

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

Tutkintotyö

Juha-Matti Pajulahti

RAKENNUSVAIHEEN KOSTEUDENHALLINTA

Työn ohjaaja

Lehtori Pekka Väisälä

Työn teettäjä

YIT Rakennus Oy / Asuintalot Etelä-Suomi,
valvoja Tomi Virola

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka

Pajulahti, Juha-Matti

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Huhtikuu 2007

Hakusanat

Rakennusvaiheen kosteudenhallinta

61 sivua + 2 liitesivua

Lehtori Pekka Väisälä

YIT Rakennus Oy / Asuintalot Etelä-Suomi

rakennekosteus, kuivatus, lämmitys

TIIVISTELMÄ

Rakennusaikataulut ovat viime vuosina kiristyneet tuotannon kehittyessä entistä nopeammaksi ja tehokkaammaksi. Samaan aikaan säät ovat tulleet epävarmemmiksi ja vaihtelevimmiksi. Nämä seikat asettavat entistä suurempia haasteita myös rakennusvaiheen kosteudenhallinnalle.

Tämän työn tarkoituksena oli käsitellä rakennusvaiheen kosteudenhallintaa asuinkerrostalokohteissa ja tutkia eri menetelmien käytännöllisyyttä sekä niistä aiheutuvia kustannuksia. Toisena osakokonaisuutena oli laatia työmaankosteudenhallintasuunnitelmaan tehtävälistaosio. Kyseisen osion olisi tarkoitus toimia eräänlaisena työmaan johdon muistilistana kosteudenhallintaan liittyvissä asioissa. Osioon on koottu keskeisimmät kosteudenhallintaan liittyvät tehtävät työmaan eri vaiheista.

Työssä on tutkittu aihetta muun muassa kahden rakenteilla olevan esimerkkikohteen avulla. Kyseisistä kohteista on saatu arvokasta tietoa sääsuojauksen ja rakennusaikaisen kuivatuksen toteuttamisesta. Työmaan johtoa haastatteleamalla on lisäksi saatu taustatietoa kosteudenhallinnan tämän hetken yleistasosta sekä vuosien varrella ilmenneistä ongelmista. Työssä on lisäksi tutkittu aikaisemmin valmistuneessa kohteessa ilmenneiden kosteusvaurioiden korjaamista ja korjauksista aiheutuneita kustannuksia.

Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä rakennusrungon ja materiaalien kas- tumisella olevan merkittävä vaikutus rakennuksen kuivatuskustannuksiin. Rakennusvaiheessa rakenteisiin imeytyneen veden määrä on kuitenkin riippuvainen monista eri tekijöistä. Muun muassa tehokkaalla suojauksella voidaan tätä kosteuskuormaa oleellisesti pienentää. Rakennuksen kuivatuksen sekä kosteusmittausten suunnitteluun ja toteuttamiseen tulisi käyttää riittävästi voimavaroja huomioiden myös kohteen erityispiirteet. Tärkeintä olisi kuitenkin rakenteiden saaminen riittävän kuiviksi rakennusaikana, jolloin voitaisiin taata asukkaille terveellinen talo asua ja välttyäisiin kalliilta ja monimutkaisilta korjaustoimenpiteiltä.

TAMPERE POLYTECHNIC

Construction Technology

House building

Pajulahti, Juha-Matti

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

April 2007

Keywords

Moisture control on construction sites

61 pages, 2 appendices

Senior Lecturer Pekka Väisälä

YIT Rakennus Oy / Asuintalot Etelä-Suomi

humidity, moisture, construction site

ABSTRACT

The weather has become more and more alternating within the last years. At the same time building timetables have become tighter because of new developments in construction technology. These things set new requirements to the moisture control on building sites.

The purpose of this research was to give information about moisture control on apartment store construction sites. Different types of moisture controlling methods and their cost are compared in this graduate study. Another main point was to make a checking list of the most important stages in building project considering moisture control. The checking list would be used as a tool to make sure that the most important tasks are done correctly and on time.

The research bases on literature sources and interviews of construction sites managers and the other professionals of the moisture control.

According to the research the construction materials getting wet affects notable to the drying costs of buildings. Careful protection against the rain reduces the moisture in structures substantially. By this way structures get dry faster and can be covered. The repairing of damp failures is expensive and complicated to do, so it is worthwhile taking care of moisture control on construction site as well as possible.

ALKUSANAT

Tämän työn lähtökohtana oli vahva mielenkiinto aiheeseen ja halu kehittää rakennusaikaisen kosteudenhallinnan toteutusta työmailla. Työ on tehty YIT Rakennus Oy:n tilauksesta ja yhteistyössä yrityksen kanssa.

Haluan kiittää kaikkia työssä mukana olleita ja sen valmistumista edesauttaneita henkilöitä ja toivottaa lukijalle ajatuksia herättäviä lukuhetkiä.

Juha-Matti Pajulahti
Tampereella 19.4.2007

Juha-Matti Pajulahti

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	8
1.1 Aiheen valinnan taustaa	8
1.2 Aiheen rajaaminen ja ajankohtaisuus.....	8
1.3 Työn tavoite	9
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	10
2.1 Aiheesta löytyvä kirjallisuus	10
2.2 Esimerkkikohteet ja haastattelut	10
2.3 Muu tilaajalta saatu materiaali	11
3 KOSTEUDEN ESIINTYMINEN RAKENNUSTYÖMAALLA	11
3.1 Ympäristön aiheuttama kosteus	11
3.1.1 Vuodenaikojen ja säätilan vaihtelu	11
3.1.2 Ulkoilman suhteellinen ja absoluuttinen kosteus.....	12
3.2 Rakennusmateriaaleihin sitoutunut kosteus	14
3.2.1 Betonielementit	14
3.2.2 Tasoitteet.....	17
3.2.3 Muut rakennusmateriaalit	17
4 KOSTEUDENHALLINNAN VÄLINEET JA NIIDEN KÄYTTÖ	18
4.1 Suojaus	18
4.1.1 Peitteet.....	18
4.1.2 Sääsuojat	20
4.2 Lämmitys ja kuivaus	22
4.2.1 Yleistä	22
4.2.2 Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä /4/.....	22
4.2.3 Rakennuskuivaajat	23
4.2.4 Kiertoilmalämmittimet /9/	23
4.2.5 Ilmankuivaajat.....	24

Juha-Matti Pajulahti

4.2.6	Infrapunakuivaimet	25
4.2.7	Suurtaajuuskuivaus /11/	25
4.2.8	Ilmanvaihto	26
4.3	Ammattitaito ja kokemus	27
5	TYYPILISIMMÄT ONGELMAT JA NIIDEN EHKÄISEMINEN.....	27
5.1	Suojaukseen liittyvät ongelmat	27
5.1.1	Elementtien varastointi ennen työmaalle kuljetusta.....	28
5.1.2	Kuljetuksen aikainen suojaus.....	28
5.1.3	Suojaus työmaalla	28
5.1.3.1	Elementtien ja rakennusmateriaalien varastointi.....	29
5.1.3.2	Rakennusrungon suojaus	30
5.2	Kosteuden poiston hallintaan liittyvät.....	32
5.2.1	Betonin kuivuminen.....	32
5.2.1.1	Kuivumisajan arviointi	33
5.2.1.2	Tasoitteiden vaikutukset ja niiden tuoma lisäkosteus	36
5.2.2	Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen.....	39
5.2.2.1	Mittauslaitteet ja mittausten toteutus /6/.....	40
5.2.2.2	Mittaussyvytydet erilaisissa rakenteissa.....	43
5.2.2.3	Virheellisten mittaustulosten aiheuttajia	44
5.2.3	Ontelolaattojen kuivatus	46
5.2.3.1	Vedenpoisto onteloista	46
5.2.3.2	Onteloiden kuivaus ilmaa kierrättämällä.....	47
5.2.4	Betonisandwich-elementin kuivuminen.....	48
5.2.5	Muita huomioitavia asioita.....	49
6	TEHTÄVÄLISTA.....	49
7	ESIMERKKIKOHTTEIDEN KUIVATUS JA KUSTANNUKSET	50
7.1	Kohde A.....	50
7.2	Kohde B	53
7.3	Kustannusvertailu.....	53
8	KOSTEUSVAURIOIDEN KORJAUS	54
8.1	Kohteen kuvaus.....	54
8.2	Vaurioiden syyt.....	55
8.3	Korjaustoimenpiteet.....	55

Juha-Matti Pajulahti

8.4 Kustannusten muodostuminen	56
8.5 Muuta huomioitavaa	57
8.6 Kyseisten vaurioiden välttäminen.....	57
8.7 Kustannusvertailu.....	58
9 YHTEENVETO	58
LÄHDELUETTELO	60

LIITTEET

1 Kosteudenhallintasuunnitelma

1 JOHDANTO

1.1 Aiheen valinnan taustaa

Tämän tutkintotyön aiheen valitseminen oli varsin pitkä ja laajamittainen prosessi. Kartoitimme yhdessä työn teettäjän kanssa aiheita, jotka olisivat tarpeellisia ja ajankohtaisia tutkia. Toisaalta pyrimme löytämään aiheen, joka olisi Työn tekijälle mahdollisimman läheinen ja kiinnostava. Tutkintotyön aiheeksi muovautui siis erinäisten vaiheiden kautta rakennusvaiheen aikainen kosteudenhallinta.

Kosteuden hallinta on eräs suurimmista kompastuskivistä rakennusprojektin kokonaisvaltaisen onnistumisen kannalta. Lähes poikkeuksetta jokaisella rakennustyömaalla sattuu jonkinlaisia kosteusvaurioita. Ennakoinnin ja tehokkaan suojaamisen ohella tärkeintä on kuitenkin osata varautua näihin tilanteisiin ja tehdä kyseisillä hetkillä oikeat toimenpiteet vahinkojen pienentämiseksi ja rakenteiden kuivaamiseksi. Oikeanlaisella ennakkoinnilla, tehokkaalla suojauksella ja järkevillä kuivatusjärjestelmillä voidaan vaikuttaa ratkaisevasti työmaan kokonaiskustannuksiin sekä laaditun aikataulun toteutumiseen.

1.2 Aiheen rajaaminen ja ajankohtaisuus

Työn teettäjä määritteli heti alussa, että työssä tutkittaisiin rakennusaikaista kosteudenhallintaa betonielementtirakenteisissa asuinkerrostalokohteissa. Tämä helpotti oleellisesti lähestymistä muuten hyvinkin laajaan aihepiiriin. Työssä käsitellään aihetta koko työmaan keston ajalta. Lisäksi työn loppuosassa käsitellään jo valmistuneen kohteen rakennusaikaisten kosteusvaurioiden korjaamista ja niistä aiheutuvia lisäkustannuksia.

Juha-Matti Pajulahti

Viime vuosina rakennustyömaiden aikataulut ovat kiristyneet huimaa vauhtia. Tämä on aiheuttanut ongelmia muun muassa rakenteiden kuivattamisessa riittävän kuiviksi työmaa-aikataulujen sallimissa puitteissa. Esimerkiksi, jotta betonirakenteet voidaan päällystää pintamateriaaleilla vaarantamatta rakenteiden toimivuutta ja kestävyyttä, on betonin saavutettava tietty suhteellinen kosteus. Toisaalta rakenteet pitää saada rakennusaikana niin kuiviksi, että mikrobit ja homeitiöt eivät pääse kasvamaan rakenteiden pinnoilla ja rakenteissa aiheuttaen pidemmällä aikavälillä terveyshaittoja talon tuleville asukkaille. Viime vuosina kosteudenhallintaan onkin alettu lisääntyneiden vaurioiden myötä kiinnittää entistä enemmän huomiota. Parannettavaa tällä osalla rakentamisessa on kuitenkin vielä huomattavasti.

1.3 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli tutkia rakennusvaiheen kosteudenhallintaa ja siinä ilmenneitä ongelmakohtia. Tarkoituksena oli perehtyä eri kosteudenhallintamenetelmiin, selvittää niiden käytöstä aiheutuvia kustannuksia, toimivuutta käytännön työmaaolosuhteissa, vaikutuksia työmaan aikatauluihin, sekä samalla perehtyä kyseisten menetelmien vaikutuksiin työturvallisuuden kannalta. Tarkoituksena oli saada konkreettisia laskelmia rakenteilla olevien kohteiden kosteudenhallinnan kuluista sekä toisaalta tehostaa suojaus- ja kuivatustoimenpiteiden toteuttamista.

Toisena tärkeänä osakokonaisuutena oli laatia työmaita palveleva tehtävälista kosteusvaurioiden ennaltaehkäisyn parantamiseksi. Tehtävälistaan oli tarkoitus koota tärkeimmät ja keskeisimmät asiat kosteuden hallitsemiseksi koko työmaan ajalta. Työmaan vastaava mestari tai kosteusvastaava merkitsisi tehtävälistaan kyseiselle kohdalle listan mukaisesti tehdyt toimenpiteet sekä varmentaisi ne allekirjoituksellaan ja päivämäärällä. Tämä lista palvelisi ja helpottaisi näin työmaan johtoa eräänlaisena muistilistana suojauksen ja kuivatuksen suun-

Juha-Matti Pajulahti

nittelussa sekä mahdollisten riskien ennakoinnissa. Kortti on siis samalla kosteudenhallinnan keskeisimpien toimenpiteiden varmennustyökalu.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Aiheesta löytyvä kirjallisuus

Alan kirjallisuudesta löytyy runsaasti tietoa etenkin kosteuden siirtymistavoista. Lisäksi löytyy runsaasti tilastotietoa sademääristä, ilman suhteellisista kosteuksista sekä ulkoilman lämpötiloista eri vuodenaikoina. Betonin kuivumisesta ja kosteudenmittauksesta on tarjolla myös runsaasti kirjallisuutta. Myös rakennusmateriaalien kosteusteknisistä ominaisuuksista löytyy paljon painettua tekstiä. Muun muassa aineiden vesihöyryn läpäisevyyksistä ja kapillaarisuuksista löytyy erilaisia taulukoita. Esimerkiksi RYL-asiakirjoista löytyy lisäksi erilaista määrätasoisista tietoa myös kosteustekniisiin asioihin liittyen. SisäRYL-osuudessa on esitetty muun muassa lattiabetonin suurimmat sallitut suhteelliset kosteudet eri lattiapäällystemateriaaleja käytettäessä.

2.2 Esimerkkikohteet ja haastattelut

Työssä on perehdytty aiheeseen kahden rakenteilla olevan esimerkkikohteen avulla. Kohteet ovat suuruusluokaltaan keskikokoisia ja pienehköjä asuinkerrostaloja. Näistä kohteista on saatu arvokasta kustannustietoa kuivatuksesta ja muista kosteudenhallintaan liittyvistä toimenpiteistä, tietoa käytetyistä kosteudenhallintamenetelmistä, ilmenneistä ongelmista ja kosteusvaurioista jne. Haastatteleamalla työmaiden johtohenkilökuntaa on saatu lisäksi kokemukseen poh-

Juha-Matti Pajulahti

jautuvaa taustatietoa, tietoa tämän hetken kosteudenhallinnan yleistasosta ja siihen käytetyistä voimavaroista ja suunnittelusta sekä yleisimmistä ongelmista.

2.3 Muu tilaajalta saatu materiaali

Työn teettäjältä on lisäksi saatu muiden rakennuskohteiden kustannustietoja sekä niissä käytettyjä kosteudenhallintamenetelmiä. Lisäksi työssä otetaan esille eräs rakennuskohde, jossa ilmeni kosteusvaurioita noin vuoden kuluttua kohteen valmistumisesta. Työssä pyritään selvittämään, paljonko enemmän rahaa kului korjausten suorittamiseen asukkaiden ollessa paikalla verrattuna tilanteeseen, jossa vauriot olisi vältetty rakennusaikana tehokkaammalla ja huolellisemmalla kosteudenhallinnalla.

3 KOSTEUDEN ESIINTYMINEN RAKENNUSTYÖMAALLA

3.1 Ympäristön aiheuttama kosteus

Ympäristön aiheuttama kosteus rakennustyömaalla on itsessään hyvinkin laaja käsite. Kosteuden aiheuttajia on lukuisia, ne riippuvat monista eri asioista ja ovat useimmiten kytkettyinä toisiinsa. Seuraavassa on eritelty näitä kosteuslähteitä sekä niiden suuruuteen vaikuttavia tekijöitä.

3.1.1 Vuodenaikojen ja säätilan vaihtelu

Suomen ilmastossa vuodenaikojen vaihtelulla on erittäin suuri vaikutus rakentamiseen ja siinä huomioonotettaviin asioihin. Jo pelkästään lämpötilan vaihtelu

Juha-Matti Pajulahti

luo eri vuodenaikoina täysin erilaiset olosuhteet rakentamiselle ja kosteuden hallinnalle. Ulkoilman lämpötila vaikuttaa ennen kaikkea rakennusten lämmitystarpeeseen ja kuivatusmenetelmien valintaan. Kylmällä ilmalla pystytään rakennusta kuivattamaan tehokkaan ilmanvaihdon ja lämmityksen avulla kuivan ulkoilman ansiosta (pieni absoluuttinen kosteus).

Ilman ainaista sateen riskiä ja sen mukanaan tuomaa kosteuskuormaa rakentaminen olisi maassamme huomattavasti helpompaa ja edullisempaa. Sade saattaa tulla monesti varsin yllättäen ja siihen on tietyissä rakennusvaiheissa mahdotonta varautua rakenteiden suojaamisella. Lisäksi sade voi tulla lumena, vetenä tai näiden välimuotona. Tämä ja mahdollisesti samaan aikaan vallitseva tuuli vaikuttavat suuresti kosteuden kulkeutumiseen rakenteissa. Myös käyttökelpoisen suojaus- ja kosteudenpoistomenetelmän valinta riippuu oleellisesti näistä tekijöistä.

3.1.2 Ulkoilman suhteellinen ja absoluuttinen kosteus

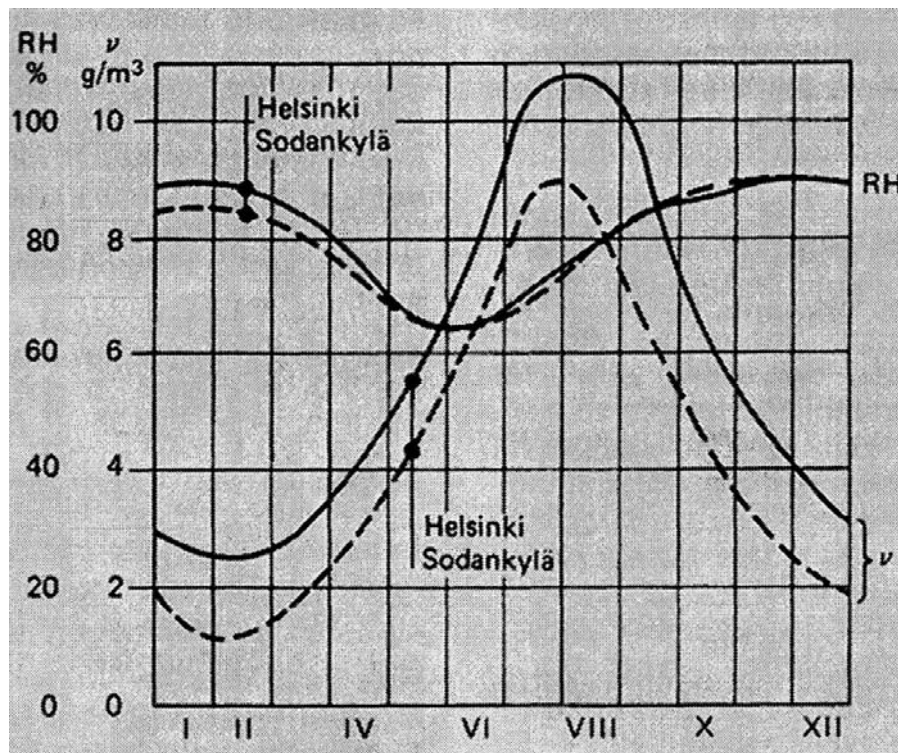
Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan ilmassa olevaa kosteusmäärää grammoina kuutiometrissä ilmaa. Lämpimämpään ilmaan mahtuu kosteutta grammoina enemmän kuin kylmään ilmaan. Esimerkiksi -20 °C :n lämpöiseen ilmaan mahtuu kosteutta vain alle 1 g/m^3 , kun taas $+20\text{ °C}$:n lämpöiseen ilmaan mahtuu yli 17 g/m^3 . Kyseiset arvot ovat kyllästymiskosteuspitoisuuksia näissä lämpötiloissa. Jos kosteuspitoisuus ylittää tämän kyllästymiskosteuden, tiivistyy kosteutta rakenteiden pinnoille. /3/

Ulkoilman suhteellisella kosteudella puolestaan tarkoitetaan ilmassa olevaa kosteusmäärää suhteessa siihen kosteuspitoisuuteen, mikä kyseisissä olosuhteissa voi maksimissaan ilmassa olla kosteuden tiivistymättä. Suhteellinen kosteus ilmoitetaan prosentteina. Suhteellisen kosteuden suuruuteen vaikuttaa siis ilman absoluuttisen kosteuden lisäksi vallitsevan ilman lämpötila. Lämpimämpään ilmaan mahtuu siis kosteutta grammoina enemmän kuin kylmään ilmaan. Tästä

Juha-Matti Pajulahti

johtuu myös se, että talvella ulkoilman suhteellisen kosteuden ollessa suurempi kuin kesällä on vastaavasti absoluuttinen kosteus tällöin pienempi. Pakkaskelillä pystytään näin ollen rakennusta kuivattamaan tehokkaalla ilmanvaihdolla ja lämmityksellä. Tällöin rakennuksen sisälle johdetaan ulkoilmaa, joka lämmitessään pystyy sitomaan huomattavan määrän kosteutta rakennuksen sisältä. Kostea sisäilma johdetaan edelleen ulos rakennuksesta. /3/

Kuvassa 1 on esitetty suhteellisten ja absoluuttisten kosteuksien vaihtelua Helsingissä ja Sodankylässä eri vuodenaikoina. Kuvasta huomataan, että suhteelliset kosteudet pysyttelevät läpi vuoden molemmilla paikkakunnilla lähes samoina. Kesällä suhteelliset kosteudet ovat hieman talvea alemmalla tasolla. Absoluuttiset kosteudet puolestaan ovat kesällä huomattavasti korkeammat kuin talvella. Sodankylässä kosteutta on ilmassa vähimmillään helmikuussa noin 1 g/m^3 ja enimmillään heinäkuun lopulla lähes 9 g/m^3 . Paikkakuntia keskenään verrattaessa huomataan, että Helsingissä absoluuttinen kosteus pysyttelee koko vuoden Sodankylää korkeammalla tasolla.



Kuva 1. Ulkoilman absoluuttisia ja suhteellisia kosteuksia eri paikkakunnilla /3/

3.2 Rakennusmateriaaleihin sitoutunut kosteus

Rakennekosteudella tarkoitetaan kosteutta, joka poistuu rakenteesta ennen kuin se on tasapainossa sitä ympäröivän ilman kosteuden kanssa. Ilman suhteelliseksi kosteudeksi sisätiloissa oletetaan 50 % /4/. Eri rakennusmateriaaleihin sitoutunut kosteusmäärä riippuu materiaalin valmistuksessa käytetystä veden määrästä sekä materiaaliin varastoinnin, kuljetuksen tai asennuksen aikana päässeestä kosteudesta. Varsinkin näihin jälkimmäisiin voidaan tehokkaalla suojauksella oleellisesti vaikuttaa.

3.2.1 Betonielementit

Betoniin sitoutuu elementtien valmistusprosessin yhteydessä vettä sekä kemiallisesti (hydrataatio) että fysikaalisesti. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on hieman alle 25 paino-%:a betoniin sekoitetun sementin määrästä. Betonin vesimenttisuhteen ollessa 0,6...0,8 betonimassa sisältää 180–200 l/m³ vettä. Tästä vesimäärästä noin 50–70 l/m³ sitoutuu kemiallisesti. Loppuosa vedestä eli jopa 150 l/m³ on vapaata, haihtumiskykyistä vettä, jota poistuu betonin pyrkessä tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa. Veden poistumista eli kuivumista tapahtuu niin kauan, kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus (hygroskooppinen tasapainotila). /6/

Betonin kuivuminen perustuu pääasiassa vallitseviin haihtumisolosuhteisiin. Kun betonin pinta haihtumisen vaikutuksesta kuivuu, siirtyy betonirakenteen sisältä pintaan päin kosteutta joko kapillaarisesti tai diffuusion vaikutuksesta. Alussa betonin ollessa riittävän kostea, tapahtuu kosteuden siirtyminen pääasiassa kapillaarisesti. Kun kapillaarihuokokset tulevat kuivumisen vaikutuksesta ilmatäytteiksi, jatkuu kuivuminen diffuusion vaikutuksesta. Diffuusion vaikutuksesta tapahtuva kuivuminen on kuitenkin huomattavasti hitaampaa kuin alkuvaiheen kapillaarin kuivuminen. /6/

Juha-Matti Pajulahti

Betonirakenteen paksuudella ja mahdollisilla kuivumissuunnilla on keskeinen vaikutus rakenteen kuivumisaikaan. Rakenteen paksuuntuessa kosteuden siirtymismatka pintaan pitenee, jolloin kuivumisaika lisääntyy huomattavissa määrin. Jos rakenne ei lisäksi pääse kuivumaan kuin yhteen suuntaan, on rakenteen paksuuden merkitys kuivumisajan pituuteen entistä suurempi. /6/

Betonin kastumisella on myös todella suuri merkitys rakenteen kuivumisaikaan. Seurauksen suuruus riippuu oleellisesti betonin kastumisajankohdasta. Tuore betoni ei ime kosteutta likimainkaan niin paljon kuin jo pitkälle kuivunut betoni. Tuoreen betonin kastumisella ei näin ole lopulliseen kuivumisaikaan juurikaan vaikutusta, kun taas lähestulkoon kuivan betonin kastuminen voi lisätä kuivumisaikaa useilla viikoilla. Toinen kastumisen merkitykseen oleellisesti vaikuttava seikka on betonin vesi-sementtisuhte. Betoni on sitä tiiviimpää, mitä pienempi on sen vesisementtisuhte. Tiiviimpi betoni taas imee edelleen vähemmän vettä itseensä. /6/

Betonin kuivuminen tasapainotilaan kestää siis hyvin kauan. Käytännössä betonia ei kuitenkaan tarvitse rakennusaikana kuivattaa enempää, kuin mitä sen päälle tuleva päällyste vaatii. Esimerkiksi lautaparketin asennuksen edellyttämä betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo on 85 %. Keraamisille laatoille puolestaan riittää alle 90 %:n suhteellinen kosteus /1/. Taulukossa 1 on esitetty betonin suurimmat sallitut suhteelliset kosteudet tyyppisimmille lattiapäällysteille.

Taulukko 1. Sallitut betonin suhteelliset kosteudet eri lattiapäällysteille /4/

Betonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvo, %	Päällyste	Huomautuksia
80 Betonin pintaosien (2...3 cm) oltava alle 75 %	– Mosaiikkiparketti ¹⁾	Kosteusliikkeet Puulajikohtainen (esim. pyökki 80 %, tammi 85 %)
85	– Lautaparketit ²⁾ – Huopa- tai solumuovipohjaiset muovimatot – Kumimatot – Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys (muovikalvo) – Tekstiilimatot, joissa on alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksisively) – Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta	Betonin pintaosat alle 75 % RH Bakteeritoiminta, sienikasvu, vesiliukoisten liimojen kosteuden kestättömyys
90	– Muovilaatat – Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa ³⁾ – Linoleum – Alustaan kiinnittämättömät puulattiat (lautaparketit) ²⁾ , puun ja betonin välissä kosteudeneristys ja sen alla kosteuden poistokanavointi – Polyuretaanimuovimassat – Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta (erikoistapauksissa suht. kosteus <97%) – Keraaminen laatoitus	Kosteus voi aiheuttaa päällysteseen muutoksia. Käytettävän liiman on kestävä kyseinen kosteus (valmistajan ohjeet!). Vesiliukoista liimaa käytettäessä yleinen kosteusraja on 85 %. Parketin alla esimerkiksi melko tiivis korkkiramatto saumat teipattuina. Seinustoilla maton päällä muovikaista, jonka reunat käännetään seinille. Jalkalistoissa uritus kosteuden poisjohtamista varten. Märissä tiloissa sekä betonin kosteuden ollessa suuri (>90%) mattojen kiinnitykseen on käytettävä vedenpitävää liimaa ja riittävän runsaalla liimamäärällä varmistettava saumojen pitävyys Betonin kutistumat (laattojen tartunta) ⁵⁾
97	– Epoksi-, akryyli- ja polyestermuovimassat ⁴⁾ – Sementtipolymeeripinnoitteet	Betonin pinnan on oltava muovimassaa levitettäessä kuiva sekä riittävän lämmin, muussa tapauksessa pinta on kuivattava välittömästi ennen massan levitystä esim. säteilylämmityksellä kovettumisen ja tartunnan varmistamiseksi Betonin pinta kostea mutta ei irtovettä. Huom. valmistajan ohjeet!

Juha-Matti Pajulahti

Märkätiloissa käytettävillä sertifioituilla vedeneristeillä on myös omat vaatimuksensa alustan kuivuuden suhteen. Eri valmistajat ilmoittavatkin käyttöselosteissaan vedeneristeen salliman alustan maksimikosteuspitoisuuden. Taulukossa 2 on esitetty kahden tunnetun vedeneristevalmistajan omille tuotteilleen ilmoittamat raja-arvot.

Taulukko 2. Alustan maksimikosteuspitoisuuksia eri vedeneristeille

Vedeneriste	1-komponenttinen	Sementtipohjainen
Ardex S 1-K	90 %	
Ardex 8+9		95 %
Kiilto Kerafiber	90 %	

3.2.2 Tasoitteet

Lattiatasoitteet kuivuvat samalla tavoin kuten betoni. Märän tasoitteen levittäminen betonipinnan päälle hidastaa kuitenkin myös oleellisesti alle jäävän betonin kuivumista. Tämän huomioonottaminen aikatauluissa ja töiden suunnittelussa onkin ensiarvoisen tärkeää. Myöhemmässä vaiheessa on esitetty taulukoita kuivumisajan arvioinnin helpottamiseksi erilaisissa olosuhteissa. Seinätasoitteilla ei puolestaan ole käytännössä vaikutusta alustan kuivumiseen. /4/

3.2.3 Muut rakennusmateriaalit

Muita rakennusaineita ja -osia, joissa rakennekosteutta on ikään kuin luonnostaan jo ilman ulkopuolista kosteuskuormitusta, ovat mm. puiset ja erilaiset muuratut rakenteet. Yleisesti ottaen muista rakennusaineista rakennuksen kuivatuksen yhteydessä haihtuva vesi onkin lähinnä seurausta ulkoisista kosteuslähteistä tai toisista materiaaleista siirtyneestä kosteudesta. Tehokkaalla suojauksella varastointien, kuljetusten ja rakentamisen aikana voidaankin tätä kosteuskuormaa pienentää huomattavasti.

4 KOSTEUDENHALLINNAN VÄLINEET JA NIIDEN KÄYTTÖ

4.1 Suojaus

Rakentamisessa käytettävään suojakalustoon kuuluvat sääsuojat, suojapeitteet, sekä julkisivusuojat. /10/ Tässä työssä keskitytään sääsuojiin ja peitteisiin, koska muut suojaustavat eivät varsinaisesti sovellu työssä käsiteltäviin rakennuskohteisiin.

4.1.1 Peitteet

Suojapeitteitä ovat rakennus-, julkisivu- ja erikoispeitteet. Peitteiden materiaalina käytetään polyesteri- ja verkkokangasta, PVC-päällysteistä tekokuitukangasta tai polyeteenimuovia. /10/

Rakennuspeitteet ovat PVC-kankaasta valmistettuja peitteitä, jotka kestävät sään ja vuodenaikojen rasituksia ja läpäisevät huonosti auringon valoa. Peitteen liepeessä on reunavahvistetut renkaat ja kiinnitysnaulat käytön helpottamiseksi. Rakennuspeitteiden koot ovat 4x6, 5x7 ja 6x9 m, sekä peitteiden painot 600–680 g/m². /10/

Taulukossa 3 on erään rakennuskonevuokraamon rakennuspeitteiden vuokraushintoja. 6x9 metrisen peitteen vuokraaminen kuudeksi kuukaudeksi maksaa tämän hinnaston mukaan noin 150 €(alv. 0 %).

Taulukko 3. Rakennuspeitteiden vuokraushinnasto /16/

Peitekoko Preseeningstorlek	14 pv/d		30 pv/d		60 pv/d		90 pv/d		180 pv/d		Päivavuokra paketin jälkeen Pris efter paketet	
	alv 0% moms 0%	alv 22% moms 22%	alv 0% moms 0%	alv 22% moms 22%	alv 0% moms 0%	alv 22% moms 22%	alv 0% moms 0%	alv 22% moms 22%	alv 0% moms 0%	alv 22% moms 22%	alv 0% moms 0%	alv 22% moms 22%
4 x 6 m	40,50	49,41	47,15	57,52	58,90	71,86	70,80	86,38	91,10	111,14	0,55	0,67
5 x 7 m	41,70	50,87	47,90	58,44	59,95	73,14	71,90	87,72	92,90	113,34	0,60	0,73
6 x 9 m	58,45	71,31	69,10	84,30	90,80	110,78	103,90	126,76	153,70	187,51	1,00	1,22
Eristepeite 3x5m Isoleringsmatta	46,10	56,24	66,99	81,73	110,04	134,25					1,54	1,88

Laskutusalkio 1.90 €/takuu (*)

Peitteiden käyttö rakennuksen suojaamistarkoituksessa ulkopuolisia kosteusrasituksia vastaan on menettänyt viime vuosina merkitystään, koska rakenteilla olevaa rakennusta on käytännössä mahdotonta suojata tiiviisti ja saumattomasti suojapeitteiden avulla. Ongelmiksi muodostuvat aina peitteiden saumat ja niistä rakenteisiin vuotava vesi. Suojapeitteiden ominaisin käyttökohde onkin lähinnä varastoitavien rakennusmateriaalien ja elementtien suojaaminen.

Rakennuksen runkovaiheen aikana on kuitenkin tilanteita, joissa peitteiden käytöllä saavutetaan merkittäviä hyötyjä kosteusrasitusten pienentämiseksi. Esimerkiksi betonisandwich-elementtien yläpäiden suojaus peitteiden tai muovien avulla olisi mielestäni järkevä toimenpide, jolla saavutettaisiin merkittävää hyötyä myöhemmässä kuivatusvaiheessa. Nykyisin elementtien mineraalivillaeristys on usein suojaamatta, jolloin sadevesi pääsee suoraan elementtien sisärakenteisiin. Kastuneen eristetilän kuivumista on käsitelty kappaleessa 5.1.3.2.

Myös ylimmän holvin suojaaminen olisi toimenpide, jolla pystyttäisiin pienentämään oleellisesti kuivatuksella poistettavan kosteuden määrää. Ylimmälle holville satava vesi imeytyy betoniin ja kulkeutuu alimpiin kerroksiin. Suojauksessa tulisi käyttää mahdollisimman suuria peitteitä, jolloin saumoja tulisi mahdollisimman vähän. Lisäksi saumojen kohdat tulisi saada nostettua esimerkiksi puutavaran avulla hieman koholle holvin pinnasta. Suojauksesta on suurta hyötyä, vaikka peitteiden saumat eivät täysin vettä pitäisikään. Talvellakin peitteet estävät lumesta ja jäästä aiheutuvan kosteuden imeytymistä betoniin. Lisäksi näin vältetään jään ja lumen irtihakkaamiselta betonin pinnasta.

Juha-Matti Pajulahti

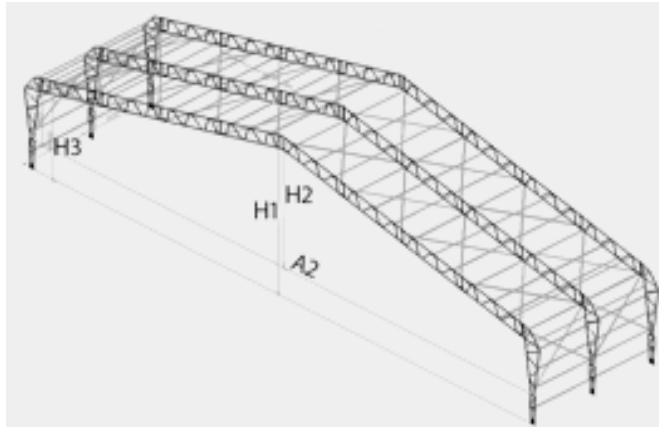
Suojauksen kannattavuutta voidaan tarkastella vaikkapa seuraavan laskentaesimerkin valossa. Oletetaan esimerkiksi 500 m²:n suuruiselle holville satavan vettä 30 mm viikonlopun aikana. Tästä aiheutuisi 15 000 kg:n suuruinen kosteuskuorma rakenteisiin. Jos ajatellaan, että peitteiden avulla tästä vesimäärästä saataisiin ohjattua edes puolet pois holvin päältä, olisi rakenteisiin pääsevä kosteusmäärä tällöin 7500 kg. Kuivatuksessa säästettäisiin tällöin samaisen 7500 kg:n suuruisen kosteuskuorman poistaminen. Tämä voisi karkean arvion mukaan lyhentää kuivatusaikaa jopa parilla viikolla.

Käytännön ongelmia peitteiden asennuksessa aiheuttavat kuitenkin holvissa olevat aukot, putoamissuojaukset ja kaiteet. Peitteiden asennuksessa onkin syytä kiinnittää erityistä huomiota myös työturvallisuuteen. Lisäksi peitteiden levittely voi monesti tuntua turhauttavalta ja aikaa vievältä puuhalta, josta ei koeta saatavan vastaavaa hyötyä. Suurin työ onkin asennekoulutuksen parantamisessa johtoportaa aina jokaiseen työmieheen asti. Kastuneet rakenteet pystytään toki aina kuivaamaan, mutta rakennusaikataulujen ollessa kireitä ei kuivatukseen varattu aika tahdo aina riittää.

4.1.2 Sääsuoijat

Sääsuoijat ovat pääasiassa teräs- tai alumiiniristikkorunkoisia rakenteita, jotka kootaan työmaalla. Niiden katemateriaalina käytetään PVC-kangasta. Sääsuoji- en koot vaihtelevat leveyden osalta 5:stä metristä aina 25:een metriin. Pituus- suunnassa ne koostuvat kuusi metriä pitkistä moduuleista, joita voidaan työ- maalla yhdistää toisiinsa tarvittava määrä. Sääsuoji- en kokoamisessa ja siirtelys- sä tarvitaan nosturia. Suoja voidaan koota myös kisko- jen päälle, jolloin sitä pys- tytään liikuttelemaan työn etenemisen ja suojaustarpeiden mukaisesti. Sääsuojan asennus tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Erityistä syytä on kiinnit- tää huomiota sääsuojan ankkurointiin. /16/

Juha-Matti Pajulahti



Kuva 2. Sääsuojan modulirakenne /16/



Kuva 3. Sääsuojan asennus käynnissä /16/

Sääsuojan avulla voidaan suojata tehokkaasti rakenteilla olevan rakennuksen ylin holvi. Matala rakennus voidaan sääsuojan avulla suojata kokonaan. Tällöin rakennuksen vierelle pystytetään telineet, joiden varaan sääsuoja asennetaan. Tämä ei kuitenkaan ole kannattavaa yli kolmikerroksisessa rakennuksessa telineistä ja niiden rakentamisesta muodostuvien kustannusten vuoksi. Sääsuoja voidaan lisäksi käyttää myös rakennusmateriaalien varastoinnin suojaratkaisuna.

Juha-Matti Pajulahti

Tällöin materiaalit ovat hyvässä suojassa kosteudelta, mutta kuitenkin tarvittaessa nopeasti saatavilla käytettäväksi. Sääsuojan käytön etuna peitteillä suojaamiseen nähden on lisäksi hyvä tuulettavuus, joka on peitteitä käytettäessä varsin ongelmallista toteuttaa. /16/

4.2 Lämmitys ja kuivaus

4.2.1 Yleistä

Kuivattamisen tavoitteena on rakennekosteuden mahdollisimman tehokas ja hallittu poistaminen. Tämä tapahtuu parhaiten luomalla kuivumiselle mahdollisimman hyvät olosuhteet. Lämpötila, ilman suhteellinen kosteus sekä ilmanvaihto vaikuttavat oleellisesti kosteuden poistumiseen rakenteista. Lämpötilan tulisi kuivatuksen aikana olla vähintään +20 °C. Nostettaessa lämpötilaa tästä ylöspäin kuivuminen nopeutuisi merkittävästi. Vastaan tulee kuitenkin työolosuhteiden huononeminen. Kuivatettavan tilan suhteellinen kosteus pyritään pitämään noin 50 %:ssa. Suhteellisen kosteuden suuruutta säädellään lämpötilan ja ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihdolla hoidetaan lisäksi rakenteista poistuvan kosteuden kulkeutuminen ulos rakennuksesta hallitusti ilman, että kosteutta tiivistyy kylmempien rakenteiden pinnoille. /6/

Seuraavassa on käsitelty menetelmiä ja työkaluja näiden olosuhteiden luomiseksi.

4.2.2 Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä /4/

Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä pyritään ottamaan käyttöön heti kuivatuksen alkuvaiheessa. Tämä mahdollistaa rakennuksen mahdollisimman tasaisen lämmittämisen. Lämmityksen käyttöönottohetkellä pitää rakennuksen kaikkien

Juha-Matti Pajulahti

ikkuna- ja oviaukkojen olla suljettuina tarvittavan lämmitysenergian hukan minimoimiseksi. Jos lämmitys otetaan käyttöön aluksi vain osassa rakennusta, tulee rakennus tältä osin osastoida. Muuten on olemassa vaara, että lämmennyt ja kosteutta itseensä sitonut ilma virtaa rakennuksen lämmittämättömiin osiin aiheuttaen kosteuden tiivistymistä kylmien rakenteiden pinnalle. Rakennuksessa mahdollisesti olevan lattialämmityksen hyödyntämistä lattiarakenteen kuivattamiseen on käsitelty kohdassa 5.2.1.

4.2.3 Rakennuskuivaajat

Rakennuskuivaajat ovat öljy-, nestekaasu- tai sähkökäyttöisiä siirrettäviä laitteita. Niiden toiminta perustuu puhaltimen siirtämän ilman lämmittämiseen polttimen kuumentaman vaipan tai sähkövastuksen avulla. Ilma johdetaan lämmitettävään tilaan, jolloin tilan ilma lämpiää. Kosteaa ilma puolestaan johdetaan pois lämmitettävästä tilasta. /9/

Rakennuskuivaajien avulla pyritään tukemaan ja lisäämään rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän vaikutuksia. Rakennuskuivaajien tehontarve on arvioitava tai laskettava tapauskohtaisesti. Tarkka mitoitus on kuitenkin varsin työlästä, joten siihen ei varmastikaan työmaalla ole monesti aikaa ryhtyä. Karkeaan mitoitukseen on olemassa kuitenkin mm. nomogrammeja, joilla saadaan kokemuksen ohella suuntaa antavaa tietoa lämmityksen tehontarpeesta.

4.2.4 Kiertoilmalämmittimet /9/

Kiertoilmalämmittimet ovat öljy-, nestekaasu- tai sähkökäyttöisiä, yleensä raskaita, isojen tilojen lämmittämiseen tarkoitettuja laitteita. Niiden rakenne ja toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin puhallintyyppisillä rakennuskuivaajillakin. Lämmitysyksikkö voi olla sijoitettuna lämmitettävään tilaan tai

Juha-Matti Pajulahti

se voidaan sijoittaa keskitetysti ja johtaa lämmitetty ilma putkistoja pitkin lämmitettäviin tiloihin.

4.2.5 Ilmankuivaajat

Ilmankuivaajien toiminta perustuu kuivattavien rakenteiden, materiaalin ja ilman kuivaamiseen erottamalla kosteutta kiertoilmasta joko kondensaatio- tai sorptiomenetelmällä. Ilmankuivaajat ovat sähkökäyttöisiä. /9/

Sorptiomenetelmään perustuvat kuivaajat toimivat laajemmalla lämpötila-alueella kuin kondensaatiomenetelmään perustuvat kuivaajat, kertoo Mika Kotro Munters Oy:stä. Tämän takia niiden käyttö on kondensaatiokuivaajia tehokkaampaa. /11/

Ilmankuivaajien käyttö tulee kyseeseen lähinnä silloin, kun ulkoilman ja sisäilman välille ei saada riittäviä lämpötilaeroja. Tällöin rakennuksen sisäilman suhteellinen kosteus on vaikea saada riittävän alhaiselle tasolle (50 %), jotta kuivuminen olisi mahdollisimman tehokasta. Ilmankuivaajien avulla pystytään siis poistamaan kosteutta rakennuksen sisäilmasta ja luomaan näin paremmat kuivumisolosuhteet rakenteille. Ilmankuivaajat eivät siis varsinaisesti poista kosteutta syvemmillä rakenteista vaan tähän tarvitaan edelleen myös samanaikaista tehokasta lämmitystä ja ilmavirtauksia. /11/

Ilmankuivaajien tehontarpeen mitoitus perustuu tunnissa koneen läpi virtaamaan ilmamäärään. Mika Kotro Munters Oy:stä kertoo mitoituksen olevan optimaalinen, kun kuivattavan tilan ilmamäärä voidaan johtaa koneen läpi 2–3 tunnissa. Ilmankuivaajien teknisissä tiedoissa onkin ilmoitettu koneiden läpäisevät ilmamäärät (m^3/h). Normaalisti käytettävien ilmankuivaajien maksimi-ilmamäärät ovat noin $1\,500\ \text{m}^3/\text{h}$. Näin ollen yksi kuivain riittää maksimissaan $1\,500\ \text{m}^2$:n suuruisen tilan kuivaamiseen. /11/

Juha-Matti Pajulahti



Kuva 4. Ilmankuivaaja rakennustyömaalla

4.2.6 Infrapunakuivaimet

Infrapunakuivaus perustuu rakenteen lämmittämiseen infrapunasäteilijöiden avulla. Säteilijöiden avulla kuivatettava rakenne lämmitetään noin 40–50 °C:n lämpötilaan, jolloin kuivatusaika lyhenee oleellisesti. Menetelmä soveltuu lähinnä pienten alueiden, kuten kylpyhuoneiden tehostettuun kuivattamiseen. /11/

4.2.7 Suurtaajuuskuivaus /11/

Suurtaajuuskuivaus perustuu samaan tekniikkaan kuin mikroaaltouuni. Mikroaallot lämmittävät rakenteissa olevan veden, jonka seurauksena vesi höyrystyy ja tuulettuu tuulettimen avulla pois. Mikroaaltokuivaus on rakenteiden kuivumisen kannalta todella tehokasta ja nopeaa. Parhaimmillaan kuivattavat rakenteet

Juha-Matti Pajulahti

saadaan tällä menetelmällä kuiviksi jopa muutamassa tunnissa. Ongelmaksi muodostuu lähinnä kuivattavan alueen rajoittuminen hyvin pieneksi. Laitteet ovat pieniä ja sähkön kulutus vastaavasti suurta. Sähköenergian tehontarve neliömetrin kokoista aluetta kuivattaessa on jopa 2,5 kW. Käytännössä suurtaajuuskuivaus soveltuukin lähinnä kosteusvauriokohteisiin, joissa kuivattavaa aluetta on enintään muutamia neliömetrejä.

4.2.8 Ilmanvaihto

Kuivatettavan tilan ilmanvaihto järjestetään aina kuivatustavan ja olosuhteiden mukaan. Käytettäessä rakennuskuivaajia tai kieroilmalämmittämiä tulee ilmanvaihto järjestää riittävän tehokkaaksi, jotta kuivumista tapahtuisi mahdollisimman nopeasti. Ilmanvaihtoa säädellään tilan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausten avulla siten, että kappaleessa 4.2 mainitut kuivatusolosuhteet toteutuvat. Ilmanvaihdon säätö tapahtuu käytännössä rakennuksen vaipassa olevia luukkuja ja aukkoja sulkemalla ja avaamalla. Lisäämällä kuivatettavan tilan ilmanvaihtoa saadaan suhteellista kosteutta pienennettyä edellyttäen, että ulkoa otettu korvausilma sisältää vähemmän kosteutta kuin sisäilma. Ilmanvaihtoa lisäämällä kuitenkin lämmityskustannukset nousevat. Vastaavasti ilmanvaihtoa pienentämällä tilan suhteellinen kosteus nousee ja lämmityskustannukset pienenevät. Ilmanvaihtoa tehostetaan ajoittain tuulettamalla rakennusta ovia tai ikkunoita avaamalla. /4/

Ilmankuivaajilla tilaa kuivatettaessa puolestaan ilmanvaihto pyritään minimoimaan, jotta ilmankuivaajien kuivauskapasiteettiä ei tuhlattaisi ulkoilman kuivatamiseen. Tällöin tilan kaikki ovi- ja ikkunaukot pyritään tiivistämään mahdollisimman tiiviiksi joko lopullisilla tai tilapäisillä ratkaisulla. Ilman kiertoa tilan sisällä voidaan parantaa lisäpuhaltimien avulla. /11/

Juha-Matti Pajulahti

4.3 Ammattitaito ja kokemus

Kokemus ja sen mukanaan tuoma ammattitaito on merkittävässä osassa rakennusaikaisen kosteudenhallinnan toteuttamisessa. Niin työmaan johtohenkilökunnan kuin työmiestenkin aikaisemmilta työmailta saadut kokemukset auttavat merkittävästi kosteudenhallin kokonaisvaltaista toteutusta. Mahdolliset riskitekijät on näin ollen helpompi havaita ajoissa ja tehdä tämän jälkeen oikeat toimenpiteet niiden poistamiseksi tai pienentämiseksi. Kuivatustoimenpiteiden mittaaminen ja kuivatustapojen valinta on kokemuksen myötä niin ikään oleellisesti helpompaa. Myös aikatauluihin osataan varata riittävästi aikaa kuivatustoimenpiteille eri työvaiheiden välillä.

Kokemus voi omalta osaltaan kuitenkin ilmetä työmaatoteutuksessa myös negatiivisessa mielessä. Helposti asenoidutaan siten, että asiat osataan jo riittävän hyvin, eikä pyritä kehittämään ja tehostamaan toimintaa parempaan suuntaan. Tällainen asenne saattaa helposti hiipiä mieleen jo muutaman vuoden työkokemuksen jälkeen. Tällöin pidättäydytään vanhoissa, kerran opituissa menetelmissä, eikä haluta edes kokeilla uusia ideoita ja kehittyneempiä menetelmiä.

5 TYYPILISIMMÄT ONGELMAT JA NIIDEN EHKÄISEMINEN

5.1 Suojaukseen liittyvät ongelmat

Rakenteiden ja rakennusmateriaalien sääsuojaus kaikissa rakennusvaiheissa on keskeinen osa työmaan kosteudenhallintaa. Seuraavissa kappaleissa on esitetty tämän hetken suurimmat ongelmat liittyen rakenteiden ja rakennusosien suojaamiseen ulkopuolisia kosteusrasituksia vastaan.

Juha-Matti Pajulahti

5.1.1 Elementtien varastointi ennen työmaalle kuljetusta

Elementtien valmistuksen jälkeisessä varastoinnissa ei kiinnitetä monestikaan riittävästi huomiota sääsuojaukseen. Puuelementit yleensä pääsääntöisesti suojataan peitteiden avulla. Betonielementit taas jäävät usein vaille asianmukaista suojausta. Tällöin betoniin voi imeytyä tarpeettomasti hyvinkin suuria kosteusmääriä. Tämä kosteus on kaikki ylimääräistä kosteuskuormaa työmaalla rakenteisiin pääsevän kosteuden lisäksi ja vaikuttaa näin ollen rakennuksen kuivatusajan pituuteen. Elementtien toimittajilta tulisikin edellyttää huolellista suojausta elementtien varastointiajalta.

5.1.2 Kuljetuksen aikainen suojaus

Elementtien ja muiden rakennustarvikkeiden kuljetusten aikainen suojaaminen jää usein puutteelliseksi tai pahimmillaan kokonaan huomioimatta. Kuljetusmatkat ovat kuitenkin usein pitkiä, ja sateen sattuessa näihin imeytyvät kosteusmäärät voivat olla melkoisia. Varsinkin kosteudesta herkästi vaurioituvilla materiaaleilla tämä saattaa aiheuttaa suoranaista materiaalihukkaa. Materiaalin toimittajilta tulisikin edellyttää ehdotonta ja huolellista suojausta myös kuljetusten aikana.

5.1.3 Suojaus työmaalla

Työmaalla sääsuojaukselliset ongelmat liittyvät sekä rakennusmateriaalien varastointiin ennen niiden asennusta että rakenteilla olevan rungon suojaukseen.

Juha-Matti Pajulahti

5.1.3.1 Elementtien ja rakennusmateriaalien varastointi

Elementit ja muut rakennusmateriaalit pyritään tilaamaan työmaalle siten, että niitä jouduttaisiin varastoimaan mahdollisimman vähän aikaa ennen niiden asennusta. Parhaimmillaan elementtien asennus päästäänkin suorittamaan kuljetuskalustosta suoraan rakenteen lopulliselle sijoituspaikalle.

Työmaalla tulisi kuitenkin olla varattuna riittävästi suojauskalustoa siellä todennäköisesti varastoitavien elementtien ja rakennusmateriaalien suojaamiseksi. Varattavan suojauskaluston määrä tulee määrittää työmaan kosteudenhallintasuunnitelman teon yhteydessä. Varastoinnissa tulee lisäksi kiinnittää huomiota siihen, että varastoitava tavara on selvästi (vähintään 10 cm) irti maanpinnasta. Lisäksi erityisesti puutavaran varastoinnissa tulee kiinnittää huomiota tuulettamisen järjestämiseen. Varastoitaessa rakennusmateriaaleja holville tulee edelleen kiinnittää huomiota, että varastoitavien materiaalien alle jää avointa tilaa betonin kuivumisen varmistamiseksi myös näiltä kohdilta.

Tässäkin asiassa usein ratkaisevimmaksi tekijäksi nousee kuitenkin asenne. Vaikka peitteitä olisikin työmaalla varattuna riittävästi, ei suojausta nähdä riittävän tärkeäksi asiaksi toteuttaa tarpeeksi huolellisesti. Usein luotetaan lisäksi materiaalien omien suojapakkausten vedenpitävyyteen. Vaikka kyseiset pakkaukset olisivatkin sinänsä vedenpitäviä, tulee niihin usein kuljetuksien ja siirtojen yhteydessä vaurioita. Näistä vaurioista ja muusta puutteellisesta suojauksesta johtuen rakennusmateriaaleja pilaantuu työmailla tolkkuttoman paljon. Taulukossa 4 on lueteltu keskeisimpiä rakennusmateriaaleja ja rakenneosia, joiden suojaamiseen tulisi työmaalla kiinnittää erityistä huomiota

Taulukko 4. Erityistä suojausta vaativia materiaaleja / rakennusosia

Huolellista suojausta vaativa rakenne / rakennusosa	Suojaustapa
Betonisandwich-elementit	Ainakin elem. yläreunat muovilla
Puuelementit	Rakennuspeite / sääsuoja
Ikkunat	Rakennuspeite / sääsuoja
Ovet	Rakennuspeite / sääsuoja
Mineraalivillat	Rakennuspeite / sääsuoja
Laastit, tasoitteet yms.	Rakennuspeite / sääsuoja
Puutavara	Rakennuspeite / sääsuoja
Kipsilevyt	Rakennuspeite / sääsuoja

**Kuva 5.** Esimerkkejä puutteellisesta rakennusmateriaalien varastoinnista

5.1.3.2 Rakennusrungon suojaus

Rakennusrunkoa ei voida käytännössä mitenkään suojata kokonaan vedenpitäväksi ennen vesikaton asennusta. Paras tapa kosteuden torjumiseksi onkin saada rakennuksen vesikatto mahdollisimman nopeasti vedenpitäväksi. Kiinnittämällä kuitenkin samalla huomiota rakennuksen rungon suojauksessa oleellisimpiin ja kriittisimpiin rungon osiin, voidaan tilannetta parantaa oleellisestikin.

Betonisandwich-elementeistä tulisi suojata elementtien yläpäätt siten, että kosteuden pääsy eristetilaan estyy. Sandwich-elementin eristetilaan päästessään vesi kuivuu sieltä pois varsin hitaasti. Eristeen kuivumista kyseisen rakenteen sisällä on tutkittu VTT:n toimesta. Tutkimuksen mukaan eristeen kuivumisnopeus

Juha-Matti Pajulahti

hyvin tuuletetussa betonisandwich-elementissä hyvissä kuivumisolosuhteissa on suuruusluokaltaan noin 1 kg kosteutta kolmessa viikossa rakenteen neliometriä kohden /15/. Tutkimus on tehty kesäaikaan, jolloin eristetilän kuivuminen on tehokkainta. Talvisaikaan tuuletusraon ollessa kylmä ei kuivumista juuri tapahdu.

Käytettäessä rakennuksen rungossa myös puurakenteisia seinäelementtejä, tulisi ne suojata todella huolellisesti. Suojaamiseen on syytä käyttää mahdollisimman suuria rakennuspeitteitä ja kiinnittää erityistä huomiota peitteiden saumojen pitävyyteen. Eräässä tässä työssä käyttämässäni esimerkkitilanteessa rakennuksen parvekkeiden puoleisille seinille asennettiin puuelementit. Elementit pääsivät asennuksen aikana, sekä sen jälkeen kastumaan niin pahoin, että suuri osa seinistä jouduttiin aukaisemaan (kuva 6). Mineraalivillat ja kipsilevyt uusittiin ja tähän kului käytännössä kahden miehen noin viikon työpanos. Lisäkustannuksia aiheutti tältä osin tietenkin myös suuri materiaalihukka.



Kuva 6. Kastunut puuelementtiseinä

Juha-Matti Pajulahti

Ylimmälle holville satava vesi on käytännössä merkittävin lisäkosteuden tuoja alempien kerrosten rakenteisiin. Vesi kulkeutuu alas holvilla olevista aukoista, sekä imeytymällä betonin läpi. Kuten edellä todettiin, on tilannetta mahdotonta täysin estää. Ontelolaattojen saumauksella mahdollisimman nopeasti laataston asennuksen jälkeen voidaan tilannetta parantaa jo selvästi. Lisäksi järkevällä ja asiamukaisella holvin aukkojen suojauksella voidaan tätä kosteuskuormaa niin ikään huomattavasti pienentää. Aukkoja suojatessa tulee muistaa kuitenkin huomioida myös kaiteiden ja putoamissuojauksen järjestäminen.



Kuva 7. Jälkiä holvilta alempiin kerroksiin valuneesta vedestä

5.2 Kosteuden poiston hallintaan liittyvät

5.2.1 Betonin kuivuminen

Kuten edellä kappaleessa 3.2.1 todettiin, on vallitsevilla ilman olosuhteilla, betonirakenteen paksuudella ja kuivumissuunnilla sekä rakenteen kastumisella

Juha-Matti Pajulahti

suuri vaikutus betonin kuivumisaikaan. Näiden ohella betonin kuivumista voidaan kuitenkin nopeuttaa

- valitsemalla mahdollisimman suuri raekoko ja jäykkä massa
- käyttämällä nopeasti kuivuvia betonilaatuja
- nostamalla betonin lämpötilaa
- hiomalla betonin pinta auki
- välttämällä haihtumista estävää varastointia
- imubetonoinnilla /5/.

Betonin lämmittämällä on tilan ilman lämmityksen ohella rakenteen kuivumisaikaan merkittävä vaikutus. Jos kohteessa on lattialämmitys, on sen hyödyntäminen tähän tarkoitukseen järkevää. Betonin kuivattamisessa rakennetta lämmittämällä on kuitenkin huomioitava, että betoni on ennen lämmitystä saavuttanut riittävän lujuuden. Betonin lujuuden tulisikin ennen lattialämmityksen kytkemistä olla vähintään 60 % 28 vuorokauden lujuudesta. Betoni kestää tällöin rasitukset, jotka lämpötilan nosto rakenteessa aiheuttaa. Toisaalta kosteuden poistumisen ei katsota tällöin haittaavan betonin sitoutumista. Lämpötilan nosto tulee toteuttaa asteittain, esimerkiksi 5 °C vuorokaudessa. Suositeltava kuivatuslämpötila on 30–35 °C. Kuivatuksen jälkeen, ennen päällystysmittausten tekemistä, tulee lämpötila laskea tulevaan käyttölämpötilaan samalla tavalla portaittain. /1/

5.2.1.1 Kuivumisajan arviointi

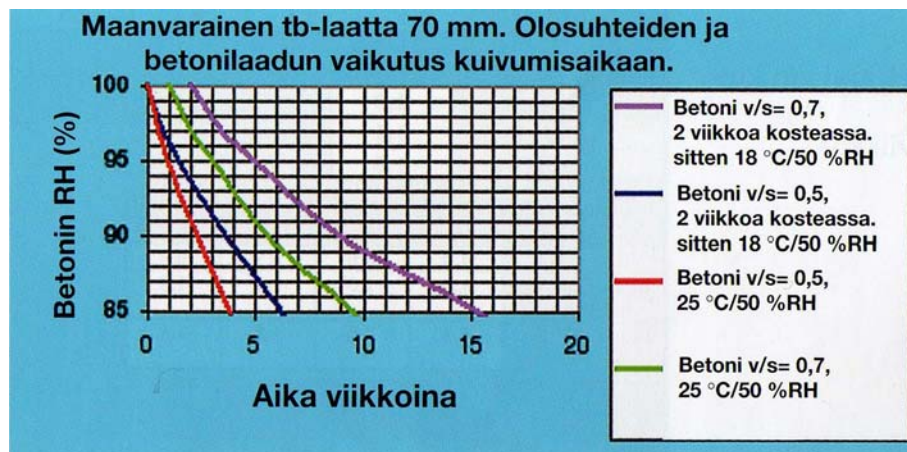
Rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelmaa laadittaessa tulisi laatia käytettäville rakenteille ja materiaaleille kuivumisaika-arviot. Arvioita verrataan suunniteltuun toteutusaikatauluun. Esimerkiksi hyvin laaditusta yleisaikataulusta saadaan riittävällä tarkkuudella laskettua, paljonko rakenteelle on aikataulusa varattu kuivumisaikaa ennen päällystystyöhän ryhtymistä. Kyseisten kuivumisaika-arvioiden ja aikataulujen perusteella voidaan määrittää, millaiset olo-

Juha-Matti Pajulahti

suhteet kohteeseen tulisi luoda, jotta tarvittava kuivuminen tapahtuisi tavoiteaikataulun puitteissa. /5/

Kuivumisaika-arvioiden tekemiseksi erilaisissa olosuhteissa ja erilaisia rakenteita käytettäessä on olemassa valmiita diagrammeja. Diagrammien avulla päästään vaivattomasti riittävän tarkkoihin tuloksiin kuivatuksen alustavaksi suunnittelemiseksi. Seuraavassa on esitetty tyypillisten betonirakenteiden kuivumisaikoja eri olosuhteissa sekä käytettäessä erilaisia betonilaatuja.

Kuvasta 8 voidaan selvästi nähdä samalla sekä vesisementtisuhteen että kuivumisolosuhteiden vaikutus maanvaraisen tb-laatan kuivumisaikaan. Pelkästään vesisementtisuhteen pienentäminen 0,7:stä 0,5:een lyhentää kuivatusaikaan lautaparketin edellyttämään 85 %:n suhteelliseen kosteuteen yli yhdeksällä viikolla (18 °C / 50 % RH).

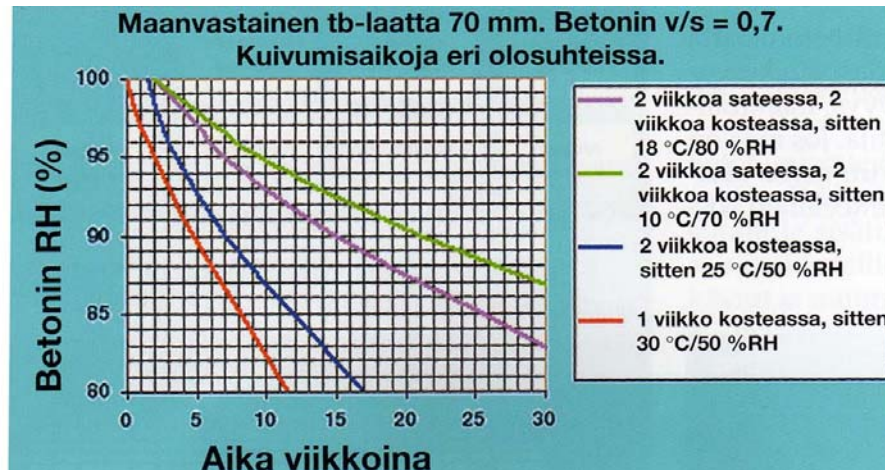


Kuva 8. Maanvaraisen tb-laatan kuivuminen eri olosuhteissa /6/

Kuvasta 9 on vaikea nähdä suoraan kastumisen vaikutusta maanvaraisen tb-laatan kuivumisaikaan, koska kuivatusolosuhteet ovat joka käyrällä erilaiset. Kastumisen, sekä sen jälkeisten kuivatusolosuhteiden yhteisvaikutukset ovat kuitenkin melkoiset. Kuivumisaika voi kuvan mukaan jopa kolminkertaistua, kun betonilaatta pääsee pahasti kastumaan ja kuivatusolosuhteet ovat puutteelli-

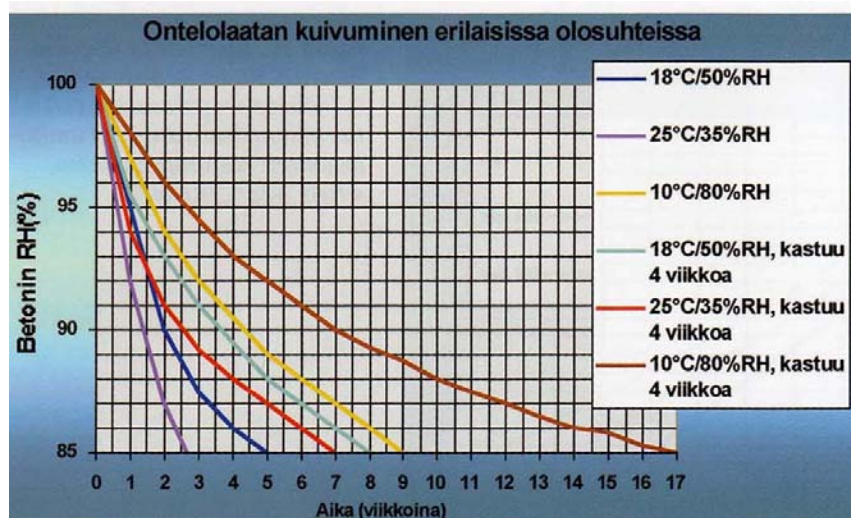
Juha-Matti Pajulahti

set verrattuna tilanteeseen, jossa laatta ei kastu ja kuivatusolosuhteet ovat 25 °C / 50 % RH.



Kuva 9. Maanvaraisen tb-laatan kuivuminen eri olosuhteissa /6/

Kuva 10 kertoo havainnollisesti ontelolaatan kuivumisesta erilaisissa olosuhteissa. Kuvasta nähdään jälleen helposti olosuhteiden ja laatan kastumisen merkitys kuivatusajan pituuteen. Kastumattoman ontelolaatan kuivuminen 85 %:n suhteelliseen kosteuteen kestää kuvan mukaan hyvissä kuivumisolosuhteissa noin 5 viikkoa (18° C / 50 % RH).



Kuva 10. Ontelolaatan kuivuminen eri olosuhteissa /6/

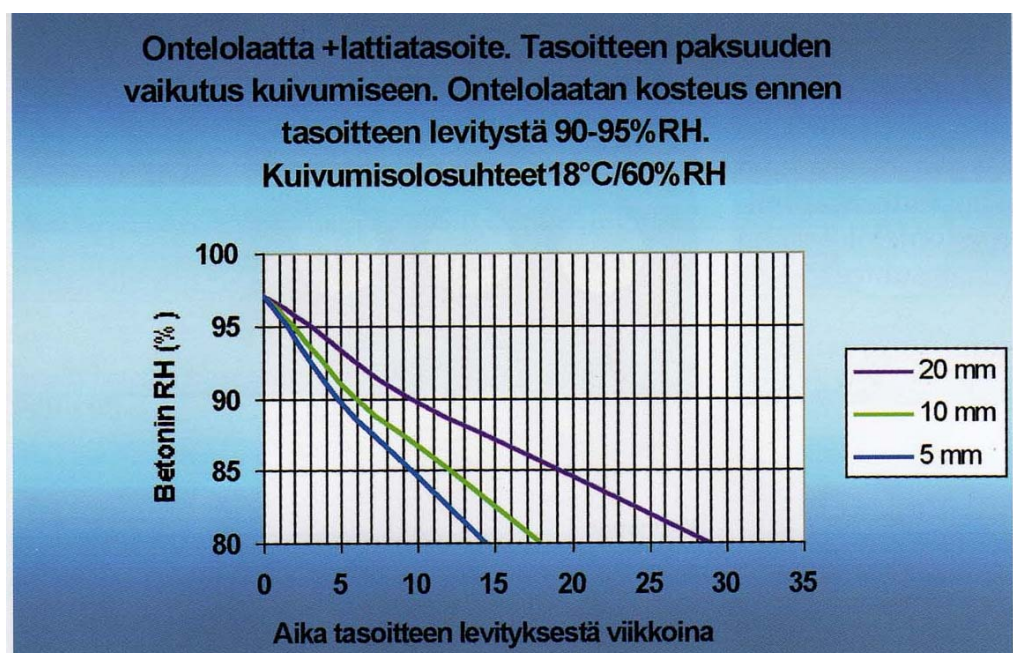
Juha-Matti Pajulahti

5.2.1.2 Tasoitteiden vaikutukset ja niiden tuoma lisäkosteus

Tasoite- ja muuraustöiden vaikutukset tulee ottaa huomioon kuivatusjärjestelyjä suunniteltaessa. Muuratuissa rakenteissa kuivuminen ei yleensä ole mikään ongelma. Ongelmaksi muodostuvatkin yleensä muuraustöiden yhteydessä sattuvat vesivahingot ja niistä aiheutuva betonilattioiden kastuminen. Tämä voi viivästyttää helposti lattioiden päällystysten aloitusta jopa viikoilla. /4/

Lattiatasoitteet puolestaan hidastavat oleellisesti betonin kuivumista. Tämä voidaan ottaa huomioon siten, että betonin paksuuteen lisätään tasoitteen paksuus 2–3-kertaisena, yleensä 20–60 mm. Toinen tapa on, että betonin kuivumisaikaan lisätään 1 viikko jokaista tasoitteen 5 mm:ä kohden, eli tavallisimmin kaksi viikkoa. /4/

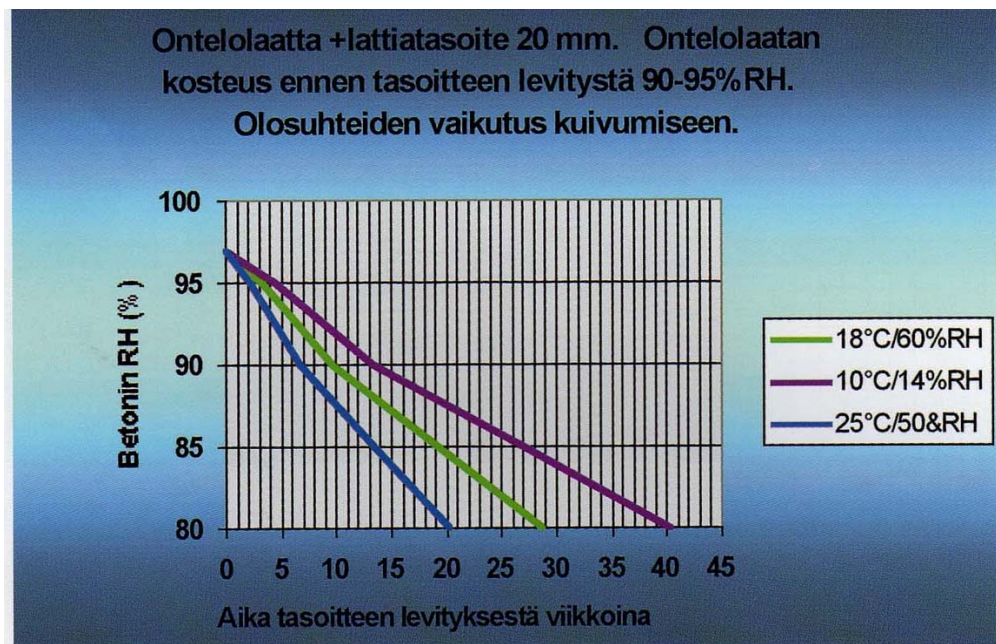
Seuraavassa on esitetty tasoitetun ontelolaatan kuivumista erilaisissa kuivumisolosuhteissa sekä eri tasoitepaksuuksilla. Kuvasta 11 voidaan havaita 20 mm paksulla kerroksella tasoitetun ontelolaatan kuivumisen 85 %:n suhteelliseen kosteuteen (lautaparketin edellyttämä päällystyskosteus) kestävän noin kymmenen viikkoa kauemmin kuin käytettäessä 5 mm:n tasoitepaksuutta.



Kuva 11. Tasoitetun ontelolaatan kuivuminen eri tasoitepaksuuksilla /6/

Juha-Matti Pajulahti

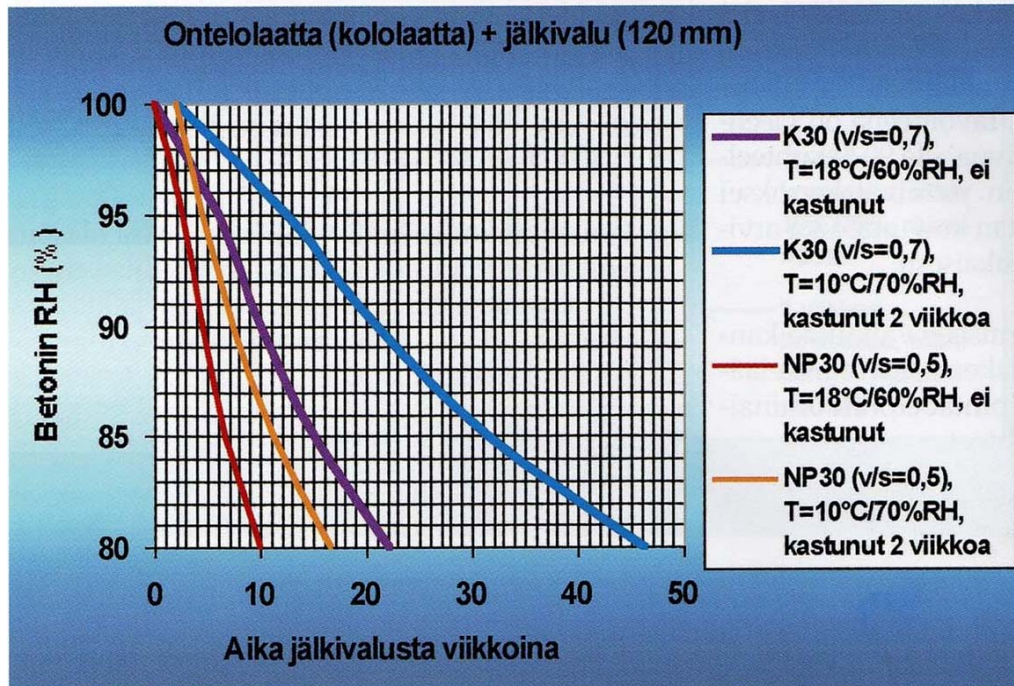
Kuvasta 12 on puolestaan havaittavissa selvästi olosuhteiden merkittävä vaikutus kuivumisaikaan. 20 mm paksulla kerroksella tasoitetun ontelolaatan kuivuminen 85 %:n suhteelliseen kosteuteen kestää jo 6 viikkoa kauemmin ilman lämpötilan pudotessa 7 °C:lla ja suhteellisen kosteuden noustessa 10 %-yksiköllä.



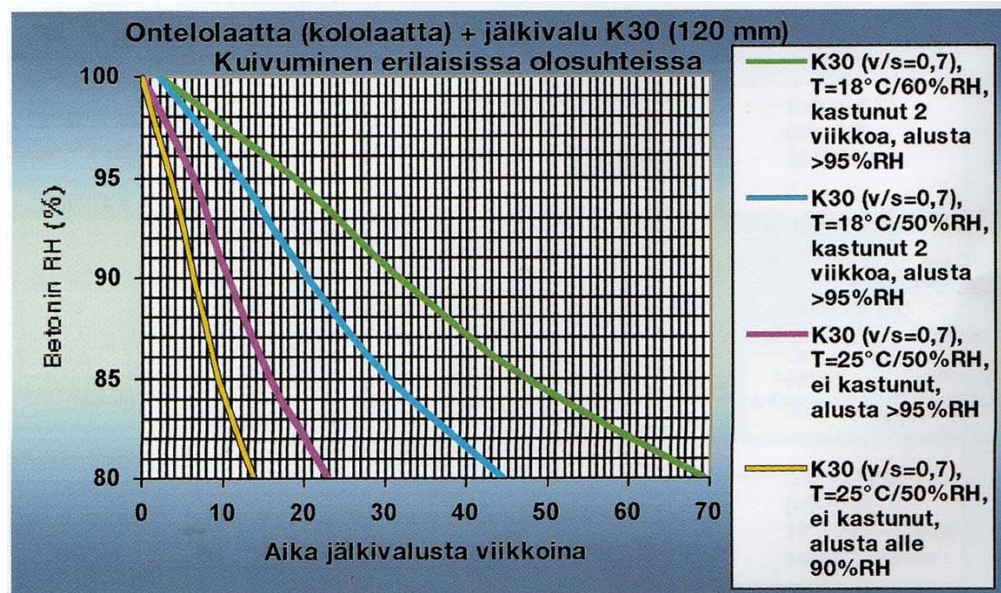
Kuva 12. Tasoitetun ontelolaatan kuivuminen erilaisissa olosuhteissa /6/

Märkätiloissa käytettävien kolottujen ontelolaattojen jälkivalu on niin ikään merkittävä lisätekijä kuivusaikataulussa ennen päällystystöihin ryhtymistä. Kuvassa 13 on esitetty tällaisen rakenteen kuivuminen erilaisissa olosuhteissa sekä käytettäessä eri betonilaatuja. Kuvaajasta voidaan helposti todeta kuivumisajan putoavan yli puoleen, kun käytetään nopeasti päällystettävää betonia normaalin lattiabetonin sijaan. NP-betoni onkin omimmillaan juuri tällaisia rakenteita betonoitaessa. Kuvassa 14 on puolestaan esitetty samaisen rakenteen kuivuminen eri olosuhteissa betonin ollessa tavanomaista K30:tä.

Juha-Matti Pajulahti



Kuva 13. Jälkivaletun kololaatan kuivuminen erilaisissa olosuhteissa ja käytetyssä eri betonilaatuja /6/



Kuva 14. Jälkivaletun kololaatan kuivuminen erilaisissa olosuhteissa /6/

Juha-Matti Pajulahti

5.2.2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen

Betonin suhteellisen kosteuden mittaus on eräs keskeisimpiä toimenpiteitä rakenteiden kuivumisen seurannan kannalta. Kosteusmittausten perusteella tehdään myös suuria, koko työmaan taloutta koskevia päätöksiä. Jo työmaan kosteudenhallintasuunnitelman teon yhteydessä tulisikin tehdä myös suunnitelma kosteusmittausten toteuttamisesta. Kosteusmittaussuunnitelma tulisi tehdä yhteistyössä kosteusmittaajan kanssa. Suunnitelman pitäisi sisältää ainakin mittauspaikkojen sijainnit ja lukumäärät, mittausajankohdat sekä olosuhteiden ja rakenteiden tavoitelämpötilat mittaushetkillä. /4/

Ensimmäiset kosteusmittaukset suoritetaan kuivatuksen aloitushetkellä. Tällöin saadaan lähtötiedot betonirakenteiden kosteuspitoisuuksista eri puolilla rakennusta. Mittausten perusteella voidaan mitoittaa kuivatusjärjestelyjen toteutus sekä keskittää kuivatusta rakennuksen märimpiin osiin. /4/

Lähtömittausten jälkeen kuivatuksen edetessä suoritetaan tarkistusmittauksia hankalimmista ja kosteimmista paikoista. Mittaukset suoritetaan noin kahden viikon välein. Tulosten perusteella voidaan tehdä jälleen muutoksia kuivatusmenetelmiin, jos aihetta tähän ilmenee. Kuivatuksen aikaiset mittaukset voi suorittaa esimerkiksi kosteusmittauksiin perehtynyt työntekijä. /4/

Lopputuloksen kannalta ratkaisevat mittaukset suoritetaan ennen rakenteiden päällystystöihin ryhtymistä. Tällöin tehdään perusteelliset mittaukset eri syvyyksiltä rakenteista kosteuspitoisuuksien ja rakenteiden sisäisten kosteusjakaumien kartoittamiseksi. Mittauspisteiksi tulee valita riskialttiimmat ja ennalta arvioidut kosteimmat paikat. Lisäksi kaksi mittauspistettä tulisi olla aina lähellä toisiaan virheellisten mittaustulosten poissulkemiseksi. Mittaushetkellä betonirakenteen lämpötilan tulee olla lähellä rakennuksen käyttölämpötilaa eli yleensä noin +20 °C. Jos lämpötila on tätä alhaisempi, ovat mittaamalla saadut suhteellisen kosteuden arvot todellisia arvoja alhaisempia. Lämpötilan taas ollessa korkeampi kuin +20 °C, ovat mittaamalla saadut suhteellisen kosteuden arvot vastaavasti liian korkeita. Päällystysmittausten suorittajan tulee olla kosteusmitta-

Juha-Matti Pajulahti

uskoulutuksen saanut sertifioitu tai muulla tavalla pätevyitynyt rakenteiden kosteusmittaaja. /6/

5.2.2.1 Mittauslaitteet ja mittauksen toteutus /6/

Pintakosteusosoittimet soveltuvat vain jossain määrin rakennusaikaisen kosteuden määrittämiseen. Niiden toiminta perustuu mitattavan materiaalin vesipitoisuuden muuttuessa tapahtuviin materiaalin sähköisten ominaisuuksien muutoksiin. Pintakosteusosoittimia on toimintaperiaatteiltaan lukuisia eri tyyppisiä ja niiden antamat mittaustulokset saattavat poiketa selvästi toisistaan. Muun muassa tästä johtuen niillä voidaankin tehdä käytännössä vain suuntaa antavia kartoituksia siitä, missä osissa kosteuspitoisuudet ovat suurimpia ja pienimpiä. Pintakosteusosoittimilla ei myöskään nähdä, missä rakennekerroksessa mahdollinen kosteus sijaitsee Tämä hankaloittaa oleellisesti mittaustulosten tulkintaa etenkin kerroksellisissa rakenteissa.

Betonin suhteellisen kosteuden mittaukset tulee pääsääntöisesti tehdä sähköisillä mittalaitteilla, jotka koostuvat mittapästä ja näyttölaitteesta. Mittapää ja näyttölaitte voivat olla kiinteästi kiinni toisissaan tai näyttölaitte yhdistetään mittapäähän mittauksen ajaksi esimerkiksi kaapelin avulla. Vaisala edustaa jälkimmäistä tyyppiä ja on yleisimmin käytettävä betonin suhteellisen kosteuden mittalaitte.

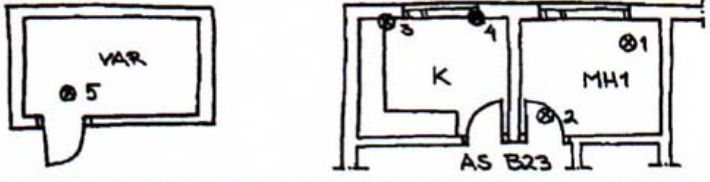
Porareikämittausten tekeminen on tarkkuutta ja huolellisuutta vaativa toimenpide. Ensimmäinen huomionarvoinen asia on mittalaitteiden kunnan ja mittapäiden kalibroinnin tarkistus. Laittevalmistajat suosittelevat mittapäiden kalibroimista 1–2 kertaa vuodessa. Varsinainen mittaustyö alkaa mittausreikien porauksilla. Reikien halkaisijan tulee olla vähintään muutaman millimetrin mittapään halkaisijaa suurempi. Useimmat mittapätyypit edellyttävät Ø16 mm:n reikää (esim. Vaisala HMP44, HMP 36, HMP46). Porauksen jälkeen reiät tulee puhdistaa huolellisesti imurin tai paineilman avulla. Puhdistuksen jälkeen reikiin asennetaan mittausputket, joiden päät ja tyvet tiivistetään huolellisesti sinitarral-

Juha-Matti Pajulahti

la tai tähän tarkoitukseen valmistetulla kitillä. Puutteellinen tiivistys johtaa liian pieniin suhteellisen kosteuden arvoihin. Ennen mittausten suoritusta porareikien olosuhteiden tulee antaa tasaantua vähintään kolme vuorokautta. Kalibroidut ja mitattavan ympäristön olosuhteisiin tasaantuneet mittapääät asennetaan tämän jälkeen reikiin. Reiät tiivistetään välittömästi uudestaan ja kosteustasapainon anturin ja betonin välillä tulee antaa tasaantua mm. anturista ja betonilaadusta riippuen 1-24 tuntia. Käytettäessä Vaisalan HMP44-antureita tasaantumisajaksi riittää noin 1 tunti, kun taas HMP46-anturilla vaadittava tasaantumisaika on 4 tuntia.

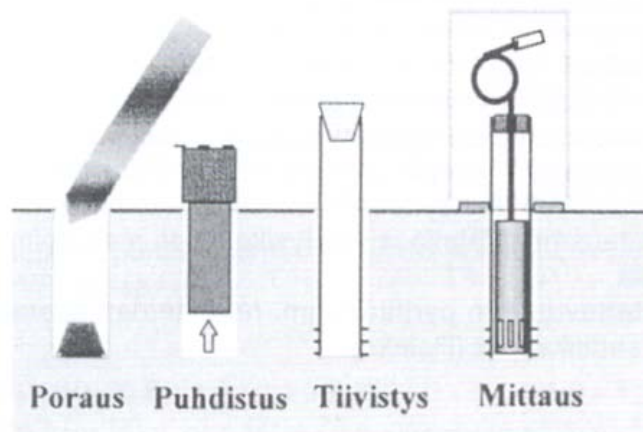
Mittaustulosten lukeminen tapahtuu liittämällä mittapää näyttölaitteeseen. Näyttölaitteesta luetaan sekä suhteellisen kosteuden arvo että lämpötila. Mikäli mittapää on kalibroinnin yhteydessä säädetty näyttämään oikein tai vaihtoehtoisesti mittapään kalibrointikertoimet on tallennettu näyttölaitteeseen, ilmoittaa näyttölaitte suoraan todellisen kosteuspitoisuuden. Muussa tapauksessa mittapään antamat lukemat korjataan laskennallisesti kalibrointikorjauskertoimella. Nämä tiedot, tilan ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä kyseisen anturin numero merkitään mittauspöytäkirjaan.

Juha-Matti Pajulahti

KOSTEUSMITTAUS Mittauspöytäkirja		MITTAUSPVM: 8.3.1998				
Tilaaaja: Laatu Oy		Työ nro: 124456-a				
Mittauksen suorittaja: Matti Meikäläinen						
Mittauspaikka: (osoite) Kuivakuja 6, as. B23, 00530 Espoo						
Mittauskohdat. (esim piirros)						
						
Olosuhteet: Sisäilman lämpötila, °C 21 °C						
Ilman suhteellinen kosteus: % RH 38 %						
Huomautuksia:						
Tarkistus mittauksen jälkeen						
Anturi n:o	Mittauskohta / Huonetilasta	Kosteus RH %		Lämpötila °C	Tarkistus, % RH	
		2 h	24 h		ennen 12/97	jälk. 12/97
1	as. B23 makuuhuone 1, lattia (0,5 m seinistä), Ø 16/ 50 mm	94,7	93	21,6	97,2	97,6
2	as. B23 makuuhuone 2, lattia (oven edestä 0,5 m), Ø 16/ 50 mm	95,5	92,8	21,5	97,0	97,3
3	as. B23 keittiön ikkunaseinä (0,5 m lattiasta), Ø 16/ 50 mm	86,4	83	19,4	97,6	97,3
4	as. B23 keittiön ikkunaseinä (0,5 m lattiasta), Ø 16/ 50 mm	86,4	84	19,2	96,9	97,2
5	varaston lattia, Ø 16/ 50 mm	32,5	30,1	19,8	12,6/ 96,8	12,1/ 97,3

Kuva 15. Esimerkki kosteusmittauspöytäkirjasta /2/

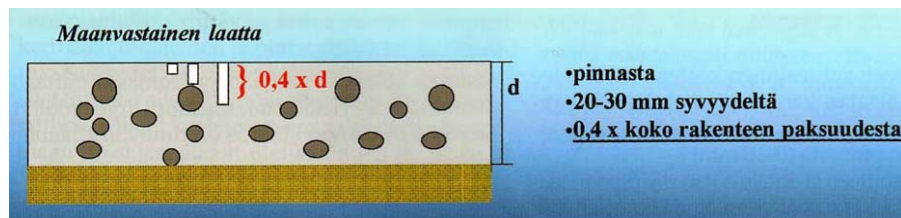
Juha-Matti Pajulahti



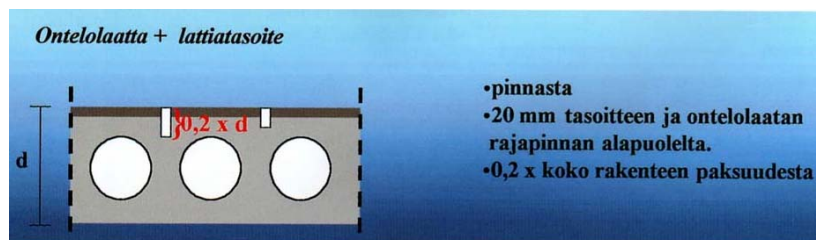
Kuva 16. Betonin suhteellisen kosteuden mittauksen vaiheet /1/

5.2.2.2 Mittaussyvytydet erilaisissa rakenteissa

Kuvissa 17–20 on esitetty oikeat päällystysmittaussyvytydet maanvastaiselle tlaatalle, tasoitetulle ontelolaatalle, märkätiloissa käytetylle jälkivaletulle kololaatalle sekä väestönsuojan kattorakenteelle.

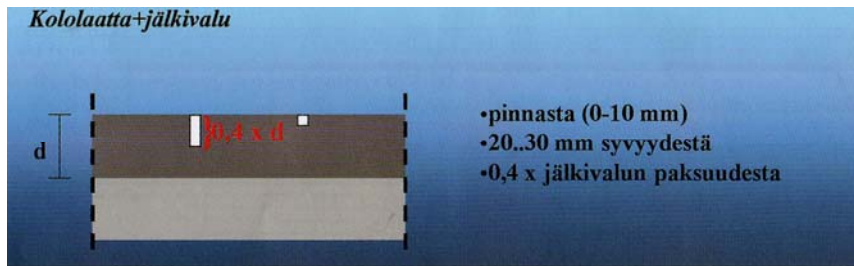


Kuva 17. Oikeat mittaussyvytydet maanvastaiselle laatalle /6/



Kuva 18. Oikeat mittaussyvytydet tasoitetulle ontelolaatalle /6/

Juha-Matti Pajulahti



Kuva 19. Oikeat mittaussyvyydet jälkivaletulle kololaatalle /6/



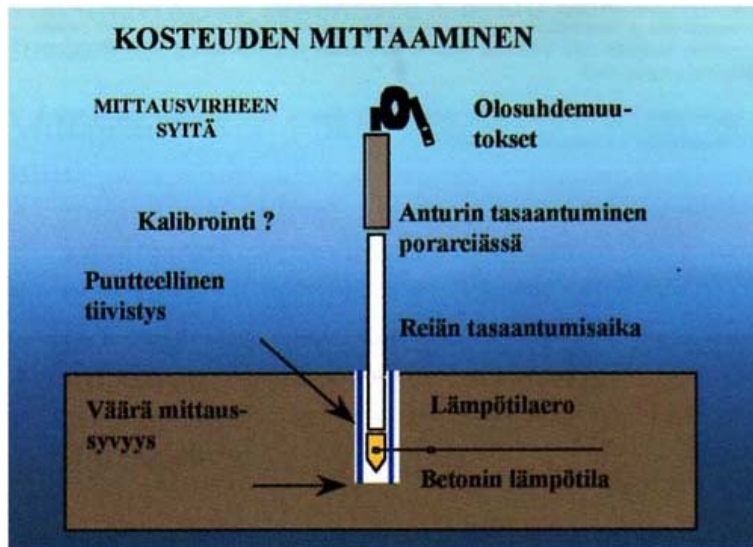
Kuva 20. Oikeat mittaussyvyydet väestönsuojan kattorakenteille /6/

5.2.2.3 Virheellisten mittaustulosten aiheuttajia

Virheellisten mittaustulosten aiheuttajia käytiin läpi jo edellisissä kappaleissa, mutta asian tärkeyden vuoksi seuraavassa on vielä lueteltuna yleisimmät seikat, jotka ovat johtaneet kalliisiin virhearviointeihin. Pahimpia virhetekijöitä porareikämittauksissa ovat

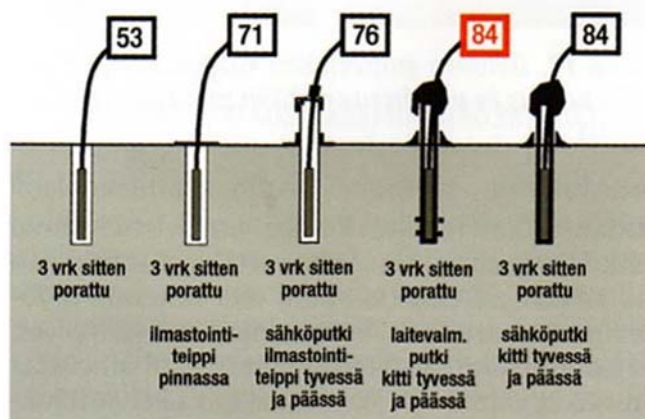
- mittapäiden kalibroimattomuus
- väärä mittaustilanne
- lämpötilaerot anturin ja betonin välillä
- olosuhdemuutokset
- puutteellinen reikien puhdistus ja tiivistys
- porareikäolosuhteiden tasaantumattomuus
- anturin tasaantumattomuus. /6/

Juha-Matti Pajulahti



Kuva 21. Yleisimmät virhetekijät porareikämittauksissa /6/

Porareiän tiivistyksen laatu vaikuttaa mittaustuloksiin kuvan 22 osoittamalla tavalla. Mitä huonommin reikä on tiivistetty, sitä alhaisempia arvoja yleensä saadaan. Oikeanlaista mittausputkeakin käytettäessä huolimaton tiivistys voi aiheuttaa jopa 10 %-yksikön virheen mittaustuloksessa.



Kuva 22. Tiivistyksen vaikutus mittaustuloksiin /6/

Juha-Matti Pajulahti

5.2.3 Ontelolaattojen kuivatus

Ontelolaattojen kuivattamisessa on lukuisilla rakennustyömailla ilmennyt vuosien varrella ongelmia. Onteloiden sisälle pääsee monesti varastoinnin, kuljetuksen ja rakentamisen aikana huomattavan paljon vettä, joka pitäisi kuivatuksen aikana poistaa. Erinäisistä syistä tämän kosteuden hallittu poistaminen rakennusaikataulun puitteissa on osoittautunut usein hankalaksi toimenpiteeksi.

5.2.3.1 Vedenpoisto onteloista

Ontelolaattojen onteloissa olevan veden poisto tapahtuu laattojen päissä olevien vesireikien avulla. Onteloaattoihin jo elementtitehtaalla tehdyt reiät tulisi avata työmaalla mahdollisimman nopeasti heti ontelolaattojen asennuksen jälkeen. Näin varmistetaan onteloihin varastoinnin, kuljetuksen sekä rakentamisen aikana päässeen kosteuden mahdollisimman nopea poistuminen.

Betonisandwich-elementtien kiinnityksen yhteydessä reunimmaisen ontelolaatan ensimmäinen ontelo joudutaan rikkomaan seinäelementin kiinnitysten kohdilta. Kyseisiltä kohdilta ontelot valetaan umpeen betonilla, jolloin veden kulku onteloissa tältä osin estyy. Tämän reunimmaisen ontelon vedenpoistoon tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Lähes ainoa tapa tähän onkin porata kyseiseen onteloon riittävä määrä reikiä vedenpoistoa varten. Reikien poraus tulisi suorittaa siten, että porattujen reikien väliin ei jäisi niin sanottuja molemmista päistä betonilla tukittuja vesitaskuja.

Onteloiden vesireikien tulisi olla myös riittävän suuria veden tehokkaan poistumisen varmistamiseksi. Pienet vesireiät tukkiutuvat helposti roskien ja betonipalsten vaikutuksesta ja veden poisvaluminen näin estyy. Vastaava mestari Mika Mäkelä YIT Rakennukselta kertoo kokemusten osoittaneen, että reikien halkaisijan tulisi olla vähintään 14 mm. Suuremmat vesireiät aiheuttavat välittömiä lisäkustannuksia, mutta maksavat itsensä kuivatuksen tehostumisella takaisin.

Juha-Matti Pajulahti

5.2.3.2 Onteloiden kuivaus ilmaa kierrättämällä

Ontelolaattojen ontelot eivät aina ehdi suurten kosteuspitoisuuksien ja kireän aikataulun takia kuivumaan riittävästi edellä mainituilla kuivatusjärjestelyillä. Tällöin tulee kyseeseen onteloiden kuivaus ilman kierrätyksen avulla.

Onteloiden kuivaus tapahtuu kierrättämällä kuivaa sisäilmaa onteloissa korkeapainepuhaltimen avulla. Kuivaus tapahtuu johtamalla puhaltimen puhaltava / imevä ilma putkilla onteloihin. Kuivauksessa käytetään alipaineistusta veden hallituksiksi poistamiseksi, jos onteloissa on irtovettä. Jos onteloissa ei ole irtovettä, voidaan käyttää kuivatuksen kannalta tehokkaampaa ylipaineistusta, kertoo Mika Kotro Munters Oy:stä. /11/

Onteloiden kuivaus toteutetaan kerros kerrallaan -periaatteella. Yhden kerroksen osalta kuivatukseen kuluu aikaa noin 1–2 viikkoa. Kuivatuksen tuloksia seurataan noin viikon välein tehtävien kosteusmittausten avulla. /11/



Kuva 23. Onteloiden kuivaus käynnissä

Juha-Matti Pajulahti

5.2.4 Betonisandwich-elementin kuivuminen

Betonisandwich-rakenteiset seinäelementit kuivuvat pääasiassa ulospäin. Sisemmässä betonikuoressa oleva rakennekosteus siirtyy varsin nopeasti hyvin vesihöyryä läpäisevän mineraalivillaeristeen läpi. Tämän jälkeen osa rakennekosteudesta tuulettuu eristetilän ulkopinnassa olevien tuuletusurien avulla pois rakenteesta. Osa kosteudesta taas tiivistyy ensin ulkokuoren taakse ja imeytyy tämän jälkeen ulkokuoreen pyrkien betonin läpi ulos. /3/

Sandwich-elementin julkisivusaumoilla on myös suuri merkitys rakenteen kuivumiseen. Rakennusaikana avoimina olevat saumat parantavat tuuletusta ja nopeuttavat näin ollen kosteuden poistumista seinärakenteesta. Avoimet saumat aiheuttavat toisaalta viistosateen kulkeutumisen rakenteeseen, mutta tästä aiheutuva kosteus kuivuu kuitenkin nopeasti tehokkaan tuuletuksen ansiosta. Julkisivusaumaukset tulisikin tehdä varsin myöhäisessä vaiheessa ja kelin ollessa kuiva. /14/



Kuva 24. Rakenteilla olevan talon saumaamattomat elementtisaumat

Juha-Matti Pajulahti

Julkisivumaalauksella ei ole juurikaan merkitystä rakenteen kuivumisaikaan. Maalien vesihöyrynvastus vastaa vain noin 1–2 mm betonikerroksen vesihöyryn vastusta. Tämä vähintäänkin kompensoituu kuitenkin maalin suojaavalla vaikutuksella viistosateen imeytymiseen betonikuoreen. /15/

5.2.5 Muita huomioitavia asioita

Tasoitettöiden tuoma lisäkosteus tulee muistaa huomioida myös tilan ilman suhteellisen kosteuden väliaikaisena nousuna. Esimerkiksi 20 mm paksun pumpputasoituksen jälkeen tilan ilman suhteellinen kosteus pysyttelee noin viikon verran tavanomaista korkeampana. Tämä hidastaa edelleen rakenteiden kuivumista. /8/

Sähkön riittämättömyys rakenteiden kuivatusvaiheessa on eräs monella työmaalla vastaan tullut ongelma. Toisessa esimerkkikohteessakin liian pieni työmaasähköliittymä rajoitti kuivaustoimenpiteiden järjestelyä. Kuivauskaluston vaatima sähköenergian määrä tulisikin muistaa ottaa muun työmaasähkön lisäksi huomioon sähköliittymän kokoa mietittäessä. /11/

6 TEHTÄVÄLISTA

Työmaan kosteudenhallinnan tehtävälisan lähtökohtana oli tehdä siitä sellainen, että se ei muodostaisi erillistä lisälomaketta jo nykyisin työmaalla olevan paperiividakon lisäksi. Niinpä tämä lista päätettiin liittää osaksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa. Tähän asti käytössä olleeseen kosteudenhallintasuunnitelmaan tehtiin muutamia pieniä lisäyksiä ja tarkennuksia. Itse tehtävälisa liitettiin kosteudenhallintasuunnitelman loppuun yhdeksi lisäpääkohdaksi. Näin

Juha-Matti Pajulahti

ollen aikaisemmin käytössä ollut kosteudenhallintasuunnitelma tuli myös samalla päivitettyä.

Tehtävälistaan on koottu keskeisimmät kosteudenhallinnalliset toimenpiteet ja asiat, jotka toistuvat useimmilla rakennustyömailla. Työmaan vastaavamestari tai kosteusvastaava varmentaa allekirjoituksellaan ja päivämäärällä aina kulloisenkin vaiheen tai tehtävän toteutumisen. Näin ollen yksinkertaisella tavalla huolehditaan, että nämä keskeisimmät kosteudenhallinnalliset asiat tulevat hoidetuksi asianmukaisella tavalla. Tehtävälista olisi tarkoitus ottaa käytettäväksi myös työmaan loppuselvitykseen. Tällä tavoin voitaisiin loppuselvityksen yhteydessä käydä läpi kohta kohdalta, missä asioissa työmaalla on onnistuttu ja mitkä asiat vaativat seuraavalla työmaalla lisäpanostusta.

Päivitetty kosteudenhallintasuunnitelma on liitteenä työn lopussa (Liite 1).

7 ESIMERKKIKOHTEIDEN KUIVATUS JA KUSTANNUKSET

7.1 Kohde A

Kohde A on nelikerroksinen asuinkerrostalo, jonka yhteenlaskettu huoneistoala on noin 1 800 m². Asuinhuoneistoja kyseisessä kohteessa on 26 kappaletta. Kohteen kuivatustoimenpiteet alkoivat 2006 vuoden marraskuussa ja jatkuivat tammikuuhun 2007. Kuivatuksen kesto oli noin 6 viikkoa. Kuivatustyöt kokonaisuudessaan otettiin alihankintana erilliseltä urakoitsijalta. Urakkaan kuului lähtötilanteen kosteusmittaukset, tarvittavan laitteiston määrittäminen, laitteiden asennukset ja siirrot, seurantamittaukset sekä päällystettävyyssmittaukset loppuraportteineen. /13/

Juha-Matti Pajulahti

Suurten kosteuspitoisuuksien takia kohteessa otettiin kahden kerroksen osalta perinteisen tilakuivatuksen ohella käyttöön ontelolaattojen kuivatus ilmaa kierättämällä. Säätilan ollessa vuodeaikaan nähden epätavallisen kostea ja lämmin jouduttiin lisäksi käyttämään ilmankuivaajia rakennuksen sisäilman suhteellisen kosteuden pienentämiseksi. Rakennuksen lämmittämiseen käytettiin myös lisälämmityskalustoa rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän tueksi. Kohteessa käytetty lämmitys- ja kuivatuskalusto vuokrinen ja oheistarvikkeinen on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kohteessa A käytetty lämmitys / kuivatuskalusto tarvikkeinen

Kalusto	Määrä (kpl)	Aika (vrk)	Vuokra / vrk (alv. 0 %)	Yhteensä
Lämpöpuhallin (58 kW) + öljysäiliö	1	11	25,00 €	275,00 €
Korkeapainepuhallin 0,6 - 0,8 kW	6	26	10,00 €	1 560,00 €
Ilmankuivaaja (max. 95 kg vettä / vrk)	3	36	25,00 €	2 700,00 €
Ilmankuivaaja (max. 32 kg vettä / vrk)	6	45	10,00 €	2 700,00 €
Kuivauspuhallin (0,6 kW)	8	32	5,00 €	1 280,00 €
Sähkökeskukset, jatkojohdot				630,00 €
Yhteensä				8 515,00 €
Materiaalit	Määrä (l)			
Lämmittimen öljy	700		0,98 €	686,00 €
Kaapelit ja asennustarvikkeet				442,00 €
Muut tarvikkeet				233,00 €
Yhteensä				1 361,00 €
YHTEENSÄ (alv. 0 %)				9 876,00 €

Korkeapainepuhaltimia käytettiin pääasiassa onteloiden kuivaamiseksi. Tällöin onteloista tuleva kuivatusputkisto kytkettiin suoraan puhaltimeen. Keskipakopuhaltimia käytettiin rakennuksen sisäisten ilmavirtausten parantamiseksi ja näin kuivatuksen tehostamiseksi.

Juha-Matti Pajulahti



Kuva 25. Korkeapainepuhallin onteloiden kuivatuksessa

Kohteen kuivatusurakasta kertyi kustannuksia kokonaisuudessaan 21 000 €(alv. 0 %). Rakennuksen yhteenlasketun huoneistoalan ollessa noin 1 800 m² tuli kuivatusoimenpiteiden hinnaksi noin 12 €/ huoneistoneliö. Hinta muodostui näin korkeaksi pitkälti juuri onteloiden tehostetun kuivatuksen takia. Onteloiden kuivatus vaatii paljon erillistä työtä kuivatuksen asennus ja purkuvaiheessa. Suurimmat työt ovat vesireikien poraus riittävän suuriksi kuivatusputkia varten, sekä putkistojen asennus ja purku.

Tarkasteltaessa urakan kustannusjakaumaa huomataan, että kaluston vuokriin ja oheistarvikkeisiin kului noin 10 000 €(alv. 0 %). Kyseinen summa on hieman alle 50 % urakan kokonaishinnasta. Näin ollen työkustannusten ja matkakulujen osuudeksi jää noin 11 000 €

Juha-Matti Pajulahti

7.2 Kohde B

Kohde B koostuu kolmikerroksisesta asuinkerrostalosta sekä rivitalosta. Yhteenselaskettu huoneistoala kohteen B osalta on noin 1 400 m² ja asuinhuoneistojen lukumäärä 20. Kuivatustoimenpiteet aloitettiin vuoden 2007 helmikuun puolessavälissä ja niiden kesto oli noin neljä viikkoa. Kuivatus toteutettiin samantyyppisenä erillisurakkana kuin kohteessa A. /14/

Lähtömittausten perusteella kohteessa päädyttiin pelkkään tilakuivatukseen. Lämmitys hoidettiin pelkästään kohteen omalla lämmitysjärjestelmällä. Kosteuksen poiston tehostamiseksi käytettiin lisäksi ilmankuivaajia. Ilmankuivaajia oli käytössä pääsääntöisesti 6 kappaletta ja niiden liitäntätehot olivat 1,5–2,0 kW, sekä maksimikuivatuskapasiteetit välillä 26–32 kg vettä / vrk. Ilmankuivaajien vuokra / laite / vrk oli 10 € (alv. 0 %). Näin kokonaiskustannuksia veroineen laitteiden osalta kertyi noin 1 800 € Laitteiden asennukset sekä porareikämittausten teko maksoivat yhteensä noin 400 € Tällöin kokonaiskustannuksiksi tuli noin 2 200 € Kustannuksia suhteessa huoneistoalaan kertyi noin 1,6 €/ m².

7.3 Kustannusvertailu

Verrattaessa kohteen A kuivatuskustannuksia / huoneistoneliö kohteen B vastaaviin kustannuksiin huomataan kohteen A kustannusten olevan noin 8-kertaiset B:hen nähden. Todennäköisesti suurimmat syyt näihin eroihin ovat kohteiden ja rakennusaikaisten säiden eroavaisuudet.

Kohde A oli pohjaratkaisultaan varsin monimuotoinen, mikä hidasti selvästi rungon nousua ja vesikaton asennusta. Tästä johtuen kohteen runko oli rakennusvaiheessa ollut varsin kauan alttiina säiden rasitukselle. Kun tähän yhtälöön lisätään vielä 2006 syystalven epätavallisen märät kelit, oli rakenteisiin imeytymään päässyt kosteusmäärä melkoinen. Kohde B puolestaan muodostui kahdesta pohjaratkaisultaan varsin yksinkertaisesta rakennuksesta. Tämä nopeutti

Juha-Matti Pajulahti

huomattavasti rungon nousua ja vesikaton asentamista. Näin rakenteisiin imeytynyt kosteusmäärä kohteessa B oli huomattavasti pienempi kuin kohteessa A.

8 KOSTEUSVAURIOIDEN KORJAUS

8.1 Kohteen kuvaus

Seuraavissa kappaleissa käsitellään rakennusaikaisen kosteudenhallinnan puutteista myöhemmin ilmenneitä vaurioita esimerkkikohteen avulla. Esimerkkikohte on ontelolaattaväli pohjainen asuinkerrostalo, joka on valmistunut toukokuussa 2005. Kohteessa on ilmennyt kolmen huoneiston osalta kosteutta reunimmaisten ontelolaattojen onteloissa. Vauriota havaittiin ensimmäisen kerran toukokuussa 2005 valmiiden asuntojen ennakkotarkastusten yhteydessä. Vauriot ilmenivät kosteusjälkinä kattotasoitteissa sekä tasoitteiden irtoamisena katosta. Vaurioituneita kohtia kuivatettiin tällöin kuuden päivän ajan, jonka jälkeen vauriot korjattiin ja asukkaat muuttivat asuntoihin. Mittaustuloksia vaurioituneiden rakenteiden suhteellisista kosteuksista ei ole. Heinä-elokuun vaihteessa 2005 vauriot uusiutuivat. Korjaukset päätettiin tällöin ajoittaa vuosikorjaustöiden yhteyteen. /12/

Vuosikorjaustyöt alkoivat lokakuussa 2006. Tällöin porattiin vesireikiä auki vaurioituneista kohdista. neljästä poratusta reiästä kaksi oli märkiä ja yhdestä tuli vettä. Reikiä porattiin myöhemmin lisää ja myös tällöin osasta rei'istä tuli vettä. Tämän jälkeen tehtiin suhteellisen kosteuden mittaukset vaurioituneista kohdista. /12/

Juha-Matti Pajulahti

8.2 Vaurioiden syyt

Rakennusaikana ontelolaattojen vesireiät oli kohteessa avattu asianmukaisesti. Lisäksi onteloita kuivatettiin puhalluskuivatuksen avulla. Tästä huolimatta kuivatustoimenpiteitä sekä kosteusmittauksia oli rakennusaikana laiminlyöty. Reunimmaisten ontelolaattojen tukittuihin onteloihin ei oltu tehty riittävästi vesireikiä onteloissa olevan veden huolelliseksi poistamiseksi. Tästä johtuen onteloihin oli jäänyt vesitaskuja. Umpinaisiin taskuihin jäänyt vesi oli lopulta imeytynyt rakenteisiin ja tullut läpi huokoisimmista kohdista, kuten rakennusaikana tehtyjen vesireikien kohdilta. Rakenteen läpi tullut kosteus irrotti lopulta kattotaitteen kyseisistä kohdista. /12/

8.3 Korjaustoimenpiteet

Tässä työssä käsitellään kohteessa tehtyjä korjaustoimenpiteitä ainoastaan yhden asunnon osalta, koska työt ovat yhä kesken ja jatkuvat muiden asuntojen osalta todennäköisesti aina kesään 2007. Kyseisen asunnon osalta korjaustyöt saadaan päätökseen juuri näihin aikoihin.

Havaittuja vauriokohtia kuivatettiin ensimmäisen kerran juuri ennen asukkaiden muuttoa toukokuussa 2005. Kuivatus kesti tällöin kuusi vuorokautta ja toteutettiin infrakuivainten avulla. Vaurioiden uusiuduttua kuivauksia jatkettiin yhdessä huoneessa kesäkuussa noin viikon ajan. Tämän jälkeen rakenteisiin koskettiin seuraavan kerran lokakuussa 2006, jolloin ontelolaattojen vesireikiä aukaistiin. Samalla porattiin myös uusia reikiä ulkoseinän viereisiin onteloihin. Marras-kuun alussa suoritettiin rakenteista suhteellisen kosteuden mittauksia. Tulokset osoittivat monin paikoin rakenteissa suhteellisen kosteuden olevan selvästi yli 90 %. /12/

Tammikuussa 2007 huoneiston vauriokohtia kuivatettiin 8:n infrakuivaimen avulla (300 W / kpl) kahden viikon ajan. Kuivatuksen jälkeisten mittausten mu-

Juha-Matti Pajulahti

kaan kosteuspitoisuudet onteloissa lähinnä kasvoivat. /12/ Tämä on selitettävissä kahdella eri tavalla. Yksi todennäköinen syy kosteuspitoisuuksien nousuun onteloissa olivat siellä olevat vesipesät, joista kosteus lähti kuivatuksen seurauksena siirtymään aiheuttaen samalla kosteuspitoisuuden nousua laajemmalle alueelle. Toinen järkevä selitys mittaustuloksille voisi olla rakenteen lämmittämisestä johtuva tilapäinen betonin huokostilan vesihöyrypitoisuuden kasvaminen ja tästä aiheutuva suhteellisen kosteuden nousu.

Mittausten jälkeen porattiin yhä lisää reikiä ja jatkettiin kuivatustoimenpiteitä. Kuivatus aloitettiin uudestaan helmikuun lopulla ja sitä jatkettiin noin 10 vuorokauden ajan. Kuivatukseen käytettiin tällöin neljää ilmankuivaajaa, joista johdettiin putket kuivatettaviin onteloihin.

8.4 Kustannusten muodostuminen

Korjaustoimenpiteistä aiheutuneet kustannukset ajoittuvat aikavälille kevät 2005–kevät 2007. Kevään ja kesän 2005 kuivatuskustannuksiksi kertyi noin 750 € Talven 2006–2007 kuivatuksista kertyi kustannuksia yhteensä noin 2 100 € Omien töiden osalta kustannuksia tuli lisäksi noin 800 € Lisäksi asukkaille jouduttiin kustantamaan hotellimajoitus osaksi korjausaikaa. Tämä tuli maksamaan noin 1 000 € Näin yhden asunnon korjausten hinnaksi saadaan noin 4 700 € Tämän perusteella kaikkien kolmen asunnon korjaukset tulevat maksamaan yhteensä arviolta noin 14 000 € Tästä summasta puuttuu tosin vielä työnjohdon kulut sekä muut mahdolliset lisäkuluherät. /12/

8.5 Muuta huomioitavaa

Välittömien kustannusten lisäksi tämänkaltaisia korjauksia suoritettaessa on aina olemassa vaara, että asukkaat altistuvat esimerkiksi töistä aiheutuneelle pölylle tai melulle. Tästä voi aiheutua asukkaille sairastumisia ja sairauskuluja, jotka tulevat myös rakennusliikkeen maksettavaksi. Terveyshaittoja asukkaille voivat aiheuttaa myös kosteusvaurioista mahdollisesti aiheutuneet mikrobi- ja homekasvustot rakenteissa.

Kustannusten ohella ei voida myöskään väheksyä kosteusvaurioista aiheutuvaa tappiota yrityksen imagolle. Ei varmastikaan ole yritykselle hyvää mainosta, että tämänkaltaisia vaurioita syntyy uusissa vastavalmistuneissa rakennuskohteissa. Kuten kappaleesta 8.4 käy ilmi, ei kyseinen ”mainonta” ole myöskään edullista. Asianmukaisella toiminnalla rakenteiden korjaamiseksi voidaan toki tilannetta parantaa oleellisestikin. Asukkaille tärkeintä onkin, että vauriot korjataan heitä miellyttävällä ja heidät huomioonottavalla tavalla. Asukkaille voi jäädä näin ollen vaurioista huolimatta varsin positiivinen kuva yrityksestä ja sen toiminnasta.

8.6 Kyseisten vaurioiden välttäminen

Tämänkaltaiset kosteusvauriot olisi yksinkertaisimmillaan voitu välttää teemmällä riittävästi vesireikiä onteloihin, seuraamalla kuivatusolosuhteita ja rakenteiden kuivumista säännöllisin mittauksin, sekä mahdollisesti lisäämällä kuivatuskalustoa rakennusaikana. Suurin virhe kyseisessä kohteessa tehtiin nimenomaan vesireikien teon laiminlyönnissä. Tukittujen onteloiden vesitaskuja ei olisi ilman lisäreikiä saatu rakennusaikana millään muulla tavoin kuiviksi.

Saatujen tietojen perusteella myös kosteusmittausten suorituksessa oli puutteita. Rakenteista tehtiin mittauksia jopa osittain pelkällä pintakosteusosoittimella.

8.7 Kustannusvertailu

Kosteusvaurioista aiheutuneita korjauskustannuksia voidaan verrata tilanteeseen, jossa vauriot olisi vältetty huolellisemmalla työmaatoiminnalla. Tällöin voidaan ajatella, että työmaa-aikana olisi käytetty tietty määrä enemmän resursseja kosteudenhallinnan toteuttamiseksi. Tässä tapauksessa nämä resurssit olisivat tarkoittaneet käytännössä lisävesireikien porausta. Karkeasti ajateltuna lisäreikien porauksista olisi aiheutunut ehkä noin 200–400 €n lisäkustannus. Työaikataulun kannalta työ olisi tässä vaiheessa ollut varsin merkityksetön. Tässä valossa tarkasteltaessa tilannetta ylimääräisiksi kustannuksiksi jää käytännössä lähes koko korjauskustannusten osuus eli 14 000 €

9 YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa esitettiin menetelmät työmaan kosteudenhallinnan suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi siten, että rakenteet saadaan hallitusti riittävän kuiviksi niiden teknisen toimivuuden ja asukkaiden terveyden varmistamiseksi. Toisin sanoen edellä on esitetty tarvittavat työkalut näiden asioiden toteuttamiseksi rakennusaikataulun sallimissa puitteissa. Oleellisinta on kuitenkin se, että näitä työkaluja osataan käyttää ja soveltaa kyseisen tilanteen edellyttämällä tavalla.

Tutkimuksen esimerkkikohteiden ja haastattelujen perusteella suurimmat kosteudenhallinnalliset ongelmat ovatkin usein peräisin puutteellisesta suunnittelusta ja varautumisesta ongelmatilanteisiin sekä huolimattomasti toteutetuista työnsuorituksista. Osa virheistä johtuu varmasti myös yksinkertaisesti tiedon puutteesta. Rakennusaikana sattuneiden virheiden ja niistä aiheutuneiden kosteusvaurioiden korjaus jää usein erillisen vuosikorjausyksikön tehtäväksi. Tämä hi-

Juha-Matti Pajulahti

dastaa tiedon kulkua ja virheistä oppimista verrattuna tilanteeseen, jossa tarvittavat korjaukset suoritaisi työmaa-aikainen henkilöstö.

Tämä tutkintotyö pyrki vastaamaan useimpiin kosteudenhallinnallisiin kysymyksiin, kuten sääsuojauksen järjestämiseen ja suojauskaluston valintaan, rakennusaikaisen lämmityksen ja kuivatuksen toteutukseen sekä niissä käytettävän kaluston valintaan. Lisäksi työssä esitettiin rakenteiden kuivumisen seurannan ja varmistamisen kannalta tarvittavien kosteusmittausten suorittaminen sekä niissä yleisimmin tapahtuvat virheet.

Työn yhteydessä päivitetyn kosteudenhallintasuunnitelman olisi tarkoitus olla työmaan johdolle entistä tehokkaampi työkalu suojauksen ja kuivatuksen suunnittelussa. Samalla se toimii tarkistuslistana keskeisten kosteudenhallinnallisten tehtävien toteuttamisen varmistamiseksi. Kosteudenhallintasuunnitelman tehtävistä olisi lisäksi tarkoitus ottaa mukaan työmaan loppuselvitykseen. Loppuselvityksessä käytäisiin läpi kohta kohdalta, missä asioissa työmaalla ollaan onnistuttu ja missä asioissa olisi parannettavaa seuraavalla työmaalla. Tällä tavoin pystytään oppimaan tehdyistä virheistä ja kehittämään kosteudenhallintaa edelleen uudelle tasolle.

Vaikka huolellinen kosteudenhallinta saattaakin pidentää töiden toteutusta jossain erillisessä työvaiheessa, maksaa se kuitenkin itsensä takaisin kuivatusajan lyhenemisenä ja kustannusten pienenemisenä. Jos huolellisella toiminnalla pystytään lisäksi välttämään jopa kymmenien tuhansien eurojen korjauskulut, kannattanee tähän asiaan käyttää riittävästi voimavaroja.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Betonilattiat 2002 by 45. Suomen Betoniyhdistys r.y., Suomen Betonitieto Oy. Jyväskylä 2002.
- 2 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT-kortisto, RT 14-10675 Rakennustieto Oy
- 3 Björkholtz, Dick, Lämpö ja kosteus. Rakennustieto Oy. Helsinki 1997.
- 4 Björkholtz, Dick, Rakennuksen kuivattaminen. Suomen rakennusteollisuusliitto r.y. Tampere 1990.
- 5 Kestävä Kivitalo-työryhmä, Kivitalo. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki 2003.
- 6 Merikallio, Tarja, Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 2002.
- 7 Merikallio, Tarja, Kosteuden hallinta rakennustyömaalla. Humittest Oy. Forssa 1998.
- 8 Merikallio Tarja, Rakennustyömaan olosuhdehallinta. Humittest Oy. Helsinki 2003.
- 9 Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet, ilmankuivaajat. Ratu 07-2-01, 07-2-02, 07-2-05. Rakennustietosäätiö.
- 10 Suojauskalusto. Ratu 07-2-06, Rakennustietosäätiö.

Juha-Matti Pajulahti

Painamattomat lähteet

- 11 Kotro, Mika, työpäällikkö, RMK, Munters Oy. Haastattelu 11.1.2007
- 12 Lehtonen, Jari, vastuukorjauspäällikkö, DI, YIT Rakennus Oy. Haastattelu 16.3.2007 ja 22.3.2007
- 13 Matilainen, Hannu, RI (AMK), YIT Rakennus Oy. Haastattelu 19.12.2007
- 14 Mäkelä, Mika, vastaava mestari, YIT Rakennus Oy. Haastattelu 5.1.2007 ja 26.3.2007
- 15 Salonvaara, Mikael – Nieminen, Jyri, Betonirakenteiden tuuletus ja lämmöneristävyys. VTT Tiedotteita 2210

Sähköiset lähteet

- 16 Lainapeite Oy [www-sivu].[viitattu.4.4.2007] Saatavissa:
www.lainapeite.fi

TYÖMAAN KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA

Kohde: _____ Työnumero: _____

Vastaava mestari: _____ Työpäällikkö: _____

1. TOIMITUS	Toimenpiteet	Vastuhenkilö
Toimitusten oikea-aikaisuus (JOT)		
Varastointi- ja käsittelyohjeet		
Suojaukset kuljetuksen aikana		
2. SUOJAUKSET	Ratkaisut	Vastuhenkilö
2.1 MATERIAALI		
Varastointipaikat		
Suojaus ulkona		
Suojaustarvikkeet		
Siirrot työmaalla		
2.2 KESKENERÄISET RAKENTEET		
Väliaikaiset suojaukset		
Ulkoseinien aukot		
Ulkoseinien yläreuna		
Ylimmän kerroksen holvi		
Läpivientivarausten suojaus		
Sadeveden, lumen ja jään poisto holvilta		
Suojaustarvikkeet		
3. RAKENTEIDEN KUIVATUS	Vaatimukset, ratkaisut ja toimenpiteet	Vastuhenkilö
Pinnoitteen alustalta vaatima kosteuspuitoisuus (max kosteus-%)		
Sallitut kuivumisajat aikataulussa (minimi)		
Kuivumisen kannalta vaativin rakenne		
Betonilaadun valinta		
Betonin ja muiden alustojen jälkihoito		
Kuivatusolosuhteet (tavoite)	Lämpötila T (°C): Suhteellinen kosteus RH (%):	
Rakenteiden kuivatusmenetelmä		
Väliaikaiset lämmitys- ja kuivatusvälineet		
Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntäminen ja käyttöönotto		
Kosteusmittaukset		
Reagointi poikkeamiin		

4. TIEDOTTAMINEN JA KOULUTUS	Toimenpiteet ja tilaisuudet	Vastuuhenkilö	
Työntekijöiden asennekasvatus			
Työntekijöiden tiedottaminen			
5. ERITYISTÄ TÄLLÄ TYÖMAALLA	Toimenpiteet	Vastuuhlö.	Toteutunut Kuittaus Pvm.
6. TEHTÄVÄLISTA	Huom!	Vastuuhlö.	Toteutunut Kuittaus Pvm.
Varmista kapillaarikatkon kerrospaksuus!	Kerrospaksuus: _____ mm		
Tarkista salaojien korot ja kallistukset!	Viettokaltevuus: _____ %, lakikorkeus anturan alapinnan alapuolella		
Tee rakenteiden kuivumisaika-arviot tavoiteolosuhteissa / käytännössä!	Maanvar. laatta + tas. _____ viikkoa, alkaen viikolla _____ Ontelolaatta + tas. _____ viikkoa, alkaen viikolla _____ Märkätilojen kololaatta + jälkivalu _____ viikkoa, alkaen viikolla _____		
Tee kosteudenmittaussuunnitelma!	Mitä, mistä ja milloin mitataan? Tehdään yhteistyössä mittaajan kanssa.		
Varaa suojauskalustoa riittävästi!	Peitteet: _____ Sääsuojat _____ Muut: _____		
Huolehdi ontelolaattojen vesireiät!	Reiät min. Ø 14 mm, avaus mahd. pian asennuksesta Tukittuihin onteloihin riittävästi vesireikiä!		
Kirjaa ja huolehdi vedeneristystöistä!	Käytettävä tuote: _____ Työskentelylämpötila: _____ Alustan max. kosteuspitoisuus: RH _____ %		
Varmista märkätilojen lattiakallistukset!	Min 1:100, lattiakaivon läheisyydessä min 1:50		
Seuraa kuivatusolosuhteita mittauksin!	Mittaukset eri puolilta rakennusta kuivatusolosuht. toteutumiseksi (alhaalla usein kylmempää, ylhäällä kosteampaa) Mahd. toimenpiteet: _____		
Huolehdi päällystettävyyssmittaukset ja niiden dokumentointi!	Käytä sertifioitua betonin suht.kost. mittaajaa. betonin ja tilan lämpötila mitattaessa noin +20 °C Toimita mittaustulokset takuukorjauskansioon.		

Kosteudenhallintasuunnitelman hyväksyntä

Suunnitelman laatija

Työpäällikkö

Paikka ja päivämäärä