päällystämisen jälkeen nouse tasoiitekerroksessa yli kyseisen kriittisen arvon. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 43.)

Betonin alkalinen kosteus (korkea pH) voi saada aikaan liimoissa ja lattiapäällysteissä kemiallista hajoamista, jonka seurauksena lattiarakenteesta voi emittoitua (haihtua) sisäilmaan haitallisia yhdisteitä. Alkalisuus johtuu hydroksidi-ioni (OH<sup>-</sup> -ioni) konsentraatiosta. Jos betonirakenteen pinnassa kosteus on riittävän suuri, hydroksidi-ionit voivat liueta betonin huokosvedeen ja kulkeutua huokosveden mukana liimakerrokseen ja lattiapäällysteisiin aiheuttaen niissä hajoamisreaktiota. Lattiarakenteen pinnan alkalisuutta voidaan pienentää levittämällä pintaan matala-alkalista tasoiitetta. Betonin pintaosien kosteuspitoisuuden tulee tällöin kuitenkin olla riittävän alhainen, etteivät hydroksidi-ionit pääse kulkeutumaan kosteuden mukana tasoiitteeseen. Matala-alkalisen tasoiitteen on todettu vähentävän mm. muovimatolla päällystetyn betonilattian emissioita.

Mikko Kallinen (2012.) viittaa luentomateriaalissaan seuraavasti: Joissakin tapauksissa rakennustyöselostuksissa ja kosteudenhallintasuunnitelmissa pyritään minimoimaan tasoiitusvahvuutta, mieluiten jos mahdollista pyritään lattiavalun laadussa siihen, että erillistä tasoiitusta ei tarvita ollenkaan. Usein mainitut ohjeet mahdollisimman ohuesta tasoiitekerroksesta voivat lisätä riskiä alkalisen kosteuden aiheuttamista kemiallisista emissioista.

### 3.3 Kuivumisaika-arvion laskeminen

Betonin kuivuminen voidaan laskea teoriassa sivun 14 kaavan mukaisesti. Kuivumisaika-arviot ovat suuntaa-antavia ja tarkoitettu käytettäväksi rakennusaikataulujen ja kuivatuksen suunnitteluun.

Esimerkki: Massiivisen 200mm:n teräsbetonilaatan kuivumisaika-arvion laskeminen. (Merikallio, 2002, 39.)

Esimerkki rakenteen tiedot:

- 200mm paksu välipohja
- betoni K30
- $v/s = 0,7$
- kastunut yli 2 viikkoa valuhetkestä
- kuivatuksen alettua olosuhteet 25 °C/ 50 % RH
- tavoitekosteus 85 %:a.

Käyttöohje kuivumisaika-arvio laskemiseen:

- valitaan rakenne
- määritetään tavoitekosteus, RH
- valitaan peruskuivumiskäyrästä tavoitekosteutta vastaava aika viikkoina
- kerro peruskuivumisaika eri kertoimilla (vesisideainesuhde, rakenteen paksuus, kastumisaika, kuivumisolosuhteet)
- tulos on arvioitu kuivumisaika viikkoina.

Laskentakaava kuivumisaika- arviolle:

Peruskuivumisaika 200 mm:n välipohjalle 37viikkoa.

(Peruskuivumisaika 37 vko) X (v/s kerroin 1,0) x (paksuuskerroin 0,7) X (kuivumissuuntakerroin 1,0) X (olosuhdekerroin 0,7) X (kastumiskerroin 1,5) = 27,2 = 27 viikkoa.

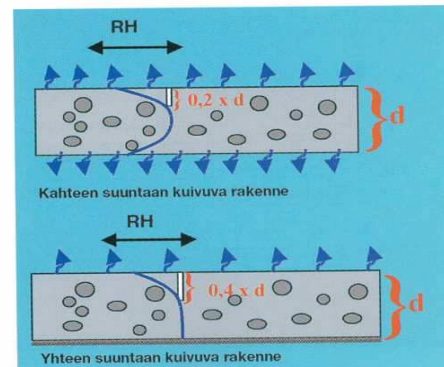
### 3.3 Massiivinen teräsbetonilaatta – välipohja/ väliseinä

Betonirakenteen kuivumisen arviointisyvydet ovat kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa  $0,2 \times$  rakenteen paksuus ( $d$ ) ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa  $0,4 \times$  rakenteen paksuus ( $d$ ).

Laskentakaava:



Rakenne:



Kertoimet:

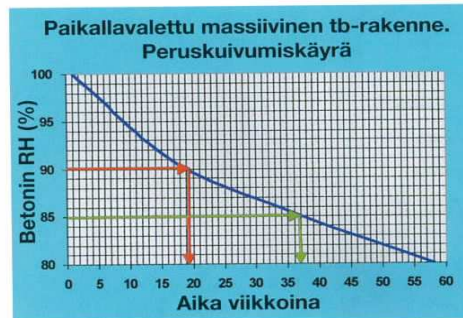
Vesisideainesuhte (v/s)	Kerroin
0,7	1,0
0,6	0,7
0,5	0,5
0,4	0,2

Rakenteen paksuus (mm)	Vesisideainesuhte (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
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	Vesisideainesuhte (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

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

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	1,2	1,3	1,5



Esimerkki:

200 mm paksu välipohja, betoni K30 ( $v/s=0,7$ ), kastunut yli 2 viikkoa, kuivatuksen alettua olosuhteet  $25\text{ °C}/50\text{ \%RH}$ . Tavoitekosteus  $85\text{ \%}$

$$\Rightarrow (\text{perusaika } 37 \text{ viikkoa}) \times (v/s\text{-kerroin } 1,0) \times (\text{paksuuskerroin } 0,7) \times (\text{kuivumissuuntakerroin } 1,0) \times (\text{olosuhdekerroin } 0,7) \times (\text{kastumiskerroin } 1,5) \\ = 37 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,5 = 27,2 \\ \approx 27 \text{ viikkoa.}$$

Esimerkki:

200 mm paksu välipohja, betoni NP30,  $v/s=0,5$ , kastunut yli 2 viikkoa, kuivatuksen alettua olosuhteet  $25\text{ °C}/50\text{ \%RH}$ . Tavoitekosteus  $85\text{ \%}$

$$\Rightarrow (\text{perusaika } 37 \text{ viikkoa}) \times (v/s\text{-kerroin } 0,5) \times (\text{paksuuskerroin } 0,7) \times (\text{kuivumissuuntakerroin } 1,0) \times (\text{olosuhdekerroin } 0,7) \times (\text{kastumiskerroin } 1,2) \times \\ = 37 \times 0,5 \times 0,7 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,2 \times 0,8 \\ = 10,9 \approx 11 \text{ viikkoa.}$$

Kuvio 2. Kuivumisaikaarvio laskeminen. (Merikallio, 2002, 41.)

Betonirakenteiden kosteudenmittaus ja kuivumisen arviointi (2002, 40,41.) esittää että betonirakenteiden kuivuminen voidaan laskea teoriassa. Kirjassa mainittuja ohjeita voidaan soveltaa myös muihin rakenteisiin. Kuivumisajan katsotaan alkavan siitä, kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta.

Todellinen varmuus rakenteen kosteustilasta saadaan vain mittaamalla betonin kosteus. (Merikallio, 2002, 38.) Kuivumisaika- arvio perustuu oletukselle että työmaalla on betonin kuivumiselle lämpö ja kosteus RH koko kuivumisajan. Käytännössä tämän toteuttaminen vaatii tehokkaan kosteuden poiston ja työmaa-aikaisen lämmityksen vuodenaika huomioon ottaen.



## 4 TYÖMAAOLOSUHTEIDEN HALLINTA

### 4.1 Materiaalien toimitus ja varastointi

Materiaalien logistiikan ja varastoinnin ennakointi on suunniteltava työmaan tarpeiden mukaan. Kohteissa yleensä lämpimät ja kuivat varastointitilat ovat rajalliset, joten materiaalien oikein ajoitettu tilaus ja toimitus työmaalle vähentää materiaalien turmelumisen vaaraa. Laadunvarmistus materiaaleja vastaanottaessa otetaan huomioon tarvittaessa mittauksin. Useinkaan ei voida tietää miten tuotannossa ja kuljetuksissa on kosteudenhallinta huomioitu. Tuotannon materiaalien varastointi ja kuljetuksissa suojaus ovat voineet olla riittämättömät ja tuote on jo ennen työmaalle toimitusta käyttöön sellaisenaan kelpaamaton.

Ulkona varastoitavissa materiaaleissa on huolehdittava riittävästä sääsuojauksesta esim. pressuilla ja katoksilla lisäksi huolehditaan että sääsuojia materiaaleille on riittävästi. Sääsuojattaville varastoitaville materiaaleille nimitetään vastuuhenkilö joka huolehtii päivittäin suojausien asianmukaisuudesta. Tarvittaessa materiaalit haalataan sisätiloihin joissa on riittävät olosuhteet kuivumiselle asennuskelpoisiksi (lämpö ja alhainen ilmankosteus RH). Ennen paikoilleen asennusta materiaalien asennuskelpoisuudesta on varmistuttava tarvittaessa kosteusmittauksin.

Suojaustoimenpiteissä tulee ottaa huomioon, mitkä materiaalit voivat itse vaurioitua kosteuden vaikutuksesta ja mitkä voivat kastuessaan välillisesti aiheuttaa kosteusvaurion. Esimerkiksi kartonkipintainen kipsilevy on tuote, joka voi jo hyvin korkean ilman suhteellisen kosteuden vaikutuksesta vaurioitua ja pinnoille voi muodostua orgaanista kasvustoa. Itse kipsi ei siedä vettä juuri lainkaan. Tiilet, kevytsoraharkot ja betonituotteet puolestaan voivat kastuessaan imeä itseensä huomattavia määriä kosteutta (jopa 300-400 litraa/m<sup>3</sup>) vaurioitumatta. Kosteus voi kuitenkin muodostua ongelmaksi, kun nämä materiaalit pinnoitetaan ja päällystetään.(RIL 250-2011, 103.)

## 4.2 Kosteus rakenteissa

Rakennuskosteus pyrkii poistumaan rakenteesta kunnes rakenne on saavuttanut tasapainokosteuden ympäristön kanssa. Tasapainokosteus on tilanne, jolloin kosteutta ei siirry ympäristön ja rakennusaineen välillä. Tasapaino riippuu ympäröivän tilan kosteudesta ja lämpötilasta sekä rakennusaineen ominaisuuksista. (RIL 250-2011, 68.)

Betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on valuvaiheessa 100 %:a. Suhteellinen kosteus voi betonilaadusta riippuen 98 -90 %:iin pelkästään sitoutumiskuivumisen vaikutuksesta. Jotta betonirakenne kuivuisi edellä mainittuja suhteellisen kosteuden arvoja alhaisemmaksi, osan fysikaalisesti sitoutuneesta vedestä on poistuttava betonin huokosrakenteesta. Betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on yleensä suurempi kuin ympäröivän ilman suhteellinen kosteus, minkä vuoksi betonin ja ilman rajapinnan kautta siirtyy vettä ilmaan haihtumalla. Pinnan kautta haihtuneen veden tilalle siirtyy kosteutta suuremman kosteuspitoisuuden omaavasta betonirakenteen osasta. (Merikallio 2002, 33.)

Tasapainokosteuden saavuttamiseksi rakenteita ympäröivät olosuhteet (ilmankosteus ja lämpö) pyritään saamaan sellaisiksi että rakenteilla on mahdollisuus kuivua hyväksyttävälle tasolle siten että ne ovat päällystettävissä valituilla materiaaleilla. Kosteuden poistumisnopeuteen vaikuttavat mm. rakenteen paksuus, voiko rakenne kuivua yhteen vai kahteen suuntaan (lattia) ja rakennusaikana tapahtunut mahdollinen kastuminen. Jos rakennuskosteus ei ole riittävästi poistunut esimerkiksi betonilattiasta, voi liian tiiviin pinnoitteen alle kerääntyä kosteutta, joka aiheuttaa homevaaran. (RIL 250-2011, 68.)

## 4.3 Olosuhdehallinta

Kosteuden tasaantumista rakenteissa edistetään työmaan riittävällä lämmityksellä ja ilmanvaihdolla vuodenaika huomioon ottaen. Rakenteiden kuivumista kriittisissä rakenteissa joissa vaaditaan tehostettua kuivatusta, voidaan käyttää paikallista lämmitystä kuivumisen jouduttamiseksi.

Talvella rakenteet saadaan parhaiten kuivatettua lämmittämällä sisäilmaa. Riittävä lämpö ajaa kosteutta pois rakenteista ja pitää sisäilman kuivana vastaanottamaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Osastoittain kuivattava tila tulee tehdä mahdollisimman ilmatiiviiksi, ettei lämmin ilma pääse kulkeutumaan lämmittämättömiin tiloihin, sillä kosteus voi tiivistyä uudestaan rakennuksen kylmiin pintoihin. Loppukeväällä ja syksyllä rakenteiden kuivumista voidaan tehostaa nostamalla lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Kesällä ja alkusyksystä ulkoilman kosteussisältö voi olla niin suuri, että kosteuden poistuminen sisäilmasta edellyttää, että kuivatettava tila on tehty huolellisesti ilmatiiviiksi. Näillä toimenpiteillä varmistetaan, ettei kerätä ulkoilman kosteutta vaan rakenteista vapautuvaa kosteutta. Ilmakuivaajat pitävät tarvittaessa ilman suhteellisen kosteuden riittävän alhaisena, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista haihtuvaa kosteutta. Kosteustuottoa aiheuttavat työvaiheet (ruiskutasoitukset, alustojen kostutukset) on syytä suorittaa kylmänä vuodenaikana vain, jos ilmatiiveys ja kuivatus ovat kunnossa. (RIL 250-2011, 105.)

Huokoisena materiaalina betoni pystyy luovuttamaan itsestään kosteutta ympäristöön, se pystyy myös vastaanottamaan sitä. Pyrkinessään tasapainokosteuteen ympäristön kanssa, betoni voi vastaanottaa ilman kosteutta. Merkittävin tekijä on kuitenkin betonin kyky imeä vettä. Rakennusaikana betonirakenteet joutuvat lähes poikkeuksetta tekemisiin veden kanssa mm. vesi- ja lumisateen, märkien työvaiheiden sekä vesivahinkojen vaikutuksesta. Kastumisen vaikutus betonirakenteen kuivumiseen on sitä merkittävämpi, mitä korkeampi betonin vesisideainesuhde on (mitä alhaisempi lujuusluokka). Betonin vesisementtisuhteen pienentyessä betonista tulee tiiviimpää, jolloin sen kyky imeä vettä heikkenee. Kastumisen vaikutus on myös sitä suurempi, mitä myöhemmässä vaiheessa kastuminen tapahtuu. (Merikallio 2002, 34.)

Korjausrakennuskohteissa betonin kastumisen ehkäisyllä on merkitystä. Ehkäisevillä toimenpiteillä, kuten timanttisahauksissa lattiarakenteidensuojauksilla ja vesi-imurilla sahauksista tulevat vedet voidaan poistaa pienellä vaivalla, sisäänkäyntien tai aukkojen lattioiden suojauksilla ulkoa kulkeutuvalta kosteudelta. Rakennusvaiheiden edetessä tällaiset pienet asiat jäävät usein huomioimatta ja kosteusmittaukset paikallisesti tekemättä. Päälystettäessä kyseisiä rakennusosia tiiviillä pinnoitteilla on olemassa riski paikalliselle kosteusvauriolle ja sisäilmaongelmalle jo rakennusaikana. Arkipäivän rakentamisessa pienissäkin asioissa on kiinnitettävä huomiota kosteudenhallintaan. Pienilläkin toimenpiteillä voidaan vaikuttaa reklamaatioiden syntymisen ehkäisyyn ja ylimääräisten paikallisten kuivatuksen tarpeeseen. Teoksessa Betonira-

kenteiden kosteudenmittaus ja kuivumisen arviointi (2002, 34.) esitetään että, taulukon mukaan K30 betoni joka on 8 viikkoa kuivunut valuhetkestä, kykenee imemään 1m<sup>2</sup> kohti 0,939 litraa vettä kahdessa tunnissa. Kuivunut betoni pystyy imemään itseensä huomattavia määriä kosteutta lyhyessäkin ajassa. Rakenteet ja materiaalit tulee suojata sateelta mahdollisuuksien mukaan, sillä kastuminen lisää merkittävästi sekä kuivaustarvetta ja materiaalihukkaa. Kastuneen materiaalin tai rakenneosan käyttö voi myös myöhemmin aiheuttaa terveyshaitan rakennuksen käyttäjälle.

Kastumisen estämisen osa-alueita ovat mm: (RIL 250-2011, 102.)

- rungon suojaaminen kastumiselta
- materiaalien kastumisen ehkäiseminen
- keskeneräisten rakenteiden suojaus
- esivahinkoihin varautuminen sekä niiden ehkäiseminen.

## 5 KOSTEUSMITTAUKSET

Kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään: (Mikko Kallinen, 2002.)

- mitä mittauksia tehdään
- mittausmenetelmä ja laitteisto
- mittauslaitteiden kalibroinnin tarkistus
- mittaustyöntekijä
- mittausten aikataulu, laajuus, ja tarvittavien toimenpiteiden sijainti.

Kosteudenhallintaan liittyviä mittauksia ovat sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakennekosteusmittaukset. Työmaan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaustulosten perusteella päätetään tapauskohtaisesti, tuleeko kohteen lämpötilaa nostaa vai laskea, tuleeko ilmanvaihtoa lisätä vai voidaanko sitä vähentää vai tarvitaanko sisäilman kosteuden alentamiseksi jopa ilmankuivaajia. Sisäilmamittauksia voidaan tehdä joko kertaluonteisina kiertämällä työmaalla lämpötila- ja kosteusmittarin kanssa tai pidempikestoisesti mittalaitteella, jossa on tiedonkeruulaite.

Rakenteista tehtävien seurantamittausten avulla todetaan rakenteiden kuivumisen edistyminen suunnitellussa aikataulussaan tai siihen liittyvät poikkeamat. Mikäli mittaustulokset osoittavat, että kuivuminen ei ole edennyt suunnitelmien mukaan, lisäkuivatusmenpiteisiin voidaan ryhtyä ajoissa ilman aikatauluviivytyksiä.  
([www.pohjoismaisetrakennuspaivat.fi](http://www.pohjoismaisetrakennuspaivat.fi))

Betonirakenteista tehtävillä suhteellisen kosteuden mittauksilla (RH- mittaus) saadaan selvitettyä rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä sekä rakenteen kosteusjakamaa, josta voidaan mm. arvioida, mihin suuntaan kosteus rakenteessa liikkuu. Mittaustulosten perusteella voidaan arvioida kuinka paljon rakenteessa on ympäristöön nähden ylimääräistä kosteutta ja voidaanko rakenne päällystää tai pinnoittaa ilman kosteusvaurioriskiä. Mittausten perusteella voidaan myös arvioida kosteusvaurion syytä ja laajuutta sekä mahdollista kuivaustarvetta. (Merikallio 2002, 11.)

## 5.1 Mittausmenetelmät

- pintakosteudenosoittimet
- rh-mittaus porareikämenetelmällä
- pinnoitteen pintamittaus viiltomenetelmällä
- rh-mittaus näytepalamenetelmällä.

## 5.2 Pintakosteudenosoittimet

Rakenteiden kosteustilaa voidaan selvittää ainetta rikkomattomilla pintakosteusmittauksilla. Pintakosteusmittareiden toiminta perustuu mitattavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa tapahtuviin materiaalin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin. Mittalaitteiden toimintaperiaatteissa on eroja ja erimerkkiset laitteet voivat antaa samasta mittauspisteestä suuriakin eroja. Vaihtelusta johtuen mittaustuloksia voidaan pitää lähinnä suuntaa antavina. Mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat: Betonin vesi/sementtisuhde. Mitattaessa nopeasti kuivuvaa betonia jossa alhainen vesisementtisuhde, mittaus voi antaa hyvinkin korkeita lukuja vaikka todellisuudessa betoni olisi kuivaa. Lisääntynyt sähkönjohtavuus lisää myös mittalaitteen antamaa kosteuslukemaa. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi, betonirakenteen pinnan läheisyydessä olevat raudoitteet, vesiputket ja sähköjohdot. Myös betonipinna karheus ja epätasaisuus voivat suurentaa mittaustulosten hajontaa. (Merikallio 2002, 6.)

Pintakosteudenosoittimet soveltuvat parhaiten tilanteisiin joissa rakenteista haetaan kosteampia kohtia esim. porareikämittausta varten. Pintakosteusmittauksia tehdessä tulee muistaa että ne nimensä mukaisesti määrittävät vain rakenteiden pintaosien ominaisuuksia. Esimerkiksi laatoitetussa ja vesieristetyssä rakenteessa ne eivät ilmoita onko kosteus vedeneristeen päällä vai alla. Pintakosteusmittausten perusteella ei tule tehdä päällystettävyyttä päätöksiä, määrittää betonirakenteiden kuivatustarvetta eikä myöskään tehdä rakenteiden purkupäätöstä. (Merikallio 2002, 7.)

### 5.3 Rh-mittaus porareikämenetelmällä

Mittauskohdat valitaan ottaen huomioon rakenteen tyyppi ja mitat, betonin ominaisuudet, anturin ominaisuudet ja mittaushetkellä vallitsevat ympäristöolot. (RT14-10675 1998, 1) Koska betonirakenteen Rh-mittaukset ovat ainetta rikkovia sekä yleensä aikaa vaativia, mittauspisteiden lukumäärä on rajallinen. Mittauskohteiden valinnassa käytetään apuna mm. pintakosteusmittauksia, rakennepiirustuksia, aistihavaintoja ja mikrobiutkimuksia. Mittauspisteiden valinnassa tulee ottaa huomioon mittausreikien mahdollisimman siisti paikkausmahdollisuus. Lisäksi esimerkiksi mikrobivaurioituneessa kohteessa on huolehdittava, ettei mittausreiästä pääse mittauksen missään vaiheessa epäpuhtauksia huoneilmaan. (Merikallio 2002, 20.)

Ensimmäinen mittaus tulisi tehdä pian sen jälkeen, kun kuivumisen oletetaan alkavan (rakenne ei enää kastu ja kohteessa on riittävästi lämpöä). Tällöin saadaan käsitys rakenteiden kosteustilasta ja kuivatustarpeesta. Seurantamittauksia tehdään 2-4 viikon välein (riippuen kuivatusajasta) ja viimeinen (yleensä kattavampi ja tarkempi) mittaus vähän ennen päällystystyötä. (Merikallio 2002, 21.) Mittaussyvyyteen vaikuttavat rakennetyyppi ja rakenteen paksuus. Mittaus tehdään vähintään kolmesta eri syvyydestä, siten saadaan selville rakenteen kosteusjakauma. Reikien keskinäinen etäisyys 100...300 mm. Kosteustilanteen selvittäminen vaatii useampia mittausreiä (suositus vähintään 3 kpl.) jolloin arvostelu on luotettavaa ja rakenteen kosteusliikkeitä luettavissa.

Porausreiän tulee olla korkeintaan 2mm. suurempi kuin kosteusanturin ulkohalkaisija. Porausreikä puhdistetaan huolellisesti imuroimalla ja reikään asennetaan muoviputki joka suljetaan tiiviisti Mal-kitillä. Mittaustulos saadaan siten putken alapään kohdalta, ilman suoja-putkea anturi antaa tuloksen koko mittausreiän matkalta ja kosteusjakaman arviointi ei ole luotettavaa.

Jos mittaus epäonnistuu tai on syytä epäillä mittauksen luotettavuutta, mittausvirheidensä syitä voivat olla.

- olosuhdemuutokset, lämpötilan vaihtelu mittauspaikalla
- riittävä anturin tasaantuminen porareissä, vähintään tunti
- mittausreiän tasaantumisaika, vähintään 3 vrk
- mittausreiän puutteellinen tiivistys, ilmavuoto mittareikään
- mittapään kalibrointi, laitekohtaiset ohjeet
- väärä mittaussyvyys
- betonin lämpötila
- lämpötilaero.

#### 5.4 RH-mittaus viiltomittauksella

Mikäli betonilattian kosteutta epäillään päällystemateriaalin vaurion aiheuttajaksi, on ensiarvoisen tärkeää tietää, mikä kosteus vallitsee välittömästi päällysteen alla. Betonin pintaan liimattujen muovi-, kumi- ym. mattojen alapuolinen kosteus voidaan mitata viiltomittauksella, jossa suhteellisen kosteuden mittapää työnnetään päällysteen alle päällystemateriaaliin tehdyn viillon kautta. Ennen mittapään asentamista päällysteen alle tulee tehdä jollakin terävällä työkalulla, esimerkiksi puukolla, vapaa reitti mittapään rikkoutumisen ehkäisemiseksi. Viiltomittauksessa mittapään annetaan tasaantua päällysteen alla 15- 30 minuuttia. Koska liiman kemikaalit voivat vaikuttaa mittapään muuttamaan sen näyttämää, mittapää ei tule pitää pitkiä aikoja päällysteen alla ja mittapää on syytä kalibroida mittausten jälkeen. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 91.)

#### 5.5 RH-mittaus näytepalamenetelmällä

Näytepalamenetelmä on porareikämenetelmää nopeampi ja luotettavampi betonirakenteen suhteellisen kosteuden (RH) määrittämiseksi. Menetelmää käytetään lähinnä niissä tilanteissa, kun mittaustulos halutaan nopeasti, olosuhteet mittauskohdassa ovat epävakaita tai kun betonin lämpötila on porareikämittaukselle selvästi liian alhainen tai liian korkea. Mittauspisteestä porataan betonirakenteeseen 100...150 mm piiri joko poralla tai kuivaporaukruunulla, tavoitteena on noin 5mm mittaussyvyyttä ylem-



pänä oleva pinta. Näytteenottokohdasta piikataan murusia siten että murusten määrä on noin 1/3 koeputken tilavuudesta. Näytteet laitetaan koeputkeen mittapään kanssa ja tiivistetään vesihöyryntiiviisti esim. sinitarra. näytteen tulee tasaantua vähintään 6 tuntia vakiolämpötilassa 20 °C päällystettävyyksmittauksia tehtäessä. (Merikallio 2002, 18) Menetelmä on myös luotettavampi porareikämittaukseen verrattuna mitattaessa suhteellista kosteutta tasoitteen ja betonin rajapinnasta jossa tasoitteen paksuus on yleensä vain muutamia millimetrejä.

## 5.6 Esimerkkejä mittaussyvyyksistä eri rakenteille

Betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) tulee mitata

Maanvastainen teräsbetoni laatta 200mm.

- rakenteen pinnasta (0-10mm)
- 20-30mm syvyydeltä
- 0,4 x koko rakenteen paksuudesta.

Kahteen suuntaan kuivuva rakenne.

- rakenteen pinnasta (0-10 mm)
- 20-30 mm syvyydeltä
- 0.2 x koko rakenteen paksuudesta.

## 5.7 Kosteusvauriotutkimus

Vesivahinkokohteissa kosteusmittauksilla pyritään selvittämään vesivahingon laajuutta sekä määrittämään kuivaustarvetta. Tarvittaviin mittauksiin tulee ryhtyä mahdollisimman pian vahingon havaitsemisen jälkeen, jotta vuotokohta saadaan paikallistettua ja tarvittaviin kuivaustoimenpiteisiin ryhtyä välittömästi.

Mittauspisteiden määrän tulee olla sellainen että kastunut alue kyetään luotettavasti rajaamaan. Oleellista on tehdä kastuneiden alueiden lisäksi vertailumittaus oletetusta kuivasta kohdasta. (Merikallio 2002, 1.) Kosteusvauriotutkimuksissa mittaussyvyyydet eivät ole samat kuin ennen päällystystä tehtävissä mittauksissa. Vauriotutkimuksissa oleellisinta on nimenomaan päällysteen alapuolinen kosteus, mutta syyn selvittämi-

seksi usein määritetään myös koko rakenteen kosteusprofiili. Kriittisenä betonin suhteellisen kosteuden arvona voidaan pitää 85 %:a kun kosteus on mitattu välittömästi muovimaton alta. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 38.)

(Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 92.) Vesivahingon kuivumisen seurannassa on otettava huomioon rakenteiden kuivauksessa käytettävä lämmitys mittauksia tehdessä. Lämmentyneen betonirakenteen on annettava jäähtyä ennen kuin luotettavia mittauksia pystytään saamaan.

## 6 PÄÄLLYSTETTÄVYYDEN ARVIOINTI

Rh- mittausten tuloksia tulkittaessa tulee huomioida mm.

- mikä on rakenteen normaali kosteus rakenneratkaisu ja rakenteen ikä huomioiden
- esiintyykö rakenteissa poikkeuksellisen korkeita kosteuspitoisuuksia
- miltä syvyydeltä kosteus on mitattu
- olosuhteiden, erityisesti lämpötilan, vaikutus mittaukseen.

Betonirakenteen sallittu kosteus riippuu merkittävästi siitä, mikä rakenne on kyseessä. Sisätiloihin rajoittuva betonirakenne kestää hyvinkin korkeaa kosteutta, sillä betonin lujuusominaisuudet eivät kosteuden vaikutuksesta heikkene toisin kuin esimerkiksi puun. Oleellisinta on, ettei betonin kosteus pääse kosketuksiin betonissa kiinni olevaan kosteusherkkään materiaaliin esim. puuhun, muovimattoon, liimaan tms.

(Merikallio 2002, 28.) Betonirakenteen pintaa voidaan pitää kuivana, kun RH noin 2cm:n syvyydellä on alle 75 %:a. Tällainen kosteustaso on saavutettavissa suhteellisen helposti kun rakennetta on kuivattu jonkun aikaa olosuhteissa jossa ilman Rh on ollut alle 60 %:a. Poikkeamia saattaa aiheuttaa normaalia paksummat tasoitekerrokset ja liiallinen vedenkäyttö tasoitteissa. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007, 44.)

<i>Taulukko 1. Eri julkaisuissa ilmoitettuja päällystemateriaalikohtaisia alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja. Alustabetonin suhteellisen kosteuden RH (%) enimmäisarvot päällystyshetkellä</i>				
Päällystemateriaali	SisäRYL 2000	by45/BLY7 Betonilattiat 2002	by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2007 1)	Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet (2007) 1) 2)
Alustaan liimattava lautaparketti (ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä)	60 %	85 %	-	85 % (normaalibetoni) 90 % (v/s < 0,5)
Mosaikkiparketti	80 %	80 % (pinta < 75 %)	85 % 90 % (v/s < 0,5)	85 % 90 % (v/s < 0,5)
Kelluva lautaparketti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	90 %	85 % 90 % (kosteutta kestävä tasote tai ei tasoitetta)	85 %
Laminaatti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	-	85 %	85 %
Huopa ja solumuovipohjaiset muovimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa	90 %	90 %	85 %	85 %
Kumimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Linoleumi	90 %	90 %	85 %	85 %
Tekstiilimatot, joissa alusrakenne	85 %	85 %	85 %	85 %
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90 %	90 %	90 %	90 %
Muovilaatat	90 %	90 %	90 %	90 %

Taulukko 1. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvot. (Merikallio T. 2009, 37.)

Riitatapausten mutta myös työmaa-aikaisen kuivattamisen kannalta on ongelmallista, että edellä mainittujen julkaisujen kosteusraja-arvoissa on eroja (taulukko 1). Esimerkiksi *Betonilattiat 2002* julkaisussa alustabetonin suurin sallittu kosteusarvo on kelluvan lautaparketin osalta korkeampi kuin *SisäRYL 2000* julkaisussa. *Betonilattiat 2002* (by45/BLY7 2002,132.) mukaan betonin suurin sallittu suhteellinen kosteus kelluvalla

lautaparketilla päällystettäessä on 85 % ja jopa 90 %, jos puun ja betonin välissä olevan kosteuseristyksen alla on kosteudenpoistokanavointi. *SisäRYL 2000* edellyttää puolestaan 80 %:n ja jopa 60 %:n suhteellista kosteutta, jos puun ja betonin välissä ei ole kosteudeneristystä (*SisäRYL 2000*, s. 332). *Betonirakentamisen laatuohjeet 2007* (by47 2007, s. 87) julkaisussa kelluvan lautaparketin edellyttämä alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo on 85 %, mutta kosteutta kestävää tasoitetta käytettäessä tai ilman tasoitetta sallitaan myös 90 %. Myös muovi- ja linoleumipäällysteiden kosteusraja-arvoissa on eroja. Esimerkiksi ilman huopa- tai solumuovipohjaa olevalla homogeenisella, yleensä hyvin tiiviillä, muovimatolla ja linoleumilla kosteusraja-arvon on *SisäRYL 2000*:n (*SisäRYL2000*, 318) ja by45/BLY7:n (by45/BLY7 2002, 132) mukaan 90 %, mutta by47:n mukaan 85 % (by47 2007, 89). Sinänsä varsin erikoista, että tiiviillä muovimatolla päällystettäessä sallitaan korkein kosteus, vaikka juuri niiden yhteydessä riski kosteuden kerääntymisestä päällysteen alapuoliseen liima- ja tasoitekerrokseen on suurin. Vaurioitumisriski on ilmeinen erityisesti maanvaraisissa lattioissa, joissa kosteusvirta on maaperästä huonetilaan päin. *SisäRYL 2000* -julkaisun ohjeen mukaan (*SisäRYL2000*, 332) betonialustan kosteus mitataan suhteellisena kosteutena Rakennustietosäätiön julkaiseman ohjekortin RT 14–10675 *Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen* mukaisesti. Ohjekortissa on kuitenkin maininta: *Alustan kosteuden enimmäisarvoissa sovelletaan ensisijaisesti päällysteen, verhoustarvikkeen tai maalin valmistajan ohjetta kyseille tarvikkeille.* (Merikallio T. Väitöskirja 2009, 48.)

Merikallion tekemän väitöskirjan mukaan eri julkaisuissa esitetyt ohjeet ja raja-arvot päällystettävyydelle ovat varsin kirjavat. Oman kokemuksen mukaan työselityksissä aika usein viitataan *SisäRYL 2000* ohjeistoon joka sallii varsin suuria RH-pitoisuuksia päällystettäville materiaaleille. Lisäksi yleiset viittaukset YSE 1998 ja hyvään rakennustapaan ovat yleisiä tämä menettely mahdollistaa työmailla kirjavaa määräysten tulkintatapaa ja määräysten soveltamisen vaara kiireen lisääntyessä kasvaa. Kuitenkin päällystettävän materiaalin valmistajan ohjeet päällystettävyydelle on määräävät kun päätetään päällystys töiden aloittamisesta. Usein päällystystöiden alkamisesta päätetään kun todetaan betonin olevan sallituissa RH raja-arvoissa, tasoitteiden levityksen jälkeen tulee varmistua mittauksin päällystettävyydestä. Tehtyjen tutkimusten mukaan (Merikallio, Niemi, Komonen, 2007, 43) 2mm:n paksuinen hienotasoitekerros lattiassa voi nostaa normaalista rakennebetonista tehdyn rakenteen pintaosien (20mm:n syvyydellä) suhteellista kosteutta jopa 10 %, kun betonin kosteus ennen tasoittamista 80 %:a. Rakenteen kuivuminen tasoitusta edeltäneeseen kosteustilaan kesti noin viikon. Tasoite itse kuivuu hyvinkin nopeasti mutta pohjustuksesta huoli-

matta tasoitteet kastelevat alapuolisen betonirakenteen pintaosia. Tuotevalmistajien arvioista tasoitteen kuivumisaikoihin tulee suhtautua varauksella koska näissä ei liene otettu huomioon betonin pintaosien kastumista. Vastaavan työnjohtajan tietämys betonin kosteusteknisestä toiminnasta on päällystettävyydestä päätettäessä eduksi.

Julkaisussa Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen 2007 (Betonitieto Oy ja Lattian- ja Seinänpäällysteliitto ry) määritellään alustabetonin kosteustarkastelu tarkemmin kuin esim. SisäRYL 2000:ssa ja sitä täydentävässä RT- ohjekortissa 14- 10675 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus, joka on vuodelta 1998. (Vuonna 2010 ilmestynyt uusi RT 14- 10984.) Poikkeaminen em. asiakirjoista tulee aina perustella, ellei asiakirjojen pätevyysjärjestystä ole määritelty esim. urakkasopimuksessa. (by54/BLY12, 2010, 29.)

## 7 SEURANTA JA VALVONTA TYÖMAALLA

Rakennustyömaalla kaikkien osapuolten tulee tiedostaa ja huolehtia vastuualueeseensa kuuluvat kosteusteknisesti tärkeät seikat sekä ilmoittaa havaitsemistaan kosteusriskeistä ja vaurioista välittömästi työmaan johdolle. Sopimusasiakirjoissa tulee sopia eri osapuolten tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta.

Työmaan muistilista kosteudenhallinnan valvontaan ja seurantaan:

- työmaalla kosteusvastaava joka mieluiten päätoiminen (työmaan koko huomiottaen)
- työmaan päivittäinen tarkkailu ja tarvittaessa dokumentointi
- mikrobiherkkien rakenteiden ja tarvikkeiden suojaus
- kosteudenhallintasuunnitelmassa suunnitellut ja sovitut asiat toteutuvat
- työmaan olosuhteiden seuranta
- tarvittavien lämmittimien ja kuivaimien hankinta
- suojauksien ja vedenohjauksien toimivuuden varmennus
- puutteiden korjaus ja parannusehdotusten tekeminen
- vesivahinkotapauksissa oikeat ja tarvittavat toimenpiteet
- tilaa tarvittavat tutkimukset pätevyityneeltä kosteudenmittaajalta
- vedenkäytön minimointi
- sääsuojien rakentaminen kosteusriskien minimoimiseksi
- vaatii kaikilta työmaalla toimivilta henkilöiltä tässä listassa olevien asioiden huomiointia ja ehdotonta tiedottamista havaituista puutteista ja poikkeamista (RIL 250-2011, 2011, 108.)
- pinnoituskelpoisuuden kosteusmittaukset suoritetaan tasoitettöiden jälkeen. betonin kosteusmittaukset tehdään suunnitelmien ja annettujen ohjeiden mukaisesti
- tasoitevahvuuksiin kiinnitetään huomiota suositus matala- alkalisen tasoitteen minimistä on edelleen 5mm
- lattia- ja betonirakenteiden päällystämisen jälkeen suositellaan tehtäväksi uusi mittaus lattiapäällysteen alta viiltomittauksella. Seurantamittauksen ajaksi suositellaan 0,3- 2 vuoden päästä päällystyksestä (Kallinen, Mikko 2012.).

## 8 KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA ESIMERKKI

### **Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitettävät vaatimukset**

#### **Perustiedot**

Tässä kohdassa mainitaan toimeksiantaja, kohteen tiedot ja rakennuksen käyttötarkoitus. Lisäksi tiedot kenelle raportti on osoitettu. Esim. Erityistä huomiota tulee kiinnittää siihen, että vaadittavat kosteudenhallintatoimenpiteet ovat tiedossa kaikilla alueella työskentelevillä henkilöillä.

#### **Kuivumisen olosuhteet**

Jälkihoidon pituus, sementtiliman poisto, vuodenajan huomioonottaminen, (ulkoilman RH.), kosteuden poisto koneellisesti, tilojen tuuletus koneellisesti tai tuuletuksella, betonilaatan lämmityksen tarve ja tilan lämpö riittävälle kuivumiselle (+18 °C). Kuivumisaikojen sisäilman olosuhteiden mittaus suoritetaan tallentavalla mittalaitteella. Mittauspöytäkirjan arkistointi ja toimitus tilaajalle.

#### **Päällystettävyydsmittaukset**

Rakenteiden mittaajalta edellytetään perehtyneisyyttä rakennustekniikkaan sekä rakenteiden ja rakennusmateriaalien riittävää tuntemusta. Ammattipätevyydestä on osoituksena muodollista pätevyyttä osoittava asiakirja – pätevyystodistus. (VTT:n Rakenteidenkosteudenmittaaja tai FK: päteväitönyt kosteudenmittaaja) (RT 14-10984, 2010) Betonilaatan päällystettävyyden varmistetaan suhteellisen kosteuden mittauksin RT 14-10984 mukaisesti. Lisäksi kosteusmittausraportissa on esitettävä vesihöyrysisältö g/m<sup>3</sup>. Päällystettävyyden mittauksen tulokset merkitään pohjapiirustukseen. Mittauspisteet valitaan pintakosteuskartoituksessa havaittuihin kosteimpiin alueisiin. Kosteudenmittaukset suoritetaan näytepalamenetelmällä. Betonilaatan suhteellinen kosteus voidaan mitata myös porareikämenetelmällä. Jokaisessa porareikämittauspisteessä tulee olla vähintään kaksi rinnakkaista mittausreikää / mittauspisteen syvyys. Rinnakkaisreikien etäisyys on esim. 100–300 mm. Porareikämittauksessa betonilaatan ja huoneilman olosuhteet on oltava tasalaatuiset (+20 °C ±2 °C) vähintään 5 vuorokautta ennen mittauksen aloittamista. Mittauspisteiden tasaantumisajankäyttö sekä mittausajankäyttö ilman ja betonilaatan lämpötilan on oltava +20 °C, ±2 °C. Näytepalamittausraportin sisältö tulee hyväksyttävä suunnittelijalla, valvojalla ja tilaajalla, ennen betonirakenteiden pintamateriaalien asennusten aloittamista. Näytepa-



lamittausraportin sisältö on esitetty RT 14- 10984 kortissa kohdassa 6.6. Mittauspöytäkirja arkistoidaan ja toimitetaan tilaajalle myöhempää käyttöä varten.

### **Betonilaatan kuivumisaikana tehtävät mittaukset**

Kosteuden mittaaminen aloitetaan pintakosteuskartoituksella. Tällä selvitetään samassa rakenteessa eri alueilla olevia mahdollisia kosteuspiitoisuseroja. Pintakosteuskartoitus tehdään esim. 1m x 1m ruudustossa.

Esimerkki: Uuden valetun betonilaatan mittaukset. 8 viikkoa kuivumisen alkamisesta (olosuhteet kuivumiselle) tehdään alustava kosteudenmittaus kahdella mittauspisteellä. Kosteusmittaukset suoritetaan näytepalamittausmenetelmällä. Toinen mittauspiste on valittava betonilaatan vahvennuksen alueelle ja toinen vahventamattomaan betonilaattaan.

Menetelmäohje mittaukselle RT-14-109984 kohdat 6.3 ja 6.4.

### **Betonilaatan päällystettävyyden tasoittamista**

Kosteuden mittaaminen aloitetaan pintakosteuskartoituksella. Ennen tasoittamista suoritettava kosteudenmittaus suoritetaan, kun alustavan kosteudenmittauksen ja arvioinnin perusteella voidaan arvioida betonilaatan kuivuneen päällystyskelpoiseksi.

Esimerkki: Betonin suhteellinen kosteus (RH- %) vahventamattomassa (80mm paksu betonilaatta) ennen päällystystyöhön ryhtymistä määritetään arviointisyvydeltä ( $A = 32 \text{ mm}$ ).  $A = 0.4 \times 80\text{mm} = 32\text{mm}$ . Lisäksi mitataan rakenteen pinnan (näytepalamittaus) ja pintaosien kosteus syvyydeltä  $0,4 \times 32 \text{ mm} = 12,8\text{mm}$ . (porareikämittaus) kun laatan paksuus 80mm.

Betonilaatta 80 mm.

Alapohjan pintamateriaali on keraaminen laatta. Arviointisyvydellä  $A= 32 \text{ mm}$  suhteellisen kosteuden raja-arvo on 85 %:a. Pintaosan ( $0.4 \times A$ ) arviointisyvydellä 12.8 mm suhteellisen kosteuden raja-arvo on 75 %.

Alapohjan pintamateriaali on muovimatto. Arviointisyvydellä  $A= 32 \text{ mm}$  suhteellisen kosteuden raja-arvo 85 %:a. Pintaosan ( $0.4 \times A$ ) arviointisyvydellä 12.8 mm suhteellisen kosteuden raja-arvo on 75 %:a.

Vahvennettu betonilaatta 130 mm.

Betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH- %) määritetään arviointisyvyydeltä ( $A= 52$  mm). Lisäksi mitataan rakenteen pinnan ja pintaosien kosteus syvyydeltä  $0,4x A= 20,8$  mm. rakenteen pinnasta.

Alapohjan pintamateriaali on keraaminen laatta. Arviointisyvyydellä  $A= 52$  mm suhteellisen kosteuden raja-arvo 85 %:a. Pintaosan ( $0,4x A$ ) arviointisyvyydellä 20,8 mm suhteellisen kosteuden raja arvo on 85 %:a.

Alapohjan pintamateriaali on muovimatto. Arviointisyvyydellä  $A= 52$  mm suhteellisen kosteuden raja-arvo 85 %:a. Pintaosan ( $0,4x A$ ) arviointisyvyydellä 20,8 mm suhteellisen kosteuden raja arvo on 75 %:a.

Arviointisyvyys on rakenteen paksuudesta riippuvainen kosteusmittausvyvyys.

### **Betonilaatan päällystettävyyden tasoittamisen jälkeen**

Tasoitteiden jälkeen on suoritettava kosteudenmittaus kun alustavan arvioinnin perusteella voidaan arvioida tasoitteen ja betonilaatan kuivuneen päällystyskelpoiseksi. Tasoittamisen jälkeen betonilaatan minimikuivumisaika on vähintään 5 vuorokautta. Kosteudenmittauksen mittauspisteitä tulee olla riittävästi että saadaan riittävä otanta. Tasoitustöiden jälkeen suoritetaan kosteuden tarkemmittaus tasoitekerroksen ja betonilaatan rajapinnasta näytepalamenetelmällä. Mittauspisteitä on valittava betonilaatan vahvennuksen alueelle sekä vahvistamattomaan betonilaattaan.

Tarkemmittauksella varmistetaan, että betonilaatan pintaosassa kosteuden siirtyminen on riittävän hidasta ja että betonin pintaosat pystyvät vastaanottamaan liimoista tulevat kosteuden.

Betonilaatan paksuus 80mm.

Pintamateriaali on keraaminen laatta. Suhteellisen kosteuden raja-arvo on 85 %:a.

Pintamateriaali on muovimatto. Suhteellisen kosteuden raja-arvo on 75 %:a.

Esimerkkinä oleva kosteudenhallintasuunnitelma on (Kallinen Mikko, Sirate Group Oy, 2012.) ohjeistuksella koottu ja muokattu sovellettavaksi työmaakäyttöön.

## 9 POHDINTA

Onnistuneella kosteudenhallinnalla johon paneudutaan ja sitoudutaan ennen työmaan alkamista, voidaan vaikuttaa työmaan sujuvuuteen ja aikataulussa pysymiseen. Onnistuessaan se vaatii kuitenkin vastaavan työnjohtajan ja työmaamestareiden sitoutumista asiaan. Asioista tiedottaminen ja vaatiminen yhteisten pelisääntöjen noudattamisesta myös muilta työmaalla työskenteleviltä on onnistuneen kosteudenhallinnan ehto. Rakennusalan ammattilaisilla on maine ammattiylpeänä porukkana joka on ylpeä kättensä jäljistä. Työmailla oleva kiire ja aikataulut usein painostavat työnjohtoa tekemään ratkaisuja jotka eivät kestä tarkastelua ”pintaa syvemmälle”. Kiire työmaan loppuvaiheessa joka painostaa tekemään ratkaisuja päällystää materiaaleja liian kostealle alustalle josta seuraa pahimmallaan sisäilmaongelma tai kosteusvaurio. Tästä seuraava jälkipuinti johon sisältyy taloudelliset menetykset ja oma maine huonona rakentajana pysyy tilaajan muistissa pitkään. Oman työnsä tarkasteleminen myös pintaa syvemmältä tuo varmuuden että ollaan oikealla tiellä ja tehdään hyvää jälkeä, tekee vastaavankin työnjohtajan yöunille hyvää. Kosteus ei ole näkyvää eikä oletuksien perusteella tulisi tehdä päätöksiä päällystettävyydestä, vain mittaamalla saadaan varmuus asioiden todellisesta tilasta ja päätökset ovat perusteltuja tulosten perusteella. Näin saadaan turvattua oma selusta takuuajalle ja tilaajallakin jää mielikuva ammattimaisesta ja vastuuntuntoisesta rakentamistavasta.

Työn tarkoituksena oli tehdä suunnitelma kosteudenhallinnasta, joka olisi muokattavissa työmaakäyttöön. Työn alkuosat käsittelevät asioita joissa riskirakenteiden kartoittamista käsitellään. Varsinaisia esimerkkejä riskirakenteista ei ole koska jokainen työmaa on oma yksilönsä ja arvioitava aina erikseen. Riskien hahmottaminen etukäteen voi olla kuitenkin haastavaa jos virhe suunnittelussa ei ole erityisen selvä. Usein ongelmat tulevat eteen työn edetessä ja ratkaistaan sitä mukaa kun niitä ilmaantuu yhteistyössä suunnittelijan kanssa. Kuivumisaika-arvio osuudella on teoreettinen merkitys, ja sillä voidaan tarvittaessa laskea betonin kuivuminen työmaa-aikataulun laadintaa varten. Tilaajalle toimitettavassa aikataulussa betonin kuivuminen voidaan tällä perustella, vuodenaika ja kuivumisolosuhteet tarkentavat alustavien mittausten perusteella lopullista aikataulua.

Aiheeseen tutustuessa tuli ilmi että työnaikainen kosteudenhallinta on myös erityisen tärkeää. Suomessa on neljä vuodenaikaa joka aiheuttaa omat toimenpiteensä materiaalien pitämisessä asennuskelpoisina työmaaolosuhteissa. Nämä asiat ovat yleensä työmailla hallinnassa mutta olennainen asia kosteudenhallinnassa ja siksi mukana

työssä. Rakenteiden kuivatus ja kuivumisaikojen arviointi on asia joka työmaa-aikataulussa yleensä pettää. Vuodenaika huomioon ottaen voidaan vaikuttaa oikeilla toimenpiteillä ja riittävällä panostuksella rakenteita kuivata tehokkaasti. Onnistuakseen vaatii työmaaolosuhteiden seuranta ja reagointia säävaihteluihin.

Lopputyön perimmäinen tarkoitus oli tehdä kosteudenhallintasuunnitelma jonka tulosten perusteella tehdään päällystettävyyden arviointi tapauskohtaisesti. Lopputuloksena on suunnitelma jota muokkaamalla saadaan selvitettyä olennainen ja tarpeellinen ohjeistus rakenteiden kuivaamisesta. Perusajatuksena on suunnitelmassa esitettyjen asioiden toteuttaminen ja dokumentointi. Tällä pyritään siihen että mitään päätöksiä ei tehdä olettamuksien perusteella vaan tehdyt mittaukset olisivat päätösten perusteina. Rakennusalan määräykset uudistuvat koko ajan, silloin tämänkaltaisten suunnitelmien ajan tasalla pitäminen vaatii seuranta ja päivittämistä vaatimuksien muutoksista.

## LÄHTEET

by54/BLY12, 2010. Betonilattioiden pinnoitusohjeet. Helsinki: Suomen betoniyhdistys r.y

ISS Palvelut Oy, www-sivu (viitattu 24.10.2012.). Saatavissa:  
[http://www.fi.issworld.com/iss\\_palvelut\\_yrityksena/pages/tunnusluvut.aspx](http://www.fi.issworld.com/iss_palvelut_yrityksena/pages/tunnusluvut.aspx)

Kallinen, Mikko. Sirate Group Oy, 2012 Betonirakenteiden kosteusmittaukset: riskit toteutuksessa. Kuopio, luentomateriaali.

Merikallio,T. 2002. Betonilattiarakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Betonikeskus r.y

Merikallio,T; Niemi,S; Komonen,J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen betonitieto Oy

Merikallio T, Väitöskirja, 2009. Betonilattian riittävän kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. (viitattu 31.10.2012)  
Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Diss/2009/isbn9789512299577/isbn9789512299577.pdf>

Niemi,S. Vahanen Oy, 2011. Betonirakenteiden kosteus ja päällystäminen sekä työmaan kosteudenhallinta.Luentomateriaali,rakennusterveysasiantuntijakoulutus.

Pohjoismaiset rakennuspäivät, (viitattu 25.10.2012). Saatavissa:  
[http://www.pohjoismaisetrakennuspaivat.fi/Fuktskador%20seminaari%202008/Seppala\\_2.doc](http://www.pohjoismaisetrakennuspaivat.fi/Fuktskador%20seminaari%202008/Seppala_2.doc)

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

RT 14-10675, 1998. Betonin suhteellisen kosteuden mittauss. Rakennustieto Oy

RT 14-10984, 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittauss. Rakennustieto Oy