

Beata Kallio

Kosteudenhallinnan rakennusfysikaalinen työmaasuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

12.4.2013



Alkusanat

Maaliskuussa maata näyttää, huhtikuussa humahtaa. Niin vaan vanha sananlasku kävi taas toteen ja kevät tuli. Kevät toi tullessaan myös opinnäytetyön valmistumisen.

Haluan kiittää suuresti ohjaajaani Kari Suvantoa. Haluan lausua kiitoksen sanat myös yrityksen ohjaajille, Minna Katajalle ja Kari Suojalalle. Kiitos teille kaikille neuvojen antamisesta! Lisäksi haluan kiittää Esa Rämästä haastattelun antamisesta, Hesoten vastaavaa mestaria Arto Turtiaista sekä kaikkia kyselyyn vastanneita. Suuren suuri kiitos kuuluu miehelleni ja perheelleni, jotka olivat tukenani silloin, kun heitä tarvitsin.

Alla olevasta sarjakuvasta voidaan päätellä, että vahinkoja voidaan aina peitellä. Peitelystä saattaa kuitenkin seurata kalliit korjauskustannukset.



(Kuva: Jarla, Pertti, Fingerpori.

<<http://aamulehdenkuvat.ning.com/profiles/blog/list?user=0tai2pobh6d0t&page=1>>.)

Helsingissä 12.4.2013

Beata Kallio

Tekijä(t) Otsikko	Beata Kallio Kosteudenhallinnan rakennusfysikaalinen työmaasuunnittelu
Sivumäärä Aika	42 sivua + 1 liite 12.4.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Laatupäällikkö Kari Suojala Yliopettaja Kari Suvanto
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Staran Rakennustekniikan Rakennusprojektit-yksikölle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää työmaiden nykytilanne kosteudenhallinnassa sekä kosteudenhallintasuunnitelmissa. Työstä tehtiin käytännön ja teorian yhdistelmä, jossa tutkittiin kosteudenhallinnan lisäksi rakennusfysiikkaa.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin tutustumalla alan kirjallisuuteen, käyttämällä Internet-sivustoja, tekemällä kysely kosteudenhallinnan nykytilanteen kartoittamiseksi, toteuttamalla asiantuntijahaastattelu sekä tutustumalla Staran rakennustekniikan työmaahan. Lisäksi rakennusfysiikan osiossa toteutettiin kolmen erilaisen kosteusvaurioituneen rakenteen simulointi.</p> <p>Työssä saatiin kyselyn avulla selville, että työmaiden käytännöt poikkeavat kosteudenhallinnassa jonkin verran toisistaan ja yhteinen käytäntö työmaiden välille olisi hyvä saada. Simuloinnista saatiin puolestaan tulokseksi se, että kosteusvaurioituneen rakenteen kuivumisessa saattaa kestää melko kauan ilman aktiivista kuivatusta. Tutkitun työmaan tilanne kosteudenhallinnassa on erittäin hyvä ja se noudattaa kosteudenhallintasuunnitelmia.</p>	
Avainsanat	kosteus, kosteudenhallinta, simulointi

Author(s) Title	Beata Kallio Construction Physical Humidity Management for Site Planning
Number of Pages Date	42 pages + 1 appendix 12 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Kari Suojala, Quality Manager Kari Suvanto, Principal Lecturer
<p>This graduate study was made for the Stara Company Civil Engineering Construction Project. The aim of this graduate study was to find out the current situation in humidity management and the humidity management plans in the construction sites of the company. The study was made to be as a combination of practice and theory in which construction physics was also researched.</p> <p>The study was made by reading the literature, using Internet sites, making an inquiry to survey the current situation in humidity management, doing an interview with a humidity specialist and exploring a construction site of the company. Simulations of three different moisture damaged structures were made in the construction physics section.</p> <p>Through the inquiry it was found out that the practices in humidity management are a little different between construction sites and it would be good to standardize them. In turn, as a result of the simulations, it was shown that drying the moisture damaged structure can take a long time without active drainage. The construction site that was studied had a really good situation regarding humidity management and the site also follows the humidity management plans.</p>	
Keywords	humidity, humidity management, simulation

Sisällys

Sanasto

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön taustat	1
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet	1
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Yritysesittely	2
2	Rakennusfysiikka	3
2.1	Lämmön ja kosteuden siirtyminen rakenteissa	3
2.2	Rakennuskosteus	8
2.3	Esimerkkejä	8
2.3.1	Märän betonin pinnoitus	9
2.3.2	Vesiastian kaatuminen betonilattialle	12
3	Kosteudenhallinta	17
3.1	Työmaan kosteudenhallinta	17
3.2	Kosteudenhallintasuunnitelmat	21
3.2.1	Työmaa	21
3.2.2	Työmaavaihe	24
4	Kysely	25
4.1	Kyselylomake	25
4.2	Kyselyn tulokset	25
5	Asiantuntijahaastattelu	30
6	Opinnäytetyöhön valittu työmaa	32

6.1	Hesote 2	32
6.1.1	Maanrakennus	32
6.1.2	Kellarit	33
6.1.3	Julkisivut	35
6.1.4	Vesikatto	36
6.1.5	Työmaa	36
7	Johtopäätökset	37
7.1	Simulointi	37
7.2	Kysely	38
7.3	Työmaa	39
8	Yhteenveto	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Työmaakysely	

Sanasto

Epoksi	Kertamuovi, joka kovettuu kovettajan avulla.
Hattuputki	Yleensä maanpinnan alapuolella olevasta tilasta nouseva tuuletusputki. Putken päässä on hattu, joka estää veden pääsyn tuuletettavaan tilaan.
Kahi-tiili	Kalkkihiekkatiili.
Kondensoituminen	Tiivistyminen.
Lämmönjohtavuus	Kuvaa, miten hyvin jokin materiaali johtaa lämpöä.
Pascal	Paineen yksikkö SI-järjestelmässä. Tunnus Pa. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.
Pintakosteudenosoitin	Mittaa rakenteen pintakosteuden. Voidaan selvittää rakenteiden kosteustila ainetta rikkomatta.
Rakennedetalji	Yksityiskohta rakenteesta.
Simulointi	Todellisuuden jäljittelyä.
Suhteellinen kosteus	Prosenttiluku, joka ilmaisee, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryä.
Vesihöyryn osatiheys	Ilmassa olevan vesihöyryn massa tilavuusyksikköä kohti.

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustat

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Staran Rakennustekniikan työmaiden nykytilanne kosteudenhallinnassa ja kosteudenhallintasuunnitelmissa. Työssä perehdytään myös rakennusfysiikkaan, eli siihen, kuinka lämpö ja kosteus siirtyvät rakenteissa. Kosteudenhallinta on tärkeä osa-alue rakentamisessa, sillä mikäli kosteuden poistoon ei panosteta riittävästi rakennusvaiheessa, voi rakennuksille syntyä mittavia kosteusvaurioita. Kosteusvauriot vaurioittavat rakenteita, lisäävät korjaustarvetta sekä kasvattavat kustannuksia ja lisäksi muodostavat hyvän kasvualustan mikrobi- ja homeitiöille. Huonolaatuinen sisäilma, mikrobit sekä homeitiöt ovat puolestaan ihmisen terveydelle vaarallisia ja saattavat altistaa ihmisiä erilaisille sairauksille ja allergisille reaktioille, esimerkiksi allergiselle nuhalle tai homepölykeuhkolle [1].

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Työstä tehdään teorian ja käytännön toteutuksen yhdistelmä. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää työmaiden tämänhetkinen tilanne kosteudenhallinnassa, eli minkälaisia suunnitelmia tehdään ja toteutuvatko ne käytännössä. Lisäksi tutkitaan rakennusfysiikkaa, eli mistä kosteus pääsee rakenteisiin ja millainen vaikutus sillä on esimerkiksi rakenteiden kuivumisaikoihin. Työn tuloksia on tarkoitus hyödyntää kosteudenhallintasuunnitelma-asiakirjan luomiseen.

Työn ensimmäisessä luvussa kerrotaan opinnäytetyön taustoista, tavoitteista ja tutkimusmenetelmistä sekä esitellään yritys. Toisessa luvussa perehdytään lämmön ja kosteuden siirtymiseen sekä rakennemallien simulointiin. Työmaan kosteudenhallinnasta ja kosteudenhallintasuunnitelmista kerrotaan kolmannessa luvussa. Neljännessä luvussa esitellään kyselylomake sekä siitä saadut tulokset. Asiantuntijahaastattelu käydään läpi viidennessä luvussa. Opinnäytetyöhön valittu työmaa esitellään kuudennessa luvussa ja samassa luvussa kerrotaan myös kosteudenhallinnan toteutumisesta kyseisellä työmaalla. Seitsemännessä luvussa kerrotaan johtopäätöksistä ja kahdeksannessa luvussa tehdään yhteenveto koko työstä.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön pohjatietojen etsimiseen käytetään pääasiassa rakennusalan kirjallisuutta sekä internetiä. Kosteudenhallinnan tutkinnassa toteutetaan kysely, jonka avulla kartoitetaan työmaahenkilöstön mielipiteitä nykyhetken kosteudenhallintasuunnitelmista sekä kosteudenhallinnasta. Lisäksi vierailaan Staran rakennustekniikan eräällä työmaalla, jossa tutkitaan, kuinka kosteudenhallinta toteutetaan työmaalla. Työmaalla haastatellaan vastaavaa mestaria sekä perehdytään työmaan suunnitelmiin.

1.4 Yritysesittely

Vuonna 1878 Helsinkiin perustettiin rakennuskonttori, josta Staran historia alkaa. Vuodesta 2009 Stara on toiminut omana virastonaan ja vuodesta 2010 nimellä Stara. Stara rakentaa ja hoitaa katuja ja puistoja, korjaa rakennuksia, hoitaa luonnonmukaisia alueita sekä tarjoaa logistiikan ja teknisen alan palveluja. Stara tuottaa Helsingin kaupungin tarvitsemia palveluita kuudessa eri osastossa: kaupunkitekniikan rakentamisessa ja kaupunkitekniikan ylläpidossa, rakennustekniikassa, ympäristönhoidossa, geopalvelussa sekä logistiikassa. [2.]

Staralla työskentelee noin 1600 ammattilaista. Kesäisin Helsingin kaupungista huolehtii jopa 2000 henkilöä. Vuonna 2011 viraston liikevaihto oli 260 miljoonaa. Staran suurimpia asiakkaita ovat rakennusviraston katu- ja puisto-osasto, HKR-rakennuttaja, kiinteistöviraston tilakeskus sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Stara on tuttu näky Helsingin katukuvassa sinivihreän logonsa kanssa (kuva 1). [2.]



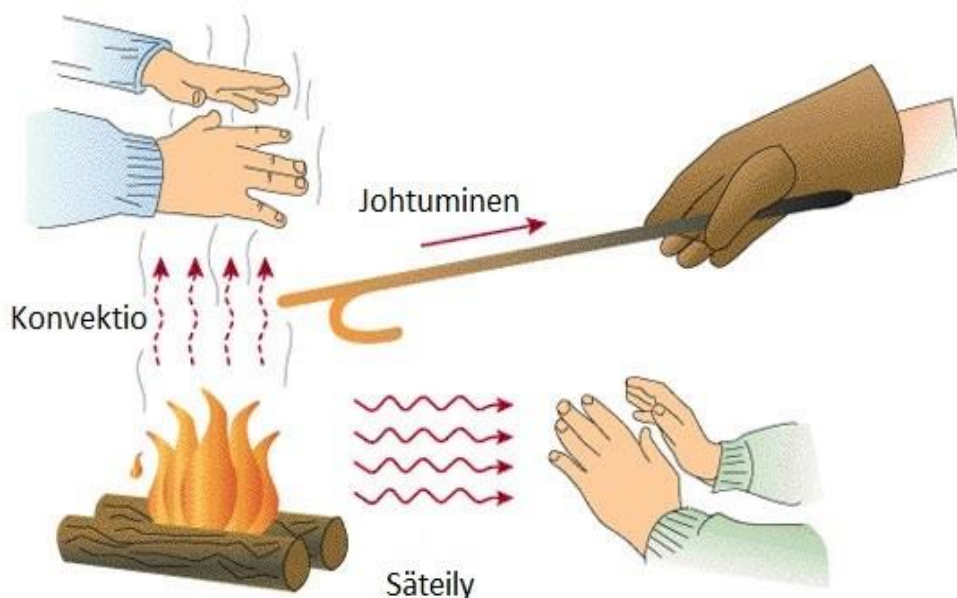
Kuva 1. Staran logo [2].

Rakennustekniikka on yksi palveluita tuottavasta osastosta. Osasto on erikoistunut kaupungin omistamien rakennusten korjaamiseen. Näitä kiinteistöjä ovat esimerkiksi sairaalat, päiväkodit, koulut sekä arvorakennukset. Lisäksi rakennustekniikka korjaa ja entisöi erikoisrakenteita sekä tekee muutosrakentamisen töitä. Rakennustekniikka jakautuu kolmeen eri yksikköön, joita ovat konepaja, korjausrakentaminen sekä rakennusprojektit. [2.]

2 Rakennusfysiikka

2.1 Lämmön ja kosteuden siirtyminen rakenteissa

Lämpö siirtyy paikasta toiseen kolmella eri tavalla: konvektiolla eli kuljetuksella, johtumalla ja säteilemällä (Kuva 2). Lämmön siirtyessä konvektiolla lämpöenergia virtaa aineen mukana. Lämmönjohtumisessa puolestaan aine ei liiku. Esimerkkinä lämmönjohtumisesta on metallitanko, jonka toinen pää laitetaan avotuleen. Metallitangon toisen pään kuumennuttua kuumenee tanko myös sen toisesta päästä. Lämpöenergia virtaa korkeammasta lämpötilasta matalampaan päin ja lämmönsiirtymiseen vaikuttaa olennaisesti materiaalin lämmönjohtavuus. [3.]

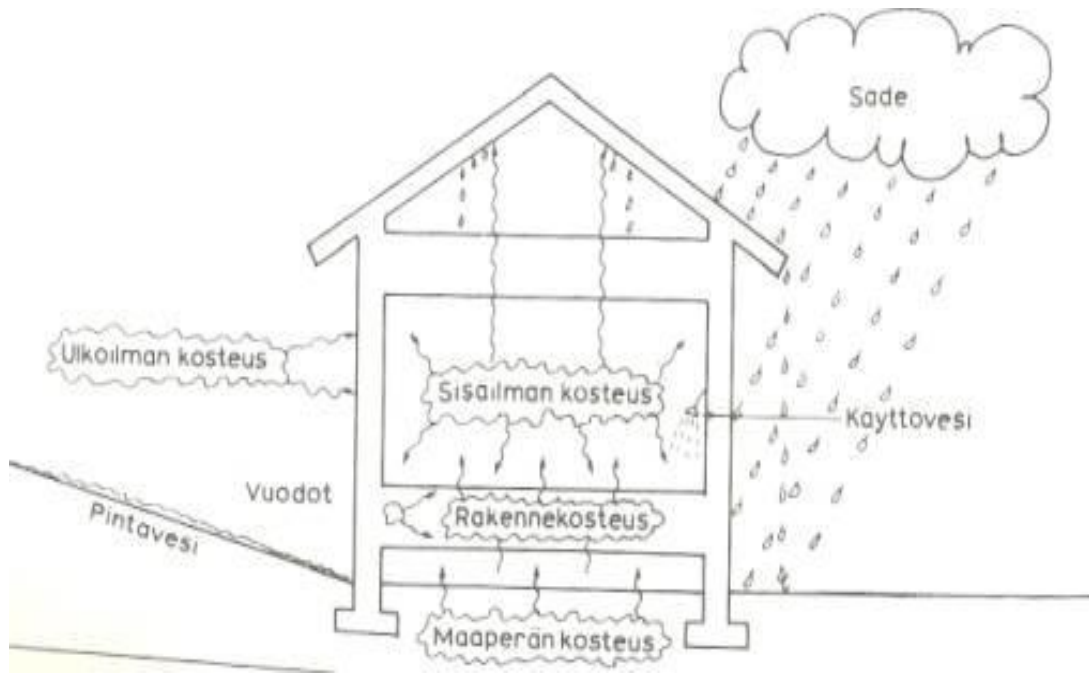


Kuva 2. Lämmön siirtymismuodot [4].

Lämpö siirtyy myös säteilyn avulla, jolloin energia siirtyy sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä. Lämpösäteily ei vaadi väliainetta siirtyäkseen. Pinnat pystyvät vastaanottamaan ympäristöstä säteilyä, lähettämään itse säteilyä ympäristöön ja heijastamaan tulevaa säteilyä. Rakenteiden pinnoilta saattaa karata lämpöä avaruuteen siinä määrin, että esimerkiksi rakennuksen katteen lämpötila saattaa laskea alle ulkoilman lämpötilan ja kosteuden tiivistymisriski kasvaa. [1; 3.]

Kosteus siirtyy rakenteisiin ja rakennusmateriaaleihin usealla tavalla, esimerkiksi seinän rakenteet voivat kastua sateesta tai kosteus voi siirtyä rakenteeseen maaperästä kapillaarisesti. Kosteuslähteet voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin kosteuslähteisiin kuvan 3 mukaisesti. Ulkoisia kosteuslähteitä voivat olla esimerkiksi lumi, jää, sade, pintavesi, pohjavesi ja ulkoilman kosteus. Sisäisiä kosteuslähteitä voivat puolestaan olla esimerkiksi sisäilman vesihöyry, vesivahingot, roiskevesi märkätiloissa, märkä siivous, ilmanvaihdon vaihtelut ja rakennusajalta rakenteisiin jäänyt rakennuskosteus. Kosteus siirtyy rakenteisiin konvektiolla, diffuusiolla ja kapillaarisesti. [5 s. 63.]

Mikäli rakennusosissa pääsee olemaan liian kauan kosteutta, voi siellä alkaa kasvaa erilaisia sieni- ja homeitiöitä, jotka ovat ihmisen terveydelle vaarallisia. Kosteusvaurioita ja niiden mukana tulevia mikrobeja ei kuitenkaan synny, jos rakenne ehtii kuivua tai se kuivatetaan riittävän ajoissa. Suurimmassa osassa rakennusaineita ja -materiaaleja on paljon huokosia ja näissä huokosissa on ilmaa. Ilman mukana rakennusaineisiin pääsee kosteutta, jonka vuoksi ilman kosteuspitoisuutta tulee tarkastella suunniteltaessa kosteusteknisesti oikein toimivia rakenteita. [6 s.1; 7 s. 43.]



Kuva 3. Rakennuksen kosteuslähteet [1].

Kosteus voi siirtyä rakenteisiin lämmön tavoin konvektion avulla, jolloin vesihöyry siirtyy ilmavirtausten mukana rakenteisiin. Ilma virtaa läpi parhaiten huokoisten aineiden ja yleisesti hyvin ilmaa läpäisevien aineiden kautta. Jotta ilmavirtaukset siirtyvät rakenteiden läpi, täytyy rakennuksen ulko- ja sisäpuolella olla erilaiset ilmanpaine-erot. Ilmanpaine-erot syntyvät yleensä lämpötilaeroista, tuulesta ja ilmanvaihtojärjestelmistä. [6 s.2-3.]

Jos rakennuksen sisällä on ylipaine verrattuna ulkoilmaan, lämmin ilma pyrkii ulos rakennuksesta. Tällöin lämmin ilma kohtaa vähitellen kylmemmän pinnan, jolloin lämpimän ilman vesihöyry saattaa kondensoitua rakenteiden pinnalle. Tästä syystä rakennuksen sisällä olisi hyvä olla hieman alipaineinen ilma. Tällöin ulkoilma pyrkii virtaamaan sisälle, jolloin kondensoitumista ei tapahdu. Huono puoli alipaineisessa ilmassa on se, että ulkoilman homeitiöitä saattaa kulkeutua rakennukseen ilmavirran mukana. Hieman alipaineinen ilma saadaan koneellisen ilmanvaihdon avulla, jolloin sisällä olevaa ilmaa viedään koko ajan ulos ja sisätiloissa pysyy pieni alipaine. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan alipaine ei kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa. [3; 8 s.19.]

Rakennuksen yläosiin syntyy usein ylipainetta niin kutsutun savupiippuvaikutuksen vuoksi, jolloin lämmin ilma kohoaa ja huoneen alaosaan syntyy alipaine. Ylipaineen

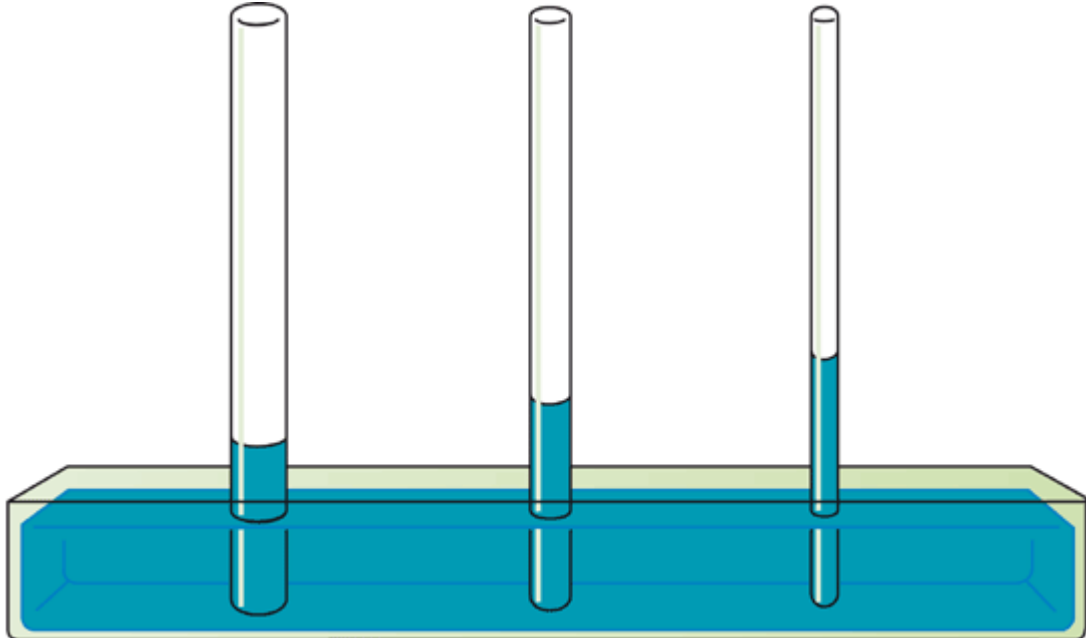
vuoksi seinien yläosiin ja kattorakenteisiin saattaa kondensoitua vettä samasta syystä kuin aiemmassa kappaleessa kerrottiin. Konvektiolla saattaa siirtyä suuriakin ilmamääriä pienistä raoista rakenteessa, naulan rei'istä sekä ovien ja ikkunoiden huonosti tiivistetyistä kohdista. Varsinkin kylminä vuodenaikoina kosteusvaurioiden riski on suurempi verrattuna lämpimään vuodenaikaan, sillä ilman kosteus tiivistyy paremmin kylmiin rakenteisiin. [5 s. 70; 9.]

Vesihöyry voi siirtyä rakenteeseen myös diffuusion avulla. Diffuusio tarkoittaa käytännössä vesihöyryn pitoisuuserojen tasoittumista ajan mittaan. Esimerkkinä diffuusiosta on sokerin liukeneminen kuumaan veteen tai maidon sekoittuminen kahviin. Diffuusion jälkeen juomat ovat siis tasalaatuisia. Rakennuksissa puolestaan rakenteen eri puolilla on erilaiset vesihöyrypitoisuudet ja ne pyrkivät tasoittumaan rakenteen läpi. Diffuusiosta vesihöyry siirtyy suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta kohti pienempää vesihöyrypitoisuutta. Diffuusiovirtauksen suuruuteen vaikuttavat rakennusmateriaalien vesihöyrynläpäisevyydet, materiaalikerrosten paksuudet sekä vesihöyrypitoisuuksien välinen ero. Diffuusiovirtaus on siis sitä suurempi, mitä suuremmat ovat pitoisuuserot ja rakenteen vesihöyrynläpäisevyys. Haitallisinta diffuusiovirtaus on silloin, kun rakenteen sisäpuolelta menee diffuusiolla vesihöyryä rakenteeseen enemmän kuin rakenteesta poistuu. Tällöin ajan saatossa kosteuspitoisuus rakenteen sisällä kasvaa ja rakenteeseen syntyy kosteusvaurio. [5 s. 72.]

Veden kapillaarisella siirtymisellä tarkoitetaan nestemäisen veden siirtymistä rakennusaineen huokosissa. Kapillaari-ilmiössä vesi siirtyy rakenteeseen veden pintajännitysvoimien avulla, jotka syntyvät huokosalipaineen vaikutuksesta. Esimerkiksi maaperästä voi siirtyä kosteutta rakenteisiin. Maaperässä on aina jonkin verran kosteutta, joka voi olla peräisin esimerkiksi pohjavedestä, sateesta tai vajovedestä. Lisäksi maan huokosissa itsessään voi olla vesihöyryä. Tämän vuoksi rakenne tulee suojata kapillaari-ilmiöltä ja esimerkiksi maanvaraiseen laattaan tulee tehdä kapillaarikatko. [5 s.71.]

Yksinkertaistettu käytännön esimerkki kapillaari-ilmiöstä on sokeripalan kastaminen kahviin, jolloin kahvi nousee kapillaari-ilmiön avulla ylöspäin sokeripalassa. Kuvassa 4 on esimerkki kapillaari-ilmiöstä, jossa vesi on noussut kapeassa putkessa ylöspäin painovoimaa vastaan kapillaari-ilmiön avulla. Samalla tavoin kuin veden nouseminen tapahtuu ohuessa putkessa, nousee vesi myös ylöspäin maaperän huokosissa ja mahdollisesti myös rakenteissa. Kuvan 4 avulla voidaan havainnollistaa kapillaari-ilmiötä rakentamisessa. Paksuin putki kuvaa karkeaa kiviainesta, esimerkiksi soramursketta.

Ohut putki puolestaan esittää hienojakoista kiviainesta, esimerkiksi hienoa hiekkaa. Nousukorkeus vaihtelee huokosten koosta riippuen ja mitä pienemmät huokokset tai hienompi aine on kyseessä, sitä paremmin vesi pääsee nousemaan kapillaarisesti. [5 s.71.]



Kuva 4. Kapillaari-ilmio [9].

Vesi siirtyy materiaaliin kapillaarisesti rakenteen tai materiaalin ollessa kosketuksissa suoraan veteen tai toiseen kapillaarisessa kosteustilassa olevaan materiaaliin. Kapillaarisessa kosteustilassa olevalla materiaalilla on siis jo huokokset täynnä vettä. Tämän lisäksi on tärkeää muistaa, että vesi pääsee siirtymään kapillaarisesti kaikkiin suuntiin, ja siinä siirtyvä kosteusmäärä voi olla erittäin suuri. Maanvaraiseen alapohjaan voi siis siirtyä kosteutta suoraan maasta. Toisaalta ulkoseinärakenteen kastuttua, voi seinän halkeamista tai raoista siirtyä seinään sivusuunnassa kosteutta kapillaarisesti. Vasta sitten, kun kosteus on noussut tai siirtynyt niin korkealle, että huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat samansuuruisia, kapillaarinen siirtyminen loppuu ja kapillaarinen kosteustasapaino saavutetaan. [5 s. 71.]

Konvektion, diffuusion ja kapillaari-ilmion lisäksi vesi voi siirtyä rakenteeseen myös painovoiman ja tuulen vaikutuksesta. Vesi pyrkii valumaan aina alemmaksi pystysuorilla sekä kaltevilla pinnoilla ja mikäli esimerkiksi seinässä on epätiivelyskohta, voi vesi päästä valumaan siitä rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurioriskin. Tuuli voi puolestaan nostaa ulkoseinillä olevaa vettä ja lunta ylöspäin, jolloin vesi pääsee painautu-

maan raoista rakenteen sisään syvemmälle. Tuulenpaine on suurimmillaan avoimilla paikoilla oleville rakennuksille ja korkeille rakennuksille. [6 s.4.]

2.2 Rakennuskosteus

Rakennuskosteus on peräisin materiaalien valmistuksessa käytetystä vedestä, rakennusaikaisesta sateesta ja muista kosteusrasituksista, työmaa-aikaisesta vedenkäytöstä sekä materiaalin itsensä sisältämästä vedestä. Yleensä tämä vesimäärä pääsee poistumaan rakenteesta aiheuttamatta mitään ongelmia, mutta joissakin tapauksissa kosteuden poistuminen voi olla liian hidasta verrattuna materiaalin kosteudensietokykyyn. Esimerkiksi kipsilevy on riskialtis materiaali siinä suhteessa, että kipsilevyyn voi muodostua kosteusriski jo pelkästä siivousvedestä, joka voi materiaaliin jäädessään aiheuttaa mikrobivaurion. Tällaisista materiaaleista täytyy rakennusaikainen kosteus poistaa mahdollisimman nopeasti ja mikäli mikrobivaurioitunut rakenne on kosketuksissa sisäilman kanssa, tulee rakenne purkaa ja uusia. [5 s.99.]

Rakennuskosteus pyrkii poistumaan rakenteesta siihen saakka, kunnes rakenne ja sen ympäristö ovat saavuttaneet tasapainokosteuden. Tällöin suhteellinen kosteus rakennusaineen huokosissa on saavuttanut saman arvon kuin ympäröivässä ilmassa. Rakennuskosteuden poistumisen nopeuteen vaikuttavat muun muassa ympäristöolosuhteet, rakenteen materiaalit, rakenteen paksuus, onko rakenne yhteen vai kahteen suuntaan kuivuva ja onko rakenne päässyt kastumaan rakentamisen aikana. [5 s.68.]

2.3 Esimerkkejä

Työssä tarkastellaan, mitä tapahtuu, jos märkä betoni pinnoitetaan ja kuinka kauan valmiin betonilaatan kuivuminen kestää. Betonilattian kuivatuksen yhteydessä puhutaan betonin suhteellisesta kosteudesta. Betonin suhteellinen kosteus kertoo siis prosentteina sen, kuinka paljon betonin huokosten sisältämässä ilmassa on vesihöyryä verrattuna siihen, mitä kyseisessä lämpötilassa voi enimmillään olla vesihöyryä. Tuotteiden valmistajat antavat omat ohjeensa kullekin pinnoitusmateriaalille ja materiaalin vaatiman suhteellisen kosteuden arvon pinnoitettavalle betonille. [1.]

Betoni on kosteuskestävyydeltään hyvä materiaali. Se kestää vettä eikä homehdu. Vaikka betoni kestää itse kosteutta hyvin, saattaa sen päällystemateriaali kuitenkin vaurioitua betonin kosteudesta. Tämän vuoksi betonirakenne tulee kuivata tarpeeksi hyvin ennen pinnoitusta. Rakennusvirheitä, jotka aiheuttavat kosteusvaurion, tehdään usein alapohjan rakenteissa ja märkätiloissa. Tämän lisäksi myös viemäri- ja käyttö-vesiputkistojen vuodot aiheuttavat mittavia kosteusvaurioita. [10.]

Tarkasteltavat rakennetyypit simuloidaan WUFI (*Wärme und Feuchte instationär – Transient Heat and Moisture*) -ohjelman avulla. Laskentaohjelman avulla voidaan simuloida rakenneleikkauksen lämmön ja kosteuden siirtymistä rakenneleikkauksessa. Simuloinnissa tarvitaan rakenneseosien paksuudet, rakenteen suhteellinen kosteus sekä betonin kosteuspitoisuus. Lisäksi tarvitaan ylä- ja alapuolisen ilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Ohjelmaan syötetään myös pintamateriaalien diffuusiovastusarvot. [11.]

Materiaalikerroksen S_d -arvo ilmoitetaan metreinä ja se saadaan kertomalla käytetyn materiaalin paksuus sen diffuusiovastuskertoimella (μ). Rakenteissa käytettyjen lattianpäällysteiden ja kattomateriaalien S_d -arvot on laskettu taulukossa 1. [12.]

Taulukko 1. Materiaalien S_d -arvot [12].

	Paksuus (m)	μ	S_d -arvo (m)
Epoksi	0,001	1000	1
Öljymaali	0,00015	500	0,075
Maali	0,00015	500	0,075

2.3.1 Märän betonin pinnoitus

Betoni tarvitsee riittävän ajan kuivuakseen, ennen pinnoituksen aloittamista. Betonilaa-
tan suhteelliseksi kosteudeksi vaaditaan usein 80–90 %, ennen kuin se voidaan päällystää pintamateriaalilla. Nykyään on kehitetty myös lattiapäällysteitä, jotka kestävät paremmin betonin suurempaakin kosteuspitoisuutta. Sisäilmayhdistyksen sivuilla kohdassa terveelliset tilat, kunnossapito ja korjaus, kerrotaan, että mikrobien on mahdollista kasvaa ja lisääntyä ilman orgaanisia materiaaleja ja ne viihtyvät hyvin yli 90 % suhteellisessa kosteudessa. [1.]

Osa lattianpäällysteistä on materiaaleja, jotka läpäisevät huonosti vesihöyryä. Tällainen päällystemateriaali on esimerkiksi muovimatto. Jos betonilattia päällystetään tällaisella pinnoitteella, pidentää se betonissa jäljellä olevan rakennuskosteuden kuivumisajan nelinkertaiseksi. Tämä siitä syystä, että päällystämisen jälkeen rakenne on enää yhteen suuntaan kuivuva. [1.]

Kun välipohjarakenne päällystetään vesihöyryä läpäisemättömällä materiaalilla, rakenne pääsee kuivumaan vain yhteen suuntaan. Mikäli kattopintaan laitetaan myös hengittämätön materiaali, rakenne ei voi kuivua kumpaankaan suuntaan. Tarkastellaan yksi tilanne. Tilanteessa simuloidaan korjausrakennuskohde. Tutkittavana on vanha holvi, jonka päälle valetaan pintavalu ja sen jälkeen lattia päällystetään vesihöyryä läpäisemättömällä pintamateriaalilla. Lisäksi rakenteen kattopinnassa on huonosti hengittävä pinnoite.

Rakenne 1

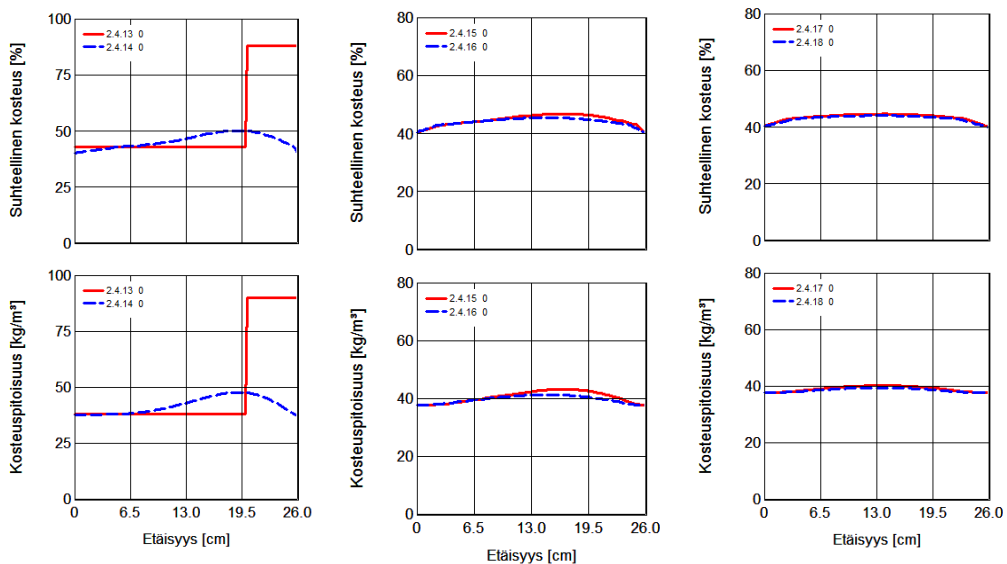
- 1,0 mm lattianpäällyste (EP 10, epoksinpinnoite, Solmaster Oy)
- 60 mm pintavalu
- 200 mm kantava rakenne, paikalla valettu teräsbetonilaatta
- 0,15 mm kattopinta (öljymaali)

Juuri valetun betonilaatan suhteellinen kosteus on 98 %. Betonilaatan annetaan kuitenkin kuivua jonkin verran ennen epoksin levittämistä. Solmasterin internetsivujen mukaan, epoksi voidaan maalata hieman kostealle pinnalle. Oletetaan siis, että työmaan kiireiden vuoksi pintabetoni joudutaan pinnoittamaan aikaisemmin kuin oli suunniteltu. Valetun pintabetonin suhteelliseksi kosteudeksi valitaan simuloinnissa siis 91 %. Oletetaan, että holvin ylä- ja alapuolella on lämmin tila, jolloin lämpötila on 20 °C ja suhteellinen kosteus 40 %. Valitaan tarkasteluajaksi 5 vuotta.

Jotta rakenne saadaan simuloitua, tarvitaan myös tieto betonissa olevasta kosteudesta. Suuntaa-antava betonin kosteussisältö voidaan arvioida betonin hygroskooppisesta tasapainokosteuskäyrästä eli sorptiokäyrästä. Sorptiokäyrä riippuu betonilaadusta ja lämpötilasta, eli kulloiseenkin tilanteeseen täytyy löytää sopiva sorptiokäyrä. Kosteus-

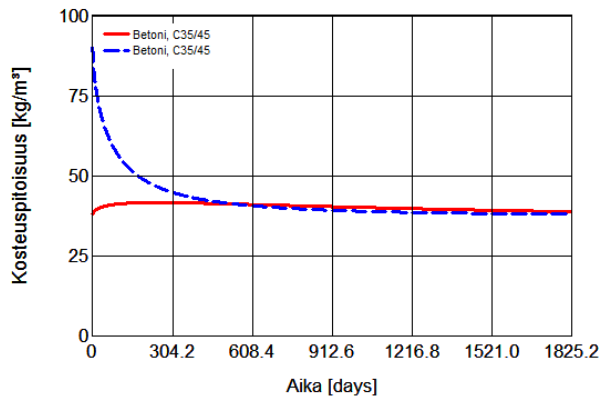
sisältöjen määrittämiseksi käytetään käyrää, joka on tehty 20 °C lämpötilassa betonille, jonka sementtimäärä on 260 kg/m³. [13.]

Uudelle betonille arvioidaan kosteussisällöksi noin 90 kg/m³, kun suhteellinen kosteus on 91 %. Vanhan betonin kosteussisältö on käyrän mukaan noin 25 kg/m³, kun suhteellinen kosteus on 40 %. Tämä kosteussisältö on kuitenkin liian pieni, sillä kun rakenne simuloidaan edellisillä arvoilla, vanhan betonin kosteussisältö vain kasvaa ajan kuluessa ja tasapainokosteuden arvo noin 38 kg/m³:n. Eli betoni on tällöin liian kuivaa ollakseen mahdollinen annetuissa olosuhteissa, sillä se imee huomattavasti kosteutta myös ympäristöstä. Koska tasapaino asettui 38 kg/m³:n kosteussisältöön, laitetaan se vanhan kuivuneen betonin lähtöarvoksi simulointiin.



Kuva 5. Rakenne 1. Simuloidut suhteelliset kosteudet ja kosteuspitoisuudet alkutilanteessa ja seuraavina vuosina, alkaen vuodesta 2.4.2013 ja päättyen vuoteen 2.4.2018.

Vuoden kuluttua pinnoituksesta kosteuspitoisuudet ovat tasaantuneet melko paljon. Vanha betoni on ottanut pintabetonilta kosteutta ja uusi betoni on kuivunut huomattavasti lähtötilanteesta. Suurin kosteuspitoisuus on vanhan ja uuden betonin rajapinnassa. Kosteuspitoisuus edellä mainitussa rajapinnassa on siis vuoden kuluttua noin 48 kg/m³. Suhteellinen kosteus on samassa kohdassa noin 50 %.



Kuva 6. Rakenteen kosteuspitoisuuden muuttuminen viiden vuoden aikana. Punainen viiva kuvaa vanhaa betonia ja sininen viiva pintavalua.

Kuten kuvaajista huomataan, kosteuspitoisuus tasoittuu vuosi vuodelta enemmän ja kolmannelta vuodelta viidenteen vuoteen kosteuspitoisuus ei juurikaan enää muutu. Rakenteen kokonaiskosteuspitoisuus on esitetty kuvassa 6.

2.3.2 Vesiastian kaatuminen betonilattialle

Kuivumaan alkaneen betonin uudelleen kastuminen hidastaa sen kuivumista. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa betoni kastuu, sitä hitaammin kosteus poistuu betonista. Tämä johtuu siitä, että tuoreen betonin huokokset ovat jo täynnä vettä, eivätkä ne pysty vastaanottamaan lisää kosteutta. Betonin kuivuessa ja kovettuessa huokosrakenne tiivistyy. Huokosrakenne ei kuitenkaan tiivisty tarpeeksi, jotta se pystyisi estämään lisäveden pääsyn betoniin. Koska betonin huokosrakenne on kuitenkin jo hieman tiivistynyt, tulee rakenteen kuivumisesta hitaampaa. [13 s. 22.]

Myös tilanteessa, jossa vanha betonirakenne kastuu esimerkiksi vesivahingon seurauksena, voi kuivumisaika olla paljon pidempi kuin tuoreella betonilla. Esimerkkinä on normaalibetonista tehty massiivinen välipohja. Neljän viikon rankkasateen aiheuttama kastuminen voi pidentää välipohjan kuivumisaikaa jopa parillakymmenellä viikolla. Kastuminen vaikuttaa myös elementtien kuivumiseen. Esimerkiksi tehtaalla valmiiksi tehdyt ontelolaatat ovat jo jonkin verran kuivuneet tullessaan työmaalle. Ne voivat kuitenkin kastua työmaalla esimerkiksi runkoa pystytettäessä. Koska betoni on jo hieman kuivunut ja kovettunut, ylimääräisen veden poistumisessa saattaa kestää pitkään. Lisäksi ontelolaatan onteloihin saattaa jäädä rakennusvaiheessa vettä. Mikäli vettä ei poisteta

rakenteesta ontelolaattojen asennuksen jälkeen, saattaa vedestä aiheutua kosteusongelmia käytön aikana. [13 s. 23.]

Betonirakenteen päällystettävyyys varmistetaan kosteusmittausten avulla. Mittaussyvyydet kuitenkin vaihtelevat rakenneratkaisun ja rakenteen paksuuden mukaan. Kahden suuntaan kuivuviissa rakenteissa, kuten esimerkiksi paikalla valetussa välipohjassa, mittaussyvyys on 20 % koko rakenteen paksuudesta. Jos taas kyseessä on yhteen suuntaan kuivuva rakenne, esimerkiksi maanvastainen rakenne, on mittaussyvyys 40 % koko rakenteen paksuudesta. Maksimimittaussyvyytenä voidaan kuitenkin pitää 70 mm:ä. Molemmissa tapauksissa kosteus mitataan lisäksi sekä pinnasta että 10–30 mm:n syvyydeltä. Lähempää betonin pintaa mitattujen suhteellisten kosteuksien arvojen tulee olla alhaisempia kuin arviointisyvyydeltä mitattujen. [13 s. 87.]

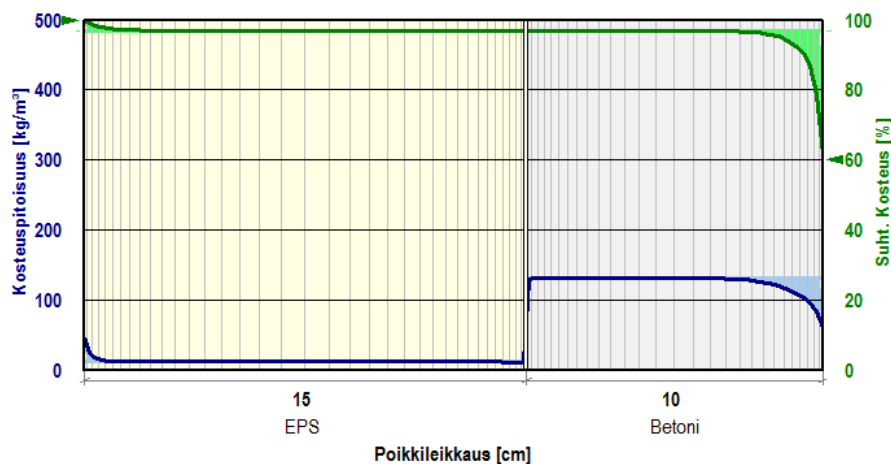
Oletetaan, että betonilattia on kuiva. Työmaalla aloitetaan työvaihe, jossa tarvitaan paljon vettä. Vesiastia kannetaan sisälle betonilattian päälle. Jonkin ajan kuluttua vesiastia kuitenkin kaatuu betonilattialle. Betonilattia kastuu kokonaan. Kuinka kauan lattian kuivumisessa kestää, ennen kuin se voidaan pinnoittaa? Simuloinneissa rakenteiden annetaan kuivua ilman lämmitystä ja kosteudenpoistoa.

Simuloidaan kaksi rakennetyyppiä. Ensimmäisessä tilanteessa mallinnetaan maanvarainen alapohja. Toisessa tilanteessa mallinnetaan ensimmäisen kerroksen välipohja. Molemmissa tilanteissa 40 litran vesiastia kaatuu lattialle. Simuloiduissa rakennekuvis-
sa pystyakselilla oleva vihreä viiva kuvastaa rakenteen suhteellista kosteutta ja sininen viiva rakenteen kosteuspitoisuutta. Vihreäksi ja siniseksi värittyneet alueet kuvaavat lähtötilanteen ja mittaushetken välistä eroa suhteellisissa kosteuksissa ja kosteuspitoisuuksissa. Vaaka-akselilla olevat tiedot kertovat rakenteen paksuuden sekä käytetyt materiaalit.

Rakenne 2

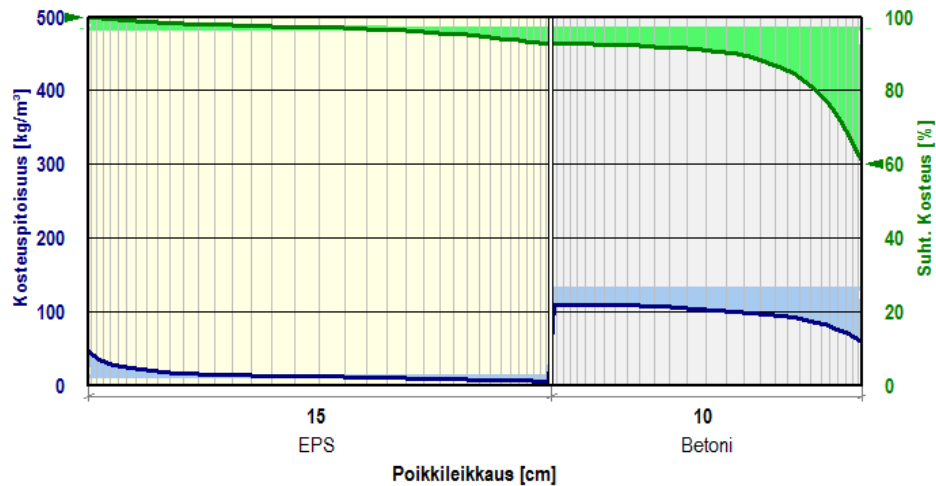
- 100 mm Teräsbetoni-laatta
- Suodatinkangas
- 150 mm Lämmöneriste (ThermiSol EPS 100)
- 250 mm Salaojituseros

Alapohja sijaitsee kellarikerroksessa. Kellarin seinille on juuri tehty vesihiekkapuhallus, jonka avulla seinistä on poistettu maalit. Kellarissa on siis noin 20 °C lämmintä ja ilman suhteellinen kosteus on noin 60 %. Oletetaan, että maapohjan suhteellinen kosteus on 100 % [9]. Vesihiekkapuhallus tehdään alkukesästä, ja oletetaan, että maaperän lämpötila on alkukesästä jo noussut arvoon 17 °C.



Kuva 7. Rakenteen kosteuspitoisuus ja suhteellinen kosteus viikon kuluttua vesiastian kaatumisesta.

Rakenteen vasen puoli kuvaa maanvastaista puolta ja oikea puoli sisätilaa. Kuvan 7 mukaisesti betoni on viikon kuluttua vesiastian kaatumisesta kuivunut vasta vähän pinnastaan. Yhdeksänkymmenen prosentin suhteellinen kosteus voidaan mitata vasta noin 10 mm:n syvyydestä.



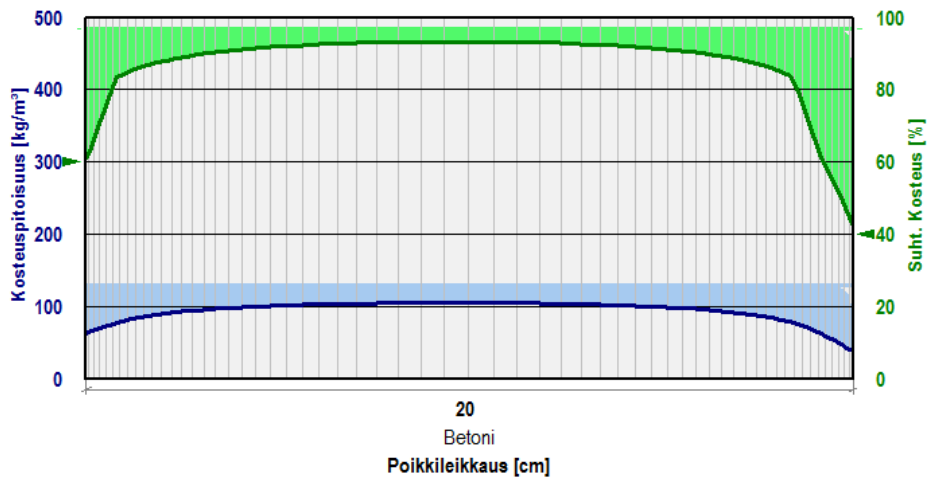
Kuva 8. Rakenteen kosteuspitoisuus ja suhteellinen kosteus 10 kuukauden kuluttua vesiastian kaatumisesta.

Rakenteelle vaadittu suhteellisen kosteuden mittaussyvyys on siis 40 % rakenteen paksuudesta, eli $100 \text{ mm} \times 0,4 = 40 \text{ mm}$. Kuvasta 8 havaitaan, että rakenne saavuttaa 90 % suhteellisen kosteuden 40 mm syvyydellä vasta 10 kuukauden kuluttua vesiastian kaatumisesta.

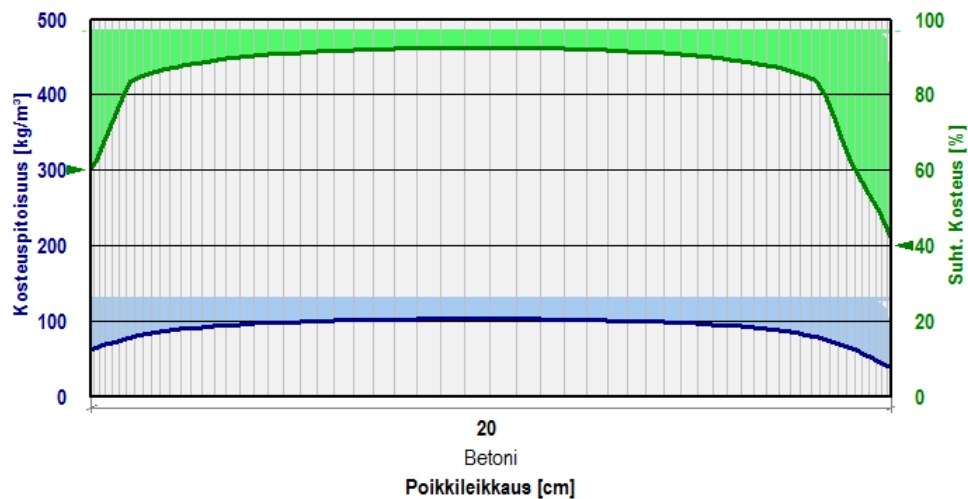
Rakenne 3

- 200 mm Teräsbetonilaatta
- 0,15 mm Kattopinta (maali)

Tarkastellaan välipohjaa, joka on kellarikerroksen (rakenne 2) yläpuolella. Tällöin välipohjan alapuolella on 20 °C lämmintä ja ilman suhteellinen kosteus on noin 60 %. Välipohjan yläpuolella on puolestaan 22 °C lämmintä ja ilman suhteellinen kosteus on 40 %.



Kuva 9. Rakenteen yläpuoli kuivunut 90 % suhteelliseen kosteuteen 40 mm:n syvyydessä. Vesiastian kaatumisesta kulunut hieman alle kolme kuukautta.



Kuva 10. Rakenteen molemmat puolet vähintään 90 % suhteellisessa kosteudessa 40 mm:n syvyydessä. Aikaa kulunut vesiastian kaatumisesta noin kolme ja puoli kuukautta.

Rakenteelle vaadittu mittaus­syvyys on 20 % rakenteen paksuudesta, eli $200 \text{ mm} \times 0,2 = 40 \text{ mm}$. Simuloitujen kuvien oikea puoli kuvaa rakenteen yläpuolista tilaa ja vasen puoli alapuolista tilaa. Kuvan 9 mukaisesti rakenteen yläpinta on kuivunut 90 %:n suhteelliseen kosteuteen 40 mm:n syvyydessä noin kolmen kuukauden kuluttua vesiastian kaatumisesta. Jos rakenteen ylä- ja alapuolen täytyy molempien kuivua yhtä paljon, menee kuivumiseen reilu kolme kuukautta (kuva 10).

3 Kosteudenhallinta

Kosteudenhallinta on laadunhallintajärjestelmän osa, jolla pyritään parantamaan rakennusten käyttöikä. Sillä pyritään erityisesti takaamaan ihmisille terveellinen asuinympäristö. Kosteus- ja homeongelmat ovat rakennusten ja kiinteistöjen suurimpia laatuongelmia. Nämä ongelmat tuovat lisää teknisiä ja taloudellisia haittoja, mutta ennen kaikkea ne voivat olla erityisen vaarallisia ihmisten terveydelle. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto on julkaisussaan Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen (RIL 250–2011) antanut ohjeita kosteudenhallintaan. [5 s.3.]

Kosteus- ja homevaurioiden syyt eivät ole yksiselitteisiä, vaan yleensä vaurioiden syntyyn vaikuttaa monta eri asiaa. Tästä syystä kosteudenhallintaa tulee painottaa kaikille rakennushankkeeseen osallistuville jokaisessa rakennusvaiheessa, jotta rakennuksesta saadaan kosteusteknisesti oikein toimiva. Kosteudenhallintaprosessin tulee siis kestää koko rakennushankkeen ajan alkaen suunnittelusta ja jatkuen aina toteutuksen kautta oikeanlaiseen ylläpitoon. [5 s.10 ja 19.]

3.1 Työmaan kosteudenhallinta

Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteita ovat:

- kosteusvaurioiden synnyn estäminen
- rakenteiden riittävän kuivumisen varmistaminen
- estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen
- vähentää kuivatustarvetta [1].

Nämä kaikki tulisi vielä hoitaa niin, että rakentamiselle ei synny aikatauluviivytyksiä. Työmaan kosteudenhallinnassa tärkeää on myös huolehtia siitä, että rakennus toteutetaan suunnitelmien mukaisesti, jolloin rakennus täyttää viranomaisten antamat määräykset ja sopimusasiakirjat. [1.]

Pääurakoitsijan rooli toteutuksessa on suuri, koska pääurakoitsijan tulee täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa ja noudattaa sen sisältöä. Lisäksi pääurakoitsijan tulee huolehtia oman työnsä ohella myös työmaan yleisestä laadunvalvonnasta muiden hankkeessa mukana olevien kanssa. Pääurakoitsija myös valvoo, että suunnittelun ohjaus ja tuoteosavalmistuksen yhteistyö toimii aikataulun mukaisesti. Työsuoritusten ja järjestelmien oikea toiminta tulee varmistaa tarvittavilla mittauksilla ja tarkastuksilla. [5 s. 93.]

Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa kuudeksi eri pääkohdaksi, joita ovat:

- *kosteusriskien kartoitus*
- *kuivumisaika-arviot*
- *olosuhdehallinta ja suojaus*
- *kosteus- ja tiiviysmittaussuunnitelma*
- *organisointi, seuranta ja valvonta*
- *raportointi [5 s.94].*

Pääkohdista saatavat tiedot merkitään työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan. Ensimmäisenä pääkohtana on kosteusriskien kartoitus. Riskit kartoitetaan esimerkiksi suunnitelmista, joiden avulla voidaan selvittää kohteen ominaispiirteet ja vaativat kosteudenhallintatehtävät. Toisena pääkohtana ovat kuivumisaika-arviot. Tämä on tärkeä kohta siitä syystä, että kuivumisaika-arvioiden avulla saadaan työmaa pysymään aikataulussa ja sen avulla voidaan myös ohjata työmaata ottamaan huomioon eri rakenteiden kuivumisaika aikataulua suunniteltaessa. Mikäli jokin rakenne tarvitsee erityistä huomiota kuivumisen suhteen, esimerkiksi tehostettua kuivausta, voidaan kuivumisaika-arviossa antaa ohjeistusta myös siitä. [5 s.94.]

Kolmantena pääkohtana on olosuhdehallinta ja suojaus, joiden avulla varaudutaan erilaisiin sääolosuhteisiin ja niiden tuomiin haasteisiin. Olosuhdehallinnalla voidaan varmistaa, että työmaan toteutukset voidaan tehdä erilaisissa sääolosuhteissa siten, että työmaa pysyy aikataulussa. Olosuhdesuojauksella puolestaan suojataan esimer-

kiksi työmaan tuotteet ja materiaalit erilaisilla sääsuojilla, jotta ne eivät vaurioidu sateella. Olosuhdesuojaukseen kuuluvat myös itse rakennuksen suojaukset, joita ovat esimerkiksi julkisivusuojat. Sääsuojien ja julkisivusuojien avulla estetään ennen kaikkea laaturvirheiden ja terveydelle vaarallisten mikrobikasvustojen syntyminen, mutta niiden avulla kehitetään myös työolosuhteita, jolloin työskentely ja sen tehokkuus paranee, työn laatu paranee ja alttius sairastamiselle pienenee. [5 s.95.]

Kosteus- ja tiiviysmittaussuunnitelmat ovat neljäntenä pääkohtana. Kosteus- ja tiiviysmittausten avulla varmistetaan siitä, että rakenteet ovat kuivuneet suunnitelmien ja aikataulun mukaisesti. Mittaussuunnitelma tulee ottaa huomioon jo työmaa-aikataulua suunniteltaessa, jotta aikataulua hidastavilta tekijöiltä voidaan välttyä. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjataan ylös myös organisointi, seuranta ja valvonta sekä raportointi. Näiden avulla suunnitellaan, kuinka kosteudenhallinta tullaan toteuttamaan, kenen vastuualueisiin kuuluu mitäkin ja kuinka saadut tulokset tallennetaan ja raportoidaan eteenpäin. [5 s.95.]

Työmaalla olisi hyvä olla nimettynä henkilö, joka vastaa kosteussuunnitelmien toteutumisesta ja tietää työmaan kosteudenhallintaan liittyvät asiat. Kosteusvastaava tarkkailee työmaata päivittäin ja listaa havaintonsa paperille. Täten saadaan todistettua, että työmaalla ollaan selvillä kosteudenhallinnan tilasta ja päivän kosteustapahtumat tiedetään. Kosteusvastaavan tulee myös tarkkailla säätä sekä työmaan olosuhteita ja siten ennakoida työmaalle lämmittämiä ja kuivattimia, mikäli niitä tullaan tarvitsemaan. Mikäli jonkin rakenteen kuivumisesta ei olla varmoja, kosteusvastaavan tulee tilata kosteusmittausten tekijä työmaalle. Kosteusvastaava myös vaatii muilta työntekijöiltä tarkkaavaisuutta veden kanssa työskenneltäessä ja tiedottamista mahdollisista puutteista. Työmaan kosteudesta vastaava henkilö siis pyrkii kaikilla tavoin edesauttamaan terveellistä rakentamista ja vaatii sitä myös muilta työntekijöiltä sekä ehdottaa parempien ratkaisujen tekemistä, mikäli huomaa suojauksissa ja vedenohjauksissa puutteita. [14.]

Kosteudenhallinnan ohella voidaan puhua kuivasta rakentamisesta. Kuivan rakentamisen määritelmässä on kolme pääkohtaa (Rakentajain kalenteri 2012):

- 1) *vesikatto ja rakennuksen vaippa ovat vedenpitävät tai rakentamista tehdään sääsuojassa*
- 2) *lämpötila on yli 15 °C (lämmitys päällä)*
- 3) *ilman suhteellinen kosteus on vähemmän kuin 70 % ja tavoitteena 50 % [15].*

Kuivaa rakentamista olisi hyvä käyttää kaikessa rakentamisessa, mutta etenkin korjausrakentamisessa sekä herkkien materiaalien, kuten puun ja väliseinälevyjien kanssa on rakennettava kuivalla rakentamistavalla. Työmaan kuivapidon tulisi olla kaikille työmaalla työskenteleville itsestäänselvyys, jolloin kaikki työntekijät yhteistuumin pyrkisivät rakentamaan kuivan rakennuksen ja suojaamaan materiaalit kosteudelta. Lisäksi kosteat tilat tulee pitää puhtaina, koska varastoitavat materiaalit lattialla sekä pöly ja roskat hidastavat rakenteiden kuivumista. [15.]

Koska työmaa on koko ajan alttiina kosteusrasituksille, johtuen vaihtelevasta säästä sekä työmenetelmien synnyttämästä kosteudesta, on tärkeä huolehtia myös työmaan ilmanvaihdosta. Sopiva ilmanvaihto rakennustyömaalla on silloin, kun ilma vaihtuu 1-2 kertaa tunnin aikana. Ilmanvaihdolla saadaan aikaan terveempi ilma työntekijöille, eli poistetaan rakennuspölyä ja mahdollisesti myös haitallisia aineita ilmasta. Tämän lisäksi ilmanvaihdolla ja tuuletuksella saadaan poistettua rakennuskosteutta. Rakenteiden kuivattamisen kannattavuus ilmanvaihdolla vaihtelee kuitenkin vuodenaikojen mukaan. [15.]

Keskitalvella ilman vesihöyryn osatiheys on pieni, eli ilma on kuivaa. Tällöin lämmityksen ja tuuletuksen avulla saadaan tehokkaasti poistettua rakennuskosteutta. Kevättalvella ja alkukesästä ulkoilma on myös kuivaa, jolloin kuivatus on vielä edullista ja helppoa, vaikka rakennuskosteutta olisi paljon. Siirryttäessä alkusyksyyn, kuivatuksesta tulee haasteellista. Syyskesästä ilmassa on paljon kosteutta, jolloin tuuletuksella ei oikeastaan saada kuivumista aikaan. Tällöin tulee kuivuminen varmistaa jollain muulla tapaa, kuten esimerkiksi koneellisella kuivatuksella. Tämän lisäksi tulee huolehtia varsinkin syyskaudella siitä, ettei ylimääräistä vettä ja kosteutta kulkeudu rakenteisiin, koska silloin kuivatusmäärä on vielä suurempi. [15.]

Hyvänä muistisääntönä lämmityksessä voidaan pitää sanontaa ”lämmitä työmaata – älä ulkoilmaa”. Lämmityksessä täytyy siis varmistua, että lämmitetään oikeasti kuivastusta tarvitsevaa osaa tai työmaan sisäilmaa. Työmaan isot aukot tulee peittää, jotta työmaa ei tuuletetu liikaa. Isoihin aukkoihin, kuten esimerkiksi porrashuoneisiin ja ajoramppeihin, voidaan tehdä suojaseinä, jolloin ilmanvirtausta saadaan rajoitettua. Mikäli ikkunat vaihdetaan rakennukseen, tulee ikkunoiden poissa ollessa ikkuna-aukot suojata muovein ja ikkunat tulisi asentaa takaisin paikoilleen heti, kun se vain on mahdollista. [15.]

Varsinkin talviaikaan tulee varoa tuulettamasta liikaa, sillä ylimääräisen kylmän ilman lämmittäminen ei ole energiatehokasta. Tämän lisäksi syyskauden ilmankosteus pääsee sisälle helposti liialla tuuletuksella. Lausahdus ”alle tuuma riittää tuuletukseen” tarkoittaa sitä, että tuuletus järjestetään pienten aukkojen kautta, jolloin ilma vaihtuu työmaalla mutta ei kylmetä sitä. [15.]

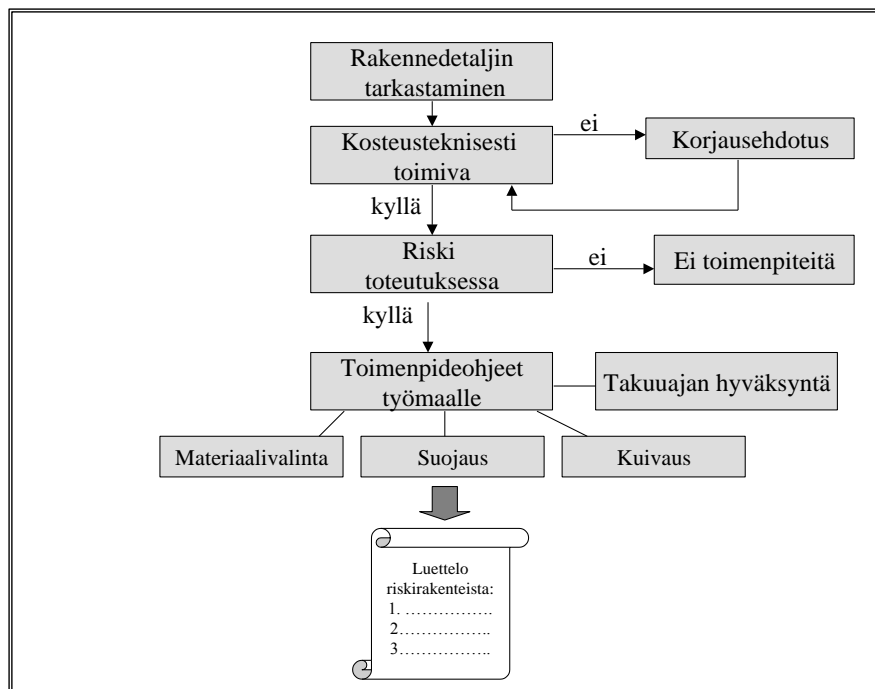
3.2 Kosteudenhallintasuunnitelmat

Kosteudenhallintasuunnitelmia on olemassa kahdenlaisia, työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelma sekä työmaan kosteudenhallintasuunnitelma. Työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelmassa keskitytään tiettyyn työvaiheeseen, jonka avulla varmistetaan tehtävän työvaiheen täyttävän vaaditut laatutavoitteet. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa puolestaan kartoitetaan koko työmaan kosteudenhallinta.

3.2.1 Työmaa

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa arvioidaan koko työmaan kannalta kriittiset riskit ja rakennuttajan vaatimat laatutavoitteet. Pääurakoitsija tekee työmaan kosteudenhallintasuunnitelman ennen kuin työmaa alkaa. Ensimmäisenä kosteudenhallintasuunnitelmassa on hyvä esitellä hankkeen yleistiedot, eli osapuolet ja tilaaja ja erityisesti työmaan kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt. Seuraavaksi kootaan yhteen kosteudenhallinnan laatutavoitteet, jotka tilaaja on hankkeelle asettanut sekä suunnitelmiin merkityt tavoitteet. Näiden tietojen avulla kartoitetaan työmaan kosteusriskit ja muut kosteudenhallintasuunnitelmaan tarvittavat kohdat. [5 s. 97.]

Kosteusriskien arviointiin tulisi liittää suunnitteluvaiheessa todetut riskiarviot sekä työmaalla tehty kosteusriskien kartoitus. Työmaan kosteusriskien kartoituksessa arvioidaan rakennedetaljien perusteella rakenteiden toimintaa ja erityisesti huomioidaan ne kohdat rakenteissa, jotka estävät liiallisen kosteuden pääsyn rakenteisiin. Täten varmistetaan siitä, että kosteuden suhteen vaativat kohdat tehdään varmasti suunnitellulla tavalla. Kuvassa 11 on esimerkki etenemishjeesta, jonka avulla rakennedetaljit voidaan tarkastaa. Ensimmäiseksi mietitään, onko detalji kosteusteknisesti oikein toimiva ja onko sillä riskejä toteutuksessa. Mikäli riskejä löydetään, täytyy työmaalle tehdä toimenpideohjeet, joita tullaan noudattamaan, ja joiden avulla varmistetaan rakenteen oikeanlaisesta kosteuskäyttäytymisestä. Lopuksi tehdään luettelo riskirakenteista tai rakennustavoista, joissa on aiemminkin havaittu kosteusriskejä. Näistä esimerkkejä ovat esimerkiksi salaojat (saattavat väärin tehtynä tuottaa riskirakenteen), perustusrakenteet, alapohjarakenteet, kellarin seinät, vesikatto, julkisivut sekä parvekkeet ja terrassirakenteet. [5 s.99.]

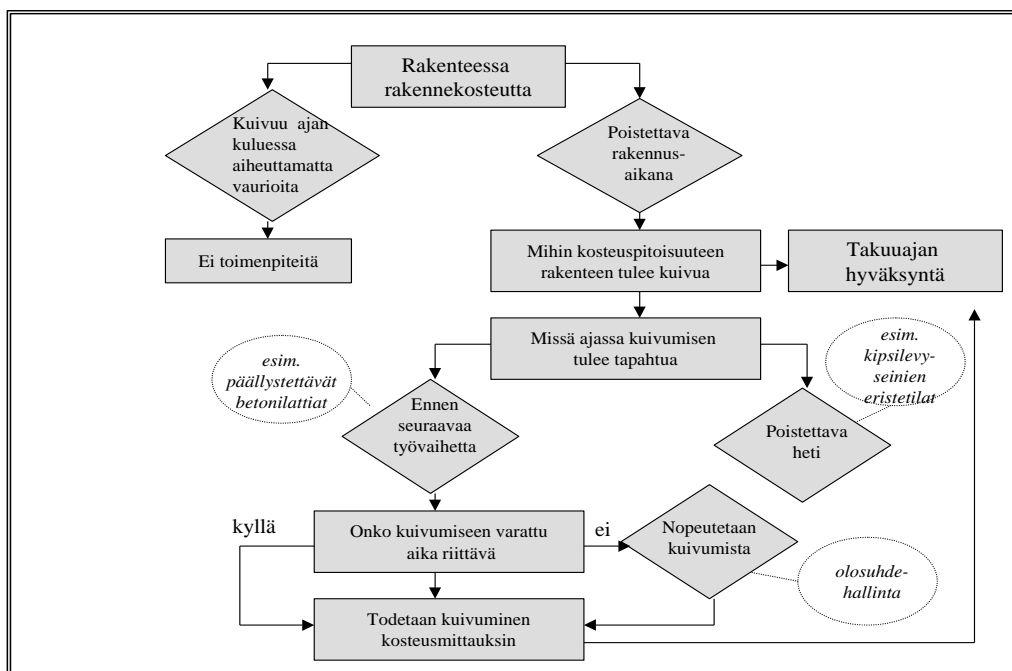


Kuva 11. Rakennedetaljien tarkastus [16].

Rakennuskosteudesta johtuen useissa rakenteissa on ylimääräistä kosteutta, jonka tulee poistua rakenteesta tietyssä ajassa. Tämä aika määräytyy rakenteen tai materiaalin kosteudensietokyvyn mukaan, eli mikäli vesi poistuu rakenteesta hitaasti suhteessa kosteudensietokykyyn, voi rakenteelle aiheutua mikrobivaurio. Tämän vuoksi kosteudenhallintasuunnitelmaan tulee suunnitella rakenteiden kuivumisaika-arviot ja

päällystettävyys. Kuivumisaika-arvio laaditaan sellaisille betonirakenteille, jotka tullaan päällystämään kosteusherkillä materiaalilla. Esimerkiksi betonirakenteen täytyy kuivua riittävästi ennen kuin se päällystetään keraamisilla laatoilla. [16 s.2.]

Kuvassa 12 on esitetty malli, jonka avulla kuivumisaikaa voidaan arvioida. Kuvan mukaisesti ensiksi mietitään, täytyykö kosteus poistaa rakenteesta jo rakennusvaiheessa, vai saako rakenne kuivua ajan kuluessa. Mikäli rakenteessa oleva rakennekosteus saa kuivua ajallaan, ei erillistä toimenpidettä tarvita. Toisin on kuitenkin, mikäli kosteus täytyy saada pois rakenteesta jo rakentamisen aikana. Tällöin joudutaan miettimään, kuinka nopeasti kuivumisen tulee tapahtua; heti vai vasta ennen seuraavaa työvaihetta? Tämän lisäksi täytyy miettiä, kuinka paljon kuivatukselle on varattu aikaa työmaa-aikataulussa ja suunnitelmissa. Mikäli rakenne ei ehdi kuivua sille tarkoitetussa ajassa, täytyy miettiä mahdollista lisäkuivatusta. Kuivumista voidaan tehostaa esimerkiksi lämmittämällä rakennetta, aiheuttamalla ilmavirtauksia materiaaleille, joilla on suuri ilmanläpäisevyys tai alentamalla suhteellista kosteutta rakenteen ympäriltä. Lopuksi rakenteen kuivuminen todetaan kosteusmittauksin.



Kuva 12. Rakennuskosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisaajan arviointi [16].

Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelussa keskitytään siihen, kuinka rakenteiden ja rakennusmateriaalien tarpeeton kastuminen estetään. Lisäksi pyritään luomaan koh-

teeseen oikeanlaiset olosuhteet rakenteiden kuivattamiseksi. Turhalta kastumiselta vältytään parhaiten, kun suojaaminen on jo etukäteen hyvin suunniteltu. Rakenteiden kuivatusolosuhteet puolestaan varmistetaan tuuletuksen ja lämmityksen suunnittelulla. Kuivatusolosuhteita suunniteltaessa tulee selvittää mitkä tavoiteolosuhteet halutaan ja kuinka ulkoilman olosuhteet vaikuttavat kuivumiseen. Lisäksi tulee miettiä, voidaanko rakennuksen omaa lämmitysjärjestelmää käyttää apuna kuivatuksessa. Lisälämmityksen ja lisäkuivatuslaitteiden tarve sekä alueellisen kuivatussuunnitelman tarve arvioidaan myös. Alueellista kuivatussuunnitelmaa käytetään, mikäli jokin kohde tarvitsee sitä. Syinä voivat olla esimerkiksi kiireellinen aikataulu tai lisälämmityksen tarve. Tällöin suunnitellaan kuinka kuivatettavan tilan osastointi tullaan suorittamaan. Lisäksi mietitään, kuinka paljon lisälaitteita tarvitaan ja kuinka ne sijoitetaan tilaan. [5 s.101–102, 106.]

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan suunnitellaan myös työmaalla tehtävät kosteusmittaukset. Näitä mittauksia ovat esimerkiksi sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakennuskosteusmittaukset. Kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään, millaisella mittausmenetelmällä mittaukset toteutetaan sekä valitaan käytettävä mittauslaitteisto. Mittauslaitteiston kalibroinnin varmistus määritetään suunnitelmassa sekä mittauksen tekevän henkilön ammattitaito. Tehtävien kosteusmittauksien aikataulu ja laajuus suunnitellaan sekä tarvittavien mittauspisteiden sijainti. [5 s.106.]

3.2.2 Työmaavaihe

Työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelma tehdään työvaiheelle, mikäli rakennusvaihe on kosteusteknisesti haastava. Suunnitelmasta käytetään yleensä nimeä tehtäväsuunnitelma. Esimerkiksi vesikaton korjaamiselle voidaan tehdä tällainen suunnitelma. Tehtäväsuunnitelmasta käy ilmi muun muassa vesikaton suojaustapa ja työn toteutustapa. Tehtäväsuunnitelman tekee joko pääurakoitsija tai aliorakoitsijan työnjohto. Esimerkiksi, jos vesikaton korjaus tehdään aliurakkana, tekee vesikattourakoitsija tehtävästä työstä tehtäväsuunnitelman.

4 Kysely

4.1 Kyselylomake

Työmaiden kosteudenhallinnasta tehdään sähköinen kysely Staran Rakennustekniikan työmaiden työnjohdolle (Liite 1). Lisäksi kysely lähetetään myös työmaiden valvojille sekä suunnittelijoille. Kyselyn avulla kartoitetaan muun muassa työnjohdon mielipiteitä tekemistään kosteudenhallintasuunnitelmista sekä kosteudenhallinnan toteutumisesta työmailla. Esimerkkikysymyksiä kyselystä: suunnitellaanko rakenteille kuivumisaika-arviot, otetaanko kuivumisaika-arviot huomioon aikataulussa, onko työmaalla lämpö- ja kosteusmittareita, seurataanko lämpö- ja kosteusmittareita ja suunnitellaanko tehtävät kosteusmittaukset etukäteen?

Työnjohdolle ja valvojille suunnataan melko lailla toisiaan vastaavat kysymykset. Tällöin saadaan tietoa siitä, kuinka koko ajan työmaalla työskentelevän ja ajoittain työmaalla käyvän henkilön mielipiteet poikkeavat toisistaan. Työnjohdolta ja valvojilta siis kysytään, minkä tasoisena he näkevät työmaan panostuksen kosteudenhallintaan. Suunnittelijoilta puolestaan kysytään, ottavatko he mielestään tarpeeksi kantaa kosteudenhallintaan ja pitäisikö suunnittelijan heidän mielestään ohjata työmaata enemmän kosteudenhallinnassa. Työnjohtajille, valvojille ja suunnittelijoille on kaikille lisäksi yksi yhteinen kysymys, kenen pitäisi heidän mielestään vastata työmaan kosteudenhallinnasta. Kysely lähetetään 25 työnjohtajalle, 5 valvojalle, 3 arkkitehdille ja 2 rakenne-suunnittelijalle.

4.2 Kyselyn tulokset

Kyselyyn vastasi 19 henkilöä, eli vastausprosentti oli 54. Vastaajista 5 henkilöä oli työnjohtajia, 11 vastaavia työnjohtajia sekä 3 henkilöä oli suunnittelijoita. Osa kyselyn tärkeimpiä tuloksia on taulukoituna taulukoihin 2–10.

Taulukko 2. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Erittäin huonon	Huonon	Keskinkertaisen	Melko hyvän	Hyvän	N
Millaisen kosteudenhallintasuunnitelman teet mielestäsi?	13 %	6 %	19 %	31 %	31 %	16

Taulukon 2 mukaisesti suurin osa kysymykseen vastanneista tekee mielestään joko hyvän tai melko hyvän kosteudenhallintasuunnitelman. Kysymykseen vastasi yhteensä 16 henkilöä. Hyvän kriteerinä oli työmaakohtaisesti pohdittu kosteudenhallintasuunnitelma, joka on tehty työmaan suunnitelmien ja aikataulun avulla. Noin viidesosa vastanneista tekee mielestään keskinkertaisen kosteudenhallintasuunnitelman. Keskinkertaisen suunnitelman taso määriteltiin kysymyksessä siten, että siinä yritetään nopeasti korjailla joitain tietoja vanhasta suunnitelmasta.

Suurempi osa vastaajista oli sitä mieltä, että tekee erittäin huonon suunnitelman (13 %), kuin että tekisi pelkästään huonon suunnitelman (6 %). Erittäin huonossa kosteudenhallintasuunnitelmassa tekijä käyttää aina samaa suunnitelmaa riippumatta työmaasta. Tekijä saattaa vaihtaa otsikon, mutta suunnitelman sisältö pysyy lähes aina samana.

Taulukko 3. Kyselyn tuloksia

Kysymys	Erittäin huono(sti)	Huono(sti)	EOS	Hyvin/Hyvä	Erittäin hyvin/hyvä	N
Panostetaanko kosteudenhallintaan mielestäsi riittävästi työmaalla?	0 %	16 %	21 %	63 %	0 %	19
Mikä on mielestäsi kosteudenhallinnan tilanne työmailla nykyhetkellä?	0 %	6 %	33 %	61 %	0 %	18

Taulukossa 3 on esitetty vastaukset kahteen kysymykseen, joista toisella kartoitettiin työmaan panostusta kosteudenhallintaan ja toisella työmaiden nykytilannetta kosteudenhallinnassa. Enemmistö vastaajista oli sitä mieltä, että työmailla panostetaan hyvin kosteudenhallintaan (63 %). Kysymykseen vastaajia oli yhteensä 19 henkilöä. Noin viidesosa vastaajista ei kuitenkaan osannut vastata kysymykseen ja loput vastaajista olivat sitä mieltä, että työmailla panostetaan huonosti kosteudenhallintaan.

Toiseen kysymykseen vastasi 18 henkilöä. Kosteudenhallinnan nykytilanne työmailla oli 61 %:n mielestä hyvä. Kolmasosa vastanneista ei osannut vastata kysymykseen. Ja vain pieni osa (6 %) oli sitä mieltä, että tilanne työmailla on huono. Kenenkään mielestä tilanne ei ollut erittäin hyvä tai erittäin huono kummankaan kysymyksen osalta.

Taulukko 4. Kyselyn tuloksia

Kysymys	Vastaava työnjohtaja	Kosteusvastaava	Joku muu, kuka?	N
Kuka vastaa työmaan kosteudenhallinnasta?	100 %	0 %	0 %	19

Taulukon 4 mukaisesti kaikilla työmailla kosteudenhallinnasta vastaa vastaava työnjohtaja. Kysymykseen vastasi yhteensä 19 henkilöä.

Taulukko 5. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Suunnittelija	Pääurak. työnjohto	Kosteusvastaava	Joku muu, kuka?	N
Kenen tulisi mielestäsi vastata työmaan kosteudenhallinnasta?	11 %	58 %	32 %	0 %	19

Kyselyssä kartoitettiin mielipidettä siitä, kenen tulisi työmailla vastata työmaan kosteudenhallinnasta (taulukko 5). Kysymykseen vastasi 19 henkilöä. Yli puolet (58 %) vastanneista oli sitä mieltä, että pääurakoitsijan työnjohdon tulisi vastata kosteudenhallinnasta. Tämä tarkoittaa siis sitä, että puolet vastaajista puoltaa nykyistä tilannetta, jossa vastaava työnjohtaja huolehtii kosteudenhallinnasta. Noin kolmasosa vastaajista oli sitä mieltä, että kosteudenhallinnasta tulisi vastata erikseen määrätyn henkilön, kosteusvastaavan. Loput vastaajista (11 %) haluaisi suunnittelijan vastaavan kosteudenhallinnasta.

Taulukko 6. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Kyllä	Ei	N
Arvioitko suunnitelmista kosteusteknisesti vaikeat rakenneratkaisut?	81 %	19 %	16

Taulukon 6 mukaan suurin osa (81 %) työnjohtajista arvioi suunnitelmista kosteusteknisesti vaikeat rakenneratkaisut tehdessään kosteudenhallintasuunnitelmaa. Noin vii-

desosa työnjohtajista ei kuitenkaan arvioi vaikeita rakenneratkaisuja ja niiden vaikutuksia kosteudenhallintaan. Kysymykseen vastasi yhteensä 16 henkilöä.

Taulukko 7. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Kyllä	Ei	Joskus	EOS	N
Suunnitteletko rakenteille kuivumisaika-arviot?	88 %	6 %	-	6 %	16
Otatko rakenteiden kuivumisaika-arviot huomioon aikataulua tehtäessä?	81 %	0 %	19 %	-	16
Noudatetaanko aikataulua kosteudenhallinnan osalta?	72 %	0 %	28 %	-	18

Kuten taulukosta 7 nähdään, 88 % vastaajista suunnittelee rakenteille kuivumisaika-arviot. Kysymykseen vastasi yhteensä 16 henkilöä. 6 % vastaajista ei kuitenkaan suunnittele kuivumisaika-arvioita ja 6 % vastanneista ei osannut vastata kysymykseen. Aikataulua tehtäessä rakenteiden kuivumisaika-arviot ottaa huomioon noin 81 % vastanneista. Noin viidesosa (19 %) huomioi kuivumisaika-arviot vain joskus aikataulua tehdessään. Kysymykseen vastasi myös 16 henkilöä.

Kun aikataulu on tehty, noudattaa tehtyä aikataulua kosteudenhallinnan osalta melkein kolme neljäsosaa vastanneista (72 %). Kysymykseen vastasi 18 henkilöä. Kosteudenhallinnan osalta aikataulua noudattaa melko suuri määrä (28 %) vain joskus.

Taulukko 8. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Kyllä	Ei	N
Pidetäänkö säätiloista päiväkirjaa päivittäin?	88 %	12 %	17
Onko työmaan sisätiloissa lämpömittareita?	71 %	29 %	17
Seurataanko lämpömittareita päivittäin?	53 %	47 %	17
Onko työmaalla kosteusmittareita?	72 %	28 %	18
Seurataanko kosteusmittareita päivittäin?	71 %	29 %	17

Sääolosuhteiden seuranta ja työmaan lämpö- ja kosteusmittareiden käyttöä kartoitettiin taulukon 8 kysymyksillä. Yleisesti säätiloista pitää päiväkirjaa päivittäin 88 % kysy-

mykseen vastanneista. Loput vastanneista, eli 12 %, ei kuitenkaan seuraa sääolosuhteita. Tähän kysymykseen vastasi 17 henkilöä.

Työmaan sisätiloissa pidetään lämpö- ja kosteusmittareita suunnilleen yhtä paljon (71 % ja 72 %). Lopuilla vastaajista ei ole edellä mainittuja mittareita työmaalla. Lämpömittarikysymykseen vastasi 17 henkilöä ja kosteusmittarikysymykseen 18 henkilöä. Mittareiden seurannasta tuli kuitenkin poikkeavat luvut. Lämpömittareita seuraa päivittäin vain noin puolet (53 %) kysymykseen vastanneista. Kosteusmittareita seuraa päivittäin kuitenkin reilusti yli puolet (71 %) kysymykseen vastanneista.

Taulukko 9. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Kyllä	Ei	N
Suunnitellaanko etukäteen mitä kosteusmittauksia tullaan tekemään?	78 %	22 %	18

Taulukon 9 kysymykseen vastasi yhteensä 18 henkilöä. Noin neljä viidesosaa (78 %) suunnittelee etukäteen työmaalla tehtävät kosteusmittaukset. Loput vastanneista ei suunnittele etukäteen tehtäviä kosteusmittauksia.

Taulukko 10. Kyselyn tuloksia.

Kysymys	Kyllä	Ei	EOS	N
Opastetaanko työmaata tekemään kosteusteknisesti haastavat rakenteet?	67 %	17 %	17 %	18
Pitäisikö suunnittelijan ohjata työmaata enemmän kosteudenhallinnassa?	79 %	21 %	-	19
Otetaanko kosteudenhallinta vahvasti esille suunnittelukokouksissa?	32 %	68 %	-	19
Olisiko mielestäsi syytä käsitellä kosteudenhallinnan kysymyksiä työmaakokouksissa?	89 %	11 %	-	19

Taulukon 10 kysymyksillä kartoitettiin mielipiteitä suunnittelijan avusta kosteudenhallinnassa. Kaksi kolmasosaa (67 %) vastanneista olivat sitä mieltä, että työmaata opastetaan tekemään kosteusteknisesti haastavat rakenteet. Noin viidesosan mielestä opastusta ei kuitenkaan saa. Loput vastanneista eivät osanneet vastata kysymykseen. Kysymykseen vastasi yhteensä 18 henkilöä.

Noin neljä viidesosaa vastanneista oli sitä mieltä, että suunnittelijan pitäisi ohjata työmaata enemmän kosteudenhallinnassa. Loput vastanneista, eli yksi viidesosa, oli kuitenkin sitä mieltä, että suunnittelijan ei tarvitse ohjeistaa työmaata enempää. Kosteudenhallintaa ei kuitenkaan oteta esille kovin vahvasti suunnittelukokouksissa. Tätä mieltä oli 68 % kysymykseen vastanneista. Loput vastanneista olivat taas sitä mieltä, että kosteudenhallinta tulee tarpeeksi esille suunnittelukokouksissa.

Yhdeksän kymmenestä oli kuitenkin sitä mieltä, että kosteudenhallinnan kysymyksiä tulisi käsitellä työmaakokouksissa. Loput vastanneista, eli yksi kymmenestä, oli kuitenkin vastakkaista mieltä. Suunnittelijan työmaan kosteudenhallinnan ohjaukseen, kosteudenhallinnan esilletuloon suunnittelukokouksissa ja työmaakokousten kosteudenhallintaa käsitteleviin kysymyksiin vastasi kaikkiin yhteensä 19 henkilöä.

5 Asiantuntijahaastattelu

Haastattelin sähköpostin välityksellä Esa Rämästä, Länsi-Suomen Rakennusanalyysi Oy:stä. Länsi-Suomen Rakennusanalyysi Oy on toiminut jo vuodesta 1997 ja yrityksen toimialaan kuuluu kaikki, mikä liittyy asuntojen ja rakennusten kosteuteen, terveellisyyteen ja yleiskuntoon. Päätoimialana on tutkia epäonnistuneiden asuntokauppojen syitä ennen käräjäntiä. Yritys sijaitsee Dagsmarkissa, Kristiinankaupungissa. [17.]

Rämänen kertoo, että heidän tutkimissaan kohteissa kosteusvaurioiden suurimpina syinä ovat tehdyt rakennusvirheet. Rakennusvirheiden lisäksi yleensä hyvin monesta kohteesta löytyy myös vanha korjaamaton tai puutteellisesti korjattu vesivahinko. Tällä hetkellä kosteudenhallinnasta ja virheistä on tietoa runsaasti, verrattuna tiedonmäärään 1970–1980 luvuilla. Virheistä nimittäin pääosa on tehty 1970–80 -luvulla. Rämäsen mielestä huolestuttavaa on se, että 2000-luvulla rakennetuista rakennuksista löytyy myös paljon laatu- ja kosteusongelmia. Se tarkoittaa siis sitä, että ollaan menossa huonompaan suuntaan. Rämänen lisää vielä, että kyse ei ole yksittäistapauksista.

Millä tavalla kosteusvaurio havaitaan rakennuksessa ja kuinka tällainen kohde korjataan? Rämänen toteaa, että heidän tapauksissaan kosteusvaurio huomataan yleensä sisäilmahaittana, tai jo aloitettujen korjausten yhteydessä. Kosteusvaurion syyn selvittäminen, eli onko kyseessä esimerkiksi vesivahinko tai kapillaari-ilmiö, vaatii puoles-

taan erilaisia kosteusmittauksia. Rakenteille voidaan tehdä esimerkiksi suhteellisen kosteuden mittauksia tai apuna voidaan käyttää lämpökameroita jne.

Rämänen kertoo, että kosteusvauriokohteiden korjausmenetelmissä on paljon puutteita ja vääriä menetelmiä. Se, kuinka vauriot tulisivat nykytietämyksen mukaan korjata, poikkeaa kuitenkin siitä, kuinka ne käytännössä korjataan. Esimerkiksi Kuopion yliopiston korjausohjeet ovat tosi harvalla tiedossa, puhumattakaan erikoiskorjausmenetelmistä.

Rämäsen kokemuksen mukaan työmaat eivät perehdy kosteudenhallintaan riittävästi. Hän kertookin, että kohteen suunnitteluvaiheessa tulisi laskea rakenteille niiden vaatimat kuivumisajat ja määrätä rakenteiden vaatimat olosuhteet. Tällöin rakennusvaiheessa enää vain seurattaisiin kuivumista ja varmistettaisiin vaaditut kuivumisedellytykset. Lisäksi rakenteiden kuivuminen tulisi varmistaa mittauksin. Rämäsen mielestä työmaan täytyisi perehtyä erityisesti kokonaiskosteudenhallintaan. Tämä siitä syystä, että kosteus- ja homevauriot saattavat syntyä jo hyvin pienestä ja vähäpätöiseltä tuntuvasta asiasta.

Kuinka kosteudenhallintaa sitten voisi kehittää? Rämänen toteaa, että vuodenajasta riippuen kosteudenhallinnan tulisi määritellä työjärjestys, tarvittavat suojaukset, tarvittava kuivauskalusto, mittaukset jne. Kosteudenhallinnasta tulisi myös vastata koko työmaan ajan selkeä vastuuhenkilö. Tällä vastuuhenkilöllä olisi riittävät pohjatiedot kosteus- ja homevaurioista sekä valtuudet vaikka tarvittaessa pysäyttää työ. Samalla hän valvoisi myös aliurakoitsijoiden työtä.

Rämänen kertoo vielä, että asenteissa olisi myös parantamisen varaa. Lisäksi koulutuksen olisi hyvä olla pakollista ainakin perusasioiden osalta. Hän lisää vielä, että kosteudenhallinnan tulisi olla mitä suurimmassa määrin joukkuepeliä.

6 Opinnäytetyöhön valittu työmaa

6.1 Hesote 2

Helsingin sosiaali- ja terveysalan oppilaitos (Hesote), entinen Mannerheimintien yhteiskoulu, on rakennettu vuonna 1957. Koulua on kuitenkin laajennettu ja sen laajenusosat valmistuivat vuosina 1960, 1963 ja 1985. Osa koulusta on kahdessa kerroksessa ja joissakin osissa on myös kellarikerrokset. Rakennuksen bruttoala on 7366 m². Rakennus sijaitsee Helsingissä Laakson kaupunginosassa, osoitteessa Lehtikuusentie 4. Rakennuksen on suunnitellut Arkkitehtuuritoimisto Aarne Ervi. Kaavassa rakennusta ei ole suojeltu. Koulurakennus on kuitenkin rakennustaiteellisesti arvokas ja tästä syystä rakennuksen ilme pyritään säilyttämään alkuperäisen näköisenä julkisivun uusimisen jälkeen. [18.]

Hesotessa tehdään vesikaton, ikkunoiden ja julkisivun peruskorjaustyöt. Tarve peruskorjaukseen on johtanut siitä, että koulun sisällä on todettu olevan haitta-aineita, jonka vuoksi koulu on jouduttu sulkemaan. Rakennustyöt on aloitettu kesäkuussa 2012 ja koulurakennus valmistuu heinäkuussa 2013. Työmaan vastaavana mestarina on Arto Turtiainen ja projektipäällikkönä Jukka Tiainen. Työmaalla työskentelee noin 60 henkilöä työmaavahvuuden ollessa täynnä. Opinnäytetyötä tehdessä työmaalla on tehty maanrakennustyöt ja kellarit. Työn alla on vesikatto ja julkisivut. Työmaalla perehdytään rakenteiden ja materiaalien kosteudenhallintaan. Rakennushankkeessa on mukana puolueeton sisäilmatutkija.

6.1.1 Maanrakennus

Rakennusta tutkittaessa on todettu, että vanhat salaojat eivät toimi oikealla tavalla. Koulurakennuksen peruskorjaustyössä vanhat salaojat siis uusitaan. Aluksi rakennuksen seinien vierustat kaivetaan kokonaan auki aina peruskallioon saakka. Peruskalliossa on paikoittain melko suuria kuoppia, joihin vesi pääsee kerääntymään. Koska vanhat salaojat eivät toimi, vesi viihtyy hyvin seinän vierellä. Kaivannon tekemisen jälkeen seinät puhdistetaan hiekkapuhalluksen avulla. [19.]

Peruskallion kuopat täytetään betonilla. Joissakin kohdissa peruskallio on reilusti anturoiden alapuolella, jolloin seinän vierustoja ei kaiveta kallioon asti. Tällöin salaojien

pohja tehdään suodatinkankaan ja murskepatjan avulla. Maanvastaisiin seiniin laitetaan kaksinkertainen bitumikermi, joka suojaa seinää vedeltä. Bitumikermi myös käännetään kallion päälle, jolloin varmistutaan siitä, että vesi ei pääse rakenteeseen. Osassa rakennuksen ulkoseiniä on myös kukkalaatikoita. Kukkalaatikoihin laitetaan bitumikermin lisäksi vielä perusmuurilevy. [19.]

Tämän jälkeen tehdään salaojat. Samalla tehdään myös sadevesijärjestelmä, joka varmistaa sen, että kattovedet eivät rasita kellaritiloja. Samalla joudutaan myös rakentamaan pumppaamoja, joiden avulla liian syvällä olevat vedet saadaan nostettua. Salaojien päälle laitetaan sepelikerros (sepeli 6-16 mm), joka paketoidaan maasta erilleen suodatinkankaalla. Tällöin varmistutaan siitä, että perusmaa ei pääse sekoittumaan sepelin kanssa ja salaojat toimivat toivotulla tavalla. Lopuksi kaivannot täytetään perusmaalla. Kaivantojen ollessa auki varmistetaan, etteivät kattovedet pääse kaivantoon. Tästä syystä vesiränneistä vesi ohjataan putkien avulla kauemmaksi kaivannoista. [19.]

6.1.2 Kellarit

Kellareilla tarkoitetaan siis maanpinnan alapuolella olevia tiloja. Tutkimuksissa kellareiden ilmatilassa on todettu olevan haitta-aineita. Kaikki mitä kellareissa puretaan, tehdään P3-luokan purkutyönä. P3-luokan purkutyössä käytetään kertakäyttöistä suojahaalaria, tiiviitä suojakäsineitä ja sileäpintaisia kumisaappaita. Lisäksi purkutyössä tulee käyttää P2- tai P3-luokan moottoroitua hengityksensuojainta. Mikäli tilassa on kaasumaisia yhdisteitä, tulee käyttää P3/A2-luokan yhdistelmäsuodattimilla varustettua moottoroitua kokosuojanaamaria. [20.]

P3-luokan purkutyössä purettavan rakenteen ympäristö suojataan ja purkualue merkitään selvästi. Ennen purkualuetta tulee olla sulkutila, jonka kautta alueelle kuljetaan. Haalarit ja muut varusteet puetaan ja riisutaan sulkutilassa. Sulkutilan avulla varmistetaan, että haitta-aineita sisältävä ilma ei pääse puhtaaseen tilaan. Purkutilassa tulee olla riittävä pölyntorjunta, joka varmistetaan alipaineimureilla. Ilmanvaihto tulee suunnitella siten, että ilma virtaa aina puhtaasta tilasta likaisempaan päin. [20.]

Kellarin sisäseinät puretaan kantavaan runkoon saakka. Ensimmäisenä puretaan kahiitiilet sekä 50–100 mm villakerros. Purku tehdään käsin. Tiilien ja villan alla on vedeneristys. Vedeneristys poistetaan vesihiekkapuhalluksella. Samalla puretaan lattian-

päällysteet. Hiekkapuhalluksen avulla poistetaan myös lattiamateriaaleista jääneet liimat ja maalit pois. Mikäli hiekkapuhalluksen jälkeen seinään vielä jää vedeneristystä, poistetaan se mekaanisesti. Hiekkapuhalluksen jälkeen seinät ja lattiat pestään painepesurilla, jolloin hiekka saadaan poistettua täydellisesti.

Vesipesu kuitenkin kastelee rakenteet. Tämän vuoksi täytyy varmistua siitä, että rakenteet ovat tarpeeksi kuivat ennen uuden pinnoituksen aloitusta. Kuivuminen varmistetaan siis lämmityksen, kosteudenpoistajien ja alipaineimureiden avulla. Kuvassa 13 on esitetty kosteudenpoistaja ja lämmitin.



Kuva 13. Kosteudenpoistaja ja lämmityslaite.

Lisäksi tiloihin asennetaan lämpömittareita sekä kosteusmittareita. Mittareita seurataan päivittäin ja arvot merkataan muistiin. Rakenteet saavat kuivua tässä kohteessa rauhassa, poikkeuksellisesti noin 2-3 kuukautta. Rakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaan betoniseinien suhteellisen kosteuden tulee olla 50 mm syvyydellä 80 %, ennen kuin betoni saadaan päällystää. Suhteellisen kosteuden mittausta selvitetään pintakosteudenosoittimella. Seinät maalataan hengittävällä Kivitex-maalilla. [19.]

Kellarin maanvastaisten lattiarakenteiden kuivumisen varmistamiseksi tehdään myös kosteusmittauksia. Kosteusmittauksissa kuitenkin todetaan, että lattiarakenne on vieläkin märkä ja se kastuu koko ajan maaperän kosteudesta. Mittaustilanteessa lämpötila

ei ollut aivan 20 °C:ssa ja tästä syystä lämpötilaa nostetaan. Lisäksi kuivattimien avulla poistetaan kosteutta. Kellarikerroksissa lattiaan laitetaan hengittävä lattialaatta. Näissä tapauksissa lattiaan ei laiteta ollenkaan vesieristystä eikä kosteussulkua, jolloin rakenne pääsee kuivumaan. Yhdessä kellarissa korjaus tehdään kuitenkin eri tavalla. Kyseisen kellarin alla on niin paljon vesimassaa, että lämmitys ja kuivatus lopetetaan. Lattiaan laitetaan akryyli- tai polyuretaanipinnoite, jonka avulla kosteuden pääsy tiloihin estetään. [19; 21.]

Kohteessa on myös kolme tuuletettua alapohjaa. Ennen korjausta ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti hattuputkien avulla. Tällöin alapohjaan tulee korvausilma mutta imupuolta ei ole ollenkaan. Korjauksen myötä tuuletetusta tilasta poistetaan orgaaniset rakennusjätteet, kuten vanhat puumateriaalit ja samalla läpiviennit tiivistetään. Lisäksi painovoimainen ilmanvaihto vaihdetaan koneelliseen. [19.]

6.1.3 Julkisivut

Kohteessa puretaan julkisivut kantavaan runkoon saakka. Ikkunat vaihdetaan samalla. Betonipinnoista poistetaan haitta-aineet mekaanisesti. Purun jälkeen betonipintaan laitetaan SPU-eriste, jonka saumat teipataan. Eristeen päälle tulee 30–50 mm tuulensuojavilla, joka toimii paloeristeenä. Tuulensuojavillan päälle tulee Cembrit-julkisivulevy. [19.]

Työmaa-aikainen kosteudenhallinta toteutetaan julkisivujen osalta sääsuojalla, joka näkyy kuvassa 14. Purkutyö sekä uusien materiaalien asennus tehdään kokonaan suojan alla. Tällä tavalla saadaan ehkäistyä betonirungon sekä asennettavien materiaalien turha kastuminen. Lisäksi työskentelystä tulee mielekkäämpää sääsuojan alla. [19.]



Kuva 14. Sääsuoja Hesotessa.

6.1.4 Vesikatto

Vesikatossa vanha katto puretaan betoniholvia vasten. Yhteensä katon purkutyötä on noin 1000 m². Osa betoniholvista on paikalla valettua betonia (600 m²) ja osa ontelolaattakenttää (400 m²). Vesikattotyö tehdään myös täysin sääsuojan sisällä. [19.]

Paikalla valetulle betonille tehdään oikaisuvalu. Oikaisuvalussa täytyy kuitenkin varmistua siitä, että betoni kuivuu varmasti sille määrättyyn arvoon. Rakennesuunnitelmissa betonin suhteelliseksi kosteudeksi on määrätty 70 %. Vasta tämän arvon saavuttamisen jälkeen kattotyötä saadaan jatkaa. Tämän vuoksi oikaisuvaluun laitetaan lämpölangat, joiden avulla betonin kuivumista saadaan parannettua. [19.]

6.1.5 Työmaa

Kun työmaalle tulee kosteusarkoja materiaaleja, suojataan ne työmaalla heti. Lisäksi esimerkiksi puutavaraa ei varastoida maata vasten, vaan puutavarat korotetaan maasta tukien avulla. Näin estetään kosteuden imeytyminen maasta puumateriaaliin. Materiaalit ja tuotteet, jotka kärsivät eniten kosteudesta, säilytetään sisätiloissa. Lisäksi työmaalle on tehty kaksi katosta, joissa säilytetään muun muassa julkisivulevyt. [19.]

7 Johtopäätökset

7.1 Simulointi

Simuloiduissa rakenteissa kuivumisajat vaihtelevat melko suuresti. Tämä johtuu myös rakenteiden päällystemateriaaleista, mutta myös sisäilman olosuhteista. Rakenne 2:n kohdalla kuivuminen kestää erittäin kauan, noin kymmenen kuukautta. Rakenteen sisäpuolisessa tilassa on hiekkapuhalluksen jälkeen melko suuri suhteellinen kosteus koko simuloinnin ajan, koska simulointi-ohjelma olettaa saman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan koko tarkastelun ajaksi. Tämän vuoksi tilassa täytyisi oikeasti olla kosteudenpoistajat ja mahdollisesti myös lämmitin. Siten rakenne saataisiin nopeammin kuivaksi.

Rakenne 1:n suhteellinen kosteus ja kosteussisältö tasoittuvat vuoden kuluessa jo siten, etteivät ne enää oikeastaan muutu kovinkaan paljoa seuraavien vuosien aikana. Tämä johtuu varmasti pinnoitemateriaaleista ja niiden s_d -arvoista. Epoksin ja öljymaalin s_d -arvot ovat melko pienet, joten niiden diffuusiovastukset eivät ole kovinkaan suuria. Tästä syystä vesihöyry pääsee läpäisemään hyvin rakenteen verrattuna siihen, että päällystemateriaalilla olisi erittäin suuri diffuusiovastus.

Rakenne 3 kuivuu suhteellisen nopeasti, vaikka alapuolella on rakenne 2:n olosuhteet. Vaikka rakenteen kattopinnassa on maali, on rakenne kuitenkin kahteen suuntaan kuivuva. Tämä johtuu taas maalin s_d -arvosta, joka on melko pieni. Kuvista huomataan, että yläpinta kuivuu nopeammin 90 % suhteelliseen kosteuteen verrattuna alapintaan. Tämä johtuu yläpuolisen tilan pienemmästä suhteellisesta kosteudesta sekä suuremmasta lämpötilasta. Simulointi-tilanteessa kuitenkin oletettiin, että rakenne kastuu kokonaan vesiastian kaaduttua siihen, joten ilman kuivausta rakenteella menee melko kauan kuivua, ennen kuin se voidaan päällystää. Mikäli työmaalla ei ole aikaa odottaa näin kauan, tulee tässäkin tilanteessa käyttää lisälämmitystä ja kosteudenpoistajia. Kun rakenne 2 ja 3 kuivuivat 90 % suhteelliseen kosteuteen, simulointi lopetettiin. Useat materiaalit kuitenkin vaativat vielä kuivemman betonin ennen päällystystä, jolloin kuivumisessa menee luonnollisesti vielä kauemmin.

7.2 Kysely

Enemmistö työnjohtajista on sitä mieltä, että heidän laatimiensa kosteudenhallintasuunnitelmien laatu on hyvä. Huomiota herättävää on kuitenkin se, että osa työnjohtajista on myös sitä mieltä, että tekee joko huonon tai erittäin huonon kosteudenhallintasuunnitelman. Riippuuko työnjohtajan kosteudenhallintasuunnitelman huonouden taso sitten kokemuksen puutteesta, laiskuudesta tai jostain muusta asiasta, ei selviä kyselyssä. Kosteudenhallintasuunnitelman laatu ei kuitenkaan välttämättä kulje käsi kädessä kosteudenhallinnan toteutuksen kanssa. Tämä siitä syystä, että suurimman osan mielestä työmaiden kosteudenhallinnan tila on kuitenkin hyvällä mallilla ja työmaat panostavat kosteudenhallintaan.

Huomiota herättävää on myös se, että osa vastanneista on sitä mieltä, että rakenteiden kuivumisaika-arviot otetaan vain joskus huomioon aikataulua tehtäessä ja tehtyä aikataulua noudatetaan vain joskus kosteudenhallinnan osalta. Kyselystä voidaan kuitenkin huomata se positiivinen asia, että työnjohtajat, jotka suunnittelevat rakenteille kuivumisaika-arvioita, ottavat suunnitellut arviot huomioon myös aikataulussa sekä aikataulun noudattamisessa.

Koska osa kysymyksiin vastanneista ei pidä säpäväkirjaa päivittäin, eikä työmaalla ole lämpö- tai kosteusmittareita, voisi hyvä parannusehdotus olla niiden käyttöönottoaminen. Tällöin saadaan koko ajan seurattua, että olosuhteet pysyvät työmaalla hyvinä rakenteiden kuivumisen kannalta.

Suurimman osan vastanneiden mielestä suunnittelijan tulisi olla työmaan kosteudenhallinnassa enemmän läsnä. Tämä tarkoittaa siis sitä, että työmaat haluaisivat enemmän ohjausta kosteudenhallinnan toteutuksessa sekä kosteuteen liittyvien asioiden käsittelyä työmaakokouksissa. Kosteudenhallintaa ei myöskään oteta suurimman osan mielestä tarpeeksi esille suunnittelukokouksissa. Tästä voidaan siis tehdä johtopäätös, että työnjohtajat haluaisivat siirtää osan kosteudenhallinnan vastuusta suunnittelijalle, tai ainakin he haluaisivat enemmän suunnittelijan apua kosteudenhallinnassa. Tämä johtuu varmasti siitä syystä, että suunnittelijalla on enemmän tietoa rakennusfysiikasta sekä rakenteiden toiminnasta. Suunnittelija myös vastaa rakenteiden suunnittelusta, joten samalla suunnitelmiin voitaisiin lisätä rakennustavat ja toimenpiteet, joiden avulla varmistetaan rakenne kosteuden kannalta oikein toimivaksi.

Työmaan kosteudenhallinnan vastuu kuuluu kuitenkin suurimman osan mielestä pääurakoitsijan työnjohdolle. Osa haluaisi vastuun kokonaan suunnittelijalle ja osa kosteusvastaavalle. Kosteusvastaava olisi hyvä idea, jos tällä henkilöllä olisi riittävä tieto rakennusfysiikasta sekä rakenteiden toiminnasta. Kosteusvastaava voisi olla joko yksi työnjohtajista tai sitten kokonaan erikseen määrätty henkilö, joka työskentelee työmaalla. Mikäli kosteusvastaava olisi ei-työnjohtaja, säästyisi työnjohdolta aikaa ja he voisivat panostaa enemmän työnjohtoon.

Kaikki vastaukset poikkeavat hieman toisistaan ja vastanneilla on eriäviä mielipiteitä. Tästä syystä olisi hyvä saada kaikille samanlainen tietopohja yleisesti rakennusfysiikasta ja yrityksen käytännöistä, esimerkiksi koulutuksen tai perehdytyksen avulla. Jos kaikilla työnjohtajilla olisi suunnilleen samanlainen tietämys kosteudenhallinnasta, voitaisiin kosteudenhallintasuunnitelmista saada lähes toisiaan vastaavat. Kuten kyseleystä ilmeni, työnjohtajat, jotka suunnittelevat kuivumisaika-arviot, ottavat arviot mukaan aikatauluihin ja lisäksi noudattavat niitä. Jos jokainen työnjohtaja siis pohtisi työmaakohtaisesti kosteudenhallintaa, niin luultavasti hyvän suunnitelman tuloksena olisi se, että suunnitelmaa noudatettaisiin ja kosteusvaurioilta vältyttäisiin.

7.3 Työmaa

Työmaata tutkittaessa kaikki on kunnossa ja kosteudenhallintaan paneudutaan kunnolla. Kosteudenhallinta toteutetaan kokonaan siltä osin, mitä suunnitelmat edellyttävät ja oman osuutensa kosteudenhallintaan tuo myös vastaavan mestarin vahva ammattitaito. Työmaa täyttää kaikki kosteudenhallintasuunnittelun osat ja työntekijät kantavat oman työpanoksensa sen toteutumiseksi.

8 Yhteenveto

Rakennusfysiikan ja kosteudenhallinnan selvittäminen oli helppoa kirjallisuuden avulla. Pääkirjallisuuslähteeni oli Rakennusinsinöörien julkaisu RIL 250–2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Ilman kyseistä kirjaa tiedon löytäminen olisi voinut olla haastavampaa, sillä kirjaan oli koottu selkeästi yhteen kaikki kosteudenhallinnan tavoitteista aina kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön. Lisäksi kirjassa kerrottiin

rakennusfysiikasta, joten muuta kirjallisuutta tarvitsin melko vähän pohjatietojen kartoittamiseen.

Simulointi oli melko hankalaa, sillä aikaisempaa käyttökokemusta ohjelmasta ei ollut. Ohjelman sisäistäminen vaati useamman päivän, mutta loppujen lopuksi ohjelman käyttäminen ei kuitenkaan ollut niin hankalaa. Simuloinnista selvisi se, että ilman kosteudenpoistoa ja lämmitystä rakenteiden uudelleenkastumisen jälkeisessä kuivumisessa saattaa kestää melko kauan. Tästä syystä siis täytyy pitää huoli siitä, että kuivumisolosuhteet pysyvät oikeanlaisina koko kuivumisen ajan ja myös sen jälkeen.

Kyselyn tekeminen oli melko helppoa pohjatietojen avulla. Koska kosteudenhallinnan osa oli tehtynä ennen kyselyn toteuttamista, oli pohjatietojen avulla helppo keksiä kysymykset. Lisäksi kysymysten keksimisessä auttoi Länsi-Suomen Rakennusanalyysi Oy:lle tehdyn haastattelun tulokset. Työmaakyselyn tuloksista tehtiin taulukot, jotta vastauksia olisi helpompi hahmottaa. Mikäli aikaa olisi ollut enemmän, kyselystä olisi voinut tehdä laajemman ja vastausprosenttia olisi voinut yrittää nostaa. Kyselystä sai sen lopputuloksen, että yhdenmukaista käytäntöä työmailla kannattaisi yrittää parantaa, jolloin kosteudenhallinnasta saataisiin jokaiselle itsestäänselvyys.

Työmaan tilanteen selvittäminen ja työmaalle meneminen oli helppoa ja hauskaa vastaavan mestarin takia. Tutkimustyötä helpotti myös se, että työmaa oli jo entuudestaan tuttu. Tuloksena työmaalta saatiin se, että kyseinen työmaa toimii hyvin kosteudenhallinnassa ja kosteudenhallinnalla on iso rooli työmaalla.

Opinnäytetyön kirjallisen osuuden teko oli mielekästä valmiiksi suunnitellun sisällysluettelon avulla ja selkeiden tavoitteiden avulla. Vaikka opinnäytetyössä oli monta erilaista tutkimusnäkökulmaa; pohjatutkimusta, simulointia, haastattelua, kyselyä ja työmaakäyntiä, pysyi työ mielestäni kuitenkin sille määrätyissä rajoissa. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin, sillä työstä selviää, millainen kosteudenhallintasuunnitelman tulisi olla ja millainen tilanne työmailla on. Viimeisenä yhteenvetona on se, että jokaisen täytyisi välittää kosteudenhallinnasta sen verran, että yrittäisi omassa työssään estää kosteusvaurioiden synnyn. Tämä siitä syystä, että rakennuksissa työskentelee myöhemmin tulevat sukupolvet, joiden terveydellä ja hyvinvoinnilla on merkitystä meille kaikille. Ja lisäksi meidän täytyy pystyä näyttämään, että meidän aikakaudellamme rakentaminen on osattu.

Lähteet

- 1 Sisäilmayhdistys. Verkkodokumentti.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/korjausten_laadunvarmistus/tyomaan_kosteudenhallinta/> Luettu 15.2.2013.
- 2 Staran kotisivut. Verkkodokumentti.
<<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Staran+esittely>> Luettu 8.3.2013.
- 3 Suvanto, Kari. Yliopettaja, Metropolia AMK. Opetusmateriaali.
- 4 Lämmön siirtymismuodot. Verkkodokumentti. Mukailten:
<<http://www.beodom.com/en/education/entries/principles-of-thermal-insulation-heat-transfer-via-conduction-convection-and-radiation>>
Luettu 5.3.2013.
- 5 RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. 2011. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto. Saarijärven Offset Oy.
- 6 Kosteus rakennuksissa. 1999. RT 05-10710. Rakennustietosäätiö RTS.
- 7 Björkholtz, Dick. Lämpö ja kosteus, rakennusfysiikka. 1997. Rakennustieto Oy.
- 8 Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012.
- 9 Paroc. Verkkodokumentti.
<<http://www.paroc.fi/knowhow/energiatehokkuus/rakennusten-suunnittelu/rakennuksen-vaippa>> Luettu 25.3.2013.
- 10 Betoni. Kosteudenkestävyys. Verkkodokumentti.
<<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/kosteudenkestavyys>> Luettu 5.3.2013.
- 11 WUFI. Verkkodokumentti.
<http://www.vttexpertservices.fi/service/buildingsurveys/wufi_software.jsp> Luettu 19.2.2013
- 12 Tiivistalo. Verkkodokumentti.
<<http://www.tiivistalo.fi/tiedostot/default.asp?sivu=tiivistaloWiki&otsikko=di ffuusio&tunnus=376>> Luettu 15.3.2013.

- 13 Merikallio, Niemi, Komonen. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2007. Suomen Betonitieto Oy.
- 14 Korhonen. Rakenteiden ja rakennuksen toimivuuden varmistamisesta. Rakentajain kalenteri 2012.
- 15 Koskenvesa, Palolahti, Teriö. Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen. Rakentajain kalenteri 2012.
- 16 Merikallio Tarja. Rakennustyömaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu. Rakentajain kalenteri 2010.
- 17 Länsi-Suomen Rakennusanalyysi Oy. Verkkodokumentti.
<<http://www.rakennusanalyysi.fi/>> Luettu 25.3.2013.
- 18 Helsingin sosiaali- ja terveystieteiden oppilaitos. Työselitys.
- 19 Turtiainen Arto. Vastaava työnjohtaja. Helsingin sosiaali- ja terveystieteiden oppilaitos.
- 20 Ratu-kortti. Ratu 82-0383. Toukokuu 2011.
- 21 Helsingin sosiaali- ja terveystieteiden oppilaitos. Mittauspöytäkirja.

Työmaakysely

- 1) Vastausten lajittelemiseksi kerro missä tehtävässä työskentelet
 - 1 Työnjohtaja
 - 2 Vastaava työnjohtaja
 - 3 Valvoja
 - 4 Suunnittelija
 - 5 Jokin muu, mikä?

- 2) Millaisen kosteudenhallintasuunnitelman teet mielestäsi?
 - 1 Kopio. Pelkkä otsikon vaihto (eli sama sisältö lähes aina)
 - 2 Huono
 - 3 Kesinkertainen. Yritän nopeasti korjailla joitain tietoja.
 - 4 Melko hyvä
 - 5 Hyvä. Työmaakohtaisesti pohdittu suunnitelmien ja aikataulun kautta.

- 3) Arvioitko suunnitelmista kosteusteknisesti vaikeat rakenneratkaisut?
 - 1 Kyllä
 - 2 Ei

- 4) Suunnitteletko rakenteille kuivumisaika-arviot?
 - 1 Kyllä
 - 2 Ei
 - 3 EOS

- 5) Otatko rakenteiden kuivumisaika-arviot huomioon aikataulua tehtäessä?
 - 1 Kyllä
 - 2 Joskus
 - 3 Ei

- 6) Noudatetaanko aikataulua kosteudenhallinnan osalta?
 - 1 Kyllä
 - 2 Joskus
 - 3 Ei

- 7) Kuka vastaa työmaan kosteudenhallinnasta?
 - 1 Vastaava työnjohtaja
 - 2 Kosteusvastaava
 - 3 Joku muu, kuka?

- 8) Pidetäänkö säätiloista päiväkirjaa päivittäin?
 - 1 Kyllä
 - 2 Ei

- 9) Onko työmaan sisätiloissa lämpömittareita?
1 Kyllä
2 Ei
- 10) Seurataanko lämpömittareita päivittäin?
1 Kyllä
2 Ei
- 11) Onko työmaalla kosteusmittareita?
1 Ei
2 Kyllä, mitä?
- 12) Seurataanko kosteusmittareita päivittäin?
1 Kyllä
2 Ei
- 13) Suunnitellaanko etukäteen mitä kosteusmittauksia tullaan tekemään?
1 Kyllä
2 Ei
- 14) Opastetaanko työntekijöitä suojaamaan rakenteet ja rakennusmateriaalit?
1 Kyllä
2 Ei
- 15) Käytetäänkö lämpökameraa kylmäsiltojen/vuotokohtien paikantamiseksi?
1 Kyllä
2 Ei
- 16) Mitataanko sisäilman epäpuhtaudet?
1 Kyllä
2 Ei
- 17) Panostetaanko kosteudenhallintaan mielestäsi riittävästi työmaalla?
1 Erittäin huonosti
2 Huonosti
3 EOS
4 Hyvin
5 Erittäin hyvin
- 18) Mikä on mielestäsi kosteudenhallinnan tilanne työmailla nykyhetkellä?
1 Erittäin huono
2 Huono
3 EOS
4 Hyvä
5 Erittäin hyvä

- 19) Kenen tulisi mielestäsi vastata työmaan kosteudenhallinnasta?
- 1 Suunnittelijan
 - 2 Pääurakoitsijan työnjohdon
 - 3 Erikseen määrätyn henkilön/kosteusvastaavan
 - 4 Jonkun muun, kenen?
- 20) Valokuvataanko/dokumentoidaanko kosteudenhallinnan kriittisiä kohtia mielestäsi tarpeeksi?
- 1 Kyllä
 - 2 Ei
- 21) Opastetaanko työmaata tekemään kosteusteknisesti haastavat rakenteet?
- 1 Kyllä
 - 2 Ei
 - 3 EOS
- 22) Pitäisikö suunnittelijan ohjata työmaata enemmän kosteudenhallinnassa?
- 1 Kyllä
 - 2 Ei
- 23) Otetaanko kosteudenhallinta vahvasti esille suunnittelukokouksissa?
- 1 Kyllä
 - 2 Ei
- 24) Olisiko mielestäsi syytä käsitellä kosteudenhallinnan kysymyksiä työmaakokouksissa?
- 1 Kyllä
 - 2 Ei
 - 3 EOS
- 25) Voit vielä halutessasi vapaasti kommentoida rakennustyömaan kosteudenhallinnan kysymyksiä tai antaa palautetta kyselystä