

# **TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTA**

PK-Yrityksen kosteudenhallinta

Sami Heinämäki

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2014  
Rakennustekniikka  
Talorakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talon rakennustekniikka

SAMI HEINÄMÄKI:  
Työmaan kosteudenhallinta  
PK-Yrityksen kosteudenhallinta

Opinnäytetyö 76sivua, joista liitteitä 16 sivua  
Tammikuu 2014

---

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin työmaan kosteudenhallintaa Pk-Yrityksen näkökulmasta katsottuna. Työn tilaajana toimi Rakennus- ja suunnittelutoimisto Hämäläiset Oy.

Työssä käytiin läpi Suomen sääolosuhteet sekä vuodenaajat ja niiden vaikutus rakentamiseen. Aluksi käytiin myös lyhyesti läpi eri materiaalien fysikaalista ja kosteusteknistä käyttäytymistä. Isona osana työtä oli betonirakentamisen ja eri valmisosien asennus, suojaaminen ja kuivaaminen sekä mahdolliset ongelmakohdat. Myös puurakentamisen kohdalta vastaavat asiat käsiteltiin työssä. Viimeisenä osana työtä oli betonirakenteiden kosteudenmittauksen läpikäyminen ja normien antamat määräykset mittauksien sekä sallittujen kosteuksien suhteen.

Lopputuloksena työstä saatiin ”Menettelyohjeet rakennushankkeen kosteuden hallintaan, missä on lyhyesti tiivistetty ohjeistus kuivana pitämiseen, kuivaukseen sekä kosteudenmittaussuunnitelman, että kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen. Lisäksi tilaajalle tehtiin, tähän työhön perustuen, Excel -taulukkopohjat kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen.

---

Asiasanat: Työmaan kosteudenhallinta, kosteustekninen käyttäytyminen, suojaus, kuivaus, kosteudenhallintasuunnitelma

## **ABSTRACT**

Tampereen Ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering

Sami Heinämäki:  
Construction site moisture management  
SMEs moisture control

Bachelor's thesis 76 pages, appendices 16 pages  
January 2014

---

This bachelor thesis considered the construction site moisture control from the perspective of the SME. The subscriber of this thesis was Rakennus- ja suunnittelutoimisto Hämmäläiset Oy.

The work went through Finnish weather conditions as well the seasons and their effect on construction. At the beginning of the thesis were brief overview of the physical and moisture performance of different materials. A big part of this thesis was concrete construction and installation, protection and dehydrate of prefabricated parts and potential problem areas in construction site moisture control. Also dealt with similar things in wood construction. The last part of the work was the measuring the moisture of concrete structures and standards for measuring and permitted humidity levels.

The result of work was "Instructions for the construction project moisture control" and excel-sheet for drawing up the moisture management plan.

---

Key words: Construction site moisture management, moisture, weather protection, drying, moisture control plan

## SISÄLLYS

1	Johdanto.....	8
1.1	Taustat.....	8
1.2	Tavoitteet .....	8
1.3	PK-rakennusliikkeen kosteudenhallinta.....	8
1.4	Rajaukset.....	9
1.5	Tutkimusmenetelmät .....	9
2	Suomen ilmaston vaikutus rakentamiseen.....	10
2.1	Tilastot suomen sääolosuhteista.....	10
2.1.1	Lämpötilat ja termisen talven pituus .....	10
2.1.2	Sadepäivät .....	11
2.1.3	Sään vaikutus absoluuttiseen ja suhteelliseen kosteuteen.....	11
2.2	Sään ja vuodenaikojen vaikutus rakentamiseen.....	12
3	Kosteusrasitukset, ongelmakohdat ja riskikartoitus .....	15
3.1	Rakennukseen kohdistuvat kosteusrasitukset .....	15
3.2	Rakennekosteus rakenteessa .....	16
3.3	Yleiset ongelmakohdat .....	16
3.4	Riskikartoitus .....	17
4	Betonirakentamisen kosteudenhallinta.....	19
4.1	Normien esittämät vaatimukset .....	19
4.2	Rakenteiden kuivuminen .....	20
4.2.1	Kuivuminen yleensä.....	20
4.2.2	Kuivuminen talvisin .....	21
4.2.3	Kuivuminen kesällä ja alkusyksystä .....	22
4.2.4	Kuivuminen keväällä ja loppusyksystä.....	22
4.2.5	Valmisosien kuivuminen ja muut siihen vaikuttavat asiat.....	22
4.3	Kuivumisaikojen arviointi ja aikataulutus .....	23
4.4	Rakenteiden kuivatus yleensä.....	26
4.5	Rakenteiden kuivatusmenetelmät lyhyesti.....	26
4.5.1	Oma lämmitysjärjestelmä.....	26
4.5.2	Ilmanvaihto .....	27
4.5.3	Kiertoilmalämmittimet.....	27
4.5.4	Ilmankuivaajat.....	28
4.5.5	Rakennuskuivaajat .....	28
4.5.6	Suurtaajuus- ja infrapunakuivaus.....	28
4.6	Sandwich-elementin kuivuminen .....	28
4.7	Ontelolaattojen kuivatus ja vedenpoisto .....	29

4.8	Holvin tiiveys.....	32
4.9	Muita huomioitavia rakenteita.....	33
4.9.1	Ongelmat kelluvissa betonilattioissa.....	33
5	Puu materiaalina.....	34
5.1	Puun fysikaaliset ominaisuudet.....	34
5.1.1	Kosteus puussa.....	34
5.1.2	Puun suositeltavat kosteuspitoisuudet ja puun kuivaaminen.....	35
5.1.3	Puun muodonmuutokset ja laajeneminen.....	35
5.2	Home, laho ja sinistymisen.....	37
5.3	Puu työmaalla.....	37
5.4	Ikkunat ja ovet.....	38
6	Korjausrakentaminen.....	39
6.1	Korjausrakentaminen yleensä.....	39
6.2	Betonirakenteiden kosteusvauriotutkimukset.....	39
6.2.1	Yleistä betonirakenteiden kosteusvaurioista.....	39
6.2.2	Rakenteiden kartoitus ja kosteusvaurion syyn selvitys.....	40
6.2.3	Kosteusmittaukset kosteusvauriotutkimuksissa.....	40
7	Suojaus ja varastointi.....	42
7.1	Suojaus kuljetuksen aikana.....	42
7.2	Välivarastointi ja aikataulutuksen vaikutus varastointiin.....	42
7.3	Rakennusvaiheen aikainen suojaus.....	44
7.3.1	Sadevedet.....	44
7.3.2	Holvit ja pressutus.....	45
7.3.3	Sandwich-elementtien suojaus.....	45
7.3.4	Muuta huomioon otettavaa.....	46
7.4	Suojaustavat.....	46
7.4.1	Sääsuojat.....	46
7.4.2	Rakennuspeitteet.....	47
7.4.3	Koko rakennuksen/rakennuksen osan huputus.....	47
8	Kosteusmittaukset.....	49
8.1	Betonin suhteellinen kosteus.....	49
8.2	Mittausajat ja paikat.....	49
8.3	Mittaus, mittauskalusto ja kalibrointi.....	50
8.3.1	Pintakosteusmittari/kosteusosoitin.....	50
8.3.2	Porareikämittaus.....	50
8.3.3	Näytepalamittaus.....	51
8.3.4	Viiltomittaus.....	51
8.3.5	Mittauspisteet ja mittaus syvyudet.....	52
8.4	Normien antamat maksimi kosteudet eri pinnoille.....	53

9	Menettelyohjeet rakennushankkeen kosteudenhallintaan .....	54
9.1	Lyhyt ohjeistus materiaalien kuivana pitämiseen .....	54
9.2	Lyhyt ohjeistus rakenteiden kuivaukseen .....	55
9.3	Lyhyt ohjeistus kosteusmittaussuunnitelman laatimiseen .....	56
9.4	Lyhyt ohjeistus kosteudenhallintasuunnitelman laatimisen .....	57
10	Yhteenveto.....	58
	LÄHTEET.....	60
	Liite 1. Esimerkki kuivumisaika arvion laskemisesta.....	61
	Liite 2. Excel-pohjat työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen .....	62

## LYHENTEET JA TERMIT

Terminen talvi = Päivän keskilämpötila on pakkasen puolella

Rakennekosteus = Rakennusvaiheen/valmistuksen aikana rakenteisiin tai aineisiin joutuva tasapainokosteuden ylittävä kosteus, jonka on poistuttava.

Suhteellinen kosteus = Prosenttiluku, joka ilmaisee, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryä.

Kosteussisältö = Kertoo paljonko ilmassa on painoyksikössä kosteutta.

Absoluuttinen kosteus = Montako grammaa vesihöyryä sisältyy kuutiometriin ilmaa. Yksikkönä käytetään grammoja kuutiometrissä.

Kyllästyskosteus = Paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa. Jos ilmaan haihdutetaan väkisin vettä yli kyllästyskosteuden, vesihöyry alkaa tiivistyä pisaroiksi. Samoin käy, kun ilma jäähtyy, sillä silloin kyllästyskosteus laskee.

Kastepistelämpötila = lämpötila, johon ilman pitäisi jäähtyä, jotta siinä oleva vesihöyry alkaisi tiivistyä.

Diffuusio = Vesihöyryn siirtyminen suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään

Kapillaarinen kosteus = Materiaaliin huokosalipaineen vaikutuksesta imeytyntä vettä materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan materiaaliin, esim. maaperään.

Veden kapillaarinen siirtyminen = Vesi siirtyy kapillaarisesti materiaalin pääsääntöisesti veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta. Materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen, tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin.

Kondensaatio = Höyryjen tiivistyminen pienhiukkasten pinnoille

Hygroσκοoppinen aine = Aine joka imee ilmasta kosteutta

Anisotropia = Suunnasta riippumaton

Viistosade = Kovan tuulen vaikutuksesta suuntaansa muuttavaa pystysadetta

## **1 Johdanto**

### **1.1 Taustat**

Työmaan kosteudenhallinta on hyvin tärkeää, kun rakennetaan hyvää rakennustapaa noudattaen ja nykyisten määräysten mukaan. Rakennusten kosteus- ja home-ongelmat ovat olleet viimeaikoina runsaasti esillä. Nykyään urakoitsijoilta vaaditaan monessa kohteessa työmaakohtainen kosteudenhallintasuunnitelma. Rakennus- ja suunnittelutoimisto Hämäläiset Oy tarvitsi kosteudenhallinta ohjeistuksen, jonka perusteella voidaan kullekin kohteelle luoda oma kosteudenhallintasuunnitelma. Näin ollen tämä työ syntyi pohtiessa kaikkia asioita, jotka on otettava työmaan kosteudenhallinnassa huomioon, ja jotka aiheuttavat kosteudenhallinnallisia ongelmia työmaalla.

### **1.2 Tavoitteet**

Työn tavoitteena on teorian ja tutkimuksilla saatujen arvojen perusteella pohtia tärkeitä asioita työmaan kosteudenhallinnassa. Tämän työn pohjalta on tarkoitus pystyä luomaan yleispätevä ohjeistus työmaan kosteudenhallintaan ja tekemään työmaakohtainen kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelman avulla on tarkoitus pystyä ennakoimaan eri rakenteiden ja rakennusvaiheiden kosteusriskit. Työmaan hyvällä kosteudenhallinnalla on tarkoitus estää kosteuden pääsy rakenteisiin, sekä tarvittaessa luoda hyvät olosuhteet kosteuden poistumiselle rakenteista.

### **1.3 PK-rakennusliikkeen kosteudenhallinta**

PK-rakennusliikkeen kosteudenhallinnassa on otettava huomioon se, ettei se vie liikaa resursseja, aikaa tai rahaa. Kosteudenhallinnan on kuitenkin toimittava yleisaikataulun puitteissa siten, ettei kosteusongelmia pääse työmaalla syntymään. Kosteus- ja sisäilma-ongelmien korjaaminen ja materiaalihukka vievät paljon aikaa sekä rahaa, ja syövät näin yrityksen katetta suhteettoman paljon. Yhtenä isona asiana on yrityksen maine, sillä jos yrityksen rakentamissa rakennuksissa esiintyy kosteusongelmia, vaikuttaa se eittämättä yrityksen maineeseen hyvänä rakentajana.



## 1.4 Rajaukset

Työ käsittelee tilaajalle tyypillisissä urakoissa esille tulevia kosteudenhallintaan liittyviä asioita. Työssä käsitellään kerros- ja rivitalojen kosteudenhallintaa, sekä siihen liittyvää teoriaa yleisesti. Isossa roolissa on betonirakentaminen, sillä siinä on paljon huomioon otettavia asioita ajateltaessa tilaajan tyypillisiä kohteita. Puurakentaminen ja korjausrakentaminen käsitellään myös työssä, mutta hieman lyhyemmin ja suppeammin. Alueen ollessa näin laaja, asioita ei voida käsitellä täysin yksityiskohtaisesti, jotta työ ei leviäisi liian suureksi ja pääkohdat eivät pääsisi esille. Etenkin kosteuden fysikaalisesta käyttäytymisestä eri olosuhteissa ja rakenteissa, olisi voinut tehdä montakin tämän laajuista työtä. Pohja ja perustusrakentamista käsiteltiin työssä vaan sivuavasti, sillä niiden aiheuttamat ongelmat ovat yleensä suunnitteluvirheitä tai karkeaa huolimattomuutta.

## 1.5 Tutkimusmenetelmät

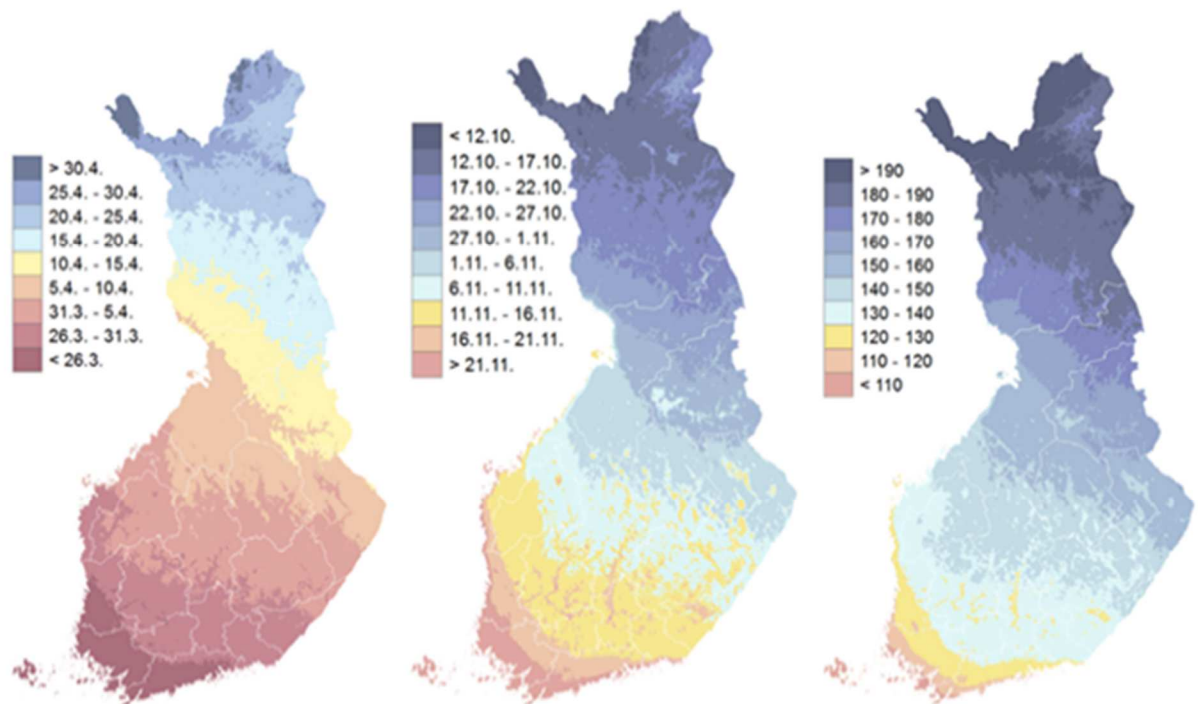
Tutkimus on kvalitatiivinen, eli laadullinen, perustuen olemassa olevaan kirjallisuuteen ja kirjallisuuden tietojen analysointiin. Työssä on tarkoitus kehittää konstruktio yrityksen tarpeisiin ja tutkimusote on näin ollen konstruktiiivinen. Kirjallisuutta, tutkimuksia, ohjeistuksia, määräyksiä ja artikkeleita aiheeseen liittyen tai sitä sivuten löytyi runsaasti. Työssä onkin käytetty laajaa lähdemateriaalia niin itse työmaan kosteudenhallinnasta, sääoloista kuin kosteuden fysikaalisesta käyttäytymisestäkin. Työhön vaikuttivat epäsuorasti niin suunnittelun kuin työmaan johdon ammattilaisten mielipiteet ja epäviralliset haastattelut, suorina lähteinä ei heitä kuitenkaan tässä työssä käytetty.

## 2 Suomen ilmaston vaikutus rakentamiseen

### 2.1 Tilastot suomen sääolosuhteista

#### 2.1.1 Lämpötilat ja termisen talven pituus

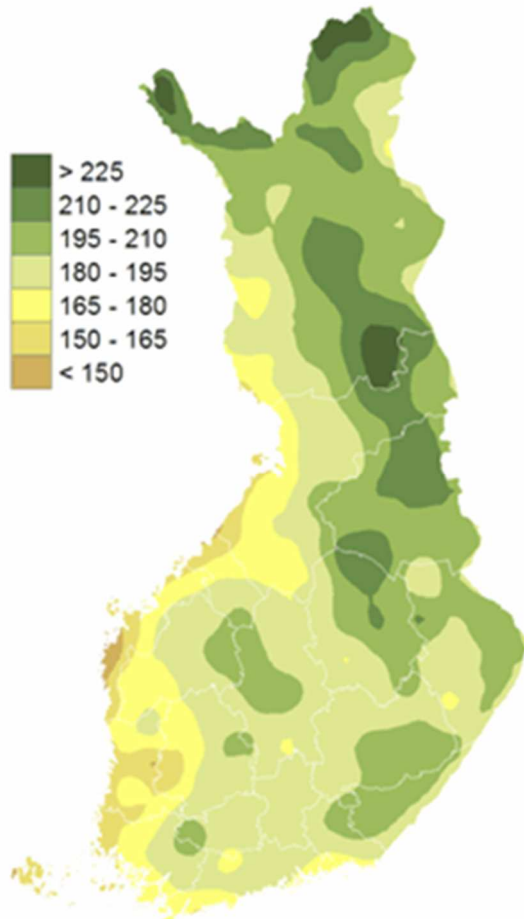
Vuoden keskilämpötilat suomessa vuosina 1981–2012 ovat olleet Helsingissä 5,9 celsiusta ja Sodankylässä -0,4 celsiusta. Samalla ajanjaksolla termisen talven pituus on ollut keskimäärin Etelä-Suomen 110 päivästä aina Pohjois-Suomen 190 päivään. Etelä-Suomessa päivän keskimääräinen lämpötila on ollut pakkasasteilla keskimäärin marraskuun loppupuolelta maaliskuun loppuun ja pohjoissuomessa lokakuun alkupuolelta huhtikuun loppuun. Suuret vaihtelut säässä, pakkanen sekä lumi tuovat suuria haasteita rakennustyömaiden kosteudenhallintaan, niin kastumisen kuin pitkien kuivumisaikojenkin muodossa./1/



**Kuva1.** Termisen talven alku, loppu ja pituus. /1/

### 2.1.2 Sadepäivät

Jos sadepäiväksi luetaan kaikki päivät jolloin vettä kertyy yli 0,1mm, niin suomessa saataa tilastojen mukaan keskimäärin joka toinen päivä. Esimerkiksi syksyllä normaalin sadepäivän sademäärä on 20mm.

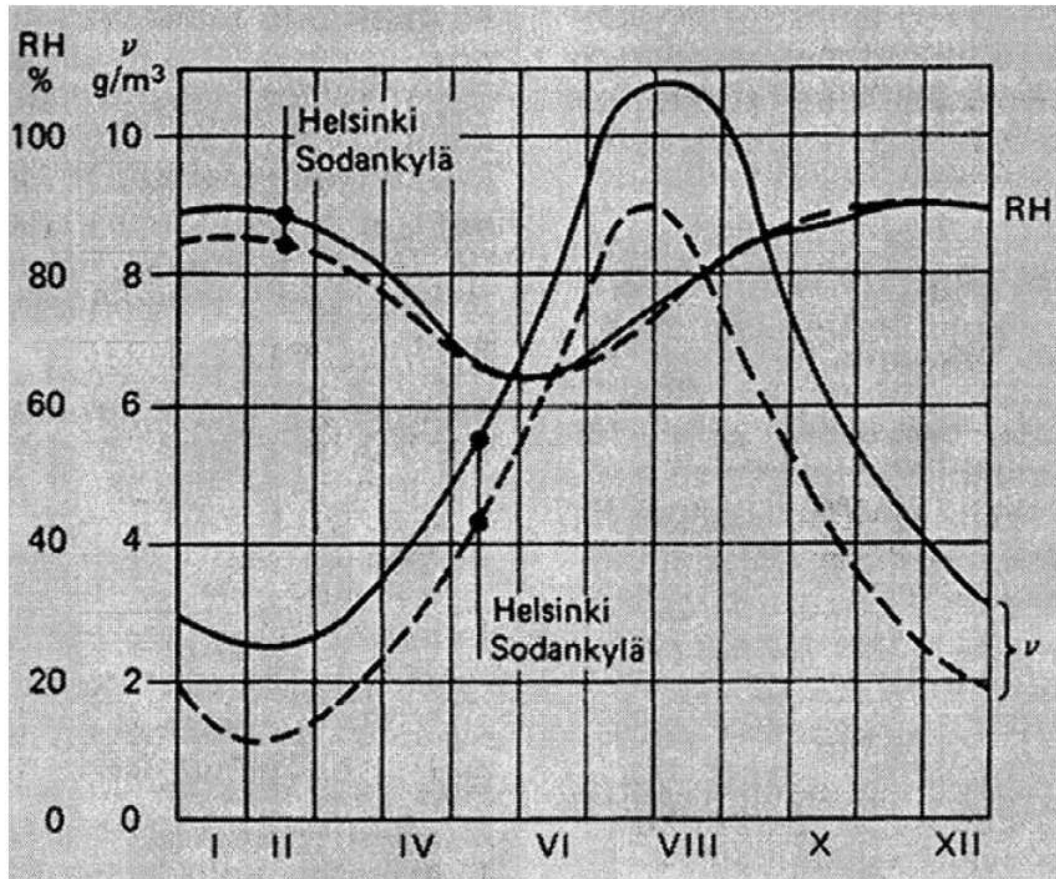


**Kuva2.** Sadepäivien määrä vuodessa /1/

### 2.1.3 Sään vaikutus absoluuttiseen ja suhteelliseen kosteuteen

Etelä- ja pohjoissuomen väliset absoluuttisen kosteuden ja suhteellisen kosteuden vaihtelut eivät ole suuria. Sen sijaan vuodenajat taas tuovat näihin arvoihin suuriakin vaihteluita. Absoluuttiset kosteudet ovat suomessa kesällä selvästi suuremmat kuin talvella, Helsingissä heinäkuussa  $3\text{g/m}^3$ . ja helmikuussa lähes  $11\text{g/m}^3$ . Sodankylässä vaihtelu on heinäkuun  $2\text{g/m}^3$  ja helmikuun  $9\text{g/m}^3$ . välillä. Suhteellisen kosteuden vaihtelu eri paikkakuntien välillä on hyvin pientä ja vuodenaikojen vaihtelun tuoma eroakin huomatta-

vasti pienempää ja vuodenaikoihin nähden päinvastaista kuin absoluuttisella kosteudella. Kesällä suhteelliset kosteudet ovat korkeimmillaan jolloin ne ovat noin  $9\text{g}/\text{m}^3$  ja talvella taas alimmillaan noin  $7\text{g}/\text{m}^3$ . /1/



**Kuva3.** Absoluuttiset ja suhteelliset kosteudet Helsingissä ja Sodankylässä. /1/

## 2.2 Sään ja vuodenaikojen vaikutus rakentamiseen

Sään vaikutus rakentamiseen on hyvin suuri ja se on otettava huomioon työmaan kosteudenhallinnassa. Vuodenaajoista riippuen olosuhteet voivat olla täysin erilaiset ja ne on otettava huomioon jo suunnittelussa sekä aikataulussa. Suojauksien, lämmitysten ja muiden toimenpiteiden tasot ja menetelmät riippuvat paljon siitä, mitä työvaihetta työmaalla tehdään minäkin vuodenaikoina tiettyjen sääolosuhteiden vallitessa. On täysin

eri asia tehdä rakennuksen runko kuivana kesänä, kovasateisena syksynä tai sitten kovan pakkastalven aikana. Suomessa työmailla on kiinnitettävä huomattavasti enemmän huomioita rakenteiden kuivana pitämiseen ja kuivaamiseen kuin lämpimimmissä/kuivemmissä maissa. Iso määrä sadepäiviä ja pitkät pakkauskaksot tuovat isot haasteet laadukkaaseen ja hyvätasoiseen rakentamiseen.

Kosteudenhallinta, rakenteiden kuivaus ja lämmitys ovat asioita, jotka on suunniteltava niin, että ne toimivat tehokkaasti eivätkä vaikeuta tai viivästyä työmaan etenemistä liikaa. Suomen sääolosuhteista johtuen täysin kuivaan rakentamiseen ei ole mahdollisuuksia. Tämän takia iso osa rakennuksen kosteudenhallintaa on se, että kuivumiselle pyritään luomaan mahdollisimman hyvät edellytykset.

Isoimmat työmaan kosteudenhallintaan vaikuttavat säähän liittyvät asiat ovat lämpötila ja sademäärät. Suomessa sataa kohtalaisen paljon, vuodenajasta ja lämpötilasta riippuen sade tulee vetenä, lumena tai jonain niiden välimuotona. Jos päivän sademäärä on esimerkiksi 20mm, ja se sataa vaikkapa holville jonka pinta-ala on 500m<sup>2</sup>, niin holville päivän aikana satavan veden määrä on 10m<sup>3</sup>. Tämän vesimäärän ohjaaminen, niin että siitä mahdollisimman vähän päätyisi rakenteeseen, on hyvin vaativaa. Tätä määrää vettä onkin hyvin vaikea saada poistetuksi niin, ettei sitä pääsisi yhtään rakenteisiin. Työmaan kosteudenhallinnassa onkin oleellista että veden ja kosteuden pääsy rakenteisiin pyritään ennalta estämään mahdollisimman hyvin. Sekä se, että rakenteissa ollut tai niihin päässyt kosteus pyritään kuivaamaan mahdollisimman tehokkaasti. /4/

Myös tuuli ja sen aiheuttama viistosade ovat rakentamiseen vaikuttavia asioita. Viistosti tuulen vaikutuksesta tuleva sade aiheuttaa julkisivulle sellaisia kosteusrasituksia, joita normaali sade ei pääse aiheuttamaan. Viistosade onkin otettava huomioon, niin työmaan kosteudenhallinnassa, kuin rakenteiden suunnittelussakin. Ilmaston muutoksen takia, tuulisten päivien määrä tulee kasvamaan ja näin viistosateen määrä tulee tulevaisuudessa lisääntymään selvästi. Viistosateen lisäksi tuuli itsessään saattaa kuljettaa vettä jopa seinäpintoja ylöspäin, ja näin vettä pääsee tuulen vaikutuksesta paikkoihin joihin sen ei ole oletettu pääsevän. Veden lisäksi tuuli saattaa painaa lunta esimerkiksi räystään alta rakenteisiin. /13/

Lämpötilalla on suuri merkitys rakenteiden kuivumisessa, sillä mitä lämpimämpää on ilma, sitä nopeampaa on kuivuminen. Kun ilma on lämpötilaltaan 0°C, siihen mahtuu

kosteutta  $5\text{g/m}^3$ ,  $-20$  asteessa kosteutta mahtuu enää  $0,89\text{g/m}^3$ . Ilman lämpötilan noustessa  $+20^\circ$  asteeseen, mahtuu siihen kosteutta jo  $17,28\text{g/m}^3$ . Nämä lukemat ovat ilman absoluuttisia kosteuksia, kun kosteus ylittää tämän tason, niin vesi rupeaa tiivistymään rakenteiden pinnoille. /5/

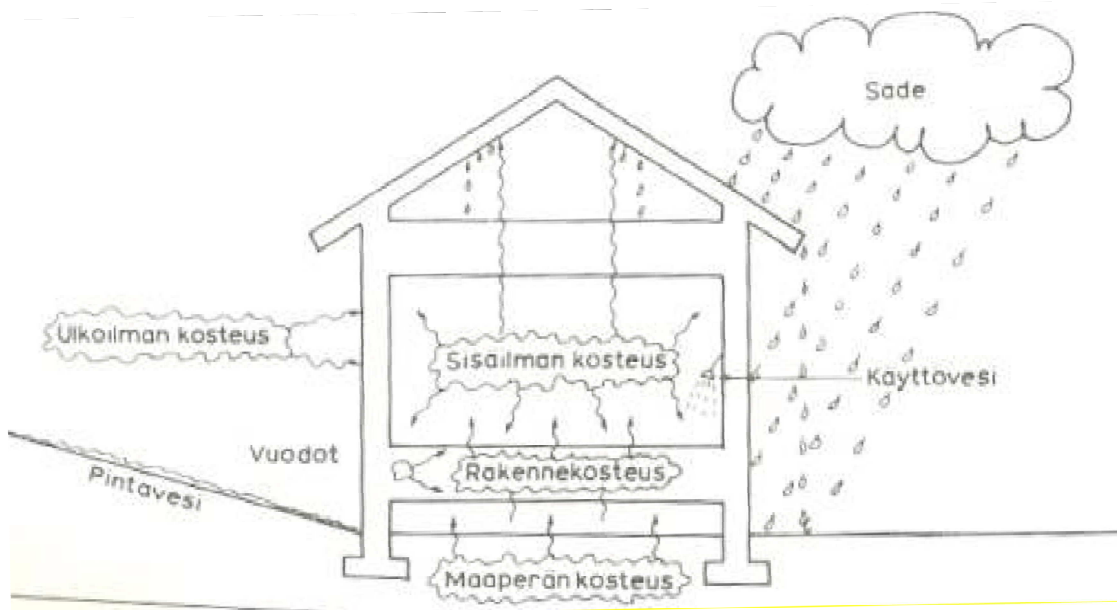
Suhteellinen kosteus taas kertoo prosentteina sen, kuinka paljon ilmassa on kosteutta verrattuna absoluuttiseen kosteuteen niissä olosuhteissa. Tämän takia talvisin rakennukseen otetaan kylmää ja kuivaa korvausilmaa ulkoa. Sillä kun tätä ilmaa lämmitetään, on sillä paljon kapasiteettia ottaa kosteutta vastaan, jolloin se kuivaa sisäilmaa. /5/

### 3 Kosteusrasitukset, ongelmakohdat ja riskikartoitus

#### 3.1 Rakennukseen kohdistuvat kosteusrasitukset

Rakennukseen kohdistuu niin sisäisiä kuin ulkoisia kosteusrasituksia. Rakentamisessa ja kosteudenhallinnassa eniten huomiota vaativat asiat ovat lähinnä ulkoisia rasituksia sekä rakennekosteuksia. Tärkeitä huomioon otettavia asioita ovat rakennekosteus, sade, lumi, tuuli, lämpötila ja ilmankosteudet.

Se, etteivät pintavesi ja maaperäkosteus pääse aiheuttamaan kosteudellisia ongelmia, on lähinnä suunnittelijan vastuulla. Jos suunnittelija on tehnyt hommansa hyvin, sekä määräysten ja ohjeiden mukaan, ei ongelmia pitäisi näiltä osin syntyä. Toki se edellyttää, että urakoitsija tekee maanrakennuksen sekä perustustyöt suunnitelmien ja määräysten mukaan. /3/



**Kuva4.** Rakennukseen kohdistuvat kosteusrasitukset.

### 3.2 Rakennekosteus rakenteessa

Rakennekosteus on kosteutta, joka joutuu rakenteeseen valmistuksen, varastoinnin, kuljetuksen ja/tai asennuksen aikana ja ylittää materiaalin tasapainokosteuden. Tasapainokosteus on sama kuin ympäröivän ilman kosteus, joka sisätiloissa oletetaan olevan 50 %. /11/

Rakennekosteus tulee esiin etenkin betonirakenteissa, joissa betoniin sitoutuu huomattavasti kosteutta jo valmistuksen yhteydessä. Betonimassa voi sisältää, riippuen vesisementtisuhteesta, jopa 200l/m<sup>3</sup> vettä. Kyseisestä määrästä noin kolmasosa sitoutuu betoniin kemiallisesti. Ylijäävä osa eli noin 2/3 vedestä jää vapaaksi. Tätä vapaaksi jäänyttä osaa vedestä betoni pyrkii haihduttamaan, jotta päästäisiin ympäröivään tasapainokosteuteen. /4/

### 3.3 Yleiset ongelmakohdat

Puutteellinen tai huono kosteudenhallinta työmaalla voi aiheuttaa kalliita korjaustoimenpiteitä tai pahimmassa tapauksessa terveyshaittoja tuleville asukkaille. Home- ja mikrobivauriot sekä huono sisäilman laatu ovat asioita, jotka syntyvät usein huonon kosteudenhallinnan seurauksena.

Seuraavassa listassa on yleisiä ongelmakohtia, joihin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota laadittaessa työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa ja riskikartoitusta. Liitteenä (Liite 2) on VTT:n lista yleisistä ongelmakohtista sekä mahdolliset ratkaisut näihin ongelmiin.

Yleisimpiä työmailla ilmeneviä ongelmia ovat:

- Eristeiden kastuminen, esimerkiksi sw-elementtien eristetilaan päässyt kosteus
- Julkisivuissa pinnoitteiden ja laattojen irtoilu/halkeilu, saumausten irtoilu.
- Ongelmat kelluvissa betonilattioissa
- Kevytrakenteisten väliseinien kosteus
- Sisätiloissa laattojen/pinnoitteiden halkeilu ja muut ongelmat
- Ongelmia maanpaineseinien kanssa
- Ontelolaattoihin jäävä vesi
- Aikataulutuksen aiheuttamat ongelmat
- Pintabetonoinnin halkeilu
- Ongelmat kevytsorakatoissa



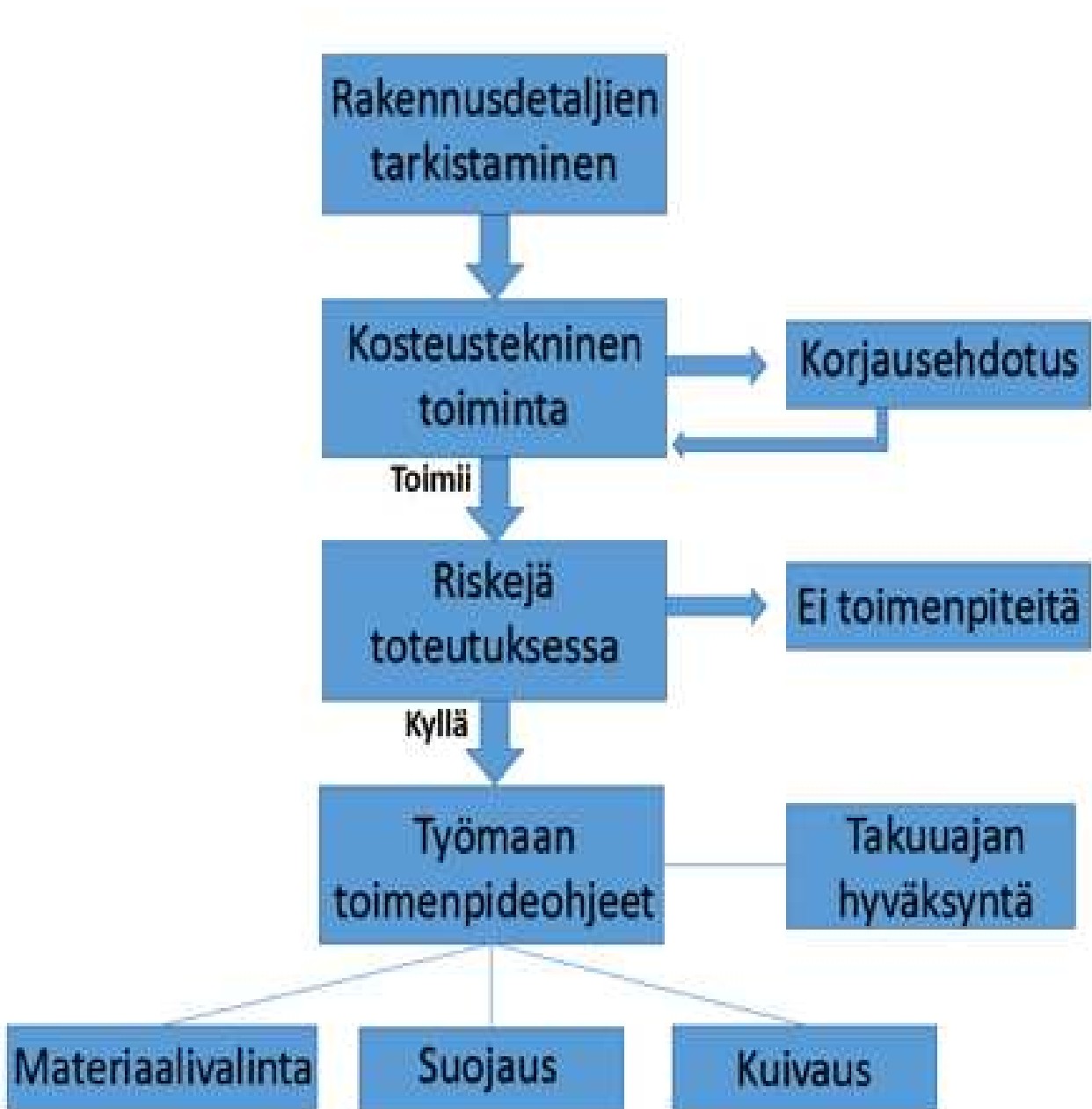
- Puupintojen kutistuminen, vääntyminen
- Asenteet kosteudenhallintaan
- Homevauriot sekä muut mikrobivauriot

/4/

### 3.4 Riskikartoitus

Yksi iso osa työmaan kosteudenhallintaa, on kartoittaa kaikki mahdolliset kosteuteen liittyvät riskit. Jokainen työmaa ja rakennus on oma yksilönsä, sen takia jokaisen työmaan kohdalla on erikseen mietittävä mahdolliset riskikohdat. Tämä toteutetaan läpikäymällä kaikki käytettävät rakenteet ja materiaalit, sekä niiden kosteustekniset ominaisuudet. On mietittävä, onko jotain erityisesti kosteudella alttiita rakenteita ja miten kosteuden pääsy näihin nimenomaisiin rakenteisiin voidaan estää. Riskikartoitusta tehdessä tulee myös ottaa huomioon rakennuksen käyttötarkoitus, sekä rakennusvaiheen ajan ja sen jälkeen vallitsevat olosuhteet.

Kun Riskikartoitus tehdään huolella, voidaan mahdollisiin riskikohtiin kiinnittää erityistä huomiota, ja ne voidaan heti alusta asti huomioida suunnitelmissa sekä aikatauluksessa. Kun kaikki rakenteen ja suunnitelmat käydään läpi miettien kosteudenhallinnalliset riskit, niin samalla tulevat myös poissuljetuksi mahdolliset fysikaaliset suunnitteluvirheet. Lisäksi tässä vaiheessa saattaa tulla vielä esille kohtia, joihin urakoitsijalla olisi parempi tai helpommin toteutettava vaihtoehto suunnittelijan esittämän ratkaisun tilalle. Riskikohtia kartoittaessa on hyvä tehdä yhteistyötä rakennesuunnittelijan kanssa, sillä hänellä on yleensä antaa oma näkemyksensä mahdollisista riskirakenteista.



**Taulukko1.** Riskikartoitus

## 4 Betonirakentamisen kosteudenhallinta

Yleisistä rakennusmateriaaleista ehkä eniten, kosteudenhallinnan näkökulmasta katsottuna, huomioon otettavaa on betonirakenteiden kosteudenhallinnassa. Betonin valmistuksessa sitoutuu jo valmistusvaiheessa suuri määrä vettä, ja näin ollen rakenteen kuivuminen on hyvin pitkä prosessi.

### 4.1 Normien esittämät vaatimukset

Normit antavat betonille sallitut kosteusarvot pinnoitteiden asennusta varten, eri pinnoitteille on omat maksimi kosteusarvonsa. Pinnoitteet saa asentaa vasta sen jälkeen, kun kosteudet ovat määrättyissä lukemissa. Jos pinnoitukset tehdään, ennen kuin betoni on tarpeeksi kuivaa, on todennäköistä että jälkeinpäin rakenteessa esiintyy kosteudesta johtuvia ongelmia. Liian kosteuden takia voi rakenteisiin tulla niin kosmeettisia vaurioita, kuin mahdollisesti terveydelle vaarallisten mikrobien esiintymistä.

Normit antavat erilaiset kosteusarvot riippuen siitä, mitä pinnoitetta lattiassa käytetään. Esimerkiksi kumimatot ja lautaparketit saa asentaa, kun betonin suhteellinen kosteus on maksimissaan 90 % ja pintaosien kosteus 75 %. Tässä on kuitenkin otettava huomioon myös se, että käytettävät liimat ja kosteus eivät yhdessä aiheuta ongelmia. Tiedot liimojen kosteuden kestoista löytyvät valmistajilta. /3/

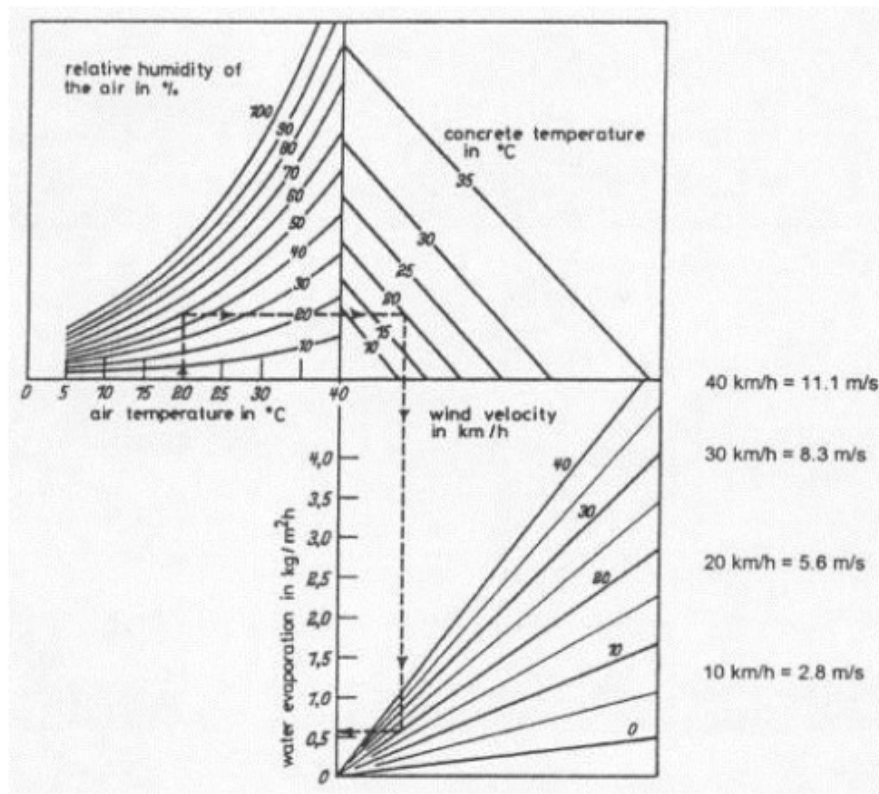
Myös vedeneristeille on annettu vaatimukset kosteuden suhteen, nämä vaatimukset selviävät yleensä valmistajien käyttöselosteista. Yleisesti nämä vaatimukset eivät kuitenkaan ole tiukemmat kuin pinnoitteiden osalta. Joten kun pinta on riittävän kuiva esimerkiksi laattojen asennusta varten, voidaan siihen yleensä jo siinä vaiheessa suorittaa vedeneristys. Vaatimukset ovat kuitenkin eri aineiden osalta erilaiset joten ne on kuitenkin aina syytä tarkistaa.

Kosteusmittausta ja sallittuja pinnoituskosteuksia käsitellään laajemmin kappaleessa 10.

## 4.2 Rakenteiden kuivuminen

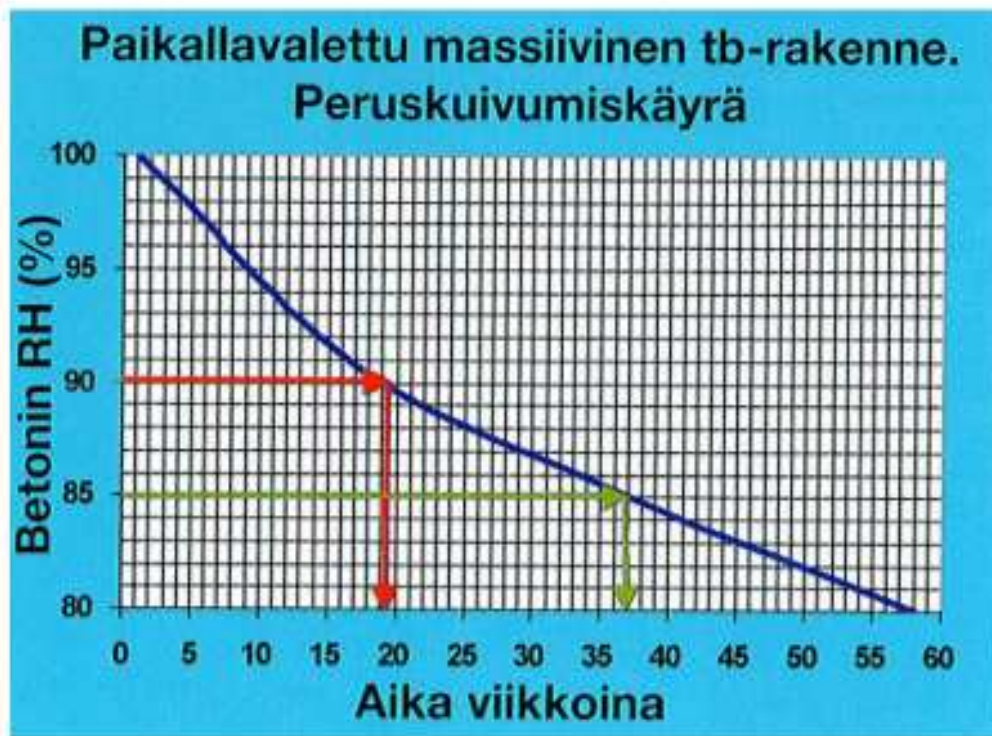
### 4.2.1 Kuivuminen yleensä

Alussa betoni kuivuu kapilaarisesti, kun kapilaarinen kuivuminen loppuu, tapahtuu kuivuminen tämän jälkeen diffuusiolla. Diffuusio kuivuminen on huomattavasti kapilaarista kuivumista hitaampaa. Diffuusiossa vesihöyry siirtyy suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään, eli höyry pyrkii betonirakenteessa kuivempaan ilmaan eli ulos. Vesihöyryn haihtumisnopeuteen vaikuttavat materiaalin vesihöyryn läpäisevyys sekä vesihöyrypitoisuus ero. Eli toisin sanoen betonin laatu että sekoitusuhde vaikuttavat huomattavasti betonin kuivumisnopeuteen. Valitsemalla suuriraekokoinen massa, ja käyttämällä nopeasti kuivuvia betonilaatuja, saadaan betonin kuivumista nopeutettua. Siihen vaikuttavat myös suuresti betonirakenteen ulkopuolella vallitseva kosteus sekä lämpötila. Kuivuessaan betoni reagoi niin että se kutistuu, vastaavasti kastuessaan se turpoaa. Betonin tiiviys riippuu vesi-sementtisuhteesta, mitä pienempi se on, sitä tiiviimpää on betoni ja sitä vähemmän se sitoo itseensä kosteutta. Näin myös kosteuden muutoksen aiheuttamat muodonmuutokset ovat pienempiä. /5/



**Kuva5.** Betonin haihtumiskuivuminen /14/

Betonirakenteen paksuudella on suuri merkitys kuivumisnopeuteen sekä kuivumisaikaan. Kun betonirakenne on paksumpi niin se myös sisältää enemmän vettä, jolloin kosteudella on pitempi matka siirtyä ulos rakenteesta. Vielä enemmän kuivumiseen vaikuttaa tilanne, että rakenne pääsee kuivumaan vain toiseen suuntaan, jolloin veden siirtymismatkan ulos tuplaantuu. Betonin kuivumisnopeus riippuu monesta asiasta, hyvissä kuivumisolosuhteissa betonilaatan kuivumisnopeus on noin 1cm/viikko, kuivumisaikarvio on laskettava kuitenkin jokaiselle rakenteelle erikseen. /4/



**Kuva 6.** Paikalla valetun massiivisen tb-rakenteen peruskuivumiskäyrä /5/

#### 4.2.2 Kuivuminen talvisin

Talvisin paras tapa rakenteiden kuivatukseen on sisäilman lämmitys, joka pitää sisäilman kuivana ja poistaa kosteutta rakenteista. Yleensä pintojen ollessa pintakuivia ilmanvaihtoa ei hirveästi tarvitse tehostaa, sillä rakennuksessa itsessään on yleensä tarpeeksi aukkoja, joista kostea ilma pääsee pihalle. Aukkojen määrää kannattaa kuitenkin säädellä, sillä ne lisäävät huomattavasti lämmöntuontarvetta ja näin ollen tarvittavan energian määrää. Jos rakennusta lämmitetään talvella vain osittain, tulee lämmitettävästä tilasta tehdä ilmatiivis, ettei kosteus pääse tiivistymään rakennuksessa muualla oleviin kylmiin pintoihin. /4/

### **4.2.3 Kuivuminen kesällä ja alkusyksystä**

Kesällä ja alkusyksyllä ulkoilman absoluuttinen kosteus saattaa olla niin suuri, että ainoa tapa saada sisäilma tarpeeksi kuivaksi, on käyttää lämmityksen ja ilmanvaihdon lisäksi ilmankuivaajaa. Tällöin kuivatettava tila on saatava ilmatiiviiksi, jotta poistetaan rakenteissa olevaa kosteutta ilmassa olevan sijasta /4/

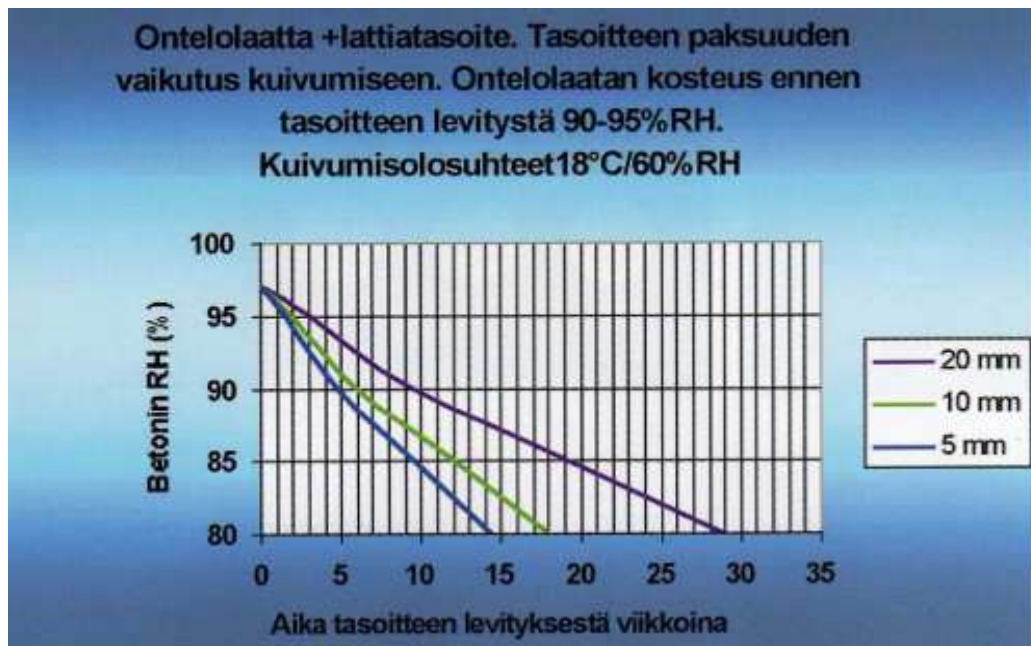
### **4.2.4 Kuivuminen keväällä ja loppusyksystä**

Loppusyksystä ja keväällä kuivumiselle saadaan yleensä riittävät olosuhteet lisäämällä ilmanvaihtoa ja lämmitystä./4/

### **4.2.5 Valmisosien kuivuminen ja muut siihen vaikuttavat asiat**

Valmisosarakentamisessa yleisimmät huomioon otettavat elementit ovat ontelolaatat ja sandwich-elementit. Ontelolaattojen kuivumisesta kerrotaan enemmän kohdassa 4.1.7 ja sw-elementtien kuivumisesta kohdassa 4.1.6.

Käytettävät lattiatasoitteen vaikuttavat selvästi betonin kuivumiseen, normaali 10mm tasoite kerros hidastaa kuivumista noin kahdella viikolla. Seuraavassa kappaleessa (4.1.4) kerrotaan siitä mistä löytyvät tiedot eri tasoitepaksuuksien vaikutuksesta kuivumiseen. Kuivumiseen vaikuttaa myös se, että pumppaamalla tehty tasoitus nostaa ilman suhteellista kosteutta noin 5-10vuorokaudeksi. /4/



**Kuva7.** Tasoitteen paksuuden vaikutus ontelolaatan kuivumiseen. /5/

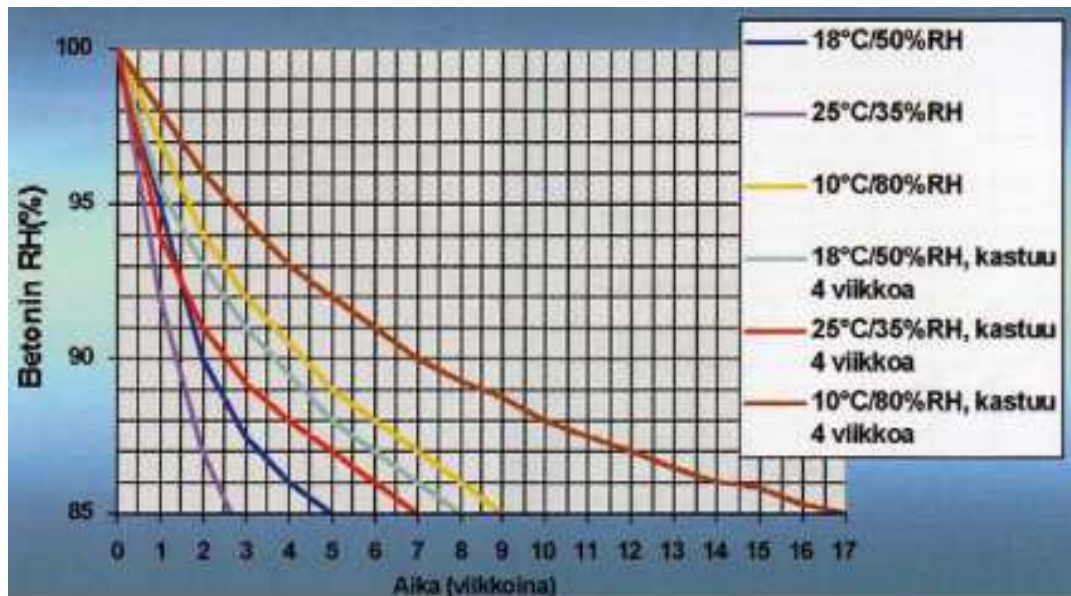
### 4.3 Kuivumisaikojen arviointi ja aikataulutus

Aikataulutus on yksi tärkeä osa rakennuksen kosteudenhallintaa. Kosteudenhallintasuunnitelmaa tehdessä tulisi tehdä arviot siitä, kuinka kauan tietty rakenne kestää kuivua. Ja koska se on niin kuiva, että se voidaan pinnoittaa. Jo rakennuksen yleisaikataulua laadittaessa on otettava huomioon sääolosuhteet ja vuodenaajat, sekä niiden aiheuttamat kosteudenhallinnalliset toimenpiteet.

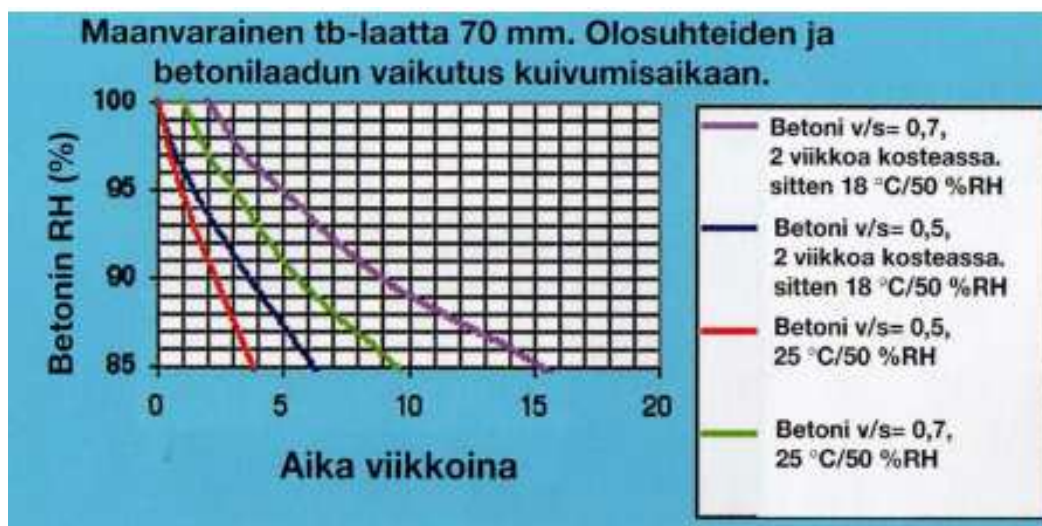
Asian voi tehdä joko siten, että valitaan tietyt kuivausmenetelmät ja arvioidaan paljonko tietyn osarakenteen kuivuminen kestää tällä menetelmällä. Sitten laadittaessa yleisaikataulua otetaan tämän rakenteen kuivumisaika huomioon niin että se ehtii varmasti kuivua.

Toinen tapa on että katsotaan paljonko yleisaikataulu antaa tietyn osan tai rakenteen kuivumiselle aikaa, ja valitaan kuivausmenetelmät sen mukaan. Eli luodaan sellaiset olosuhteet, että rakenne kerkeää aikataulun puitteissa kuivumaan riittävästi.

Aiemmin betonin kuivumisen nyrkkisääntönä pidettiin viikkoa jokaista senttiä kohden, se ei kuitenkaan monesti ole riittävä aika. Kuivumiseen kuluva aika onkin arvioitava aina tapauskohtaisesti. Kuivumisaikojen arvioinnissa tulee ottaa huomioon tasoitukset, muuraukset, jälkivalut ja mahdolliset muut kuivumiseen vaikuttavat asiat. /4/



**Kuva8.** Esimerkki ontelolaatan kuivumisesta eri olosuhteissa /5/



**Kuva9.** Esimerkki maanvaraisen laatan kuivumisesta eri olosuhteissa /5/

Yksi tapa kuivumisaikojen arviointiin ovat diagrammit. Nämä diagrammit antavat arvion siitä, paljonko tietyn rakenteen kuivuminen kestää riippuen olosuhteista, tasoitteista ja lähtö- sekä tavoitekosteuksista. Nämä kuivumisaika diagrammit löytyvät ainakin julkaisusta ”Merikallio Tarja, Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, Gummeruksen kirjapaino Oy, Jyväskylä 2002.” Kyseisestä kirjasta löytyy esimerkkejä kuivumisaika-arvion laskemisesta, yksi lasku esimerkki löytyy liitteistä (Liite 1). Seuraavalla sivulla ovat kuivumisen laskennan peruskaava ja kertoimet. /4/



Peruskuivumis- aika	×	Vesisideaine- suhde	×	Kuivumis- suunta	×	
Rakenteen paksuus	×	Kastumis- aika	×	Kuivumis- olosuhteet	=	Arvioitu kuivumisaika

Kuivumisen laskennan peruskaava /5/

Vesisideaine- suhde (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

Kuivumis- suunta	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	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	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

Kuva10. Kuivumisen laskennan keroimet. /5/

#### 4.4 Rakenteiden kuivatus yleensä

Betonimassassa on jopa 200 litraa vettä kuutiossa, tämä merkitsee sitä, että kestää kauan ennekuin betoni saavuttaa tasapainotilan. Jotta betonirakenteiden kuivuminen tapahtuisi kustannus tehokkaassa ajassa, on kuivumisolosuhteita parannettava. Eli toisin sanoen rakenteen ulkopuolinen kosteus ja lämpötila pyritään saamaan sellaiselle tasolle, että kuivumisella olisi optimi olosuhteet. Lämpötila pitäisi saada 20 – 25 °C ja RH % tulisi olla 35-50%. Nämä olosuhteet pyritään luomaan ilmanvaihdon, kosteuden alentamisen ja lämmityksen avulla. /4/

Rakenteiden kuivaamisen on monta eri menetelmää, yhteistä niille on että vallitsevia kuivatus olosuhteita pyritään parantamaan. Jotta rakennekosteus saataisiin tehokkaalla tavalla pois rakenteista ja ohjattua hallitusti pois rakennuksesta. Vallitseva suhteellinen kosteus pyritään pitämään jo aikaisemmin mainitussa 50 %. Lämmitys hoidetaan siten että lämpötila on vähintään +20°C. /5/

Yksi lämmityksessä ja kuivaamisessa huomioitava asia on betonin lujuus. Betonin on saatava kuivua sellaisissa olosuhteissa, ettei betonin kuivumisprosessissa synny sellaista tilannetta joka aiheuttaisi sen, ettei rakenne saavuta sille suunniteltua kestävyyttä ja ominaisuuksia. Tämä tulee etenkin esiin silloin, jos kuivatusta tehostetaan itse rakennetta lämmittämällä, esimerkiksi lattialämmityksen avulla. /5/

#### 4.5 Rakenteiden kuivatusmenetelmät lyhyesti

##### 4.5.1 Oma lämmitysjärjestelmä.

Rakennukseen jäävä oma lämmitysjärjestelmä kannattaa rakentaa valmiiksi hyvin aikaisessa vaiheessa. Se myös kannattaa kytkeä päälle heti, kun lämpö saadaan pidettyä sisällä rakennuksessa, etenkin talvisin. Eli heti kun kaikki aukot saadaan kiinni niin, ettei lämpö pääse karkaamaan, voidaan rakennuksen oma lämmitys kytkeä päälle. Jos koko rakennuksen lämmitystä ei kytkeä samaan aikaan päälle, on estettävä ettei kosteutta itseensä ottanut lämmin ilma pääse ei osiin joita ei ole lämmitetty. Muutoin kosteus pääsisi tiivistymään lämmittämättömässä tilassa oleville kylmille pinnoille.

Viitaten kappaleeseen 4.1.5 (rakenteiden lämmitys yleensä), jos rakennuksessa on lattialämmitys on se hyvä apu rakenteiden kuivattamisessa. Lattialämmitystä käytettäessä tulee vain huomioida se, että laatta on jo saavuttanut riittävän lujuuden. Jottei lämpökuorma vaikuta laattaan siten, ettei se saavuta sille suunniteltua lujuutta ja ominaisuuksia. Hyvänä ohjeena voidaan pitää sitä että laatan tulee olla saavuttanut vähintään 60 % 28 vuorokauden lujuudesta. Lämmön nosto kannattaa suorittaa siten että lämpöä ei nosteta eikä lasketa suoraan halutuille tasoille, vaan että lämmön nostaminen tehdään portaittain. Lattialämmityksen lämpöä nostettaessa 5 astetta vuorokaudessa on sellainen vauhti, joka ei aiheuta ongelmia betonin lujuuden kehityksessä./5/

#### **4.5.2 Ilmanvaihto**

Rakennuksen ilmanvaihto on isossa roolissa betonin kuivuessa. Ilmassa oleva kosteus on saatava hallitusti pihalle, siten ettei se pääse tiivistymään millekään pinnalle rakennuksen sisällä. Ilmanvaihtoa säädellään aina olosuhteiden ja muiden kuivatusmenetelmien käytön mukaan. Pääsääntöisesti ilmanvaihdon säätely työmaalla tapahtuu aukkoja sulkemalla ja avaamalla.

Jos ulkona oleva ilma on kuivempaa kuin sisällä oleva, saadaan suhteellista kosteutta sisällä alaspäin ottamalla ulkoa korvausilmaa. Tämä edellyttää sisällä olevan ilman lämmittämistä. Jos kohteessa käytetään ilmankuivaimia, jotka esitellään myöhemmin lyhyesti, pyritään ilmanvaihto ulkopuolen ja sisäpuolen välillä minimoimaan. Eli pidetään kaikki aukot suljettuina. /5/

#### **4.5.3 Kiertoilmalämmittimet**

Kiertoilmalämmittimillä saadaan lämmitettyä isoja tiloja kerralla, ja ne ovat näin ollen myös yleensä kooltaan isoja. Laitteen hyvänä puolena on se, että sen ei tarvitse olla lämmitettävässä tilassa, vaan sen tuottama lämpö on mahdollista johtaa putkia pitkin sinne missä sille on tarvetta. Kiertoilma-lämmittimiä löytyy niin öljy-, nestekaasu-, ja sähkökäyttöisinä./8/

#### **4.5.4 Ilmankuivaajat**

Ilmankuivaajia käytetään yleensä silloin kun ulko- ja sisäilman lämpötilaeroa ei saada riittävän suureksi. Kun lämpötila eroa ei saada riittäväksi, on sisäilman suhteellisen kosteuden saaminen tarpeeksi alhaalle vaikeaa. Ilman kuivaaminen tulee kysymykseen yleensä syksyisin, kun lämpötila erot sisä- ja ulkopuolen välillä eivät ole suuria, mutta ilman suhteellinen kosteus pihalla on kuitenkin suuri. Ilmankuivaajat edellyttävät sitä että rakennus on tiivis, jottei kuivatus kapasiteettiä kulu turhan ilman kuivaamiseen. Ilmankuivaajien toimintaperiaatteena on kuivaaminen sorptiolla tai kondensaatiolla. Ilmankuivaaja pystyy kuivaamaan sisäilman siten, että haluttu 50 % suhteellinen kosteus saavutetaan. Ilmankuivaajat yksin eivät riitä siihen että rakenteet kuivuvat. Vaan edelleen tarvitaan ilman liikkumista ja lämmitystä, jotta tehokas kuivuminen on mahdollista. Hyvä kuivatus lämpötila on noin 30-35°C. /9/

#### **4.5.5 Rakennuskuivaajat**

Rakennuskuivaajien toimintaperiaate on lähellä kiertoilmalämmittimien toimintaperiaatetta. Rakennuskuivaajat lämmittävät ilmaa, jonka laite puhaltaa kuivattavaan tilaan lämmittäen sitä. Rakennuskuivaaja käytetään yleensä silloin, kun tarvitaan lisälämmitystä rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän tueksi. /7/

#### **4.5.6 Suurtaajuus- ja infrapunakuivaus.**

Suurtaajuus kuivaus soveltuu pienien alueiden nopeaan täsmä kuivatukseen. Toiminta perustuu laitteen lähettämiin mikroaalto taajuuksiin. Tämä kuivausmenetelmä soveltuu, hyvin sellaisiin korjauskohteisiin, joissa on paikallista kuivattavaa, esimerkiksi kosteusvaurioihin.

Infrapuna kuivaus perustuu nimensä mukaisesti infrapunasäteisiin. Se soveltuu hyvin samankaltaisiin kohteisiin kuin suurtaajuskuivaus. /4/

#### **4.6 Sandwich-elementin kuivuminen**

Sandwich-elementissä kosteus pyrkii normaaleissa olosuhteissa ulos uloimmasta betoni-kuoresta, jolloin kosteus kulkeutuu sisemmästä kuoresta ulomman kerroksen pintaan eristekerroksen läpi. Elementin ulomman kerroksen sisäpuolella on eristetilassa tuuletusurat, joiden ansiosta osa kosteudesta poistuu rakenteesta. Loppuosa kosteudesta imeytyy ulkokuoreen ja pyrkii betonin läpi ulos.

Yksi kuivumiseen vaikuttava ja asennuksessa huomioitava tärkeä asia on se, että sw-elementin uria ei tukita asennusvillalla. Myös saumauksessa on kiinnitettävä huomiota siihen että tuuletus pysyy ylhäältä alas asti auki, jotta rakenne saa varmasti riittävästi tuuletusta. Elementin ulkosaumatukset tulisi tehdä mahdollisimman myöhään, sillä ne ovat tärkeä tie kosteuden poistumiselle elementistä. Saumauksia kannattaakin lykätä, etenkin silloin jos olosuhteet ovat kosteat, ja toteuttaa saumausta vasta kuivalla kelillä.

/10/

#### **4.7 Ontelolaattojen kuivatus ja vedenpoisto**

Ontelolaatat ovat sellainen rakenne, joka aiheuttaa monesti ongelmia työmaalla. Ontelolaattojen onteloihin pääsee yleensä vettä tai lunta jossain vaiheessa ennen asennusta, sen aikana tai jälkeen. Runkovaiheessa ontelolaattojen saumausvalu tulisi tehdä mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Tällöin varmistutaan, ettei sadevesi pääse avoimista onteloiden päistä sisään, jolloin se valuisi onteloiden vedenpoistoreijistä alempiin kerroksiin tai jäisi onteloihin. Ontelokentistä on kuitenkin melkein mahdotonta saada täysin tiiviitä johtuen varauksista ja läpivienneistä. Onteloihin päässeen veden poistaminen ja paikallistaminen, sekä kosteuden kuivaaminen vaatii tiettyjä toimenpiteitä. Sääsuojat olisivat ainoa varma tapa estää veden pääsy onteloihin, mutta kustannuksellisista ja aikataulullisista syistä se on usein mahdotonta. /4/

Paras ja kustannustehokkain tekniikka onteloiden kuivatuksen on varmistaa, että vedenpoistoreiät ovat auki ja tarpeeksi suuret. On myös varmistuttava, että reikiä auotaan työmaalla tarpeeksi usein, sekä tehdään uusia tarpeen mukaan. Ontelolaattoihin tehdään jo tehtaalla reiät onteloihin päihin, joista veden olisi tarkoitus poistua. Usein nämä reiät tukkeutuvat kuitenkin jossain vaiheessa rakentamista. Siitä syystä nämä reiät tulisi työmaalla avata heti asennuksen jälkeen, jotta varastoinnissa, kuljetuksissa ja asennuksissa

onteloihin päässyt vesi pääsisi poistumaan, ja kuivuminen alkaisi heti asennuksen jälkeen. /4/

Vedenpoistoreikien tulee olla niin suuria, etteivät esimerkiksi ontelossa oleva irtonainen aines sekä roskat pääse tukkeuttamaan reikää, ja estä näin ontelon kuivumista. Ontelolaattatehtaalla laattoihin tehdään tehtaalla yleensä 12mm reiät. Jotta kuitenkin varmistuttaisiin siitä että reikä on tarpeeksi suuri, voi reiät porata työmaalla 16mm:n kokoisiksi tai jopa suuremmiksi /4/

On kuitenkin tilanteita joissa onteloja joudutaan rikkomaan, ja jälkeensä valetaan sitten tämä ontelo umpeen. Yleensä tämä tulee eteen sandwich-elementtien asennuksen yhteydessä, jossa reunimmaisen laatan yksi ontelo joudutaan rikkomaan asennuksen takia. Tällaisissa tilanteissa tulee onteloon porata riittävästi tarpeeksi suuria täysin uusia reikiä, jotta minnekään ei jää ”vesitaskuja”. /4/

Märkätiloissa kannattaa käyttää esivalmistettuja elementtejä. Sillä märkätilojen lattioiden valaminen paikanpäällä lisää huomattavasti kuivumisaikaa, jolloin vedeneristys ja pinnoitustyöt päästään aloittamaan myöhemmin. Jos märkätiloissa ei käytetä esivalmistettuja elementtejä, kannattaa valu tehdä heti ontelolaattojen saumavalun jälkeen, jotta kuivumisajasta saadaan mahdollisimman pitkä. /4/

Tarpeen vaatiessa ontelojen kuivatusta voidaan tehostaa paineilma-kuivatuksella. Tässä menetelmässä onteloon porataan reiät, joihin johdetaan putkia pitkin puhaltimien tuottamaa kuivaa paineilmaa. Tällä menetelmällä voidaan käyttää joko ylipainetta tai alipainetta. Tämä vaatii kuitenkin sen että vesikattotyöt on jo tehty, lisäksi tämä menetelmä pitää tehdä yhteen kerrokseen kerrallaan ja sen kesto on 1-2viikkoa/kerros. Myös suurtaajuus- ja infrapunakuivatusta voidaan soveltaa ontelolaattojen kuivatuksessa.

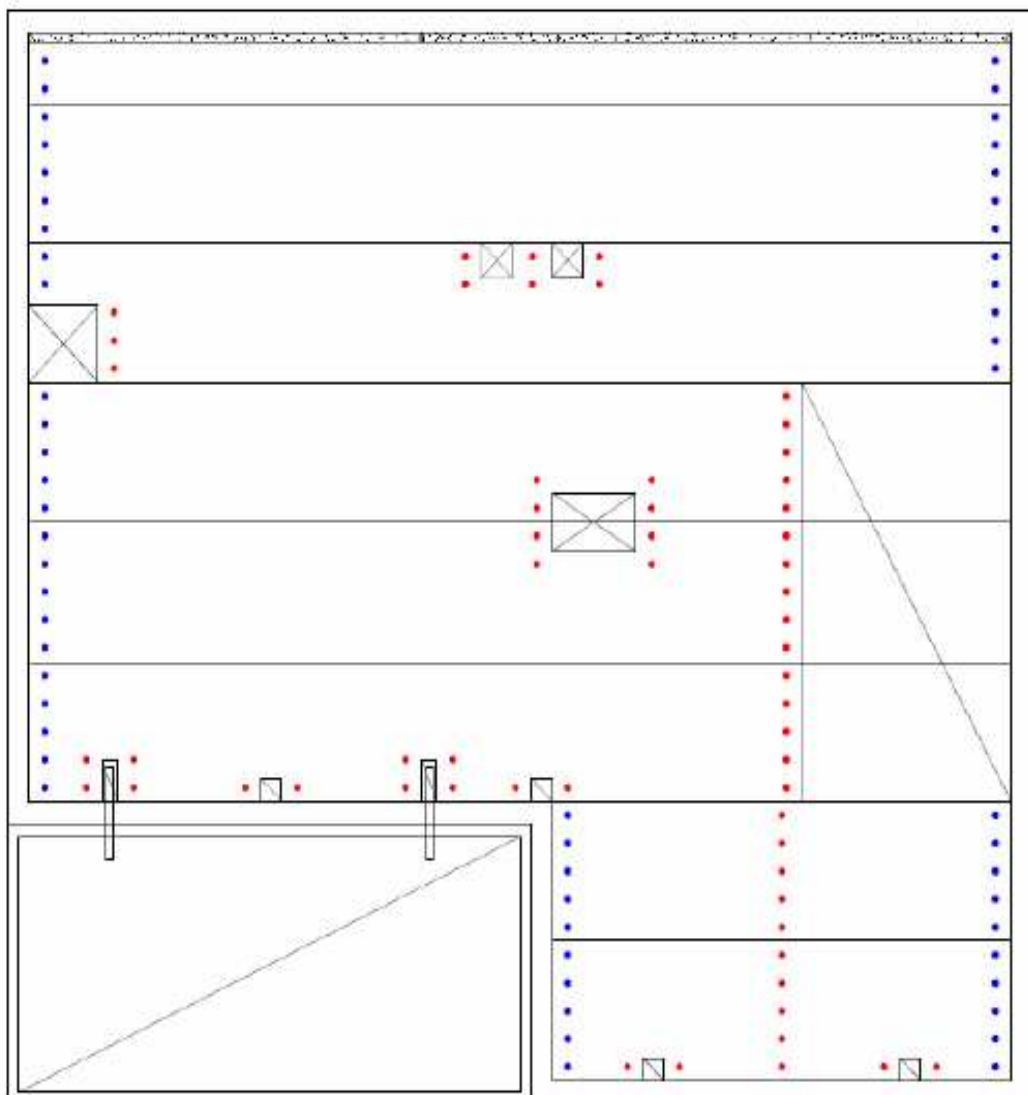
/4/

Vedenpoistoreikiä tarvitaan erityisesti:

- Kololaattojen edessä ja kololaattojen ripustusten vieressä
- Kantavien seinien vieressä
- S-kiinnityspisteiden vieressä
- Hormien ja muiden läpimenojen vieressä
- Onteloihin tulevien viemärien vieressä
- Parvekesaranoiden ja kannakkeiden vieressä

## OHJE VESIREKIEN PORAAMISEEN

- Tehtaalla poratut reiät
  - avattava työmaalla
- Työmaalla porattavat reiät
  - hormien ja varausten ympärystä
  - kololaattojen syvennyksen puoleinen pääty
  - nostolenkkien molemmin puolin
  - tartuntojen ja s-pisteiden molemmin puolin
  - laattojen vinot päät
  - rengasterästen jatkospaikat

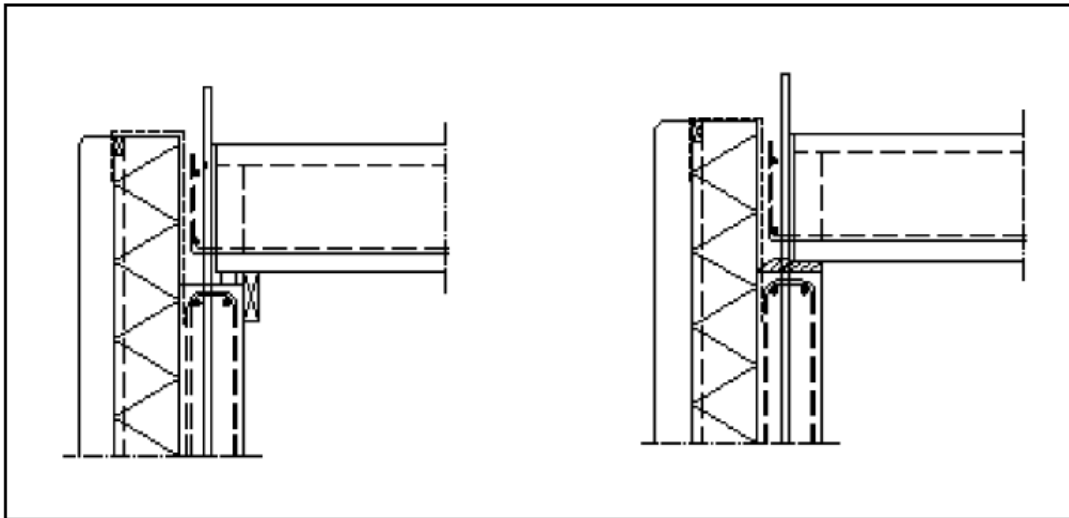


**Kuva11.** Ohje vedenpoistoreikien poraamiseen

#### 4.8 Holvin tiiveys

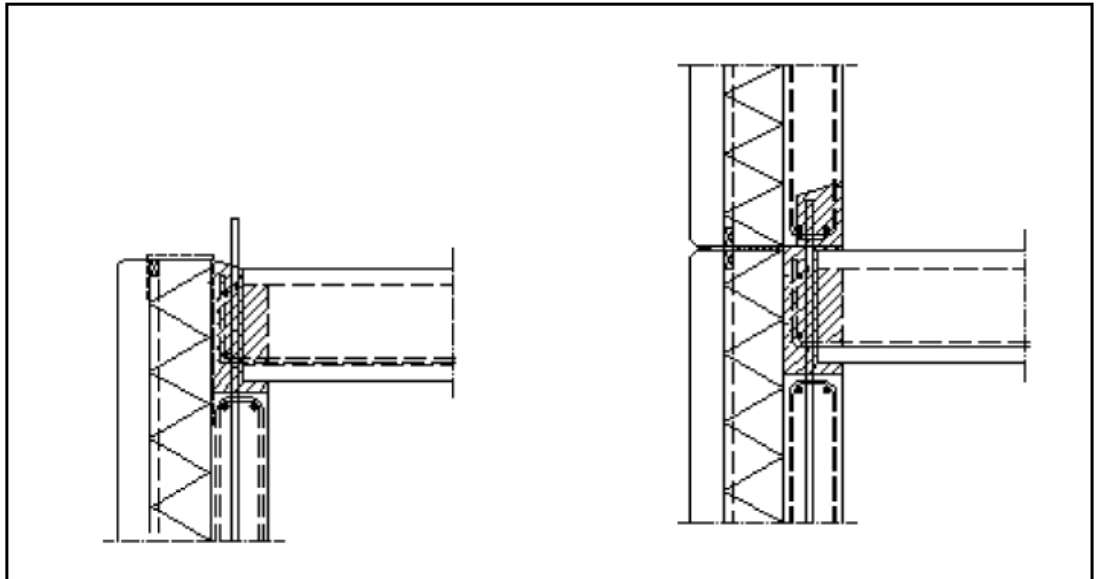
Tiivis holvi estää hyvin veden pääsemisen alempiin kerroksiin, ja mahdollistaa näin sen että alempien kerrosten kuivaus tarve on pienempi. Kun kuivattavaa on vähemmän, niin kuivaus saadaan myös nopeammin päätökseen. Tämä mahdollistaa sen, että päästään nopeammin seuraaviin työvaiheisiin ja aikaa sekä rahaa säästyy.

Holvi pyritään saamaan tiiviiksi mahdollisimman nopeasti, tähän päästään kun ontelo-laattojen saumaukset sekä pintavalu tehdään mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Lisäksi hovin tiiviiksi saamista nopeuttaa, kun käytetään esivalmistettuja LVIS-läpivientejä, esivalmistettuja märkätilalaattoja sekä valmishormeja. /4/



**Kuva12.** Holvilla oleva vesi ohjautuu tukelautojen, sekä alhaalta tehtävän pumppusaumauksen takia sw-elementin eristeisiin. Tilanne ennen saumauksia. /4/





**Kuva13.** Ontelolaattojen saumaus estää veden pääsyn sw-elementtien eristetilaan ja va-  
lumisen alemmille holveille. Tilanne saumausten jälkeen /4/

Yksi lisää havainnollistava kuva löytyy kappaleesta 9.3.3 (Kuva 10.)

## 4.9 Muita huomioitavia rakenteita

### 4.9.1 Ongelmat kelluvissa betonilattioissa

Kelluvat betonilattiat tehdään mineraalivillan tai eps:n päälle, yleensä tällaista ratkaisua käytetään ääneneristyksellisistä syistä sekä väestönsuojien päällä. Tällainen rakenne on hyvin arka kosteudelle, ja sen takia suojattava erittäin hyvin. On myös varmistuttava siitä, että eristeillä on varmasti riittävä tuuletus. Eriste-/välimateriaalin kuivuus on varmistettava ennen pintabetonoinnin suorittamista. /4/

## **5 Puu materiaalina**

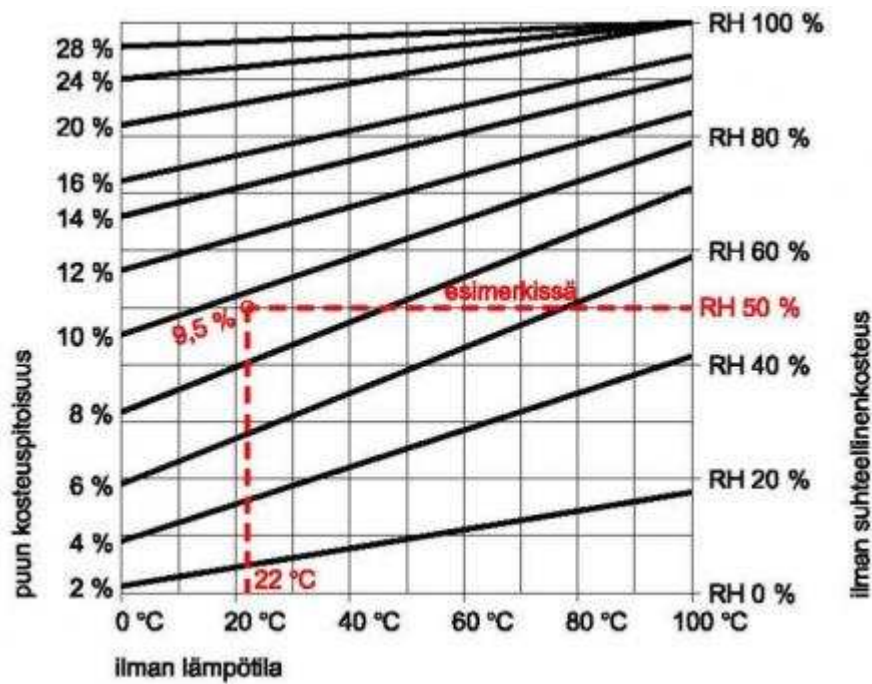
Puun kosteudenhallinta työmaalla on normaali olosuhteissa helpompaa kuin betonin osalta. Yleensä riittää että puutavara säilytetään oikeissa olosuhteissa. Sekä asennetaan siten, että puu on ollut jo jonkun aikaa niissä olosuhteissa mihin se on lopullisesti suunniteltu. Näin varmistetaan, ettei muodonmuutoksia enää asennuksen jälkeen tapahdu.

### **5.1 Puun fysikaaliset ominaisuudet**

#### **5.1.1 Kosteus puussa**

Puu on vettä imevä aine eli se on hygroskooppinen. Puu ottaa kosteutta itseensä kolmella tapaa: höyrynä ja kapilaarisesti soluonteloiden kautta, sekä diffuusiona soluseinämän kautta. Puun kosteus juuri sahattuna vaihtelee 40-100 % välillä, tämä kyseinen prosenttiluku kertoo puun vedettömän massan ja puussa olevan veden massan välisen suhteen. Eli jos puun kosteus on 100% ,niin siinä on yhtä paljon vapaata vettä, kuin on kuivaa puuainesta. Käytössä puun kosteus vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden mukaan, ja on yleensä välillä 8-25 %.

Puu on tasapainokosteudessa kun se on ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa vastavassa tilassa. Puu saavuttaa esikuivattuna tasapainokosteuden yleensä noin kahden viikon kuluessa. Puu kutistuu kun sen syiden kyllästymispiste alitetaan eli kun soluseinämät eivät ole enää vedellä täysin kyllästetyt. Vastaavasti puun kastuessa, siinä vaiheessa kun puun soluseinämät ovat täysin kyllästyneet, puun laajeneminen loppuu. Yleisempien suomessa käytettävien puulajien kyllästymispiste on 30 % . /2/



**Kuva14:** Puun kosteuspitoisuuden, ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan suhde /2/

### 5.1.2 Puun suositeltavat kosteuspitoisuudet ja puun kuivaaminen

Käyttökohde	Kosteuspitoisuus
Runko	< 24 %
Ulkoverhous	< 18 %
Sisäverhous	< 16 %
Lattiaverhous	< 10 %

**Taulukko2.** Eri käyttökohteiden suositeltavat kosteuspitoisuudet /2/

Yleensä jos puun kosteuspitoisuus täytyy saada alle 15 % tarvitaan keinokuivausta, sillä ulkona kuivatun puutavaran kosteuspitoisuus on yleensä noin 15-25% riippuen ilman suhteellisesta kosteudesta. Puutavaratoimittajat valitsevat itse parhaan kuivaus tavan käyttökohteen mukaan. /2/

### 5.1.3 Puun muodonmuutokset ja laajeneminen

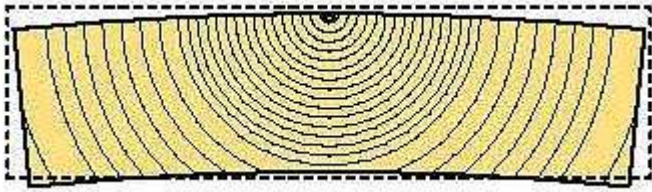
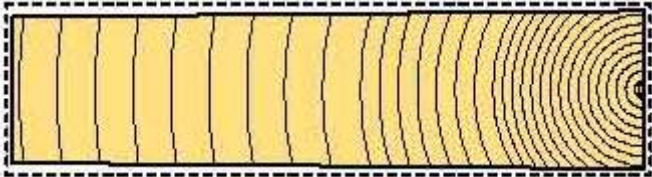
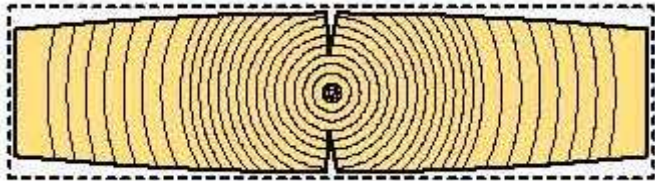
Puu ei laajene tasaisesti vaan sen laajeneminen on erilaista syiden ja puun vuosirenkaiden tangentin sekä säteen suuntaan. Syyn suuntaisesti puu laajenee vain noin 0,3 %, kun taas vuosirenkaiden säteen suuntaan laajeneminen on noin 4 % ja tangentin suuntaan se

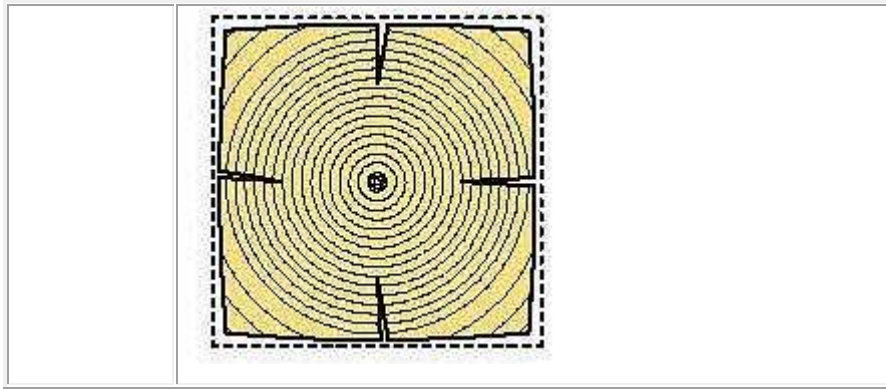
on 8 %. Tätä ilmiötä kutsutaan anisotropiaksi, yhdessä puun sisäisten jännitysten kanssa se aiheuttaa puun kieroutumista sen kuivuessa./2/

Pituuden mittamuutos	Sahatavaran kosteuspitoisuuden muutos	Poikkileikkauksen mittamuutokset
0,02 %	1 % - yksikköä	0,25 %

**Taulukko3.** Havupuun ohjeellisen muodonmuutoksen määrittäminen

Puun elämiseen vaikuttaa se kuinka tiheää puu on, mitä tiheämpää se on, sitä suurempaa on kutistuminen ja laajeneminen. Kun puu kuivuu 12 %:iin sen taivutus -sekä puristus-  
lujuus kasvaa kaksinkertaiseksi verrattuna tuoreeseen puuhun, tällöin myös puun veto-  
lujuus on suurimmillaan. Suurin kasvu puun lujuudessa tapahtuu kun alitetaan syiden  
kyllästymispiste eli puun kosteus menee alle 30 % /2/

<i>Esimerkkejä sahatavaran kuivumisen aiheuttamista poikkileikkauksen muodonmuutoksista</i>	
Sydänhal- kaistu saha- tavara ku- pertuu	
Vinokvarti- sahattu sa- hatavara ku- tistuu mutta säilyttää pa- remmin muotonsa	
Ydinkeskei- nen sahata- vara halkei- lee keskeltä ja ohenee syrjistä	



**Kuva15.** Sahatavaran kuivumisen aiheuttamia poikkileikkauksen muodonmuutoksia /2/

## 5.2 Home, laho ja sinistyminen

Jos puun kosteus on pitkiä aikoja yli 20 %, alkaa se vaurioitua, tämä tilanne tulee yleensä esiin silloin, kun ilman suhteellinen kosteus on yli 80 %. Tässä samassa kosteudessa puu alkaa homehtumaan jo parin kuukauden jälkeen. Jos ilman suhteellinen kosteus ylittää yli 90 % alkaa puussa lahoreaktio.

Lämpötilalla on myös vaikutusta puun vaurioitumiseen, sillä alle +5°C lämpötilassa sinistäjäsienet eivät kehity. Kun ilma mene pakkasen puolelle, niin puun lahoaminen ei ole enää mahdollista. Tästä johtuu se, että vaikka talvella ilman suhteelliset kosteudet voivat olla korkeita, ei puu siitä huolimatta vaurioidu lainkaan. Puun sinistymisen sinistäjäsienen takia ei aiheuta puun oleellista heikkenemistä, eikä se ole myöskään myrkyllistä tai terveydelle vaarallista niin kuin home on./2/

## 5.3 Puu työmaalla

Kun rakennusmateriaalina on puu, työmaalla on huolehdittava betonin tapaan siitä että varastointi on kunnossa. Puutavara, ikkunat ja ovet eivät saa imeä liikaa kosteutta itseensä, eikä materiaaleja saa asentaa rakenteisiin liian kosteana. On tärkeää että puu pyritään pitämään koko ajan mahdollisimman tasaisissa olosuhteissa niin kuljetuksen, varastointien ja asennuksen ajan. Optimi tilanne olisi, että puun kosteus ja ympäröivät olosuhteet pysyisivät kokoajan mahdollisimman lähellä sitä, mitä ne tulevat lopullisessakin käyttökohteessakin olemaan. Tämmöisten olosuhteiden luominen työmaalla saattaa olla

hankalaa, mutta kannattaa kuitenkin pyrkiä siihen että olosuhteet olisivat mahdollisimman lähellä suunnitteluteltuja. Yksi hyvä tapa on se, että puutavara tuodaan kohteeseen tehdaspakkauksissa ja paketit avataan vasta asennuspaikalla, missä puun annetaan taasaantua vallitseviin olosuhteisiin. Näin vältetään turhilta halkeiluilta, vääntymisiltä, raoilta ja muilta puunmuodonmuutoksen aiheuttamilta ongelmilta. Tällöin myös yleensä pystytään estämään home, sinistyminen ja muut kosteuden aiheuttamat ongelmat.

#### **5.4 Ikkunat ja ovet**

Ikkunoiden ja ovien osalta ongelmat tulevat yleensä esiin betonirakentamisessa. Siinäkin usein vain kun rakennetaan sellaisina aikoina, jolloin rakennusta joudutaan lämmitämään sisältä. Ikkunoiden ja ovien karmit elävät kosteuden mukaan, ja tämä tuo esiin sen, että niitä saatetaan joutua säätämään moneen kertaan vielä asennuksen jälkeen.

Betonirakentamisessa ongelmaksi tulevat valuvat holvivedet, jotka saattavat syövyttää lasia ja aiheuttaa siihen värivikoja. Karmin päälle valuva vesi ei kuitenkaan yleensä aiheuta muita kosteusongelmia, kuten home tai laho vaurioita. Kuitenkin eritetilasta valuvan veden poisto ja tuuletus tulisi suunnitella siten, ettei vesi pääse valumaan ainakaan lasin pintaan. /4/

Rakennusaikainen suojaus ikkunoille ja oville tehdään yleensä käyttämällä muovikaistalletta karminpäällä, sekä pussittamalla sisäpuite aina tasoitustöihin saakka. Muovit on kuitenkin poistettava ennen kuin ovea tai ikkunaa ruvetaan tiivistämään. Ovien ja ikkunoiden säilytykseen pätevät samat ohjeet kuin puutavaran säilytykseen. Nämä tuotteet on yleensä pakattu kohtuullisen hyvin jo tehtaalla, mutta näihinkään suojiin ei kannata ainoana suojana luottaa.

## **6 Korjausrakentaminen**

### **6.1 Korjausrakentaminen yleensä**

Logistiikan, materiaalien varastoinnin, uusien rakenteiden suojauksen ja kuivauksen suhteen korjausrakentaminen ei eroa mitenkään uudisrakentamisesta. Korjausrakentamisessa on huolehdittava erityisesti siitä, ettei rakentamisen aikana, vanhoihin jo olemassa oleviin rakenteisiin pääse kosteutta ja ne suojataan hyvin. Sillä esimerkiksi kuiva betoni pystyy imemään hämmästyttäviä määriä vettä itseensä, jo hyvin pienessä ajassa. /4/

Tietyissä kohteissa rakennuksen huputtaminen osan tai koko rakennuksen peittäväällä teltalla saattaa olla korjauskohteissa perusteltua. Kuitenkin, kun hoidetaan työmaan kosteudenhallinta huolellisesti ja varmistetaan, ettei vesi pääse vanhoihin eikä uusiin rakenteisiin, ei huputus ole aina välttämätöntä.

Yksi huomioon otettava asia säältä suojautumisen lisäksi on se, että rakennustoimenpiteiden aiheuttamat asiat eivät pääse aiheuttamaan kosteusongelmia. Esimerkiksi, kun tehdään betonin timanttisahausta veden kanssa, on huolehdittava siitä että jäähdytysvedet imuroidaan varmasti talteen. /4/

### **6.2 Betonirakenteiden kosteusvauriotutkimukset**

#### **6.2.1 Yleistä betonirakenteiden kosteusvaurioista**

Jos tilanne on se että työmaan kosteudenhallinnassa on ollut laiminlyöntejä, päällystettyysmittauksia ei ole tehty tai ne eivät ole jostain syystä olleet paikkansa pitäviä, seurauksena saattaa olla kosteusvaurio. Nämä vauriot näkyvät yleensä ensimmäisinä pintamateriaalien vaurioitumisena. Jos esimerkiksi muovimatto asennetaan liian kostean laatan päälle, lopputuloksena on todennäköisesti home tai mikrobikasvustoa sekä mahdollisesti liimojen ja tasoitteiden reagoinnista aiheutuvia terveydelle haitallisia VOC-päästöjä. /4/

### 6.2.2 Rakenteiden kartoitus ja kosteusvaurion syyn selvitys

Jos vauriota on syntynyt, lähtee syyn selvitys siitä, että tutkitaan millainen rakenne on kyseessä. Tässä tapauksessa selvityksessä parhaiten toimivat rakenneleikkaukset sekä muut asiakirjat. Niiden avulla voidaan kartoittaa rakenteen kosteustekninen toimivuus ja mahdolliset syyt kosteusvaurioon. /3/

Kun rakenne on selvillä, lähdetään vauriota tutkimaan aistinvaraisesti niin näkyvien vaurioiden kuin myös esimerkiksi sisäilman laadun perusteella. Tämän jälkeen selvitetään mahdolliset kosteuslähteet. Näitä lähteitä voivat olla rakennekosteus, putkivuodot, maaperän kosteus, käyttövesi jne. /4/

Kosteusvauriot ja etenkin päällystevauriot ovat usein monen tekijän summa, eikä aina ole täysin selvää, mistä ne ovat syntyneet. Mutta vaurioiden korjaamisen kannalta, vaurioiden laajuuden selvittäminen, ja syyn löytäminen on hyvin tärkeää. /5/

### 6.2.3 Kosteusmittaukset kosteusvauriotutkimuksissa

Kosteusvauriotutkimuksissa kosteusmittaukset voi aloittaa pintakosteuskartoituksella, sillä pystytään selvittämään samassa rakenteessa olevia mahdollisia alueellisia kosteuspitoisuuksia. Näissä mittauksissa on otettava huomioon se, että ne ovat vain pintamittauksia ja esimerkiksi lattiamateriaalin sähkönjohtavuus vaikuttaa selvästi tuloksiin. Tämän takia nämä mittaukset eivät olekaan vertailukelpoisia eri rakenteiden kesken. /3/

Jos tullaan siihen lopputulokseen että betonin kosteus on vaurioiden aiheuttaja, ja tämä halutaan varmistaa, tulee selvittää millainen on kosteus heti pinnoitteen alla. Tämä tapahtuu viiltomittauksella, myös näytepalamittaus on toimiva menetelmä tähän tarkoitukseen. Yleensä tämä heti pinnoitteen alla vallitseva kosteus on oleellisin, mutta yleisesti ottaen kannattaa aina selvittää koko rakenteen kosteusprofiili. /3/

Jotta voidaan selvittää syy siihen mistä kosteus tulee, täytyy betonista tehdä eri syvyyksiltä mittauksia. Näistä mittauksista tulee saada selville suhteellinen ja absoluuttinen



kosteus, sekä lämpötila kyseisessä mittaussyvytydessä. Kun näitä mittauksia tehdään esimerkiksi 20mm välein eri syvyyksiltä, voidaan päätellä mihin kosteus on siirtymässä ja missä sen mahdollinen lähde on. Näin saadaan selville tuleeko kosteus esimerkiksi maaperästä, jolloin suhteellinen kosteus on isoin laatan alaosassa. Vai onko syynä esimerkiksi putkivuoto tai rakennekosteus, jolloin isoimmat vesihöyrysisällöt ovat laatan ylä- tai keskiosassa. Mittausmenetelmät on esitelty kappaleessa 10.3. /3/

## **7 Suojaus ja varastointi**

Suojaus on yksi isoimmista sekä tärkeimmistä asioista työmaan kosteudenhallinnassa. Suojauksen on oltava kunnossa niin varastoinnissa, kuljetuksissa kuin jo asennettujen elementtien ja materiaalien osalta.

### **7.1 Suojaus kuljetuksen aikana**

Kuljetuksen aikainen, ja sitä edeltävä materiaalien varastointi sekä suojaus, ovat tärkeitä asioita. Nämä ovat kuitenkin niitä asioita, joista urakoitsija ei voi olla täysin varma, ja joihin vaikutus mahdollisuudet ovat rajalliset. Kuljetusten aikaisen suojauksen merkitys saattaa nousta isoksi kuivaustarvetta lisääväksi tekijäksi. Etenkin jos sade yllättää kesken kuljetuksen ja kuljetusmatka on pitkä. Myös se miten materiaalien ja elementtien toimittajat säilyttävät tuotteita, ennen niiden kuljetusta, vaikuttavat työmaan kosteudenhallintaan. Ilman suojaa säilytettyjen ja kuljetettujen materiaalien, sekä etenkin betonielementtien imemän kosteuden kuivaaminen, saattaa vaatia työmaalla paljon ylimääräistä aikaa. Kuljetuksen aikana elementit ja materiaalit tulisikin pitää huputettuina, tai muuten säältä suojassa. /6/

### **7.2 Välivarastointi ja aikataulutuksen vaikutus varastointiin**

Aikataulutamalla ja järjestelemällä työt oikein, voidaan vaikuttaa paljon siihen millaiset sääsuojaukset ja järjestelyt työmaalla tarvitaan. Tuotteet kannattaa tilata siten, ettei niitä tarvitse enää työmaalla välivarastoida ainakaan pitkäksi aikaa. Paras olisi, jos esimerkiksi elementit saataisiin nostaa suoraan paikoilleen ilman välivarastointia, tämä kuitenkin on aikataulun takia usein mahdotonta. Hyvällä suojauksen suunnittelulla ja toteutuksella voidaan huomattavasti vähentää kuivauksen tarvetta, sekä parantaa rakennustyön laatua. /4/

Välivarastoinnin aikana materiaalit tulee suojata peittein tai sääsuojin siten, etteivät ne saa ylimääräistä kosteutta. Työmaalla on oltava riittävästi suojausmateriaalia ja välivarastointiin riittävästi tilaa. Näin voidaan materiaalit varmasti suojata niin hyvin, ettei ylimääräistä kosteutta pääse sisään. Myös tuuletuksen on oltava koko välivarastoinnin ajan kunnossa ja riittävä. Ymmärrettävästi kuivan ja lämmitetyn varastotilan määrä on työmaalla yleensä rajallinen, tai sitä ei ole ollenkaan.

Yleinen tapa on varastoida materiaaleja holvien päälle. Tässä varastointitavassa tulee huomioida, että ennen kuin rakennus on vesitiivis, materiaalit ovat vieläkin osittain ulkopuolisten olosuhteiden vaikutuksen alla. Toinen huomioitava asia on, ettei laattojen päälle kasata tavaraa siten, että tuuletus estyy ja laatta ei pääse näiltä osin kuivumaan. /4/

Materiaalien säilytys työmaalla tulisi suunnitella niin, että maan ja materiaalien välillä on riittävä väli, jotta materiaalit eivät ime maasta kosteutta ja ilma pääsee kiertämään alapuolelta. Betonielementtien suojauksessa tulee ottaa huomioon se, ettei suojaus estä betonin kuivumista ja rakennekosteuden haihtumista. Materiaalien, etenkin eristeiden omiin muoveihin ei kannata luottaa ainoana suojauksena, sillä ne usein vaurioituvat kuljetuksissa ja välivarastoinnissa. /4/

Puu on materiaali, joka laajenee tai kutistuu riippuen siitä paljonko siinä on kosteutta. Tämän takia puu tulisi varastoida sellaisissa olosuhteissa, kuin se valmiissa rakenteessa tulee olemaan. Paneelit ja lattialankut kannattaa pitää loppuun asti alkuperäisissä pakkauksissa. Ja ottaa pois mahdollisista muoveista vasta, kun ne ovat asennuspaikalla sellaisissa olosuhteissa, joihin ne tulevat lopullisesti jäämään. /2/

Betonielementtien, puutavaran, ovien ja ikkunoiden lisäksi on paljon tuotteita, joiden vääränlainen suojaus/varastointi aiheuttavat huomattavia ongelmia, sekä materiaalihävikkiä. Eristeiden, kuten mineraalivillojen suojaus on tärkeää, sillä niiden kuivuminen kestää kauan. Materiaalihävikkiä saattaa syntyä, jos esimerkiksi jauhemuodossa olevat tasoitesäkit tai laastit, pääsevät kostumaan. Ja näin kovettuvat tai tulevat muuten käyttökelvottomiksi. /6/

Myös levyjen, kuten kipsilevyjen säilytykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä ne eivät kestä kosteutta kovinkaan hyvin. Kastuessaan kipsilevyt menevät yleensä suoraan hävikkiin. Lisäksi kipsilevy kastuessaan antaa hyvän kasvualustan erilaisille kasvuille ja homeelle, näin ollen sen varastointia ulkotiloissa tulisi välttää. /6/

### 7.3 Rakennusvaiheen aikainen suojaus

Varastoinnin ja kuljetuksen lisäksi on tärkeää suojata jo asennetut /rakennetut rakenteet siten, etteivät ne pääse turhaan imemään kosteutta itseensä. Kaikista paras tapa tähän on se, että mahdollisimman aikaisessa vaiheessa pyritään rakennuksen vesikatto saamaan valmiiksi. Sekä asentamaan ikkunat sekä ovet niin, että rakennuksesta tulee vesitiivis.

/4/

Kaikki rakenteet kannattaa pyrkiä suunnittelemaan ja toteuttamaan siten, etteivät sadevesi ja lumi pääse ohjautumaan alemman kerroksen seinäelementtien eristeisiin tai muihin jo asennettuihin rakenteisiin. Sillä näiden rakenteiden uudelleen kuivattaminen kestää kauan ja vaatii turhia resursseja. Holvien saaminen mahdollisimman aikaisin tiiviiksi, on yksi parhaista tavoista nopeuttaa rakenteiden kuivumista, sekä estää kosteuden aiheuttamia ongelmia. /4/

#### 7.3.1 Sadevedet

Sadevesistä on huolehdittava siten, että sadevesi johdetaan pois rakennuksesta. Vesien poisjohtamiseen on monia tapoja, ja ne on valittava työmaakohtaisesti ottaen huomioon vuodenaika sekä mahdolliset erityisvaatimukset. Jos sadevesiä ei järkevästi pystytä ohjaamaan pois rakennuksesta, on ne imuroitava pois tai muulla tavalla poistettava. Tämä vesien poistaminen tulee suorittaa siten, ettei se pääse aiheuttamaan kosteusvaurioita. Sadevesien kohdalla on huomioitava myös viistosade ja tuulen aiheuttama paine, jotka saattavat aiheuttaa toimenpiteitä koskien julkisivun suojausta. /4/

Yksi vaihtoehto on, että rakennuksen omat viemärit rakennetaan valmiiksi heti kun mahdollista ja ohjataan sadevesien poisto niiden kautta. Tai sitten rakennetaan väliaikainen putkisto/kourut, jotka kuljettavat veden pois rakennuksesta. Kun käytetään rakennuksen omaa viemäriä, on niiden puhdistuksesta myös huolehdittava. Vesi voidaan holvilla ohjata tihettyihin paikkoihin, josta sen poisto hallitusti on mahdollista esimerkiksi madalluksiin. Veden poistamiseksi voidaan porata holviin reikiä, joista vesi ohjataan poistoputkiin. Myös ontelolaattojen holvistoria voidaan tarvittaessa käyttää vedenpoistossa hyödyksi. Kaikki holviin tehdyt ylimääräiset reiät on valettava lopuksi umpeen, ja

huomioitava se, että betonin tekemisissä ollut vesi on emäksistä ja näin ollen esimerkiksi lasipintoja syövyttävää. /4/

### **7.3.2 Holvit ja pressutus**

Talvella etenkin holvit kannattaa pressuttaa, ja näin varmistaa ettei jäätä eikä lunta tai sulamisvesiä pääse rakenteisiin ja saumoihin. Holvien pressutuksessa ja kaikessa suojaamisessa kannattaa huomioida, että pressujen heikoin kohta ovat niiden saumat. Joten suojauksessa kannattaa käyttää mahdollisimman isoja pressuja/peitteitä, jotta saumaa on mahdollisimman vähän. Saumakohdat on myös hyvä nostaa hieman ylös vaikka lankkujen avulla, jolloin vesi valuu saumakohdista pois ja vesi ei pääse niistä sisään./4/

Jos käytetään märkätilaelementtilaatta, on se suojattava sade- ja valumavesiltä, ettei valmisosalla saavutettua hyötyä menetetä. /4/

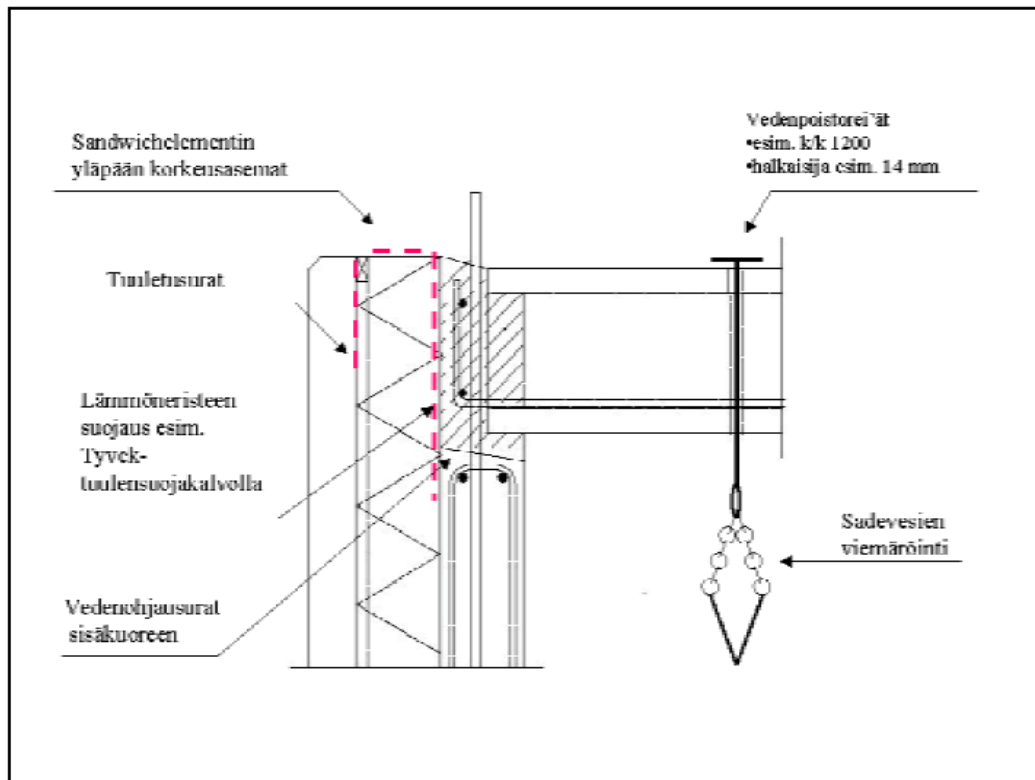
### **7.3.3 Sandwich-elementtien suojaus**

SW-elementtien eristetilan suojaukseen kannattaa kiinnittää huomiota, sillä sinne pääseen kosteuden kuivuminen on erittäin hidasta, ja talvella sitä ei eristetilan alhaisen lämpötilan takia tapahdu käytännössä ollenkaan. Eristetilaan valuvat vedet aiheuttavat paljon ongelmia. Esimerkiksi ikkunalasiin syöpymistä/värjäytymistä, julkisivujen värjäytymistä ja pinnoitteiden ongelmia niin sisä- kuin ulkopuolella elementtiä./4/

Sandwich-elementeissä on tehtaalta tullessa suojaus, joka toimii hyvänä lisäsuojana mahdollisissa välivarastoinneissa, ja yleensä myös asennuksen aikana. Näiden suojien käyttö varastoinnissa ja niihin täysin luottaminen saattaa aiheuttaa ongelmia. Nämä suojat myös hidastavat elementin kuivumista./4/

Isoin merkitys sandwich-elementtien kosteudenhallinnassa on sillä, että holvi saadaan nopeasti ja kerralla tiiviiksi. Sandwich-elementtien eristetilan suojaus muovilla, tai vaikka Tyrek-kankaalla, asennuksen ja ontelolaattojen saumauksen välillä on suositeltavaa. Tällä toimenpiteellä saadaan kohtuullisen hyvin pidettyä eristettä kuivana ja suo-

jassa holveilta valuvulta vedeltä. Sandwich-elementin yläpäätt kannattaa suunnitella siten, että ne ovat noin 1-2 cm korkeammalla kuin laatastons pinta, näin saadaan saumauksen avulla padottua vesi holville. /4/



**Kuva16.** SW-elementin suojaus runkovaiheessa. /4/

### 7.3.4 Muuta huomioon otettavaa

Myös muiden eristeitä sisältävien rakenteiden työnaikainen suojaaminen (esim. puuelementit ja puuseinät) kannattaa tehdä kunnolla. Sillä näiden rakenteiden kastuessa, ei yleensä aikataulullisesti ole muuta vaihtoehtoa, kuin purkaa nämä rakenteet ja korvata eristeet uusilla. Tämä taas tuo huomattavia lisäkustannuksia. /10/

## 7.4 Suojaustavat

### 7.4.1 Sääsuoijat

Sääsuoijat ovat suojarakenteita joilla voidaan suojata rakennuksen ylin holvi tai rakentaa nopeasti hyvä välivarasto. Sääsuoijat ovat paikanpäällä koottavia ristikkorakenteita joiden päälle asennetaan PVC-kankainen kate. Sääsuoijan runkoja on niin teräksisinä kuin

alumiinisinäkin, yhden sääsuoja moduulin normaali leveys on 6 metriä ja niitä on saatava monen levyisinä aina 25metrin leveyteen asti. Sääsuojat kootaan paikanpäällä ja niiden asennukseen sekä liikuttelemiseen tarvitaan yleensä nosturia. Kun sääsuojat ovat paikallaan, ne ankkuroidaan siten, etteivät tuuli ja muut ulkoiset asiat pääse niitä liikuttamaan. /6/

#### **7.4.2 Rakennuspeitteet**

Rakennuspeitteillä voidaan suojata joko jo tehtyjä rakenteita tai välivarastossa olevia materiaaleja ja elementtejä. Rakennuspeitteitä on saatavilla 4x6metrin kokoisista aina 6x9metrin kokoiisiin peitteisiin, niiden materiaali on myös PVC.

Rakennuspeitteet soveltuvat esimerkiksi sandwich-elementtien eristilojen suojaukseen runkovaiheen aikana. Sekä jo kerrottuun holvien, etenkin ylemmän holvin, suojaukseen. Peitteitä käytettäessä on vaan muistettava kiinnittää erityistä huomiota saumoihin, sillä peitteistä ei ole mitään hyötyä, jos vesi pääsee saumoista sisään./6/

#### **7.4.3 Koko rakennuksen/rakennuksen osan huputus**

Nykyään osa rakennustyömaista huputetaan siten, että ne tulevat kokonaan vedenpitävän teltan sisään. Tämä tulee tarpeelliseksi lähinnä tietyissä korjausrakentamisen kohteissa. Tosin nykyään tätä käytetään jo laajalti uudiskohteissakin. Tähän asti tämä tekniikka on kuitenkin ollut vielä niin kallis toteuttaa, että monesti kannattaa miettiä kaikki muut mahdolliset vaihtoehdot rakenteiden suojaamiseksi. Juuri ison hinnan takia uudiskohteissa tullaan, ainakin vielä, yleensä siihen tulokseen, että se on liian kallis menetelmä sen tuomiin etuihin verrattuna. Tulevaisuudessa, ainakin tietyissä rakennuskohteissa, tullaan rakennusmääräyksissä asetuksella vaatimaan sääsuojien käyttöä.

Toki huputus tuo huomattavaa etua silloin, kun vanhasta rakennuksesta joudutaan purkamaan esimerkiksi vesikatto ja vanhojen rakenteiden suojaaminen olisi muuten hyvin haastavaa. Lähinnä siis peruskorjaushankkeissa, julkisivu- ja kattoremonteissa kannattaa aina miettiä telttaa vaihtoehtona. Sillä sen avulla saadaan aikataulua yleensä nopeutettua, ja varmistetaan ainakin se, että vanhat sekä uudet rakenteet eivät varmasti pääse rakennusvaiheessa kastumaan. Vertailukohtana hinnasta voidaan esittää, että 2000 neliön teltta pystytyksineen maksaa nykyään noin 100 000€.

Kun lähetään pohtimaan sitä onko huputus paras vaihtoehto ja koska sitä kannattaa käyttää, tulevat vastaan taloudelliset asiat, kosteudenhallinta, aikataulu ja kuinka se vaikuttaa lopulliseen tulokseen. Paljonko huputus vie aikaa ja paljonko sen korvaavat toimenpiteet veisivät aikaa, paljonko se maksaa ja tuoko se jotain sellaisia etuja mitä muilla suojaustavoilla ei ole mahdollista saavuttaa. Esimerkiksi talvella teltta luo hyvän suojan lumea vastaan, eikä normaaleja ongelmia lumen kanssa ilmene, eikä lumen poistolle ole tarvetta. Muutenkin huputus luo tiettyä varmuutta sille, etteivät rakenteet pääse sääolosuhteiden takia kostumaan.

Toisaalta, kun rakennus on kokonaan hupun sisällä, tuovat esimerkiksi nosturin nostot ongelmia, joita muuten ei olisi, sillä materiaalit ja osat on saatava kuitenkin jostain teltan sisään. Toistaiseksi huputus on vielä niin kallista, ettei sen käyttöä uudiskohteissa voi taloudellisista syistä suoraan suositella, sillä uudiskohteissa voidaan huolellisella kosteudenhallinnalla varmistaa hyvä lopputulos. Mutta korjausrakentamisessa on työmaakohtaisesti ihan perusteltua miettiä, olisiko teltta se paras vaihtoehto. Nykyään monessa kohteessa vaaditaan tilaajan toimesta rakennuksen tekemistä teltassa, ja tulevaisuudessa tämä tapa tulee toden näköisesti vain lisääntymään. Kuitenkin tilaajienkin tulisi miettiä onko teltassa tekeminen varmasti järkevää, ja onko se välttämätöntä, sillä erilaisilla rakenneratkaisuilla ja hyvällä kosteudenhallinnalla voidaan päästä myös samaan lopputulokseen.



## 8 Kosteusmittaukset

### 8.1 Betonin suhteellinen kosteus

Melkeinpä tärkein mitattava asia työmaalla on betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Betonin kuivuminen määrää työmaalla sen, koska voidaan aloittaa uusia työvaiheita. Betonin täytyy olla riittävän kuiva, ennen kuin sille voidaan asentaa pintamateriaaleja. Työmaalla mittauksen pitäisi olla suunnitelmallista, ohjeistus mittaussuunnitelman tekoon löytyy kohdasta 11.3.

Työmaalla mittauksia suorittavan henkilön tulee olla ammattitaitoinen ja tarkka, sillä huolimattomuudella saadaan hyvinkin helposti vääriä tuloksia. Nämä väärät arvot saattavat johtaa vakaviin ongelmiin työmaan kosteudenhallinnassa ja pahimmassa tapauksessa vaikuttavat työn lopputuloksen laatuun negatiivisesti. /3/

### 8.2 Mittausajat ja paikat

Ensimmäisen kerran betonin kosteudet mitataan samaan aikaan kun aloitetaan työmaalla kuivatus, tätä sanotaan *lähtötasomittaukseksi*. Ensimmäisen mittauksen perusteella voidaan arvioida tarvitseeko joku osa rakennusta enemmän huomiota kuivatuksessa. Tämän mittauksen perusteella kuivatussuunnitelmaa ja kuivatusaika-arvioita voidaan muokata siten, että saadaan aikataulun puitteissa rakenteet riittävän kuiviksi. Mittauksia tulee tehdä mahdollisimman monesta osaa rakennusta, jotta mahdolliset kuivauksen tehostustoimenpiteet ja painotus voidaan kohdistaa ongelmakohtiin. /3/

Tarkistusmittauksia (*seurantamittaus*) tehdään noin kahden viikon välein, ja tarvittaessa muokataan tulosten mukaan kuivatussuunnitelmaa, sekä mahdollisesti myös aikatauluja. Viimeiset mittaukset tehdään ennen rakenteiden päällystystöitä. Tämä mittaus ratkaisee sen voidaanko rakenne päällystää (*asennettavuusmittaus*). Tarkistusmittaukset voivat olla hieman suurpiirteisempiä, mutta ennen pintatöitä tehtävän mittauksen on oltava perusteellinen. Asennettavuusmittaus tulee tehdä hyvin tarkasti, etenkin sellaisista paikoista, joissa aikaisemmat mittaukset ovat antaneet korkeimpia kosteuslukuja. Mittaushetken lämpötilan tulisi olla mahdollisimman lähellä lopullista käyttölämpötilaa, mikä

on yleensä noin 20, mieluiten lämpötila saisi olla mittaushetkellä vähän enemmän. Silloin päästään kosteuden fysikaalisen käyttäytymisen perusteella mittauksessa varmemmalle puolelle. /5/

### **8.3 Mittaus, mittauskalusto ja kalibrointi**

#### **8.3.1 Pintakosteusmittari/kosteusosoitin**

Varsinaiset rakennekosteusmittaukset tehdään joko porareikämittauksina, tai koepalamittauksina. Pintakosteusmittareita voidaan käyttää suuntaa-antavina mittareina työmaalla, mutta varsinaisten mittausten tekemisen ne eivät epätarkkuutensa takia sovellu. Nämä mittarit soveltuvatkin lähinnä vain arvioiksi siitä missä mahdollisesti kosteudet ovat korkeimpia. /3/

#### **8.3.2 Porareikämittaus**

Porareikämittaus on yleisin tapa mitata työmaalla kosteuksia eri rakennekerroksista. Mittaus alkaa sillä, että porataan mittaureiät. Reiän halkaisija riippuu käytettävästä mittakalustosta. Yleisemmin käytetyt mittarit vaativat 16 mm reikää. Suomessa käytetyin mittarivalmistaja on Vaisala.

Kun reikä on porattu, puhdistetaan se joko imurilla ja/tai paineilmalla siten, että reikä tulee varmasti puhtaaksi. Kun reiät on puhdistettu, asennetaan niihin mittausputket, jotka tiivistetään varta vasten tähän tarkoitukseen tehdyllä kitillä. Huolellinen tiivistys on erittäin tärkeää, sillä huono tiivistys vaikuttaa mittaukseen niin paljon, ettei mittaus tulosta voida käyttää edes suuntaa antavana arvona.

Kun mittaputket on asennettu, annetaan niiden olla koskemattomina vähintään kolme vuorokautta, jotta olosuhteet reiässä tasaantuvat. Tämän jälkeen reikiin asennetaan mittapäät. Näiden reikiin asennettavien mittapäiden on, ennen asennusta, annettava tasaantua mitattavan ympäristön olosuhteisiin. Mittapäiden asennuksen jälkeen reiät tiivistetään taas uudestaan mahdollisimman nopeasti. Jonka jälkeen taas annetaan reiän sekä mittapään tasaantua. Nyt tasaantumisaika riippuu mittarista ja se vaihtelee betonilaadun sekä mittalaitteen tuottajan ohjeiden mukaan. Tämä aika voi olla tunnista aina vuorokautteen asti. Yleisimmin käytetyillä mittareilla tämä aika on 1-4 tuntia. /3/

Mittalaite antaa tuloksena lämpötilan sekä kosteuden, jos mittalaite/mittapää on kalibroitu oikein, antaa laite suoraan oikean kosteuden. Jos mittapäättä ei ole asetettu antamaan oikeaa lukemaa, tai mittalaitteeseen ei ole asetettu oikeaa kerrointa, tulee lukema korjata kalibrointikorjauskertoimella. /3/

### 8.3.3 Näytepalamittaus

Silloin kun betonin olosuhteet ovat epävakait, halutaan varmasti tarkka tulos tai halutaan tulokset nopeasti, tulee näytepalamenetelmä kyseeseen. Tässä menetelmässä porataan tai piikataan betoniin halkaisijaltaan 50-100mm monttu, jonka syvyys on mittaus-  
syvyyttä 5mm ylempänä. Tämän montun pohjalta piikataan irti betoni näytteitä siten, että mittaamalla varmistetaan että otetut näytteet ovat varmasti mittaus syvyydeltä. Irti piikattujen näytteiden on myös oltava vähintään 5mm:n päästä montun reunoista.

Kun koepalat/muruset on saatu montusta, laitetaan ne heti puhtaisiin koeputkiin ja suljetaan koeputket kitillä. Tämä tehdään siten, että koeputken sisälle jää näytteen lisäksi suhteellisen kosteuden mittapää. Samasta syvyydestä on otettava ainakin kaksi koeputkellista (yleensä 20mm halkaisijalla oleva putki) näytteitä, ja mielellään mahdollisimman suuria murusia. Näytemäärän tulee olla vähintään kolmasosa putken vapaasta tilavuudesta. Koeputkien annetaan tasaantua vakiolämpötilaan (yleensä 20 astetta) yhdessä mittapäiden kanssa, tämä tasaantuminen kestää yleensä noin 5-10 tuntia. Mitä poikkeavammat olosuhteet ovat näytteenotto hetkellä olleet, sitä enemmän pitää näytteiden antaa tasaantua. Samoin tulee toimia lujien betonilaatujen kanssa.

Kun näytteet ovat tasaantuneet, mitataan RH % sekä lämpötila, ja tehdään mittauksesta raportti. Raportissa tulee ilmetä kosteuden ja lämpötilan lisäksi mittaus-  
syvyys, mittauskohta, näytteenotto olosuhteet, niin näytteenoton kuin tuloksien lukemisen ajankohta sekä muut mittauksessa esiin tulleet asiat./3/

### 8.3.4 Viiltomittaus

Viiltomittauksella saadaan selvitettyä pinnoitteen alapuolella vallitseva kosteus, silloin kun pinnoite on jo asennettu. Tätä menetelmää käytetään etenkin kosteusvaurio tutki-

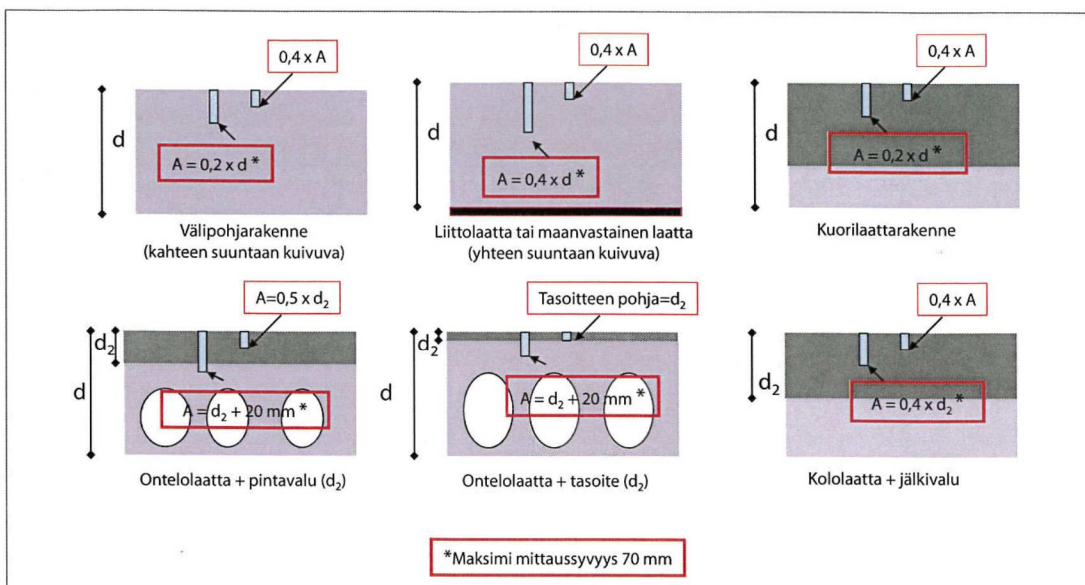
muksissa, kun pintamateriaalina on esimerkiksi muovimatto. Tässä menetelmässä pinnoitemateriaaliin tehdään viilto, ja materiaalin alle tehdään mittapäälle tilaa esimerkiksi puukolla. Mittapää työnnetään viillosta pintamateriaalin alle, ja sen annetaan tasaantua noin 15–30 minuuttia. Kun mittapää on tasaantunut maksimissaan 30 minuutin ajan, luetaan kosteusmittarista lukemat. /3/

### 8.3.5 Mittauspisteet ja mittaus syvyydet

Yhdestä mittauspisteestä mitataan kosteus kolmesta reiästä, kaksi arvostelusyvyydeltä (A) sekä yksi syvyydeltä  $0,4 \times A$ . Reiät tehdään rinnakkain ja niiden keskinäinen etäisyys on 100–300 mm. /3/

Betonirakenteen suhteellinen kosteus (RH) mitataan eri rakenteissa seuraavasti:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Ulkoseinät, sisäkuori:<br>Väliseinät        | 20–30 mm syvyydeltä   |
| 2. Massiivibetonivälipohja:<br>Pintamittaus    | $A=0,2 \times$ koko rakenteen paksuudesta<br>$0,4 \times A$     |
| 3. Ontelolaatta:                               | $A$ =tasoitteen paksuus + 20 mm.                                |
| 4. Ontelolaatta + pintabetoni:<br>Pintamittaus | $A$ =Pintabetoni + 20 mm<br>$A=0,5 \times$ pintabetonin paksuus |
| 5. Maanvastainen laatta:<br>Pintamittaus       | $A=0,4 d$<br>$A=0,4 \times A$ syvyydeltä                        |



**Kuva 20.** Mittausvyvydet eri rakenneratkaisuilla rakennepaksuuksista riippuen. Jos päällysteen vesihöyrynläpäisevyys ei ole tarkasti tiedossa, verrataan syvyyden A mittaus tulosta päällysteen/pinnoitteen kriittiseen kosteusarvoon. Jos ontelolaatan päälle valetun pintabetonilaatan paksuus on 60 mm tai suurempi, tulee kosteuspitoisuus mitata lisäksi arviointisyvyyden A yläpuolella syvyydellä  $0,4 \times A$ , jossa RH:n tulee yleensä olla alle 75 %. /Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen/

#### 8.4 Normien antamat maksimi kosteudet eri pinnoille

Materiaali	Betonin Rh (%) arviointisyvyydellä (A)	Betonin ja tai tasoitteen Rh(%) pinnassa ja 1-3 cm syvyydellä (0,4*A)
<b>Märkätilat; vedeneristeet</b>	<b>85-95</b>	<b>75</b>
<b>Muovimatot</b>	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Linoleumi</b>	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Kumimatot</b>	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Tekstiilimatto, tiivis alusta</b> (pvc, kumi, kumilateksisively) tai luonnonmateriaalista tehty	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Täyssynteettiset tekstiilimatot</b> ilman alusrakennetta	<b>90</b>	<b>75</b>
<b>Muovi-, kumi, linoleumilaatat</b>	<b>90</b>	<b>75</b>
<b>Mosaiikkiparketti</b> (normaali betoni)	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Mosaiikkiparketti</b> (erikoisbetoni (v/s <0,5))	<b>90</b>	<b>75</b>
<b>Laminaatti</b>	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Kelluva lautaparketti</b>	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Lautaparketti alustaan liimattu</b> normaali betoni	<b>85</b>	<b>75</b>
<b>Lautaparketti alustaan liimattu</b> erikoisbetoni (v/s<0,5)	<b>90</b>	<b>75</b>
<b>Epoksi ja akryylipinnoitteet</b>	<b>97</b>	
<b>polyuretaanipinnoite</b>	<b>90</b>	

Taulukko4. Sallitut kosteudet eri pinnoitteille. /3/

## 9 Menettelyohjeet rakennushankkeen kosteudenhallintaan

### 9.1 Lyhyt ohjeistus materiaalien kuivana pitämiseen

Materiaalien ja rakenteiden suojaaminen sateelta on hyvin tärkeää, sillä se vähentää huomattavasti niin kuivas tarvetta kuin materiaalihukkaa.

Tärkeimpiä huomionarvoisia asioita ovat:

- materiaalien suojaus
- rungon suojaaminen
- keskeneräisten rakenteiden suojaus
- vesivahinkojen ehkäisy

Toimenpiteitä, jotka vähentävät selvästi rakenteiden ja rungon kastumista

- nopea rungon pystytys
- holvien tekeminen nopeasti vesitiiviiksi
- ontelolaattojen nopea saumaus ja pintavalu
- estetään lumen pääsy holveille
- holveille päässeen lumen mekaaninen poisto ja veden imurointi
- ulkoseinien eristetilän suojaus
- sisälevytysten suojaus
- käyttämällä sääsuojia etenkin korjauskohteissa
- sw-elementtien eristetilansuojaus

Materiaalien suojauksen pääkohdat:

- hyvä suunnittelu > varastointialueet
- aikataulutus > oikea aikaiset toimitukset
- valmistajien antamien säilytysohjeiden käyttö
- sääsuojien käyttö keskeneräisten rakenteiden suojauksessa ja yleisvarastona
- varmistetaan että keskeneräiset rakenteet suojataan ennen työvuorojen loppua
- otetaan huomioon mitkä materiaalit eivät kestä kosteutta, ja mitä ongelmia mahdollinen kostuminen aiheuttaa

Muita huomioitavia asioita

- vesijohtojen sulkeminen yöksi
- liitosten tarkistus
- kuivatuslaitteiden saatavuus varmistettava
- vesi imurin oltava saatavilla

## 9.2 Lyhyt ohjeistus rakenteiden kuivaukseen

### **Rakenteiden kuivatuksen suunnittelussa huomioon otettavia asioita:**

- miten paljon kuivumisaikaa on varattu rakenteille (aikataulut)
- millaiset ovat rakenteiden sekä materiaalien kuivumisominaisuudet
- paljonko rakenteet/materiaalit ovat kastuneet tai mahdollisesti kastuvat

### **Kosteudenhallintasuunnitelmaan selvitettäviä kuivaukseen liittyviä asioita:**

- tavoiteltava ilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus
- voidaanko rakennuksen omaa lämmitysjärjestelmää käyttää kuinka paljon hyväksi
- tarvitaanko kuivatuslaitteita ja/tai lisälämmitystä
- tarvitaanko alueellisia kuivatussuunnitelmia

### **Kuivatuksen toteutus- ja suunnittelu periaatteet:**

- jos tarvitaan lisälämmitystä/kuivausta, mikä on paras vaihtoehto ja mistä sen saa
- suunnitellaan kuivatus ajoissa, ottaen kaikki tekijät sekä olosuhteet huomioon
- pyritään estämään lisäkosteuden pääsy kuivatettaviin tiloihin ennen kuin kuivaus on aloitettu
- lumi, jää ja irtovesi poistetaan mekaanisesti
- osastoidaan kuivatettava tila, sekä varmistetaan, ettei tässä tilassa ole kylmiä pintoja
- erityisesti kuivaajia käytettäessä on varmistuttava kuivattavan osaston tiivyydestä
- koitetaan saada rakennuksen/tilan oma lämmitysjärjestelmä käyttöön mahdollisimman nopeasti. Jos sitä ei saada tarpeeksi ajoissa toimimaan, tai sen teho ei ole riittävä, otetaan käyttöön lisälämmitys
- huolehditaan siitä että ilmanvaihto on riittävä ja kosteus poistuu hallitusti ulos
- varmistetaan lämpötila-/kosteus-/rakennemittauksin se että kuivaus on riittävän tehokasta

### 9.3 Lyhyt ohjeistus kosteusmittaussuunnitelman laatimiseen

Kosteusmittaussuunnitelmasta tulisi selvittää:

- mitä mittauksia tarvitaan ja tehdään
- millä tehdään (laitteisto)
- tarvitseeko mittauskalusto kalibroida
- kuka tekee
- mittausten aikataulu
- mistä tehdään (mittauspisteet ja laajuus)

Oleellisimpia mittauksia työmaalla on betonin pinnoitettavuuden mittaaminen, eli betonin rakennekosteuden mittaaminen. Muita mitattavia asioita ovat ilmankosteus ja lämpötilat. Näiden mittausten mukaan arvioidaan sitä, tarvitseeko ilmanvaihtoa tai lämpötilaa säätää, ja tarvitaanko jotain muita toimenpiteitä. Mittauksia voidaan tehdä, niin ker-  
taluontoisina mittauksina, kuin tiedonkeruulaitteella olevalla mittarilla.

Rakenteista saatujen arvojen perusteella voidaan arvioida ollaanko kuivamisen suhteen aikataulussa vai tarvitaanko jotain toimenpiteitä, jotta siinä pysyttäisiin. Rakennekosteusmittaukset tehdään normien mukaisesti porareikä- tai koepala mittauksina.

## Rakennekosteusmittaukset





## 9.4 Lyhyt ohjeistus kosteudenhallintasuunnitelman laatimisen

Lähtökohtaisesti työmaan kosteudenhallinnan tarkoitus on estää kosteusvaurioiden syntyminen, sekä varmistaa että rakenteet kuivavat tavoite kosteuksiinsa. Tarkoituksena on myös vähentää kuivauksen tarvetta, sekä materiaalihukkaa, ja näin pienentää rakennuskustannuksia. Kosteudenhallintasuunnitelma tehdään jokaiselle työmaalle erikseen, ja sitä tehdessä huomioidaan materiaalien sekä rakenteiden kosteustekniset toimivuudet, kosteuden sietokyky sekä kuivaustarpeet.

Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää:

- Kosteusmittausuunnitelma
- Sääsuojaukset (materiaalien kuivana pitäminen)
  - Elementtien välivarastointi
  - Materiaalien välivarastointi
  - Sääsuojiin käyttö työaikana
- Rakenteiden suojaus
  - Lämmöneristeet
  - Ikkunat ja ovet
  - Valmiit pinnat
- Holvivesien hallinta
  - Holvivesien poisto
  - Holvivesien imurointi/pumppaus
  - Lumen mekaaninen poisto
  - Materiaalien järkevä varastointi holvilla
- Ontelovesien poisto/kuivaus
- Rakenteiden kuivatus (Kuivaussuunnitelma)
  - Kuivumisolosuhteiden seuranta
  - kuivumisaika-arviot
  - betonitöiden, pintatöiden ja mattotöiden aikataulutuksen tarkastus
- Suunnitelmien ja rakennusdetaljien ja työmenetelmien tarkistus
  - Perustusleikkaus, salaojat, kallistukset ym..
  - Valumavesien ohjaus
  - Ikkuna-,pellitys-, ja räystäsrakennedetaljien tarkistus
  - Tuuletus raot
  - Liitosten ja saumojen toteutukset
- Kokoukset ja katselmukset

## 10 Yhteenveto

Silloin kun kosteudenhallinta kokonaisuutena on hyvin hallussa, otetaan se huomioon aikatauluissa, suunnittelussa sekä kaikilla muilla rakentamisen osa-alueilla. Tällöin ei kosteudenhallinnan toteuttaminenkaan aiheuta isoja aikataulullisia tai taloudellisia ongelmia. Etenkin kun ottaa huomioon, että näin varmistetaan se, ettei kosteusongelmia tule, eivätkä ne aiheuta jälkeensä ikäviä yllätyksiä ja kustannuksia.

Jos kosteudenhallinnassa ja etenkin suojauksessa on puutteita. Aiheuttaa se usein moninkertaisesti niin paljon kustannuksia ja menetettyä aikaa, kuin kunnollinen suojaus olisi vaatinut. Yhtenä isona asiana työtä tehdessä esiin nousikin se asia. Että jo hyvissä ajoin tulisi miettiä, mikä työvaihe osuu millekään vuodenaikalle, ja millaiset olosuhteet silloin ovat odotettavissa.

Työmaan yleisaikataulua laadittaessa tulisi kosteudenhallinnallisten asioiden, kuivumisaika arvioiden, mahdollisten lisälämmitys/kuivaus sekä suojaus tarpeiden olla selvillä. Näin ne voidaan aikataulussa ottaa huomioon. Tämä mahdollistaa hyvän kosteudenhallinnan. Ilman että kosteudenhallinnalliset asiat kuten kuivaus, aiheuttavat aikatauluongelmia sen takia, ettei niitä ole otettu ajoissa huomioon.

Yleensä työmailla ovat suojaukset ja muu kosteudenhallinta kohtuullisessa kunnossa. Mutta nimenomaan kuivuminen ja etenkin sen vaatima aika aiheuttaa ongelmia. Kuivumisaika-arvioilla ja muulla kosteuden hallinnan aikataulutuksella voidaan myös perustella tilaajalle yleisaikataulua. Sillä kukaan tilaaja tuskin kuitenkaan haluaa tieteen tahdon rakennusta, jossa kosteusvaurion mahdollisuudet ovat suuret

Jokainen työmaan on aina arvioita erikseen, ja parhaaseen lopputulokseen päästään kun kaikki ovat mukana kosteudenhallinnassa. Suunnittelijalla on iso vastuu siitä että rakenteet toimivat kosteusteknisesti niin kuin pitää ja että ratkaisut ovat työmaalla toteutettavissa. Mutta isoin vastuu on työmaan johdolla, sillä heillä on vastuu siitä, että työmaa pysyy aikataulussa ja asiat tehdään työmaalla oikein. Kuitenkin tiukka aikataulu on nimenomaan se syy, joka aiheuttaa ongelmia rakentamisen laadussa, etenkin kosteudenhallinnassa.

Onkin hyvin tärkeää pitää huoli siitä, ettei kiire pääse aiheuttamaan sitä että kosteudenhallinnassa tingitään väärässä paikassa. Kosteusongelmat aiheuttavat jälkeenpäin isoja kuluja, esimerkiksi takuuajan korjauksina. Erittäin iso huomioonotettava tekijä on myös se, että yrityksen maine saattaa olla vaakalaudalla. Kun yritys kerran menettänyt maineensa laadukkaana rakentajan, on sitä hyvin vaikea saada takaisin. Siksiipä työmaan johdon tulisi tarkistaa asenteensa, etenkin kosteudenhallintaa kohtaan.

Tulevaisuus tuo varmasti paljon uusia näkökulmia työmaiden kosteudenhallintaan, ainakin ympäristöministeriö on ottanut asian suurennuslasin alle. Rakentamismääräyksiä ollaan uusimassa, ja niissä tulee olemaan uusia asetuksia koskien kosteudenhallintaa ja sääsuojauksia. Tulevaisuus näyttää miltä osin käytännön kosteudenhallinta tulee muuttumaan. Jos sääsuojauksesta tulee pakollinen, poistaa se monia tällä hetkellä olevia riskejä kosteuden suhteen. Kuitenkaan kaikki ongelmat eivät sillä poistuisi, ja tilalle tulisi mahdollisesti uusia kosteudenhallinnallisia riskejä ja ongelmia. Samalla tämä asetus mahdollisesti söisi entisestään etenkin pienien rakennusliikkeiden katteita, jotka ovat jo tälläkin hetkellä riskeihin verrattuna erittäin pieniä.

Tämä työ toi lopulta esille työmaan kosteudenhallinnan yleiset asiat ja toimintatavat, työssä on esitelty kosteudenhallintaa kohtuullisen yleisellä tasolla. Monista osa-alueista, olisi saanut jo yksistään tehtyä tämän laajuisen työn. Case kohteet, enemmän fysikaalista teoriaa ja työmaankosteudenhallinta suunnittelijan näkökulmasta olivat aiheita, jotka olisin halunnut tähän työhön vielä lisätä. Vaikkakin työn sisältöön ovat vaikuttaneet eri asiantuntijoiden mielipiteet ja epäviralliset haastattelut, niin työhön olisi voinut saada vielä lisää näkökulmia tuomalla näitä mielipiteitä ja ajatuksia suoraan esille. Nämä lisäykset olisivat kuitenkin aiheuttaneet sen, että tämä työ olisi kasvanut selvästi yli ammattikorkeakoulun päättötyön tason.

## LÄHTEET

1. [www.ilmatieteenlaitos.fi](http://www.ilmatieteenlaitos.fi) (5.6.2013)
2. [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi) (15.11.2013)
3. Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet, Suomen betonitieto Oy: Helsinki 2007
4. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta, Olli Teriö. VTT. Tampere 2003
5. Merikallio, Tarja, Betonirakenteiden kosteudenmittaus ja kuivumisen arvionti, Gummeruksen kirjapaino Oy. Jyväskylä 2002
6. Suojauskalusto Ratu 07-2-06. Rakennustietosäätiö.
7. Rakennuskuivaajat Ratu 07-2-01. Rakennustietosäätiö.
8. Kiertoilmalämmittimet Ratu 07-2-02. Rakennustietosäätiö.
9. Ilmankuivaajat Ratu 07-2-05. Rakennustietosäätiö.
10. Björkholtz Dick Rakennuksen kuivattaminen. Suomen rakennusteollisuusliitto Ry Tampere 1990
11. Björkholtz, Dick, Lämpö ja kosteus. Rakennustieto Oy. Helsinki 1997
12. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus, RT 14-10984. Rakennustietosäätiö, 2010.
13. Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka: perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto
14. [www.sisäilmayhdistys.fi](http://www.sisäilmayhdistys.fi) ( 10.11.2013)

## Liite 1. Esimerkki kuivumisaika arvion laskemisesta

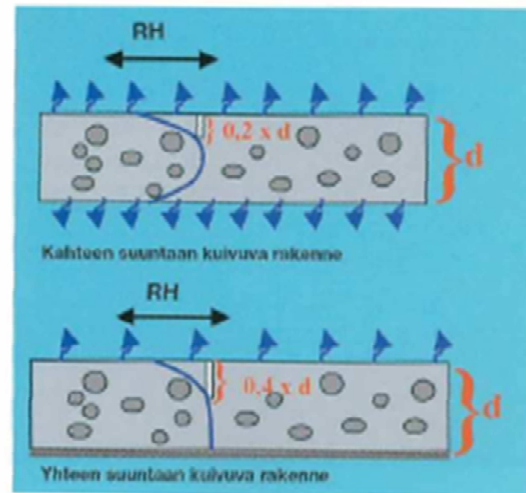
### 3.3 Massiivinen teräsbetoni-laatta – välipohja/ väliseinä

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

Laskentakaava:

Paksu- kuivumisaika	X	Vesiside- ainesuhde	X	Kuivumis- suunta	X	
Rakenteen paksuus	X	Kastumis- aika	X	Kuivumis- olosuhteet	=	Arvioitu kuivumisaika

Rakenne:



Kertoimet:

Vesisideaine- suhde (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

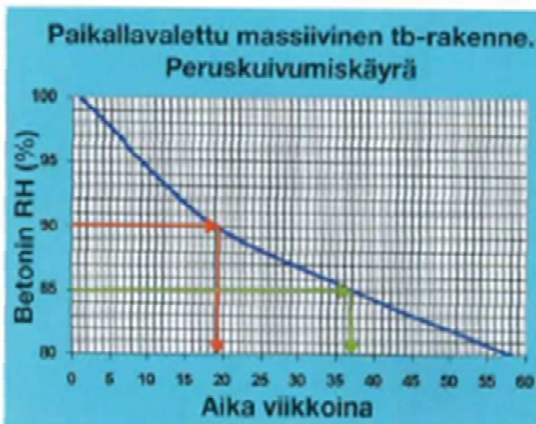
Kuivumis- suunta	Vesisideainesuhde (v/s)			
	0,7	0,6	0,5	0,4
Kahteen suuntaan	1,0	1,0	1,0	1,0
Yhteen suuntaan	3,2	2,6	2,3	2,0

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	Vesisideainesuhde			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Kuivassa kosteassa yli 2 viikkoa	1,0	0,9	0,9	0,8
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 olo-  
suhteet  $25\text{ °C}/50\%RH$ . Tavoitekosteus 85 %

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

Esimerkki:

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

⇒ (perusaika 37 viikkoa)  $\times$  ( $v/s$ -kerroin 0,5)  $\times$  (paksuuskerroin 0,7)  $\times$  (kuivumissuuntakerroin 1,0)  $\times$  (olosuhdekerroin 0,7)  $\times$  (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 = 11 viikkoa.

**Liite 2. Excel-pohjat työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen**

Rakennus- Ja suunnittelutoimisto Hämäläiset Oy

Kosteudenhallintasuunnitelma  
23.1.2014

Työmaan nimi :

Laatinut:

Hyväksynyt:

Projektin tiedot:

"Työnumero"

"Työmaan nimi"

"Osoite"

Vastaava työnjohtaja:

Kosteudenhallintasuunnitelma

1. Riskikartoitus

Seuraavien kokonaisuuksien rakennedetaljit on käyty läpi tarkistuslistan mukaisesti ja arvioitu niiden riskialttius, kosteustekninen toimivuus, määräysten mukaisuus sekä työmaatoteutus.

Salaojitus	Tarkistaja/ PVM
Kallistukset ja salaojituskerroksen paksuus	
Kaivojen ja putkien sijoittelu sekä liitokset	
Maa-aineksen laatu (Salaojasora)	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

Perustusrakenteet ja maanpaineseinät	Tarkistaja/ PVM
Sokkelien/maanpaineseinien vedeneristys	
Patolevyt	
Kapilaarikatkot	
Vedenpoisto	
Rakenteiden/materiaalien kosteusrajarvot	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

Alapohjat	Tarkistaja/ PVM
Maanvaraisten laattojen kapilaarikatkot	
Maanvaraisten laattojen eritykset	
Ryömintätilan muotoilu/täyttö	
Ryömintätilan/alapohjien tuuletus	
Ryömintätilan korkeus ja tarkastettavuus	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

<b>Yläpohja ja vesikatto</b>	<b>Tarkistaja/ PVM</b>
Höyrynsulku	
Tuuletus	
Pellitykset	
Läpiviennit	
Kinnitykset	
Tiivisteet	
Vesieristeet	
Kallistukset	
Ylösnotot	
Eristykset	
Kattoviemärointi	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

<b>Parvekkeet, terassit, autokannet ja sisäänkäynnit</b>	<b>Tarkistaja/ PVM</b>
Ovet ja kynnykset	
Liikuntasaumat	
Kallistukset ja valuma vesien hallinta	
Läpiviennit	
Tasoerot	
Materiaalien toimivuus	
Väliaikaisten suojausten tarve	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	



<b>Välipohjat</b>	<b>Tarkistaja/ PVM</b>
Rakenteden kuivumisuunnat	
Pinnoittamisen kosteuden raja-arvot materiaaleille	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

<b>Julkisivut</b>	<b>Tarkistaja/ PVM</b>
Liitokset	
Ikkunat ja ovet	
Tuuletusraot	
Vesikatkot	
Väliaikainen suojauksen tarve	
Eristeet ja höyrynsulku	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

<b>Märkätilat</b>	<b>Tarkistaja/ PVM</b>
Viemärikaivot	
Vedeneristykset	
Läpiviennit, liitokset ja kynnykset	
Materiaalien toimivuus	
Märkätilan laatta ja kallistukset	
Muut asiat, detaljit ja kokonaisuus tarkistettu	
<b>Huomioitavaa/Lisätoimenpiteitä:</b>	

**Rakenteiden kuivumisaika-arviot**

Rakenne	Sijainti	Päällystemateriaali	Tavoite kosteus	Kuivumiseen varattu aika	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet

Rakenne	Sijainti	Päällystemateriaali	Tavoite kosteus	Kuivumiseen varattu aika	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet

Suojaukset/ kastumisen estäminen

Osa-alue

Vaatimukset, toimenpiteet ja ratkaisut

Vastuu henkilö

Osa-alue	Vaatimukset, toimenpiteet ja ratkaisut	Vastuu henkilö
Runko		
Julkisivu		
Yläpohja		
Vesivahingot		

Suojaukset/ kastumisen estäminen ja varastointi

Materiaali

Vaatimukset, toimenpiteet, varastointipaikka ja ratkaisut

Vastuu henkilö

Materiaalien suojaus yleensä		
Tiilet		
Betonielementit		
Ovet ja ikunat		

23.1.2014

Kalusteet		
Eristeet		
Parketit ja laminaatit		
Laastit, vedeneristeet jne.		

23.1.2014

Sisälle tuleva puutavara		
Runkopuutavara		
Parketit ja laminaatit		
Talotekniikka jne.		

Työskentelyolosuhteet

Työvaihe

Vaatimukset, toimenpiteet ja ratkaisut

Vastuu henkilö

Maalaus		
Tasoitetyöt		
Parketin/laminaatin asennus		
Vedeneristys		



Työvaihe	Vaatimukset, toimenpiteet ja ratkaisut	Vastuu henkilö
Muuraus		
Rappaus		
Vesikattotyöt		

Kuivatus

Vaatimukset, toimenpiteet ja ratkaisut

Vastuu henkilö

Tavoite lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus		
Kuivatus suunnitelma		
Valujen lämmitys		
Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä		
Kriittiset rakenteet		
Kuivaajien käytön suunnittelu		

## Kosteusmittausuunnitelma

**Kosteusmittausvälineet:**

**Suoritettavat mittaukset:**

**Mittausmenetelmät:**

**Mittausten aikataulu:**

**Mittaustenlaajuus:**

