



Kosteudenhallinnan riskit työ- maalla

Sini Leino

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2021

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, rakennusmestari

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohto

LEINO, SINI:
Kosteudenhallinnan riskit työmaalla

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2021

Opinnäytetyö käsittelee kosteudenhallintaa perinteisellä kerrostalotyömaalla työmaan näkökulmasta. Opinnäytetyöstä on rajattu pois suunnittelijan osuus. Työssä on koottu johdonmukaisesti yhteen eri rakenteille tyypillisimmät kosteudenhallinnalliset riskit sekä toimenpiteet niiden välttämiseksi. Tavoitteena opinnäytetyön pohjalta on luoda selkeä ja työmaalle helppolukuinen kosteudenhallinnan muistilista, josta on rajattu pois Kuivaketju10- toimintamallin varmentamisohje.

Työssä tutkitaan kosteuden siirtymiseen vaikuttavia fysiikan ilmiöitä. Näiden ymmärtäminen on välttämätöntä, sillä on olennaista tietää, kuinka kosteus liikkuu rakenteissa hallitakseen sitä. Lisäksi tutkitaan sitä, mitkä seikat vaikuttavat olennaisesti kuivumiseen. Tutkimuksessa nostetaan esille betonin kuivuminen, sillä se tahdittaa monia muita työvaiheita. Rakennekohtaista kosteudenhallintaa pyritään opinnäytetyössä käsittelemään johdonmukaisesti; perustuksista katonharjaan. Tutkittaessa pyritään esittämään kullekin rakenteelle tyypillisimmät kosteusriskit ja keinot niiden välttämiseksi. Opinnäytetyössä käsitellään, kuinka rakenteiden ja materiaalien suojaus ja varastointi tulee työmaalla järjestää. Luvun lopussa käsitellään rakenteista tehtäviä mittauksia ja mittaamiseen vaikuttavia tekijöitä sekä mittaustuloksista tehtävän raportin sisältöä.

Opinnäytetyössä käsitellään tunnetuimman kosteudenhallinnan toimintamallin, Kuivaketju10:n peruseriaatteet rakentajan näkökulmasta. Kuivaketju10:n lisäksi käsitellään kosteudenhallintaa koskevia ympäristöministeriön asettamia viranomaismääräyksiä ja sen vaatimia asiakirjoja; kosteudenhallintaselvitystä ja kosteudenhallintasuunnitelmaa. Näiden kahden asiakirjan sisältöä avataan opinnäytetyössä esittämällä asiakirjan olennaisin sisältö.

Onnistuneen kosteudenhallinnan toteutuksen kannalta erilaiset tarkastus- ja muistilistat ovat avainasemassa, mutta nekään eivät takaa ongelmattomaa toteutusta. Lisäksi voidaan todeta, että niin rakentamisen laatuun kuin kosteudenhallintaan vaikuttaa merkittävästi työntekijöiden oma asenne. Työmaalla on paljon muuttuvia tekijöitä ja on tärkeää, että työmaalla on valmius vastata eteen tuleviin haasteisiin, sillä kosteudenhallinta on olennainen osa rakentamisen laatua.

Avainsanat: kosteudenhallinta, kosteuden siirtyminen, kuivaketju10

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

LEINO, SINI:
Problems with Humidity Control at the Construction Site

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 3 pages
April 2021

Thesis deals with humidity control on a traditional apartment building site from the point of view of the site. The thesis is capped off by the designer's section. The work has been coherently brought together humidity control risk most typical for different structures along with measures to avoid them. The goal, based on the thesis is to create clear an easy-to-read humidity control check list, which is capped out of the Kuivaketju10-operating model certification instruction.

The work explores phenomena of physics affecting moisture transition. Understanding these is necessary, for it is essential to know how the moisture moves in the structures to control it. In addition, it will be examined which factors materially affect for drying. Study raises the issue of dryness of concrete as it paces many other stages of work. Structure-specific humidity control is aims at the thesis to deal consistently from the foundations to the roof ridge. The aim of the study is to present the most typical moisture risks for each structure and ways to avoid them. The thesis discusses how to protect structures and the protection and storage of material should be organized at the site. At the end of the chapter, the measurements made of the structures and the factors affecting the measurements, as well as the content of the report on the measurement results are discussed.

The thesis deals with the basic principles of the most well-known humidity control operating model, Kuivaketju10, from builder's point of view. In addition to the Kuivaketju10 on humidity control regulatory regulations by the Ministry of the Environment and the documents required by it: humidity control statement and humidity control plan. The contents of the two documents are opened in the thesis by presenting the most relevant content of the document.

Different checklists and memory lists are key to successful humidity control implementation, but they do not guarantee trouble-free implementation either. In addition, it can be stated that both the quality of construction and humidity control are significantly affected by the employees' own attitude. There are many changing factors at the site, and it is important that the site has the capacity to meet your challenges ahead as humidity control is an integral part of construction quality.

Keywords: humidity control, moisture exchange, kuivaketju10

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KOSTEUDEN SIIRTYMINEN JA KUIVUMINEN	6
2.1	Näkyvä vesi ja maakosteus.....	6
2.1.1	Suhteellinen ilmankosteus	7
2.2	Konvektio	8
2.3	Diffuusio	8
2.4	Kapillaarisuus.....	9
2.5	Rakennuskosteus ja rakennekosteus.....	10
2.6	Betonin kuivuminen.....	11
2.7	Sitoutumiskuivuminen	11
2.8	Rakennetyypin vaikutus kuivumiseen	12
2.9	Vuodenaikojen vaikutus kuivumiseen	13
3	RAKENNEKOHTAINEN KOSTEUDENHALLINTA, MITTAUKSET JA DOKUMENTOINTI.....	14
3.1	Perustukset ja alapohjat.....	14
3.2	Välipohjarakenteet	16
3.3	Ulkoseinät	18
3.4	Yläpohjat ja vesikatto	19
3.5	Märkätilat	20
3.6	Varastointi ja sääsuojaukset	20
3.7	Mittaukset ja dokumentointi.....	21
4	KUIVAKETJU10-TOIMINTAMALLI JA VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET	23
4.1	Kosteudenhallintakoordinaattori.....	24
4.2	Viranomaismääräykset.....	24
4.3	Kosteudenhallintaselvitys	25
4.4	Kosteudenhallintasuunnitelma	25
4.5	Kosteudenhallinnan muistilista.....	26
5	POHDINTA	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	32
	Liite 1. Kosteudenhallinnan muistilista 1 (3).....	32
	Liite 1. Kosteudenhallinnan muistilista 2 (3).....	33
	Liite 1. Kosteudenhallinnan muistilista 3 (3).....	34

1 JOHDANTO

Kosteutta on kaikkialla ympärillämme, osa pystytään havaitsemaan paljain silmin, kuten nestemäisessä muodossa oleva vesi tai ilmassa oleva sankka sumu. Kuitenkin on kosteutta, jota ei pystytä näkemään tai tuntemaan. Kun puhutaan kosteuden siirtymisestä, tapahtuu se yleensä näkökyvyn ulottumattomissa. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on antaa selkeä kuva siitä, miten kosteus liikkuu rakenteissa sekä nimetä rakenteiden kosteusriskikohdat ja miten kosteusvaurioiden syntyä ehkäistään. Opinnäytetyö on tehty perinteisen kerrostalotyömaan näkökulmasta, pois rajaten puurakentamisen sekä suunnittelijan osan kosteudenhallinnasta.

Tarkoitus on esittää käsiteltävät asiat, kuten kosteuden siirtyminen, siten että asiaan perehtymällekkin syntyy ymmärrettävä kuva siitä, mitä kussakin fysiikan ilmiössä tapahtuu ja ymmärtää myöhemmin aiheista puhuttaessa, että mistä on kyse. Tavoitteena on myös luoda johdonmukainen katsaus eri rakenteiden kosteusriskeihin ja niiden välttämiseksi tehtäviin toimenpiteisiin. Lisäksi käsitellään Kuivaketju-10 -toimintamallia sekä kosteudenhallintaan liittyviä viranomaismääräyksiä ja tähän liittyviä osapuolia.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda työn pohjalta selkeä ja helppo lukuinen kosteudenhallinnan muistilista työmaalle. Muistilista ei ota kantaa suunnittelijan näkökulmaan eikä laadintaan ole käytetty apuna Kuivaketju-10 -toimintamallin varmentamisohjetta.

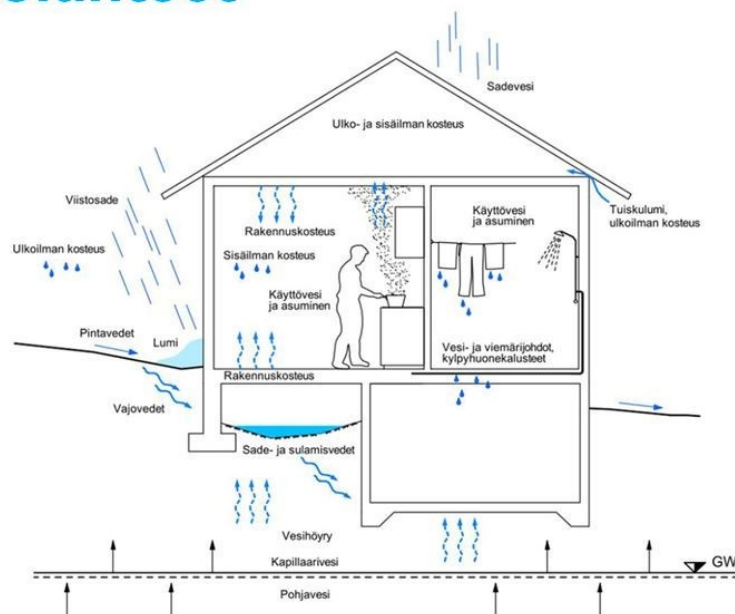
2 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN JA KUIVUMINEN

Rakennus joutuu kosteusrasitukselle koko elinkaarensa ajan. Laadukkaaseen ja vastuulliseen rakentamiseen kuuluu ennaltaehkäistä kosteuden aiheuttamia ongelmia etukäteen suunnittelulla ja ammattitaitoisella toteutuksella.

2.1 Näkyvä vesi ja maakosteus

Terminä kosteus sisältää kaikki veden olomuodot: vesi, jää ja vesihöyry. Niin kutsuttu näkyvä vesi on suurin kosteusongelmia aiheuttava tekijä ja se on rakennusfysiikasta puhuttaessa yksi neljästä veden siirtymismekanismista. Sade on näistä voimakkain ja Suomessa tulee vettä vuosi tasolla noin 600mm, josta suurin osa sataa syksyllä. Pitkäkestoisin ulkoinen kosteusrasitus on maaperän kosteus, sillä maaperään sitoutuu aina kosteutta sekä pohjavesi, jota on poikkeuksetta jollain syvyydellä rakennuksen alla. (Kosteuslähteet 2008.)

Kosteuslähteet



KUVA 1. Rakennuksen kosteudenlähteet (Mölsä 2017)

Kuvassa 1 on havainnollistettu kosteudenlähteitä ja sitä, miten kosteus päätyy rakennukseen. Kosteuden kulkeutumista rakennukseen on havainnollistettu nuo-

lilla. Näkyvän veden lisäksi, rakennuksen rakenteisiin kulkeutuu kosteutta konvektion, diffuusion sekä kapillaarisuuden kautta, eikä näitä pysty silmin havaitsemaan. Suhteellinen ilmankosteus vaikuttaa merkittävästi konvektio- ja diffuusiomiöihin.

2.1.1 Suhteellinen ilmankosteus

Suhteellinen ilmankosteus ilmaisee ilman sisältämän vesihöyryn määrää suhteessa kyseisen lämpöisen ilman sisältämän kyllästymiskosteuden vesihöyryn määrään. Kylmä ilma sitoo itseensä vähemmän kosteutta kuin lämmin ilma.

Suhteellisen kosteus pystytään laskemaan kaavalla (1)

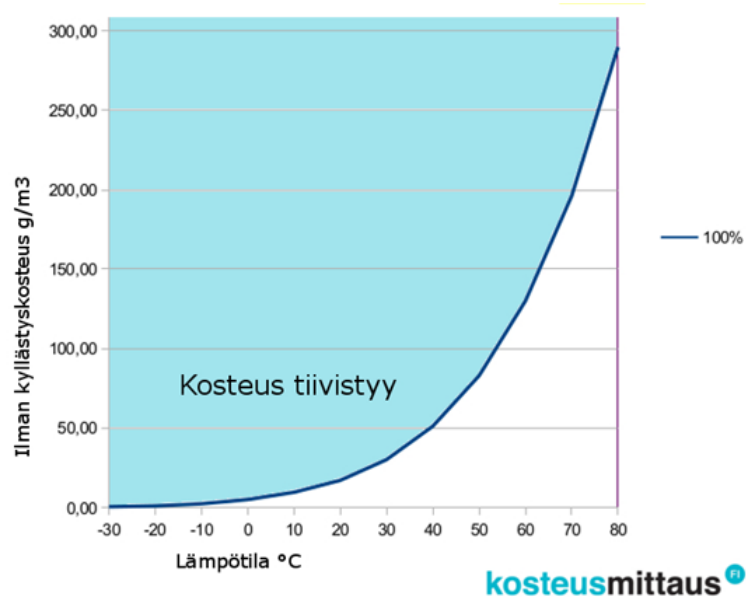
$$RH = 100\% \times \frac{V_i}{V_k}$$

RH = Ilman suhteellinen kosteus

V_i = Ilman vesihöyryn määrä (g/m^3)

V_k = Kyllästyskosteus (g/m^3)

Kuvaajassa tummansininen viiva kuvaa ilman kyllästymisprosenttia, jonka ylittämisestä seuraa veden tiivistyminen, eli kondensoituminen tasaisille pinnoille.



KUVIO 1. Kuvaaja veden tiivistymisestä (Pursiainen 2018)

Kondensaatioon vaikuttavat kaksi tekijää: kuvaajassa vaaka akselilla kuvattu lämpötila sekä pysty akselilla kuvattu kosteus. Veden tiivistyminen johtuu joko: lämpötilan laskemisesta tai ilman kosteusmäärän kasvusta. Kuvaajasta voidaan myös havainnoida, kuinka lämmin ilma pystyy sitouttamaan itseensä huomattavasti enemmän kosteutta kuin kylmä ilma.

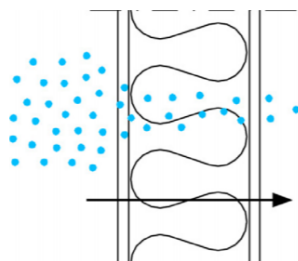
Suhteellinen ilmankosteus on rakentamisessa tärkeä mittayksikkö, sillä se ilmaisee, kuinka paljon rakenteessa on ylimääräistä kosteutta. Rakenteiden kuivumisen kannalta on tärkeää, että suhteellinen ilmankosteus on pienempi kuin kuiva-tettavan rakenteen suhteellinen kosteus. (Pursiainen 2018.)

2.2 Konvektio

Konvektio tarkoittaa kosteuden ja lämmön siirtymistä kaasun tai nesteen virtauksen mukana, jossa suuria määriä kosteutta voi siirtyä rakenteiden lävitse. Kosteuskonvektiossa puhuttaessa tarkoitetaan vain kosteuden siirtymistä. Kosteuskonvektio ilmiö johtuu siitä, että ilman tiheyserot pyrkivät tasaantumaan, joka aiheuttaa sen, että ilma alkaa kiertämään rakenteen sisällä kuljettaen samalla kosteutta. (Björkholtz 1987, 13.)

2.3 Diffuusio

Diffuusiossa kosteus siirtyy aineen pitoisuus ja paine-eron takia. Ilmiö johtuu siitä, että enemmän kosteutta sisältävä ilma pyrkii tasoittumaan kuivemman ilmamassan kanssa.

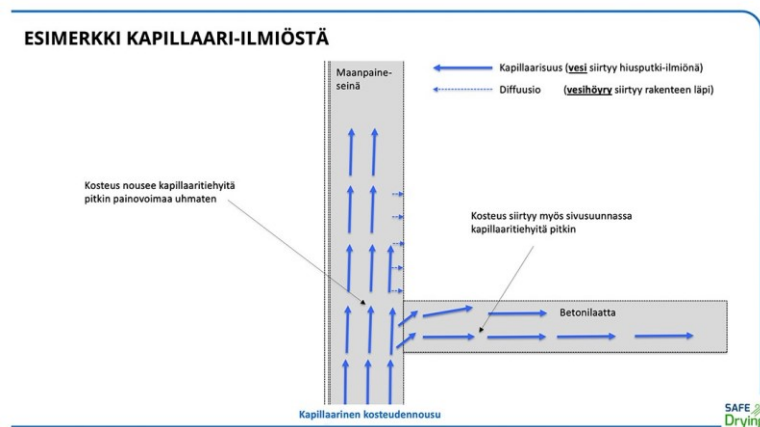


KUVIO 2. Periaatekuva diffuusioista rakenteessa. Pisteet kuvaavat vesihöyryn määrää ja nuoli diffuusion suuntaa (Pitkäranta 2016)

Rakentamisessa tämä tarkoittaa sitä, että vesihöyry pyrkii tyypillisesti kosteammasta sisäilmasta kuivempaan ulkoilmaan kulkien rakenteiden läpi. Toisin kuin konvektiossa, diffuusiosta kosteus ei tarvitse ilmavirtausta. Kuva 3 havainnollistaa, kuinka kosteus siirtyy diffuusion avulla rakenteen lävitse. (Paroc-kivivilla kosteusopas 2018, 5.)

2.4 Kapillaarisuus

Kapillaarisuus tarkoittaa veden siirtymistä materiaalin huokosissa, ilmiönä tämä johtuu huokosalipaineesta. Mitä pienempi kapillaarihalkaisija materiaalissa on, sitä voimakkaampaa on kosteuden nousu.



KUVA 2. Havainnollistava kuva kapillaarisesta kosteuden noususta (Safe Dying n.d.)

Kosteus voi huokoisessa rakenteessa liikkua pysty- ja vaakasuuntaan. Kuvassa 4. havainnollistetaan tätä kosteuden liikkumista rakenteessa sinisin nuolin. Pysty- ja vaakasuuntainen kosteuden nousu on hitaampaa kuin vaakasuuntainen, sillä painovoima hidastaa kapillaarisuutta. Kosteutta voi kapillaarisuuden takia tulla maaperän huokosista tai näkyvänä vetenä viistosateesta tai rakennuksen seinustalle kasaantuneesta lumesta. (Paroc-kivivilla kosteusopas 2018, 6.)

2.5 Rakennuskosteus ja rakennekosteus

Rakennuskosteus on kuljetus-, valmistus-, varastointi- tai rakentamisaika rakennusmateriaaliin päätynyttä, ylimääräistä kosteutta. Rakennekosteus puolestaan tarkoittaa sitä, kuinka paljon rakenteesta tulee poistua kosteutta ennen kuin rakenne on kosteustasapainossa ympäristön kanssa. (Paroc-kivivilla kosteusopas 2018, 3.)

TAULUKKO 1. Taulukko betonin sisältämästä kosteusmäärästä. (Tampereen teknillinen yliopisto 2019)

Betonirakenteesta vapautuva kosteus				
Materiaali	Valmistuskosteus l/m ³	Kemiallisesti sitoutunut kosteus l/m ³	Tasapainokosteus ilman kanssa, jonka RH 50%	Kuivatettava vesimäärä l/m ³
Betoni K15	180	40	25	115
Betoni K25	180	60	30	90
Betoni K40	180	70	40	70

Yllä olevassa taulukossa on kirjattu ylös betonien eri lujuusluokkien sisältämiä kosteus määriä. Betonissa K-arvo ilmaisee puristuslujuusluokkaa megapascalina (Mpa). Taulukon seuraavassa sarakkeessa on valmistuskosteus, eli kosteus, joka syntyy betonia valmistettaessa eikä se vaihtelee eri lujuusluokkien välillä. Betonista puhuttaessa, kemiallinen kosteus tarkoittaa sitä, kuinka paljon vettä sitoutuu betonia valmistettaessa käytettyyn sementtiin; puristuslujuusluokaltaan pienemmät betonit eivät sitouta itseensä niin suurta määrää kemiallista kosteutta kuin puristusluokaltaan suuremmat betonit. Kuivatettavan veden määrä tarkoittaa sitä, kuinka paljon betonista tulee poistua kosteutta ennen kuin se saavuttaa tasapaino kosteuden ilman kanssa. RH 50% vastaa ilmankosteudeltaan tavallista huoneilmaa, joten betoni, joka on tasapainokosteudessa tyypillisen huoneilman kanssa, sisältää se vettä riippuen betonin laadusta 25 l/m³ – 40l/m³. (Tampereen teknillinen yliopisto 2019.)

Rakenteiden kuivumista voidaan tehostaa ja se on tarpeen silloin, jos materiaalin kuivatusaika on pitkä, aiheuttaen kosteusvaurion riskin. Turvallisena rajana pidetään kahta viikkoa.

Rakenteiden kuivumista voidaan nopeuttaa seuraavilla tavoilla:

- luomalla ilmavirtoja rakenteen sisälle.
- lämmittämällä rakennetta.
- kuivattamalla rakennetta ympäröivää ilmaa. (Rakenteiden kuivattaminen 2008.)

2.6 Betonin kuivuminen

Betonin kuivumisen kannalta vaikuttavia tekijöitä ovat haihtumiskuivuminen, sitoutumiskuivuminen, rakennetyyppi, lämpötila sekä betonin suhteellinen kosteus. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen. 2018, 10.)

Betonin haihtumiskuivuminen alkaa varsinaisesti vasta sitten, kun muotit ovat purettu jälkihuolto lopetettu, sillä sen jälkeen betonissa oleva kosteus pääsee esteettä poistumaan rakenteesta.

Kosteuden haihtumiseen vaikuttavat merkittävästi seuraavat asiat:

- rakenteen paksuus
- betonilaatu
- ympäristön kosteus
- lämpötila.

Kuten edellisessä kappaleessa esitettiin, niin riippuen betonilaadusta, vaihtelee kuivatettava vesimäärä. Rakenteen tiiveys vaikuttaa omalta osaltaan siihen, kuinka vapaasti vesi pääsee poistumaan rakenteesta; tiivis rakenne läpäisee myös vesihöyryä hitaammin. Huokoisena materiaalina betoni sitouttaa itseensä kosteutta hygrooskooppisesti sekä kapilaarisesti, mikäli rakenne on suorassa kosketuksessa veteen. Käytännössä betonin kuivuminen alkaa toden teolla vasta sitten, kun rakennuksen ulkovaippa on ummessa ja rakennuksen sisätiloihin on saatu lämmitys päälle. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen. 2018, 10.)

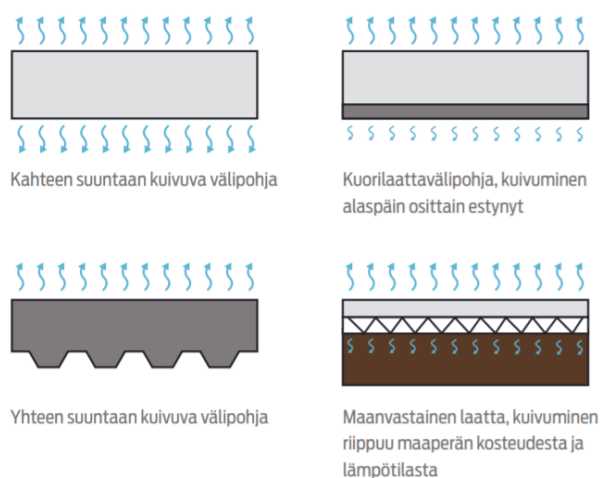
2.7 Sitoutumiskuivuminen

Sitoutumiskuivumisella tarkoitetaan taulukossa 1 esitettyä kemiallisesti sitoutunutta kosteutta. Siihen, kuinka paljon betoni pystyy sitouttamaan itseensä kosteutta, riippuu suurelta osin huokosrakenteesta ja vesisideainesuhteesta. Matalampi vesisementtisuhte nopeuttaa betonin kuivumista alussa ja päällystämisis-

kosteus voidaan saavuttaa aiemmin kuin korkean vesisementtisuhteen sisältävässä betonissa. Pienen vesisementtisuhteen betoneita käytettäessä on huomioitava, että vaikka alussa kuivuminen on nopeaa niin haihtumiskuivuminen on hitaampaa pienemmän höyrynläpäisevyyden takia. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen. 2018, 11.)

2.8 Rakennetyypin vaikutus kuivumiseen

Rakenteen ei tarvitse saavuttaa tasapainokosteutta ilman kanssa ennen kuin rakenne voidaan päällystää. Päällystemateriaalit asettavat betonille tavoitekosteuden, tyypillisesti tavoitearvokosteus on 80% - RH90% luokkaa. Rakenteen kosteuden ei tarvitse olla kauttaaltaan edellä mainittu, vaan riittää kyseinen kosteus on alitettu arviointisyvyydeltä. Arviointisyvyys riippuu rakennetyypistä sekä rakennepaksuudesta, esimerkiksi kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa arviointisyvyys on pienempi kuin yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen. 2018, 13.)



KUVA 3. Erialaisten rakennetyyppien kuivuminen (Betonin kuivumisen nopeuttaminen 2018, 13)

Rakennepaksuus on merkittävä tekijä betonin kuivumisprosessissa, sillä mitä paksumpi rakenne on, sitä pidempi matka kosteudella on haihtumiskykyiseen pintaan. Suuri merkitys on myös sillä, kuivuuko rakenne yhteen vai kahteen suuntaan. Kuvassa 5, on esitetty, kuinka eri rakenteista kosteutta pääsee haihtumaan. Kahteen suuntaan kuivuva välipohja on tyypillinen esimerkki holvivalulla tehdystä välipohjasta. Kuorilaattavälipohjassa kuivuminen on osittain estynyt alapuolelta,

joka tarkoittaa sitä, että alaspäin tapahtuva kuivuminen on huomattavasti ylöspäin tapahtuvaa kuivumista hitaampaa. Yhteen suuntaan kuivuva välipohja on valettu muovin päälle tai toteutettu liittolevyrakentein. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen. 2018, 13.)

2.9 Vuodenaikojen vaikutus kuivumiseen

Vuodenajat ja niiden vaihtelu vaikuttavat merkittävästi rakenteiden kuivumiseen ja työmaan kosteudenhallintaan. Tähän vaikuttavat monet vuodenaajoista riippuvaiset tekijät kuten sademäärä, ilman suhteellinen kosteus, joka puolestaan on suoraan riippuvainen lämpötilasta. Esimerkiksi talvella ilman suhteellinen kosteus on pienempi kuin kesällä, joten rakenteet saadaan kuivatettua parhaiten nostamalla lämpötilaa. Jos ilman suhteellinen kosteus on suurempi kuin RH 50%, niin kuivuminen alkaa hidastua merkittävästi. Tällainen tilanne syntyy tyypillisesti kesällä tai alkusyksystä, jolloin erillisten kosteudenkerääjien käyttö voi tulla tarpeeseen; tämä kuitenkin edellyttäisi rakennuksen osastointia, jottei kosteudenkerääjä poistaisi kosteutta ulkoilmasta. (Rakenteiden kuivuminen 2020a)

Jotkin työvaiheet nostavat myös merkittävästi rakennuksen ilman kosteutta. Tällaisia työvaiheita ovat esimerkiksi tasoite- ja maalaustyöt. Jos edellä mainitut työvaiheet osuvat ajankohtaan, jolloin ulkoilman ilman suhteellinen kosteus on korkea, on se huomioitava aikataulussa tai varauduttava riittävällä kuivatuskalustolla, sillä tuulettaminen ei ole tällöin järkevää.

3 RAKENNEKOHTAINEN KOSTEUDENHALLINTA, MITTAUKSET JA DOKUMENTOINTI

Rakenteet, jotka ovat suoraan kosketuksissa maaperään, altistuvat suurimmalle kosteusrasitukselle. Jatkuvaa kosteusrasitusta alapohjiin sekä perustuksiin aiheuttaa esimerkiksi kosteuden kapilaarinen nousu, maaperästä diffuusiolla nouseva kosteus sekä hulevedet.

3.1 Perustukset ja alapohjat

Rakenteet, jotka ovat suoraan kosketuksissa maaperään, altistuvat suurimmalle kosteusrasitukselle. Jatkuvaa kosteusrasitusta alapohjiin sekä perustuksiin aiheuttaa esimerkiksi kosteuden kapilaarinen nousu, maaperästä diffuusiolla nouseva kosteus sekä hulevedet. Hulevedellä tarkoitetaan sade- ja sulamisvesiä. Ennen rakentamisen aloitusta varmistetaan, että maaperä on riittävän kuiva ja roudasta vapaa. (Perustus ja alapohja 2008.)

Veden kapilaarista nousua perustuksiin ja sitä kautta rakenteisiin estetään asentamalla rakennuspohjaan salaojituskerros, jonka tehtävä on ohjata vedet salaojaputkiin. Salaojitukseen tulevan materiaalin tulee olla riittävän karkeaa ja tämä täytty työmaalla vielä tarkastaa ennen salaojituksen täyttöö. Ennen salaojien peittämistä tulee varmistaa, että kaadot ovat riittävät: rakennuksen alla olevien salaojaputkien kaadon tulee olla vähintään 1:100. (Salaojien riskikohtia 2020b.)

Maanvastaiset rakenteet ovat kosketuksissa pohjamaan tai salaoja- ja täyttökerrosten kanssa, ja tämä luo otolliset olosuhteet homeen ja mikrobien kasvulle. Tämän takia tärkeää, että alapohja on rakenteena tiivis.

Haastavia kohtia alapohjan tiiveyden kannalta ovat esimerkiksi seuraavat asiat:

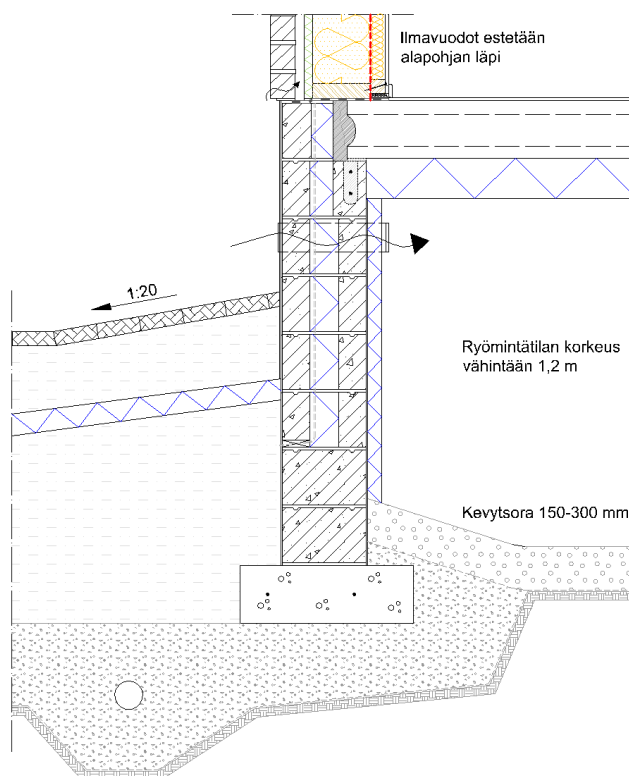
- Läpivientien tiivistykset.
- Rakenteiden liitoskohdat.
- Maapohjatäytön tiivistäminen painumien ehkäisemiseksi.
- Betonin halkeilun estäminen.

Tiivis alapohjan rakenne estää myös maaperästä vapautuvan radonin pääsyä sisäilmaan. (Maanvastaiset alapohjat 2020c.)

Maanvaraisia alapohjarakenteita tehdessä, tulee myös huomioida kosteuden kapillaarinen nousu sekä diffuusiolla siirtyvä kosteus. Diffuusiolla nousevan kosteuden pääsyä rakenteisiin pyritään estämään asentamalla alapohjan eristeet siten, että eristekerrosten saumat tulevat limittäin. (Maanvastaiset alapohjat 2020c.)

Kapillaarinen nousu estetään riittävän paksulla kapillaarikerroksella, jossa on tärkeää, että materiaali on ei-kapilaarista ja hyvin vettä läpäisevää. Työmaan tulee tarkistaa, että kapillaarikerrokseen käytettävä materiaali on riittävän suuri rakeista sekä kerroksen tiivistymisaste. Kapillaarista nousukorkeutta voidaan arvioida siten, että maaperään asetetaan putki, joka on täytetty kuivalla, kapillaarikatkoon käytettävällä materiaalilla. Kapillaarikerroksen tulee olla paksumpi, kuin testiputkesta mitattu nousukorkeus. Kosteuden nousu rakenteisiin tulee estää myös lattialaatan yläpuolella asianmukaisin kosteuskatkoin. (Maanvastaiset alapohjat 2020c.)

Ryömintätilaisissa alapohjissa suurimpia kosteushallinnallisia riskejä ovat esimerkiksi kosteuden kondensoituminen pinnoille, sokkeliin valuvat sade- ja vajo-vedet sekä pinnoitus kostealle alustalle. Kosteuden kondensoituminen tapahtuu, kun ryömintätilan lämpötila on ulkolämpötilaa alhaisempi ja ilman vaihtuessa suhteellinen kosteus tilassa nousee, joka johtaa kosteuden tiivistymisen pisaroiksi viileälle pinnalle. Tämä ilmiö vaikuttaa kesäisin, kun ryömintätilan ilma on ulkoilmaa kylmempää. Kuvassa 6 nuoli osoittaa kuinka lämpimämpi ilmavirta kulkeutuu tuuletuskanavaa pitkin ryömintätilaan. Kondensoituminen johtuu diffuusion aiheuttamasta kosteuden kulkeutumisesta. Diffuusiota pyritään pienentämään kevytsora tai sepelikerroksella. Hule-, sade-, ja sulamisvesiä ja niistä johtuvaa lamikoitumista ehkäistään oikean mukaisilla maanpinnan muotoiluilla, poistojärjestelmillä sekä rakennuspohjan salaojituksilla. (Ryömintätilaiset- eli tuulettuvat alapohjat 2020d.)



KUVA 4. Periaatekuva ryömintätilaisesta alapohjasta (Ryömintätilaiset- eli tuulettuvat alapohjat 2020d)

Tuulettuvaan tilaan työmaalla ei tule myöskään varastoida mitään, sillä se hidastaa tilan tuulettumista. Ryömintätilaisen alapohjan laadunvalvontaan kuuluu varmistaa katselmuksissa, että tila on puhdas, eikä tilassa ole mitään orgaanisia materiaaleja, jotka mahdollistaisivat mikrobien kasvun. Ennen pinnoituksia tarkastetaan kosteusmittauksin, että pinnat ovat riittävän kuivat ja tiiveys varmennetaan tekemällä tilassa lämpökuvauksella tai merkkisavua käyttäen. Ryömintätilan kosteutta mitatessa on huomioitava vuodenaika, jolloin mittaus tehdään; kesällä ryömintätilan suhteellinen ilmankosteus on korkeampi kuin talvella. Työmaan tarkastuslistaan kuuluu kaatojen sekä kallistusten tarkastaminen ja liitosten ja läpivientien tiivistykset. (Ryömintätilaiset- eli tuulettuvat alapohjat 2020d.)

3.2 Välipohjarakenteet

Paikalla valetun välipohjan olennaisimpiin riskeihin kuuluu kosteuden siirtyminen seinien eristeisiin, painovoimainen siirtyminen alempiin rakenteisiin. Olennaista

on varmistaa, että välipohja on tiivis rakenne, sekä että LVIS-läpimenot ovat tulpattu huolellisesti kiinni. Kun välipohja on tiivis, suojaa se sääsuojana alempia rakenteita. (Paikalla valettu välipohja 2020e.)

Sateet aiheuttavat ongelmia kerrostalotyömaan holvilla, jota ei ole kustannustehokasta suojata säältä. Holville satanut lumi ja vesi tulee poistaa mekaanisesti, lumitöin, lapioin sekä lastoin. Vedelle voidaan rakentaa väliaikaisia poistoreittejä, joiden avulla kertynyt vesi johdetaan viemäriin. Jos vedet johdetaan talon omaan viemärintijärjestelmään, tulee olla tarkkana, etteivät järjestelmät tukkeudu eikä sinne pääse vaarallisia tai sinne kuulumattomia esineitä. (Paikalla valettu välipohja 2020e.)

Elementtivälipohjaa koskevat pitkälti samanlaiset kosteudenhallinnalliset haasteet kuin paikalla valu rakenteissa; holville satanut vesi ja lumi tulee poistaa, veden poistoreitit tulee pitää puhtaina, lisäksi myös elementtivälipohja toimii sääsuojana alemmille rakenteille. Elementtivälipohjaan käytettävät ontelolaatat tuovat omat haasteensa esimerkiksi tiiveyden suhteen; laattojen saumat tulee valaeta heti, kun se on mahdollista, jottei kosteus pääsisi painovoimaisesti valumaan alempiin rakenteisiin elementtien saumoista. Tämän lisäksi ontelolaatan kaarevuuden takia, vesi kerääntyy kantaville seinille. Tämä ontelolaatan ominaisuudesta johtuvaa riskiä pyritään välttämään asemoimalla kantavat seinät 10-20 mm korkeammalle kuin välipohja ja lisäksi tarvittaessa saumojen reunoja voidaan muotoilla veden kerääntymisen estämiseksi. (Elementtivälipohjat 2020f.)

Ontelolaatoilla rakennettaessa on huolehdittava, ettei onteloihin kerry vettä vesipesiksi. Ontelolaatoissa on tehtaalla poratut vedenpoistoreiät, mutta työmaalla tulee tarkastaa, että reiät ovat auki. Jos vedenpoistoreikien poraus tehtaalla on epäonnistunut tai ne ovat tukkeutuneet työmaalla, voidaan ne porata uudelleen auki. Mikäli arvellaan, että on paikkoja, joihin vettä voi kertyä, voidaan työmaalla porata lisäreikiä. Tyypillisimpiä lisäreikien paikkoja ovat kantavien ulkoseinien vierustat sekä leikkaus- ja läpivientikohdat. (Elementtivälipohjat 2020f.)

3.3 Ulkoseinät

Ulkoseinien kosteusrasitusta pyritään pienentämään oikeanlaisilla rakenneratkaisuilla. Materiaalien valinnassa vaikuttaa se, onko julkisivurakenteessa tuuletusrakoa vai ei. Tuuletusrakoa ei ole esimerkiksi rapatuissa julkisivuissa, joten materiaaleja valitessa tulee huomioida niiden kuivumiskyky sekä se kuinka paljon materiaali kerää kosteutta. Rakenteissa, joissa on tuuletusrako, tulee tarkastaa, että tuuletusrako ei pääse tukkeutumaan, kuten muuratuissa julkisivuissa tulee muurauksen jälkeen tarkastaa, ettei laastipurseet vaikuta rakenteen kuivumiseen tai tuulettumiseen. (Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät 2020g.)

Työmaalla, jossa on harkkorakenteisia seiniä, on asia otettava huomioon jo aikataulua suunnitellessa, sillä harkkoihin voi sitoutua suuria määriä rakennekosteutta. Lämpöeristetyin harkon sisäkuoren on riittävän kuiva pinnoitusta varten, kun rakenteen kosteus on alittanut pinnoitteen mitoittavan kriittisen kosteusmäärän. Jos rakenteen pinnoittaa liian nopeasti, kosteus jää rakenteen sisään aiheuttaen kosteusvaurioita. (Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät 2020g.)

Sandwich-elementtien kosteudenhallinnassa tiiviit saumaukset sekä läpivientikohdat ovat avainasemassa. Saumat tehdään elastisella saumamassalla tai juotosvaluina. Mikäli lattian tasoitevalu ei peitä elementtien vaaka saumaa, tiivistetään sekin saumamassalla. (Sandwich- ja kuorielementit 2020h.)

Elementtejä asennettaessa on huomioitava, ettei tuuletusvälit tai urat tukkeudu. Ulkokuoren taakse päätynyt vesi tulee johtaa pois vaakasuuntaisista liitoksista, tällaisia liitoksia ovat:

- seinän ja perusmuurin väliset liitokset
- ikkuna- ja oviliitokset
- ulkoseinän ja vaakarakenteen liitokset.

Kuori- sandwich-elementit kuivuvat pääasiassa sisälle päin ja tämä seikka on huomioitava, kun suunnitellaan aikataulua sisäpuolen pinnoitukselle. Kuivumisen vaatimaan aikaan vaikuttaa olennaiselta osalta se, kuinka paksu eristekerros elementissä on. (Sandwich- ja kuorielementit 2020h.)

3.4 Yläpohjat ja vesikatto

Yläpohjan ja etenkin vesikaton valmiiksi saaminen työmaalla on merkittävä asia kosteudenhallinnan kannalta, sillä varsinainen kuivuminen alkaa vasta, kun rakennuksen vaippa on ummessa.

Tuulettuvalla yläpohjarakenteella tarkoitetaan puusta tehtyä ristikkorakennetta, joka on rakennettu joko paikallavaletun rakenteen tai laattarakenteen päälle. Koska puu on orgaaninen materiaali, on se tärkeää eristää kosteudesta lahoamisen estämiseksi. Tämän takia puurakenne on tärkeää, että esimerkiksi ristikkorakenteen alajuoksun ja betonilaatan välissä on kapillaarikatko, joka estää kosteuden nousun ristikkorakenteisiin. Mikäli ristikkorakenteeseen on rakennusaikana päätyntä kosteutta, varmistetaan että rakenne on kuivunut riittävästi ennen lämmöneristeiden asentamista. (Tuulettuva yläpohja (puusta) 2020i.)

Yläpohjaan voi kulkeutua kosteutta alemmista kerroksista elementtien liitoskohtien kohdalta. Tämän takia työmaalla tulee tarkistaa elementtisaumojen tiiveys ja höyrynsulun liitoskohdat. Tiivistyksessä käytetään usein bitumikermikaistaa tiivistämään elementtien saumakohdat. (Tuulettuvan yläpohjan kosteusriskikohtia 2020j.)

Kevytsorakatolla tarkoitetaan katorakennetta, jossa eristeenä on käytetty kevytsoraa. Mikäli rakenneratkaisuksi on valikoitunut kevytsorakatto, on huomioitava, että rakenne kuivuu erittäin hitaasti, joten kosteuden pääsy rakenteeseen on eslettävä. Tämän takia rakenteen toteutus on suositeltavaa toteuttaa tilaispäissuojan alla. (Kevytsorakatto 2020k.)

Työmaalla on tärkeää tarkistaa, että kallistukset ovat suunnitelmien mukaiset, sekä että katon että seinien liitokset ovat tiiviitä. Kevytsorakaton tuuletus on melko vähäistä, joten tätä rakennetta voidaan pitää lähes umpirakenteena. Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa, että kattokaivojen ja viemäreiden alapinnat ovat lämmöneristetty kondensoitumisen estämiseksi. (Kevytsorakatto 2020k.)

3.5 Märkätilat

Märkätilaksi luetaan ne rakennuksen tilat, jossa pinnat ovat vedelle alttiita ja seinille voi päätyä vesiroiskeita tai pinnoille voi tiivistyä kosteutta. Käytännössä tällaisia tiloja ovat kylpyhuone ja saunatilat.

Märkätiloja tehdessä on huolehdittava, että vedeneristys on riittävän paksu, läpivientien kohdat ovat tiiviit sekä se, että lattian vedeneristyskerros on nostettu seinille. Asianmukaisen vedeneristyksen lisäksi, tulee työmaalla tarkistaa kylpyhuoneen lattiakaadot, jotta ne viettävät riittävän jyrkästi, vähintään 1:100 kohti lattia-kaivoa. Tästä tavoite kaltevuudesta voidaan poiketa yleisesti märkätilaan sijoitettavien kalusteiden, kuten pyykinpesukone ja WC-istuinten kohdalla (Märkätilat 2020I).

3.6 Varastointi ja sääsuojaukset

Työmaan aluesuunnitelmasta ilmenee materiaalien varastointi alueet. Varastointia suunniteltaessa nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että sisätiloihin tulevat materiaalit tulee varastoida sisätiloissa, kun taas ulos jäävät materiaalit voidaan varastoida ulkona. Ulkona varastointi ei kuitenkaan tarkoita sitä, että materiaalit voisi jättää suojaamatta; ulkovarastoinnissa tulisi huolehtia, etteivät materiaalit ole suorassa kosketuksessa paljaaseen maahan, jolloin ne altistuisivat maaperästä nousevalle kosteudelle. Tämän lisäksi materiaalit tulee suojata sateelta. Tarvittaessa materiaaleille voi rakentaa sääsuojan, mutta tarpeettoman pitkää varastointia tulee välttää; oikea aikainen toimitus vähentää materiaalien kosteusvaurioiden riskiä. (Materiaalien toimitukset ja varastointi 2020m.)

Rakenteiden ja materiaalien suojaus on tehokkaampaa kuin kuivattaminen. Kustannustehokkain tapa suojata käyttämällä rakenteen omia rakenteita, mutta tämä ei ole aina mahdollista ja siksi tarvitaan suojaus. Suojauksen valitsemiseen vaikuttavat monet tekijät. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi rakennuksen koko, muoto, sijainti sekä kosteusherkyys. (Työmaan suojaukset 2020n.)

Työmaan sääsuojaus kalustoon kuuluvat suojapeitteet, joita käytetään ensisijaisesti elementtien ja materiaalien varastointisuojaukseen – tästä puhutaan päivit-

täisenä suojauksena. Rakenteiden suojaus suojapeitteillä on vain tilapäinen ratkaisu, sillä peitteiden avulla ei saa saumatonta suojausta, minkä takia peitteet johtavat herkästi veden rakenteisiin. Varmempi tapa suojaukseen on käyttää joko alumiini- tai teräsrunkoisia sääsuojia; näillä ratkaisulla saadaan suojattua esimerkiksi keskeneräinen holvi täysin sateelta. Kun holville ei päädy kosteutta lumena tai vetenä, vältytään kuivattamiselta ja lumitöiltä – lisäksi työturvallisuus paranee. Rakennettavien sääsuojien haittana on se, että tulee se aina purkaa nostojen tieltä ja tästä syystä niitä ei juuri käytetä uudistalotyömailla, etenkin silloin kun rakennus on betonirakenteinen, eikä niin herkkä kosteudelle. (Työmaan suojaukset 2020n.)

3.7 Mittaukset ja dokumentointi

Kosteudenhallintasuunnitelman osana laaditaan kosteusmittaussuunnitelma. Tämän suunnitelman laatii yleensä henkilö, joka vastaa työmaalla kosteudenhallinnasta. Suunnitelmassa on esitetty esimerkiksi seuraavat asiat:

- Mittausmenetelmät sekä siihen tarvittava laitteisto
- Tehtävät mittaukset
- Mittausten laajuus sekä aikataulu

Mittauksia tehdään sisäilman kosteudesta, lämpötilasta ja rakenteiden kosteudesta. Mittauksia tehdään, koska niiden perusteella voidaan tehdä päätöksiä esimerkiksi kuivauskaluston lisäämisestä tai vähentämisestä. (Kosteusmittaukset 2020o.)

Kuivumisolosuhteita mitatessa tulee valita niin, ettei tilapäiset olosuhteet, kuten auringonpaiste, häiritse mittauksista. Tarvittaessa mittauksia voidaan tarkentaa lisäämällä mittauspisteitä ja mittauskertoja. Tarkempia mittauksia tarvitaan, jos aikataulu on tiukka ja jos ilmankosteus on merkittävä tekijä tahdittaviin työvaiheisiin. (Kuivumisolosuhteiden mittaaminen 2020p.)

Rakenteiden suhteellista kosteutta mitataan pääsääntöisesti porareikämittauksilla ja näytepalamenetelmällä, joiden pohjalta voidaan tehdä pinnoitettavuuspäätös. Rakenteesta voidaan myös mitata absoluuttista kosteutta sekä pintakosteutta, mutta näitä tuloksia ei suositella käytettäväksi pinnoitettavuutta miettiessä. (Rakenteista tehtävät mittaukset 2020q.)

Rakenteiden suhteellisen kosteuden mittaaminen aloitetaan, kun rakennuksen vaippa on ummessa ja kuivatus on aloitettu. Lähtötilanteen ja seurannan tavoitteena on todeta rakenteen kuivuminen. Mittauksen suorittaa asiaan perehtynyt henkilö. Mittauspaikat valitaan siten, missä oletettavasti kosteutta on, tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi saumakohdat. (Rakenteista tehtävät mittaukset 2020q.)

Mittaus­syvyys porareikä mittauksessa arvioidaan sen perusteella, kuinka moneen suuntaan rakenne kuivuu:

Kahteen suuntaan kuivuva rakenne (2):

$$0,2 \times \text{rakenteen paksuus}$$

Yhteen suuntaan kuivuva rakenne (3):

$$0,4 \times \text{rakenteen paksuus}$$

On tärkeää mitata myös kosteus rakenteen pinnasta, jotta saadaan selvitettyä rakenteen kosteusjakauma. (Rakenteista tehtävät mittaukset 2020q.)

Kosteudenhallinnassa dokumentoinnilla on suuri osuus, ja yksi merkittävimmistä dokumenteista on mittausraportit. Mittausraportissa on olennaista esittää selkeästi se, millä menetelmällä mittaus on tehty, milloin ja mistä rakenteesta mittaus on otettu, sekä mittaus­syvyys. Raportissa tulee myös mainita missä olosuhteissa mittaus on tehty. (Rakenteista tehtävät mittaukset 2020q.)

Raportista tulee näiden lisäksi ilmetä myös seuraavat asiat:

- kohdetiedot
- mittaajan tiedot
- käytetty mittalaite
- kuvia mittauskohdista
- mittauksen tulokset ja tarkastelu
- tulosten tulkinta ja johtopäätökset.

4 KUIVAKETJU10-TOIMINTAMALLI JA VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET

Kuivaketju10 on tunnettu toimintamalli, jolla torjutaan kosteusvaurioiden riskiä koko rakennusprosessin ajan. Toimintamalli sisältää kymmenen keskeisintä kosteudenhallinnallista riskiä sekä todentamisohteen - näin pyritään estämään keskeisimmät kosteusvauriot ja niiden seurannaiskustannukset. Kuivaketju10:n käyttö on tilaajan päätös toteuttaa rakennushanke toimintamallin periaatteiden mukaisesti. (Työmaatoteutus 2018.)

Työmaalla toimintamallin noudattamisen vastuu on pääurakoitsijalla, jonka tulee perehdyttää työntekijät Kuivaketju10:n peruseriaatteisiin. Pääurakoitsijan tehtäviin kuuluu myös varmistaa olosuhdehallinnan onnistuminen, käsitellä toimintamallin toteutumista säännöllisesti työmaakokouksissa sekä dokumentoida ja todentaa riskejä sisältävien työvaiheiden onnistunut toteutus. Kuivaketju10 tarjoaa kuvan 7 mukaisen, suunnittelijoiden tarkentaman, todentamisohteen. (Työmaatoteutus 2018.)

Suunnittelijan tarkistuslista		Urakoitsijan tarkistuslista		
Suunnitteluratkaisu	Suunnittelija(t)	Työmaatodentaminen	Todentamisdokumentti	pvm/henkilö
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan				
Aluskate on tehtävä niin vedenpitäväksi, että se toimisi myös ainoana katteena.				
Esitetään läpivientien vesitiivis toteutustapa. Aluskate on varustettava läpivientien kohdalla yläsnostoin ja kumibitumittivistyksellä sekä mekaanisesti varmistetuilla läpivientikappaleilla.	RAK	Varmistetaan, että toteutus vastaa suunnitelmia (suunnittelija täydentää osion).	Valokuva(t)	☐
Esitetään tiilipiippujen ja muiden suorakaiteen muotoisten läpivientien vesitiivis toteutustapa. Aluskate on varustettava läpivientien kohdalla yläsnostoin vähintään 300 mm ja yläsnosto on varmistettava esimerkiksi kumibitumittivistyksellä sekä mekaanisella kiinnityksellä. Suunnitelmista tulee käydä ilmi, miten piipun kulmat toteutetaan.	RAK	Varmistetaan, että toteutus vastaa suunnitelmia (suunnittelija täydentää osion).	Valokuva(t)	☐

KUVA 5. Kuivaketju10-toimintamallin todentamisohtje (Todentamisohtje 2018)

Todentamisohtjeessa esitetään kosteudenhallinnallinen riski, yllä olevan kuvan 7. tapauksessa riski on veden pääsy yläpohjaan aluskatteen vuotokohdista. Urakoitsijan tarkistuslista ohjeistaa, miten suunnittelijan tekemä ratkaisu todennetaan ja dokumentoidaan; tässä tapauksessa varmistetaan, että rakenne on toteutettu suunnitelmien mukaan ja todentamisdokumentiksi otetaan valokuvia rakenteesta. (Työmaatoteutus 2018.)

4.1 Kosteudenhallintakoordinaattori

Ympäristöministeriön asetuksen 12 pykälän mukaan, tulee tilaajan nimetä rakennushankkeeseen kosteudenhallintakoordinaattori, joko omasta organisaatiosta tai ulkopuolisesta tahosta. Tilaaja itse arvioi henkilön kelpoisuuden ja pätevyyden kosteudenhallintakoordinaattorin. Kuivaketju10-toimintamallia käytettäessä on suositeltavaa käyttää riippumatonta asiantuntijatahoa. Kosteudenhallintakoordinaattori on asetuksen mukainen henkilö vastaamaan työmaan kosteuden hallinnasta. (Kosteudenhallintakoordinaattori 2020r.)

Kosteudenhallintakoordinaattorin tärkein tehtävä on varmistaa ja hyväksyä, että onnistuneet työvaiheet, jotka sisältävät kosteudenhallinnallisia riskejä, on todennettu urakoitsijan tarkastuslistan mukaisesti. Olennaisesti kosteudenhallintakoordinaattorin työtehtäviin kuuluu vieraila työmaalla säännöllisesti, sekä osallistua työmaakokouksiin, joissa tulee käsitellä Kuivaketju10:n etenemistä ja käydä läpi työvaiheet, joihin sisältyy todentamisvelvoite. (Kosteudenhallintakoordinaattori 2020r.)

4.2 Viranomaismääräykset

Rakennustyömaan kosteudenhallintaa säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki, jota ympäristöministeriön asettamat asetukset tulkitsevat. Maankäyttö- ja rakennuslain 117 c §:ssä on säädetty rakennuksen terveellisyydestä, jonka mukaan tilaajan on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan olosuhteiden edellyttävällä tavalla, jotta rakennus on terveellinen ja turvallinen. Tähän pykälään nojaten, on Ympäristöministeriö antanut asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. (Ympäristöministeriö 2017.)

Ympäristöministeriön antamassa asetuksessa luvussa kolme käsitellään rakennushankkeen kosteudenhallintaa ja pykälän 12 mukaan tilaajan tulee huolehtia kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Pykälä 13 puolestaan velvoittaa rakennusprojektin vastaavaa työnjohtajaa laatimaan kosteudenhallintaselvityksen pohjalta kosteudenhallintasuunnitelman. Kosteudenhallintasuunnitelman sisällössä sovelletaan pykälää 15 rakenteiden kuivumisesta. (Ympäristöministeriö 2017.)

4.3 Kosteudenhallintaselvitys

Kosteudenhallintaselvitys on tilaajan tai tämän valtuuttaman henkilön laatima dokumentti vaaditusta kosteudenhallinnan tasosta rakennushankkeessa. Mikäli kohde on luvanvarainen, on kosteudenhallintaselvitys pakollinen dokumentti rakennuslupaa haettaessa. (Kosteudenhallintaselvitys 2020s.)

Kosteudenhallintaselvityksen tulee sisältää:

- hankkeen yleistiedot
- kosteudenhallinnan vaatimukset hankkeen eri vaiheissa
- menettelytavat vaatimusten varmentamiseen
- henkilöresurssit. (Ympäristöministeriö 2017.)

Kosteudenhallintaselvityksen laajuuteen puolestaan vaikuttavat kohteen laajuus, kohteen kosteusriskit, olosuhteet sekä vaadittu laatutaso. Kosteudenhallintaselvityksen tarkoituksena on osoittaa, että hankkeen luonne ja sen kosteusriskit sekä toimenpiteet niiden ehkäisyyn on tunnistettu. (Kosteudenhallintaselvitys 2020s.)

Kosteushallintaselvityksen pohjalta tulee työmaan vastaavan mestarin laatia kosteudenhallintasuunnitelma, johon sisällettävä tieto kunkin rakennusvaiheen kosteudenhallinnasta vastaavasta vastuuhenkilöstä. Vaihevastuuhenkilön tulee huolehtia rakenteiden kosteuden ja rakennuskosteuden kuivumisaste on riittävät, jotta rakenteet voidaan päällystää kuivumista hidastavilla kerroksilla rakennetta vaurioittamatta. (Ympäristöministeriö 2017.)

4.4 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelma on asiakirja, joka laaditaan tilaajan asettaman tason, kosteudenhallintaselvityksen, pohjalta. Kosteudenhallintasuunnitelman työmaalla laatii vastaava työnjohtaja ja asiakirjassa tulee olla selkeästi kirjattuna mitä toimia työmaalla tehdään, jotta kosteudenhallinnan tavoitteet toteutuvat. (Kosteudenhallintasuunnitelma 2020t.)

Pääurakoitsijan tulee esittää kosteudenhallintasuunnitelmassa seuraavia asioita:

- sääsuojaussuunnitelma
- kriittisten rakenteiden kuivumisarvot ja kuivumiseen liittyvä aikataulu
- varastointitilat ja sen aikainen kosteus ja sääsuojaus
- työmaan olosuhdehallinta
- kosteusmittaussuunnitelma.

Tilaaajan tulee hyväksyä yllä esitetty, pääurakoitsijan esittämä listaus. (Kosteudenhallintasuunnitelma 2020t.)

Koska työmaalla on niin paljon vaihtelevia tekijöitä, on kosteussuunnitelmassakin varauduttava kosteusvaurioiden syntymiseen. Tämän takia suunnitelmassa esitetään vastuurajat ja toimenpiteet kastuneiden rakenteiden, materiaalien ja työkalujen osalta. Tärkeintä kosteudenhallintasuunnitelmassa on se, että kaikki osapuolet tietävät sitä koskevat toimenpiteet ja tavoitteet. (Kosteudenhallintasuunnitelma 2020t.)

4.5 Kosteudenhallinnan muistilista

Kosteudenhallinnan muistilista on laadittu opinnäytetyön tutkimuksen perusteella eikä tarkastuslistaan ole sekoitettu Kuivaketju10:n listausta. muistilistassa on koottuna olennaisimmat kosteudenhallintaan liittyvät riskikohdat. Kosteudenhallinnan muistilista on katsottavissa liitteestä 1.

5 POHDINTA

Opinnäytetyöni käsitteli kosteudenhallintaa tuotannon näkökulmasta, rajaten ulos suunnittelijan näkökulman. Työn tarkoituksena oli tutustua kosteudenhallintaan aina perustuksista sisävaiheen valmistumiseen saakka. Tavoitteena oli luoda selkeä ja yksiselitteinen kosteudenhallinnan muistilista, joka olisi helposti ymmärrettävissä. Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön aiheita siitä näkökulmasta, miksi esitettyjen asioiden ymmärtäminen on tärkeää ja missä olisi vielä parantamisen varaa.

Opinnäytetyön alussa käsiteltiin kosteuden lähteitä sekä sitä, miten kosteus siirtyy. Kosteuden siirtymismekanismien ymmärtäminen on tärkeää, sillä läheskään kaikkea kosteutta ei voida silmin havaita; on helppo ymmärtää esimerkiksi syy sille, miksi puutavaraa ei varastoida vesilammikon päälle, mutta syyn sille, miksei puutavaraa voi myöskään varastoida suoraan silminnähdyn kuivalle maalle, vaatii jo kosteuden siirtymismekanismien tuntemusta. Tuntemusta vaaditaan myös vuodenaikojen kierron ja siihen vahvasti sidoksissa olevan ilman suhteellisen kosteuden ymmärrykseen. Monesti ihmetellään sitä, miksi kerrostalojen hollivaluja tehdään talviaikaan, sillä yleisesti ajatellaan, että lämmin ilma kuivaa parhaiten. Kuitenkaan ei tulla ajatelleeksi sitä, ettei kylmä ilma pysty sitomaan itseensä niin paljon kosteutta kuin lämmin ilma. Tästä syystä haihtumiskuivuminen on nopeampaa talvi-, kuin kesäaikaan, sillä luonto pyrkii aina tasapainoon.

Luvun kolme sisältö painottui puolestaan rakennekohtaiseen kosteuden hallintaan. Jokaisella rakenteella on omat kosteustekniset vaatimuksensa ja kosteudenhallinnan riskinsä, mutta lähes kaikkia rakenteita yhdistävä, tärkeäksi seikaksi nousi tiiveys. Tämä havainto ei yllättänyt, sillä millään muullakaan tavalla ei olisi mahdollista estää kosteuden kulkeutumista rakenteisiin konvektion tai diffuusion välityksellä.

Luvussa neljä ensimmäisenä käsitelty asia oli Kuivaketju¹⁰. Tämä toimintamalli on järkevä ja tarkoituksellisesti hyvä, mutta jättää silti pohdittavanaan sitä, että miksi tällainen toimintamalli on tarvinnut kehittää, kun se ei ole edes pakollinen

käytettäväksi. Tietysti Kuivaketju10 tarjoaa kattavan listan kosteusriskeistä ja antaa suuntaviivat kosteudenhallintasuunnitelmalle, mutta olisi hyvä välttää niputtamasta yhteen kosteudenhallintaa ja Kuivaketju10:tä. Olisi hyvä oppia kosteudenhallinnasta ilman minkään tietyn toimintamallin apua – olipa toimintamalli kuinka hyviä tahansa.

Haastavin osa opinnäytetyötä tehdessä oli saada johdonmukainen osio viranomaismääräyksistä. Ympäristöministeriön asetuksissa tuli olla tarkkana, että mitä maankäyttö- ja rakennuslain kohtia sovelletaan ja mitä mikin pykälä vaatii kosteudenhallintaselvityksen ja kosteudenhallintasuunnitelman osalta. Lakien ja määräysten tulisi olla selkeästi ja helposti ymmärrettävissä, sillä se lisäisi tietoisuutta, joka taas johtaisi siihen, että niitä myös noudatettaisiin. Tämän lisäksi tarkempi perehtyminen rakentamista ja etenkin kosteudenhallintaa koskeviin lakeihin, esimerkiksi koulutuksessa, vähentäisi tietämättömyydestä johtuvia virheitä.

Kosteudenhallinnassa olisi vielä paljon parantamisen varaa. Avuksi on kehitetty Kuivaketju10-toimintamalli, todentamisohjeineen sekä muistilistoja, kuten tämän opinnäytetyön pohjalta tehty muistilista. Kosteudenhallinta on kuitenkin paljon muutakin kuin listoja ja toimintamalleja, jotka nekin ovat lähinnä työnjohtoportaan käytössä. Olisi hyvä, jos työntekijätasolla saataisiin aikaan asennemuutos ja ajatus siitä, että jokainen työmaalla on omalta osaltaan vastuussa kosteudenhallinnasta. Esimerkiksi työmaalle perehdyttäessä käytäisiin läpi työmaan kosteudenhallintaan liittyvät asiat. Toinen asia, jossa olisi kosteudenhallinnan suhteen parantamisen on varaa, on se, miten asiaa käsitellään koulussa; yksi suurimmista ongelmista on tietämättömyys ja siitä syystä syntyvät virheet, joten olisi hyvä, että kosteudenhallintaa käsiteltäisiin syvällisemmin pelkän pintaraapaisun sijasta.

Kosteudenhallinta on laaja ja haastava aihe, sillä huolellisesta varautumisesta huolimatta kaikkea ei pystytä kontrolloimaan; sademäärät, niin lumena kuin vena ovat hyvin vaihtelevia sekä ilmastonmuutoksen myötä lisääntyneet sääilmiöiden ääripäät luovat omat lisähaasteensa. On kuitenkin tärkeää, että näihin haasteisiin pystytään vastaamaan, sillä onnistunut kosteudenhallinta on tärkeä osa rakentamisen laatua.

LÄHTEET

Betonin kuivumisen nopeuttaminen. 2018. Luettu 16.2.2021.

<http://betoninkovetus.fi/wp-content/uploads/2018/11/BET-betonin-kuivumisen-nopeuttaminen-ohjekirja-2018.pdf>

Björkholtz, D. 1987. Lämpö ja kosteus: Rakennusfysiikka. 1. p. Helsinki: Rakennustieto.

Elementtivälipohjat 2020f. Kosteudenhallinta. Luettu 17.2.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/vaelipohjat/elementtivaelipohja>

Kevytsorakatto 2020k. Kosteudenhallinta. Luettu 12.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ylaepohjat-ja-vesikatto/kevytsorakatto>

Kosteudenhallintakoordinaattori 2020r. Kosteudenhallinta. Luettu 22.3.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-osapuolet/kosteudenhallintakoordinaattori>

Kosteudenhallintaselvitys 2020s. Kosteudenhallinta. Luettu 29.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/kosteudenhallintaselvitys>

Kosteudenhallintasuunnitelma 2020t. Kosteudenhallinta. Luettu 23.3.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/kosteudenhallintasuunnitelma>

Kosteusmittaukset 2020o. Kosteudenhallinta. Luettu 23.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/kosteusmittaukset>

Kuivumisolosuhteiden mittaaminen 2020p. Kosteudenhallinta. Luettu 22.3.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/mittaus/kuivumisolosuhteiden-mittaaminen>

Maanvastaiset alapohjat 2020c. Kosteudenhallinta. Luettu 16.2.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/maanvastaiset-alapohjat>

Materiaalien toimitukset ja varastointi 2020m. Kosteudenhallinta. 21.3.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/materiaalien-toimitukset-ja-varastointi>

Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät 2020g. Kosteudenhallinta. Luettu 17.2.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ulkoseinaet/muuratut-ja-harkkorakenteiset-seinaet>

Märkätilat 2020l. Kosteudenhallinta. Luettu 20.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/erityistilat/maerkaetilat>

Paikalla valettu välipohja 2020e. Kosteudenhallinta. Luettu 17.2.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/vaelipohjat/paikalla-valettu-vaelipohja>

Paroc kivivilla kosteusopas. 2018. Pdf-tiedosto. Luettu 9.2.2021.

<https://www.paroc.fi/-/media/files/brochures/finland/paroc-kivivilla-kosteusopas-fi.ashx>

Pitkäranta, M. (toim.) 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 8.2.2021. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf

Pursiainen, T. 2018. Suhteellinen ilmankosteus. Luettu 8.2.2021. <https://kosteusmittaus.fi/suhteellinen-ilmankosteus/>

Rakenteiden kuivuminen 2020a. Kosteudenhallinta. Luettu 22.3.2021.

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe/rakenteiden-kuivuminen>

Rakenteista tehtävät mittaukset 2020q. Kosteudenhallinta. Luettu 22.3.2021

[.http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/mittaus/rakenteista-τηταevaet-mittaukset](http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/mittaus/rakenteista-τηταevaet-mittaukset)

Ryömintätilaiset- eli tuulettuvat alapohjat 2020d. Kosteudenhallinta. Luettu

16.2.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/ryomintatilaiset-eli-tuulettuvat-alapohjat>

Safe Drying. n.d. Kapillaarinen kosteus. Luettu 9.2.2021. <https://www.safedrying.fi/kapillaarinen-kosteus>

<https://www.safedrying.fi/kapillaarinen-kosteus>

Salaojien riskikohtia 2020b. Kosteudenhallinta. Luettu 16.2.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/salaojien-kosteusriskikohtia>

<http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/salaojien-kosteusriskikohtia>

Sandwich- ja kuorielementit 2020h. Kosteudenhallinta. Luettu 18.2.2021

[.http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ulkoseinaet/sandwich-ja-kuorielementit](http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ulkoseinaet/sandwich-ja-kuorielementit)

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Kosteuslähteet. Luettu 8.2.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Perustus ja alapohja. Luettu 16.2.2021

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Perustus-ja-alapohja>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Rakenteiden kuivattaminen. Luettu 10.2.2021.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Purku-kuivaus-ja-puhdistus/Rakenteiden-kuivattaminen>

Tampereen teknillinen yliopisto 2019. Olosuhteet ja rakenteiden kuivattaminen.

Luettu 9.2.2021. https://www.motiva.fi/files/16071/3_Energiatehokas_rakentaminen_Olosuhteet_ja_rakenteiden_kuivattaminen_2019.pptx

Tampereen teknillinen yliopisto. Energiatehokas rakentaminen - olosuhdehallinta ja rakenteiden kuivattaminen. 2019. Luettu 9.2.2021. https://www.motiva.fi/files/16071/3_Energiatehokas_rakentaminen_Olosuhteet_ja_rakenteiden_kuivat_taminen_2019.pptx

Todentamisohe 2018. Kuivatketju10. Excel-tiedosto. Luettu 23.3.2021. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/08/Kuivaketju10-Todentamisohe_20180403.xls

Tuulettuva yläpohja (puusta) 2020i. Kosteudenhallinta. Luettu 12.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ylaepohjat-ja-vesikatto/tuulettuva-ylaepohja-puusta>

Tuulettuvan yläpohjan kosteusriskikohtia 2020j. Kosteudenhallinta. Luettu 12.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ylaepohjat-ja-vesikatto/tuulettuvan-ylaepohjan-kosteusriskikohtia>

Työmaan suojaukset 2020n. Kosteudenhallinta. Luettu 23.3.2021. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisivaihe/tyomaan-suojaukset>

Työmaatoteutus 2018. Kuivaketju10. Pdf-tiedosto. Luettu 4.2.2021. http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/04/Kuivaketju10-Tyo%CC%88maatoteutus_150313.pdf

Ympäristöministeriö 2017. Luettu 23.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782#Pidp446234752>

LIITTEET

Liite 1. Kosteudenhallinnan muistilista

1 (3)

Kosteudenhallinnan muistilista

Kohde:

Päivämäärä:

Tekijä:

Tarkasteltava asia	Tilanne		Huomautukset
	✓	✗	
1. Oikeat kaadot (Salaojat)			
2. Salaojituskerroksen täyttömateriaali riittävän karkeaa (Salaojat)			
3. Täytön riittävyys (Salaojat)			
4. Salaojituksen toimivuuden tarkistus (Salaojat)			
5. Maapohja riittävä tiivistys (Maanvarainen alapohja)			
6. Läpivientien ja liitosten tiiveyden tarkistus (Maanvarainen alapohja)			
7. Veden kapillaarinousun tarkastaminen (Maanvarainen alapohja)			
8. Kapillaarikatkomateriaalin raekoon tarkastaminen (Maanvarainen alapohja)			
9. Työntekijöiden perehdyttäminen kosteudenhallintaan			
10. Ryömintätila on roskista puhdas (Tuulettuva alapohja)			
11. Malliasennuksen tiiveyden tarkastaminen (Tuulettuva alapohja)			
12. Kosteusmittaukset ennen pinnoitusta (Tuulettuva alapohja)			
13. Ilmatiiveyden tarkastaminen (Tuulettuva alapohja)			
14. Sokkelin rei'itys tuuletukselle (Tuulettuva alapohja)			

Tarkasteltava asia	Tilanne		Huomautukset
	✓	✗	
15. Lumen poisto holvilta mekaanisesti (Paikalla valettu välipohja ja ontelolaattavälipohja)			
16. Veden poisohjaaminen holvilta (Paikalla valettu välipohja ja ontelolaattavälipohja)			
17. Veden poistoreittien puhtaana pito (Paikalla valettu välipohja ja ontelolaattavälipohja)			
18. LVIS-läpimenojen huolellinen tulppaus (Paikalla valettu välipohja)			
19. Välipohjan tiiveyden tarkastaminen (Paikalla valettu välipohja)			
20. Vesireikien auki poraaminen (Ontelolaattavälipohja)			
21. Onteloiden vedenpoisto ja tuuletusreiät pidettävä riittävän pitkään avoimina (Ontelolaattavälipohja)			
22. Tiiviiksi saumaus ja juottaminen (Ontelolaattavälipohja)			
23. Tuuletusraon tarkastaminen (Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät)			
24. Elementtiseiniä tiiveyden varmistaminen (Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät)			
25. Seinän sisäpinnan kosteuden mittaus ennen pinnoitusta (Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät)			
26. Ajan varaaminen aikatauluun harkkojen kuivumiseksi (Harkkorakenteiset ulkoseinät)			
27. Kosteusmittaukset ennen päällystämistä (Muuratut ja harkkorakenteiset ulkoseinät)			
28. Avonaiset tuuletusreiät ja raot (Sandwich-elementti ulkoseinät)			
29. Ulkokuoren taakse päätyneen veden johtaminen (Sandwich-elementti ulkoseinät)			

Tarkasteltava asia	Tilanne		Huomautukset
	✓	✗	
30. Ajan varaaminen aikatauluun kuivumisen takaamiseksi (Sandwich-elementti ulkoseinät)			
31. Saumojen ja liitosten tiiveyden tarkastaminen (Sandwich-elementti ulkoseinät)			
32. Höyrynsulun asennuksen tarkastaminen (Tuulettuva yläpohja)			
33. Läpivientien asennuksen tarkastus (Tuulettuva yläpohja)			
34. Ilman tulo- ja poistoaukkojen tarkastus (tuulettuva yläpohja)			
35. Yläpohja siisti ja kuiva (Yläpohjat)			
36. Eristeet kuivia (Yläpohjat)			
37. Läpivientien tiiveyden tarkastus (Yläpohjat)			
38. Vesikate yhtenäinen ja saumat tiiviit (Vesikate)			
39. Kaatojen tarkastus (1:100) ja viemärin lähistöllä 1:50 (Yläpohjat)			
40. Vedeneristystuotteen tarkastus – tulee olla sertifioitu (Märkätilat)			
41. Läpivientien tiiveyden tarkastus (Märkätilat)			
42. Kosteusmittaukset (Märkätila)			
43. Työntekijöiden perehdyttäminen kosteudenhallintaan			
44. Asianmukaisten varastotilojen järjestäminen			
45. Kosteudenhallinnan seuraaminen työmaakerroksilla			