
RAKENTAMISEN AIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennusalan työnjohto

Hamk Visamäki, syksy 2014

Juha Eemeli Mustonen



VISAMÄKI
Rakennustekniikka
Rakennusalan työnjohto

| | | |
|------------------|---|-------------------|
| Tekijä | Juha Mustonen | Vuosi 2014 |
| Työn nimi | Rakentamisen aikainen kosteudenhallinta | |

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön idea lähti liikkeelle rakennusliike Pakkanen Oy:n tarpeesta saada työmaakäyttöön yksinkertainen ohje työmaan kosteudenhallintaan. Tarkoituksena oli myös saada selville, miten hyvin teoria ja käytäntö kohtaavat toisensa kosteudenhallinta-asioissa. Referenssikohteena toimi kolmi-kerroksinen pienkerrostalo, jota rakennettiin asumispalvelukäyttöön loka-kuusta 2013 syyskuun 2014 loppuun saakka. Yksi rakennuksen kerroksista sijaitsi maan alla.

Opinnäytetyön tekemisessä käytettiin alan kirjallisuutta, internetin lähteitä sekä alan asiantuntijoiden mielipiteitä. Työtä varten hankittiin myös lisenssi by1021-ohjelmaan, jolla voidaan arvioida betonin kuivumista. Kosteusmittaukset suoritti alalla tunnettu toimija Polygon Finland Oy, joka teki kaikki kosteusmittaukset rakenteiden sisältä RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus -kortin mukaisesti.

Työn tuloksena selvisi, että teoriaa noudattamalla pysytään niin sanotusti aina varmallalla puolella, koska käytännössä referenssikohteessa rakenteiden kuivuminen tapahtui nopeammin kuin mitä laskelmissa odotettiin. Suurin pelko oli referenssikohteen kellarikerroksen lattia, joka oli jo valettu ennen tämän opinnäytetyön aloitusta. Betonilaaduksi tähän kellarikerrokseen oli valittu normaali lattiabetoni, joskin tavallista suuremmalla raekoolla. Tulevaisuudessa olisi syytä miettiä tarkemmin kriittisten paikkojen betonilaatu, koska eri betonilaaduilla on suuria eroja kuivumisessa. Olosuhteiden hallinnalla ei voida nopeuttaa kuivumista määräänsä enempää. On myös syytä jatkossa miettiä, onko järkevää käyttää muovimattoa kellarinlattiasa, koska se ei läpäise lainkaan vesihöyryä, joten lattia ei voi maton asennuksen jälkeen enää kuivua ylöspäin.

Avainsanat kosteus, kosteudenhallinta, työmaa, rakennusaika

Sivut 31 s. + liitteet 1 s.

VISAMÄKI

Degree Programme in Construction Management

Author

Juha Mustonen

Year 2014

Subject of Bachelor's thesis

Moisture control during the construction process

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by a construction company Rakennusliike Pakkanen Oy. The company needed simple and easy instructions on how to control moisture during the construction process. Another goal was to see how well theory and practice meet each other. A three-story building was constructed as a reference building. One of the stories was located below the ground.

Theoretical information was collected from the publications of the field, internet and from experts in the construction trade. A license for the program BY1021 was acquired and this program was used to estimate the drying of concrete. The measurement of the moisture in concrete was done by Polygon Finland Oy with a humidity meter following the instructions in RT 14-10984 card.

The results of the thesis show that if the theory is followed in the construction process, the control of moisture is always on the safe side. Therefore, in practice the drying of structures was quicker than predicted by the calculations. The biggest fear was the drying of the cellar floor cast before the start of the thesis. The concrete quality chosen for this floor was normal floor concrete, with bigger aggregates than normal. In the future, it would be wise to consider the concrete type more carefully in critical areas like this cellar floor, because there are big differences in how fast concrete dries depending on the concrete type. The reason for choosing suitable concrete is that there is a limit to how much the drying of concrete can be sped up by means of controlling the conditions. It should also be considered how wise it is to use a plastic carpet on a concrete floor of a cellar, because the plastic carpet does not allow any moisture through it. So, after the installation of the plastic carpet, concrete can no longer dry upwards.

Keywords Moisture, moisture control, construction site, construction process

Pages 31 p. + appendices 1 p.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 1.1 | Työn tausta | 1 |
| 1.2 | Työn tavoitteet | 1 |
| 1.3 | Työn toimeksiantaja | 1 |
| 2 | KOSTEUS RAKENNUSTYÖMAALLA | 1 |
| 2.1 | Kosteuden siirtyminen | 1 |
| 2.2 | Kosteuslähteet | 3 |
| 2.2.1 | Sisäiset kosteuslähteet | 3 |
| 2.2.2 | Ulkoiset kosteuslähteet | 5 |
| 2.3 | Kosteuden vaikutukset eri materiaaleissa | 7 |
| 2.3.1 | Mikrobikasvustot eri materiaaleissa | 7 |
| 2.3.2 | Kosteuden muut vaikutukset eri materiaaleissa | 10 |
| 3 | KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS | 11 |
| 3.1 | Salaojat | 12 |
| 3.2 | Perustusrakenteet | 12 |
| 3.3 | Alapohjat | 12 |
| 3.4 | Julkisivut | 13 |
| 3.5 | Yläpohja ja vesikatto | 14 |
| 3.6 | Välipohjat | 14 |
| 3.7 | Märkätilat | 15 |
| 3.8 | Parvekkeet | 15 |
| 3.9 | Pintavesien ohjaaminen ja kuivatusjärjestelmät | 15 |
| 4 | RAKENTEIDEN KUIVUMISEN ARVIOINTI | 16 |
| 4.1 | Alapohja | 17 |
| 4.2 | Välipohja | 19 |
| 4.3 | Märkätilat | 20 |
| 4.4 | Seinät | 21 |
| 5 | OLOSUHTEIDEN HALLINTA | 23 |
| 5.1 | Kastumisen estäminen ja suojaus | 23 |
| 5.2 | Rakenteiden kuivatus | 24 |
| 6 | KOSTEUSMITTAUS | 24 |
| 6.1 | Suunnitelma ja menetelmä | 24 |
| 6.2 | Toteutus ja valvonta | 24 |
| 7 | LOPPUSANAT | 25 |
| | LÄHTEET | 27 |

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tarve opinnäytetyölle lähti siitä, että rakennusliike Pakkasella oli tarve saada kosteudenhallinnasta jotain yksinkertaista ja konkreettista työmaakäyttöön. Oma tausta oli se, että tarvitsin aiheen, josta tehdä opinnäytetyö. Muitakin töitä oli tarjolla, mutta itse kiinnostuin tästä, koska olin lukenut teoriaa jo etukäteen aiheesta, sillä itselläkin oli halu selvittää tätä asiaa.

1.2 Työn tavoitteet

Tavoitteena oli luoda työmaakäyttöön ohje joka on mahdollisimman yksinkertainen ja jonka voi ripustaa jokaisen työmaan seinälle muistuttamaan kosteudenhallinnan oleellisista asioista. Alussa ei oikeastaan kenelläkään ollut selvää ajatusta, että mitä oikeasti halutaan, toivottiin vaan jotain hyvää lopputulosta.

1.3 Työn toimeksiantaja

Työn toimeksiantaja rakennusliike Pakkanen Oy on keskisuuri rakennusliike. Yrityksen liikevaihto on pyörinyt viime vuosina 10 M€:n molemmin puolin. Yritys on perheyritys, jossa tietoa on yritetty viedä eteenpäin aina sukupolvien vaihtuessa. Yrityksellä on ikää jo 40 vuotta, joten toiminta on ollut tähän saakka onnistunutta.

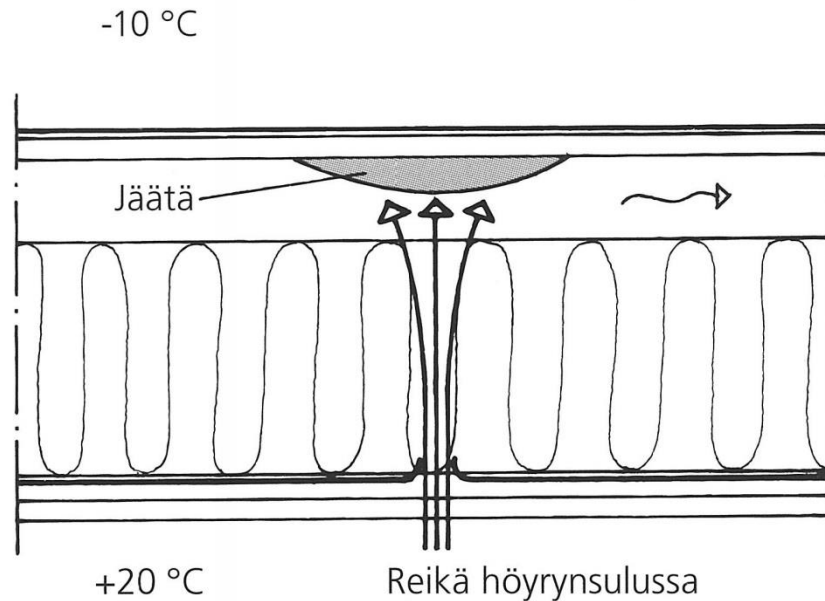
2 KOSTEUS RAKENNUSTYÖMAALLA

Kosteus on rakennustyömaalla yhtä aikaa sekä haittatekijä että samalla erilaisten työvaiheiden välttämättömyys. Vesi on betonin valmistuksen osatekijä ja taas toisaalta ilma sisältää aina tietyn määrän vettä, joka taas käytäytyy fysiikan lakien mukaisesti. Nämä rakennusfysiikan tekijät on tunnettava, jotta työmaan kosteuden hallinta voi onnistua.

2.1 Kosteuden siirtyminen

Vesihöyryn ja veden siirtyminen konvektiolla:

Vesihöyryn tai veden konvektio tarkoittaa veden tai vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkeessä kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Vesi voi liikkua konvektiolla myös vetenä, jos paine-ero on esim. tuulen takia riittävän suuri. Käytännössä vesihöyryn ja veden konvektio tarkoittaa siis kosteuden siirtymistä ilmavirran mukana. Työmaaolosuhteissa konvektiota aiheuttavat tuuli ja koneellinen tuulettaminen. (RIL 250-2011, 70; Siikanen 2014, 71.)



Kuvio 1. Konvektiovirtaus ja kosteuden kertymä tasakatossa (Siikanen 2014, 71)

Veden painovoimainen siirtyminen

Veden painovoimainen siirtyminen tarkoittaa veden siirtymistä nesteenä ylhäältä alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Merkittävä osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen. Suurimmat työmaa-ajan kosteusrasitukset aiheutuvat painovoimaisesta kosteusrasituksesta kuten sateesta ja ovat ratkaistavissa painovoimaisilla ratkaisuilla kuten viemäreillä tai veden kulkua ohjaamalla. (RIL 205-2011, 71.)

Veden kapillaarinen siirtyminen

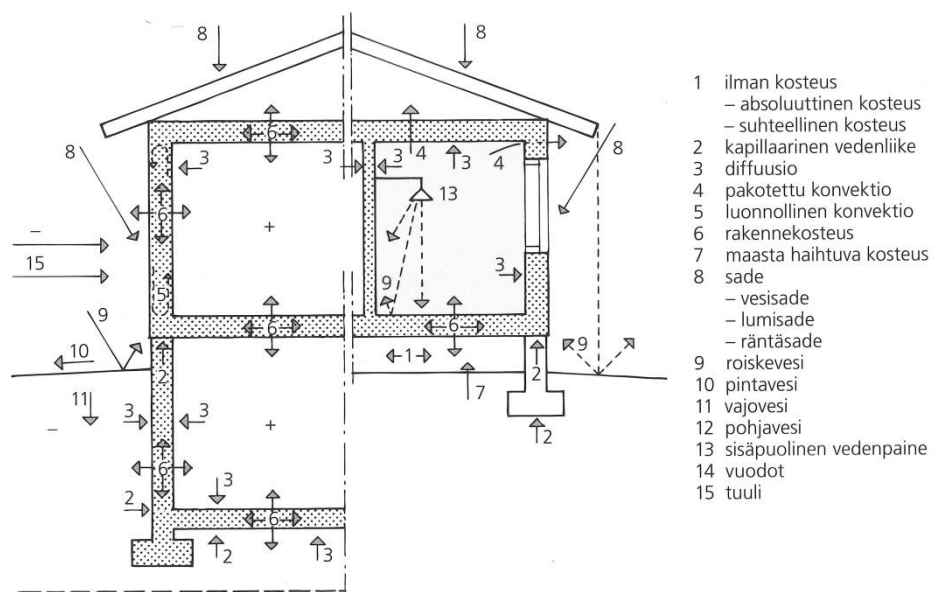
Vesi siirtyy kapillaarisesti materiaaliin pääsääntöisesti veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin. Vesi voi siirtyä kapillaarisesti kaikkiin suuntiin. Ylöspäin noustessa kapillaarinen kosteustasapaino on saavutettu, kun kosteus on noussut korkeudelle, jossa huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat yhtä suuria.

Kapillaariset nostokorkeudet ovat rakennekohtaisia. Mitä suuremmat huokokset rakenteessa on, sitä vähemmän kapillaari-ilmiö voi nostaa vettä rakenteessa. Rakenteiden kuivumisen alkuvaiheessa rakenteet kuivuvat myös kapillaarisesti, kunnes imu rakenteen pinnalta syvemmälle lakkaa. (RIL 250 2011, 72; Siikanen 2014, 68.)

Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla

Vesihöyrypitoisuuksien ero rakenteen eri puolilla saa aikaan diffuusion. Tällöin vesihöyrypitoisuudet pyrkivät tasoittumaan. Vesihöyry siirtyy tällöin suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Diffuusiolla tapahtuvan virtauksen suuruus riippuu pitoisuuseron suuruudesta ja rakenteen vesihöyryn läpäisevyydestä. (RIL 250 2011, 72.) Työmaaolosuhteissa rakenteiden kuivattaminen perustuu suurimmaksi osaksi diffuusion. Erityisesti tämä koskee betonirakenteita, kun niiden sisältämää kemiallisesti reagoimatonta vettä kuivatetaan rakenteesta.

2.2 Kosteuslähteet



Kuvio 2. Rakennuksen kosteustekniseen toimintaan vaikuttavia rasiituksia (Siikanen 2014, 65)

2.2.1 Sisäiset kosteuslähteet

Sisäilman kosteus

Sisäilman kosteus seuraa pääosin ulkoilman kosteusvaihtelua. Sisäilman kosteus on pienimmillään talvikuukausina, jolloin ulkoilman sisältämä kosteus määrä on pienimmillään (RIL 250 2011, 65). Työmaa-aikana kaikki vettä sisältävät työvaiheet tai kosteutta sisältävät rakenteet tai tarvikkeet nostavat sisäilman suhteellista kosteutta kuivuessaan. Näitä ovat esimerkiksi betonielementit, märät rakennustarvikkeet, kosteat puutavarat, jne.

Korkean sisäilman kosteuden ongelmana ovat:

- tiivistyminen kylmiin pintoihin kondensiona ja valuminen alaspäin vettä (kylmäsiilat tai jopa sääsuojien metallirungot)

- veden siirtyminen konvektiona rakenteisiin (ilmavirtaukset rakenteiden raoissa)
 - siirtyminen diffuusiona rakenteisiin (sisäilmankosteus 100 %)
 - kosteuden kapillaarinen siirtyminen rakenteisiin (lattioilla makaava vesi, märät pinnat)
 - rakenteiden kuivumisen merkittävä hidastuminen (diffuusion väärä suunta).
- (RIL 250 2011, 68.)

Rakentamisen aiheuttamat kosteuslähteet

”Rakennuksen valmistumis- ja käyttöönottovaiheessa rakennusaineissa ja rakenteissa oleva rakennuskosteus on peräisin materiaalien valmistusprosessissa käytetystä vedestä ja rakennustuotteiden kuljetuksen, varastoinnin ja rakennustyön aikana tapahtuneesta kastumisesta.” (RIL 250 2011, 68.)

Vettä tarvitsevia työvaiheita ovat esimerkiksi valut, tasoitetyöt, muuraustyöt, timanttisahaus ja timanttiporaus. Yleisesti kaikki paikan päällä seementillä tehtävät työvaiheet tarvitsevat vettä. Osa tästä vedestä kuluu työvaiheen aikana eli sitoutuu kemiallisesti rakenteeseen. Osa kosteudesta poistuu haihtumalla rakenteen hakeutuessa tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa. Osa kosteudesta taas valuu esim. muurauksen tai valun aikana painovoimaisesti alempiin rakenteisiin. (Siikanen 2014, 78.)

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien tyypillisiä likimääräisiä hygroskooppisia tasapainokosteuksia (RIL 250-2011, 69 mukailten)

| | Rakennusvaiheen kosteus kg/m ³ | Kemiallisesti sitoutuva kosteus kg/m ³ | Poistuva kosteus kg/m ³ , kun RH = 50 % |
|----------------------|--|--|--|
| Betoni | 180 | 70 | 80–85 |
| Kevytbetoni | 100–200 | - | 80–180 |
| Kalkkisementtilaasti | 300 | 20 | 250 |
| Poltettu tiili | 10 | - | 0 |
| Tiilimuuraus | 80 | - | 70 |
| Puu | 60 | - | 20 |

Mahdolliset putkirikot

Putkistojen ja laitteiden vesivuodot voivat aiheuttaa suuriakin kosteuspi-toisuuksia rakenteisiin ja vauriot voivat pysyä piilossa pitkiäkin aikoja. (RIL 250 2011, 69.)

Rakentamisen aikana putkistojen vesivuodot johtuvat yleensä rakentamisen käyttövesiverkoston vuodoista tai sitten rakennuksen käyttövesi-, pat-teri- tai sprinkleriverkoston painetestauksesta tai sen pettämisestä. Jos painetestauksessa – esim. sprinkleröinnissä – putkistoverkosto on kesken ja vesi pääsee vapaasti rakennukseen, on edessä hyvin suuri vesivahinko.

Tulipalojen sammutusvedet

Mikäli työmaa-aikana syttyy tulipalo, jota ei saada jauhesammuttimilla tai sammutuspeitteillä sammutettua, joudutaan käyttämään sammutukseen vettä. Vesi voi tällöin kulkeutua suurina määrinä rakenteiden koloihin sekä imeytyä kapillaarisesti rakenteisiin. Tulipalo myös luultavasti aiheuttaa suuria ongelmia rakennuksen kuivatusaikatauluille.

2.2.2 Ulkoiset kosteuslähteet

Ulkoilman kosteus

Absoluuttinen kosteus tarkoittaa veden määrää grammoina kuutiossa ilmaa. Suhteellinen kosteus ilmoittaa tietynlämpöisen ilman sisältämän vesihöyrymäärän sen enimmäismäärästä. Ulkoilman suhteellinen kosteus on lämmityskauden aikana keskimäärin 85 %. Kesällä ulkoilman suhteellinen kosteus on 50–60 %. (Siikanen 2014, 69.)

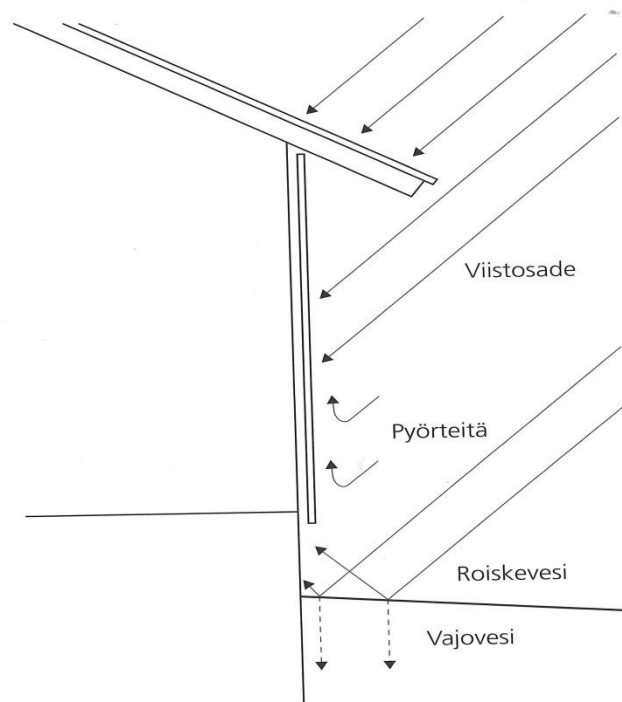
Vaikka talvella ulkoilman suhteellinen kosteus on korkea, sisältää se matalan lämpötilansa ansiosta grammamääräisesti vähän vettä. Tämä absoluuttinen kosteus tekee ulkoilman käyttämisen kuivatukseen talviaikana ja alkukeväästä huomattavasti helpompaa. Syksyllä ja loppukesällä ulkoilma sisältää grammamääräisesti eniten vettä ja silloin se soveltuu huonoiten rakennuksen kuivatukseen tuulettamalla.

Ulkoilman kosteus siirtyy myös diffuusiolla ja konvektiolla suoraan rakenteisiin, mutta suhteessa muihin rakentamisen aikaisiin kosteusrasituksiin (esim. viistosade) sillä on hyvin vähän merkitystä. (Björkholtz 1997, 79.)

Vesisade

Sadevesi on näkyvin rakennusta rasittava kosteusmuoto. Eniten sadevettä tulee vesikattoon tai muihin vaakapintoihin. Sadevesi ei ole kaikkein kastelevin sadetyyppi (räntäsade), koska se valuu nopeasti painovoimaisesti sinne minne pääsee eikä jää vaikuttamaan pitkäksi aikaa pinnoille, joilla on edes vähän kaatoa johonkin suuntaan. Suomessa yleisin sadetyyppi on pystysade, joka rasittaa vaakasuoria pintoja ja räystäättömissä taloissa myös pystypintoja. Haitallisin sadetyyppi on viistosade, johon liittyy aina myös kova tuuli. Se voi seinillä nostaa vettä jopa ylöspäin ja voi työntää vettä konvektiona kaikkiin aukinaiisiin rakenteisiin ja rakoihin julkisivupinnoilla. Suomessa viistosade tulee yleisimmin lounaasta. (Siikala 2014, 66–67; RIL 250-2011, 64.)

Rakennuspaikalla on oleellinen vaikutus viistosateen yleisyyteen ja voimakkuuteen. Erityisesti suurten vesistöjen ja meren rannoilla on paljon yleisemmin viistosateita ja kovia tuulia kuin sisämaassa. (RIL 250 2011, 64.)



Kuvio 3. Viistosateen kohdistuminen rakennukseen (Siikanen 2014, 67)

Lumisade

Lumi saattaa keveytensä ansiosta kulkeutua pitkiäkin matkoja tuulen mukana, mikä voi aiheuttaa yllättäviin paikkoihin kosteusongelmia, kun lumi alkaa sulaa. Lumen suurimmat ongelmat ovatkin sen katoille aiheuttama kuormitus ja tuulen mukana kulkeutuminen ahtaisiin väleihin, josta sen poistaminen on hankalaa ennen sulamista. Lumi on sadetyypeistä vähiten kastelevin, kunhan sen ei anneta sulaa. Kastelevin sadetyyppi on räntä, joka jää usein pitkiksi ajoiksi vaikuttamaan loiville ja vaakasuorille pinnoille. Jääkerros voi joskus estää veden suunnitellun kulun ja voi siten lisätä kosteuskuormitusta. (RIL 250 2011, 64; Siikanen 2014, 17, 66.)

Pintavesi

Pintavesi on vettä, joka on maanpinnalla (vastakohtana pohjavesi) ja kulkeutuu painovoimaisesti yleensä runsaiden sateiden aikaan.

Rakentamisen aikana pintavesi on ongelma, ennen kuin salaojitus on kunnossa ja pintavedet on johdettu talolta pois eli rakennuksen vierustäytöt on tehtynä. Pintavesi aiheuttaa ongelmia suurten sademäärien aikana, kun vesi tulvii ja täyttää kaivannot. Jos rakennuksessa on kellarikerros ja tiivistämättömiä läpivientejä maanpinnan alapuolella, voi tulvaveden seurauksena kellari tulvia. Pitkien sadekausten aikana pintavesi voi valuessaan aiheuttaa kaivantojen eroosiota ja tehdä maa-aineksista helposti häiriintyviä. (RIL 250 2011, 64; Siikanen 2014, 66-67.)

Maaperän kosteus ja pohjavesi:

Maaperässä kosteutta voi esiintyä pintavetenä, vajovetenä, kapillaarivetenä ja maan huokosissa olevana vesihöyrynä. Yleensä oletetaan, että maaperän suhteellinen kosteus voi olla 100 %. (Björkholtz 1997, 49.)

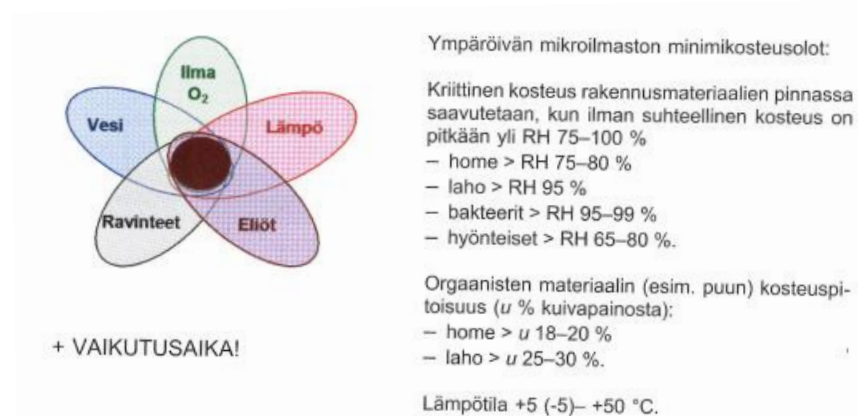
Maaperän kapillaarillista nousukorkeutta ei normaalisti tarvitse ottaa huomioon, koska se katkaistaan kapillaarisuuden estävällä kerroksella. (Björkholtz 1997, 53.)

Pohjavedellä tarkoitetaan sellaista vettä, joka esiintyy pysyvästi maanpinnan alla maa- ja kallioperässä. Pohjaveden pinta on Suomessa normaalisti 1,5–3 metrin syvyydessä; rakentamisessa usein kaivannot ovat tätä syvemmällä. Pohjavesi voi virrata kaivantoon tai olla jopa korkeammalla kuin rakennuksen alin lattiapinta. Se voi myös lisätä huomattavasti maanpainetta sokkeleita tai tukiseiniä vastaan. Märässä kaivannossa työskentely on myös hankalampaa verrattuna kuivaan kaivantoon. (Rantamäki-Tammirinne 1979, 141.)

2.3 Kosteuden vaikutukset eri materiaaleissa

Kosteudella on rakennusmateriaaleille monenlaisia vaikutuksia. Kosteus voi luoda otolliset olosuhteet mikrobikasvustoille tai aiheuttaa muodonmuutoksia materiaaleissa ja muutoksia materiaalien lujuudessa ja kimmoisuudessa. Tietty materiaalit voivat aiheuttaa kemiallisien reaktioiden seurauksena myrkyllisiä yhdisteitä sisäilmaan.

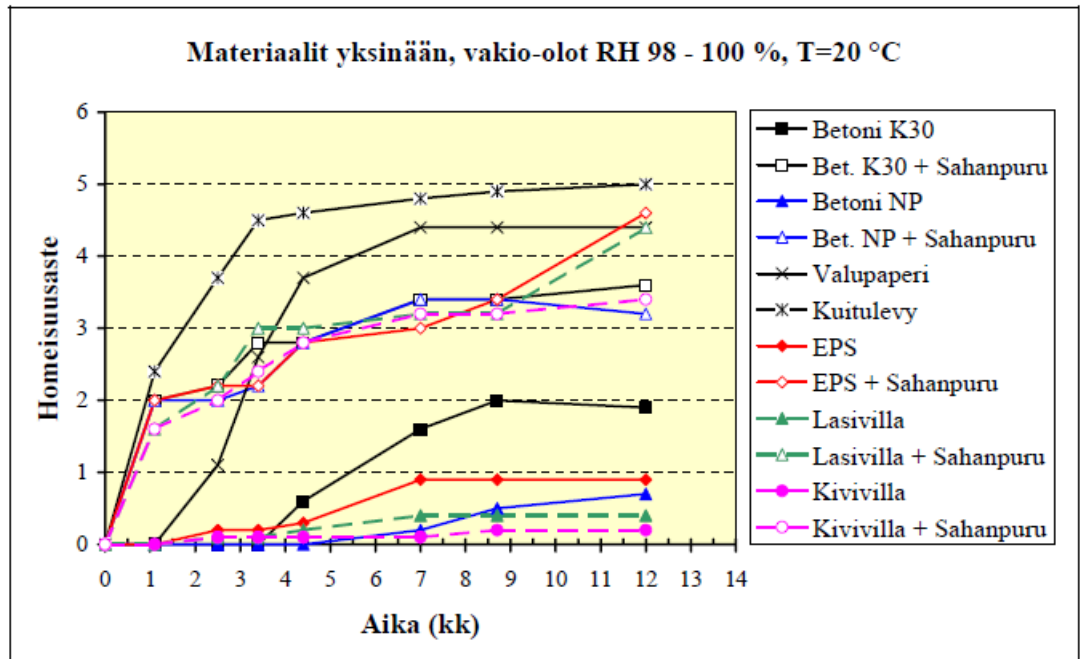
2.3.1 Mikrobikasvustot eri materiaaleissa



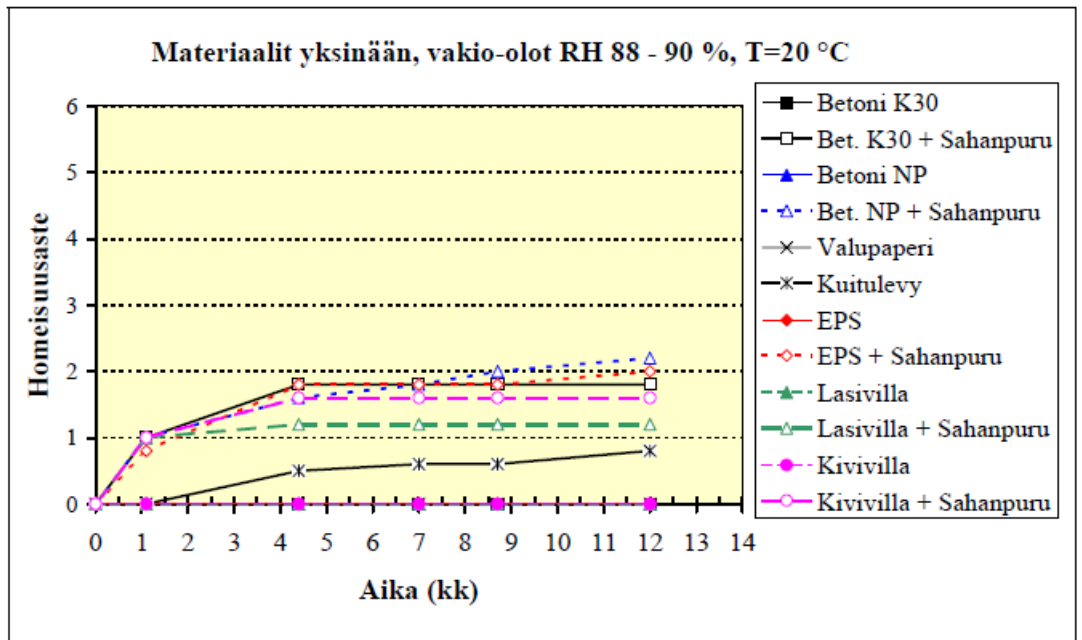
Kuvio 4. Materiaalien vaurioitumisen kannalta kriittiset tekijät. (RIL 250-2011, 153)

Mikrobit ovat eläviä organismeja, jotka tarvitsevat elääkseen vettä, lämpöä, happea, ravinteita (selluloosaa ja ligniiniä) sekä otollisten olosuhteiden riittävän kestoajan. Mikrobit hajottavat ravinnokseen selluloosaa ja ligniiniä ja tässä prosessissa voi mikrobien lajityypistä riippuen vapautua myrkyllisiä yhdisteitä. Mikrobien kasvuun vaikuttavat tärkeimmät seikat ovat kosteus, lämpötila, tarkasteltavat materiaalit sekä vaikutusaika. Hap-

pea rakenteissa on yleensä riittävästi, eikä se ole niin oleellinen tekijä. Vedessä tai erittäin tiiviissä maassa mikrobin toiminta voi kuitenkin rajoittua hapen puutteen takia. (RIL 250 2011, 153; Siikanen 2014, 215.)



Kuvio 5. Mikrobikasvuston (etenkin homehtumisen) kehittyminen RH 98-100% kosteusoloissa yksittäisissä materiaalinäytteissä. (Viitanen VTT, 2004, 15)



Kuvio 6. Mikrobikasvuston (etenkin homehtumisen) kehittyminen RH 88-90% kosteusoloissa yksittäisissä materiaalinäytteissä. (Viitanen VTT, 2004, 15)

Yllänäkyvässä kuvassa on otteita VTT:n tutkimuksesta, jossa tietyissä olosuhteissa on testattu erilaisten materiaalien homehtumisherkkyttä. RH

78– 80 %:n oloissa ei missään materiaalissa havaittu homekasvustoa testijaksen 14 kuukauden aikana.

Lika ja pöly selittävät kivi-, betoni- ja muiden vastaavien rakenteiden homehtumista ja mikrobikäyttäytymistä. Tiiviillä betoni- tai kivipinnoilla hometta esiintyy tästä syystä vähemmän, koska tiiviille pinnalle ei pääse kertymään likaa ja pölyä samalla tavalla kuin vapaille pinnoille. (Viitanen 2004, 24.)

Tutkimuksesta voi havaita, että monilla materiaaleilla on mahdollista tehdä terveellinen rakennus, jos vain kosteuden hallinta onnistuu. Toki kivi- ja betonimateriaaleilla korkeilla suhteellisen kosteuden lukemilla virheiden tekeminen on sallivampaa. Kuitenkin kaikilla materiaaleilla korkeat kosteuden aiheuttamat lukemat kostautuvat ajan saatossa johtuen siitä, että jokainen materiaali kerää pölyä itseensä.

Materiaaleista kipsilevyä pidetään Ruotsissa sopimattomana märkätiloihin ja siitä syystä kipsilevyn käyttö laattojen alla onkin kielletty Ruotsissa. Tämä johtuu siitä, että kipsilevy on herkkä muodostamaan hometta, jos vesieriste vuotaa jostain kohdasta. Ruotsissa ei saa käyttää materiaaleja, jos ne voivat altistua yli 75 %:n suhteellisen kosteuden sisäilmalle, mikäli niiden kosteusteknisestä toimivuudesta ei ole varmuutta. Tämä suuntaus on todennäköisesti lisääntymässä myös Suomessa. Kipsilevyn kartonki sisältää selluloosaa, joka on homeille ravintoainetta. Sen lisäksi ei tarvita kuin riittävän korkea suhteellinen kosteus, ja kipsilevyn pinnalle alkaa kehittyä hometta.

Taulukko 2. Rakennusmateriaalien jako kestävyys ja herkkyyssuokkiin homeen kasvun riskin suhteen. (RIL 250-2011,156)

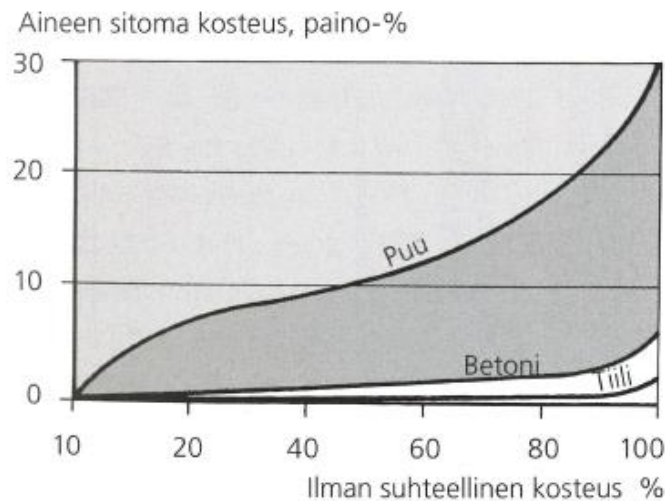
| Homehtumisherkyys / kestävyysluokka | | |
|-------------------------------------|------------------|--|
| Suomeksi | Englanniksi | Materiaalit |
| hyvin herkkä | very sensitive | käsittämätön, runsaasti ravinteita sisältävä puu |
| herkkä | sensitive | höylätty puu, paperipintaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt |
| kohtalaisen kestävä | medium resistant | sementtipohjaiset materiaalit, muovipohjaiset materiaalit, mineraalivillat |
| kestävä | resistant | lasi- ja metallimateriaalit, tehokkaita suoja-aineita sisältävät tuotteet |

Taulukossa on esitetty kaavamainen kuva erilaisten materiaalien herkkyydestä homekasvustoille. Materiaalit voidaan karkeasti jaotella kyseisen taulukon mukaisesti. (RIL 250 2011,156.)

Rakentamisen aikaisessa kosteudenhallinnassa on otettava huomioon, että jo rakennusaikana homekasvustot voivat alkaa kehittyä, mikäli kosteudenhallinta laiminlyödään. Tämä pitää huomioida vähintään erityisen herkkien materiaalien kohdalla siten, ettei näitä materiaaleja asenneta ennen kuin vaippa on vedenpitävä. Tämä koskee mm. kevyiden väliseinien asennuksia.

2.3.2 Kosteuden muut vaikutukset eri materiaaleissa

Hygroskooppinen kosteus on kosteutta, missä huokoinen aines sitoo kosteutta ilmasta sekä luovuttaa sitä takaisin. Aineen kosteus asettuu tällöin tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa, jolloin sillä on hygroskooppinen tasapainokosteus. Hygroskooppisuus vaihtelee suuresti eri materiaalien välillä. Puupohjaisilla aineilla hygroskooppisuus on suuri ja esim. mineraalivillalla erittäin pieni. Muut materiaalit asettuvat yleensä näiden kahden välimaastoon.



Kuvio 7. Aineen ilmasta sitoma hygroskooppinen kosteus. (Siikanen 2014, 77)

Tasapainokosteudella tarkoitetaan aineen sisältämää kosteusmäärää tietyssä ympäristön kosteusrasitusolosuhteessa ja lämpötilassa. Tämä ilmaistaan yleensä käyränä, jossa on ympäristön suhteellinen kosteus ja aineen kosteus painoprosenteina. Tasapainokosteus voidaan saavuttaa kaikilla veden siirtymisen muodoilla. Hitain vaihtoehto on diffuusio. (Siikanen 2014, 77.)

Työmaaolosuhteissa tasapainokosteudella ja hygroskooppisuudella merkitystä on siinä, miten paljon joudutaan kuivattamaan sekä siinä, miten suuri kosteusmäärä rakennusmateriaaleista pitää saada kuivatettua pois. Osa materiaaleista on hitaita kuivattaa, kuten esimerkiksi betoni, koska lähes kaikki kuivuminen tapahtuu hitaasti diffuusiolla pienen vesihöyrynläpäisykyvyn takia.

Jokainen materiaalia reagoi toiseen materiaaliin verrattuna jollain eri tavalla kosteuden suhteen, koska niillä jokaisella on rakennusfysikaalisesti jotain eroa toisiinsa nähden. Jopa metallit, jotka eivät ime vettä, toimivat eri lailla esim. puuhun verrattuna. Metallien hyvän lämmönjohtavuuden ja toisaalta sen olemattoman imukyvyttömyyden takia metalleihin tiivistyy usein vettä konsensaation vuoksi.

Kivi- ja betonimateriaaleissa kosteus aiheuttaa ongelmia pinnoitettavuuden kanssa. Pintamateriaalit kuten muovimatto, laatta, jne. tarvitsevat yleensä RH 85 %:n suhteellisen kosteuden ennen kuin ne voidaan pinnoittaa. Laattojen kanssa tämä johtuu betonin kuivumiskutistumasta, mutta

muovimattojen kanssa maton liimasta. Muovimattojen liima voi muodostaa myrkyllisiä yhdisteitä reagoidessaan veden kanssa. Suomessa tällä hetkellä valmistetuissa matoissa ei pitäisi olla enää tätä ongelmaa, mutta Suomeen tuodaan myös ulkomailta mattoja. Jos betoni on liian märkä, voi se myös estää muovimattoa tarttumasta kunnolla pintaan. Muovimatto ei läpäise vesihöyryä kuten esim. keraamiset laatat, laattojen saumat, puumateriaalit ja monet muut, joten sen alapuolinen rakenne ei voi enää asennuksen jälkeen kuivua ylöspäin.

Kosteus voi myös aiheuttaa monissa muissa eri rakennusmateriaaleissa kemiallisia epäpuhtauksia. Näitä ovat esimerkiksi joissakin tasoitteissa käytettävä kaseiini, jossa kosteuden vaikutuksessa tapahtuu kemiallinen reaktio, jossa vapautuu mm. ammoniakkia, amiiniyhdisteitä ja orgaanisia rikkiyhdisteitä. Jo 75–85 %:n suhteellisen kosteuden on todettu aiheuttavan vaurioita ja päästöjä. (Siikanen 2014, 210–114.)

Aikojen saatossa monia materiaaleja on muokattu siten, ettei näistä enää aiheudu myrkyllisiä yhdisteitä. Voidaanko uusien materiaalien tullessa markkinoille olla varmoja niiden kosteusteknisestä toimivuudesta?

Kosteus aiheuttaa myös laajenemista ja kutistumista eri materiaaleissa. Se voi myös pehmentää tiettyjä materiaaleja. Pehmenemisestä yksi esimerkki on kipsi, joka kastuessaan muuttuu pehmeäksi, mutta kovettuu kuivuesa-
saan uudestaan. Puu voi kuivussa-
saan saada muodonmuutoksia ja halkeamia. Puu myös laajenee kastuessaan sekä syitä vastaan että niitä pitkin. Tätä ei tarvitse huomioida normaalisti sahatavaran kanssa mitenkään. Levyissä ja pintamateriaaleissa tämä pitää ottaa huomioon, koska kosteudesta johtuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa rakoja tai pullistumia.

Taulukko 3. Sahatavaran kosteudesta johtuvat muodonmuutokset (Puuinfo.fi)

| Ohjeelliset arvot havupuusahatavaran kosteusmuodonmuutosten määrittämiseen | | |
|---|---|-----------------------------|
| Sahatavaran kosteuspitoisuuden muutos | Poikkileikkauksen mittamuutokset | Pituuden mittamuutos |
| 1 % - yksikköä | 0,25 % | 0,02 % |

3 KOSTEUSRISKIEN KARTOITUS

Opinnäytetyön referenssikohteena toimi kolmikerroksinen palveluasumiin tarkoitettu betonielementtikerrostalo, joka sijaitsee Riihimäellä. Kerroksista kaksi rakennettiin maanpäälle ja yksi maan alle. Kolmannen kerroksen yläpuolelle rakennettiin talotekniikkatila. Rakentaminen aloitettiin lokakuussa 2013 ja se vastaanotettiin syyskuussa 2014.

Kohteen oleelliset rakenteet lyhyesti:

- Rakennus perustettiin teräsbetonipaaluille.
- Ulkoseinät ja sokkeli tehtiin sandwich-elementeillä. Talotekniikkatilan ulkoseinät ovat pelti-villa-peltielementtejä.
- Parvekkeet ja parvekkeiden pielet ovat betonielementtejä.
- Asuinkerrosten väliseinät tehtiin kivirakenteisina, ainoastaan tekniikkatilassa on puurakenteisia väliseiniä.
- Alapohja tehtiin 200 mm:ä kantavalla teräsbetonilaatalla.
- Välipohjien rakenteena toimivat ontelolaatat, eriste ja pintalaatta.
- Katon rakenteet ovat ontelolaattojen päältä kannatettuja puuristikoida. Katon muoto on harjakatto ja sen vesikatteena toimii saumattu peltikate.

3.1 Salaojat

Salaojien tarkoitus on työmaa-aikana kuivattaa maamateriaaleja ja johtaa pintavedet pois sateiden aikana. Koska kohteessa on maanalainen kerros, on salaojien toimittava heti perustustöistä alkaen. Muutoin riskinä voi olla kaivannon täytyminen vedellä, jolloin vesi joudutaan pumppaamaan pois ja työt viivästyvät tarpeettomasti.

Salaojien riskejä ovat niiden tukkeutuminen maa-aineksista, painuminen ja väärät kaadot asennusvirheistä sekä koneiden painosta aiheutuva viemäriputkien painuminen kasaan. Näitä riskejä pitää välttää huolehtimalla, että putkiin ei kerry ylimääräisiä materiaaleja, putket asennetaan oikein ja koneiden käyttöalueet mietitään siten, etteivät ne paina putkia kasaan. Muussa tapauksessa putkien yläpuolella pitää olla riittävästi kantavia maa-aineksia ja salaojaputkien laatu pitää valita siten, että ne kestävät normaalia enemmän kuormia.

3.2 Perustusrakenteet

Perustusrakenteita tehdessä riskinä voi olla suuret sadevesien aiheuttamat tulvat ja pohjaveden nouseminen. Nämä voivat tulvimisen ohella muuttaa perusmaan helposti häiriintyväksi, jolloin työkoneet voivat jäädä kiinni. Maan ollessa helposti häiriintyvää voi se aiheuttaa myös kaivantojen sortumista. Näitä riskejä voidaan välttää kaivamalla ylisyväksi, salaojittamalla pohja ja asentamalla työalustaksi murskepatja koneiden käyttöön. Vaikeissa olosuhteissa voidaan myös rakentaa ponttiseiniä ja käyttää syvennetyissä kohdissa pumppuja, joilla pumpataan vettä koko työmaa-ajan pois kaivannoista.

3.3 Alapohjat

Referenssikohteen alapohja on massiivinen paikalla valettu kantava teräsbetonilaatta. Joka yhteen suuntaan kuivuvana on hitaasti kuivuva rakenne. Yhteen suuntaan kuivuva rakenne tarkoittaa sitä, että rakenteen toinen puoli on jotain sellaista materiaalia vasten, ettei kuivuminen voi tapahtua

kuin yhteen suuntaan. Työmaa-aikana alapohja on aina se kerros, minne työmaa-ajan vedet lopulta painovoimaisesti valuvat ylemmistä kerroksista.

Alapohjan suurin riski on se, ettei sitä saada kuivatettua ajoissa pinnoitettavaan kuntoon. Tästä johtuen betonin laatu pitää valita siten, että alapohjan kuivuminen pinnoitettavaan kuntoon on mahdollista aikataulun rajoissa. Työn aikana veden pääsyä alapohjan päälle pitää estää mahdollisuuksiensa mukaan. Vedet jotka päätyvät alapohjan päälle esim. ylemmistä kerroksista pitää poistaa vesi-imurilla mahdollisimman nopeasti. Heti betonin ensihoidon jälkeen laatan pinnalta on hyvä poistaa betoniliima, koska betoniliima aiheuttaa tiiviin kerroksen joka estää vesihöyryn läpäisyä, sekä huolehtia siitä ettei laatan pinnalle ole kuivumista ja ilman kiertoa estäviä rakennustarvikkeita.

Mikäli laatta päällystetään vesihöyryä läpäisevällä materiaalilla, antaa se hieman anteeksi tulevaisuuden kuivumista, koska kuivuminen jatkuu vielä päällystämisen jälkeenkin. Kellaritiloissa vesihöyryä läpäisemätön materiaali ei ole suositeltavaa, koska maan suhteellinen kosteus on oletettavasti aina 100 %. On mahdollista, että pinnoituksen jälkeen laatan kosteus alkaa tästä syystä nousta. (RIL 250 211, 189.)

3.4 Julkisivut

Sokkeleissa ei normaalisti ole kosteusteknisiä riskejä, jos kaikki kerrokset rakennetaan maan päälle ja sokkeleissa on vettymätön eriste. Maan alle rakennettaessa työmaa-aikana sokkelin läpivienneistä voi tulla ongelma, jos läpivientejä ei ole tilkitty ja rankkasade täyttää sokkeleiden viereiset kaivannot ja johtaa vedet sisään rakennukseen. Tämän voi estää asentamalla läpivientien asennukset ja tilkitsemällä ne heti asennusten jälkeen.

Kellarin seinissä on samat riskit kuin sokkelissakin, mutta oman lisänsä tuo sisäpuolen pinnoitteet. Jos kellarien seinät vesieristetään ulkopuolelta vesi- ja vesihöyrytiivillä kumibitumiliuksella (kumista ja bitumista koostuva siveltävä massa) ja bitumikermeillä, ei rakenne voi kuivua enää kuin sisäänpäin. Tämä kuivumisaika pitää ottaa huomioon pinnoitustöissä.

Julkisivujen osalta riskeinä ovat avonaiset ikkuna- ja oviaukot, jotka viistosade voi kastella ennen ovien ja ikkunoiden asennusta. Samalla sade voi kastella eristetilan, jonka kuivuminen voi kestää pitkiä aikoja ja hankaloittaa sisäpuolen pintojen tekemistä liian korkeiden kosteuksien takia. Seinäelementtien eristetilan kastumista voi estää suojaamalla eristetilan esimerkiksi muovilla ennen ikkuna- ja oviaasennuksia ja aloittaa ikkuna-asennukset jo rungon nostamisen aikana. Oviksi voi asentaa väliaikaiset ovet, joilla saadaan oviaukot väliaikaisesti vedenpitäviksi ennen varsinaisten ovien asennusta. Oviaukot voidaan myös peittää muovilla.

Talo voidaan rakentaa myös kokonaan hupun alla, jolloin kosteusrasitusta julkisivuille ei synny. Talon huputtaminen on työmaa-aikana kallista ja usein vaikeaa toteuttaa. Vaikeusaste riippuu talon sijainnista suhteessa muihin ympäröiviin rakennuksiin.

Kaikessa elementtirakentamisessa omat riskinsä aiheuttaa elementtien kuljetus ja välivarastointi. Kuljetus pitää sopia tehtaan kanssa siten, että elementit eivät pääse kastumaan tehtaalla tai matkalla työmaalle. Välivarastoinnissa pitää itse järjestää joko elementtien suojaus tai ainakin eristepintojen väliaikainen suojaus.

3.5 Yläpohja ja vesikatto

Yläpohjan ja vesikaton ongelmana työmaa-aikana on se, että jos koko taloa ei ole huputettu, sataa kaikki vedet tai lumet yläpohjan päälle rungon rakennuksen aikana ja se jälkeen ennen kuin vesikatto on veden pitävä. Nämä vedet voivat kulkeutua alempiin kerroksiin ja seinäelementtien eristetilaan, mikäli vettä ei voida ohjata hallitusti tai elementtien eristetilaa ei ole suojattu esim. muovilla. Täydellinen eristetilan suojaaminen ei yleensä onnistu kaiteiden ja muiden kattorakenteiden takia. Tästä johtuen materiaalien täytyy kestää edes hetkittäistä kastumista, jotta ilman sääsuojaa voidaan rakentaa.

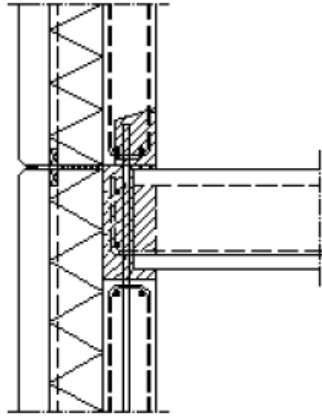
Sadevedet pitäisi ohjata yläpohjalta hallitusti esim. väliaikaiseen viemärintiin. Elpo-hormit ja kaikki talotekniikkaläpiviennit pitäisi olla tulpatuina. Talvisaikaan lumet kannattaa poistaa mekaanisesti eikä sulattamalla.

Luonnollisesti paras vaihtoehto olisi koko rakennuksen huputtaminen. Nykyään on jo rungon mukana nousevia huppuja, joissa on mukana siltanosturi elementtien nostamista varten. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan onnistu jokaisen rakennuksen kohdalla jos rakennus on erityisen muotoinen. Tämä tietysti myös maksaa ja rakentajan pitää punnita onko se kustannustehokasta.

Hyvä vaihtoehto on myös rakentaminen suotuisaan vuodenaikaan, jolloin kosteusrasitus eli vesisateet ovat vähäisimmillään tai sade on lunta. Tämä tarkoittaisi rungon pystytystä talvella tai keväällä.

3.6 Välipohjat

Vesi kulkeutuu ylhäältä alaspäin ja ontelolaattojen ollessa keskeltä kaarella vesi kulkeutuu ontelolaattojen päältä seinäelementtien eristetilaan, jossa vesi kastelee eristetilan. Jos reunimmaisat ontelolaatat rikotaan kiinnitystä varten onteloiden suunnassa, pääsee vesi helposti kulkeutumaan onteloiden sisään. Vesi voi päästä myös kulkeutumaan onteloiden sisään muita reittejä esim. niiden päädyistä, jos näitä ei ole tulpattu. Veden kulkeutumisesta pitäisi pystyä hallitsemaan väliaikaiseen viemärintiin. Nykyään tehdään myös ontelolaattoja, joiden kiinnitys on toteutettu vajjerilenkeillä, eikä näiden ontelolaattojen sivuja tarvitse rikkoa kiinnitystä varten. Näillä laatoilla on yksi riski veden kulkeutumisesta onteloihin poistettu.



Kuva 1. Ontelolaattojen saumauksen aiheuttama riskirakenne. (Olli Teriö, 2003)

Jos ontelolaattoihin kuitenkin kulkeutuu vettä, on niissä vedenpoistoreiät, jotka voivat syystä tai toisesta tukkeentua. Ontelolaattoihin pitää tällöin porata ylimääräisiä reikiä niiden pohjaan, jotta ontelot tyhjäntyvät vedestä. Nykyään on myös keinoja kuvata maatutkalla tai lämpökameralla ontelolaattoja, jolloin kuvaus paljastaa missä ontelolaatoissa on vettä tai jäätä, eikä jokaista onteloa tarvitse välttämättä porata auki.

3.7 Märkätilat

Märkätiloissa riskinä on liian aikainen vedeneristäminen rakenteiden ollessa vielä märkiä. Riskin voi välttää tilaamalla märkätilat kokonaisina elementteinä, jolloin ne ovat pintoja myöten valmiina. Paikan päällä tehtäessä on vain huomioitava rakenteiden kuivuminen ja kastumisen estäminen samalla tapaa kuin muissakin pinnoitettavissa kohteissa.

3.8 Parvekkeet

Parvekkeet toimitetaan elementteinä ja työmaa-aikana riskejä ovat vedenpoistoreiän tukkeutuminen ja veden kulkeutuminen saumoista elementin sisään. Talvisaikaan parvekkeet voivat peittyä lumeen, joka voi myös kulkeutua oviaukoista sisään. Parvekkeiden vedenpoistoreiät pitää pystyä pitämään työmaa-aikana auki ja lumet pitää poistaa mekaanisesti parvekkeilta säännöllisesti.

3.9 Pintavesien ohjaaminen ja kuivatusjärjestelmät

Perustustöiden aikaan sekä rakennettaessa maanpinnan alapuolelle pintavedet voivat aiheuttaa riskejä, jos niiden ratkaisua ei ole ennalta mietitty ja työmaalla järjestetty.

Näissä tilanteissa pintavesien kulku rakennuksen sisään pitää estää tiivistämällä ainakin läpiviennit. Maanpinnat voidaan muotoilla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta vedet virtaavat haluttuun suuntaan. Tarvit-

taessa voidaan käyttää pumppuja, joilla vedet poistetaan esim. kunnan sa-devesiviemäriin. Rakennusalue voidaan myös salaojittaa, jotta alueelle päässet vedet poistuvat hallitusti.

4 RAKENTEIDEN KUIVUMISEN ARVIOINTI

Tässä luvussa esitetyt betonin kuivumisenarvioinnin laskelmat on tehty Betonikeskus RY:n tietokone-ohjelmalla BY1021. Ohjelma perustuu Tarja Merikallion tekemään kirjaan ”Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, 2002”. Ohjeisto on tehty betonin kuivumista käsittelevästä kirjallisuudesta ja se perustuu vuosina 1995–2001 Humittest Oy:n työmailla tekemiin kosteusmittauksiin.

Betonin kuivumisen arvioinnin laskenta on kertolasku, jossa tekijöinä ovat peruskuivumisaika, vesi-sidesainessuhde, alustan kosteus, kastumisaika ja kuivumisolosuhteet. Näistä peruskuivumisaika on luku viikkoina ja muut tekijät ovat tähän viikkojen määrään vaikuttavia kertoimia.

Kuivumisen arviointi on oleellinen osa työmaasuunnittelua, koska se vaikuttaa materiaalien päällystettävyyteen. Rakenteiden päällystettävyyttä pitää aina mitata, mutta arvioinnilla voidaan päättää, millä ratkaisulla päästään toivottuun lopputulokseen. Ohessa taulukko, josta näkee miten alhaalla betonin suhteellisen kosteuden tulisi olla betonipintoja mitattaessa. Taulukon suhteellinen kosteus tarkoittaa suhteellista kosteutta syvyydessä, joka on 0,4d yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa, sekä 0,2d kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa. Tässä d on materiaalin paksuus. Eli esim. 100mm maanvarainen laatta on yhteen suuntaan kuivuva rakenne, joten mittaus suoritetaan 40 mm:ä laatan syvyydestä.

Taulukko 4. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja (Lumme & Merikallio 1997, 7)

| Betonin suhteellisen kosteuspitoisuuden enimmäisarvo | Päällystämateriaali |
|--|--|
| 80 % | Mosaikkiparketti, puu ja puupohjaiset materiaalit |
| 85 % | Huopa- tai solumuovipohjaiset matot Kumimatot Linoleum Korkkilaatat, laattojen alapinnassa kosteudeneristys Tekstiilimatot, joissa alusrakenne (kumi, PVC, kumilateksilevy) Luonnon materiaaleista tehdyt tekstiilimatot ilman alusrakennetta |
| 90 % | Muovilaatat Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa Alustaan kiinnittämättömät puulattiat, puun ja betonin välissä kosteudeneristys Polyuretaanimuovimassat Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta |
| 97 % | Epoksi, akryyli- ja polyesterimuovimassat |

Betonirakenteiden kuivumista voidaan nopeuttaa useilla eri tavoilla. Yleisimmät keinot ovat

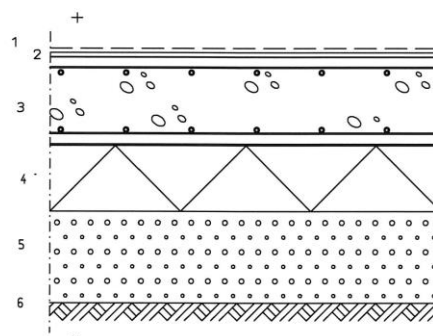
- käyttää mahdollisimman suuriraekokoista ja jäykkää massaa. Mitä pienempi runkoaineen suurin mahdollinen raekoko on, sitä suurempi vesimäärä ja hitaampi kuivuminen.

- käyttää nopeasti kuivuvia betonilaatuja. Tämä perustuu yleensä normaalia pienempään vesisideainesuhteeseen sekä massan huokostamiseen.
- minimoida betonirakenteen kastuminen. Mitä myöhemmin rakenne kastuu, sitä enemmän siihen imeytyy vettä.
- poistaa rakenteeseen vaikuttava vesi ja lumi mahdollisimman nopeasti mekaanisesti.
luoda hyvät kuivumisolosuhteet (+20/RH50 tai parempi).
- pitää rakenteen pinta puhtaana ja paljaana.
- imubetonoida.

Näitä keinoja käyttämällä voidaan yleensä saavuttaa aikataulun mukainen rakenteiden kuivuminen. (Merikallio 2002, 37.)

Referenssikohteessa aikataulujen suunnittelu oli tehty siten, että kosteusteknisesti vaativimmalle betonirakenteelle oli suunniteltu pisin kuivumisaika. Tässä kohteessa tämä rakenne oli kellarin lattia. Tälle rakenteelle oli teoriassa yli 30 viikon kuivumisaika. Muissa rakenteissa laskennallinen aika oli huomattavasti lyhyempi, kuten seuraavissa luvuissa tulee ilmi. Muissa rakenteissa oli jo etukäteen tiedossa, että rakenteiden kuivuminen ajoissa olisi helpompaa.

4.1 Alapohja



- | | | |
|------------|---|--|
| | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |
| 5... 10 mm | 2 | Tasointi rakennusselityksen mukaan |
| 200 mm | 3 | Paikalla valettu teräsbetonilaatta, rauditus RAK-suun. mukaan. |
| | | By 45 luokka A-4-30 |
| 150 mm | 4 | Lämmöneriste solupolystyreeni 150 mm (EPS100 LATTIA) |
| > 300 mm | 5 | Koneellisesti tiivistetty salaojitusraja |
| | 6 | Perusmaa, hiekka tai moreeni, kallistus salaojiin 1:100 |

Kuva 2. Kellarin lattia- ja alapohjan rakenne (kohteen rakenneleikkaus)

Kellarin lattia- ja alapohjan tiedettiin olevan kuivumisen kannalta kaikkein vaativin rakenne. Rakenteessa oli suunniteltu etukäteen, että se päällystettäisiin muovimatolla. Tätä rakennetta vastaan vastaava mestari protestoi, koska muovimatto ei päästä läpi vesihöyryä. Rakenteessa on myös se ongelma, että vaikka kellarin lattia saataisiin riittävän kuivaksi pinnoitusta varten, mikään ei estä jatkossa kosteuden tasoittumista, jos maaperän kosteudeksi

arvioidaan RH100. Tämä tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa ennemmin tai myöhemmin kosteus olisi myös betonilaatassa 100 %.

Kuvissa kolme ja neljä on kaksi erilaista arviointilomaketta kellarin lattian kuivumisen arviointiin. Kuvassa 3 lattian kuivumista on arvioitu liittolaattavälipohjan kaavalla, koska maanvaraisen laatan arviointilomakkeella ei voida laskea kuin 150 mm:ä paksuja rakenteita. Kuvassa neljä lattian kuivumista on arvioitu maanvaraisen lattian lomakkeella. Laatan paksuus ei ole tässä lomakkeessa vaadittu 200 mm. Jos maanvaraisen lattian kaavalla voitaisiin laskea 200 mm:ä paksu rakenne, olisi kuivumisaika luonnollisesti enemmän, kuin tässä lomakkeessa oleva 30 viikkoa. Liittolaatta lomakkeen laskentakaavaa käytettiin siitä syystä, koska se on samalla tapaa yhteen suuntaan kuivuva rakenne kuin maanvarainen laatta.

Joka tapauksessa arviointilomakkeiden mukaan näytti selvältä, että kellarin lattian kuivattaminen ajoissa vaadittuun RH85 -suhteelliseen kosteuteen tulisi olemaan haasteellista.

Betonirakenteiden kuivuminen

Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002.

Kohde: **INKILÄNHOVI, KELLARIN LATTIA, JOS MUOVIMATTO**

Liittolaattavälipohja

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötä sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehtoisista kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa liiskosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

| | Syöttöarvot | Raja-arvo | Peruskuivumisaika |
|---------------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Tavoitekosteus | 85,0 % | *80-100* | 83,0 |
| Vesi-sideainesuhte | 0,70 | *0,4-0,7* | Kerroin 1,00 |
| Rakenteen paksuus | 200,0 mm | *150-200* | Kerroin 1,00 |

BY1021

Kastumisaika:

Kuivassa

Kosteassa yli 2 viikkoa

Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus:

35 %

50 %

60 %

70 %

80 %

Lämpötila:

10 C

15 C

20 C

25 C

30 C

Kuivumisaika viikkoina:

58,1

Kuva 3. Kellarin lattian kuivumisen arviointi, jos rakenne arvioidaan liittolaattana (BY1021 Kuivumisen arviointiohjelma)

Betonirakenteiden kuivuminen

Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002.

Kohde: **INKILÄNHOVI, KELLARIN LATTIA**

Maanvastainen teräsbetonilaatta

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötät sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehtoisia alustoja, kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisaikaan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoido tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoido tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

| | Syöttöarvot | Raja-arvo | Peruskuivumisaika |
|--------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Tavoitekosteus | 85,0 % | *80-100* | 17,0 |
| Vesi-sideainesuhde | 0,70 | *0,4-0,7* | Kerroin 1,00 |
| Rakenteen paksuus | 150,0 mm | *70-150* | Kerroin 2,50 |

BY1021

Alusta

Kivila
 Muovi
 Märkä

Kastumisaika

Kuvassa
 Kosteassa yli 2 viikkoa
 Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

35 %
 50 %
 60 %
 70 %
 80 %

Lämpötila

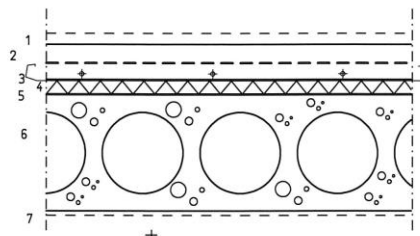
10 C
 15 C
 20 C
 25 C
 30 C

Kuivumisaika viikkoina: 29,8

Kuva 4. Kellarin lattian kuivumisen arviointi, jos rakenne arvioidaan maanvaraisena lattiana. (huom. paksuus 150mm) (BY1021 Kuivumisen arviointiohjelma)

4.2 Välipohja

Suunnitelmissa oli, että tämä välipohjarakenne (kuva 5) saa kuivua noin tuplamäärän tässä esitettyyn kuivumisaikaan nähden. Tässä rakenteessa ei oletettu olevan ongelmia.



- | | | |
|--------|---|--|
| 25 mm | 1 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |
| 80 mm | 2 | Kelluva teräsbetonilaatta By 45 mukaan, A-4-30, verkko 5-150, lattialämmitys |
| | 3 | Suodatinkangas, saumat limitetty ja teipattu |
| 30 mm | 4 | Askeläänieristyslevy Isover FLO |
| | 5 | Tasoi tushiekka |
| 265 mm | 6 | Kantava rakenne, ontelolaatta rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 7 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

Kuva 5. Välipohjan rakenne (kohteen rakenneleikkaus)

Betonirakenteiden kuivuminen

Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002.

Kohde: **INKILANHOVI, KELLUVA LATTIA, MUOVIMATTO**

Kerroksellinen betonilaatta

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötät sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja pintabetonin paksuudelle. Valitse lisäksi ontelolaatan kosteus, kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

| | Syöttöarvot | Raja-arvo | Peruskuivumisaika |
|-----------------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Tavoitekosteus | 85,0 % | *80-100* | 8,0 |
| Vesi-sideainesuhde: | 0,70 | *0,5-0,7* | Kerroin 1,00 |
| Pintabetonin paksuus | 80,0 mm | *50-100* | Kerroin 1,10 |

Ontelolaatan kosteus

< 90 %

90 - 95 %

> 95 %

Kastumisaika

Kuivassa

Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

35 %

50 %

60 %

70 %

80 %

Lämpötila

10 C

15 C

20 C

25 C

30 C

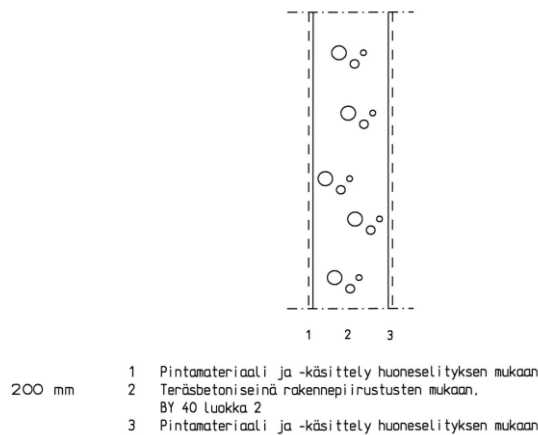
Kuivumisaika viikkoina: 4,9

Kuva 6. Välipohjan kelluvan lattian kuivumisen arviointi (BY1021 Kuivumisen arviointiohjelma)

4.3 Märkätilat

Märkätilat olivat periaatteeltaan samanlaisia kuin kelluvat välipohjalaatat. Näiden kuivumiselle oli varattu huomattavasti enemmän aikaan, kun mitä kosteuden hallinnassa oli arvioitu.

4.4 Seinät



Kuva 7. Kantavien väliseinien rakenne (kohteen rakenneleikkaus)

Kantavat väliseinät olivat elementtirakenteita. Oletus oli, että vesisementtisuhte näissä rakenteissa on pieni. Tästä johtuen oletuksena oli, että veden ja sementin välinen reaktio imee itseensä suurimman osan vedestä, eikä kuivumisen kannalta tulisi ongelmia. Rakenne myös kuivuu kahteen suuntaan.

Betonirakenteiden kuivuminen

Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002.

Kohde: **INKILANHOVI, KANTAVA VALISEINÄ**

Massiivinen teräsbetoni-laatta (kuivuminen molempiin suuntiin)

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötät sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehdoista kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkiohoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkiohoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

| | Syöttöarvot | Raja-arvo | Peruskuivumisaika |
|---------------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Tavoitekosteus | 85,0 % | 80-100 | 37,0 Kerroin |
| Vesi-sideainesuhte | 0,40 | 0,4-0,7 | 0,20 Kerroin |
| Rakenteen paksuus | 200,0 mm | 200-300 | 0,80 |

BY1021

Kuivumisaika

Kuivassa

Kosteassa yli 2 viikkoa

Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

35 %

50 %

60 %

70 %

80 %

Lämpötila

10 C

15 C

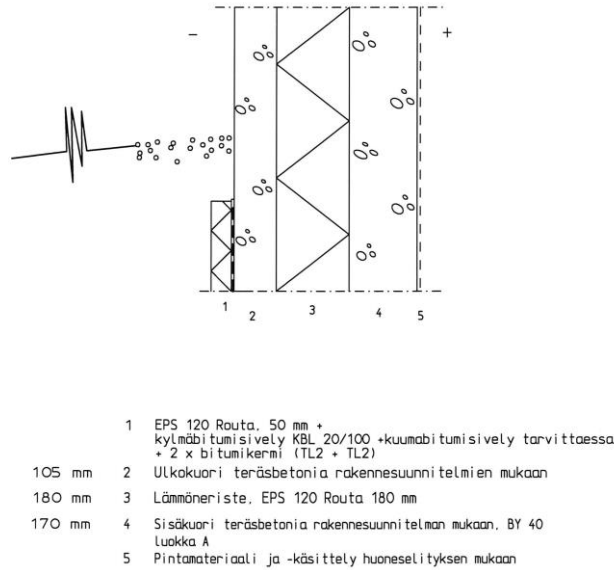
20 C

25 C

30 C

Kuivumisaika viikkoina: 4,1

Kuva 8. Kantavan väliseinän kuivumisen arviointi (BY1021 Kuivumisen arviointiohjelma)



Kuva 9. Kellarin seinien rakenne (kohteen rakenneleikkaus)

Kellarin seinä ei pidetty kovin oleellisena kuivamisen arvioinnissa. Nämä toimitettiin elementteinä ja oli tiedossa, että näissä on elementtirakenteen ansiosta pieni vesisementtisuhte. Näissä rakenteissa oli ilmeistä, että aikaa kuivumiselle tulee olemaan riittävästi.

Betonirakenteiden kuivuminen

Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivamisen arviointi. Betonikeskus 2002.*

Kohde: **INKILÄNHOVI, KANTAVA KELLARIN ELEMENTTISEINÄ**

Liittolaattaväli pohja

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötä sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehdoista kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisaika lasketaan alkaen siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkikäsittely tehdään kastamalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkikäsittely tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

| | Syöttöarvot | Raja-arvo | Peruskuivumisaika |
|--------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Tavoitekosteus | 85,0 % | 80-100* | 83,0 |
| Vesi-sideainesuhde | 0,40 | 0,4-0,7* | 0,20 |
| Rakenteen paksuus | 170,0 mm | 150-200* | 0,60 |

BY1021

Kastumisaika:
 Kuivassa
 Kosteassa yli 2 viikkoa
 Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus:
 35 %
 50 %
 60 %
 70 %
 80 %

Lämpötila:
 10 C
 15 C
 20 C
 25 C
 30 C

Kuivumisaika viikkoina: **7,0**

Kuva 10. Kellarin seinien kuivamisen arviointi. (BY1021 Kuivumisen arviointiohjelma)

5 OLOSUHTEIDEN HALLINTA

Rakentaminen alkoi vuoden 2013 lopulla. Tärkein valu eli kellarin valu tehtiin tammikuun lopussa. Rakennuksen huppu oli ummessa toukokuun alussa kokonaisuudessaan. Tämä aikataulu on sääolosuhteiden osalta lähellä optimaalista, koska alkuvuoden ja alkukevään sateet ovat yleensä lumisadetta, joka voidaan poistaa mekaanisesti. Loppupalvella ja keväällä myös ulkoilman suhteellinen kosteus on alhaisimmillaan, joten rakenteiden kuivatuksessa ei yleensä tarvita kuivuria, vaan lämmitystä ja tuuletusta.

5.1 Kastumisen estäminen ja suojaus

Yläpohja

Yläpohjassa rungon pystytyksen yhteydessä seinien elementtien villojen eristetilat suojattiin muoveilla kastumisen estämiseksi. Vuodenajasta johtuen lumet pyrittiin poistamaan aina mekaanisesti ennen niiden sulamista. Yläpohjan ontelolaattojen välisiin saumoihin asennettiin huopakaistoja, jotta vesi valuisi hallitummin alas kerroksiin. Väliaikaisia viemäröintejä ei rakennettu, eikä yläpohjaan satavan veden kulkua yritetty sen kummempin hallita. Ontelolaattayläpohjassa veden kulun hallitseminen on hankalaa, joten se jätettiin vuodenajasta johtuen tekemättä, koska vesisateiden oletettiin olevan vähäisiä.

Välipohjat

Välipohjien ontelolaattoihin porattiin jokaiseen onteloon vedenpoistoreiät, jotta ylhäältä valuva vesi pääsee poistumaan alaspäin. Vedet vesimuroitiin pois ontelolaattojen päältä heti kun vettä havaittiin. Muilta osin veden annettiin kulkeutua vapaasti alaspäin.

Julkisivut

Rungon noston yhteydessä kaikki ikkuna-aukot peitettiin lämpöä eristävällä solumuovimatolla siten, että aukkoihin tehtiin sisäpuolinen puukoolaus, joka esti sekä viistosadetta pääsemästä eristetilään että lämpöä kulkemasta sisältä ulos. Parvekeovien tilalle asennettiin väliaikaiset ovet, jotta vaippa saatiin julkisivujen osalta kokonaan suljettua ja lämpöä pitäväksi.

Alapohja

Ylhäältä päin valunut vesi vesimuroitiin heti, jos vettä valui kellarikerroksen lattialle.

5.2 Rakenteiden kuivatus

Salaojitus tehtiin varhaisessa vaiheessa ja liitältä korkeuksien takia työmaa-aikana. Sen jälkeen pohjaveden ja pintavesien korkeudet pidettiin alhaalla pumpaamalla.

Heti rungon pystytyksen yhteydessä ikkunat ja ovet tiivistettiin lämmön säilyttämisen takia. Lämmitys ja tuuletus erillisillä lämmittimillä ja tuulettimilla aloitettiin kellarikerroksessa heti betonin ensihoidon jälkeen, vaikka vaippa ei ollut vielä täysin suljettuna. Muita kerroksia ei erikseen tuuletettu tai lämmitetty, koska kuivuminen aikataulujen mukaan näytti toteutuvan helposti.

Jokaiseen kerrokseen asennettiin kosteusmittari, josta huomattiin että sisäilman kosteus oli keskimäärin RH30–50, joskin sadepäivinä kosteus oli RH80–90:n välillä.

6 KOSTEUSMITTAUS

6.1 Suunnitelma ja menetelmä

Kosteusmittauksen tekijä oli Polygon Finland Oy. Kosteusmittaukset suoritettiin suhteellisen kosteuden mittarilla. Mittauspaikoiksi sovittiin neljä kellarin ulkoseinää, yksi väliseinä, kaksi kohtaa kellarin lattiasta, kolme kohtaa ensimmäisen kerroksen lattiasta ja kaksi kohtaa toisen kerroksen lattiasta. Seinistä mitattiin vain yhdestä syvyydestä. Ulkoseinissä tämä syvyys oli 70 mm ja väliseinissä 40 mm. Lattiassa mittaus suoritettiin kahdesta syvyydestä. 40 %:n ohjesyvyyden sijaan kellarin lattiassa mittaus suoritettiin 70 mm:n syvyydestä, koska mittarilla ei voitu mitata syvempää. Toinen mitattu syvyys oli 20 mm.

6.2 Toteutus ja valvonta

Mittaukset suoritettiin ensin poraamalla reiät ohjesyvyyteen (0,2 x rakenteen paksuudesta kahteen suuntaan kuivuvissa rakenteissa ja 0,4 x yhteen suuntaan kuivuvissa rakenteissa). Tämän jälkeen reikiin asennettiin muoviputket ja nämä tulpattiin, jotta kosteus ehti tasoittua. Kosteuden annettiin tasoittua useita päiviä, jonka jälkeen kosteusmittaus suoritettiin.

Mittaukset tehtiin kolme kertaa. Ensimmäisten mittausten porausreiät tehtiin 3.4.2014 ja itse mittaus suoritettiin 8.4.2014. Mittaus osoitti, että väliseinä sekä kellarin seinät olivat joko alle RH85 tai hyvin lähellä tätä. Mittaus osoitti, että seinät olivat jo lähestulkoon saavuttaneet niille tavoitellun suhteellisen kosteuden. Tästä syystä seinä ei enää tämän jälkeen mitattu, koska seinillä oli vielä tämänkin jälkeen kuukausia aikaa kuivua lisää.

Lattioissa oleellisissa paikoissa ensimmäisellä mittauskerralla eli 8.4.2014 kellarin lattiassa mitattiin 70 mm:n syvyydestä alle RH95 molemmista

mittauspaikoista, joten kuivuminen oli selvästi jo alkanut. Tavoitekosteutena oli RH85. Muissa kerroksissa mittaustulokset olivat vaihtelevasti korkeampia, mutta koska näiden rakenteiden tiedettiin kuivuvan huomattavasti kellarin lattiaa nopeammin, ei näihin tuloksiin kiinnitetty tässä vaiheessa huomiota.

Toisella mittauskerralla porareivät tehtiin ensin 13.5.2014 eli noin reilua kuukautta myöhemmin ensimmäisestä mittauskerrasta. Itse mittaus suoritettiin 26.5.2014. Näissä mittauksissa kellarin lattian suhteellinen kosteus 70 mm:n syvyydessä oli jo alle RH85.

Kolmannella mittauskerralla mitattiin ylempien kerroksien lattioita ja tulokset olivat alle RH85. Tässä mittauksessa porareivät tehtiin 27.5.2014 ja itse mittaukset 2.6.2014.

Näiden mittauksien jälkeen uusia mittauksia ei enää tehty, koska tulokset olivat lähellä tai parempia kuin tavoitearvot. Mittausten jälkeen rakenteilla oli vielä kaksi kuukautta aikaa kuivua lisää, eikä olosuhteiden hallintaa lopetettu mittausten jälkeen. Joten mittausten mukaan rakenteet olivat pinnoitettavassa kunnossa.

7 LOPPUSANAT

Rakennusalalla vallitsee vahvasti ”Sentti per viikko” -ajattelu kuivumisajoista. Tiesin jo ennen tätä opinnäytetyötä, ettei se perustu mihinkään tieteelliseen tutkimukseen. Halusin tässä opinnäytetyössä perehtyä tarkemmin siihen, miten asiat todellisuudessa ovat. Tässä opinnäytetyössä käytännön mittaukset antoivat parempia tuloksia kuin mitä teoria antoi odottaa. Esim. ennakkoajatus kellarin lattiasta oli, ettei se ehdi kuivua riittävästi mitenkään. Mikä sitten selittää erot teorian ja käytännön välillä? Ensimmäinen mieleen tuleva tekijä on se, että arviointilomakkeessa on oletettu, että tila olisi ollut kosteassa yli 2 viikkoa. Näin ei kuitenkaan ehkä kaavan tarkoittamassa laajuudessa ole tapahtunut. Toinen tekijä voi olla se, että kellarin lattiassa käytettiin normaalia suurirakeisempaa massaa. Betonin suurin raekoko oli 16mm ja se osaltaan vähensi veden tarvetta betonissa. Kolmas tekijä voi olla se, että koska laatta on maata vasten, on ylijäämävesi valunut maaperään, joka osaltaan selittää sitä, miksi liittolaattarakenteen laskentalomake antaa pidemmän kuivumisajan kuin maanvaraisen laatan laskentalomake. Neljäs tekijä voi olla, että arviointilomakkeissa on varmuuskerrointa, jotta todellisuus on käytännössä paljon parempi ohjeita noudattamalla kuin mitä se on laskemalla.

Tätä työtä tehdessä oppia tuli rakennusfysiikan ja mikrobien kasvun lisäksi myös siitä, että rakennusalalla ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota materiaalien valintaan niissä olosuhteissa, joihin tietyt materiaalit eivät vain sovellu. Tästä hyvä esimerkki on tämän kohteen kellarin lattia. Siihen pyydettiin monta kuukautta muutosta suunnittelijoilta, koska tiedettiin että muovimatto kosteutta läpäisemättömänä materiaalina on erityisen sopimaton kellarinlattiaan. Syystä tai toisesta tätä muutosta ei koskaan tapahtunut, eikä kellarin lattiaan saatu laattaa tai mitään muutakaan kosteutta läpäisevää

materiaalia muovimaton sijaan. Vain aika näyttää, miten hyvin muovimatto todellisuudessa tulee toimimaan pinnoitteena kyseisessä tilassa.

Toinen esimerkki materiaalin soveltumattomuudesta on kipsilevyn käyttö märkätiloissa. Oletan että Suomessa seurataan Ruotsin mallia ja kipsilevyn käyttöä märkätiloissa ennemmin tai myöhemmin rajoitetaan. Mielestäni tällaisia riskejä ei vaan yksinkertaisesti pitäisi ottaa. Rakennusalan ihmisiä pitäisi valistaa enemmän kosteusteknisestä toiminnasta, jotta näitä riskejä ei jatkossa otettaisi.

Tällä referenssityömaalla otettiin kosteuden aiheuttamat riskit tosissaan ja niitä yritettiin välttää kustannusten mukaan parhain mahdollisin tavoin. Silti paljon uutta opittavaa löytyy; toivottavasti tämä opinnäytetyö antaa uutta opittavaa ja uusia ratkaisuja vanhoihin ongelmiin.

LÄHTEET

Airaksinen M., Viitanen H., Valjus J., Pekkala V., Laaksonen E., Siikala J., Siikanen U., Seppälä P., Åström G. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. RIL 250-2011. Saarijärvi: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry

Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy

Lumme, P & Merikallio, T. 1997. Betonin kosteuden hallinta. Forssa: Suomen Betonitieto Oy

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Puuinfo. 2014. Puutavaran kosteus. Luettu 31.8.2014.
<http://www.puuinfo.fi/puutavaran-kosteus>

Rakennuslehti. 2013. Juha Komonen kokosi ohjepaketin rakentamisen kosteudenhallintaan. Luettu 30.1.2014
<http://www.rakennuslehti.fi/2013/10/juha-komonen-kokosi-ohjepaketin-rakentamisen-kosteudenhallintaan/>

RT-kortisto. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984

Siikanen, U. 2014. Perusteet ja sovelluksia. Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy

Teriö, O. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. Tampere: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Tiede-lehti. 2003. Hometalossa riehuvat mikrobijengit. Luettu 30.8.2014.
http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/hometalossa_riehuvat_mikrobijengit

Viitanen, H. 2004. Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homehtumisen kriittiset olosuhteet – betonin homeenkesto. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

RAKENNUSLIKE PAKKANEN OY
KOSTEUDENHALLINNAN TYÖMAAOHJE

Rakentamisen aikainen kosteudenhallinta

KOSTEUDENHALLINNAN TYÖMAAOHJE

MAANKANJU JA PERUSTUKSET

- Pohjaveden nousu
- Aikainen salaoitus
- Pintavesien pois johtaminen
- Ponttiseimen tarpeellisuus
- Pumppauksen tarpeellisuus

SOKEIT JA KELLARIN SEINÄT

- Läpivientien tiivistäminen ajossa
- läpivientien kalusteuksen oikea suunta
- Pintavesien pois johtaminen
- Salaoituksen toiminta
- Ei vesihöyryä läpäisemättömiä pinnoitetta kellarren seinin

UIKOSEINÄT

- Viitosteen torjunta ikkunat ja ovet tiivistämällä
- Yläreunojen ikkuna-aukkojen ja ovaikkojen eristeilöiden suojaaminen kosteudelta

YLÄPOHJA

- Veden kulun hallitseminen
- Välikäinen viemärointi
- Lumen ja oskan välilön poistaminen mekaanisesti
- Läpivientien ja taloteknikkahuoneiden suojaaminen säteeltä

VÄLIPOHJAT

- Veden kulun hallitseminen
- Tarvittaessa välikäinen viemärointi
- Ohnteloiden onteloiden veden poistumisen varmistaminen
- Veden poistaminen mekaanisesti

ALAPOHJA

- Veden poistaminen mekaanisesti
- Betoniliinan poistaminen heti esihoidon jälkeen
- Ei kuivumista häiritsevien materiaalien säilytystä
- Sadeveden viemärointi tarvittaessa

BETONIN KUVUMISEN ARVIOINTI

- Jos tavoitekosteus on RH85 ja kuivumisolosuhteet RH50/20c tai paremmat ja käytetään tavallista betonia:
- Maata vasten olevassa laatussa 0,75cm per viikko
- Käinteän suuntaan kuvuvassa betonilaatussa 2cm per viikko
- Yhteisen suuntaan kuvuvassa rakenteessa jossa vesi ei voi karata minnekään 0,5cm per viikko
- Kuivumisen nopeutta voidaan 4-5-kertaistaa betonilaadun valinnalla**
- Huomiossa olosuhteissa kuivumisnopeus yli kaksinkertaistuu. (RH80/10c-tai huonompi)

BETONIN KUVUMISEN OLOSUHTEIDEN HALLINTA

- Talvella ja keuhalla lämmitys ja ilmanvaihto
- Kesällä ja syksyllä koneellinen kuivatus
- Olosuhteita mitattava, jotta olosuhteet pysyvät halutussa lukemissa

MATERIAALIEN PINNOITETTAVUUS

- Muovimatto RH85
- Laatta RH90
- Epoksi, yms. RH95+
- Muut normaalisti RH85 tai enemmän

KOSTEUSMITTAUS

- Mittaus suhteellisen kosteuden mittarilla rakenteen sisästä
- Lattiaista kahdesta syvyydestä muutamasta kohdasta per kerros
- Seinistä tarvittaessa yhdestä syvyydestä
- Mittauksia siihen asti, kun rakenne on tarpeeksi kuiva

LOGISTIIKKA JA VARASTOINTI

- Rakennustarvikkeiden kulljetus säätö suojattuna
- Rakennustarvikkeiden välivarastointi säätö suojattuna
- Tarvikkeiden oikea-aikainen toimitus, välivarastointiin välttämiseksi