

KOSTEUDENHALLINTAPALVELUN KEHITTÄMINEN

Rakennuksen työmaa-aikainen kosteudenhallinta



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakentaminen

Kevät 2017

Irmeli Nutikka

YAMK Rakentaminen
Visamäki

Tekijä	Irmeli Nutikka	Vuosi 2017
Työn nimi	Kosteudenhallintapalvelun kehittäminen Rakennuksen työmaa-aikainen kosteudenhallinta	
Työn ohjaajat	Tapio Korkeamäki, Seppo Aalto	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyöraportti käsittelee A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun kehittämistä rakennuksen työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan osalta. A-Insinöörit Kosteusturva on ennakoiva elinkaaripalvelu rakennuksen laadukkaan kosteudenhallinnan ja hyvän sisäilman laadun varmistamiseksi. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n Tampereen Korjaussuunnitteluyksikkö.

A-Insinöörit Kosteusturvaan liittyen on tehty useita opinnäytetöitä vuosina 2014 - 2016. Nämä opinnäytetyöt käsittelevät rakennuksen hankesuunnitteluvaihetta, suunnitteluvaihetta, rakentamisvaiheen puhtaudenhallintaa sekä käyttö- ja ylläpitovaihetta. Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on, että rakennushankkeeseen ryhtyvä on tilannut A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun hankesuunnittelusta alkaen.

Tälle opinnäytetyölle asetettiin useita kosteudenhallintapalvelun kehittämiseen liittyviä pää- ja alatavoitteita. Opinnäytetyössä on selvitetty kirjallisuudesta kosteuteen ja rakennusten kosteudenhallintaan liittyvää teoriaa sekä rakennusten kosteudenhallintaan liittyvät säädökset ja tärkeimmät ohjeet. Tiedon hankkimiseksi on lisäksi tehty nykyisten ilman ja betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmien arviointi sekä pidetty teemahaastatteluja.

Opinnäytetyössä on kehitetty A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaiseen osaan sisältyviä osia: kosteudenhallintaan liittyvä koulutus, rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointi ja A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi. Opinnäytetyön tuotoksista suurin osa on tarkoitettu vain A-Insinöörien käyttöön ja ne ovat salassa pidettäviä.

Avainsanat kosteus, rakennus, kosteudenhallinta, kehittäminen, YAMK

Sivut 84 sivua, joista liitteitä 7 sivua

Degree Programme in Construction and Environmental Engineering

Visamäki

Author

Irmeli Nutikka

Year 2017

Subject of Master's thesis The Development of the moisture control services
Buildings moisture control during construction time

Supervisors

Tapio Korkeamäki, Seppo Aalto

ABSTRACT

This thesis report considers the development of the moisture control during construction time as a part of A-Insinöörit Kosteusturva -Moisture control services. A-Insinöörit Kosteusturva is a proactive life cycle service to ensure high-quality building moisture control and good indoor air quality. Client of this thesis is the department of renovation engineering in Tampere as part of A-Insinöörit Suunnittelu Ltd.

There has been done many theses with respect to A-Insinöörit Kosteusturva during the years 2014 - 2016. These theses consider the project planning phase, the design phase, cleanness control during construction time, the use phase and the maintenance phase. Basis for this thesis is that the one engaging in building project has commissioned the A-Insinöörit Kosteusturva moisture control service from the project planning phase onward.

This thesis was set many main and sub objectives to develop the moisture control service. In this thesis the theories considering moisture control and buildings moisture control regulations and most important guides have been clarified from the literature. In addition to gather the information evaluation of methods of measurement for air and entrapped air in concrete structures has been done. Also theme interviews have been held.

In this thesis the moisture control during construction time as a part of A-Insinöörit Kosteusturva -Moisture control services have been developed. Moisture control training, auditing the moisture control on-site and A-insinöörit Kosteusturva index has been developed. Major part of this thesis' outcomes are meant strictly for the use of A-Insinöörit and are considered confidential.

Keywords moisture, building, moisture control, development, YAMK

Pages 84 pages including appendices 7 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Opinnäytetyön tausta	1
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet.....	2
1.3	Opinnäytetyön rajaus.....	4
1.4	Opinnäytetyössä käytettävät tutkimusmenetelmät	5
2	KOSTEUS JA KOSTEUDEN SIIRTYMINEN	6
2.1	Kosteus ilmassa ja rakennusmateriaalien huokosilmassa	6
2.2	Kosteus rakennusmateriaaleissa.....	8
2.2.1	Huokoisen materiaalin huokosjakauma ja kastuminen	8
2.2.2	Hygroσκοoppinen kosteus	9
2.2.3	Kapillaarinen kosteus.....	9
2.3	Kosteuden siirtyminen	9
2.3.1	Kosteuden siirtyminen nesteenä.....	9
2.3.2	Kosteuden siirtyminen vesihöyrynä	10
3	KOSTEUSVAURIOIDEN MUODOSTUMINEN JA HOMEEN KASVU	11
3.1	Kosteusvaurioiden muodostuminen	11
3.2	Homeen kasvu VTT:n ja TTY:n kehittämän parannetun homemallin mukaan .	12
3.2.1	Yleistä parannetusta homemallista	12
3.2.2	Homehtumisherkkyyssluokat.....	12
3.2.3	Homeen kasvun kannalta suotuisat lämpötila- ja kosteusolosuhteet ..	13
3.2.4	Homeindeksin luokitustasot.....	14
3.2.5	Homeindeksin kehittyminen eri homehtumisherkkyyssluokissa	14
4	RAKENNUKSEN TYÖMAA-AIKAISET KOSTEUSLÄHTEET	17
4.1	Rakennuksen kosteuslähteet	17
4.2	Rakennuksen työmaa-ajaiset ulkopuoliset kosteuslähteet	18
4.2.1	Sadevesi	18
4.2.2	Pintavesi ja vajovesi.....	18
4.2.3	Pohjavesi ja maaperän maahuokosten suhteellinen kosteus	19
4.2.4	Ulkoilman kosteus	19
4.3	Rakennuksen työmaa-ajaiset sisäpuoliset kosteuslähteet	20
4.3.1	Sisäilman kosteus	20
4.3.2	Rakennuskosteus.....	22
4.3.3	Rakenteiden ja laitteiden vauriot	23
5	RAKENNUKSEN KOSTEUDENHALLINTAAN LIITTYVÄT SÄÄDÖKSET JA OHJEET.....	25
5.1	Kosteudenhallintasäädösten ja -ohjeistuksen muodostama kokonaisuus.....	25
5.2	Lait ja asetukset.....	26
5.2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	26
5.2.2	Terveysturvallisuuslaki.....	28
5.2.3	Työturvallisuuslaki	29
5.2.4	Asumisterveysasetus	30
5.2.5	Asumisterveysasetuksen soveltamisohje: Osa 1.....	31
5.2.6	YM:n asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä ..	32

5.3	Määräykset.....	32
5.3.1	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2 ja sen sovellusopas....	32
5.3.2	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2	34
5.3.3	Rakentamismääräysten uudistuminen.....	36
5.4	Rakennusvalvonnan asettamat vaatimukset	37
5.5	Ohjeet.....	38
5.5.1	RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1	38
5.5.2	RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen	39
5.5.3	RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohje	40
5.5.4	Terveen talon toteutuksen kriteerit	40
5.5.5	Sisäilmastoluokitus 2008	41
5.5.6	Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (TaloRYL-sarja)	42
5.5.7	Betonirakentamiseen ja kuivumisen arviointiin liittyviä ohjeita.....	42
6	RAKENNUKSEN TYÖMAA-AIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA.....	44
6.1	Rakennuksen työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan tavoitteet.....	44
6.2	Rakennuksen työmaa-aikaisten sisäilmaolosuhteiden tavoitteet	44
6.3	Kosteudenhallintasuunnitelma	46
6.3.1	Yleistä kosteudenhallintasuunnitelmasta	46
6.3.2	Kosteudenhallinnan laatutavoitteet.....	47
6.3.3	Kosteusriskien arviointi	47
6.3.4	Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyyys	47
6.3.5	Työmaaolosuhteiden hallinta.....	49
6.3.6	Kosteudenmittausuunnitelma	50
6.3.7	Organisointi, seuranta, valvonta ja raportointi	51
6.4	Kosteudenhallintaan liittyvien toteutustietojen siirtäminen ylläpitoon	52
7	NYKYISTEN MITTAUSMENETELMIEN ARVIOINTI MITTAAJAN NÄKÖKULMASTA	54
7.1	Yleistä mittalaitteiden ja mittausmenetelmien arvioinnista	54
7.2	Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmät.....	56
7.2.1	Hetkellinen mittaus	56
7.2.2	Jatkuvatoiminen mittaus	56
7.3	Betonirakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmät.....	56
7.3.1	Porareikämittaus	56
7.3.2	Näytepalamittaus	57
7.3.3	Rakenteeseen asennetun anturin avulla suoritettava mittaus.....	58
8	KOSTEUDENHALLINTAPALVELUN KEHITTÄMISTÄ TUKEVAT TEEMAHAASTATTELUT.....	59
8.1	Teemahaastattelujen lähtökohdat ja tavoite.....	59
8.2	Teemahaastattelujen toteutus.....	59
8.3	Teemahaastattelujen yhteenveto	60
8.3.1	Rakennusten kosteudenhallinnassa havaittuja haasteita ja puutteita ..	60
8.3.2	Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset.....	60
8.3.3	A-Insinöörit Kosteusturvan tunnettuus ja mahdolliset tilaajat	61
8.3.4	Kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen suunnitteluvaiheessa	61
8.3.5	Ilman ja rakenteiden lämpö- ja kosteusolosuhteiden mittaaminen	61
8.3.6	Rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvä koulutus ja perehdytys.....	62

9	KOSTEUDENHALLINTAPALVELUN KEHITTÄMINEN	63
9.1	Yleistä kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaisen osan kehittamisestä	63
9.2	Ilman ja rakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaukset	64
9.3	Rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyvä koulutus.....	64
9.4	Rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointi	65
9.5	A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi	65
10	JATKOKEHITYSTARPEET	67
10.1	Säädösten ja ohjeiden uudistuksen vaikutus jatkokehitystarpeeseen	67
10.2	Kosteudenhallintapalvelun kehittämiseen liittyvät jatkokehitystarpeet.....	68
11	YHTEENVETO	69
	LÄHTEET	71

LIITTEET

Liite 1	A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun esite
Liite 2	Rakenteiden kosteuden mittaja -henkilösertifiointiin valmentavan koulutuksen esite
Liite 3	Teemahaastattelujen pohja
Liite 4	A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi -lomake
Liite 5	Kiitokset opinnäytetyön työversioita kommentoineille henkilöille

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Monissa rakennuksissa esiintyy kosteudesta aiheutuvia vaurioita rakennuksen iästä, tyypistä tai käyttötarkoituksesta riippumatta. Rakennusten kosteudenhallintaan liittyviä säädöksiä ja ohjeita on julkaistu runsaasti. Rakennusten kosteudenhallintaan liittyviä haasteita on käsitelty paljon rakennusalan seminaareissa (mm. Rakennusfysiikkapäivät, Sisäilmastoseminaarit, Sisäilmapajat ja Ympäristöterveyspäivät) ja koulutuksissa sekä mediassa. Aihepiiriin liittyen on tehty myös useita opinnäytetöitä.

Rakennusten kosteudenhallintaan kiinnitetään jatkuvasti aiempaa enemmän huomiota. Tietoisuuden lisääntyminen ei kuitenkaan ole poistanut kosteudesta aiheutuvia ongelmia rakennuksissa. Tässä opinnäytetyössä pyritään vastaamaan pieneen osaan suurta haastetta.

Tämä opinnäytetyö tehdään osaksi A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelua. A-Insinöörit Kosteusturva on ennakoiva elinkaaripalvelu rakennuksen laadukkaaseen kosteudenhallintaan ja hyvän sisäilman laadun varmistamiseksi kaikissa rakennushankkeen vaiheissa. Rakennushankkeen eri vaiheissa on aiemminkin huomioitu kosteudenhallinta, mutta tällaista kaikkia rakentamisen vaiheita kattavaa elinkaaripalvelua ei ole ollut saatavilla.

Kosteudenhallintapalvelun tarkoituksena on estää rakennuksen kosteusongelmat jo rakennushankkeen hankesuunnittelu- ja suunnitteluvaiheissa. Tästä palvelu jatkuu edelleen työmaa- sekä käyttö- ja ylläpitovaiheisiin. Palvelun taustalla vaikuttaa vahvasti Terve talo -ajattelu. Palvelu voidaan toteuttaa sekä uudis- että korjausrakennushankkeissa.

A-Insinöörien Kosteusturva -kosteudenhallintapalveluun liittyen on ennen tätä opinnäytetyötä valmistunut vuonna 2016 yksi rakennusterveysasiantuntijakoulutuksen (RTA) opinnäytetyö, vuoden 2015 aikana kolme rakentamisen ylemmän korkeakoulututkinnon diplomityötä ja vuonna 2014 yksi rakentamisen alemman korkeakoulututkinnon opinnäytetyö.

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalveluun liittyvät opinnäytetyöt:

- Kuosku, Arto. 2015. Terveen talon sisäilmastovaatimukset hankesuunnitteluvaiheessa. Tampereen teknillinen yliopisto TTY.
- Sihvo, Joonas. 2015. Rakennusfysiikalinen laadunhallinta terveen talon suunnittelussa. Aalto-yliopisto.
- Mäkinen, Topi. 2014. Kosteudenhallintasuunnittelu: Betonirakenteiset välipohjat. Tampereen ammattikorkeakoulu TAMK.

- Korpi, Saija. 2016. Työmaa-aikainen puhtaudenhallinta. Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Rateko.
- von Hertzen, Sara. 2015. Rakennuksen ylläpidosta ja käytöstä aiheutuvat kosteusvauriot ja niiden ehkäisy. Aalto-yliopisto.



Kuva 1 A-Insinöörit Kosteusturvaan liittyvät opinnäytetyöt.

Kuvassa 1 esitetyt opinnäytetyöt käsittelevät rakennuksen hankesuunnitteluvaihetta, suunnitteluvaihetta, rakentamisvaihetta sekä käyttö- ja ylläpitovaihetta. Jokaisen opinnäytetyön näkökulmana on rakentamisvaiheesta riippumatta rakennuksen hyvän sisäilman laadun sekä kosteuden ja puhtaudenhallinnan varmistaminen.

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on, että rakennushankkeeseen ryhtyvä on tilannut A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun hankesuunnittelusta alkaen. Opinnäytetyön toimeksiantajan edustajana toimii A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n Tampereen Korjaussuunnitteluosaston yksikönjohtaja DI Mikko Tarri.

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun esitteen 18.9.2014 päivätty versio on liitteessä 1 (A-Insinöörien tarjoamat palvelut n.d.). Tietoja A-Insinöörien tarjoamista palveluista löytyy verkosta osoitteesta: <http://www.ains.fi>.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaisten tehtävien tuotteistamiseen liittyvää taustatyötä ja kehittää kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaista osaa. Työssä pyritään helposti ymmärrettäviin, käytännönläheisiin ja hyödynnettäviin tuloksiin. Opinnäytetyön toimeksiantaja on määritellyt seuraavalla sivulla luetellut opinnäytetyön pää- ja alatavoitteet, jotka on hyväksytty opinnäytetyön ohjausryhmän aloituskokouksessa 8.1.2016.

Opinnäytetyön päätavoitteena on

- selvittää rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvät säädökset ja tärkeimmät ohjeet rakennustyömaan näkökulmasta
- määrittellä rakennuksen työmaa-aikaiset hyväksyttävänä pidettävät sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet
- selvittää rakennustyömaan kosteudenhallinnassa viime aikoina havaittuja mahdollisia haasteita
- ideoida mahdollisia täydentäviä palveluja A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaiseen osaan.

Opinnäytetyön alatavoitteena on

- nykyisten kosteusmittausmenetelmien arviointi ja tähän liittyvät kehitysehdotukset
- työmaan työntekijöiden perehdytysprosessien kehittäminen kosteudenhallintaan liittyen.

Kuvassa 2 on esitetty rakennuksen hankevaiheet ja kosteudenhallinnan päävaiheet Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry:n julkaisun 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* (s. 21) sekä julkaisun 107-2012 *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet* (s. 11) mukaisesti. Tämän opinnäytetyön aihe ja tavoitteet sijoittuvat kuvassa 2 vihreällä ympyröidylle hankevaiheelle ja kosteudenhallinnan päävaiheille.



Kuva 2 Kosteudenhallintaan liittyvät päävaiheet ja tehtäviä hankkeen eri vaiheissa. (RIL 250-2011 2011, 21; RIL 107-2012 2012, 11)

1.3 Opinnäytetyön rajaus

Tämä opinnäytetyö on rajattu käsittelemään käyttötarkoitukseltaan tavanomaisten rakennusten työmaa-aikaista kosteudenhallintaa Suomen olosuhteissa. Opinnäytetyössä käsiteltävät aiheet limittyvät osin usean hankevaiheen ajalle, minkä vuoksi opinnäytetyössä sivutaan myös suunnittelu- sekä käyttö- ja ylläpitovaiheita. Opinnäytetyössä pyritään välttämään päällekkäistä asiaa muiden A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalveluun liittyvien opinnäytetöiden kanssa.

Opinnäytetyössä keskitytään rakennusmateriaaleista pääasiassa betoniin, koska erityisesti rakennustyömaalla paikalla valettujen betonirakenteiden toteutukseen liittyvä kosteudenhallinta on haastavaa. Paikalla valettujen betonirakenteiden valmistus lisää merkittävästi rakennuskosteutta rakennuksessa. Lisäksi betonirakenteiden pinnoituksessa on tehty viime vuosina paljon virheitä.

Opinnäytetyön tekijä on suorittanut syys-lokakuussa 2016 hyväksytysti rakenteiden kosteuden mittaaja -henkilösertifiointiin valmentavan koulutuksen (RKM) ja saanut VTT-henkilösertifiointiin 18.11.2016 (sertifikaatin tunnus VTT-C-22503-24-16). Koulutuksen esite on liitteessä 2 (Rakenteiden kosteuden mittaaja 2016).

Opinnäytetyön tekijän nykyiset työtehtävät liittyvät rakennusten sisäilma- ja kosteustutkimuksiin. Opinnäytetyön tekijän koulutuksen, työtehtävien sekä kiinnostuksen vuoksi rakennuksen kosteudenhallintasuunnitelmaan liittyviin työmaan olosuhdehallintaan ja kosteusmittauksiin keskitytään opinnäytetyössä muita kosteudenhallintasuunnitelman osa-alueita tarkemmin. Työn laajuuden rajaamiseksi opinnäytetyössä ei käsitellä viilto-mittausta, vaikka se on yleisesti käytössä oleva rakenteiden kosteuden mitausmenetelmä.

Opinnäytetyön tekijän kotikunta sekä toimeksiantajayrityksen kotipaikka on Tampere. Tämän vuoksi teemahaastatteluihin on valikoitu henkilöitä, joista suurin osa toimii pääsääntöisesti Pirkanmaan alueella. Samasta syystä kosteudenhallintaan liittyvien säädösten ja ohjeiden yhteydessä käsiteltävien rakennusvalvonnan asettamien vaatimusten esimerkkinä on Tampere.

Työn laajuuden rajaamiseksi tässä opinnäytetyössä ei käsitellä Maankäyttö- ja rakennuslain yhteydessä hulevesien hallintaa, vaikka hulevesien hallinta liittyy oleellisesti rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan. Samasta syystä tässä opinnäytetyössä ei käsitellä Terveystieteiden tutkimuskeskuksen yhteydessä viemäröintiä, vaikka viemäröinti liittyy osaltaan kosteudenhallintaan ja rakennuksessa mahdollisesti esiintyvien terveyshaittojen ehkäisyyn.

Kosteudenhallintaan liittyvää ohjeistusta löytyy erittäin laajasti Rakennustiedon RT-korteista. Erityisesti RT-kortissa 05-10710 *Kosteus rakennuksissa* käsitellään selkeästi ja havainnollisesti kosteuden kulkeutumista ja kosteuteen liittyviä käsitteitä. Työn laajuuden rajaamiseksi rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvien ohjeiden yhteydessä käsitellään vain muutamia RT-kortteja.

1.4 Opinnäytetyössä käytettävät tutkimusmenetelmät

Tässä opinnäytetyössä tiedon hankintaan käytetään kirjallisuustutkimusta, teemahaastatteluja, opinnäytetyön tekijän omia kokemuksia rakennustyömailta sekä opinnäytetyön toimeksiantajan palveluksessa olevien henkilöiden kokemusta ja osaamista. Kirjallisuudesta tarkastellaan rakennusten kosteudenhallintaan liittyviä lakeja, asetuksia, määräyksiä ja tärkeimpiä ohjeita. Lisäksi hyödynnetään rakennusalan seminaareissa ja koulutuksissa esiteltyjä luentoaineistoja.

Teemahaastatteluissa haastatellaan rakennushankkeen eri osapuolia, jotka tekevät jokapäiväistä työtään rakennusten kosteudenhallintaan liittyvien asioiden parissa. Teemahaastatteluissa esille tulleita asioita käytetään hyödyksi kehitettäessä A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelua.

Opinnäytetyön tekijä aloitti opiskelun ammattikoulussa rakennusmaalariksi vuonna 2004, mistä lähtien hän on opiskellut ja / tai työskennellyt rakennusalalla lähes jatkuvasti. Koulutuksen ja kokemuksen myötä työtehtävät ovat vaihtuneet työntekijätasolta insinööritasolle. Työnantajat ovat edustaneet yksityisiä rakennusurakoitsijoita, kiinteistönomistajia, kuntaa sekä suunnittelutoimistoa.

Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksestä löytyy erittäin monipuolista osaamista rakentamiseen ja rakennusten kosteudenhallintaan liittyen. Opinnäytetyön työstämisen aikana opinnäytetyön tekijä käy kollegoidensa kanssa lukuisia keskusteluja, joita ei dokumentoida opinnäytetyön lähteiksi.

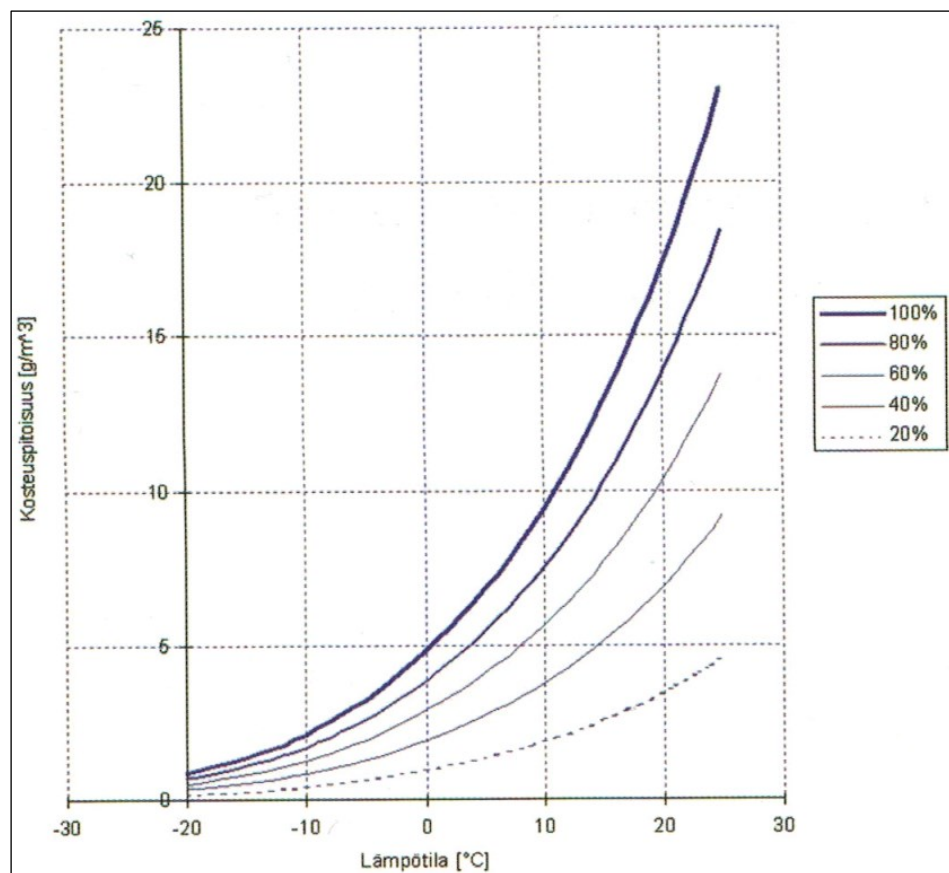
2 KOSTEUS JA KOSTEUDEN SIIRTYMINEN

2.1 Kosteus ilmassa ja rakennusmateriaalien huokosilmassa

Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa (vesihöyry), nestemäisessä (vesi) tai kiinteässä olomuodossa (jää). Tietyn lämpöinen ilma voi sisältää vain tietyn määrän vesihöyryä. Vesihöyryn maksimimäärää ilmassa kutsutaan kyllästyskosteudeksi v_k . Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se voi sisältää kosteutta ja sitä suurempi on kyllästyskosteus. Kyllästyskosteus ilmaistaan usein yksikkönä grammaa vettä kuutiossa ilmaa [g/m^3].

Ilman sekä rakennusmateriaalien huokosilman kosteus ilmaistaan usein suhteellisena kosteutena (englanniksi: relative humidity, RH). Suhteellinen kosteus tarkoittaa ilman sitoman vesihöyryn osuutta prosentteina kyllästyskosteudesta tietyssä ilman lämpötilassa ja ilmanpaineessa. Normaalii ilmakehän paine on 101325 pascalia [Pa].

Kosteuden määrä eli absoluuttinen kosteus ilmaistaan usein veden tai vesihöyryn määränä tietyssä tilavuudessa toista ainetta. Ilman sitoman kosteuden määrä v_s ilmaistaan usein yksikkönä grammaa vettä kuutiossa ilmaa [g/m^3]. (Siikanen 2014, 65)



Kuva 3 Ilman kyllästyskosteuden riippuvuus ilman lämpötilasta (kuvaaja 100 %). (Merikalio, Niemi & Komonen 2007, 77)

Ilman kyllästyskosteus (kuvassa 3 kosteuspitoisuus kuvaaja 100 %) riippuu ilman lämpötilasta. Kuvassa 3 on esitetty kyseisen 4. asteen polynomifunktion kuvaaja ilman lämpötilan ollessa $-20\dots+25$ °C. Kuvassa 3 on esitetty myös ilman absoluuttisen kosteuden riippuvuus ilman lämpötilasta ilman suhteellisen kosteuden ollessa 80, 60, 40 ja 20 % RH. Ilman kyllästyskosteudet v_k on esitetty kuvassa 4 taulukkomuodossa ilman lämpötilan t ollessa $-20\dots+80$ (+100) °C.

t °C	v_k g/m ³	t °C	v_k g/m ³	t °C	v_k g/m ³
-20	0,87	14	12,10	48	75,67
-19	0,95	15	12,86	49	79,33
-18	1,04	16	13,65	50	83,14
-17	1,14	17	14,49	51	87,10
-16	1,25	18	15,37	52	91,21
-15	1,38	19	16,30	53	95,48
-14	1,52	20	17,28	54	99,92
-13	1,67	21	18,31	55	104,5
-12	1,83	22	19,40	56	109,3
-11	2,01	23	20,54	57	114,2
-10	2,20	24	21,74	58	119,4
-9	2,40	25	23,00	59	124,7
-8	2,61	26	24,32	60	130,2
-7	2,84	27	25,71	61	135,9
-6	3,08	28	27,17	62	141,9
-5	3,33	29	28,70	63	143,0
-4	3,60	30	30,31	64	154,3
-3	3,89	31	31,99	65	160,9
-2	4,19	32	33,75	66	167,7
-1	4,51	33	35,60	67	174,7
0	4,85	34	37,54	68	181,9
1	5,21	35	39,56	69	189,4
2	5,58	36	41,68	70	197,1
3	5,98	37	43,89	71	205,1
4	6,40	38	46,21	72	213,3
5	6,84	39	48,63	73	221,8
6	7,31	40	51,16	74	230,6
7	7,80	41	53,79	75	239,6
8	8,32	42	56,54	76	248,9
9	8,87	43	59,41	77	258,5
10	9,45	44	62,40	78	268,4
11	10,06	45	65,52	79	278,6
12	10,71	46	68,77	80	289,1
13	11,38	47	72,15	100	≈ 600

Kuva 4 Ilman kyllästyskosteuden riippuvuus ilman lämpötilasta normaalissa ilmakehän paineessa 101325 Pa. (Björkholtz 2005, 44 mukailten)

Kuvan 4 taulukossa esitettyjen ilman lämpötiloja vastaavien kyllästyskosteuksien v_k perusteella voidaan laskea ilman absoluuttinen kosteus v_s normaalissa ilmakehän paineessa, kun tiedetään tai ollaan mitattu ilman lämpötila t ja suhteellinen kosteus RH. Jos ilman lämpötila on esimerkiksi +20 °C ja suhteellinen kosteus 40 % RH, ilman absoluuttinen kosteus on

$$t = +20 \text{ °C}$$

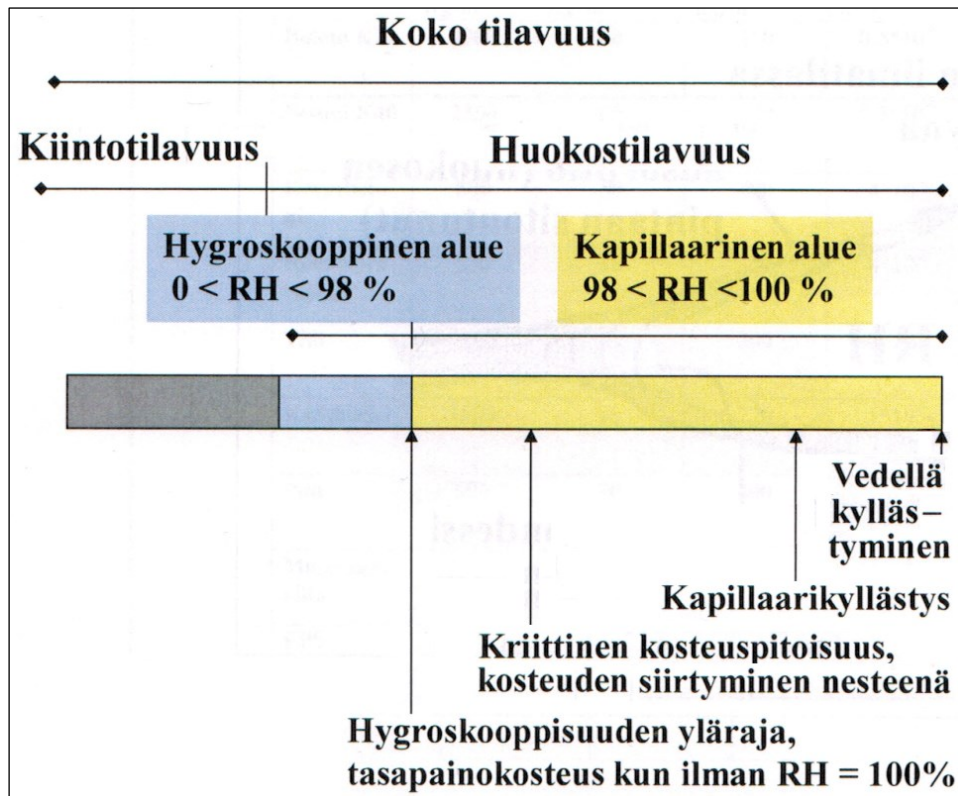
$$v_k = 17,28 \text{ g/m}^3 \text{ (taulukosta)}$$

$$v_s = 0,40 * v_k = 0,40 * 17,28 \text{ g/m}^3 = 6,912 \text{ g/m}^3 \approx 6,91 \text{ g/m}^3$$

2.2 Kosteus rakennusmateriaaleissa

2.2.1 Huokoisen materiaalin huokosjakauma ja kastuminen

Monet rakentamisessa käytettävät materiaalit ovat huokoisia eli ne voivat sitoa kosteutta. Materiaalit voivat sitoa kosteutta hygroskooppisesti ja kapillaarisesti tai vesi voi olla materiaalin huokosissa vapaana vetenä. Kuvassa 5 on esitetty huokoisen materiaalin kastumisen vaiheet. Huokoisen materiaalin kastuessa suuri osa vedestä sitoutuu materiaaliin kapillaarisella alueella. Materiaaliin sitoutuneen kosteuden määrä ilmaistaan usein yksikkönä kilogrammaa vettä kuutiossa kyseistä materiaalia [kg/m^3], esimerkiksi kilogrammaa vettä kuutiossa betonia.



Kuva 5 Huokoisen materiaalin huokosjakauma ja kastuminen. (Kettunen, esitelmä 6.9.2016 mukaillen)

Materiaali on hygroskooppisella alueella, kun sen huokosilman kosteus vastaa ympäröivän ilman suhteellista kosteutta 0...98 % RH. Materiaali on kapillaarisella alueella, kun sen huokosilman kosteus vastaa ympäröivän ilman suhteellista kosteutta 98...100 % RH. Hygroskooppisen ja kapillaarisen alueen raja-arvo voi kirjallisuuslähteestä riippuen olla myös 97 % RH.

2.2.2 Hygroskooppinen kosteus

Hygroskooppinen kosteus on materiaaliin ilmasta sitoutunutta kosteutta. Materiaalin huokosilman absoluuttinen kosteus pyrkii olemaan yhtä suuri kuin materiaalia ympäröivän ilman absoluuttinen kosteus. Kun materiaali ei enää sido itseensä kosteutta ilmasta eikä luovuta sitä ilmaan, materiaali on saavuttanut tasapainotilan, jota kutsutaan hygroskooppiseksi kosteustasapainoksi. Hygroskooppisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä sitoa kosteutta ilmasta ja luovuttaa kosteutta ilmaan. (Kettunen, esitelmä 7.9.2016)

2.2.3 Kapillaarinen kosteus

Kapillaarinen kosteus on materiaaliin, veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta, imeytynyttä vettä materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan materiaaliin esimerkiksi maaperään. Kun materiaali ei enää sido itseensä kosteutta ollessaan kosketuksissa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan materiaaliin, materiaali on saavuttanut tasapainotilan, jota kutsutaan kapillaariseksi kosteustasapainoksi. Kosteuden siirtymistä kapillaarisesti kutsutaan kapillaarivirtaukseksi (Korkeamäki, esitelmät syksy 2015).

Kapillaarisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä siirtää kosteutta kapillaarisesti. Eri materiaaleilla on erilainen kapillaarisuus. Kapillaarisuutta ilmaistaan usein kapillaarisena nousukorkeutena metreinä [m] tai millimetreinä [mm].

2.3 Kosteuden siirtyminen

2.3.1 Kosteuden siirtyminen nesteenä

Kosteus voi siirtyä nestemäisessä olomuodossa (vetenä) painovoiman tai kapillaarivirtauksen vaikutuksesta. Painovoiman vaikutuksesta vesi siirtyy alaspäin tai kaltevan esteen kohdatessaan alaviistoon. Kapillaarivirtauksen vaikutuksesta vesi voi siirtyä materiaalissa kaikkiin suuntiin.

Yleensä veden siirtyminen materiaalissa kapillaarisesti ylöspäin on voimakkaampi kuin veden painovoimainen siirtyminen alaspäin. Materiaali saavuttaa kapillaarisen kosteustasapainon, kun vesi on noussut korkeudelle, jossa veden pintajännitysvoimien aiheuttama huokosalipaine ja Maan aiheuttama vetovoima ovat tasapainossa. Tällainen tasapainotilanne muodostuu esimerkiksi toimivan maanvastaisen alapohjan alle kapillaarikatkosorakerrokseen, josta vesi ei pääse nousemaan kapillaarisesti alapohjarakenteeseen.

2.3.2 Kosteuden siirtyminen vesihöyrynä

Kosteus voi siirtyä kaasumaisessa olomuodossa (vesihöyrynä) diffuusiolla tai konvektiolla. Diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden liikkumista vesihöyryn osapaine-erojen vaikutuksesta rakenteen läpi. Vesihöyryn osapaine on sitä suurempi, mitä suurempi ilman absoluuttinen kosteus on. Ilman kosteus rakenteen eri puolilla pyrkii tasaantumaan diffuusiolla rakenteen läpi.

Vesihöyryn liikkeeseen diffuusiolla rakenteen läpi vaikuttaa rakenteen materiaalien vesihöyrynläpäisevyydet ja -vastukset. Jokaisella materiaalilla on materiaalille ominainen vesihöyrynläpäisykerroin W_p [$\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s Pa})$]. Mitä suurempi vesihöyrynläpäisykerroin on, sitä helpommin materiaali läpäisee vettä. Vesihöyrynvastus Z_p [$(\text{m}^2 \text{ s Pa})/\text{kg}$] on vesihöyrynläpäisevyydelle käänteinen ominaisuus. Mitä pienempi vesihöyrynvastus on, sitä helpommin materiaali läpäisee vettä.

Diffuusion suunta on yleensä rakennuksen sisätiloista ulospäin, koska sisäilman absoluuttinen kosteus on yleensä suurempi kuin ulkoilman absoluuttinen kosteus. Diffuusion suunta on usein lämpimästä kylmempään päin, mutta lämpötilaero ei määrää diffuusion suuntaa. (Kettunen, esitelmä 7.9.2016)

Konvektiolla tarkoitetaan tässä yhteydessä ilman sisältämän vesihöyryn siirtymistä ilman liikkeessä kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Vesihöyry siirtyy ilmavirtausten mukana, koska vesihöyry on yksi ilman osakaasu.

Ulko- ja sisäilman välisen lämpötilaeron aiheuttamaa ilman kokonaispaine-eroa kutsutaan savupiippuvaikutukseksi. Savupiippuvaikutuksen seurauksena lämmin ilma kohoaa rakennuksessa ylöspäin, kun sisäilman lämpötila on suurempi kuin ulkoilman lämpötila. Tämän vuoksi konvektion suunta on yleensä rakennuksen alaosassa ulkoa sisäänpäin ja rakennuksen yläosassa sisältä ulospäin.

Koneellisen ilmanvaihdon säädöillä voidaan vaikuttaa rakennuksen sisäilman ali- tai ylipaineisuuteen ulkoilmaan verrattuna. Ilmanvaihdon säädöillä voidaan estää rakenteille haitallinen sisäilman ylipaine, joka työntää ilmaan sitoutunutta kosteutta rakenteisiin.

3 KOSTEUSVAURIOIDEN MUODOSTUMINEN JA HOMEEN KASVU

3.1 Kosteusvaurioiden muodostuminen

Kosteusvaurioiden muodostuminen vaatii riittävän ajan kuluessa samassa paikassa yhtä aikaa

- lämpöä
- happea
- orgaanista ainetta
- kosteutta.

Tavanomaisissa käyttörakennuksissa on aina lämpöä ja happea. Vaikka muuta orgaanista ainetta ei ole, orgaanista pölyä löytyy tai syntyy ainakin vähäisissä määrin. Kosteusvaurioita ei luonnollisesti muodostu, ellei ole kosteutta.

Ilma ja kaikki huokoiset materiaalit ja rakenteet sisältävät normaalioloissa jonkin verran kosteutta, jonka määrä riippuu materiaalin ominaisuuksista ja ympäröivän ilman lämpötilasta ja kosteudesta. Materiaalien ja rakenteiden kostuminen, jatkuva kosteus tai kuivumisen pitkittyminen voivat aiheuttaa kosteusvaurioita. Myös kosteiden rakenteiden jäätyminen saattaa aiheuttaa vaurioita. (Siikanen 2014, 65)

Ilmaan sitoutunut kosteus ei normaaleissa olosuhteissa aiheuta ongelmia vaan kosteusvaurion muodostumiseen vaaditaan kosteutta nestemäisessä olomuodossa, vetenä. Merkittävä kosteusvaurio vaatii yleensä kosteusvauriota enemmän aikaa. Lämpötilan nousu nopeuttaa vaurioitumista.

Kosteusvaurioiden estämiseksi on varmistettava, että rakenteiden kosteuspitoisuus ei ole liian korkea liian kauan. Kysymykseen ”mitä tarkoittaa liian korkea ja liian kauan?” ei ole yksiselitteistä vastausta. Eri vauriotapah- tumat alkavat tapahtua erisuurissa kosteuksissa ja eri materiaalit vaurioituvat eri tavalla. (Kettunen, esitelmä 6.9.2016)

Kriittisellä kosteuspitoisuudella tarkoitetaan suhteellisen kosteuden raja- arvoa [% RH], jonka ylittyttyä materiaali vaurioituu. Kriittinen kosteus- pitoisuus riippuu materiaalista ja lämpötilasta. Vaurioitumiseen vaikuttaa myös aika. (Kettunen, esitelmä 6.9.2016)

Kriittinen kosteus rakennusmateriaalien pinnassa saavutetaan yleensä, kun ilman suhteellinen kosteus on pitkään 80...100 % RH lämpötilassa +5...+50 °C. (Sisäilmastoseminaari 2011, 170)

Liiallinen kosteus voi aiheuttaa materiaaliin fysikaalista, kemiallista tai bio- logista turmeltumista. Näistä merkittävin sisäilman kannalta on biologinen turmeltuminen kuten homehtuminen ja lahoaminen. Liiallinen kosteus voi aiheuttaa myös esteettisiä vaikutuksia kuten materiaalin likaantumista.

3.2 Homeen kasvu VTT:n ja TTY:n kehittämän parannetun homemallin mukaan

3.2.1 Yleistä parannetusta homemallista




Homeen kasvua voidaan tarkastella laskennallisesti Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) ja Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) kehittämän parannetun homemallin avulla. Parannettu homemalli on pisimmälle kehitetty homeriskin arviointityökalu maailmassa (vuonna 2014). Se pohjautuu aiemmin VTT:n puumateriaalille kehittämään homemalliin. Parannetussa homemallissa homeen kasvua arvioidaan eri rakennusmateriaalien pinnoilla muuttuvissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa ajan funktiona. (RIL 255-1-2014 2014, 60)

Parannettua homemallia käsitellään tarkemmin Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry:n julkaisussa *RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1: Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset* sivuilla 60...64. Tämän opinäytetyön luvuissa 3.2.2...3.2.5 käsitellään parannetun homemallin keskeisintä ajatusta erityisesti lämpötila- ja kosteusolosuhteiden osalta.

3.2.2 Homehtumisherkkyyssluokat

Parannetussa homemallissa rakennusmateriaalit on jaettu niiden homehtumisherkkyyden perusteella neljään luokkaan taulukon 1 mukaisesti.

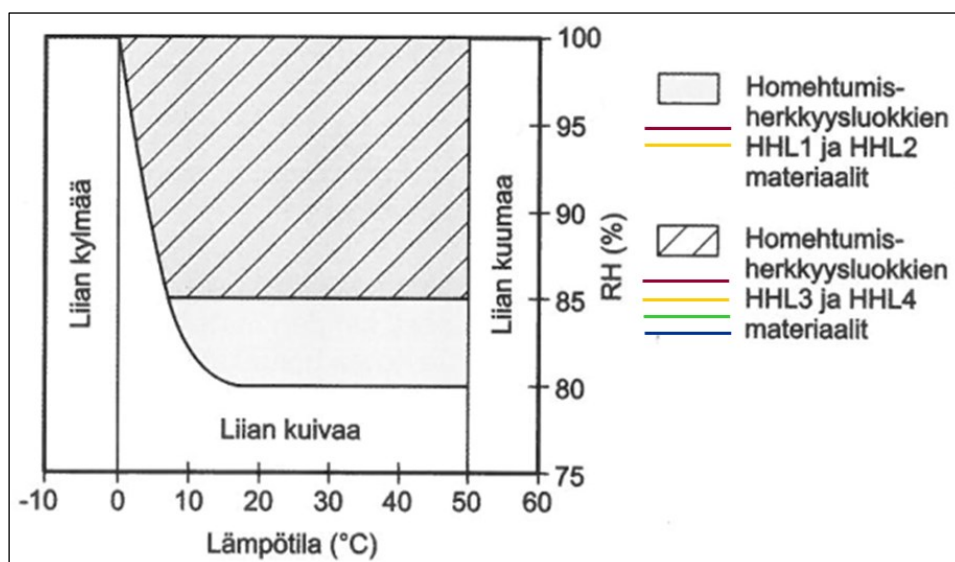
Taulukko 1 Rakennusmateriaalien luokittelu eri homehtumisherkkyyssluokkiin parannetussa homemallissa. (RIL 255-1-2014 2014, 61 mukaillen)

Homehtumisherkkyyssluokka		Rakennusmateriaalit
	HHL1 hyvin herkkä	karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty ja kuusi), höylätty mänty
	HHL2 herkkä	höylätty kuusi, paperipohjaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt, kipsilevy
	HHL3 kohtalaisen kestävä	mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet
	HHL4 kestävä	lasi ja metalli, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

Homeen kasvua esiintyy tyypillisesti kahden materiaalin välisessä rajapinnassa, joten homekasvun arvioimiseksi on tunnettava eri homehtumisherkkyyssuokissa olevien materiaalien keskinäinen vaikutus homeen kasvuun niiden ollessa kontaktissa toisiinsa. Rajapinnan homehtumisriskiä tulee tarkastella herkemman materiaalin mukaan. Lisäksi on huomioitava, että herkemmin homehtuva materiaali lisää homeen kasvua tyypillisesti myös vähemmän herkässä materiaalissa. (RIL 255-1-2014 2014, 62)

3.2.3 Homeen kasvun kannalta suotuisat lämpötila- ja kosteusolosuhteet

Kuvassa 6 on esitetty homeen kasvun kannalta suotuisat lämpötila- ja kosteusolosuhteet eri homehtumisherkkyyssuokissa. Lämpötila tarkoittaa materiaalin pintalämpötilaa, joka voi luonnollisesti poiketa ilman lämpötilasta. Suhteellinen kosteus tarkoittaa materiaalin huokosilman suhteellista kosteutta.



Kuva 6 Homeen kasvun kannalta suotuisat lämpötila- ja kosteusolosuhteet eri homehtumisherkkyyssuokissa. (RIL 255-1-2014 2014, 61mukaillen)

Herkille materiaaleille (HHL1 ja HHL2) homeen kasvun kannalta suotuisat olosuhteet:

- materiaalin pintalämpötila +15...+50 °C ja suhteellinen kosteus \geq 80 % RH
- materiaalin pintalämpötila 0...+15 °C ja suhteellinen kosteus 80...100 % RH lämpötilasta riippuen (mitä viileämpi lämpötila on, sitä suuremman suhteellisen kosteuden homeen kasvu vaatii).

Kestäville materiaaleille (HHL3 ja HHL4) homeen kasvun kannalta suotuisat olosuhteet:

- materiaalin pintalämpötila +10...+50 °C ja suhteellinen kosteus \geq 85 % RH

- materiaalin pintalämpötila 0...+10 °C ja suhteellinen kosteus 85...100 % RH lämpötilasta riippuen (mitä viileämpi lämpötila on, sitä suuremman suhteellisen kosteuden homeen kasvu vaatii).

Homeen kasvu pysähtyy materiaalin pintalämpötilan pudotessa 0 °C alapuolelle tai noustessa +50 °C yläpuolelle. Homeen kasvu pysähtyy suhteellisen kosteuden pudotessa 80 % RH alapuolelle homehtumisherkkyysluokissa HHL1 ja HHL tai 85 % RH alapuolelle homehtumisherkkyysluokissa HHL3 ja HHL4. (RIL 255-1-2014 2014, 62)

3.2.4 Homeindeksin luokitustasot

Parannetussa homemallissa käytetään materiaalin homehtumista kuvaavana vertailusuurena homeindeksiä M, joka vaihtelee välillä 0...6 ja kuvaa homeen määrän lisääntymistä materiaalin pinnalla. Parannetun homemallin mukaiset homeindeksin luokitustasot on esitetty taulukossa 2. Homeindeksin arvoilla 3...6 homeen kasvu on havaittavissa silmin. (RIL 255-1-2014 2014, 60)

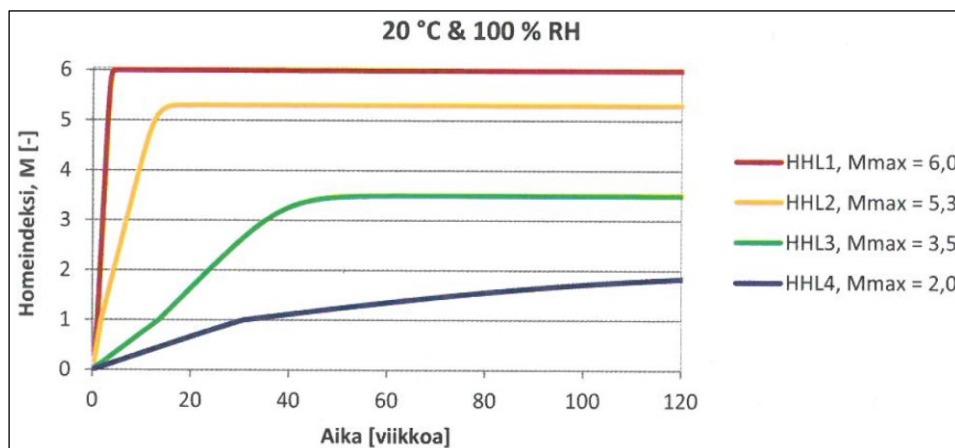
Taulukko 2 Parannetun homemallin mukaiset homeindeksin luokitustasot. (RIL 255-1-2014 2014, 60 mukailten)

Homeindeksi M	Havaittu homekasvu	Huomautuksia
6	Erittäin runsas kasvu	Lähes 100 % peitto, tiivis kasvusto
5	Runsas silmin havaittava kasvu	Yli 50 % peitto alasta (silmillä havaittu)
4	Selvä silmin havaittava kasvu	Yli 10 % peitto alasta (silmillä havaittu)
	Runsas mikroskoopilla havaittava kasvu	Yli 50 % peitto alasta (mikroskoopilla havaittu)
3	Silmin havaittava kasvu	Alle 10 % peitto alasta (silmillä havaittu)
	Selvä mikroskoopilla havaittava kasvu	Alle 50 % peitto alasta (mikroskoopilla havaittu) Uusia itiöitä alkaa muodostua
2	Selvä mikroskoopilla havaittava kasvu	Homerihmasto peittää 10 % tutkittavasta alasta (mikroskoopilla havaittu) Useita rihmastopesäkkeitä muodostunut
1	Mikroskoopilla havaittava kasvu	Paikoin alkavaa kasvua, muutama rihma
0	Ei kasvua	Pinta puhdas

Homeindeksi ei ota kantaa eri homelajien esiintyvyyteen materiaalissa, joten sen perusteella ei voida päätellä esimerkiksi sitä, kuinka toksisia ja ihmisen terveydelle haitallisia homeita materiaalissa kasvaa. (RIL 255-1-2014 2014, 60)

3.2.5 Homeindeksin kehittyminen eri homehtumisherkkyysluokissa

Kuvassa 7 on esitetty homeindeksin maksimiarvot ja kehittyminen eri homehtumisherkkyysluokissa, kun materiaalin pintalämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 100 % RH.



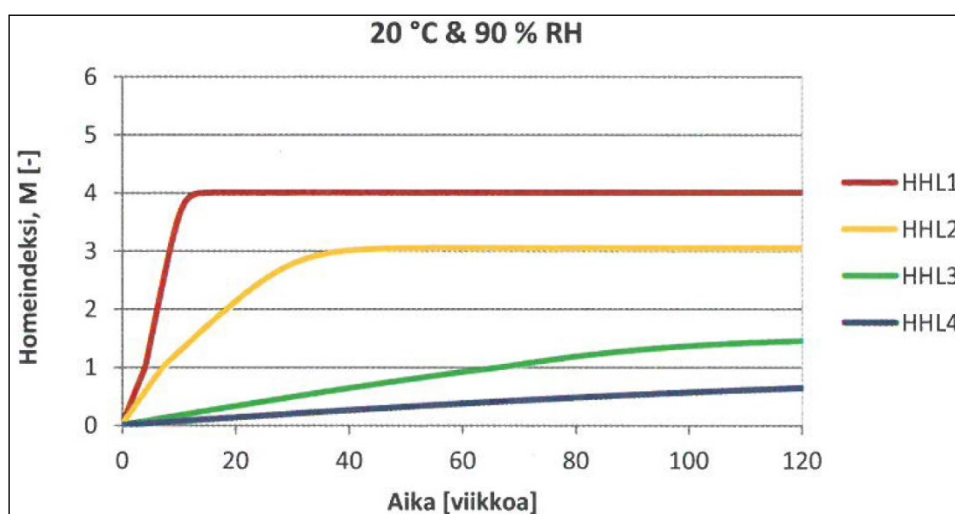
Kuva 7 Homeindeksin maksimiarvot ja kehittyminen eri homehtumisherkkyyssuokissa, kun materiaalin pintalämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 100 % RH. (RIL 255-1-2014 2014, 62)

Kuvan 7 perusteella homeen kasvu on mahdollista havaita silmin (homeindeksin M arvo ≥ 3), kun lämpötila +20 °C ja suhteellinen kosteus 100 % RH materiaalin pinnalla pysyvät

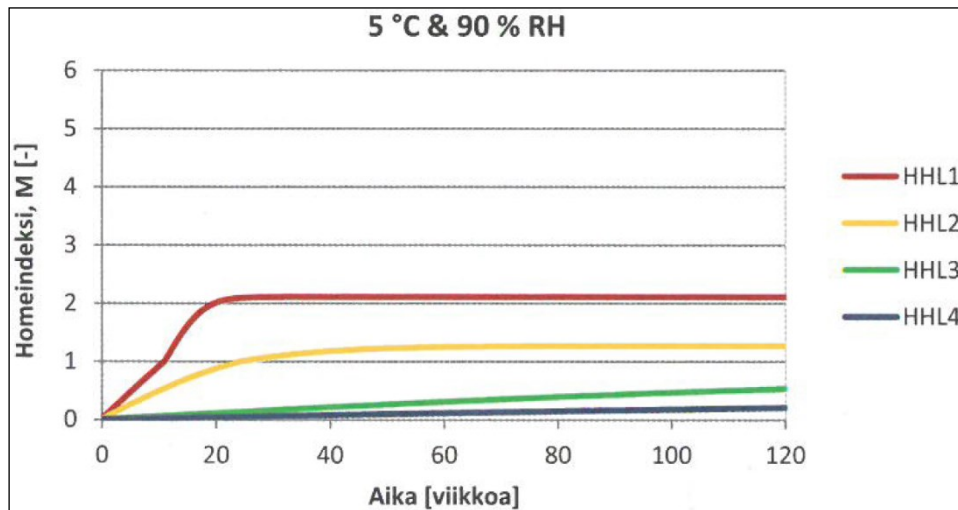
- noin 2 viikkoa homehtumisherkkyyssuokassa HHL1.
- noin 5 viikkoa homehtumisherkkyyssuokassa HHL2.
- noin 35 viikkoa homehtumisherkkyyssuokassa HHL3.

Homehtumisherkkyyssuokkaan HHL4 kuuluvan materiaalin pinnalla ei ole mahdollista havaita silmin hometta 120 viikon eli yli 2 vuoden tarkastelujakson aikana, kun materiaalin pintalämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 100 % RH.

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty homeindeksin kehittyminen eri homehtumisherkkyyssuokissa, kun suhteellinen kosteus on 90 % RH. Kuvassa 8 materiaalin pintalämpötila on +20 °C. Kuvassa 9 materiaalin pintalämpötila on +5 °C.



Kuva 8 Homeindeksin kehittyminen eri homehtumisherkkyyssuokissa, kun materiaalin pintalämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 90 % RH. (RIL 255-1-2014 2014, 63)



Kuva 9 Homeindeksin kehittyminen eri homehtumisherkkyysluokissa, kun materiaalin pintalämpötila on +5 °C ja suhteellinen kosteus 90 % RH. (RIL 255-1-2014 2014, 63)

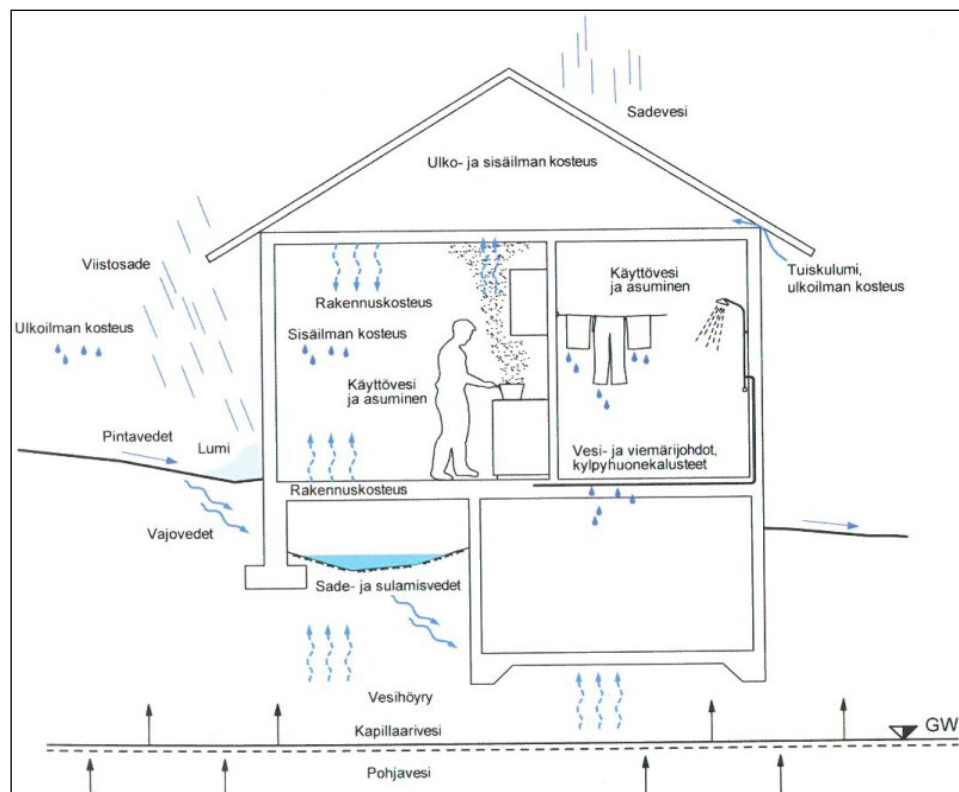
Kuvien 8 ja 9 perusteella homeindeksi tasaantuu 120 viikon tarkastelujakson aikana lämpötilassa +5 °C noin puoleen lämpötilan +20 °C arvosta, kun suhteellinen kosteus on 90 % RH. Lämpötilalla on siis huomattava merkitys homeen kasvussa. Materiaalin pintalämpötilan ollessa +5 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa 90 % RH, materiaalin pinnalla ei ole mahdollista havaita silmin hometta.

Materiaalin pintalämpötilan ollessa +20 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa 90 % RH, silmin havaittavaa hometta muodostuu homehtumisherkkyysluokkaan HHL1 kuuluvan materiaalin pinnassa noin 10 viikossa ja homehtumisherkkyysluokkaan HHL2 kuuluvan materiaalin pinnassa noin 35 viikossa. Homehtumisherkkyysluokkiin HHL3 ja HHL4 kuuluvien materiaalien pinnalla ei ole mahdollista havaita silmin hometta 120 viikon eli yli 2 vuoden tarkastelujakson aikana, kun materiaalin pintalämpötila on +20 °C ja suhteellinen kosteus 90 % RH.

4 RAKENNUKSEN TYÖMAA-AIKAISET KOSTEUSLÄHTEET

4.1 Rakennuksen kosteuslähteet

Rakennuksissa ja rakenteissa esiintyvä kosteus ilmenee näkyvänä vetenä, vesihöyrynä tai rakenteisiin sitoutuneena rakennuskosteutena. Rakennusta rasittavia kosteuslähteitä on esitetty kuvassa 10 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisun 255-1-2014 *Rakennusfysiikka 1: Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset* mukaisesti. Rakennusta rasittavat kosteuslähteet on luontevaa jakaa rakennuksen ulkopuolisiin ja sisäpuolisiin kosteuslähteisiin.



Kuva 10 Rakennusta rasittavat kosteuslähteet. (RIL 255-1-2014 2014, 39)

Rakennuksen ulkopuolisia kosteuslähteitä:

- ulkoilman kosteus
- sade sekä tuulen kuljettama vesi ja lumi
- lumen ja jään sulamisvesi
- pintavesi ja vajovesi
- pohjavesi (englanniksi: ground water, GW) ja maaperän maahuokosten suhteellinen kosteus.

Rakennuksen sisäpuolisia kosteuslähteitä:

- sisäilman kosteus
- rakennuskosteus
- vesi- ja viemäriputket, vesikalusteet ja talotekniset laitteet
- rakenteiden ja laitteiden vauriot

- käyttövesi
- ilmanvaihdon sekä ulko- ja sisäilman kokonaispainesuhteiden vaihtelut.

Tämän opinnäytetyön luvun 4.2 alaluvuissa käsitellään tarkemmin merkittävimpiä rakennuksen työmaa-aikaisia ulkopuolisia kosteuslähteitä ja luvun 4.3 alaluvuissa merkittävimpiä rakennuksen työmaa-aikaisia sisäpuolisia kosteuslähteitä.

4.2 Rakennuksen työmaa-aikaiset ulkopuoliset kosteuslähteet

4.2.1 Sadevesi

Sadevesi on näkyvin rakennusta rasittava kosteuden muoto. Sade voi esiintyä vetenä, räntänä tai lumena. Suomessa yleisin sadetyyppi on pystysade. Kastelevin sadetyyppi on räntä, joka jää usein pitkäksi ajaksi vaikuttamaan loiville ja vaakasuorille pinnoille.

Rakennukseen kohdistuva saderasitus vaihtelee rakennuksen sijainnin mukaan. Avoimella paikalla, meren tai suuren vesistön rannalla sijaitsevaan rakennukseen kohdistuu tavanomaista suurempi saderasitus. Myös rakennuksen korkeus vaikuttaa rakennukseen kohdistuvaan saderasitukseen. Rakennukseen kohdistuva saderasitus voi olla poikkeuksellisen suuri myös silloin, kun rakennusta ympäröivät rakennukset muodostavat tuulen vaikutusta voimistavia virtausreittejä. (RIL 255-1-2014 2014, 40)

Voimakkaissa tuuli- ja myrskyolosuhteissa sadevettä voi tunkeutua rakenteiden sisään materiaalien saumojen, rakennusosien liitosten tai puutteellisesti suunniteltujen tuuletusrakojen kautta. Tuulen paine ja ilmavirtaukset voivat siirtää vettä pintoja pitkin myös ylöspäin. (RIL 250-2011 2011, 64; RIL 255-1-2014 2014, 40)

Vesikate on keskeisin rakennuksen vesisadesuoja. Mitä nopeammin vesikatto voidaan toteuttaa rakennuksen suojaksi rakennusvaiheessa, sitä paremmin varmistetaan uusien rakenteiden tarpeeton kastuminen ja siitä aiheutuvat riskit rakenteille. (RIL 255-1-2014 2014, 40)

4.2.2 Pintavesi ja vajovesi

Osa sadevedestä valuu maan pintaa pitkin pintavetenä ja painuu maahan vajovetenä. Vajovesi aiheuttaa kosteuskuormitusta rakennuksen perustuksille ja maanvastaisille rakenteille. Pintaveden imeytyessä maahan, siitä muodostuu pohjavettä. (Siikanen 2014, 67)

4.2.3 Pohjavesi ja maaperän maahuokosten suhteellinen kosteus

Pohjavedellä tarkoitetaan sellaista vettä, joka esiintyy pysyvästi maan pinnan alla maa- ja kallioperässä. Pohjaveden pinnan korkeus vaihtelee alueellisesti ja riippuu mm. vuotuisesta sademäärästä ja paikallisesta viemäroinnistä. (Siikanen 2014, 67)

Maaperän maahuokosten suhteelliseen kosteuteen vaikuttavat pohjaveden pinnan korkeus, maaperän maalaji sekä kuivatus- ja salaoitusjärjestelyt. Maaperässä oleva kosteus on yleensä pohja- tai vajovettä. Maaperän huokosilma oletetaan täydellisesti vesihöyryllä kyllästetyksi eli kosteusteknisiä laskelmia tehtäessä maaperän huokosilman suhteellisen kosteuden oletetaan olevan 100 % RH. (RIL 250-2011 2011, 64)

Maapohjasta kohdistuvan vesihöyryn diffuusion vaikutus korostuu maanvastaisissa seinissä erityisesti seinien alaosissa sekä maanvastaisissa alapohjissa erityisesti laajarunkoisten rakennusten keskialueilla. Näille rakenteille on yhteistä se, että maapohja lämpenee rakennuksen vieressä tai alapuolella lähelle sisäilman lämpötilaa. Yhdessä maaperän huokosilman korkean suhteellisen kosteuden kanssa tämä johtaa maapohjasta kohti sisäilmaa kohdistuvaan kosteusrasitukseen. (RIL 255-1-2014 2014, 40)

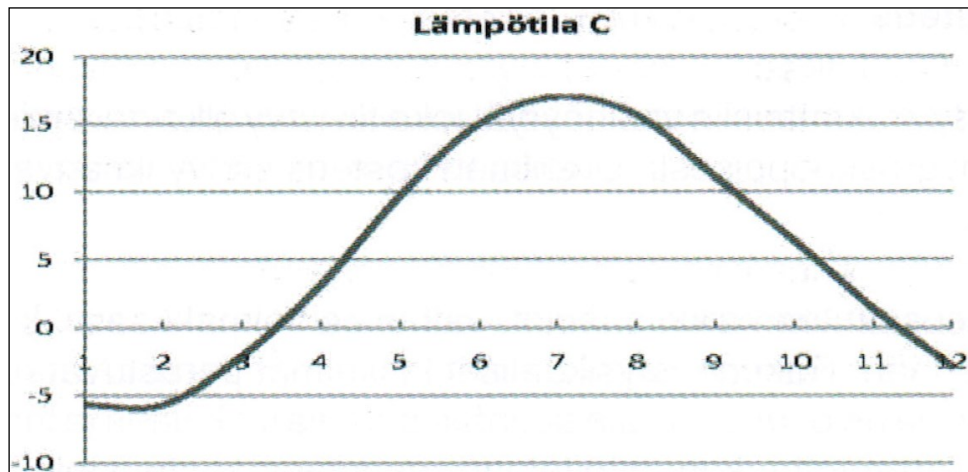
Maapohjan aiheuttamaa kosteusrasitusta rajoitetaan rakennusta ympäröivän maanpinnan kallistuksilla, salaoitusjärjestelmällä, rakennuksen perustusten veden- ja kosteudeneristämällä, kapillaarikatkosoralla sekä asentamalla maanvaraisen laatan alle riittävästi lämmöneristettä. (Korkeamäki, esitelmät syksy 2015)

4.2.4 Ulkoilman kosteus

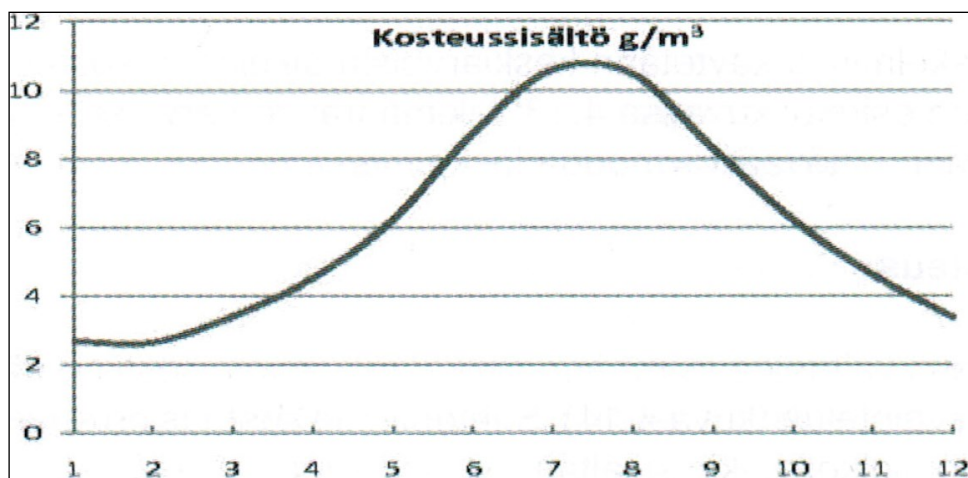
Ulkoilmasta siirtyy rakenteisiin vesihöyryä, joka tiivistyy rakenteiden ulkoki- tai tuuletusvälipintoihin ja / tai sitoutuu materiaaleihin hygroskooppisesti. Ulkoilman kosteus siirtyy myös ilmanvaihdon kautta rakennuksen sisätiloihin. (RIL 250-2011 2011, 65)

Ulkoilman lämpötila ja kosteus vaihtelevat voimakkaasti. Rakennusfysiikallisisissa laskelmissa voidaan käyttää kuvissa 11 ja 12 esitettyjen kuvaajien mukaisia keskiarvoisia ulkoilman lämpötiloja ja absoluuttisia kosteuksia (kuvassa 12 kosteussisältö), kun käytetään riittävää varmuutta laskelmissa.

Kuvassa 11 kuvaajan pystyasteikolla on ulkoilman lämpötila [°C]. Kuvassa 12 kuvaajan pystyasteikolla on ulkoilman absoluuttinen kosteus [g/m³]. Kuvissa 11 ja 12 kuvaajien vaaka-asteikolla on kuukaudet (1 on tammi-kuu...12 on joulukuu)



Kuva 11 Yksinkertaistettu malli lämpötilasta Helsingissä ulkoilmassa. (RIL 250-2011 2011, 66)



Kuva 12 Yksinkertaistettu malli absoluuttisesta kosteudesta Helsingissä ulkoilmassa. (RIL 250-2011 2011, 66)

Talvella ulkoilman suhteellinen kosteus on noin 85 % RH. Korkeasta suhteellisesta kosteudesta huolimatta ulkoilman absoluuttinen kosteus on talvella alhainen noin $3,0 \text{ g/m}^3$. (Siikanen 2014, 69)

Kesällä ulkoilman suhteellinen kosteus on noin 70 % RH eli matalampi kuin talvella. Kesällä ulkoilman absoluuttinen kosteus on kuitenkin n. $8\text{--}11 \text{ g/m}^3$ eli merkittävästi korkeampi kuin talvella. Tämä johtuu siitä, että lämmin ilma pystyy sitomaan merkittävästi enemmän vesihöyryä kuin kylmä ilma. (Korkeamäki, esitelmät syksy 2015)

4.3 Rakennuksen työmaa-aikaiset sisäpuoliset kosteuslähteet

4.3.1 Sisäilman kosteus

Sisäilman kosteuteen vaikuttavat ulkoilman absoluuttinen kosteus (kuva 12) ja sisäilman kosteuslisä. Sisäilman kosteuslisään vaikuttavat sisätiloissa

eri lähteistä haihtuva kosteus, sisäilman lämpötila ja ilmanvaihdon tehokkuus. Rakennuksen sisäilmaan haihtuu työmaa-aikana kosteutta rakennusmateriaalien (esimerkiksi betonin, laastien, tasoitteiden, vedeneristeiden, kosteudeneristeiden ja maalien) työstämisestä ja kuivumisesta sekä ihmisistä.

Sisäilman kosteus ja sisätilojen kosteuslähteet muodostavat rakenteille ja rakenneosille kosteusrasituksia:

- sisäilman vesihöyry, joka pyrkii tasaantumaan diffuusion (eli vesihöyryn osapaine-eron) vaikutuksesta ulkoilmaan rakenteiden läpi
- sisäilman vesihöyry, joka pyrkii siirtymään konvektion (eli ilman kokonaispaine-eron) vaikutuksesta rakojen kautta rakenteisiin ulospäin suuntautuvien ilmavirtausten mukana
- kosteuden kapillaarinen siirtyminen rakenteissa
- sisäpuolinen roiskevesi sekä sisäpintoihin märissä tiloissa tiivistynyt kosteus ja sen valuminen rakojen kautta rakenteisiin
- vesihöyryn tiivistyminen kylmien vesijohtojen ja kanavien pintoihin sekä valuminen rakenteisiin.

(RIL 250-2011 2011, 68; RIL 255-1-2014 2014, 41)

Rakenteet suojataan vesihöyryn diffuusiolta höyrynsulun avulla ja vesihöyryn konvektiolta ilmansulun avulla. Höyryn- ja ilmansulkuna voi toimia sama materiaali esimerkiksi höyrynsulkumuovi. (RIL 255-1-2014 2014, 41)

Kuvan 13 taulukossa esitetään vesihöyryn osapaineen kyllästymistila-arvot ilman lämpötilan ollessa $-20\dots+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa ovat ilman lämpötilat $-20\dots+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Taulukon seuraavissa sarakkeissa solujen ylemmällä rivillä ovat ilman absoluuttiset kosteudet $[\text{g}/\text{m}^3]$ ilman suhteellisen kosteuden ollessa $10\dots100\text{ \% RH}$. Taulukon viimeisessä sarakkeessa on vesihöyryn osapaine kyllästystilassa, mikä ilmaisee tietyn lämpöisen ilman sisältämän vesihöyryn enimmäismäärän ilmassa yksikkönä kilonewtonia neliötä kohden $[\text{kN}/\text{m}^2]$. (Korkeamäki, esitelmät syksy 2015)

Kuvan 13 taulukossa ilman suhteellisen kosteuden 100 \% RH sarakkeessa esitetään ilman kyllästyskosteus $[\text{g}/\text{m}^3]$ tietyssä lämpötilassa $[\text{ }^{\circ}\text{C}]$, kuten tämän opinnäytetyön luvussa 2.1 *Kosteus ilmassa* kuvassa 4. Kuvien 13 ja 4 arvoissa on hieman poikkeavuutta, mutta suuruusluokka on sama. Ero johtuu siitä, että ilman kyllästyskosteuden riippuvuudelle ilman lämpötilasta on kehitetty hieman toisistaan poikkeavia yhtälöitä, joiden perusteella taulukkojen arvot on laskettu.

Esimerkkinä kuvassa 13 esitetyn taulukon tulkitsemisesta on siinä tummennettu ruutu 5. sarakkeessa. Jos ilman lämpötila on $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja ilman suhteellinen kosteus on 40 \% RH , ilma sisältää $6,92\text{ g}/\text{m}^3$ vesihöyryä, joka tiivistyy vedeksi sellaisessa rakenteen kohdassa, jonka lämpötila on $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai alhaisempi. (Siikanen 2014, 69)

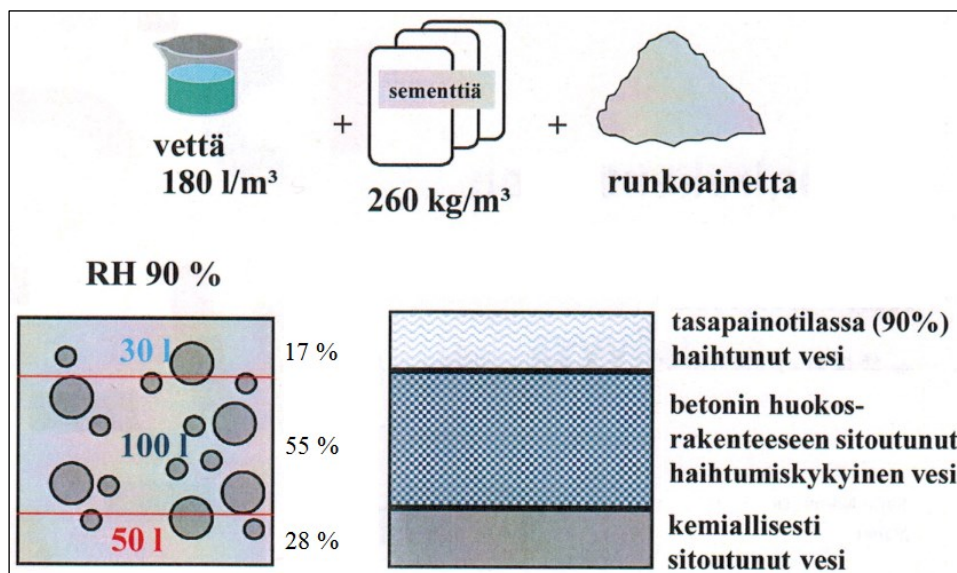
Ilman lämpötila	Ilman suhteellinen kosteus										Vesihöyryn osapaine kyllästytilassa kN/m ²
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
+50	8,30	16,60	24,89	33,19	41,49	49,79	58,08	66,38	74,68	82,98	12,46
	+8	+19	+26	+32	+36	+40	+43	+45	+48	+50	
+45	6,54	13,09	19,63	26,18	32,72	39,26	45,81	52,35	58,90	65,44	9,56
	+4	+15	+22	+27	+32	+36	+38	+41	+43	+45	
+40	5,11	10,23	15,34	20,46	25,57	30,68	35,80	40,91	46,03	51,14	7,36
	+1	+11	+18	+23	+27	+30	+33	+36	+39	+40	
+35	3,96	7,92	11,88	15,84	19,80	23,76	27,72	31,68	35,64	39,60	5,61
	-2	+8	+14	+18	+22	+25	+28	+31	+33	+35	
+30	3,04	6,07	9,11	12,14	15,18	18,22	21,25	24,29	27,32	30,36	4,23
	-6	+3	+10	+14	+18	+21	+24	+26	+28	+30	
+25	2,30	6,61	6,91	9,22	11,52	13,82	16,13	18,43	20,74	23,04	3,16
	-8	0	+5	+10	+13	+16	+19	+21	+23	+25	
+20	1,73	3,46	5,19	6,92	8,65	10,37	12,10	13,83	15,56	17,29	2,33
	-12	-4	+1	+5	+9	+12	+14	+16	+18	+20	
+15	1,28	2,56	3,85	5,13 ⁵²⁰	6,41	7,69	8,97	10,26	11,54	12,82	1,70
	-16	-7	-3	+1	+4	+7	+9	+11	+13	+15	
+10	0,91	1,88	2,82	3,76	4,70	5,64	6,58	7,52	8,46	9,40	1,22
	-19	-11	-7	-3	0	+1	+4	+6	+8	+10	
+5	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,12	6,80	0,870
	-23	-15	-11	-7	-5	-2	0	+2	+3	+5	
0	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,90	3,39	3,87	4,36	4,84	0,609
	-6	-19	-14	-11	-8	-6	-4	-3	-2	0	
-5	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70	2,05	2,39	2,73	3,07	3,41	0,400
	-29	-22	-18	-15	-13	-11	-8	-7	-6	-5	
-10	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	0,259
	-34	-26	-22	-19	-17	-15	-13	-11	-11	-10	
-15	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,97	1,13	1,29	1,45	1,61	0,164
	-37	-30	-26	-23	-21	-19	-17	-16	-15	-15	
-20	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,79	0,88	0,102
	-42	-35	-32	-29	-27	-25	-24	-22	-21	-20	

Kuva 13 Vesihöyryn osapaineen kyllästymistila-arvot ilman lämpötilan ollessa -20...+50 °C. (Siikanen 2014, 69)

4.3.2 Rakennuskosteus

Rakennuksen valmistumisvaiheessa rakennusaineissa ja rakenteissa oleva rakennuskosteus on peräisin materiaalien valmistusprosessissa käytetystä vedestä ja rakennustuotteiden kuljetuksen, varastoinnin ja rakennustyön aikana tapahtuneesta kastumisesta. Rakennuskosteus pyrkii poistumaan rakenteesta, kunnes rakenne on saavuttanut tasapainokosteuden ympäristön kanssa. Rakenteesta poistumaan pyrkivä kosteus voi olla hyvinkin suuri ja sen on poistuttava riittävässä määrin ennen esimerkiksi betonilattian pinnoitusta. Kosteuden poistumisnopeuteen vaikuttavat mm. rakenteen paksuus, rakenteen kuivumissuuntien määrä ja rakennusaikana mahdollisesti tapahtunut kastuminen. (RIL 250-2011 2011, 68)

Kuvassa 14 on esitetty tavanomaisen K30 (C25/30) rakennebetonin valmistukseen käytettävän seosveden jakautuminen betonissa, kun betonin huokosilman suhteellinen kosteus on tasaantunut arvoon 90 % RH. K30 tarkoittaa, että betonin puristuslujuus tietyllä arvostelumenetelmällä arvosteltuna on 30 megapascalia, MPa [MPa = MN/m²].



Kuva 14 Lujusluokan K30 betonin valmistukseen käytetyn seosveden jakautuminen, kun betonin vesisementtisuhde on 0,7 ja huokosilman suhteellinen kosteus on tasaantunut arvoon 90 % RH. (Niemi, esitelmä 4.10.2016 mukailten)

Kuvassa 14 esitetyn betonin vesisementtisuhde on 0,7, joka on verraten korkea. Vesisementtisuhde 0,7 tarkoittaa sitä, että betonin valmistukseen käytettävän veden massa on 0,7-kertainen sementin massaan verrattuna.

$$\frac{180 \text{ kg/m}^3}{260 \text{ kg/m}^3} = 0,692 \dots \approx 0,7 = 70 \%$$

Kuvassa 14 esitetyn betonin valmistukseen käytettävästä vedestä 50 / 180 litraa eli noin 28 % vedestä sitoutuu betoniin kemiallisesti eli se ei poistu betonista olosuhteiden muuttuessa normaalisti. Betonin valmistukseen käytettävästä vedestä 100 / 180 litraa eli noin 55 % vedestä sitoutuu betonin huokosrakenteeseen fysikaalisesti. Fysikaalisesti sitoutunut vesi voi olosuhteiden muuttuessa haihtua pois rakenteesta. Betonin valmistukseen käytettävästä vedestä 30 / 180 litraa eli noin 17 % haihtuu pois betonin valmistuksen jälkeen betonin kuivussa. Merkittävin ilmiö betonin kuivumisessa on diffuusio, jonka vaikutuksesta vettä voi poistua betonista jopa 100 g/(m² kk) (Kettunen, esitelmä 7.9.2016).

Haitallisen suuren rakennuskosteuden välttämiseksi sateelle alttiit rakenteet ja rakennustarvikkeet suojataan vesi- ja lumisateelta sekä maaperän kosteudelta ja pintavedeltä. Kastuneet kosteutta kestävätkä rakenteet tulee kuivattaa riittävän nopeasti. (RIL 250-2011 2011, 68)

4.3.3 Rakenteiden ja laitteiden vauriot

Rakennusvaipassa (vesikatto, ulkoseinät, alapohja, ikkunat ja ovet) ja sisäpuolisissa kosteus- ja vedeneristeissä voi olla vuotoja, jotka edesauttavat kosteusvaurioiden syntyä. Lähtökohtaisesti rakenneosissa ja materiaaleissa ei tietenkään pitäisi olla vuotoja eivätkä vuodot siten ole varsinaisia

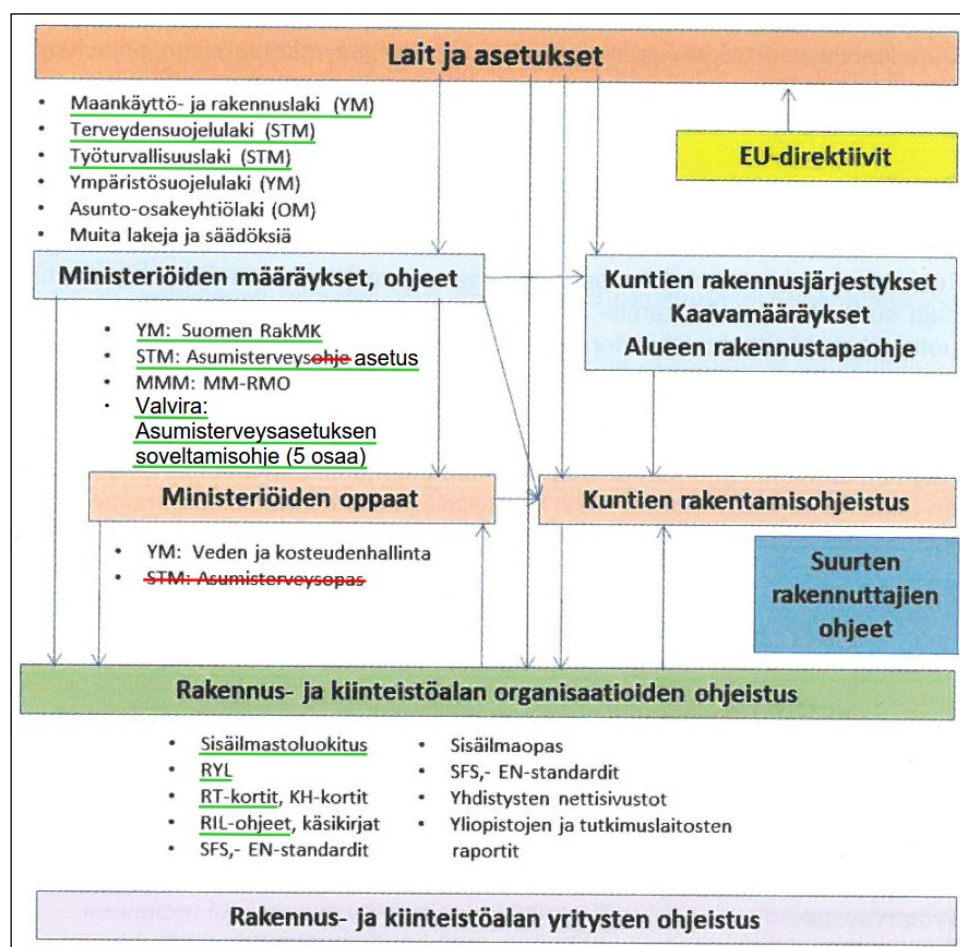
rakennuksen työmaa-aikaisia kosteuslähteitä, mutta liittyvät läheisesti rakennuksen kosteudenhallintaan.

Putkistojen ja laitteiden vauriot voivat aiheuttaa rakenteille nopeasti merkittäviä kosteusrasituksia. Vauriot ovat hankalia, sillä ne voivat olla huomaamattomissa pitkiäkin aikoja. Vaurioiden havaitsemista ja rajoittamista voidaan helpottaa sijoittamalla kosteusantureita kriittisiin kohtiin. (RIL 250-2011 2011, 69)

5 RAKENNUKSEN KOSTEUDENHALLINTAAN LIITTYVÄT SÄÄDÖKSET JA OHJEET

5.1 Kosteudenhallintasäädösten ja -ohjeistuksen muodostama kokonaisuus

Tässä luvussa käsitellään tällä hetkellä (syyskuu 2016) voimassa olevia rakennuksen kosteudenhallintaan liittyviä säädöksiä ja ohjeita. Rakennusten terveellisyyttä ja kosteudenhallintaa ohjataan kattavasti laeilla, asetuksilla, määräyksillä ja viranomaisohjeilla. Säädösten vaatimusten toteuttamiseen rakennus- ja kiinteistöalalla toimivilla organisaatioilla on lisäksi laajaa kosteudenhallintaan liittyvää ohjeistusta. Säädösten ja säädösten tavoitteita tukevan kosteudenhallintaohjeistuksen muodostama kokonaisuus on esitetty kuvassa 15 (RIL 250-2011 2011, 227).



Kuva 15 Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvien lakien, määräysten, ymv. sekä alan ohjeistuksen muodostama kokonaisuus. (RIL 250-2011 2011, 277 mukailten)

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät lait, asetukset ja määräykset sekä niihin liittyvät soveltamisohjeet on alleviivattu vihreällä viivalla kuvassa 15. Lisäksi käsitellään 1.6.2015 voimaan tullutta asetusta *Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä*. Suomen rakentamismääräyskokoelmasta käsitellään osia C2 *Kosteus* (1998) ja D2 *Ra-*

kennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto (2012). Lisäksi käsitellään kunnan rakennusvalvonnan asettamia vaatimuksia, lyhyesti kuvassa 15 vihreällä viivalla alleviivattuja ohjeita sekä betonirakentamiseen ja kuivumisen arviointiin liittyviä ohjeita.

Kuvassa 15 esitetty Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisussa *250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* esitetty kuva on vanhentunut siltä osin, että Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohje on korvattu 15.5.2015 voimaan tulleella asetuksella *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista* eli ”Asumisterveysasetuksella”. Vanhentuneet säädökset ja ohjeet on ylivivattu punaisella viivalla. Lakien lyhenteet ja vakiintuneet nimet on katsottu lakitietopalvelu Edilexin verkkosivuilta (Lyhenteet ja vakiintuneet nimet n.d.).

Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valviran laatimassa asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa annetaan yksityiskohtaisia tulkintoja ja käytännöllisiä esimerkkejä asumisterveysasetuksen soveltamiseen. Soveltamisohje on tarkoitettu kuntien terveydensuojeluviranomaisille ja muille alan asiantuntijoille. Soveltamisohje on julkaistu viidessä osassa verkkojulkaisuna (Asumisterveys n.d.).

5.2 Lait ja asetukset

5.2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Rakentamisen tärkein ohjauskeino on vuonna 2000 voimaan tullut Maankäyttö- ja rakennuslaki siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen. Maankäyttö- ja rakennuslaki koskee alueiden käyttöä, suunnittelua ja rakentamista (Lainsäädäntö ja ohjeet maankäytössä ja rakentamisessa n.d.).

Maankäyttö- ja rakennuslain 1. luvussa käsitellään yleisiä säännöksiä. 1 §:n 1 momentissa todetaan lain yleisestä tavoitteesta:

Tämän lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurillisesti kestävästä kehitystä. (MKRL 132/1999 1.1 §)

Lakiteksti on tyypillisesti mahdollista tulkita usealla tavalla. Tämän opinnäytetyön näkökulmasta ajateltuna rakennuksen työmaa-aikaista kosteudenhallintaa ja sen onnistumista voidaan pitää laissa mainittuna hyvän elinympäristön edellytyksenä. Lisäksi rakennuksen onnistunut työmaa-aikainen kosteudenhallinta edistää pitkällä aikavälillä tarkasteltuna ainakin taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävästä kehitystä.

Maankäyttö- ja rakennuslain 17. luvussa käsitellään rakentamisen yleisiä edellytyksiä. 117 §:n 3 ja 4 momenteissa todetaan rakentamiselle asetettavista vaatimuksista:

Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa sekä sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut. (MKRL 132/1999 117.3 §)

Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä. (MKRL 132/1999 117.4 §)

Maankäyttö- ja rakennuslaki käsittelee sekä uudis- että korjausrakentamista. Luonnollisesti rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava. Korjaus- ja muutostyöt eivät saa vaarantaa käyttäjien turvallisuutta tai vaarantaa heidän terveyttään. Esimerkiksi asuinrakennuksen tulee olla olosuhteiltaan asuttavaksi soveltuva. Samaa aihetta käsitellään tarkemmin vuonna 2012 voimaan tulleessa lain muutoksessa 117c §:n 1 ja 2 momenteissa, joissa todetaan terveellisyydestä:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma-, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. (MKRL 958/2012 117 c.1 §)

Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousvedeen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovelluttava tarkoitukseensa ja ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita. (MKRL 958/2012 117 c.2 §)

Laissa esitetään selkeästi vaatimus suunnitella ja rakentaa rakennus, kosteusolosuhteet huomioon ottaen, terveelliseksi ja turvalliseksi. Rakennuksen kosteusolosuhteisiin voidaan ratkaisevasti vaikuttaa työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla.

Maankäyttö- ja rakennuslain 20. luvussa käsitellään rakennustyön suoritusta. Vuonna 2014 voimaan tullessa lain muutoksessa 149 §:n 1 momentissa todetaan rakennustyöstä ja sen valvonnasta:

Rakennustyö on tehtävä siten, että se täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. (MKRL 132/1999 149.1 §)

Edellä esitetyssä lainkohdassa viitataan säädösten ja määräysten lisäksi rakennusalalla runsaasti tulkintaeroja aiheuttavaan ”hyvään rakentamistapaan”, jonka tulkintoja on yhtä paljon kuin tulkitsijoitakin. Rakennuksen laadukas ja onnistunut työmaa-aikainen kosteudenhallinta voidaan kiistatta ajatella osaksi hyvää rakentamistapaa.

5.2.2 Terveydensuojelulaki

Toinen rakentamista ohjaava laki on vuonna 1994 voimaan tullut terveydensuojelulaki siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen. Lain 1 luvussa käsitellään yleisiä säännöksiä. 1 §:n 1 ja 2 momenteissa todetaan lain tarkoituksesta:

Tämän lain tarkoituksena on väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa (terveydensuojelu). (TervSuoJeluL 763/1994 1.1 §)

Tässä laissa tarkoitetaan terveyshaitalla ihmisessä todettavaa sairautta, muuta terveydenhäiriötä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä. (TervSuoJeluL 763/1994 1.2 §)

Terveydensuojelulaissa esitetään selkeästi vaatimus ehkäistä sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Rakennuksen laadukkaalla työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla on ratkaiseva merkitys mahdollisten terveyshaittojen ennaltaehkäisyssä. Lain 2 §:n 2 momentti jatkaa lain yleisistä periaatteista:

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa on harjoitettava siten, että terveyshaittojen syntyminen mahdollisuuksien mukaan estyy. (TervSuoJeluL 763/1994 2.2 §)

Terveydensuojelulain 7. luvussa käsitellään asunnon ja muun oleskelutilan sekä yleisten alueiden terveydellisiä vaatimuksia. 26 §:n 1 momentissa todetaan asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä vaatimuksista:

Asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. (TervSuo jeluL 763/1994 26.1 §)

Vuonna 2014 voimaan tulleessa terveydensuojelulain muutoksessa 27 §:n 1 ja 2 momenteissa todetaan asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyvistä terveyshaitasta:

Jos asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyy melua, tärinää, hajua, valoa, mikrobeja, pölyä, savua, liiallista lämpöä tai kylmyyttä taikka kosteutta, säteilyä tai muuta niihin verrattavaa siten, että siitä voi aiheutua terveyshaittaa asunnossa tai muussa tilassa oleskelevalle, toimenpiteisiin haitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi on ryhdyttävä viipymättä. (Laki terveydensuojelulain muuttamisesta 1237/2014 27.1 §)

Jos haitta aiheutuu asuinhuoneiston tai muun oleskelutilan rakennuksen rakenteista, eristeistä tai rakennuksen omistajan vastuulla olevista perusjärjestelmistä, haitan poistamisesta vastaa rakennuksen omistaja, ellei muualla laissa toisin säädetä. Jos terveyshaitta aiheutuu kuitenkin asunnon tai muun oleskelutilan käytöstä, joka ei ole tavanomaista, terveyshaitan poistamisesta vastaa asunnon tai muun oleskelutilan haltija. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa sen, jonka vastuulla haitta on ryhtymään viipymättä tarvittaviin toimenpiteisiin terveyshaitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi. (Laki terveydensuojelulain muuttamisesta 1237/2014 27.2 §)

Edellä esitetyissä 26 ja 27 §:ssä vaaditaan selvästi, että asunnon tai muun sisätilan kosteus ei saa aiheuttaa asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. Jos asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyy liiallista kosteutta siten, että siitä voi aiheutua terveyshaittaa, on toimenpiteisiin haitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi ryhdyttävä viipymättä. Rakennuksen kosteudenhallinnan näkökulmasta ajateltuna oleellista on, että mahdollisesta rakenteisiin työmaaikana jääneestä kosteudesta vastaa lain mukaan ensisijaisesti rakennuksen omistaja.

5.2.3 Työturvallisuuslaki

Rakennustyömaan työntekijöiden turvallisuuden varmistamisen tärkein ohjauskeino on vuonna 2002 voimaan tullut Työturvallisuuslaki siihen

myöhemmin tehtyine muutoksineen. Työturvallisuuslakia sovelletaan työ-sopimuksen perusteella tehtävään työhön kaikkialla muuallakin kuin rakennustyömaalla, minkä vuoksi laki ei erityisesti ota kantaa rakennustyömaiden olosuhteisiin. Lain 1 luvussa käsitellään lain tarkoitusta ja soveltamisalaa. 1 §:n 1 momentissa todetaan lain tarkoituksesta:

Tämän lain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä *terveys*, haittoja. (TTL 738/2002 1.1 §)

Työturvallisuuslain 5. luvussa käsitellään työtä ja työolosuhteita koskevia tarkempia määräyksiä. 32 §:n 1 momentissa todetaan työpaikan rakenteellisesta ja toiminnallisesta turvallisuudesta ja terveellisyydestä:

Työpaikan rakenteiden, materiaalien ja varusteiden sekä laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille. Niiden tulee olla käsiteltävissä, kunnostettavissa ja puhdistettavissa turvallisesti. (TTL 738/2002 32.1 §)

Edellä esitettyyn lain kohtaan liittyen rakennuksissa erityisen huomionarvoista on rakennuksen rakenteiden ja materiaalien turvallisuus ja terveellisyys. Melko usein rakennuksen rakenteiden ja materiaalien turvallisuuden ja terveellisyyteen liittyvät poikkeamat johtuvat kosteudesta, johon voidaan vaikuttaa laadukkaalla työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla.

5.2.4 Asumisterveysasetus

Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohje, joka oli voimassa 1.5.2003 alkaen, on korvattu 15.5.2015 voimaan tulleella asetuksella *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista* eli "Asumisterveysasetuksella". Asumisterveysasetuksen 1 §:ssä todetaan asetuksen soveltamisalasta:

Tätä asetusta sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla tehtävään asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Tämän asetuksen fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia altistumistekijöitä koskevia vaatimuksia ja niiden toimenpiderajoja sovelletaan tehtäessä terveydensuojelulain 27 tai 51 §:ssä tarkoitettuja päätöksiä ja määräyksiä. (Asumisterveysasetus 545/2015 1 §)

Asumisterveysasetuksen 5 §:ssä todetaan huoneilman kosteudesta:

Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä. (Asumisterveysasetus 545/2015 5 §)

Huoneilman pitkäaikaiseen kosteuteen, erityisesti uusissa rakennuksissa, voidaan osaltaan vaikuttaa rakennuksen työmaa-aikaisella kosteudenhallinnalla. Uusissa rakennuksissa mahdollinen ylimääräinen huoneilman kosteus aiheutuu yleensä rakenteista haihtuvasta rakennuskosteudesta.

5.2.5 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje: Osa 1

Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston 23.3.2016 julkaisemassa ja 25.4.2016 päivitetystä Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen 1. osassa tarkennetaan Asumisterveysasetuksessa esitettyjä säädöksiä. Soveltamisohjeessa todetaan Asumisterveysasetuksen 5 § osalta huoneilman kosteuteen liittyen:

Pykälässä ei säädetä tarkkoja suhteellisen kosteuden rajoja, joiden välillä ilman suhteellinen kosteus (RH %) voi vaihdella. Huoneilman kosteus voi vaihdella lyhytkestoisesti ulkoilman kosteudesta ja rakennuksessa harjoitetusta toiminnasta riippuen hyvin paljon ja tällöin voi syntyä tarve kostuttaa tai kuivattaa huoneilmaa, vaikka se ei olisi terveydensuojelun näkökulmasta tarpeellista. Huoneilman suhteellisen kosteuden suosituksena on aiemmin ollut 20-60 %. Tämän lisäksi on todettu, että sen saavuttaminen ei ole aina mahdollista muun muassa ilmastollisista syistä, eikä näistä arvoista poikkeamista voida pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät. Toisaalta kylminä pakkasjaksoina huoneilman 60 % suhteellinen kosteus aiheuttaa jo suuren mikrobikasvun riskin rakenteiden sisäpintojen kylmimmissä kohdissa. Sisäilman kosteutta tuleekin arvioida suhteellisen kosteuden lisäksi myös kosteuslisänä. Kosteuslisällä tarkoitetaan sisätiloissa syntyvää lisäkosteutta (esimerkiksi hengitys, suihkussa käynti, ruoan laitto tai pyykin kuivatus) ulkoilmaan nähden. Mikäli kosteuslisä on enemmän kuin noin 3-4 g/m³, mikrobikasvun riski rakenteissa ja niiden pinnoilla nousee. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje: Osa 1 2016, 10–11)

5.2.6 YM:n asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä

Rakennuksen kosteudenhallintasuunnitteluun liittyvä uusi asetus on 1.6.2015 voimaan tullut *Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä*, joka on julkaistu myös RT-korttina YM1-21639. Asetuksen 1 §:ssä todetaan asetuksen soveltamisalasta:

Tätä asetusta sovelletaan luvanvaraiseen rakennustyöhön. Asetusta sovelletaan sekä uuden rakennuksen rakentamiseen, että rakennuksen korjaus- ja muutostyöhön. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015 1 §)

Asetuksen 15 §:ssä esitetään vaatimus kosteudenhallintasuunnitelman sisällöstä:

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineet ja -tuotteet sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta sekä toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015 15 §)

5.3 Määräykset

5.3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2 ja sen sovellusopas

Rakennuksen kosteuteen liittyvät velvoittavat määräykset sekä määräyksiä tarkentavat ohjeet ja selostukset löytyvät 1.1.1999 voimaan tulleesta Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C2 *Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998*. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 määräykset, ohjeet ja selostukset on aseteltu palstoihin kuvan 16 mukaisesti.

MERKKIEN SELITYS	
Määräykset , jotka on tulostettu leveälle palstalle, ovat velvoittavia.	Ohjeet jotka ovat kapealla palstalla, sisältävät hyväksyttäviä ratkaisuja.
	Selostukset , jotka ovat kapealla palstalla kursivoituna, antavat lisätietoja sekä sisältävät viittauksia säädöksiin, määräyksiin ja ohjeisiin.

Kuva 16 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 palstajako. (RakMk C2 1998, 1)

Luvussa 1 käsitellään määräyksen kannalta yleisiä asioita. Luvussa 1.1 todetaan soveltamisalasta ja luvussa 1.2 olennaisesta vaatimuksesta kuvan 17 mukaisesti.

1	
YLEISTÄ	
1.1 Soveltamisala	
1.1.1 Nämä määräykset ja ohjeet koskevat kosteudesta johtuvien vaurioiden ja haittojen välttämistä rakentamisessa.	
1.2 Olennainen vaatimus	
1.2.1 Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan.	<p>Selostus <i>Edellä esitetty vaatimus sisältyy Rakennustuotedirektiivin 89/106/ETY olennaisiin vaatimuksiin.</i></p> <p>Selostus <i>Rakennustuotedirektiivi on saatettu voimaan pääasiassa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A 3 Rakennustuotteet määräyksillä. Oheinen rakennustuotedirektiivin vaatimus sisältyy määräysten A 3 Rakennustuotteet, kohtaan 2.3.</i></p>

Kuva 17 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 luvut 1.1.1 ja 1.2.1. (RakMk C2 1998, 3)

Luvun 1.2.1 selostuksissa viitataan Rakennustuotedirektiiviin 89/106/ETY. Selostus on vanhentunut, sillä 1.7.2013 voimaan tullut EU:n rakennustuoteasetus on korvannut rakennustuotedirektiivin 89/106/ETY. Rakennustuoteasetuksessa säädetään, kuinka rakennustuotteen ominaisuuksista kerrotaan ja millä edellytyksillä rakennustuotteet voidaan CE-merkitä (Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö n.d.).

Luvun 1.2.1 jälkimmäisessä selostuksessa viitataan Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan A3 *Rakennustuotteet, määräykset ja ohjeet 1995*. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa A3 tuli voimaan 1.1.1996, mutta osa on kumottu. Määräykset koskivat rakennuksia ja muita rakennuskohteita sekä näissä pysyvinä osina käytettäviä rakennustuotteita ja niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamista (Kumotut rakentamismääräykset 2017).

Luvussa 1.4 käsitellään rakennuksen kosteusteknistä toimintaa. Luvussa 1.4.1 todetaan kuvan 18 mukaisesti ja luvussa 1.4.12 kuvan 19 mukaisesti.

1.4 Rakennuksen kosteustekninen toiminta

1.4.1

Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeutuu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä.

Selostus

Sisäisiä kosteuslähteitä ovat sisäilman vesihöyry, roiskevesi ja vesivahingot esim. putkivuodot. Ulkoisia kosteuslähteitä ovat esim. ulkoilman vesihöyry, vesi- ja lumisade, maaperän kosteus, pinta- ja pohjavesi sekä rakennuskosteus.

1.4.1.1

Jos rakenteessa on kaksi kosteutta huonosti läpäisevää ainekerrosta, ei näiden väliin tule jättää kuivumista vaativia materiaaleja ellei kosteuden haitaton poistuminen ole varmistettu erikseen. Rakennus suunnitellaan niin, että riski veden pääsystä tiiviiden ainekerrosten väliin jää vähäiseksi.

Kuva 18 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 luku 1.4.1. (RakMk C2 1998, 3)

1.4.12

Rakennustyön oikean suorittamisen varmistamiseksi on työnsuorittajan tunnettava rakenteiden kosteustekniikkaa koskevat suunnitelmat ja työohjeet sekä hänellä on oltava riittävä ammattitaito. Kosteusteknisiä työsuorituksia tulee valvoa ja työvaiheet tarkastaa.

Kuva 19 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 luku 1.4.12. (RakMk C2 1998, 5)

Edellä kuvissa 17, 18 ja 19 osin esitetyn luvun 1 lisäksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 käsitellään rakennuspohjan kuivatusta sekä kosteudenhallintaan liittyviä määräyksiä rakennusosittain: alapohja, ulkoilman vastaiset seinärakenteet, maanvastaiset seinärakenteet ja niiden liittyminen maanvastaiseen rakenteeseen, vesikatto ja yläpohja, märkätilat sekä laitteet ja putket.

Ympäristöministeriön Asunto- ja rakennusosaston tammikuussa 1999 julkaiseva *Kosteus rakentamisessa: RakMK C2 opas* on sovellusopas, joka täydentää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 määräyksiä. Julkaisu ei ole velvoittava, mutta se edustaa rakentamisessa noudatettavaa hyvää rakennustapaa. Sovellusopas on julkaistu Ympäristöministeriön Ympäristööppaana 51. (Kokko, E. & Kouhia I. 1999).

5.3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2

Rakennuksen sisäilmastoon liittyvät velvoittavat määräykset sekä määräyksiä tarkentavat ohjeet ja niiden selostukset löytyvät 1.7.2012 voimaan tulleesta Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D2 *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto: Määräykset ja ohjeet 2012*. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 määräykset, ohjeet ja selostukset on aseteltu palstoihin kuvan 20 mukaisesti.

Määräykset on kirjoitettu leveälle palstalle tällä isolla kirjasinkoolla. Määräykset ovat velvoittavia.

Ohjeet on kirjoitettu kapealle palstalle pienellä kirjasinkoolla. Ohjeet eivät ole velvoittavia, vaan muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset.

Selostukset, jotka ovat kapealla palstalla kursivoituna, antavat lisätietoja sekä sisältävät viittauksia muihin säädöksiin.

Kuva 20 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 palstajako. (RakMk D2 2011, 1)

Luvussa 1 käsitellään määräyksen kannalta yleisiä asioita. Luvussa 1.1.1 todetaan soveltamisalasta kuvan 21 mukaisesti.

1
<p>YLEISTÄ</p> <p>1.1 Soveltamisala</p> <p>1.1.1</p> <p>Nämä määräykset ja ohjeet koskevat uuden rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Loma-asuntojen osalta määräykset koskevat vain kokovuotiseen tai talviaikaiseen käyttöön tarkoitettuja rakennuksia.</p>

Kuva 21 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 luku 1.1.1. (RakMk D2 2011, 3)

Luvussa 2 käsitellään rakennuksen sisäilmastoa. Luvussa 2.1.1 todetaan kuvan 22 mukaisesti.

2
<p>RAKENNUKSEN SISÄILMASTO</p> <p>2.1 Yleistä</p> <p>2.1.1</p> <p>Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.</p> <p>2.1.1.1</p> <p>Kustakin erityissuunnitelmasta vastaava henkilö huolehtii siitä, että suunnitelma täyttää osaltaan sisäilmastolle asetetut vaatimukset. Pääsuunnittelija huolehtii siitä, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää sisäilmastolle asetetut vaatimukset.</p> <p><i>Selostus</i> <i>Rakentamismääräyskokoelman osassa A2 esitetään määräykset ja ohjeet rakennuksen suunnittelijoista ja suunnitelmista.</i></p> <p>2.1.1.2</p> <p>Vastaava työnjohtaja huolehtii rakennussuunnitelman, erityissuunnitelmien ja hyvän rakennustavan mukaisesta työn tekemisestä siten, että sisäilmastolle asetetut vaatimukset täyttyvät.</p> <p><i>Selostus</i> <i>Rakentamismääräyskokoelman osassa A1 esitetään määräykset ja ohjeet rakennustyön valvonnasta.</i></p>

Kuva 22 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 luku 2.1.1. (RakMk D2 2011, 5)

Luvun 2.1 oleellisin asia löytyy luvusta 2.1.1, jossa esitetään vaatimus suunnitella ja rakentaa rakennus kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.

Luvun 2.1.1.1 selostuksessa viitataan Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan A2 *Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat: Määräykset ja ohjeet 2002*. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A2 määräykset

tulivat voimaan 1.7.2002, mutta osa on kumottu. Luvun 2.1.1.2 selostuksessa viitataan Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan A1 *Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus: Määräykset ja ohjeet 2006*. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A1 määräykset tulivat voimaan 1.9.2006, mutta osa on kumottu (Kumotut rakentamismääräykset 2017).

Nykyiset rakentamisen suunnittelua ja työnjohtoa sekä rakennustyön aikaista valvontaa koskevat asetukset ja ohjeet löytyvät Ympäristöministeriön verkkosivuilta. (Suunnittelu ja valvonta 2017).

5.3.3 Rakentamismääräysten uudistuminen

Rakentamista koskevat asetukset uudistetaan vuoteen 2018 mennessä vuonna 2013 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen mukaisesti. Laissa on viiden vuoden siirtymäaika asetusten uusimiselle. Aiempia Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita voidaan siirtymäajan puitteissa soveltaa, kunnes uudet säädökset on annettu. (Rakentamista koskevat asetukset uudistuvat vuoteen 2018 mennessä n.d.).

Kuten luvuissa 5.3.1 ja 5.3.2 käy ilmi, vielä voimassa olevissa Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa viitataan toisiin jo kumottuihin rakentamismääräyskokoelman osiin. Tämä aiheuttaa siirtymäaikana ylimääräistä hankaluutta määräysten tulkinnassa. Määräysten uusimistarpeeseen ohjaa myös Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012 *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat*, jossa käsitellään laajasti kosteus- ja homevaurioita sekä niiden aiheuttamaa terveydellistä ja taloudellista merkitystä (Reijula, Ahonen, Alenius, Holopainen, Lappalainen, Palomäki & Reiman 2012).

Ympäristöministeriö on käynnistänyt Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 *Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998* uudistustyön. Asetusvalmistelun tueksi on teetetty nykymääräysten toimivuuden arviointi. Selvitystyön teki Insinööritoimisto Vahanen Oy ja se valmistui joulukuussa 2014.

Nykymääräysten toimivuuden arvioinnissa nousi esille kosteudenhallinnan terävöittäminen ja vastuutus. Tähän liittyy erityisesti kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön nimeäminen ja kosteudenhallintasuunnitelman mukaisten toimenpiteiden dokumentointi. Lisäksi toimivuuden arvioinnissa nousi esille uudistuneiden energiamääräysten ja ilmastomuutoksen huomiointi sekä näistä aiheutuva rakenteiden heikentyvän kuivumiskyvyn ja ilmatiiveyden huomiointi. (C2 Kosteusmääräysten toimivuuden arviointi (RakMK C2 toimivuus). Loppuraportti. 2014)

5.4 Rakennusvalvonnan asettamat vaatimukset

Rakennusvalvonnan tehtävänä on valvoa rakentamista sekä huolehtia kaupunkikuvasta ja -ympäristöstä. Rakennusvalvonnassa käsitellään rakentamiseen liittyvät luvat. Lisäksi se tekee lupiin liittyvät tarkastukset ja antaa ohjeita rakentajille. (Rakennusvalvonta n.d.)

Kunnan rakennusvalvonta voi asettaa vaatimuksia kosteudenhallinnalle. Esimerkiksi Tampereen seudulla (Kangasala, Lempäälä, Nokia, Orivesi, Pirkkala, Tampere, Vesilahti ja Ylöjärvi) kosteudenhallintaa käsitellään rakennusvalvonnan aloituskokouksessa kohdassa 6. Kuvassa 23 on esitetty ote uudisrakennustyömaan aloituskokouksen pöytäkirjasta ja kuvassa 24 ote remonttityömaan aloituskokouksen pöytäkirjasta.

6. RAKENNUSPAIKKA JA TYÖMAAJÄRJESTELYT	
6.1	Rakennusten sijainti ja korkeusasema
1.	<input type="checkbox"/> Sijainti ja korkeusasema on varmistettu rakennuspaikalla ennen aloituskokousta
2.	<input type="checkbox"/> Sijainti ja korkeusasema vahvistettiin tässä kokouksessa lupapöytäkirjaston mukaisesti
3.	<input type="checkbox"/> Korkeusasema varmistetaan pohjakatselmuksessa
4.	<input type="checkbox"/> Korkeusaseman nostolle haetaan naapureiden kirjalliset suostumukset tai rakennusaikainen muutoslupa
5.	<input type="checkbox"/>
6.2	Muuta huomioitavaa
1.	<input type="checkbox"/> puustosta säilytetään / kaadetaan: _____
2.	<input type="checkbox"/> työmaa on aidattava ja katualueen kaivannot puomitettava
3.	<input type="checkbox"/> katualue on puhdistettava viipymättä, jos se likaantuu
4.	<input type="checkbox"/> pölyn, lian ja rakennusjätteiden leviäminen ympäristöön on estettävä
5.	<input type="checkbox"/> katualueen tilapäisistä liikennejärjestelyistä ja katualueen vuokrauksesta on sovittava katualueen haltijan kanssa
6.	<input type="checkbox"/> rakennustuotteiden varastointi ja suojaukset toteutetaan hyvää rakennustapaa noudattaen
7.	<input type="checkbox"/> rakennusjätteen määrä pyritään minimoimaan ja syntyvä jäte lajitellaan; jäte on lajiteltava jos sen määrä on yli 5 t
8.	<input type="checkbox"/> naapurikiinteistöt katselmoidaan ennen räjäytys- / paalutustöitä
9.	<input type="checkbox"/> panostajan on jätettävä räjäytystyöilmoitus poliisille vähintään viikko ennen räjäytystöitä
10.	<input type="checkbox"/> pilaantuneiden maamassojen käsittely toteutetaan määräysten mukaisesti
11.	<input type="checkbox"/> varmistetaan, että pintavedet eivät valu naapuritontin puolelle <input type="checkbox"/> tontin rajalle tehdään ojanne
12.	<input type="checkbox"/> kosteudenhallinta toteutetaan määräysten mukaisesti, esim. kuivaketju10.fi periaatteita noudattaen
13.	<input type="checkbox"/> työturvallisuus : noudatetaan asetusta rakennustyön turvallisuudesta

Kuva 23 Ote uudisrakennustyömaan aloituskokouksen pöytäkirjasta. (Tampereen Rakennusvalvonta 2016, 2)

6. RAKENNUSPAIKKA JA TYÖMAAJÄRJESTELYT	
Erityisesti huomioitavaa	
1.	<input type="checkbox"/> naapureille / yhtiön asukkaille tiedotetaan hyvissä ajoin mahdollisista häiriöistä aiheuttavista työvaiheista
2.	<input type="checkbox"/> ongelmalliset purkujätteet kuten asbesti, PCB ja lyijy poistetaan määräysten mukaisesti
3.	<input type="checkbox"/> julkisivut huputetaan
4.	<input type="checkbox"/> poistumistiet on pidettävä kulkukelpoisina
5.	<input type="checkbox"/> työmaa on aidattava ja katualueen kaivannot puomitettava
6.	<input type="checkbox"/> katualue on puhdistettava viipymättä, jos se likaantuu
7.	<input type="checkbox"/> pölyn, lian ja rakennusjätteiden leviäminen ympäristöön on estettävä
8.	<input type="checkbox"/> katualueen tilapäisistä liikennejärjestelyistä ja katualueen vuokrauksesta on sovittava katualueen haltijan kanssa
9.	<input type="checkbox"/> rakennustuotteiden varastointi ja suojaukset toteutetaan hyvää rakennustapaa noudattaen
10.	<input type="checkbox"/> rakennusjätteen määrä pyritään minimoimaan ja syntyvä jäte lajitellaan; jäte on lajiteltava jos sen määrä on yli 5 t
11.	<input type="checkbox"/> puustosta säilytetään / kaadetaan: _____
12.	<input type="checkbox"/> kosteudenhallinta toteutetaan määräysten mukaisesti, esim. kuivaketju10.fi periaatteita noudattaen
13.	<input type="checkbox"/> työturvallisuus : noudatetaan asetusta rakennustyön turvallisuudesta

Kuva 24 Ote remonttityömaan aloituskokouksen pöytäkirjasta. (Tampereen Rakennusvalvonta 2016, 2)

Käytännössä rakennuttaja ja työmaan vastaava työnjohtaja lupaavat allekirjoittaessaan rakennusvalvonnan aloituskokouksen pöytäkirjan, että työmaan kosteudenhallinta toteutetaan määräysten mukaisesti. Tampereen rakennusvalvonnan aloituskokouksen pöytäkirjojen tyhjät pohjat on saatavilla Rakennusvalvonnan verkkosivuilta (Aloituskokous n.d.).

Tampereen rakennusvalvonnan aloituskokouksen pöytäkirjassa viitataan Kuivaketju10 periaatteisiin. Kuivaketju10 on Oulun rakennusvalvonnan ansiokkaasti vuosien aikana kehittämä rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Kuivaketju10 n.d.)

Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto on julkaissut elokuussa 2016 päivitetyn *Kosteudenhallinta - menettelytapaohjeen*. Ohjeessa kuvataan menettely, jolla rakennushankkeeseen ryhtyvä luo perustan kosteuden haitallisten vaikutusten ehkäisemiselle hankkeessaan. Menettelyä sovelletaan kaikissa uudisrakennushankkeissa sekä niissä korjaus- ja muutostöissä, joissa on riski rakenteiden altistumiselle ulkopuoliselle kosteudelle. (Kosteudenhallinta - menettelytapaohje 2016).

Ohjeeseen liittyy havainnollistava ohjevideo, joka on katsottavissa verkossa (Kosteudenhallinta rakentamisen ketjussa -video 2016).

5.5 Ohjeet

5.5.1 RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisun *255-1-2014 Rakennusfysiikka 1: Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset* tavoitteena on esittää kootusti tuoreinta sekä kokemuseräistä että tutkimuksiin pohjautuvaa rakennusfysikaalista tietoa, jolla voidaan varmistaa rakenteiden ja rakennusten laatu myös muuttuvissa tulevaisuuden olosuhteissa. (RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1 n.d.)

Julkaisun ensimmäinen osa sisältää tietoa rakennusfysikaalisesta suunnittelusta, rakenneratkaisujen rakennusfysikaalisesta toiminnasta, rakennusten energiatehokkuudesta, rakennusmateriaalien ja -tuotteiden rakennusfysikaalisista ominaisuuksista sekä rakennusfysikaalisista mittauksista ja tutkimuksesta. (RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1 n.d.)

Tämän opinnäytetyön näkökulmasta ajateltuna julkaisun tärkeimmät aiheet löytyvät luvusta 2 *Rakennusfysikaalinen suunnittelu*:

- 2.1 Rakennusfysikaalisen suunnittelun tavoitteet ja periaatteet
 - 2.1.4 Rakennuksen kosteustekninen suunnittelu
 - Rakennusaikainen kosteudenhallinta (s. 38 ja 39)
 - Rakenteiden suojaaminen ulkopuolisilta kosteusrasituksilta (s. 39...41)
 - Rakenteiden suojaaminen sisäpuolisilta kosteusrasituksilta (s. 41 ja 42)
 - Rakenteiden kuivumiskyvyn parantaminen (s. 42... 44)
- 2.2 Rakennusfysikaalisten laskentatarkastelujen toteutus

- 2.2.3 Toimintakriteerien ja niihin liittyvien raja-arvojen valinta
 - Homeen kasvu (s.60...64)

5.5.2 RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisun *250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* tarkoituksena on antaa yleiskuva kosteus- ja homevaurion syntymisestä ja estämiskeinoista. Ohje on käytökelpoinen työkalu, joka kuvaa suunnittelu-, toteutus- ja ylläpitoprosessin kosteudenhallinnan näkökulmasta. Ohje esittää systemaattisia menettelytapoja ja ratkaisuja kosteuden sekä kosteusongelman hallintaan ja sitä kautta homevaurion estämiseen. Ohjeita annetaan hankkeen eri vaiheisiin ja osatehtäviin: rakennuttamiseen, suunnitteluun, rakentamiseen sekä ylläpitoon ja käyttöön. (RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen n.d.)

Tavoitteena on, että ohjeita noudattamalla vältetään kosteus- ja homeongelmilta tai niiden riskit pienenevät oleellisesti. Osittain viitataan jo olemassa olevaan ohjeistukseen ja osittain esitetään uusia apuvälineitä. Tarkoituksena on sitoa olemassa oleva tieto kattavaan ja selkeään prosessikonaisuuteen eri osapuolten käyttöön. Vaikka ohje ensisijaisesti keskittyy homevaurion estämiseen uudisrakentamisessa, käsitellään ohjeessa myös kosteus- ja homevaurioon liittyvän korjaushankkeen periaatteita. (RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen n.d.)

Ohje on tarkoitettu rakennus- ja kiinteistöalan eri osapuolten käyttöön. Ohje on tarkoitettu pääosin ammattilaisille kuten suunnittelijoille, rakennuttajille, toteuttajille, materiaalivalmistajille, viranomaistahoille ja kiinteistöhoitajille. Ohje sisältää tärkeää tietoa myös osapuolille, joilla on suuri vastuu rakennuksen toimivuudesta, mutta jotka eivät ole rakennusalan teknisiä ammattilaisia. (RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen n.d.)

Tämän opinnäytetyön näkökulmasta ajateltuna julkaisun tärkeimmät aiheet löytyvät:

- luvusta 3 *Rakennuttaminen, valvonta ja kosteudenhallinta* (kokonaisuudessaan, s. 39...42)
- luvusta 4 *Rakennuksen suunnittelu ja kosteudenhallinta*
 - 4.5 Rakennesuunnittelun tehtävät - rakennusfysiikan hallinta
 - 4.5.5 Kosteuslähteet (s. 63...70)
 - 4.5.6 Kosteuden ja lämmön siirtyminen (s. 70...73)
- luvusta 5 *Rakentamisvaihe ja kosteudenhallinta* (kokonaisuudessaan, s. 93...114)

5.5.3 RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohje

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisun *107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohje* ohjeilla pyritään varmistamaan, että rakennustyöt niin korjaus- kuin uudisrakennustoiminnassa suunnitellaan ja toteutetaan hyvän rakentamistavan mukaisesti siten, että rakenteita vaurioittavia ja tilojen käyttäjien terveyttä vaarantavia kosteus- ja homeongelmia ei syntyisi. (RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet n.d.)

Ohje perustuu uusimpaan tutkimus- ja kokemustietoon sekä voimassa oleviin ja lähitulevaisuuden viranomaismääräyksiin (2012). Uusitun veden- ja kosteudeneristysohjeen tavoitteena on antaa asiantuntijoiden käyttöön tämän hetken tietämyksen tasolla olevat ohjeet hyvästä rakennustavasta kosteudenhallinnan, homekysymysten ja matalaenergiarakentamisen suhteen. (RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet n.d.)

Tämän opinnäytetyön näkökulmasta ajateltuna julkaisun tärkeimmät aiheet löytyvät luvun 1 *Kosteusteknisen suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon yleisohjeet* alaluvusta 1.3 Rakenteiden yleisiä kosteusteknisiä vaatimuksia ja periaateratkaisuja (s. 12...18). Lisäksi julkaisussa on kattavasti ohjeita eri rakennusosien veden- ja kosteudeneristämisestä.

5.5.4 Terveen talon toteutuksen kriteerit

Terveen talon toteutuksen kriteereissä on koottuna suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät vaatimukset, jotka toteuttamalla saadaan aikaan terveellinen ja vaaditut sisäilmasto-olosuhteet täyttävä rakennus. Kriteerit sisältävät tarkastuslistoja eri suunnittelualoja, urakka-asiakirjojen valmistelua sekä työmaata varten. Kriteerit sisältävät vaatimukset työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallintasuunnitelmista. Terveen talon kriteerejä on käsitelty tarkemmin Arto Kuoskun kirjoittamassa DI-työssä *Terveen talon sisäilmastovaatimukset hankesuunnitteluvaiheessa* luvussa 3 Terve talo (Kuosku 2015, 9–13).

Terveen talon toteutuksen kriteerit on laadittu erikseen toimitila- ja asuntorakentamiselle. Terveen talon toteutuksen kriteerit on julkaistu Sisäilmayhdistyksen painettuina oppaina sekä RT-kortteina:

- Sisäilmaopas 6 / RT 07-10805
Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. 2003.
- Sisäilmaopas 7/ RT 07-10832
Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. 2004.

5.5.5 Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmayhdistys ry:n kehittämä Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna, kun tavoitteena on rakentaa entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa. Sisäilmastoluokitus 2008 on julkaistu RT-korttina 07-10946 *Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.* (Sisäilmastoluokitus n.d.)

Sisäilmastoluokitus antaa sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot. Se tukee rakennuttajien, suunnittelijoiden, laitevalmistajien, urakoitsijoiden ja käyttökäyttäjien työtä. Luokitusasiakirjaan voidaan viitata rakennusselostuksessa ja LVI-selostuksessa. Luokitus täydentää Suomen rakentamismääräyksiä, rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia, rakennusselostusohjetta, LVI-selostusohjetta, urakkarajaliitteen, RT- ja LVI-ohjekortteja sekä muita rakentamiseen liittyviä asiakirjoja. Luokitus ei kumoa viranomais säännöksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja. (Sisäilmastoluokitus n.d.)

Sisäilmastoluokituksen tavoitteet, vaatimukset ja ohjeet otetaan huomioon rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa. Rakennuttaja valitsee sisäilmaston tavoitearvot yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa. Tavoitearvot valitaan luvussa *Sisäilmaston tavoitearvot* mainittuja arvoja hankekohtaisesti soveltaen joko valitsemalla kaikki valitun luokan mukaiset arvot, valitsemalla eri luokista tarpeen mukaiset arvot tai asettamalla halutuille ominaisuuksille erikseen harkitut arvot. (Sisäilmastoluokitus n.d.)

Tavoitellun lopputuloksen saavuttamiseksi rakennuttajan tulee ohjata suunnittelua kirjaamalla sisäilmastotavoitteet selkeästi (esimerkiksi Sisäilmastoluokituksen avulla) kaikkien suunnittelijoiden tiedoksi. Kunkin suunnittelijan tulee osaltaan huolehtia siitä, että valitut sisäilmastotavoitteet ja niiden perusteella tehdyt suunnitteluratkaisut esitetään asiakirjoissa: piirustuksissa, työselostuksissa, urakkarajaliitteessä ja työmaan laatusuunnitelmassa. Pääsuunnittelijan tulee huolehtia, että asiakirjojen ristiriidattomuus varmistetaan myös valittujen sisäilmaston suunnitteluratkaisujen osalta. (Sisäilmastoluokitus n.d.)

Tämän opinnäytetyön näkökulmasta ajateltuna Sisäilmastoluokitus 2008:n tärkeimmät aiheet löytyvät luvun 2 *Suunnittelu- ja toteutusohjeet* alaluvun 2.3 *Työmaasuunnittelu* alaluvusta 2.3.2 Veden- ja kosteudenhallintasuunnitelma (s. 10). Sisäilmastoluokitus edellyttää, että työmaan laadunvarmistussuunnitelman osana laaditaan veden- ja kosteudenhallintasuunnitelma.

5.5.6 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (TaloRYL-sarja)

Rakennustöiden yleisissä laatuvaatimuksissa (RYL) on koottuna vaatimuksia ja ohjeita eri rakennusosille ja materiaaleille. RYL-ohjeet edustavat ”hyvää rakentamistapaa”. RYL-ohjeet eivät ole velvoittavia, mutta niitä voidaan käyttää apuna määriteltäessä rakennustöiden laatuvaatimuksia ja todennettaessa vaatimustenmukaisuus. Talonrakennustöitä koskevat erityisesti TaloRYL-sarja, johon kuuluvat Maa-, Runko-, Sisä- ja MaalausRYL.

TaloRYL-sarjan ohjeet on julkaistu RT-kortteina:

- RT 14-11003. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: SisäRYL 2013 Talonrakennuksen sisätyöt. 2012.
- RT 14-11005. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: MaaRYL 2010 Talonrakennuksen maatyöt. 2010.
- RT 14-11016. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: RunkoRYL 2010 Talonrakennuksen runkotyöt. 2010.
- RT 14-11046. Maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset ja käsittely-yhdistelmät: MaalausRYL 2012. 2012.

Muita RYL-ohjeita ovat 4-osainen InfraRYL (1. osa 2010 ja 2.–4. osat 2006), KiinteistöRYL 2009 ja TalotekniikkaRYL 2002. RYL-ohjeisiin liittyy läheisesti RT-kortti 15-11176 *Rakennusselostusohje 2015. Talo 2000 -nimikkeistö*. RT-kortissa 15-11176 esitetään Talo 2000 nimikkeistön litteroinnin mukaisesti rakennus- ja tekniikkaosiin liittyvät RYL-ohjeiden kohdat, mikä helpottaa merkittävästi tiettyyn rakennus- tai tekniikkaosaan liittyvien laatuvaatimusten löytämistä laajoista RYL-ohjeista.

5.5.7 Betonirakentamiseen ja kuivumisen arviointiin liittyviä ohjeita

Betonirakentamiseen sekä betonirakenteiden kuivumisen arviointiin, kosteusmittauksiin ja päällystämiseen liittyviä ohjeita on laadittu runsaasti. Pääsääntöisesti ohjeet täydentävät toisiaan eivätkä ne ole ristiriidassa keskenään. Tutustuessaan useaan eri julkaisuun huomaa, että niissä käsitellään osin aivan samoja asioita lähes samalla tavalla. Esimerkiksi betonirakenteiden kosteusmittauksia porareikämenetelmällä käsitellään useassa eri julkaisussa.

RT-kortissa *14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mitta* esitetään yksityiskohtaisesti kiviaineisten rakenteiden suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytettävät porareikä- ja näytepalamenetelmät tarkkuustekijöineen. Lisäksi annetaan yleisohjeita eri tilanteissa tehtäville mittauksille ja tulosten tulkinnalle. (RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mitta 2010)

Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisu *Betonirakentamisen laatuohjeet 2013, by 47* on asuinrakennusten ja toimitilojen rakennuttajille ja suunnittelijoille suunnattu ohje, jonka avulla on mahdollista saavuttaa betonira-

kentämisessä kohdekohtaisesti määrätty laatutaso (Betoniyhdistys julkaisut n.d.). Ohje jakaantuu neljään osaan, joista viimeinen *Rakentamisen vaatimukset ja niiden todentaminen* liittyy rakennuksen työmaavaiheeseen. Julkaisun 4. liitteeseen (s. 119...122) on koottu ohjeet betonirakenteen kosteusmittauksista ennen päällystämistä. (Betonirakentamisen laatuohjeet 2013, by 47 2013, 119–122)

Betonikeskus ry:n julkaisun *Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi* tavoitteena on betonirakenteiden kosteudenhallinnan parantaminen työmaaolosuhteissa. Kosteusmittausosiossa tarkastellaan yleisimpiä betonin kosteuden mittausten menetelmiä sekä mittausten tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Betonirakenteiden kuivumisen arviointiohjeisto toimii suuntaa-antavana työkaluna työmaan aikataulua, kosteudenhallintaa ja rakenteiden kuivattamista suunniteltaessa. (Merikallio 2015; Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi -tuotekuvaus n.d.)

Betonikeskus ry:n julkaisuun *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet* on koottu betonirakenteiden kosteusmittausmenetelmät eri tilanteisiin, mittaussyvyyksien valintaan vaikuttavat tekijät, päällystettävyysskriteerit kosteusraja-arvoineen, perustietoa päällystettyjen rakenteiden kosteuskäyttäytymisestä sekä työkalut betonin kuivumisesta aiheutuvan kutistumisen hallintaan. Ohje sisältää parketit, laminaatit, liimattavat matot ja laatat, vedeneristeet sekä keraamiset laatat kuivissa tiloissa ja märkätiloissa. (Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet 2007; Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet -tuotekuvaus n.d.)

Betonikeskus ry:n julkaisuun *Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen* on koottu betonilattioiden kosteudenhallintaan ja erityisesti betonilattioiden päällystämiseen liittyvä oleellisin tieto. Julkaisu on tarkoitettu erityisesti betonilattioiden päällystämismatemiikan kanssa työskenteleville, kuten lattiapäällysteurakoitsijoille, rakennusurakoitsijoille, rakennussuunnittelijoille, materiaalitoimittajille ja rakennuttajille. (Merikallio ym. 2007; Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen -tuotekuvaus n.d.)

6 RAKENNUKSEN TYÖMAA-AIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA

6.1 Rakennuksen työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan tavoitteet

Rakennushankkeen kosteudenhallinnan perustana ovat rakennuttajan laatutavoitteet. Rakennuttajan tavoitteet sitovat ja ohjaavat suunnittelua, työmaavaihetta sekä rakennuksen käyttöä ja ylläpitoa. Tavoitteet määrittään hankesuunnitteluvaiheessa ja ne tarkentuvat suunnittelun aikana. Rakennuksen työmaa-aikana laatutavoitteiden parannuksia voidaan tehdä ilman suuria kustannusvaikutuksia vain erittäin rajallisesti.

Rakennuttajan tulee huolehtia siitä, että rakennushankkeessa noudatetaan lakeja ja viranomaisohjeita. Rakennuttajan tulee siten luoda edellytykset myös rakennushankkeen rakentamisvaiheen kosteudenhallinnan onnistumiselle. Rakennuksen työmaa-aikainen ja sen jälkeinen rakennuskosteus voi olla rakennuksen merkittävin kosteusrasitus. Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteina on erityisesti estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen, varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä ja vähentää kuivaustarvetta. (RIL 250-2011 2011, 93–94)

Kosteus ei sinällään aiheuta vaurioita, vaan vauriot ovat seurausta virheellisistä, kosteusteknisesti väärin suunnitelluista, toteutetuista tai huolletuista rakennuksista tai rakenteista. Kosteusvauriot rakennuksen työmaa-aikana johtuvat yleensä suunnitteluvirheistä tai suunnitelmien puutteesta, rakennustyössä tehdyistä virheistä, rakentamisen laadunhallinnan puutteista tai käyttövirheistä. (Siikanen 2014, 65–66)

Kosteudenhallinnan tärkeänä työkaluna on kosteudenhallintasuunnitelma, johon tavoitteet dokumentoidaan. Kosteudenhallintasuunnitelmaa täydennetään ja noudatetaan suunnittelussa ja työmaavaiheessa sekä hyödynnetään rakennuksen ylläpidossa. (Sisäilmastoseminaari 2011, 171)

6.2 Rakennuksen työmaa-aikaisten sisäilmaolosuhteiden tavoitteet

Ilman ominaisuuksilla on oleellinen merkitys rakenteiden toiminnalle, koska ilma ympäröi rakenteita ja rakenteiden sisällä erilaisissa huokoisissa ja onteloissa on ilmaa. Rakennuksen työmaa-aikaiset sisäilmaolosuhteet vaikuttavat merkittävästi kosteudenhallinnan onnistumiseen. Erityisesti rakennuskosteuden poistuminen rakenteista vaatii hyvät kuivumisolosuhteet.

Taulukossa 3 on esitetty sisäilman suhteellisen kosteuden riippuvuus eri vuodenajoille tyypillisestä ulkoilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta sekä sisäilman lämpötilasta ja kosteuslisästä. Rakennuksen työmaa-aikana sisäilman kosteuslisä on yleensä vähintään yhtä suuri kuin tavanomaisessa asuinkäytössä olevan rakennuksen sisäilman kosteuslisä 3 g/m^3 .

Taulukko 3 Sisäilman suhteellisen kosteuden [% RH] riippuvuus ulkoilman lämpötilasta [°C] ja suhteellisesta kosteudesta [% RH] sekä sisäilman lämpötilasta [°C] ja kosteuslisästä [g/m³]. (RIL 250-2011 2011, 104 mukailen)

ulkoilman lämpötila [°C] ja suhteellinen kosteus [% RH]	sisäilman lämpötila	sisäilman kosteuslisä 0 g/m ³	sisäilman kosteuslisä 3 g/m ³	sisäilman kosteuslisä 6 g/m ³
talvi -15 °C ja 85 % RH (absoluuttinen kosteus 1,2 g/m ³)	0 °C	24 % RH	86 % RH	100 % RH
	+5 °C	17 % RH	61 % RH	100 % RH
	+15 °C	9 % RH	32 % RH	56 % RH
	+22 °C	6 % RH	21 % RH	37 % RH
kevät ja syksy 0 °C ja 95 % RH (absoluuttinen kosteus 4,6 g/m ³)	0 °C	95 % RH	100 % RH	100 % RH
	+5 °C	67 % RH	100 % RH	100 % RH
	+15 °C	36 % RH	59 % RH	83 % RH
	+22 °C	24 % RH	39 % RH	55 % RH
kesä +20 °C ja 70 % RH (absoluuttinen kosteus 12,1 g/m ³)	+15 °C	94 % RH	100 % RH	100 % RH
	+20 °C	70 % RH	87 % RH	100 % RH
	+25 °C	53 % RH	66 % RH	79 % RH
	+30 °C	40 % RH	50 % RH	60 % RH

Taulukkoon 3 on merkitty punaisella sisäilman suhteellisen kosteuden arvot, jotka ovat > 70 % RH. Näissä ulko- ja sisäilman olosuhteissa sisäilman suhteellinen kosteus on niin suuri, että sisäilma ei pysty riittävästi ottamaan vastaan rakenteista vapautuvaa kosteutta, joten rakenteet eivät kuivu tai kuivuminen on erittäin hidasta. Taulukkoon on merkitty keltaisella sisäilman suhteellisen kosteuden arvot, jotka ovat 50...70 % RH. Näissä ulko- ja sisäilman olosuhteissa rakenteet kuivuvat hitaasti. Taulukkoon on merkitty vihreällä sisäilman suhteellisen kosteuden arvot, jotka ovat < 50 % RH. Näissä ulko- ja sisäilman olosuhteissa sisäilman suhteellinen kosteus on riittävän alhainen, joten sisäilma pystyy riittävästi ottamaan vastaan rakenteista vapautuvaa kosteutta ja rakenteet kuivuvat.

Erityisesti talvella lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa rakenteiden kuivumista. Sisäilman lämpötilaa nostamalla saadaan rakenteita ympäröivän ilman suhteellinen kosteus laskemaan ja rakenteiden lämpötila nousemaan, jolloin rakenteiden kosteutta siirtävä voima kasvaa. Sisäilman suhteellisen kosteuden tulee olla alhainen, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Rakenteita kuivattaessa sisäilman lämpötilan tulee mielellään olla > +20 °C ja sisäilman suhteellisen kosteuden < 50 % RH. Rakennuksen työmaa-aikana on huolehdittava myös sisätilojen riittävästä ilmanvaihdosta. Sisäilman ja rakenteiden kuivattamiseen voidaan tarvittaessa käyttää myös koneellista kuivatusta.

Rakennusmateriaaleissa ei saa esiintyä hometta, mitä tarkastellaan rakennuksen työmaa-aikana tyyppillisesti silmämääräisesti. Rakennuksen työmaa-ajaiset olosuhteet eivät siten saa pitkäkestoisesti olla sellaiset, että

homeindeksi M ylittää arvon 2. Homeen kasvua on käsitelty tarkemmin tämän opinnäytetyön luvussa 3.2 *Homeen kasvu VTT:n ja TTY:n kehittämän parannetun homemallin mukaan*. Tämän opinnäytetyön luvussa 3.2.3 on esitetty *Homeen kasvun kannalta suotuisat lämpötila- ja kosteusolosuhteet*.

6.3 Kosteudenhallintasuunnitelma

6.3.1 Yleistä kosteudenhallintasuunnitelmasta

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma perustuu rakennuttajan laatutavoitteisiin ja suunnittelijan laatimaan suunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelmaan sekä kosteusteknisten riskien arvioon ja kriittisten laatu-tekijöiden yksilöintiin (RIL 250-2011 2011, 95). Kosteudenhallintasuunnitelma tehdään yksilöidysti kullekin rakennukselle tai samassa yhteydessä rakennettaville tai korjattaville rakennuksille. Kosteudenhallintasuunnitelman alkuun kirjataan rakennushankkeen yleistiedot mm. tilaaja, osapuolet ja kosteudenhallintatoimenpiteistä vastaava henkilö (esimerkiksi ”kosteudenhallintakoordinaattori”). Kosteudenhallintasuunnitelmaa päivitetään rakennushankkeen aikana.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tavanomaisen rakennuksen kosteudenhallintasuunnitelman sisältöä kohta kohdalta, koska kosteudenhallintasuunnitelmaan on koottuna merkittävimmät asiat, joilla voidaan vaikuttaa rakennuksen työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan laadukkaaseen onnistumiseen.

Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö:

- Hankkeen yleistiedot
- Kosteudenhallinnan laatutavoitteet
- Kosteusriskien arviointi
- Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyyys
- Työmaaolosuhteiden hallinta
- Kosteudenmittausuunnitelma
- Organisointi, seuranta, valvonta ja raportointi.

Tämän opinnäytetyön kosteudenhallintasuunnitelmaa käsittelevät aluvut 6.3.2...6.3.7 on koostettu Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisuista 255-1-2014 *Rakennusfysiikka 1: Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset* (s. 38 ja 39) ja 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* (s. 94...107), TkL Timo Turusen rakennusterveysasiantuntijaopiskelijoille Vantaalla 12.3.2015 luennoiman luennon luentomateriaalista *Rakennushankkeen kosteudenhallinta* sekä opinnäytetyön tekijän omista kokemuksista.

6.3.2 Kosteudenhallinnan laatutavoitteet

Rakennuttaja määrittelee, yhteistyössä rakennusten kosteudenhallintaan erikoistuneen asiantuntijan kanssa, hankkeen kosteudenhallintaan liittyvät laatutavoitteet kosteudenhallintasuunnitelmaan. Lisäksi suunnitteluratkaisut määrittävät kohdekohtaisia laatuksiteerejä, jotka suunnittelija kirjaa kosteudenhallintasuunnitelmaan. Laatutavoitteiden asettamista on käsitelty laajemmin Arto Kuoskun kirjoittamassa DI-työssä *Terveen talon sisäilmastovaatimukset hankesuunnitteluvaiheessa* luvun 5 *Sisäilmaston laatuun vaikuttavat tekijät* alaluvussa 5.6 Kosteudenhallinta (Kuosku 2015, 51–57).

6.3.3 Kosteusriskien arviointi

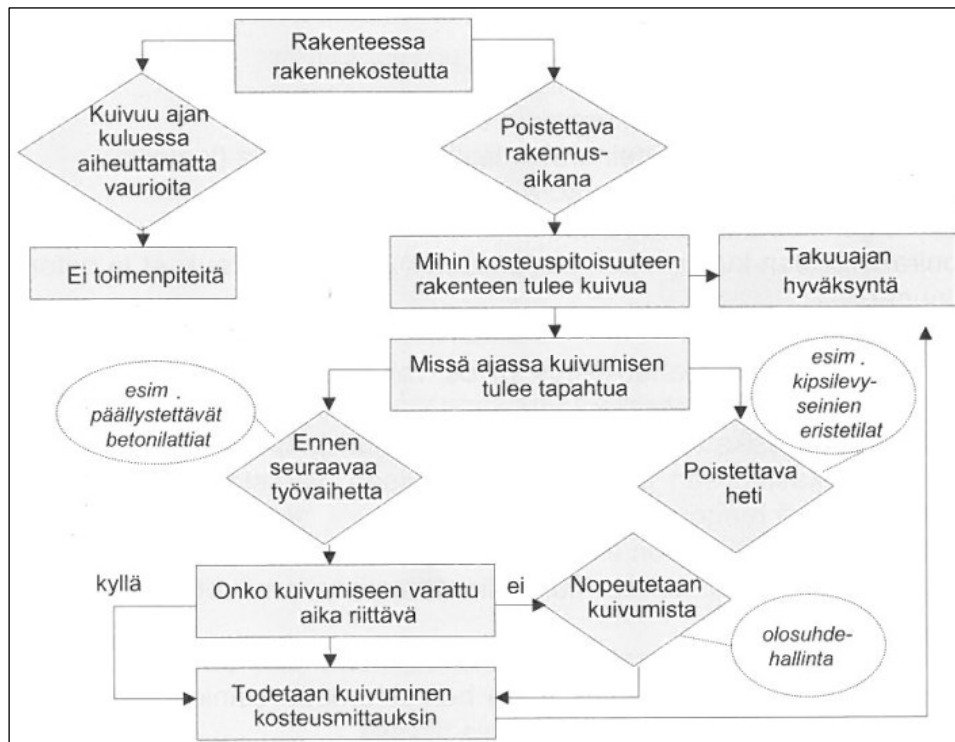
Kosteusriskien arviointi perustuu suunnittelijan riskianalyysin tuloksiin. Riskianalyysi sisältää mm. kosteusriskiluokan (R1 tavanomainen, R2 vaativa tai R3 erittäin vaativa) sekä kriittisten rakenteiden ja laatuksiteereiden määrittelyn. Riskianalyysin tuotoksena on esimerkiksi luettelo rakenteista, materiaaleista ja tuotteista, joiden suunnitteluun ja toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia.

Kosteusriskien arviointiin sisältyy vuodenajan vaikutusten arviointi. Lämpötila, sateen määrä ja olomuoto sekä ilman kosteus vaihtelevat voimakkaasti vuodenajasta riippuen. Lisäksi kosteusriskien arviointi sisältää suunnitelman toimenpiteistä, joilla riskit saadaan hallittua. Kosteusriskien arviointi toimii lähtötietona kosteudenhallintasuunnitelman seuraavien osien laadinnassa. Työmaaorganisaatio täydentää kosteusriskien arviointia rakennushankkeen työmaavaiheessa.

6.3.4 Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyyden arviointi

Työmaaorganisaatio laatii rakennesuunnittelijan tukemana kuivumisaika-arviot erilaisissa toteutusolosuhteissa. Kuivumisaikojen arvioimiseksi tarvitaan mm. päällystemateriaalien tuoteselosteet, joista pitää selvittää sallitut pinnoitettavan materiaalin huokosilman suhteellisen kosteuden raja-arvot [% RH]. Lämmityksen, putkiston ja sähkövirran käytön mahdollisuutta kosteudenhallinnassa kannattaa selvittää LVISA-suunnittelijoiden ja LVISA-urakoitsijoiden kanssa.

Rakennuskosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisaikojen arvioinnissa voidaan käyttää apuna esimerkiksi kuvassa 25 esitettyä kaaviota sekä Betonikeskus ry:n julkaisua *Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi*. Rakenteiden kuivumisaikoja arvioidessa tarkistetaan kuivumisaikojen vaikutus aikatauluun ja tehdään varasuunnitelma aikataulussa pysymiseksi. Kuivumisaika-arviointiin tulee määrittellä, millaisissa ilman lämpötila- ja kosteusolosuhteissa kuivuminen arvioon mukaan tapahtuu aikataulun mukaisesti.



Kuva 25 Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointi. (RIL 250-2011 2011, 100)

Kuivumisaikoihin voidaan työmaalla vaikuttaa luomalla kuivumiselle edulliset lämpötila- ja kosteusolosuhteet. Olosuhteisiin voidaan vaikuttaa mm. lämmityksen, koneellisen kuivatuksen ja ilmanvaihdon avulla. Kuivumisaikoihin voidaan vaikuttaa myös esimerkiksi vaihtamalla pintamateriaali tai betonilaatu tai muuttamalla työjärjestystä.

Betoni on rakentamisessa erittäin yleisesti käytettävä materiaali, jonka kuivumista voidaan nopeuttaa

- nostamalla betonin lujuusluokkaa
- pienentämällä betonin vesi-sementtisuhdetta
- käyttämällä mahdollisimman suuriraekokoista, jäykkää, nopeasti kuivuvaa (NK-betoni) tai nopeasti pinnoitettavaa (NP-betoni) betonimassaa
- hiomalla sementtiliima betonin pinnalta
- pitämällä rakenne puhtana
- nostamalla mahdollisuuksien mukaan betonirakenteen lämpötilaa.

Erityisesti suurien asuin- ja toimistorakennuksien välipohjarakenteissa käytetään yleisesti ontelolaattoja, joiden kosteudenhallinnassa on huomiotava:

- ainoastaan ontelolaattojen päissä olevat vedenpoistoreiät eivät aina ole aina riittäviä, sillä laatat voivat olla kaarevia
- lämmöneristettyjen laattojen vedenpoistoreikiä ei mahdollisesti ole tehty eristekerroksen läpi
- aukkojen reunoille on tehtävä työnaikaiset korokkeet estämään veden valuminen alempiin kerroksiin

- holville satava vesi pyrkii laattojen kupertumisen vuoksi ohjautumaan ulkoseinien eristekerrokseen
- hitaammin kuivuvien paikalla valettujen alueiden sekä palkkikaistojen juotosvalujen kosteudet voivat olla erisuuria tavanomaiseen ontelo-laattakenttään verrattuna.

6.3.5 Työmaaolosuhteiden hallinta

Työmaaorganisaatio suunnittelee työmaaolosuhteiden hallinnan, jonka tärkeimmät osat ovat rakenteiden, materiaalien ja tarvikkeiden suojaus tarpeettomalta kastumiselta esimerkiksi sadeveden vuoksi. Työmaaolosuhteiden hallintaan liittyy oleellisena osana hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen.

Rakenteiden kastumista voidaan estää ja rakennuksen työmaa-aikaisia olosuhteita parantaa

- estämällä pinta- ja vajovesien pääsy rakenteisiin
 - pintavesien ohjauksella ja pihan kallistuksilla
 - salaojien ja mahdollisesti tarvittavien pumppaamoiden avulla
 - perustusten ja muiden maanalaisten rakenteiden veden-eristyksellä
- suojausmenetelmillä, joita ovat
 - lopulliset rakenteet, ovet ja ikkunat
 - tukevarakenteiset sääsuojat, suojateltat ja peitteet
 - väliaikaiset rakenteet ja suojaseinät
- vettä vaativien työvaiheiden, kuten timanttikorauksien, vesiletkujen käsittelyn ja laastiasemien, keskittämällä mahdollisuuksien mukaan vain tiettyihin tiloihin
- ennakoimalla ja torjumalla vesivuotoja ja -vahinkoja sekä varautumalla mahdolliseen vesivahinkoon
- rakennuksen lämmitysjärjestelmän rakentamisella ja päälle saattamisella mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- huolehtimalla, että vettä ei päästetä rakenteilla olevaan putkistoon.

Sääsuojauksen suositeltavat vaatimukset:

- ulkoseinä- ja vesikattotyöt suoritetaan aina (tehdasvalmisteisessa) sääsuojassa
- sääsuoja pystytetään ja tarkastetaan ennen sääsuojan sisällä tehtävien työvaiheiden aloittamista
- sääsuojauksen toteutuksessa estetään kosteuden kondensoituminen peitteiden alapintaan
- sääsuojauksen kunto ja rakenteet tarkastetaan jokaisen työpäivän päätteeksi
- sääsuoja estää vesi ja lumisateen pääsyn rakenteisiin myös tuulisella säällä

- sääsuojan päältä valuvien vesien poisto järjestetään hallitusti siten, että sääsuojan vedet ohjautuvat pois rakennuksen vierestä.

Materiaalien varastointia vältetään mahdollisuuksien mukaan. Materiaalien varastoinnissa noudatetaan materiaalivalmistajan ohjeita materiaalien varastoinnista. Varastointialueet ja -menetelmät suunnitellaan etukäteen.

Kaikilta materiaali- ja tavarantoimittajilta edellytetään kuljetuksenaikaista suojausta. Kosteusherät materiaalit tilataan toimitettavaksi työmaalle vasta siinä vaiheessa, kun niitä tarvitaan. Pitkät varastointiajat kuormittavat varastointipaikkoja sekä altistavat materiaalit kosteudelle ja vaurioitumiselle.

Materiaalit tulee varastoida lujalle ja tasaiselle alustalle nostettuina irti maaperästä tai sisällä irti lattiapinnasta. Varastoitaessa materiaalipakkauksia rakennuksen rungon sisäpuolella, on huolehdittava, että pakkaukset eivät estä rakenteiden kuivumista. Materiaalipakkauksien on oltava vähintään kuormalavojen päällä siten, että ilma pääsee vaihtumaan myös pakkauksen alapuolella.

Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelua käsitellään tarkemmin Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisussa *250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* luvussa 5.4.5 *Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu* (s. 101...106).

6.3.6 Kosteudenmittaussuunnitelma

Kosteudenmittaussuunnitelma laaditaan siten, että mittauksin voidaan varmistua rakenteiden kuivuneen suunnitellusti. Kosteudenmittaussuunnitelman laatii työmaaorganisaatio yhteistyössä rakenteiden kosteuden mittaajan kanssa. Pinnoitettavuusmittauksia suorittavalla henkilöllä tulisi olla *Rakenteiden kosteuden mittaaja* -henkilösertifikaatti. Voimassa olevat henkilösertifikaatit voi tarkastaa VVT Expert Services Oy:n verkkosivuilta osoitteesta: <http://www.vttodistus.fi> (VTT:n myöntämien sertifikaattien ja hyväksyntien hakukone n.d.). Kosteudenmittaussuunnitelmassa esitetyt vaatimukset tulee olla esitettynä myös urakka-asiakirjoissa.

Kosteudenmittaussuunnitelmassa esitetään vaatimukset:

- mittausmenetelmistä ja -välineistä
- mittauspisteiden määrästä, sijainnista ja mittaussyvyyksistä rakennustyypeittäin
- mittausten tekijästä (Rakenteiden kosteuden mittaajan henkilösertifikaatti)
- mittausten aikataulusta
- olosuhdeseurannasta (ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus)
- mahdollisesti rakennuksen tiiveysmittauksesta.

Kosteus poistuu betonista vähitellen haihtumalla betonin huokosverkostoa pitkin. Kuivuminen aiheuttaa betoniin epätasaisen kosteusjakauman, jossa betonin pintaosat ovat sisäosia kuivemmat. Sateet ja vesivahingot voivat kuitenkin aiheuttaa sen, että betonin pintaosat ovatkin paikoitellen sisäosia kosteammat.

Vaatimukset betonirakenteiden kosteusmittauksille:

- kaikki betonirakenteiden kosteusmittaukset suoritetaan porareikä- ja / tai näytepalamenetelmää käyttäen RT-kortin *14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mitta* mukaisesti
- tarvittavien mittauspisteiden lukumäärä arvioidaan kohdekohtaisesti huomioiden kohteen koko sekä erilaiset rakenteet, rakennepaksuudet ja pintamateriaalit
- ala- ja välipohjien mittauspisteiden lukumäärän on oltava vähintään
 - kuivien tilojen maanvastaisesta alapohjasta 2 kpl
 - märkätilojen maanvastaisesta alapohjasta 1 kpl
 - väestönsuojien maanvastaisesta alapohjasta 4 kpl
 - kuivien tilojen ryömintätilaisesta alapohjasta 3 kpl
 - märkätilojen ryömintätilaisesta alapohjasta 1 kpl
 - kuivien tilojen välipohjista 12 kpl
 - märkätilojen välipohjista 5 kpl
 (Turunen, esitelmä 12.3.2015)
- seinärakenteiden lämpötiloja ja suhteellisia kosteuksia mitataan pistokoeluonteisesti, kuitenkin vähintään
 - yhdestä mittauspisteestä jokaisessa kerroksessa ulkoseinistä
 - yhdestä mittauspisteestä jokaisessa kerroksessa väliseinistä
- mittaussyvytydet määritellään Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisun *BY 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2013* liitteen 4 mukaisesti
- rakenteen lämpötila ja suhteellinen kosteus mitataan kussakin mittauspisteessä arviointisyvyydeltä kahdesta toisistaan 100...300 mm etäisyydellä olevasta reiästä, jolloin mittauspisteen tulos ilmoitetaan näiden reikien tulosten keskiarvona, ja lisäksi mitataan rakenteen pintaosien (tasoitteen) lämpötila ja suhteellinen kosteus.

6.3.7 Organisointi, seuranta, valvonta ja raportointi

Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään, miten kosteudenhallintaa organisoidaan, seurataan ja valvotaan. Eri osapuolten tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta tulee sopia sopimusasiakirjoissa. Kosteudenhallinnan suorittamisesta, poikkeusolosuhteista, vesivahingoista, mittaustuloksista ja rakenteiden päällystämispäätöksistä tulee jäädä dokumentti.

Ennen päällysteiden asentamisen aloittamista järjestetään katselmus, jossa

- varmistetaan betonin suhteellisen kosteuden raja-arvot eri materiaaleille

- varmistetaan, että betonin suhteellisen kosteuden mittaustulokset on kirjattu ylös ja ne ovat materiaalikohtaisia raja-arvoja pienempiä
- hyväksytetään mittaustulokset valvojalla ja / tai rakennesuunnittelijalla.

Työmaalle voidaan nimetä mieluiten päätoiminen ”kosteudenhallintakoordinaattori”, joka seuraa ja tukee työmaan eri osapuolia kosteudenhallintasuunnitelman toteuttamisessa.

Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävänä on

- tarkkailla koko työmaata päivittäin ja dokumentoida havainnot niin, että työmaan kosteustapahtumat muistetaan
- vaatia kaikilta työmaalla toimivilta henkilöiltä kosteudenhallintasuunnitelmassa esitettyjen asioiden huomiointia ja tiedottamista havaituista puutteista ja poikkeamista
- huolehtia, että kaikki kosteudenhallintasuunnitelmassa huomioon otettavaksi sovitut asiat toteutetaan ja poikkeamista raportoidaan sovituille tahoille
- seurata työmaan olosuhteita ja hankkia tarvittavat lämmitys- ja kuivauslaitteet
- ehdottaa aina sääsuojien rakentamista kosteusriskien minimoimiseksi
- varmistaa, että suojaukset ja vedenohjaukset toimivat suunnitellusti
- suositella vedenkäytön minimointia kaikissa työvaiheissa
- koordinoita vesivahingon jälkeen tarvittavat toimenpiteet
- pyytää tarvittaessa konsultti tai rakenteiden kosteuden mittaaja paikalle ja tilata tarvittavat tutkimukset
- varmistaa erityisesti, että vanhat mikrobivaurioherkät rakenteet eivät kastu
- järjestää tarvittaessa paremmat ratkaisut ja korjauttaa puutteet.

6.4 Kosteudenhallintaan liittyvien toteutustietojen siirtäminen ylläpitoon

Rakentamisvaiheen lopussa rakennuksen toteumatiedot siirretään rakennuksen omistajalle ja ylläpitäjälle huoltokirjan muodossa. Lisäksi siirretään toteumatiedoilla päivitetyt suunnitelma-asiakirjat, tarkastusasiakirjat, kosteudenmittauspöytäkirjat yms. dokumentit.

Kosteudenhallintaan liittyen huoltokirjassa esitetään:

- riskipaikkojen määrittely ja seurantaohjeet
- vaurioalttiiden ja säännöllistä tarkastusta vaativien rakenteiden tarkastusjaksot ja -ohjeet
- rakennuksen käytönaikaiset kosteushälyttimet (esimerkiksi anturit ja mittausputkivaraukset)
- ohjeet vesivuototilanteisiin varautumisesta (esimerkiksi mistä vuoto-vesi tulee näkyviin ja missä sijaitsevat sulut ja hälyttimet)
- järjestelmien vastuuhenkilöt
- kuinka tarkastukset raportoidaan

- ohjeet märkätilojen pintojen mekaanisesta kuivauksesta ja tilan tuule-
tuksesta.

Rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheeseen liittyvää kosteudenhallintaa on käsitelty laajemmin Sara von Hertzenin kirjoittamassa DI-työssä *Rakennuksen ylläpidosta ja käytöstä aiheutuvat kosteusvauriot ja niiden ehkäisy*. (von Hertzen 2015).

7 NYKYISTEN MITTAUSMENETELMIEN ARVIOINTI MITTAAJAN NÄKÖKULMASTA

7.1 Yleistä mittalaitteiden ja mittausmenetelmien arvioinnista

Tämän opinnäytetyön osana on tehty A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n Tampereen Korjaussuunnitteluosaston käytössä olevien ilman ja rakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausjärjestelmien ja mittalaitteiden arviointi mittajaan eli mittalaitteiden loppukäyttäjän näkökulmasta. Mittalaitteiden arvioinnista henkilö, jolla ei välttämättä ole olleenkaan omakohtaista kokemusta mittalaitteen käyttämisestä, saa helposti ja nopeasti käsityksen eri mittausjärjestelmien ja mittalaitteiden vahvuuksista ja heikkouksista. Mittalaitteiden arviointia voidaan käyttää apuna myös esimerkiksi päätettäessä uusista laitehankinnoista. Mittalaitteiden arviointi on tarkoitettu vain opinnäytetyön toimeksiantajan käyttöön eikä sitä siten käsitellä tarkemmin tässä opinnäytetyöraportissa.

Tämän opinnäytetyön osana on tehty yleisesti käytössä olevien ilman ja betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmien arviointi mittajaan näkökulmasta. Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmät on jaettu hetkelliseen mittaukseen ja jatkuvatoimiseen mittaukseen, joiden arvioinnin tulokset, menetelmien vahvuuksia ja heikkouksia, on esitetty luvussa 7.2.

Betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmistä on arvioitu porareikä- ja näytepalamittausta sekä rakenteeseen asennettavan anturin avulla tehtävää mittauksia. Näiden mittausmenetelmien arvioinnin tulokset, menetelmien vahvuuksia ja heikkouksia, on esitetty luvussa 7.3.

Arvioinnissa oletetaan, että mittaja tuntee mittausmenetelmän ja mittausmenetelmää varten on valittu siihen soveltuva mittausjärjestelmä ja mittalaitteet. Mittausmenetelmien arviointi on apuna esimerkiksi (rakenne)suunnittelijoille, jotka työssään määrittelevät laadunvarmistustoimenpiteitä.

Rakenteiden kosteusmittauksille ei ole olemassa määräystasoisia vaatimuksia tai ohjeita. Betonirakenteiden suhteellisen kosteuden mittaukset suoritetaan helmikuussa 2010 julkaistun RT-kortin 14-10984 *Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* mukaisesti. RT-kortin mukaan betonirakenteiden suhteellisen kosteuden tarkkoja mittausmenetelmiä ovat porareikä- ja näytepalamittaus. RT-kortin mukaan jatkuvasti betonin sisällä olevalla anturilla mittaaminen on suuntaa antava menetelmä.

Tamperelainen Wiiste Oy kehittää ja valmistaa kosteusmittalaitteita. Wiiste Oy:n SolidRH-kosteusmittausjärjestelmä mahdollistaa rakenteiden

huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaamisen langattomasti rakenteita rikkomatta. Järjestelmä koostuu erilaisten rakenteiden lämpötilan ja kosteuden mittaamiseen kehitetyistä antureista (SolidRH SH1, SolidRH SH3, SolidRH SH4 ja SolidRH SHR), SolidRH RD1 -lukulaitteesta sekä Relia-pilvipalvelusta. (Wiiste Oy tuotteet n.d.)

Wiiste Oy:n kosteusantureita on testattu useita kertoja Contesta Oy:n testauslaboratoriossa. Wiisteen edustajalta saadun tutkimuselostuksen yhteenvedossa todetaan: ”Kosteusmittaustulosten yhteenvetona todetaan Wiisteen langattomien SolidRH SH1 (v1.2)-antureiden soveltuvan hyvin betonin kuivumisen ja suhteellisen kosteuden muutosten seurantaan esimerkiksi ennen lattiapäällysteiden asentamista” (Contesta Oy, Tutkimuselostus 21200001-012, 19.5.2016). Tämän perusteella myös jatkuvasti betonin sisällä olevalla anturilla mittaamista voidaan pitää tarkkana mittausmenetelmänä.

Kaikkiin mittausmenetelmiin liittyy epävarmuustekijöitä ja heikkouksia:

- mittaajan osaaminen, huolimattomuus ja moraalit
- mittalaitteiden toimivuus ja kalibrointi
- mittausmenetelmän ja mittalaitteiden epätarkkuus
- mittalaitteen/-pään tasaantumisaika ennen mittausta ympäröivän ilman lämpötilaan (erityisesti tuotaessa mittalaitteita talvella ulkoisalle)
- mittalaitteen/-pään tasaantumisaika mittauksen aikana mitattavan kohteen olosuhteisiin laitteen vaatiman ajan
- mittaustulos edustaa vain yksittäistä ajanhetkeä ja sijaintia
- olosuhteiden muutoksen tarkkailu vaatii mittaamisen riittävän usein
- mittaus vaatii suunnittelua esim. ajankohta, sijainti ja mittauspisteiden määrä
- mittauspisteiden määrä on yleensä rajallinen
- mittauspisteitä tarvitaan yleensä useita (kymmeniä tai jopa satoja)
- mittaamattomien ajanhetkien olosuhteiden oletaminen
- mittauksia ei fyysisesti ole mahdollista tehdä kaikissa kohdissa
- vanhojen rakenteiden mittauksessa tulee löytää oletettavasti ”kuiva kohta” vertailupisteeksi
- rakenteiden pinnoitettavuusmittauksissa rakenteen suhteellinen kosteus määritetään kussakin mittauspisteessä rakenteen pinnasta sekä arviointisyvyydeltä kahdesta toisistaan 100...300 mm etäisyydellä olevasta reiästä, joten yksi mittauspiste koostuu kolmesta mittauspisteestä.

7.2 Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmät

7.2.1 Hetkellinen mittaus

Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden hetkellisen mittauksen arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4 Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden hetkellisen mittauksen vahvuuksia ja heikkouksia.

vahvuuksia	
	mittaus on yleensä nopea ja helppo suorittaa
	mittaukseen soveltuvien mittalaitteiden toimittajia ja mittalaitemalleja on lukuisia
heikkouksia	
	mittaustulos edustaa vain yksittäistä ajanhetkeä
	mittaajan tulee olla kohteessa suorittamassa erikseen jokainen hetkellinen mittaus

7.2.2 Jatkuva toiminen mittaus

Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden jatkuvatoimisen mittauksen arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5 Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden jatkuvatoimisen mittauksen vahvuuksia ja heikkouksia.

vahvuuksia	
	mittaustuloksista nähdään poikkeamat olosuhteissa
	mittaustuloksia voi käsitellä tietokoneella
	edistyksellisissä mittausjärjestelmissä mittaustulokset on mahdollista saada tietomalliin
	loggerit ovat usein pienikokoisia ja helppokäyttöisiä eivätkä tarvitse verkkovirtaa
	edistyksellisiin loggereihin voidaan asentaa valmiiksi haluttu mittauksen alkamisaika ja mittausväli
	edistyksellisissä järjestelmissä loggereita on mahdollista käyttää etänä
heikkouksia	
	mittaus vaatii vähintään kaksi kohdekäyntiä (mittalaitteen vieminen kohteeseen ja noutaminen kohteesta)
	mittaustulosten käsittely vaatii hieman ohjelmisto-osaamista

7.3 Betonirakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmät

7.3.1 Porareikämittaus

Porareikämittauksen arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6 Porareikämittauksen vahvuuksia ja heikkouksia.

vahvuuksia	
	on RT-kortin 14-10984 mukaan tarkka mittausmenetelmä
	on yleinen ja luotettavana pidetty menetelmä
	"samalla vaivalla" tehdään yleensä useita mittauspisteitä
heikkouksia	
	rakenteeseen joudutaan poraamaan reikiä, joita voidaan hyödyntää vain kerran ja jotka on yleensä paikattava
	on melko työläs menetelmä
	mittaussyvyys on vähintään 10 mm eli ei sovellu rakenteen pintaosan mittaamiseen
	mittaustulokset voidaan lukea vasta 3...7 vuorokauden kuluttua porareiän poraamisesta, putkituksesta, tiivistyksestä ja tulppauksesta
	rakenteen ja ympäröivän ilman olosuhteiden on pysyttävä vakaina koko mittauksen ajan porauksesta mittaustulosten lukemiseen
	voidaan suorittaa tarkasti vain rakenteen lämpötilassa +15 °C...+25 °C
	rakennetta ympäröivän ilman lämpötilan tulee olla mahdollisimman lähellä rakennuksen normaalia käyttölämpötilaa
	mitattavaa rakennetta ympäröivän ilman lämpötilan ja rakenteen lämpötilan ero ei saa olla > 2 °C
	poratessa on riski vahingoittaa rakennetta tai sen sisälle asennettua tekniikkaa
	porareistä saattaa päästä epäpuhtauksia sisäilmaan

7.3.2 Näytepalamittaus

Näytepalamittauksen arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7 Näytepalamittauksen vahvuuksia ja heikkouksia.

vahvuuksia	
	on RT-kortin 14-10984 mukaan tarkka mittausmenetelmä
	tulos on saatavissa nopeasti n. 6 tunnin kuluttua betonipalojen sulkemisesta koeputkeen
	voidaan suorittaa rakenteen lämpötilassa -20 °C...+80 °C
	rakenteen ja rakennetta ympäröivän ilman lämpötilat eivät vaikuta saatavan kosteuspitoisuusarvon luotettavuuteen
heikkouksia	
	rakennetta joudutaan rikkomaan ja se on yleensä paikattava
	on työläs menetelmä
	melko hankalan toteutettavuuden vuoksi riski epäonnistua mittauksessa on korkea
	poratessa tai piikatessa on riski vahingoittaa rakennetta tai sen sisälle asennettua tekniikkaa
	rakennetta rikottaessa saattaa päästä epäpuhtauksia sisäilmaan
	koeputken lämpötilan tulee tasaantua ympäröivään ilmaan ennen kuin siihen laitetaan betoninpaloja

7.3.3 Rakenteeseen asennetun anturin avulla suoritettava mittaus

Rakenteeseen asennetun anturin avulla suoritettavan mittauksen arvioinnin tulokset on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8 Rakenteeseen asennettavan anturin avulla tehtävän mittauksen vahvuuksia ja heikkouksia.

vahvuuksia	
	on rakenteita rikkomaton menetelmä
	tulos on saatavissa erittäin nopeasti
	mittaustulokset tallentuvat yleensä pilveen
	mittaustuloksia voi käsitellä tietokoneella
	edistyksellisissä järjestelmissä anturi lähettää mittaustulokset tukiaseman kautta pilveen, joten mittaustuloksia ei tarvitse erikseen käydä lukemassa
	rakennuksen rakennusvaiheessa rakenteeseen asennettuja antureita on mahdollista hyödyntää myös käyttö- ja ylläpitovaiheessa
heikkouksia	
	on RT-kortin 14-10984 mukaan suuntaa antava mittausmenetelmä
	mittauspisteiden sijainnit tulee päättää hyvissä ajoin, jotta anturit tulee asennettua rakenteeseen rakennusvaiheessa
	jos antureita ei huomata asentaa riittävästi, tulee mahdollisesti tarve käyttää lisäksi muita mittausmenetelmiä
	antureiden asentaminen rakennusvaiheen jälkeen on työlästä
	anturiin voi tulla häiriö, joka estää sen normaalin toiminnan
	mittaustulosten käsittely vaatii ohjelmisto-osaamista
	rakenteeseen asennetut anturit jäävät mahdollisesti tarpeettomina rakenteeseen tai rakenteita joudutaan rikkomaan antureiden poistamiseksi rakenteista

8 KOSTEUDENHALLINTAPALVELUN KEHITTÄMISTÄ TUKEVAT TEEMAHAASTATTELUT

8.1 Teemahaastattelujen lähtökohdat ja tavoite

Teemahaastattelujen lähtökohtana oli rakennusalalla yleinen tieto ja kokemus siitä, että rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyy useita erilaisia haasteita ja puutteita. Haasteet ja puutteet tiedostetaan melko hyvin, mutta silti niitä esiintyy yleisesti.

Teemahaastattelujen tavoitteena oli saada rakennushankkeen eri osapuolilta näkemyksiä siitä, miksi rakennuksen työmaa-aikainen kosteudenhallinta ei toteudu laadukkaasti. Erityisesti tavoitteena oli selvittää, miten voimme (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Korjaussuunnitteluyksikkö) auttaa entistä paremmin haastateltavan edustamaa organisaatiota rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyvissä haasteissa ja millaisille rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyville palveluille on kysyntää.

8.2 Teemahaastattelujen toteutus

Teemahaastatteluja varten opinnäytetyön tekijä laati haastattelupohjan, jonka liitteeksi hän kokosi valmiiksi rakennuksen kosteudenhallintaan liittyviä haasteita ja puutteita keskustelun pohjaksi. Haastattelupohja on liitteessä 3. Teemahaastatteluissa ei ollut varsinaisesti tarkoitus kerätä lisää rakennuksen kosteudenhallintaan liittyviä haasteita ja puutteita vaan selvittää mahdollisia ratkaisuja jo havaittuihin ongelmiin.

Haastattelupyynnö toimitettiin opinnäytetyön toimeksiantajan edustajan kanssa sovituille henkilöille puhelimitse tai sähköpostitse elokuussa 2016. Haastateltavat edustavat monipuolisesti rakentamisen eri osapuolia (rakennuttajakonsultti, rakennustyön valvoja, rakennesuunnittelija, rakennusvalvonta, kosteusmittalaitteiden toimittaja ja rakennusurakoitsija). Haastateltavia, jotka vastasivat myöntävästi haastattelupyyntöön, oli yhteensä 13 henkilöä. Haastattelut toteutettiin haastateltavalle sopivassa paikassa ja sopivana ajankohtana syys-lokakuussa 2016.

Haastattelutilanne oli jokaisen haastateltavan kanssa erilainen riippuen paikasta ja ajankohdasta, haastateltavan kokemuksesta ja työnkuvasta sekä muutoin keskustelun kulusta. Haastatteluissa pyrittiin painottamaan haastateltavan kokemukseen ja erityisosaamiseen liittyviä aiheita. Osassa haastatteluista ei varsinaisesti käytetty haastattelupohjaa keskustelun pohjana.

Teemahaastattelujen yhteenvedoon on koottu aiheittain merkittävimmät haastattelujen tulokset. Haastateltavien joukosta löytyi toisistaan eriäviä

mielipiteitä lähes kaikissa aiheissa, minkä vuoksi yhteenvedossa esitettyjen näkemysten ei voida yleistää olevan kaikkien haastateltavien näkemys.

8.3 Teemahaastattelujen yhteenveto

8.3.1 Rakennusten kosteudenhallinnassa havaittuja haasteita ja puutteita

Haastattelujen yhteydessä haastateltavat toivat esille rakennusten kosteudenhallinnassa esiintyneitä haasteita ja puutteita, joita opinnäytetyön tekijä ei ollut kirjannut valmiiksi haastattelupohjan liitteeseen (liite 3).

Haastateltujen esille tuomia rakennusten kosteudenhallinnassa esiintyneitä haasteita ja puutteita:

- Deltapalkkien päälliset jäävät märiksi.
- Liimat vaurioituvat pysyvästi > 90 % RH kosteudesta.
- Jos kohteessa tavoitellaan puhtausluokkaa P1, rakennusjärjestys poikkeaa totutusta ja kustannukset kasvavat merkittävästi.
- Kosteudenhallinta pitäisi ymmärtää kokonaisvaltaisesti. Se ei ole pelkästään materiaalivalintoja ja pinnoitettavuutta.
- Nopeiden betonien kanssa on tehty virheitä vettä ”lutratesa”. Ylimääräinen vesi ei kuivu betonista, jolloin nopean betonin kuivumisesta saattaa tulla jopa hitaampaa kuin normaalin betonin.
- Tilaajat (rakennushankkeeseen ryhtyvät) osaavat tilata ja vaatia laatua, mutta eivät aina viitsi. Tilaajat olettavat, että palkkaamalla (rakennuttaja)konsultin homma on sitä myöden hoidossa.
- Asiakirjoissa on huonosti esitetty kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset. Kaikki vaatimukset pitäisi olla selvillä viimeistään tarjouspyyntövaiheessa ja kosteusmittauksista pitäisi sopia viimeistään urakka- neuvotteluvaiheessa.
- Kosteudenhallinta otetaan huomioon laadunvalvonta-asiakirjoissa, mutta käytäntö voi olla toinen.
- Kosteudenhallinnan onnistuminen riippuu vahvasti pääsuunnittelijasta ja hänen osaamisestaan ja ymmärryksestään.
- Arkkitehtisuunnittelulla on merkittävä vaikutus rakennuksen toteutettavuuteen, mikä vaikuttaa myös kosteudenhallintaan.
- Rakenteiden pinnoitettavuusmittauksille ei ole olemassa määräystasoisia vaatimuksia.

8.3.2 Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset

Haastatteluissa keskusteltiin rakennusten kosteudenhallintaan liittyvistä vaatimuksista. Useiden haastateltavien mielestä Suomessa voimassa olevat säädökset ja rakennusvalvonnan asettamat kosteudenhallintaan liittyvät vaatimukset eivät ole riittäviä. Muutaman haastateltavan mielestä ra-

kennuksen kosteudenhallinnan vaatiminen ei ole ensisijaisesti rakennusvalvonnan tehtävä. Haastattelujen aikaan ei ollut tiedossa, miten valmis-teilla olevat uudet säädökset ja ohjeet tulevat vaikuttamaan rakennusten kosteudenhallintaan.

Haastattelujen aikaan saadun tiedon mukaan Tampereen rakennusvalvonnan asettamiin vaatimuksiin ei ole lähiaikoina tulossa tiukennuksia rakennusten kosteudenhallintaan liittyen. Yksittäiset, yleensä julkiset, vaativat kohteet ovat (olleet) rakennusvalvonnan erityismenettelyn piirissä, jolloin myös niiden kosteudenhallintaan kiinnitetään tavanomaista enemmän huomiota.

8.3.3 A-Insinöörit Kosteusturvan tunnettuus ja mahdolliset tilaajat

Haastattelujen perusteella A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelu ei ole nimeltä tuttu, vaikka yhteistyöorganisaatioissa on muuten melko hyvin tiedossa, että A-Insinööreiltä on saatavissa rakennusten kosteudenhallintaan liittyviä palveluja.

Osassa haastatteluista keskusteltiin palvelujen myymisestä. Haastattelujen perusteella A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelua kokonaisuutena pakettina kannattaa myydä ensisijaisesti rakennushankkeeseen ryhtyville, jotta paketti saadaan mukaan urakkaohjelmaan. Mahdollisten ”yksittäisten osien” myynti kannattaa kohdistaa projektinjohtourakoitsijoille, jotka muutenkin ostavat erilaisia tuotteita ja palveluja. Haastattelujen perusteella kosteudenhallintapalvelun koetaan sopivan parhaiten tavanomaisiin kerrostalokohteisiin.

8.3.4 Kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen suunnitteluvaiheessa

Useat haastateltavat pitivät kosteudenhallintasuunnitelman ja siihen liittyvän mittausuunnitelman laatimista suunnitteluvaiheessa erittäin tarpeellisenä. Tällöin kosteudenhallintasuunnitelma ei jää laadittavaksi vasta työmaavaiheessa. Haastattelujen perusteella suunnitteluvaiheessa laaditulle kosteudenhallintasuunnitelmalle olisi erityisesti kysyntää puurakenteisissa kohteissa, joita tulee jatkossa olemaan todennäköisesti enenevässä määrin. Rakennesuunnittelijoiden mahdollinen osaamattomuus kosteudenhallintasuunnitteluun liittyen koettiin lievänä haasteena.

8.3.5 Ilman ja rakenteiden lämpö- ja kosteusolosuhteiden mittaaminen

Haastateltavien välillä oli suuria näkemyseroja rakennuksen työmaa-ai-kaisten ilman ja rakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaukseen liittyvän palvelun tarpeellisuudesta. Suurin osa haastateltavista oli sitä mieltä, että työmaa käyttää mittauksissa mieluummin ulkopuolista asiantuntijaa kuin mittaa itse. Työmaan kannalta on eduksi, jos rakenteiden kuivaus ja kosteusmittaukset voidaan tilata samassa paketissa. Toisaalta

osalla työmaista kosteudet mitataan itse ja mahdollisesti vasta pinnoitettavuusmittauksissa käytetään ulkopuolista asiantuntijaa. Erityisesti betonin kuivumisen varmistamiseen paikallavaluholveilla tarvitaan ulkopuolista asiantuntijaa.

Lähes kaikilla haastateltavilla oli jonkinlaisia kokemuksia rakenteisiin asennettavista lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausjärjestelmistä ja mittalaitteista. Kokemukset vaihtelivat merkittävästi huonoista hyviin laitteiden toimittajasta riippuen. Pääsääntöisesti haastateltavat olivat sitä mieltä, että työmaa pystyy itse käyttämään mittalaitteita, mutta tulosten tulkinnassa tarvitaan ulkopuolista asiantuntijaa.

Erään haastateltavan kertoman tapausesimerkin perusteella työmaa valitsee rakenteisiin asennettavia antureita käytettäessä mieluummin ulkopuolisen asiantuntijan lukemaan ja tulkitsemaan tulokset kuin tekee ne itse, vaikka ulkopuolisen asiantuntijan käyttämisen kustannukset ovat 1,8-kertaiset oman työn kustannuksiin verrattuna.

8.3.6 Rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvä koulutus ja perehdytys

Kosteudenhallintaan liittyvän koulutuksen ja perehdytyksen kysyntä oli haastateltavien välillä eniten näkemyseroja aiheuttanut aihe. Suurten rakennusliikkeiden edustajien mukaan tavanomaisten kohteiden kosteudenhallintaan liittyvälle koulutukselle tai perehdytykselle ei pääsääntöisesti ole kysyntää. Vastaavasti pienten rakennusliikkeiden edustajien mukaan koulutukselle ja perehdytykselle on kysyntää. Useiden haastateltavien mukaan rakennustyömaan työnjohtajille ja ”nokkamiehille” suunnatulle koulutukselle on enemmän kysyntää kuin työntekijöille suunnatulle koulutukselle. Työnjohtajille ja työntekijöille toivottiin erillisiä, koulutettavan osaamistason huomioon ottavia, koulutuksia.

Muutamit haastateltavat toivat esille, että tilaajan vaatimuksena pitäisi olla kosteudenhallintaan liittyvä koulutus rakennushankkeen ydinhenkilöille ja urakka-asiakirjoissa pitäisi olla vaatimus perehdyttämisestä kosteudenhallintaan. Muutama haastateltavista koki, että tilaajille (rakennushankkeeseen ryhtyville) on tarpeen järjestää koulutusta kosteudenhallintaan liittyen.

Eräs haastateltavista esitti, että kosteudenhallintaan välittömästi tai välillisesti vaikuttavien säädösten muutoksiin liittyvälle koulutukselle on kysyntää. Koulutuksen ajankohdan tulisi olla silloin, kun muutos on juuri tullut. Koulutuksen aiheena voisi olla esimerkiksi uudet lämmöneristysvaatimukset ja niiden vaikutus työmaan toimintaan.

9 KOSTEUDENHALLINTAPALVELUN KEHITTÄMINEN

9.1 Yleistä kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaisen osan kehittämistä

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelua kehitetään jatkuvasti uusien ideoiden, saadun palautteen ja kokemusten perusteella. Tämän opinnäytetyön osana tehty nykyisten mittausmenetelmien arviointi sekä teemahaastattelut tukevat palvelun kehittämistä. Teemahaastattelujen ja palautteiden kautta on saatu arvokasta tietoa, millaisille rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyville palveluille on kysyntää.

Haastattelujen perusteella eniten kysyntää on palveluille, jotka liittyvät:

- kosteudenhallintasuunnitelman laatimiseen suunnitteluvaiheessa
- ilman ja rakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaamiseen rakennustyömaalla
- rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvään koulutukseen ja perehdytykseen.

Opinnäytetyön rajauksen vuoksi tässä opinnäytetyössä ei käsitellä kosteudenhallintasuunnitelman laatimista suunnitteluvaiheessa, mutta tieto tarpeesta kehittää kosteudenhallintapalvelua tältä osin on saatettu opinnäytetyön toimeksiantajan tietoon. Tämän opinnäytetyön osana tehty A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n Tampereen korjaussuunnitteluyksikön käytössä olevien ilman ja rakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausjärjestelmien ja mittalaitteiden arviointi sekä yleisesti käytössä olevien ilman ja betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmien arviointi tukevat osaltaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimista suunnitteluvaiheessa.

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaisen osan kehittämisen myötä työmaa-aikaiset palvelut on päädytty jaottelemaan tässä opinnäytetyössä seuraaviin kokonaisuuksiin:

- ilman ja rakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaukset
- rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyvä koulutus
- rakennustyömaan kosteudenhallintaan liittyvä auditointi
- ”A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi”.

Yllä luetellut palvelut eivät ole tärkeysjärjestyksessä vaan niiden järjestys noudattaa aiemmin tässä opinnäytetyössä noudatettua asioiden käsittelyjärjestystä. Palvelujen kehittämistä käsitellään tarkemmin luvuissa 9.2...9.5. Kosteudenhallintapalvelun kehittämisen aikana on käynyt selväksi, että myös rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden työmaatarkastuksien menettelytavoissa on kehitettävää, mutta opinnäytetyön laajuuden rajaamiseksi aihetta ei käsitellä tässä opinnäytetyöstä.

9.2 Ilman ja rakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaukset

Tämän opinnäytetyön osana tehdyn nykyisten mittausmenetelmien arvioinnin sekä kokemuksen perusteella ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmistä jatkuvatoiminen mittaus on selkeästi järkevämpää kuin hetkelliset mittaukset. Jatkuvatoimisen mittauksen avulla saadaan kustannustehokkaasti tietoa ilman olosuhteiden muutoksista. Mittaustuloksia voidaan käsitellä tietokoneella ja tarvittaessa loggeria voidaan käyttää myös etänä.

Nykyisten mittausmenetelmien arvioinnin sekä kokemuksen perusteella betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmistä rakenteeseen asennettavan anturin avulla tehtävä mittaus on järkevintä uudessa betonirakenteessa. Betonirakenteeseen valuvaiheessa asennettavia antureita käytettäessä voidaan, ainakin osittain, välttyä työläiden porareikä- ja näytepalamittausten tekemiseltä.

Olemassa olevien betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaamisessa porareikä- ja näytepalamittaus ovat hyviä menetelmiä. Porareikä- ja näytepalamittaus ovat tarkkoja mittausmenetelmiä ja useimmiten ne voidaan tehdä haluttuun sijaintiin rakenteessa.

Rakennuskohteiden ainutlaatuisuuden vuoksi jokaiselle rakennukselle laaditaan suunnitteluvaiheessa yksilöity kosteudenmittaussuunnitelma kosteudenhallintasuunnitelman osana. Kosteudenmittaussuunnitelma sisältää ilman ja betonirakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset sekä betonirakenteiden pinnoitettavuusmittaukset. Mittaukset suoritetaan rakennuksen työmaa-aikana kosteudenmittaussuunnitelman ja esille tulevan tarpeen mukaisesti. Tarvittaessa havaittuihin poikkeamiin reagoidaan viipymättä.

9.3 Rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyvä koulutus

Tämän opinnäytetyön osana kehitetään rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyvää koulutusmateriaalia. Tarkoituksena on järjestää koulutus henkilöille, jotka vastaavat työmaalle tulevien työntekijöiden perehdytyksestä. Työmaan työntekijöiden perehdytyksissä tieto siirtyy perehdyttäjiltä perehdytettäville. Kosteudenhallintaan liittyvä koulutus voidaan erikseen sovittaessa järjestää myös esimerkiksi kaikille työmaan työnohtajille tai kaikille työmaalle tuleville työntekijöille.

Koulutusmateriaali on tarkoitettu vain opinnäytetyön toimeksiantajan käyttöön eikä sitä siten käsitellä tarkemmin tässä opinnäytetyöraportissa.

9.4 Rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointi

Tämän opinnäytetyön osana kehitetään rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointiin liittyvää materiaalia. Rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditoinnissa arvioidaan kosteudenhallintasuunnitelmaa ja työmaan kosteudenhallinnan menettelytapoja. Auditoinnissa verrataan rakennustyömaan toimintaa suhteessa kosteudenhallintasuunnitelmaan. Auditoinnissa tuotetaan tietoa työmaan valvontaorganisaation tueksi.

Mikäli rakennushankkeeseen ryhtyvä on tilannut A-Insinöörit Kosteusturva-kosteudenhallintapalvelun hankesuunnitteluvaiheesta alkaen, työmaan laatuasiakirjoihin on huomioitu työmaan toiminnan arviointiin kohdistuvat asiat. Asiakirjoja noudattamalla rakennuksen kosteudenhallinta on huomioitu työmaavaiheen alusta alkaen.

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointiin osallistuvat auditoijat ja työmaan kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. Auditointi suoritetaan käyttäen kysymyskaavaketta, jossa jokainen kysymys arvioidaan erikseen merkinnällä K (kyllä) tai E (ei) sen mukaan onko asia huomioitu vai ei. Lisäksi jokainen kysymys pisteytetään pistein 0, 1, 2 tai 3.

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditoinnin kysymyslomakkeen kysymysten pisteytys:

- 0 Asiaa ei ole huomioitu / hoidettu.
- 1 Asian huomioiminen / hoitaminen on puhetasolla. ”Kyllä asia varmaankin on kunnossa.”
- 2 Asia on huomioitu / hoidettu järjestelmällisesti.
- 3 Asia huomioitu / hoidettu järjestelmällisesti ja dokumentoitu selkeästi.

Jos kysymys ei mitenkään kosketa auditoitavaa työmaata, kysymys voidaan ohittaa ilman merkintää ja pisteytystä. Mitä enemmän pisteitä auditoinnista saa, sen parempi.

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointiin liittyvä materiaali on tarkoitettu vain opinnäytetyön toimeksiantajan käyttöön eikä sitä siten käsitellä tarkemmin tässä opinnäytetyöraportissa.

9.5 A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi

Tämän opinnäytetyön osana kehitetään A-Insinöörit Kosteusturvaindeksiä, joka on työkalu rakennustyömaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnan arviointiin. A-Insinöörit Kosteusturvaindeksin idea ja käyttötapa ovat samantyyppiset kuin rakennustyömaiden työturvallisuuden arviointiin tarkoitettun TR-mittarin (TR-mittari® n.d.; TR-mittari 2010 -lomake n.d.) ja maarakennustyömaiden työturvallisuuden arviointiin tarkoitettun MVR-mittarin (MVR-mittari n.d.; MVR-mittari -lomake n.d.).

A-Insinöörit Kosteusturvaindeksin puhtaudenhallintaa käsittelevien osien kehittämisessä on käytetty apuna Saija Korven kirjoittaman RTA-koulutuksen opinnäytetyön *Työmaa-aikainen puhtaudenhallinta* lukua 3.4 Työmaasuunnittelu ja rakennusvaihe (Korpi 2016, 21–38).

Kosteusturvaindeksissä päähavainnointikohteet ovat:

1. Työskentely
2. Työmaajärjestelyt
3. Materiaalien suojaus ja varastointi
4. Rakenteiden suojaus ja kastumisen estäminen
5. Koneet ja laitteet
6. Sisäilman ja rakenteiden olosuhteet

Havaintokohteita arvioidaan A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi -lomakkeen liitteenä olevan ohjeen mukaisesti. Oikein ja väärin havainnot merkitään lomakkeeseen tukkimiehen kirjanpidolla. Oikein-havaintojen määrä lasketaan yhteen. Samoin väärin-havaintojen määrä lasketaan yhteen. Oikein- ja väärin-havaintojen määrästä lasketaan Kosteusturvaindeksi kaavalla

$$\text{Kosteusturvaindeksi} = \frac{\text{oikein (kpl)}}{\text{oikein} + \text{väärin (kpl)}} * 100 = [\%]$$

A-Insinöörit Kosteusturvaindeksi -lomake on liitteessä 4. Kosteusturvaindeksin ohje on tarkoitettu vain opinnäytetyön toimeksiantajan käyttöön eikä sitä siten käsitellä tarkemmin tässä opinnäytetyöraportissa.

A-Insinöörit Kosteusturvaindeksin käytettävyyttä on pilotoitu Tampereella sijaitsevassa uudisrakennuskohteessa tammi-helmikuussa 2017 ja Kosteusturvaindeksiä on kehitetty saatujen kokemusten perusteella.

10 JATKOKEHITYSTARPEET

10.1 Säädösten ja ohjeiden uudistuksen vaikutus jatkokehitystarpeeseen

Rakennusten kosteudenhallintaan liittyviin säädöksiin ja ohjeisiin on tulossa lähiaikoina useita uudistuksia ja päivityksiä. Vuonna 2013 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen mukaisesti rakentamista koskevat asetukset uudistetaan vuoteen 2018 mennessä. Suomen rakentamismääräyskokoelmien siirtymäaika loppuu, kun uusi asetus on annettu tai viimeistään 1.1.2018.

Maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen mukaisesti tässä opinnäytetyössä käsitellyt Suomen rakentamismääräyskokoelman osat C2 *Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998* sekä D2 *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto: Määräykset ja ohjeet 2012* kumotaan vuoden 2017 aikana. Samalla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 sovellusopas tulee tarpeettomaksi.

Sisäilmayhdistyksen kehittämän päivitetyn Sisäilmastoluokituksen on tarkoitus täydentää vuonna 2017 voimaan astuvia ympäristöministeriön uusia sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyviä asetuksia. Tällä hetkellä käytössä olevan Sisäilmastoluokitus 2008:n päivitystyö on kesken ja päivitetty versio julkaistaan aikaisintaan vuonna 2017 samaan aikaan uusien asetusten kanssa. Samassa yhteydessä päivitetään rakennus- ja ilmanvaihtotuotteiden päästöluokituksien (M1) raja-arvot.

Helmikuussa 2010 julkaistun RT-kortin 14-10984 *Betonin suhteellisen kosteuden mitta* päivitys on niin ikään työn alla. Päivitetty versio julkaistaan aikaisintaan vuoden 2017 aikana.

Tässä opinnäytetyössä on useaan kertaan viitattu Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisuun 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen*, joka on merkittävä rakennusten kosteudenhallintaan liittyvä ohje. Vuonna 2011 julkaistun julkaisun päivitystyö on kesken. Päivitetty versio julkaistaan aikaisintaan vuoden 2017 aikana.

Rakennustöiden yleisiin laatuvaatimuksiin on tulossa päivityksiä. RYL-ohjeen TalotekniikkaRYL 2002 päivitys on kesken. Lisäksi meneillään on uuden KorjausRYL-ohjeen laatiminen.

Kaikki edellä esitetyt rakennusten kosteuteen, sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyvät säädösten ja ohjeiden uudistukset tulevat vaikuttamaan rakennusten kosteudenhallintaan. Tuleva kokonaisuudistus on merkittävin rakennusten kosteudenhallintaan liittyvien säädösten ja ohjeiden uudistus 2000-luvulla.

10.2 Kosteudenhallintapalvelun kehittämiseen liittyvät jatkokehitystarpeet

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun kehittämisen aikana on käynyt ilmi, että palvelun nimi antaa palvelun todellista laajuutta suppeamman käsityksen palvelun laajuudesta, mikä ei ole eduksi palveluntarjoajalle. Kuten eräässä teemahaastattelussa haastateltava sanoi: ”Olisi tarpeellisempaa myydä olosuhteiden hallintaan liittyvää palvelua enemmän kuin pelkkää kosteudenhallintaa”. Asia on juuri näin ja A-Insinöörit Kosteusturva sisältää myös olosuhteiden hallintaan liittyvää palvelua, mutta se ei, ainakaan riittävän selkeästi, käy ilmi palvelun nimestä.

Teemahaastattelujen ja muuten saadun palautteen perusteella on käynyt ilmi, että A-Insinöörit Kosteusturva ei ole vielä nimeltä tuttu, vaikka yhteistyöorganisaatioissa on muuten melko hyvin tiedossa, että A-Insinööreiltä on saatavissa rakennusten kosteudenhallintaan liittyviä palveluja. Jatkossa kosteudenhallintapalvelun markkinointiin on tarvetta panostaa nykyistä enemmän.

Vuoden 2017 aikana tai myöhemmin julkaistavat rakennusten kosteuteen, sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyvät säädösten ja ohjeiden uudistukset tulevat väistämättä vaikuttamaan myös A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun kehittämiseen. Vielä ei kuitenkaan tiedetä miten. Tyyppillisesti uusien säädösten ja ohjeiden julkaisun jälkeen kuluu siirtymäaikaan jopa vuosia ennen kuin säädökset ja ohjeet ovat vakiintuneesti käytössä rakentamisprosesseissa.

Rakennuksen työmaavaiheessa suoritettavat ilman ja betonirakenteiden lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaukset ovat jo sen verran vakiintuneita laadunvarmistustoimenpiteitä, että niistä on saatu käytännön kokemuksia. Sen sijaan tässä opinnäytetyössä kehitetyistä rakennusten kosteudenhallintaan liittyvästä koulutusmateriaalista, rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointiin liittyvästä materiaalista sekä A-Insinöörit Kosteusturvaindeksistä tarvitaan vielä lisää käyttökokemuksia ja palautetta, joiden avulla niitä voidaan edelleen kehittää.

Kaikkia A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaavaiheeseen osaan sisältyviä palveluja ei ole vielä pilotoitu samassa rakennuskohteessa, joten kokonaisuuden toimivuudesta tarvitaan kokemuksia. Myöskään A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelua kokonaisuutena pakettina, hankesuunnitteluvaiheesta käyttö- ja ylläpitovaiheeseen asti, ei ole vielä pilotoitu. Kokonaisen paketin pilotoinnista saatavien kokemusten ja palautteiden avulla kosteudenhallintapalvelua on mahdollista kehittää erityisesti hankevaiheiden rajapintojen osalta.

11 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä päätavoitteena oli selvittää rakennuksen kosteudenhallintaan liittyvät säädökset ja tärkeimmät ohjeet rakennustyömaan näkökulmasta. Rakennusten kosteudenhallintaan liittyviä säädöksiä löytyy useista laeista, asetuksista ja Suomen rakentamismääräyskoelman osista. Lisäksi paikallinen rakennusvalvonta voi asettaa rakennuksen kosteudenhallintaan liittyviä vaatimuksia. Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvät säädökset ovat pääsääntöisesti melko suurpiirteisiä. Säädökset edellyttävät, että rakennus rakennetaan terveelliseksi ja turvalleiseksi, mutta eivät käsittele sitä, miten vaatimukset käytännössä täytetään.

Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvissä ohjeissa käsitellään kosteudenhallintaa käytännönläheisemmin kuin säädöksissä. Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvää ohjeistusta on yhteensä todella paljon, laskutavasta riippuen useita satoja tai jopa tuhansia sivuja, ja niitä on koottu todella moniin eri julkaisuihin. Yksittäisen ihmisen on mahdotonta sisäistää kaikkea tätä ohjeistusta, joten rakennuksen kosteudenhallinnan laadukkaan toteutuksen varmistamisessa tarvitaan useita pienempiin aihekokonaisuuksiin erikoistuneita henkilöitä.

Opinnäytetyön toisena päätavoitteena oli määritellä rakennuksen työmaaikaiset hyväksyttävänä pidettävät sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet. Sisä- ja ulkoilman olosuhteita ja niiden vaikutusta rakenteiden kuivumiseen on käsitelty Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry:n julkaisussa 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen*. Rakenteita kuivattaessa sisäilman lämpötilan tulee mielellään olla $> +20\text{ °C}$ ja sisäilman suhteellisen kosteuden $< 50\text{ \% RH}$. Lisäksi on huolehdittava sisätilojen riittävästä ilmanvaihdosta.

Opinnäytetyön kolmantena päätavoitteena oli selvittää rakennustyömaan kosteudenhallinnassa viime aikoina havaittuja mahdollisia haasteita. Selvitystyön ja kosteudenhallintapalvelun kehittämisen tueksi opinnäytetyön tekijä haastatteli yhteensä 13 henkilöä, jotka päivittäisessä työssään ovat tekemisissä rakennusten kosteudenhallinnan parissa. Haastattelujen yhteydessä selvisi, millaisia kosteudenhallintaan liittyviä haasteita rakennustyömailla on viime aikoina havaittu ja millaisille rakennusten kosteudenhallintaan liittyville palveluille on kysyntää. Rakennustyömailla on havaittu enemmän erilaisia kosteudenhallintaan liittyviä haasteita kuin opinnäytetyön tekijä oli osannut ennen haastatteluja etukäteen haastattelujen pohjaksi listata. Suurin osa haasteista liittyy paikallavalettuihin betonirakenteisiin sekä kosteudenhallintaan liittyviin vaatimuksiin, joita ei ole esitetty selkeästi asiakirjoissa.

Opinnäytetyön viimeisenä päätavoitteena oli ideoida mahdollisia täydentäviä palveluja A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaiseen osaan. Käytännössä ideat kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaista osaa täydentävistä palveluista saatiin kuitenkin opinnäytetyön toimeksiantajalta. A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun työmaa-aikaiseen osaan sisältyviä rakennustyömaan kosteudenhallinnan auditointimateriaalia sekä A-Insinöörit Kosteusturvaindeksiä kehitettiin opinnäytetyön osina. Tuotokset ovat suurimmalta osin tarkoitettu vain opinnäytetyön toimeksiantajan käyttöön ja ne ovat siten salassa pidettäviä.

Opinnäytetyön ensimmäisenä alatavoitteena oli nykyisten mittausmenetelmien arviointi ja tähän liittyvät kehitysehdotukset. Opinnäytetyön osana on tehty yleisesti käytössä olevien ilman ja betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmien arviointi mittajaan näkökulmasta. Arvioinnissa ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmistä jatkuvatoiminen mittaus todettiin järkevämmäksi kuin hetkelliset mittaukset. Arvioinnissa betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausmenetelmistä rakenteisiin asennettavien anturien avulla tehtävät mittaukset todettiin järkevimmäksi vaihtoehdoksi uudessa betonirakenteessa, johon anturit voidaan asentaa valuvaiheessa. Olemassa olevien betonirakenteiden huokosilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaamisessa porareikä- ja näytepalamittaus ovat hyviä menetelmiä. Porareikä- ja näytepalamittaus ovat tarkkoja mittausmenetelmiä ja useimmiten ne voidaan tehdä haluttuun sijaintiin rakenteessa.

Opinnäytetyön toisena alatavoitteena oli työmaan työntekijöiden perehdytysprosessien kehittäminen kosteudenhallintaan liittyen. Opinnäytetyön osana on kehitetty kosteudenhallintaan liittyvää koulutusmateriaalia. Koulutus on tarkoitettu henkilöille, jotka vastaavat työmaalle tulevien työntekijöiden perehdytyksestä. Erikseen sovittaessa koulutus voidaan järjestää myös esimerkiksi kaikille työmaan työnjohtajille tai kaikille työmaalle tuleville työntekijöille.

Opinnäytetyö täyttää hyvin kaikki sille asetetut ja edellä esitetyt sisällölliset vaatimukset. Opinnäytetyön teoriaosuuksissa on käsitelty kosteutta, kosteuden siirtymistä, kosteusvaurioiden muodostumista, homeen kasvua, rakennuksen kosteuslähteitä sekä rakennuksen työmaa-aikaista kosteudenhallintaa. Teoriaosuudet lukemalla lukijalla on mahdollisuus saada hyvät perustiedot näistä aiheista.

LÄHTEET

Kirjallisuuslähteet

A-Insinöörien tarjoamat palvelut. n.d. A-Insinöörit. Viitattu 8.1.2016.
<http://www.ains.fi>

Aloituskokous. n.d. Tampereen Rakennusvalvonta. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/rakennusvalvonta/rakennustyonaikainen-valvonta/aloituskokous.html>

Asumisterveys. n.d. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje: Osa 1. 2016. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira.

Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen -tuotekuvaus n.d. Rakennustieto Oy. Viitattu 30.9.2016.
<https://www.rakennustietokauppa.fi/betonilattiarakenteiden-kosteudenhallinta-ja-paallystaminen./101444/dp>

Betonirakentamisen laatuohjeet 2013, by 47. 2013. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi -tuotekuvaus. n.d. Rakennustieto Oy. Viitattu 30.9.2016.
<https://www.rakennustietokauppa.fi/tuotteet/betonirakenteiden-kosteusmittaus-ja-kuivumisen-arviointi/112797/dp?search=betonirakenteiden+kosteus>

Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. 2007. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet -tuotekuvaus. n.d. Rakennustieto Oy. Viitattu 30.9.2016.
<https://www.rakennustietokauppa.fi/betonirakenteiden-paallystamisen-ohjeet/101445/dp>

Betoniyhdistys julkaisut. n.d. Suomen Betoniyhdistys ry. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.betoniyhdistys.fi/julkaisut/kirjat.html>

Björkholtz, D. 2005. Lämpö ja kosteus - rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

C2 Kosteusmääräysten toimivuuden arviointi (RakMK C2 toimivuus). Loppuraportti. 2014. Insinööritoimisto Vahanen Oy.

von Hertzen, S. 2015. Rakennuksen ylläpidosta ja käytöstä aiheutuvat kosteusvauriot ja niiden ehkäisy. Aalto-yliopisto. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Opinnäytetyö.

Kettunen, A-V. 2016. Rakenteiden vaurioituminen ja rakennusfysiikan perusteet. Rakenteiden kosteuden mittaaja -henkilösertifiointiin valmentava koulutus. Espoo. 6.9.2016 ja 7.9.2016. Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Rateko. Seminaarin muistiinpanot ja jaettu moniste.

Kokko, E. & Kouhia I. 1999. Kosteus rakentamisessa RakMK C2 opas. Helsinki: Rakennustieto Oy

Korkeamäki, T. 2015, Rakennusfysiikka: Maanvastaiset rakenteet. YAMK Rakennusfysiikka -opintopaketti. Hämeenlinna. syksy 2015. Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK. Seminaarin muistiinpanot ja jaettu moniste.

Korpi, S. 2016. Työmaa-aikainen puhtaudenhallinta. Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Rateko, Rakennusterveysasiantuntija. Opinnäytetyö.

Kosteudenhallinta - menettelytapaohje. 2016. Helsingin kaupunki Rakennusvalvontavirasto. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Kosteudenhallinta.pdf>

Kosteudenhallinta rakentamisen ketjussa -video. 2016. Helsingin kaupunki Rakennusvalvontavirasto. Viitattu 30.9.2016.
<https://dreambroker.com/channel/y4814f66/p3iuvndw>

Kuivaketju10. n.d. Oulun rakennusvalvonta. Viitattu 30.9.2016.
<http://kuivaketju10.fi>.

Kumotut rakentamismääräykset. 2017. Ympäristöministeriö. Viitattu 31.1.2017.
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut

Kuosku, A. 2015. Terveen talon sisäilmastovaatimukset hankesuunnitteluvaiheessa. Tampereen teknillinen yliopisto TTY. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Lainsäädäntö ja ohjeet maankäytössä ja rakentamisessa. n.d. Ympäristöministeriö. Viitattu 30.9.2016.
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Lainsaadanto_ja_ohjeet_maankaytossa_ja_r\(3657\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Lainsaadanto_ja_ohjeet_maankaytossa_ja_r(3657))

Laki terveydensuojelulain muuttamisesta 1237/2014. 19.12.2014.

Lyhenteet ja vakiintuneet nimet. n.d. Edilex. Viitattu 30.9.2016.
<https://www.edilex.fi/lainsaadanto/lyhenteet>

Merikallio, T. 2015. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Rakennustieto Oy

Merikallio, T., Niemi, S. & Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2. p. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

MKRL 132/1999, Maankäyttö- ja rakennuslaki. 5.2.1999.

MKRL 958/2012, Maankäyttö- ja rakennuslaki. 21.12.2012.

MKRL 41/2014, Maankäyttö- ja rakennuslaki. 17.1.2014.

MKRL 628/2014, Maankäyttö- ja rakennuslaki. 22.8.2014.

MVR-mittari -lomake. n.d. Työsuojeluhallinto.

MVR-mittari. n.d. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Viitattu 20.12.2016.
<http://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/tyoolosuohdemittarit/mvr-mittari>

Mäkinen, T. 2014. Kosteudenhallintasuunnittelu: Betonirakenteiset välipohjat. Tampereen ammattikorkeakoulu TAMK. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Niemi, S. 2016. Betonirakenteiden kuivuminen ja päällystettävyyys. Rakenteiden kosteuden mittaaja -henkilösertifiointiin valmentava koulutus. Espoo. 4.10.2016. Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Rateko. Seminaarin muistiinpanot ja jaettu moniste.

Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö. n.d. Ympäristöministeriö. Viitattu 30.9.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennustuotteita_koskeva_lainsaadanto

Rakennusvalvonta. n.d. Tampereen Rakennusvalvonta. Viitattu 30.9.2016.

<http://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/rakennusvalvonta.html>

Rakentamista koskevat asetukset uudistuvat vuoteen 2018 mennessä. n.d. Ympäristöministeriö. Viitattu 30.9.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

Rakenteiden kosteuden mittaaja 2016. Henkilösertifiointiin valmentava koulutus -esite. Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Rateko.

Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E. & Reiman, M. 2012. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012: Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Espoo: Eduskunta.

RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet 2012. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. n.d. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.ril.fi/kirjakauppa/product/show/8/tulossa/580/ril-107-2012-rakennusten-veden-ja-kosteudeneristysohje>

RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. n.d. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.ril.fi/kirjakauppa/product/show/8/tulossa/571/ril-250-2011-kosteudenhallinta-ja-homevaurioiden-estaminen>

RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1: Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset 2014. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1. n.d. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Viitattu 30.9.2016.
<http://www.ril.fi/kirjakauppa/product/show/4/kasi-ja-oppikirjat/660/ril-255-1-2014-rakennusfysiikka-i>

RT 05-10710. 1999. Kosteus rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 07-10832. 2004. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 07-10946. 2009. Sisäilmastoluokitus 2008: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-11003. 2012. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: SisäRYL 2013 Talonrakennuksen sisätyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-11005. 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: MaaRYL 2010 Talonrakennuksen maatyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-11016. 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: RunkoRYL 2010 Talonrakennuksen runkotyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-11046. 2012. Maalaustöiden yleiset laatuvaatimukset ja käsittely-yhdistelmät: MaalausRYL 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 15-11176. 2015. Rakennusselostusohje 2015: Talo 2000 -nimikkeistö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sihvo, J. 2015. Rakennusfysikaalinen laadunhallinta terveen talon suunnittelussa. Aalto-yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Opinnäytetyö.

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

Sisäilmastoluokitus. n.d. Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 30.9.2016.
<http://sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Sisailmastoluokitus>

Sisäilmastoseminaari 2011. 2011. Espoo: Sisäilmayhdistys ry.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Asumisterveysasetus. 23.4.2015.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2: Kosteus määräykset ja ohjeet 1998 1998. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. 9.9.1998.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2: Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto Määräykset ja ohjeet 2012 2012. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. 30.3.2011.

Suunnittelu ja valvonta. 2017. Ympäristöministeriö. Viitattu 31.1.2017.
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Suunnittelu_ja_valvonta

TervSuojeluL 763/1994, Terveysturvallisuuslaki. 19.8.1994.

TR-mittari 2010 -lomake. n.d. Työsuojeluhallinto.

TR-mittari®. n.d. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Viitattu 20.12.2016.
<http://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/tyoolosuohdemittarit/tr-mittari->

TTL 738/2002, Työturvallisuuslaki. 23.8.2002.

Turunen, T. 2015. Rakennushankkeen kosteudenhallinta. Rakennusterveysasiantuntijakoulutus. Vantaa. 12.3.2015. Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Rateko. Seminaarin muistiinpanot ja jaettu moniste.

VTT:n myöntämien sertifikaattien ja hyväksyntien hakukone. n.d. VTT Expert Services Oy. Viitattu 21.11.2016.
<http://www.vtttodistus.fi>

Wiiste Oy Kosteusantureiden testimittaus 3: Tutkimusselostus 21200001-012 19.5.2016. 2016. Contesta Oy.

Wiiste Oy tuotteet. n.d. Wiiste Oy. Viitattu 30.9.2016
<http://www.wiiste.com/tuotteet>

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä, 216/2015. 12.3.2015

Haastattelut

Anttila, J. 2016. Projektipäällikkö. A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. Haastattelu 27.9.2016.

Hakala, R. 2016. Valvoja. A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. Haastattelu 1.9.2016.

Hyrkkönen, A. 2016. Toimitusjohtaja. Aki Hyrkkönen Oy. Haastattelu 21.9.2016.

Ikonen, E. 2016. Työpäällikkö. Pohjola Rakennus Häme Oy. Haastattelu 28.9.2016.

Karpelin, J. 2016. Työpäällikkö. VRJ Rakennus. Haastattelu 20.9.2016.

Lahtinen, K. 2016. Yksikönjohtaja. A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. Haastattelu 1.9.2016.

Mäkinen, T. 2016. Suunnittelija. A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Haastattelu 15.9.2016.

Oksanen, M. 2016. Tuotantojohtaja. Pohjola Rakennus Oy Häme. Haastattelu 11.10.2016.

Ottman, J. 2016. Tarkastuspuolen vastaava. Tampereen Rakennusvalvonta. Haastattelu 28.9.2016.

Ruusumaa, O. 2016. Toimitusjohtaja. VRP Länsi-Suomi Oy. Haastattelu 29.9.2016.

Salokangas, J. 2016. Myyntijohtaja. Wiiste Oy. Haastattelu 16.9.2016.

Ticklén A. 2016. Rakennuttajapäällikkö. A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. Haastattelu 5.9.2016.

Tuomola, T. 2016. Yksikönjohtaja. Skanska Talonrakennus Oy. Haastattelu 7.10.2016.

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun esite

- Haluatko estää kosteus- ja homeongelmat jo suunnitteluvaiheessa?
- Kaipaako keinoja, joilla vastuutat ja viestit sisäilman laatuvaatimuksesi rakentamisen ja saneerauksen osapuolille?
- Tiedätkö jo miten vältät ikävät kosteusyllätykset käytön aikana?



A-INSINÖÖRIT KOSTEUSTURVA

Ennakoiva elinkaari palvelu sisäilman laadun ja kosteuden hallintaan

A-Insinöörit Kosteusturva -kosteudenhallintapalvelun esite

A-INSINÖÖRIT KOSTEUSTURVA

Sisäilma - Kosteus - Työtehokkuus

Faktaa koulujen ja hoitotilojen kosteusongelmista

1. Kouluista ja päiväkodeista 12–18%:ssa on merkittäviä kosteusvaurioita.
2. Julkisista hoitotiloista 15% on kiireellisessä korjaustarpeessa
3. Merkittävien kosteusvaurioiden korjauskustannukset ovat 5,6–7,5% vuosittaisen talonrakentamisen arvosta.
4. Astmoista 21–35% jäisi syntymättä, jos kosteus- ja homevaurioita ei olisi.
5. Hometaloissa työskentelevistä 10% sairastuu.

Home seis!

Rakennusmääräykset asettavat sisäilman laadulle vähimmäisvaatimukset. Käytännössä rakentaminen ei tuota läheskään aina tervettä taloa.

Sisäilman terveydelliset haitat maksavat 375 euroa vuodessa jokaista suomalaista työikäistä kohden. Tuhat suomalaista vuosittain hakee työkyvyttömyyseläkkeelle homeen vuoksi. Miten ongelman voisi ehkäistä?

Kosteusturva on palvelu, joka määrittelee sisäilman laatuvaatimukset jo hankesuunnittelun alkumetreillä.

Annamme suunnittelijoille tarkat ohjeet ja raja-arvot. Mittaamme, viestimme ja konsultoimme rakennuttamisen aikana. Tarjoamme selkeät työkalut, joiden avulla rakennustyön valvoja tunnistaa ongelmat ajoissa.

Palvelumme ei pääty, vaikka rakennus valmistuukin. Varmistamme käytön aikana, että kosteusongelmat eivät riistäydy käsistä huomaamattasi. Ennakoimme myös korjaustarpeet ajoissa.

Käyttäjän keskipisteessä





Puhdas sisäilma parantaa työtehokkuutta. Säästät pitkän pennin, kun vältät turhilta sairauspoissaoloilta. Ja saat kiitosta käyttäjiltä, kun työtilat ovat viihtyisät.


Miten hyödyt?

- Viestit ja vastuutat sisäilman laatuvaatimuksesi.
- Ehkäiset ja ennakoit homeongelmia, niin rakentamisen kuin käytön aikana.
- Säästät 5% rakennuksen elinkaarikustannuksista, kun estät merkittävät kosteusvauriot.
- Investoit rahasi toimivaan ja tuottavaan, et jatkuvasti uusiutuviin homeongelmiin.

Mistä saat lisätietoa?

Ota yhteyttä Mikko Tarrin (p. 0207 911 859 tai mikko.tarri@ains.fi), kun haluat kuulla lisää.

 Tilaaja ja suunnittelija Suunnittelu	Rakennuttaja-konsultti ja valvoja Rakentaminen	Kiinteistön ylläpito Käyttö
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Sisäilman laatuvaatimet 2. Kosteudenhallinnan, akustiikan ja hyvälaatuisen sisäilman vaatimukset täyttävä suunnitteluohje 3. Kustannusvaikutukset 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kosteusmittaukset työmaalla ja raportointi 2. Urakoitsijan kouluttaminen ja konsultointi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Saneerausten ennakoiti ja aikatauluttaminen 2. Ongelmien ehkäisy jatkuvalla ja automaattisella mittauksella
 <ul style="list-style-type: none"> • Tavoite- ja kustannustyöpajat tilaajan kanssa • Suunnittelijan ohjeistaminen • Suunnitteluohje 	<ul style="list-style-type: none"> • Viikoittaiset mittaustulokset • Rakennustöiden valvojan tarkistuslista • Korjaus- ja aikataulu-suositukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Kiinteistön sisäilman seurantaohjelma • Mittaustietojen tallentaminen tietomalliin
 <p>Kesto hankkeen laajuudesta riippuen 2-6 viikkoa</p>	<p>Hinnoittelu projektin mukaan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kesto 2. Laajuus 3. Mittausten määrä 	<p>Vuosihinta, joka perustuu kiinteistön kokoon</p>



A-INSINÖÖRIT

WWW.AINS.FI

© 2014 A-Insinöörit Oy AHP-KOSTE-2014-09-18

Rakenteiden kosteuden mittaaja -henkilösertifiointiin valmentavan koulutuksen esite

Rakenteiden kosteuden mittaaja

Henkilösertifiointiin valmentava koulutus

Koulutus antaa käytännön pätevyyden arvioida mitaustulosten avulla rakennuksen lämpö- ja kosteusteknisiä olosuhteita sekä niiden merkitystä rakennuksen ja rakenteiden toimivuuden kannalta.

Kohderyhmä

- rakennusliikkeiden suunnittelu- ja tuotantohenkilöstö
- rakennustyönvalvojat, viranomaiset
- rakennesuunnittelijat, kunto- ja vauriotutkijat
- lattian- ja seinäpäällystearakoitsijat sekä
- betonirakenteiden kosteuden mittaajat
- rakenteiden kuivatusta suunnittelevat ja toteuttavat henkilöt

Sisältö

Koulutus muodostuu kahdesta lähiopetusjaksosta (2 + 3 pv), joihin sisältyvät teoriaopetus, mittausharjoitus ja välitehtävä. Koulutuksen päätteeksi osallistuja tekee raportin suorittamaan suhteellisen kosteuden mittauksesta ja tulosten arvioinnista. Koulutus sisältää kirjallisen kokeen.

Koulutuksen aihealueita

- Rakenteiden kosteusvaurioiden yleisperiaatteet
- Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta
- Ilmavirtaukset rakenteissa
- Kosteusmittaukset
- Yleisimpien rakenteiden toiminta, riskialttius, vaurioiden syntymekanismit, tutkimiseen soveltuvat mittausmenetelmät ja mittauksissa huomioitavat tekijät
- Rakennuksen painesuhteiden muodostuminen
- Vaipan ilmanpitävyys ja sen mittaaminen
- Betonirakenteiden kuivuminen ja päällystettävyyden
- Lämpökamerat ja niiden ominaisuudet
- Betonin porareikä- ja näytepalamittaus
- Suhteellisen kosteuden mittalaitteet
- Viilto- ja kosteusmittausmenetelmä
- Kevytrakenteisen väliseinän kosteusmittaus
- Ulkoseinän kosteus- ja lämpötilamittaukset
- Lämpökameran käyttö
- Ilmavuotojen ja kosteusvaurioiden paikantaminen lämpökameralla

Pidätämme oikeuden ohjelmamuutoksiin.



Aika 6. - 7.9. ja 4. - 6.10.2016

Paikka Espoo

Ilmoittautuminen

www.rateko.fi tai rateko@rateko.fi

22.8. mennessä

Osallistumismaksu

1.990 euroa

(alv 0 %, veroton koulutuspalvelu, AVL 39 §)

Osallistumismaksuun sisältyy teoriaopetus, mittausharjoitus, koulutusmateriaali, kirjallisuus, välitehtävä, kahvi- ja lounastarjoilut, kirjallinen koe sekä mittausnäyttö. Kirjallisen kokeen uusinta 60€/uusinta (alv 0 %, veroton koulutuspalvelu, AVL 39 §). Perutusehdot www.rateko.fi

Henkilösertifiointia VTT Expert Services Oy:ltä voivat hakea koulutuksen hyväksytysti suorittaneet henkilöt, joilla on rakennustekninen peruskoulutus tai vastaavat perustiedot sekä rakenteiden ja rakennusmateriaalien riittävä tuntemus.



Lisätiedot

Arja Vainio, puh. 09 1299 228


arja.vainio@rateko.fi

Yhdessä osaamistasi rakentaen

Teemahaastattelujen pohja

		Haastattelupohja	1 (1)
		22.8.2016	
YAMK-tutkinto, Rakentamisen koulutus			
Aihe	Rakennuksen työmaa-aikainen kosteudenhallinta: Kosteudenhallintapalvelun tuotteistaminen		
Opiskelija	Irmeli Nutikka, sisäilmatutkija	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	
Aika	2016 (-2017)		
Toimeksiantaja	A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Korjaussuunnitteluyksikkö, Tampere		
Ohjaajat	Mikko Tarri, yksikönjohtaja Saija Korpi, sisäilma-asiantuntija Seppo Aalto, yliopettaja Tapio Korkeamäki, lehtori	A-Insinöörit Suunnittelu Oy A-Insinöörit Suunnittelu Oy HAMK HAMK	
1 Haastattelun perustiedot			
	Haastattelijana	Irmeli Nutikka	
	Haastateltava(t)		
	Paikka		
	Ajankohta	2016	
	Haastateltavan tiedot saa julkaista opinnäytetyön lähdeluettelossa?		
2 Haastateltava			
	kuka		
	mistä		
	tausta		
	rakennusosalalla		
	miten ja kuinka paljon (ollut) tekemisissä rakennuksen työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan parissa		
3 Haastattelukysymykset			
	Miksi rakennusten työmaa-aikainen kosteudenhallinta ei toteudu laadukkaasti?		
	Ajatuksen tueksi LIITE 1 (Rakennuksen työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan liittyviä haasteita ja puutteita?).		
	Miten voisimme (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Korjaussuunnitteluyksikkö) auttaa teitä rakennuksen kosteudenhallinnan haasteissa?		
A-Insinöörit Suunnittelu Oy ESPOO • HELSINKI • KUOPIO • OULU • PORI • TAMPERE • TURKU		p. 0207 911 555, www.ains.fi Y-tunnus 0211352-6	

Teemahaastattelujen pohja

 A-INSINÖÖRIT	Haastattelupohja	LIITE 1
22.8.2016		
Rakennuksen työmaa-alkaiseen kosteudenhallintaan liittyviä haasteita ja puutteita		
Osaaminen:		
<ul style="list-style-type: none"> - osaamisen puutteet, kosteudenhallinnan tärkeyttä ei ymmärretä - kosteudenhallinnan organisoinnissa ja seurannassa puutteita - moraalin puute, välinpitämättömyys - ongelmat yhteistyössä - 		
Tavoitteiden asettaminen:		
<ul style="list-style-type: none"> - laatua ei vaadita - hankesuunnitelmassa määriteltyjä tavoitteita ei ole "avattu" missään asiakirjassa - kosteudenhallintasuunnitelman laadinta on erikseen tilattava tehtävä (RAK 12) - aikataulut, rakennuttajan tarpeet - 		
Suunnittelu:		
<ul style="list-style-type: none"> - puutteelliset tai ristiriitaiset suunnitelmat, suunnittelemattomuus - riskialttiit tai käyttötarkoitukseen soveltumattomat rakenteet tai materiaalit - rakenteiden tarkistettavuus ja huollettavuus - 		
Rakentamisvaihe:		
<ul style="list-style-type: none"> - kiire, riittämättömät kuivumisajat - väärä työjärjestys, töiden yhteensovittaminen - rakennetaan vastoin suunnitelmia - kustannustehokkuusajattelu - rakenteiden, rakennusmateriaalien ja rakenneosien sääsuojaus tehtaalla, kuljetuksissa ja työmaalla puutteellista - sääsuojauksen toteutustapaa ei ole määritelty (tilaajalla ja urakoitsijalla toisistaan poikkeava näkemys) - (väliaikaiset) suojaukset puutteelliset tai pettävät - valvonta puutteellista - resurssien puute - työnjohdon pysyvyys - pitkät alihankintaketjut ja niiden hallinta - kosteudenmittaussuunnitelma puutteellinen, pinnoitettavuusmittaukset tekemättä tai tehty väärillä menetelmillä, tulosten tulkinta horjuvaa - olosuhdehallinta puutteellista, kuivumisolosuhteiden väärinarviointi - 		
A-insinöörit Suunnittelu Oy ESPOO • HELSINKI • KUOPIO • OULU • PORI • TAMPERE • TURKU		
p. 0207 911 555, www.a-ins.fi Y-tunnus 0211352-6		

Kiitokset opinnäytetyön työversioita kommentoineille henkilöille

Suuret kiitokset kaikille opinnäytetyön työversioita alkuvuoden 2017 aikana kommentoineille henkilöille. Yhtä suuret kiitokset myös heille opinnäytetyötä kommentoineille henkilöille, jotka eivät halunneet nimeään mainittavan opinnäytetyössä.

Helminen Tommi. DI Sähkötekniikka.

Kiiskinen Matti. Asiantuntija. Teknologiateollisuus ry.

Lantta Osmo. Rakennustöiden valvoja. Päijät-Hämeen hyvinvointikuntayhtymä.

Nutikka Tarja. Matematiikan, fysiikan ja kemian lehtori. Tampereen kaupunki, Perusopetus, Tesoman koulu.

Salokangas Jari. Myyntijohtaja. Wiiste Oy.

Seppänen Kai. Toimitusjohtaja. Kumoni Oy Sisä-Suomi.

Tarri Mikko. Yksikönjohtaja. A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Korjaussuunnitteluyksikkö, Tampere.

Virtanen Tapio. Insinööri (YAMK) Rakentaminen.