



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TONI LIIMATAINEN
RAKENTAMISEN KUIIVAKETJUN VARMENTAMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 25. kesä-
kuuta 2018

TIIVISTELMÄ

TONI LIIMATAINEN: Rakentamisen kuivaketjun varmentaminen
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 134 sivua, 20 liitesivua
Heinäkuu 2018
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Rakennustuotanto ja -talous
Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Avainsanat: kuivaketju, kosteudenhallinta, lainsäädäntö, kuivaketjun epävarmuuskohdat, yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat, yleisimmät kosteusvaurioiden syyt, yleisimmät paikat kosteusvaurioille

Rakentamisen huono laatu, siihen liitetyt kosteus- ja homevauriot, sekä sisäilmaongelmat ovat olleet ajankohtainen aihe viime vuosina. Tässä diplomityössä näitä edellä mainittuja ongelmia lähestytään rakentamisen kuivaketjun varmentamisen näkökulmasta. Tutkimusongelmana on rakentamisen kuivaketjun toteutumisen epävarmuus. Diplomityön tavoitteena on selvittää rakentamisen kuivaketjun toteutumisen kannalta olennaisimmat riskitekijät ja parannusehdotukset seuraavien näkökulmien mukaisesti; kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit, yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja syyt, sekä yleisimmät paikat kosteusvaurioille. Parannusehdotuksissa otetaan lisäksi kantaa rakennushankkeiden yleisemmän tason ongelmiin ja riskitekijöihin.

Tutkimusosuus rakentuu kolmesta vaiheesta; olennaisimpien riskitekijöiden määrittämisestä aineistokohtaisesti, aineistoista määriteltyjen olennaisimpien riskitekijöiden yhdistämisestä ja parannusehdotuksien esittämisestä. Käytetty aineisto koostuu olennaisimmista kirjallisuuslähteistä, haastatteluista sekä kyselytutkimuksesta. Kriittisimmiksi rakenteiksi, tuotteiksi ja materiaaleiksi lukeutuivat puiset rakenteet ja kevyet elementit, villaeristeet, kostea betoni sekä vesikattorakenteet, pellitykset, vedeneristeet ja höyrynsulku. Yleisimpiä kosteusvaurioiden aiheuttajia olivat putkivuodot, väärin säädetty ilmanvaihto, sekä yläpohjan vuodot, sokkelin puutteellinen vedeneristys ja kosteat ulkoseinäelementit. Yleisimpiin kosteusvaurioiden aiheuttajiin lukeutuivat lisäksi Kuivaketju10-riskilistan mukaiset aiheet. Yleisimmät syyt olivat rakennus-, asennus- ja suunnitteluvirheet. Yleisimpiä paikkoja kosteusvaurioille olivat alapohja, ulkoseinät, vesikatto ja yläpohja.

Parannusehdotukset jakaantuvat aineiston mukaisiin parannusehdotuksiin ja diplomityöntekijän omaan pohdintaan. Haastatteluista ja kyselystä ilmenneistä parannusehdotuksista lähes 90 % oli sellaisia, joihin tilaajalla ja urakoitsijalla oli vaikuttamismahdollisuus omilla päätöksillä tai toiminnalla. Vastaava luku oli suunnittelijoiden osalta n. 65 %. Huomionarvoisena asiana oli tilaajan suuri rooli parannusehdotusten suhteen.

Yleisemmän tason huomiona parannusehdotuksista erottautui neljä pääteemaa; ammattitaito, asenne, aika ja raha, jotka olivat kytköksissä suuren osaan parannusehdotuksista. Erityisesti liian tiukka hankeaikataulu ja budjetti kasvattivat kosteus- ja homevaurio riskiä. Tämän diplomityön tekijä halusi korostaa lisäksi laadukkaasti tehtyjen sopimusten tärkeyttä rakentamisen kuivaketjun varmentamiseksi – sopimuksissa ei saisi olla tulkinanvaraisia asioita, joilla voisi olla vaikutusta rakentamisen laatuun.

ABSTRACT

TONI LIIMATAINEN: Ensuring the Unbroken Dry Chain in Construction Industry
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 134 pages, 20 Appendix pages
July 2018
Master's Degree Programme in Civil Engineering
Major: Construction Management and Economics
Examiner: Professor Kalle Kähkönen

Keywords: Dry chain, moisture control, legislation, dry chain's uncertainty factors, moisture damages, most common factors behind the moisture damages, most common causes behind the moisture damages, most common locations for moisture damages

Poor quality of construction, associated moisture and mould damages, and indoor climate problems have been a topical issue in recent years. In this thesis, these problems are approached from the point of view of the dry chain verification of construction. The research problem is the uncertainty of the realization of the dry chain in construction. The aim of the thesis is to find out the most essential risk factors and proposals for improvement of the dry chain in construction in accordance with the following perspectives; the most critical structures, products and materials, the most common factors and causes of moisture damage, and the most common locations for moisture damage. The remedial proposals also take into account the more general problems and risk factors of building projects.

The research section has three stages; defining the most relevant risk factors by data source, combining the most essential risk factors identified by the data sources and presenting the proposals for improvement. The data used consists of interviews, questionnaire study and the most essential sources of literature. Most critical structures, products and materials were wooden structures and light elements, wool insulations, wet concrete, roof structures, sheet metal claddings, water insulations and moisture barriers. The most common factors behind the moisture damages were pipe leaks, ventilation adjustment defects, roof leakages, defective waterproofing of the base and moist outer wall elements. In addition, the most common factors behind the moisture damage included topics of the Kuivaketju10 risk list. The most common locations for moisture damage were the base and top floors, the outer walls, and the roof.

The proposals for improvement are divided into proposals according collected data and student's own reflection. Nearly 90% of the proposals for improvement in interviews and questionnaire study were what the client and the contractor had the opportunity to influence through their own decisions or actions. The corresponding figure for designers was about 65%. The remarkable issue was client's major role in the improvement proposals.

Four main themes arose of the improvement proposals; skills, attitude, time, and money, which all were linked to most of the improvement proposals. Particularly too tight project timetable and a budget increased the risk of moisture and mould damages. The author of this thesis also wanted to emphasize the importance of high quality contracts for ensuring the dry chain in construction – the agreements should not have incidental things that could have an impact on the quality of construction.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön valmistuminen saattaa päätökseensä 9 vuoden mittaisen opiskelurupeaman Tampereen Teknillisessä Yliopistossa – vihdoinkin voi alkaa käyttää teekkarin sijaan nimitystä diplomi-insinööri. 9 vuoden mittaiseen ajan jaksoon on mahtunut paljon hyviä kuin myös huonompiakin muistoja (enemmän kuitenkin niitä hyviä), uusia tärkeiksi muodostuneita ystäviä ja kavereita, uusien asioiden oppimista itsestäni kuin myös ympäröivästä maailmasta ja täytyy myöntää, että koulun käytävältä avopuolisonikin on löytynyt, jolle haluaisin antaa ensimmäiset ja suurimmat kiitokset hänen antamastaan tuesta, kärsivällisyydestä ja joustosta: kiitoksia Riikka kulta!

Erityiskiitokset kuuluvat tämän diplomityön tilaajille ja mahdollistajille: NCC Suomi Oy:n Laura Majoiselle, Sari Paukulle ja Jari Valolle, sekä A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy:n Juhani Karhulle, Harri Ilomäelle, Anu Kuoppamäelle ja Unto Hartikaiselle. Kiitokset kuuluvat myös tämän diplomityön ohjaajalle TTY:n Olli Teriölle, sekä erityiskiitokset tämän diplomityön tarkastajalle Kalle Kähköselle (TTY), joka on joustavasti ja tehokkaasti auttanut minua saamaan tämän opiskelurupeaman loppuun asti.

Lisäksi haluan kiittää kaikkia opiskelukavereitani, jotka ovat olleet minun tukenani ja osana tätä 9 vuotta kestänyttä taivalta. Perheenjäsenilleni; Teija ja Jari Pekkaselle, Tommi Liimataiselle ja Teuvo Liimataiselle haluan myös osoittaa suuret kiitokset kärsivällisyydestä ja opintojeni aikana saamastani tuesta.

Helsingissä, 25.7.2018

Toni Liimatainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite ja rajaukset	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus.....	3
2.	RAKENTAMISEN KOSTEUSTILANTEET FYSIKAALISENA ILMIÖNÄ JA NIIDEN SEURAAMUSVAIKUTUKSET	5
2.1	Kosteusvauriot.....	5
2.2	Kosteudelle kriittiset materiaalit	9
2.3	Kriittiset rakennusosat kosteudenhallinnan kannalta	18
2.4	Rakennuksen painesuhteet ja tiiveys.....	22
2.5	Sisäilman laadun terveysvaikutukset ja kustannukset.....	27
2.6	Yhteenvedo rakentamisen kosteustilanteista fysikaalisena ilmiönä ja niiden seuraamusvaikutuksista	28
3.	RAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLINNAN RATKAISUT	30
3.1	Kosteudenhallinta käsitteenä.....	30
3.2	Työmaaolosuhteiden hallinta	33
3.2.1	Sääsuojaus ja kastumisen estäminen.....	33
3.2.2	Rakenteiden kuivuminen ja olosuhteiden seuranta.....	35
3.3	Kuivaketju	38
3.4	Työkaluja kosteudenhallintaan.....	39
3.4.1	Kosteudenhallintaselvitys	39
3.4.2	Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma.....	41
3.4.3	RIL 250-2011-kosteudenhallintaprosessi	44
3.4.4	Rakennusprosessin kosteuslaatuokitus	50
3.4.5	Kuivaketju10.....	55
3.5	Lakisääteisyys	57
3.6	Tulevaisuuden haasteet	61
3.7	Yhteenvedo rakentamisen kosteudenhallinnan ratkaisuista.....	63
4.	PROSESSIAJATELU JA SEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLINNASSA.....	64
4.1	Ketjutetut toimenpiteet – prosessit.....	64
4.2	Kylmäketjun prosessikuvaus.....	65
4.3	Kosteudenhallinta prosessina	66
4.4	Yhteenvedo prosessiajattelun hyödyntämisestä rakentamisen kosteudenhallinnassa	68
5.	AINEISTO	69
5.1	Kirjallisuus	69
5.2	Haastattelut.....	76
5.3	Kyselytutkimus	87
6.	AINEISTON ANALYSOINTI	102

6.1	Kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit.....	102
6.2	Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja syyt.....	106
6.3	Yleisimmät paikat kosteusvaurioille	109
6.4	Yhteenveto	110
6.5	Parannusehdotukset epävarmuuskohdille	113
6.5.1	Aineiston mukaan	114
6.5.2	Diplomityöntekijän oma pohdinta	119
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	127
7.1	Tutkimuksen tarkastelu	127
7.2	Tulosten tarkastelu	128
7.3	Jatkotutkimusehdotukset	129
8.	LÄHTEET.....	130

LIITE 1: DIPLOMITYÖN HAASTATTELULOMAKE

LIITE 2: DIPLOMITYÖN KYSELYPOHJA

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

Absoluuttinen kosteus	Vesihöyryn massa tietyssä tilavuudessa. Yksikkönä käytetään g/m^3 .
Kosteussisältö	Veden eri olomuotojen yhteenlaskettu massa tietyssä tilavuudessa. Yksikkönä käytetään g/m^3 .
Kosteustuotto	Sisätiloissa ihmisen toiminnan, eläimien ja kasvien tuottamaa niin sanottua ylimääräistä kosteuskuormitusta. Yksikkönä käytetään g/m^3 .
Kuivaketju	Rakennuksen ja sen materiaalien, rakenneosien sekä tuotteiden pysymistä kosteusvaurioitumattomina koko niiden elinkaaren ajan.
Paine	Tiettyyn pinta-alaan kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa Yksikkönä käytetään Pa (Pascal) tai N/m^2 .
Savupiippuvaikutus	Fysiikan lakien mukaan lämmin ilma kohoaa ylöspäin synnyttäen ympäröivään tilaan yläosaan ylipaineen ja alaosaan alipaineen. Korkeissa rakennuksissa paine-erot voivat muodostua hyvin suuriksi aiheuttaen mm. sisäilman kosteuden pääsyä vaipparakenteisiin.
Suhteellinen kosteus	Absoluuttisen kosteuden prosentuaalinen osuus kyllästyskosteudesta. Käytetään myös lyhennettä RH. Yksikkönä %.
Vaipparakenne	Rakenteet, jotka erottavat sisätilan ulkotilasta (katto, seinät ja lattia).
VOC-yhdisteet	Orgaanisia yhdisteitä, joita tyypillisesti haihtuu huoneilmaan kemiallisista pinnoitteista kuten maaleista ja lakoista. Nämä yhdisteet voivat aiheuttaa ihmisille terveyshaittoja.

1. JOHDANTO

Sisäilman huono laatu ja rakentamisen laatuongelmat kosteus- ja homevaurioineen ovat olleet kuumia puheenaiheita Suomessa viime vuosien aikana. Tässä diplomityössä, *rakentamisen kuivaketjun varmentaminen*, on tarkoituksena syventyä tutkimaan erilaisten aineistolähteiden kautta kosteus- ja homevaurioiden taustalla olevia kriittisimpiä ongelmia ja epävarmuuskohtia, sekä pyrkiä esittämään aineiston ja diplomityöntekijän oman pohdinnan kautta erilaisia parannusehdotuksia rakentamisen prosessiin. Tässä luvussa tullaan esittelemään tarkemmin diplomityön aiheen valitsemisen taustat, työn tavoitteet, rajaukset, käytettävät tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen suorittamisen vaiheet. Työn tilaajina ovat toimineet NCC Suomi Oy ja A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. Johdannon tavoitteena on antaa lukijalle kiinnostava läpileikkaus diplomityön tutkittavasta aiheesta sekä diplomityössä käytetyistä tutkimusmenetelmistä.

1.1 Tausta

Rakentamisen ja sisäilman huono laatu sekä hometalot ovat olleet edeltävinä vuosina lehdistön ja kriitikoiden yleisenä puheenaiheena Suomessa. Oulun rakennusvalvonnan laa-
tupäällikkö Pekka Seppälä kuvaa tilannetta Rakentamisprosessin kosteudenhallinta –op-
paassa seuraavasti: ”Vietämme lähes koko elämämme rakennetussa ympäristössä. Suu-
rimman osan ajastamme oleskelemme sisällä rakennuksissa. Meillä on oikeus olettaa kot-
tien ja koulujen toimivan terveellisinä ja turvallisina niin kauan kuin niitä kodeiksi ja
kouluiksi kutsutaan. Suomessa rakennettu omaisuus on 75 % kansallisvarallisuudesta.
Rakennettuun ympäristöön tehdään vuosittain 60 % kaikista Suomen investoinnista. Ra-
kennusten korjausvelka on 30 – 50 miljardia euroa, siis Suomen valtion vuosibudjetin
suuruinen. Työterveyslaitoksen tilastotietojen mukaan noin 50 %:ssa asuinnoista on kor-
jausta edellyttäviä kosteusvaurioita. Vastaavasti 70 %:ssa kouluista on kosteusvaurioita,
50 %:ssa näkyvää hometta ja 25 %:ssa homeen hajua. Edellä kuvatut home- ja kosteus-
ongelmien vaikutukset ovat niin laajat, että kansantaloudellisesti on järkevämpää alkaa
suunnata kustannuksia rakennuskannan laadun ja kosteuden sietokyvyn parantamiseen
kuin ongelmista johtuvien seuraamusten jatkuvaan hoitoon.” (Seppälä 2015; RIL 250-
2011 2011)

Kosteusvaurioihin viitaten Yle uutisoi internetsivuillaan julkaistussa *Rakennusvirheet
ovat yksi syy kosteusvaurioihin – valvonta törmää virheisiin harvoin* –uutisessaan seuraa-
vasti: ”Kosteus- ja homevaurioiden terveyteen liittyvät kustannukset ovat vuosittain 23–
953 miljoonaa euroa, mutta suurin ongelma on se, että home voi viedä jopa työkyvyn.”
(Torikka 2015). Uutiset ja julkaisut kertovat kosteus- ja homevaurioiden yleisyydestä,

sisäilmaongelmista sekä ihmisiin kohdistuvista terveyshaitoista suurin sanoin. Kansantaloudellisesti rakennusten korjausvelka sekä vuosittaiset terveyteen liittyvät kustannukset ovat suuruudeltaan merkittävät.

Diplomityön tilaajana toimivat NCC Suomi Oy ja A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy haluaa tällä tutkimuksella vaikuttaa rakentamisen laatuun ja etenkin laadun varmentamiseen. Tutkimuksen tulosten on määrä toimia rakentamisen laatua parantavina tekijöinä, joilla saadaan vähennettyä kosteusvaurioiden riskiä uudisrakentamisessa.

1.2 Tavoite ja rajaukset

Diplomityön tavoitteena on selvittää rakentamisen kuivaketjun toteutumisen kannalta olennaisimmat riskitekijät ja parannusehdotukset seuraavien näkökulmien mukaisesti; kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit, yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja syyt, sekä yleisimmät paikat kosteusvaurioille. Tutkimusongelmana pidetään **rakentamisen kuivaketjun toteutumisen epävarmuutta**. Tavoitteen saavuttamiseksi tutkimusongelmaa lähestytään kolmessa eri vaiheessa kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Rakentamisen kuivaketjun katkeamattomuuden varmentaminen vaiheittain

Rakentamisen kuivaketjun katkeamattomuuden varmentamisprosessi aloitetaan olennaisimpien riskitekijöiden määrittämisellä aineistokohtaisesti, jossa pyritään selvittämään kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit, yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja syyt, sekä yleisimmät paikat kosteusvaurioille aineistokohtaisesti. Seuraavassa vaiheessa aineistoista määritellyt olennaisimmat riskitekijät yhdistetään, jolloin saadaan koonti, jonka tarkoituksena on kertoa näiden kolmen eri aineistolähteen perusteella yhdistetty listaus olennaisimmista riskitekijöistä. Viimeisessä vaiheessa pyritään esittämään parannusehdotuksia määriteltyjen olennaisimpien riskitekijöiden minimoimiseksi tai poistamiseksi.

Aihe rajataan koskemaan uudisrakentamista, mutta aineistoa kerätessä halutaan myös saada käsitys vanhojen rakennusten ongelmista, joten niitä varten kyselyssä ja haastattelussa tulee olemaan yleisen tason kysymyksiä rakennusten kosteus- ja homevaurioista. Tutkimuksen näkökulmat rajataan koskemaan kriittisimpiä rakenteita, tuotteita ja materiaaleja, yleisimpiä kosteusvaurioiden aiheuttajia ja syitä, yleisimpiä paikkoja kosteusvaurioille, sekä parannusehdotuksia.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus

Tässä diplomityössä käytettävät tutkimusmenetelmät ovat teoreettisia ja empiirisiä, jonka vuoksi käytettyä tutkimusmenetelmää voidaan kutsua myös monimenetelmälliseksi. Teoreettisia tutkimusmenetelmiä käyttämällä pyritään saamaan käsitystä tutkimusongelmasta käyttäen apuna olemassa olevaa kirjallisuusaineistoa (Jyväskylän Yliopisto 2018a). Empiirisiä tutkimusmenetelmiä käyttämällä pyritään saamaan käsitystä tutkimusongelmasta konkreettisella tasolla, jolloin käsityksen muodostuminen koostuu havainnoinnista, analysoinnista ja mittauksista (Jyväskylän Yliopisto 2018b). Monimenetelmälliseksi tämän diplomityön tekee työssä käytettävät useammat eri tutkimusmenetelmät, empiiriset ja teoreettiset, joilla pyritään saamaan monipuolisempia ja kattavampia tutkimustuloksia (Jyväskylän Yliopisto 2018c).

Tutkimusongelmaa lähestytään kuvan 1 mukaisesti kolmessa vaiheessa, joista jokainen vaihe pitää sisällään myöhemmin tässä luvussa selvennettäviä toimenpiteitä. Edellä mainittuja vaihekohtaisia toimenpiteitä kutsutaan myöhemmin tässä luvussa termillä *tutkimusongelman käsittely*. Teoreettisilla tutkimusmenetelmillä selvitetään kirjallisuuden osalta tutkimusongelman käsittelyn ensimmäistä vaihetta; olennaisimpien riskitekijöiden määrittämistä. Empiirisiä tutkimusmenetelmiä ovat kysely- ja haastattelututkimus, joilla selvitetään kirjallisuuden tavoin tutkimusongelman käsittelyn ensimmäistä vaihetta. Tutkimusongelman käsittelyn toisessa vaiheessa näiden kolmen eri aineistotyyppin olennaisimmista riskitekijöistä yhdistetään koontitaulukko, jonka tarkoituksena on ottaa mahdollisimman hyvin huomioon eri aineistolähteiden merkityksellisyys. Edellä mainitussa koontitaulukossa tuodaan esiin aineistolähteiden yhdistämisestä muodostettu painotettu käsite olennaisimmista riskitekijöistä. Tutkimusongelman käsittelyn viimeisessä vaiheessa esitetään aineistosta selvinneitä ja tämän diplomityön tekijän omia parannusehdotuksia tutkimusongelman toisessa vaiheessa määritellyille olennaisimmille riskitekijöille sekä mahdollisesti havaittaville yleisemmän tason ongelmille.

Tutkimusongelman käsittelyn ensimmäinen vaihe on primäärisesti kvantitatiivinen tutkimus ja sekundäärisesti kvalitatiivinen tutkimus. Ensimmäisen vaiheen tekee kvantitatiiviseksi kosteus- ja homevaurioiden taustalla olevien olennaisimpien riskitekijöiden määrittäminen, joka perustuu yksittäisten riskitekijöiden yleisyyden selvittämiseen. Ensimmäisen vaiheen kvalitatiivisen tutkimuksen osuus on parannusehdotusten selvittäminen kosteus- ja homevaurioiden vähentämiseksi. Tutkimusongelman käsittelyn kolmas vaihe

on primäärisesti kvalitatiivinen tutkimus, jossa kohdistetaan tutkimusongelman ensimmäisessä vaiheessa kerättyjä kvalitatiivisia parannusehdotuksia tutkimusongelman toisessa vaiheessa määritellyille kriittisimmille riskitekijöille, sekä esitetään kvalitatiivisin menetelmin parannusehdotuksia mahdollisesti havaittaville yleisemmän tason ongelmille.

Tutkimusongelman käsittelyn ensimmäisessä vaiheessa pyritään löytämään kirjallisuuslähteiden kautta ne olennaisimmat teokset ja julkaisut, jotka sisältävät kvantitatiivista ja kvalitatiivista tietoa olennaisimpien riskitekijöiden määrittämiseksi, sekä poimimaan valituista teoksista tämän diplomityön tutkimusosuutta tukevaa teoriaa. Tutkimusongelman käsittelyn ensimmäiseen vaiheeseen kuuluvat myös haastattelut ja kysely. Haastatteluihin pyritään löytämään eri asemissa toimivia rakennusalan asiantuntijoita, jotta eri toimijoiden näkökulmat saadaan esille. Haastatteluista saatava aineisto on kvalitatiivisessa muodossa, josta olennaisimpien riskitekijöiden määrittämistä koskeva tieto muunnetaan tutkimusongelman käsittelyn ensimmäisessä vaiheessa tätä diplomityötä palvelemaan kvantitatiiviseen muotoon perustuen vastausten esiintyvyyteen. Kyselytutkimus suoritetaan käyttäen apuna Surveypal-palvelua. Kyselytutkimukseen pyritään valikoimaan suuri joukko eri asemissa toimivia rakennusalan asiantuntijoita, joissa pääpaino on kuitenkin urakointipuolella, jossa nämä rakentamisen kuivaketjun olennaisimmat riskitekijät tunnetaan työmaatasolla. Kyselytutkimuksesta saatava aineisto on kvalitatiivisessa muodossa, joten sille tehdään haastatteluiden aineiston tavoin muuntaminen kvantitatiiviseen muotoon olennaisimpien riskitekijöiden määrittämiseen liittyvien vastausten osalta perustuen vastausten esiintyvyyteen.

Tutkimusongelman käsittelyn toisessa vaiheessa pyritään määrittämään koko aineistoa koskeva kokonaiskäsitys rakentamisen kuivaketjun olennaisimmista riskitekijöistä. Kokonaiskäsityksen määrittämiseksi käytetään tätä diplomityötä varten tehtyä pisteytyskaavaa, jolla pyritään antamaan eri lähteille erilaisia painoarvoja perustuen lähteiden arvioitun merkityksellisyyden mukaan. Kaava yhdistää tutkimusongelman ensimmäisessä vaiheessa määriteltyä kvantitatiivista tietoa haastatteluiden ja kyselyn osalta, kirjallisuudesta löytyvää valmista kvantitatiivista tietoa, sekä muuntaa kirjallisuudesta löytyvää kvalitatiivista tietoa esiintyvyyteen perustuvan pisteytyksen kautta kvantitatiiviseen muotoon.

Tutkimusongelman käsittelyn kolmas ja siten viimeinen vaihe koostuu kahdesta eri osasta; aineiston perusteella määritellyt parannusehdotukset ja diplomityöntekijän oman pohdinnan kautta esitettävät parannusehdotukset. Nämä edellä mainitut parannusehdotukset rakentuvat myös kahdesta osasta; kohdistetut parannusehdotukset tutkimusongelman käsittelyn toisessa vaiheessa määritellyille rakentamisen kuivaketjun varmentamisen olennaisimmille riskitekijöille ja parannusehdotukset mahdollisesti havaittaville yleisemmän tason ongelmille. Tutkimusongelman käsittelyn kolmannen vaiheen tavoitteena on nostaa esiin mahdollisimman hyvin kohdistettuja parannusehdotuksia, joilla on mahdollista minimoida rakentamisen kuivaketjun varmentamisen yhteydessä esiintyviä riskejä.

2. RAKENTAMISEN KOSTEUSTILANTEET FYSIKAALISENA ILMIÖNÄ JA NIIDEN SEURAAMUSVAIKUTUKSET

Tässä luvussa on tarkoituksena perehtyä fysikaalisesta näkökulmasta rakentamisen kosteustilanteisiin ja käydä läpi seuraamusvaikutuksia. Luku perehdyttää lukijaa kosteusvaurioihin, kosteudelle kriittisiin materiaaleihin, kriittisiin rakennusosiin kosteudenhallinnan kannalta, rakennuksen painesuhteiden ja tiiveyden merkityksellisyyteen, sekä sisäilmanlaadun terveysvaikutuksiin ja kustannuksiin. Tämän luvun tavoitteena on antaa lukijalle mahdollisimman laaja käsitys kosteus- ja homevaurioiden syntymisestä, aiheuttajista, terveysvaikutuksista ja kustannuksista.

2.1 Kosteusvauriot

Auli Oleniuksen vuonna 2000 laatiman Ratu 82-0239 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku -ohjekortin mukaan kosteusvaurio on määritelty seuraavasti: ”Kosteusvaurio on kosteuden aiheuttama vaurio rakennusmateriaaleissa tai selvästi havaittava kosteuden aiheuttama jälki pinnoitteessa. Kosteusvaurioita aiheuttavat yhdessä ja erikseen laiteviat, rakenteelliset ongelmat sekä käyttäjien aiheuttamat ongelmat” (Olenius 2000). Jotta kosteusvaurioiden aiheuttajia voidaan hallita, tarvitaan tieto, kuinka rakennus kosteusteknisesti toimii. Kosteusvaurio voi tarkoittaa lievimmillään esimerkiksi kipsilevyseinään muodostunutta pientä silmin nähtävää pullistumaa tai halkeilua, mutta pahimmassa tapauksessa rakenteisiin kertynyt ylimääräinen kosteus voi synnyttää rakennukseen laajamittaisen mikrobivaurion tai esimerkiksi lattiamattojen liiman kanssa reagoidessaan haitallisten VOC-yhdisteiden haihtumista sisäilmaan. Rakennusmateriaalien kosteusvauriot voivat syntyä hyvin lyhyelläkin kosteusaltistusajalla esimerkiksi parkettien vaurioituminen (Pitkäranta 2016). Home- ja lahovauriot ovat usein pidempiaikaisen kosteusaltistumisen seurausta (Pitkäranta 2016). Kosteusvaurioiden aiheuttamista terveysvaikutuksista ja niiden aiheuttamista kustannuksista on luettavissa lisää luvusta *2.10 Sisäilman laadun terveysvaikutukset ja kustannukset*. Kosteudelle kriittisistä materiaaleista on luettavissa lisää luvusta *2.9 Kosteudelle kriittiset materiaalit*.

Rakennuksen kosteusteknisen toiminnan tunteminen on tärkeässä asemassa kosteusvaurioiden estämisessä. Teknisesti rakennuksen tulee olla ihmiselle aina terveellinen ja miellyttävä. Tällä tarkoitetaan sitä, että rakennuksessa vallitsee tasapaino lämpötilan, ilmanvaihdon ja ilman laadun välillä. Ilman laadulla tarkoitetaan tasapainoa ilmankosteuden ja lämpötilan välillä. Rakennuksen vaipan teknisenä tarkoituksena on antaa sisällä oleville

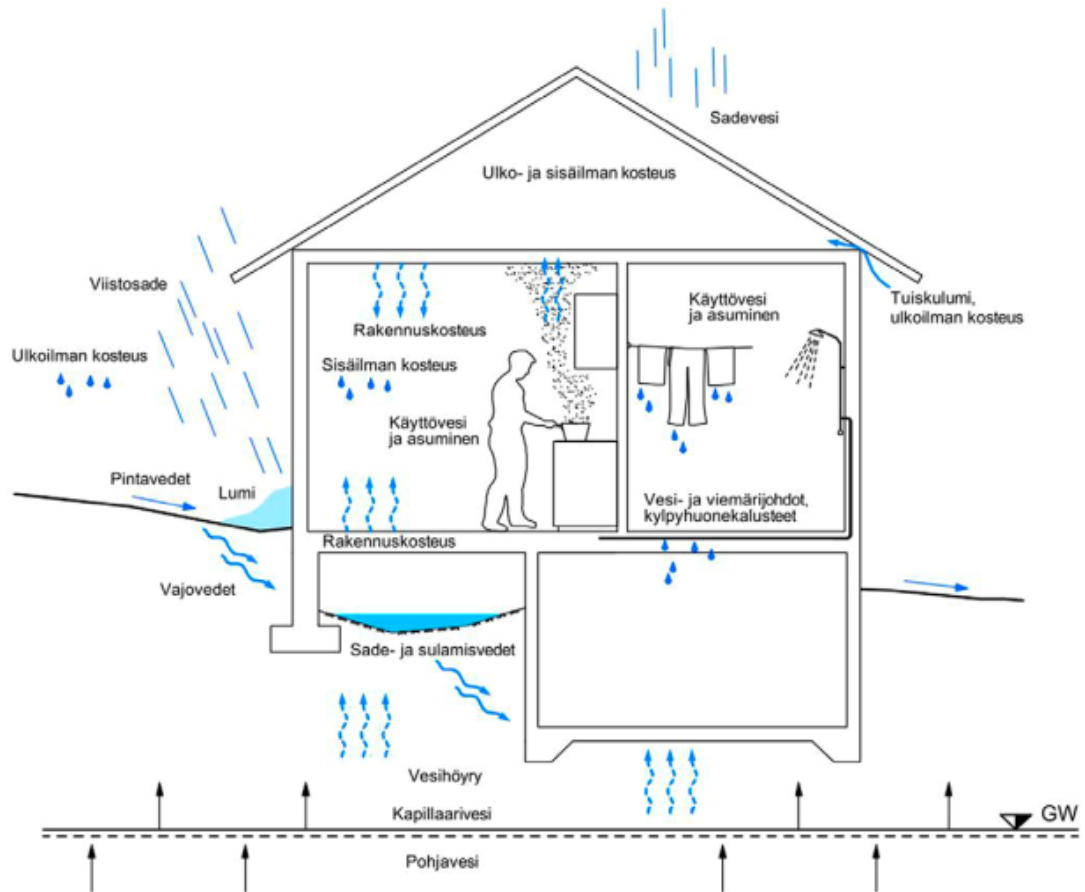
ihmisille suoja säältä, lämmöltä ja melulta, sekä toimia näkösuojana. Rakennuksen kosteuslähteet voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin kuvan 2 mukaisesti, ja RIL 250-2011 (2011) mukaan seuraavasti:

Ulkoiset kosteuslähteet:

1. sade, tuulen kuljettama vesi ja lumi
2. lumi, jää (sulamisvedet)
3. pintavesi (valumavesi), hulevesi
4. maaperän kosteus (maahuokosten suhteellinen kosteus)
5. pohjavesi
6. ulkoilman kosteus

Sisäiset kosteuslähteet:

1. sisäilman kosteus (ihmiset, pesu, ruoanlaitto, kasvillisuus jne.)
2. roiskevesi sisätiloissa
3. mahdolliset putkistovuodot (jäätyminen)
4. märkä siivous
5. talotekniset laitteet, pesukoneet, ilmankostuttajat
6. rakennusajalta rakenteisiin jäänyt rakennuskosteus
7. ilmanvaihdon ja painesuhteiden vaihtelut.
(RIL 250-2011)



Kuva 2: Rakennuksen yleisimmät kosteuslähteet (Pitkäranta 2016)

Fysikaalisesti ilma, kosteus ja lämpö pyrkivät saavuttamaan tasapainotilan ympärillä olevan materiaalin kanssa. Rakennusteknisesti tämä tarkoittaa sitä, että edellä mainitut elementit pyrkivät rakennuksen vaipan läpi tasapainottamaan ulkoilman ja sisäilman välistä tasapainoeroa. Siirtymisilmiöt vaikuttavat usein samanaikaisesti ja niiden suunnan ja nopeuden määrittäminen on monimutkainen ilmiö. Rakenteiden läpi ja niissä siirtyvä kosteus tapahtuvat usein yhtä aikaa eri mekanismeilla. Veden olomuodoista (vesihöyry, vesi, jää ja lumi) yleisimpiä kosteuden siirtymisen olomuotoja ovat vesihöyry ja vesi. RIL 250-2011 (2011) listaa veden siirtymismuotoja rakennuksissa seuraavasti:

Vesihöyryn tärkeimmät siirtymismuodot:

1. konvektio eli ilmavirtausten mukana siirtyvä kaasun olomuodossa oleva kosteus (ilmavirtaukset johtuvat ilmanpaine-eroista, joita aiheuttavat lämpötilaero, koneellinen ilmanvaihto ja tuuli)
2. diffuusio eli kaasun olomuodossa olevan veden siirtyminen osapaineen vaikutuksesta

Veden siirtymismuodot:

1. ulkoisen paineen aiheuttamat virtaukset, joita on esimerkiksi tuulenpaine ja painovoimaan perustuva paine
2. kapillaarivirtaus.
(RIL 250-2011)

Kosteusvaurion tuoma ylimääräinen kosteus rakenteessa toimii tärkeässä osassa mikro-bien kasvamisen ja kosteusvaurion aiheuttamien orgaanisten VOC-yhdisteiden syntymisen kanssa. Mikrobit, jotka ovat eläviä organismeja, voidaan jakaa bakteereihin, sieniin ja viruksiin (RIL 250-2011 2011). Mikrobit tarvitsevat elääkseen vettä, lämpöä, happea, ravinteita ja riittävän pitkän kasvuajan otollisissa olosuhteissa (RIL 250-2011). Mikrobeja esiintyy ympäristössä luonnostaan ja niitä kulkeutuu rakennukseen muun muassa ilmanvaihdon, ovien, ikkunoiden, vaatteiden ja jalkineiden kautta (RIL 250-2011). Myös ihmisessä, ruoka-aineissa ja rakennusaineissa on mikrobeja luonnostaan (RIL 250-2011). Suotuisat kasvuolosuhteet voivat synnyttää kostuneisiin rakenteisiin ilmassa oleville mikro-beille kasvupaikan ja mahdollistavat siten terveydellisten haittojen ilmaantumisen ihmisille. VOC-yhdisteiden päästölähteinä rakennuksissa ovat erityisesti rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä pesuaineet (Hengitysliitto 2017). Rakennusmateriaaleista vapautuva VOC-yhdiste 2-etyyliheksanoli on ollut viimeisen viiden vuoden aikana usein uutisotsikoissa varsinkin kostealle betonialustalle liimatun muovimaton yhteydessä. Kuvassa 3 on nähtävissä ulkoseinän sisään muodostunutta homekasvustoa.



Kuva 3. Kosteusvaurion aiheuttamaa homekasvustoa ulkoseinässä (Sisäilmari Oy 2017)

Reijula K (2012) määrittelee merkittävän kosteusvaurion seuraavasti: ”Merkittävä kosteus- ja homevaurio voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja

materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille (mm. mikrobiperäisille) epäpuhtauksille on todennäköistä. Määrittelyn vian perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi”. Suomen rakennuskannassa esiintyvistä merkittävistä kosteus- ja homevaurioista on nähtävissä tilastotietoa alla olevasta taulukosta 1, joka ottaa kantaa rakennustyyppikohtaisesti merkittävien kosteus- ja homevaurioiden prosentuaalisista osuuksista, altistuvien määrästä ja korjauskustannuksista. Asuinrakennuksissa merkittävälle kosteus- ja homevaurioille altistuneiden määrä oli koko Suomen väestöstä vuonna 2010 arviolta 6 – 9 % perustuen Tilastokeskuksen ilmoittamaan Suomen viralliseen väkilukuun vuonna 2010, joka oli 5 375 276 henkilöä (Tilastokeskus, 2011 ja Reijula K, 2013).

Taulukko 1. Merkittävät kosteus- ja homevauriot Suomen rakennuskannassa (Reijula K, 2012 ja Reijula K, 2013)

Rakennustyyppi	Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden osuus (%)	Altistuvien määrä (kpl)	Korjauskustannukset (milj. €)
Pien- ja rivitalot	7 – 10	224 500 – 336 900	191 – 287
Kerrostalot	6 – 9	103 – 154 400	148 – 223
Asuinrakennukset yhteensä		327 500 – 498 300	339 – 510
Koulut ja päiväkodit	12 – 18	172 000 – 259 200	212 – 381
Hoitolaitokset	20 – 26	36 000 – 46 800	605 – 693
Toimistot	2,5 - 5	27 500 – 55 000	46 – 92
Yhteensä		235 500 – 361 000	863 - 1103

2.2 Kosteudelle kriittiset materiaalit

Kosteudelle kriittisillä materiaaleilla voidaan tarkoittaa materiaaleja, jotka kostuessaan menettävät fysikaalisia ominaisuuksia tai aiheuttavat kostuessaan vaaran ihmisen terveydelle. Kostuessaan tällaiset materiaalit voivat muun muassa saada ulkonäköhaittoja, menettää fysikaalisia ominaisuuksia, olla erityisen alttiita homesienelle tai vapauttaa huoneilmaan terveydelle vaarallisia yhdisteitä.

Ulkonäköhaitoille alttiita materiaaleja ovat esimerkiksi erilaiset paperit, kipsilevyt ja monet verhoilumateriaalit. Fysikaalisten ominaisuuksien menettäminen liittyy muun muassa

eristävytyteen, kantavuuteen, käyttöikään ja kemiallisiin reaktioihin. Materiaalit voivat menettää fysikaaliset ominaisuutensa kosteuden seurauksena pysyvästi tai väliaikaisesti. Kostumisen seurauksena pysyviä vaurioita tulee esimerkiksi kipsilevyihin ja kuivalaasteihin. Kostumisen seurauksena väliaikaisia fysikaalisten ominaisuuksien menettämiä tulee erityisesti pehmeisiin eristeisiin kuten lasi- ja kivivillaan. Homesienelle erityisen alttiita materiaaleja ovat erityisesti orgaaniset materiaalit. Ne tarjoavat homesienelle ravinteikkaan kasvualustan. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi puu ja paperi. Huoneilmaan vapautuvia terveydelle vaarallisia yhdisteitä ovat esimerkiksi orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet. Kosteusvaurion seurauksena näitä ilmaan haihtuvia yhdisteitä voi vapautua esimerkiksi liimoista ja maaleista.

Kosteusvauriosta ja liiallisesta materiaalin kosteudesta puhuttaessa tulee aina nostaa esille homesienet ja bakteerit. Homesieni on mikrosieni, jolla on ihmisille vaarattomia sekä vaarallisia lajeja. Homesieni kasvaa rihmastona tai itiömassana kosteissa oloissa. Homesienten itiöitä ja bakteereita on luonnostaan runsaasti ulkoilmassa lämpimänä aikana (Haahtela 2009). Itiöiden avulla homesienet leviävät etsien uusia kasvualustoja. Ulkoilman homesienten itiöiden ja bakteereiden pitoisuus vaikuttaa suoraan sisäilman itiöpitoisuuteen (Haahtela 2009). Kasvualustassa niille riittää ravinnoksi jo pelkästään orgaaninen pöly, joten ne voivat kasvaa myös ei-orgaanisten materiaalien pinnoilla (Viitanen 2004). Homesienten terveyttä uhkaava vaikutus johtuu niiden mikrobikantojen vapauttamista myrkkyaineista, kuten endotoksiinista, mykotoksiinista sekä kaasumaisista haisevista aineenvaihduntatuotteista (Haahtela 2009). Homesienilöydökset tehdään usein tiloissa ilmenevien hajujen, tilojen käyttäjien oireiden tai pintamateriaalissa näkyvän home-epäilyn tuloksena. Pelkät hajut ja oireet viittaavat rakenteissa piilevistä pitkälle edenneistä homesienikasvustoista, jolloin homesieni on alkanut vapauttamaan itiöitä levitäkseen.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry on määrittänyt RIL 250-2011 julkaisussaan rakennusmateriaaleille homehtumisherkkyyssluokituksen, johon on myös viitattu Ympäristöministeriön julkaisemassa Ympäristöopas 2016 teoksessa (RIL 250-2011, 2011; Pitkäranta, 2016). Rakennusmateriaalien homehtumisriskiluokitukset ovat nähtävissä taulukosta 2. Riskiluokitukset jaetaan neljään ryhmään; hyvin herkkä, herkkä, kohtalaisen kestävä ja kestävä.

Taulukko 2: Rakennusmateriaalien homehtumisriskiluokitus (RIL 250-2011, 2011; Pitkäranta, 2016)

Homehtumisherkkyyssluokka	Materiaalit
HHL 1, hyvin herkkä	käsittelemätön ja runsaasti ravinteita sisältävä puu (karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty ja kuusi), höylätty mänty)

HHL 2, herkkä	höylätty puu, paperipintaiset tuotteet ja kalvot, puupohjaiset levyt, (höylätty kuusi, kipsilevy)
HHL 3, kohtalaisen kestävä	sementtipohjaiset materiaalit, muovipohjaiset materiaalit, mineraalivilla (kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, tiilet)
HHL 4, kestävä	lasi- ja metallimateriaalit, tehokkaita suoja-aineita sisältävät materiaalit ja tuotteet (alkalinen uusi betoni, homesuoja-aineita sisältävät materiaalit)

Johansson Pernillan 2014 vuonna julkaisemassa väitöskirjassa on tutkittu rakennusmateriaalien suhteellisen kosteuden vaikutusta homeen kasvuun. Väitöskirjan tutkimuksessa määriteltiin 12 viikon mittausajalla kymmenelle rakennusmateriaalille mikrobikasvun mahdollistavat suhteellisten kosteuksien alimmat raja-arvot +22°C ja +10°C lämpötiloissa. Alla olevasta taulukosta 3 on nähtävissä Johansson Pernillan tekemän tutkimuksen tulokset. (Pitkäranta, 2016; Johansson P, 2014)

Taulukko 3: Materiaalien kriittiset kosteudet homehtumisriskin kannalta 12 viikon tarkastelujaksolta (Pitkäranta, 2016; Johansson P, 2014)

Materiaali	Alin mikrobikasvun mahdollistava suhteellinen kosteus (RH), +22°C lämpötilassa	Alin mikrobikasvun mahdollistava suhteellinen kosteus (RH), +10°C lämpötilassa
Puu (mänty)	75 % < RH ≤ 80 %	85 % < RH ≤ 90 %
Vaneri	75 % < RH ≤ 80 %	75 % < RH ≤ 85 %
Lastulevy	80 % < RH ≤ 85 %	90 % < RH ≤ 93 %
Ohut kovalevy	85 % < RH ≤ 89 %	93 % < RH ≤ 95 %
Märkätilan kipsilevy	89 % < RH ≤ 95 %	95 % < RH
Tuulensuojakipsilevy	89 % < RH ≤ 95 %	95 % < RH
Tervapaperi	89 % < RH ≤ 95 %	95 % < RH
Sementtipohjainen levy	95 % < RH	95 % < RH
Lasivilla	95 % < RH	95 % < RH

EPS-lämmöneriste	95 % < RH	95 % < RH
------------------	-----------	-----------

Ilmatieteenlaitos on julkaissut 2012 vuodelta sääsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain Vantaalta, Jyväskylältä ja Sodankylältä. Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty edellä mainituista julkaisuista koontitaulukko, jossa on otettu huomioon keskimääräinen ilman lämpötila ja keskimääräinen ilman suhteellinen kosteus. Taulukon 4 mukaan ilman keskimääräinen suhteellinen kosteus on ollut vuonna 2012 Vantaalla 79%, Jyväskylässä 81% ja Sodankylässä 78%.

Taulukko 4: Keskimääräinen lämpötila ja suhteellinen kosteus Vantaalla, Jyväskylässä ja Sodankylässä vuonna 2012 (Ilmatieteenlaitos, 2012 A; Ilmatieteenlaitos, 2012 B; Ilmatieteenlaitos, 2012 C)

Paikka \ Kuukausi	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Keskiarvo
-------------------	----------	----------	-----------	----------	----------	---------	----------	--------	---------	---------	-----------	----------	-----------

Vantaa													
Keskimääräinen lämpötila T (°C)	-4	-4,5	-2,6	4,5	10,8	14,2	17,3	16,1	10,5	6,2	0,5	-2,2	5,6
Keskimääräinen suhteellinen kosteus RH (%)	89	83	82	67	63	72	69	76	79	91	89	87	79

Jyväskylä													
Keskimääräinen lämpötila T (°C)	-8	-7,1	-3,5	2,4	8,8	13,4	15,8	13,8	9,2	4,1	-1,8	-5,9	3,4
Keskimääräinen suhteellinen kosteus RH (%)	88	90	85	74	61	66	73	81	82	87	94	89	81

Sodankylä													
Keskimääräinen lämpötila T (°C)	-13,1	-12,6	-6,9	-1,6	5,4	13	14,4	12,1	6,6	0,2	-6,8	-10,1	0,1
Keskimääräinen suhteellinen kosteus RH (%)	86	79	82	66	69	62	70	81	82	84	89	87	78

Tarkasteltaessa taulukkoa 3 ja taulukkoa 4 voidaan havaita, että mikrobikasvun mahdollistavia ulkoilman olosuhteita on ollut vuonna 2012 mahdollisesti Vantaalla ajanjaksolla elokuu-lokakuu (vanerille), Jyväskylässä ajanjaksolla heinäkuu-lokakuu (vanerille) ja Sodankylässä ajanjaksolla heinäkuu-syyskuu (vanerille). Mikrobikasvulle otollisimmat ulkoilman olosuhteet keskittyvät Suomessa syksylle taulukossa 3 ja taulukossa 4 tehtyjen edellä olevien johtopäätösten perusteella.

VTT:n Hannu Viitanen on tehnyt *Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homehtumisen kriittiset olosuhteet – betonin homeenkesto* – tutkimuksessaan kokeita ilman suhteellisen

kosteuden vaikutuksesta homeen kasvulle tavanomaisten rakennusmateriaalien pinnoilla (Viitanen 2004). Viitanen on käyttänyt näytteiden homekasvun mittaamiseen suoraa viljelytekniikkaa ja VTT:n homeindeksiä (Viitanen 2004). Homeindeksi ilmenee taulukosta 5.

Taulukko 5. Homeindeksi (Viitanen 2004)

Homeindeksi	
0	Ei kasvua
1	Alkava mikroskooppinen kasvu
2	Kohtalaisesti mikroskooppista kasvua
3	Alkava silmin näkyvä kasvu
4	Kohtalaisesti silmin näkyvä kasvu
5	Runsas kasvu
6	Erittäin runsas kasvu

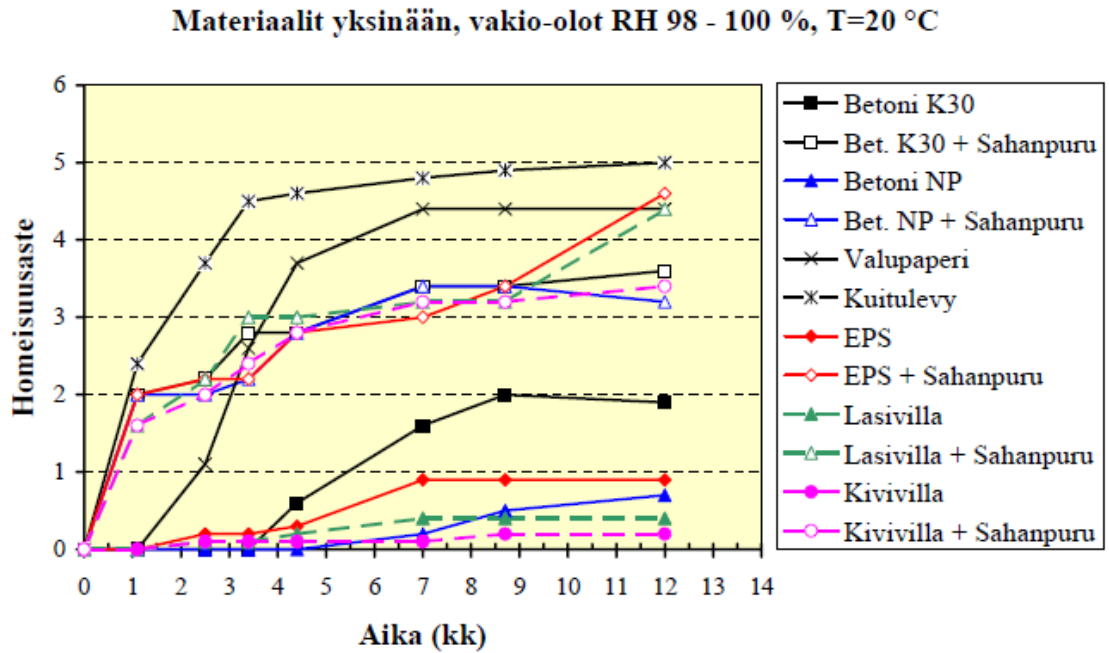
Tutkimus jakautui yksittäisiin materiaalinäytteisiin ja materiaaliyhdistelmiin. Yksittäiset materiaalinäytteet olivat ilmaan ja pölyyn kosketuksissa, kun taas materiaaliyhdistelmillä kuvattiin tilannetta, jossa materiaalit olivat tiiviisti kiinni toisissaan. Valituille materiaaleille ja materiaaliyhdistelmille tehtiin kaksi erilaista koetta, joissa toisessa materiaalien pinnat olivat puhtaat, ja toisessa pinnoille oli laitettu orgaanista ainetta, tässä tapauksessa sahanpurua. Homeen kasvua tutkittiin lisäksi neljällä eri olosuhteella: RH 98 – 100% T=20 °C, RH 95 – 97% T=20 °C, RH 88 – 90% T=20 °C ja RH 78 – 80% T=20 °C. (Viitanen 2004)

Tutkittavat materiaalit Viitanen tutkimuksessa olivat

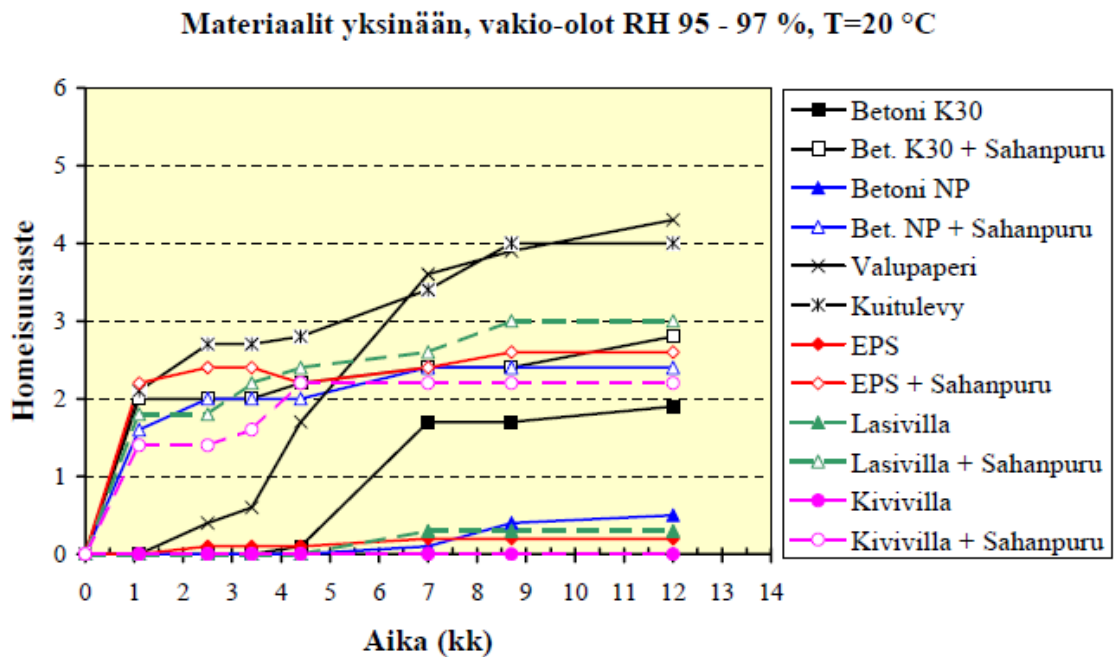
- kivivilla (askeläänieriste 50/00, 30mm)
- lasivilla (askeläänieriste, Isover, Flo-30)
- kova askeläänieriste (polystyreeni, Termistol step, 30mm)
- betonin valupaperi
- suodatin kangas
- puupuru
- betoni K 30 (Lohja Rudus)
- betoni K 30 NP erikoisbetoni (Lohja Rudus)
- kuitulevy (askelääneneristys).

(Viitanen 2004)

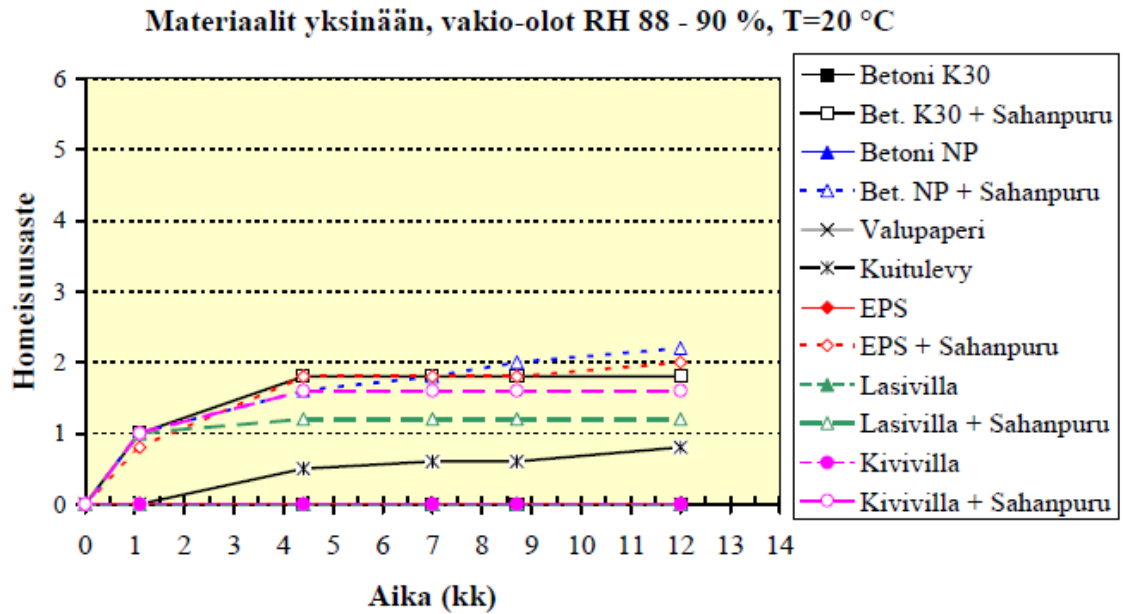
Yksittäisten materiaalien tutkimustulokset olivat hyvin selkeitä – orgaanista materiaalia sisältäneet näytteet erottuivat homeisuusasteeltaan. Tutkimustulokset eri RH-olosuhteissa on esitetty kuvassa 4, kuvassa 5 ja kuvassa 6. RH 78 – 80 % olosuhteissa olevista näytteistä ei löydetty homekasvustoa ollenkaan, joten siitä ei ole erillistä kuvaa (Viitanen 2004).



Kuva 4. Materiaalien homeisuusasteen kehittyminen aikayksikköä kohden RH:n ollessa 98 – 100 % (Viitanen 2004)



Kuva 5. Materiaalien homeisuusasteen kehittyminen aikayksikköä kohden RH:n ollessa 95 - 97 % (Viitanen 2004)



Kuva 6. Materiaalien homeisuusasteen kehittyminen aikayksikköä kohden RH:n ollessa 88 - 90 % (Viitanen 2004)

Viitosen tutkimuksessa materiaaliyhdistelmien tutkimustulokset antoivat myös selkeää näyttöä orgaanisten aineiden vaikutuksesta korkeampaan homeisuusasteeseen. Homeisuusasteet olivat kuitenkin pienempiä, mitä yksittäisistä näytteistä mitatut. Näissä näytteissä ei myöskään havaittu hometta RH:n ollessa 78 – 80 %. Materiaaliyhdistelmien homeisuusasteet aikayksikköä kohden näkyvät kuvassa 7, kuvassa 8 ja kuvassa 9.

RH 98 - 100 %		Homeaste / altistusaika (kk)							
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom	
Valupaperi →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0	6,0	puru märkää ja tummaa	
	Eriste, kivivilla	0	0	0	0	0	21,5		
	Sahanpuru →	0	0	0	0,2	0,3	4,7		
Sahanpuru →	Alusbetoni (K 30)	0	2	2,4	2,6	2,6	6,7		
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0			
	0	0	0	0	0				
Suodatin kangas →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0	6,3		puru märkää ja tummaa
	Eriste, kivivilla	0	0	0	0	0	9,6		
	Sahanpuru →	0	0	0,2	0,2	0,2	15,4		
Sahanpuru →	Alusbetoni (K 30)	0	2,4	2,4	2,4	2,8	7,3		
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0			
	0	0	0	0	0				
RH 95 - 97 %		Homeaste / altistusaika (kk)							
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom	
Valupaperi →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0	4,8	puru kosteaa osin märkää	
	Eriste, kivivilla	0	0	0	0	0	17,1		
	Sahanpuru →	0	0	0	0	0	0,4		
Sahanpuru →	Alusbetoni (K 30)	0	2	2	2	2	5,4		
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0			
	0	0	0	0	0				
Suodatin kangas →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0	5		puru kosteaa osin märkää
	Eriste, kivivilla	0	0	0	0	0	0,6		
	Sahanpuru →	0	0	0	0	0	0,2		
Sahanpuru →	Alusbetoni (K 30)	0	2	2	2	2	5,7		
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0			
	0	0	0	0	0				
RH 88 - 90 %		Homeaste / altistusaika (kk)							
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom	
Valupaperi →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0	3,4	puru kulvaa, vaaleaa	
	Eriste, kivivilla	0	0	0	0	0	12,0		
	Sahanpuru →	0	0	0	0	0	0,3		
Sahanpuru →	Alusbetoni (K 30)	0	0,8	0,8	1	1	2,5		
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0			
	0	0	0	0	0				
Suodatin kangas →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0	3,3		puru kulvaa, vaaleaa
	Eriste, kivivilla	0	0	0	0	0	0,7		
	Sahanpuru →	0	0	0	0	0	0,4		
Sahanpuru →	Alusbetoni (K 30)	0	0,8	0,8	1	1	2,6		
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0			
	0	0	0	0	0				

Kuva 7. Materiaaliyhdistelmien homeisuusasteen kehittyminen aikayksikköä kohden (Viitanen 2004)

RH 98 - 100 %		Homeaste / altistus aika (kk)						
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom
Sahanpuru →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0,2	0,4	6,2	
	Alusbetoni (K 30)	0	2,2	2,5	2,8	3	3,1	puru märkää ja tummaa
		0	0	0	0	0	6,5	
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
RH 95 - 97 %		Homeaste / altistus aika (kk)						
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom
Sahanpuru →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0	4,8	
	Alusbetoni (K 30)	0	2	2	2	2	1,1	puru kosteaa osin märkää
		0	0	0	0	0	5,2	
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
RH 88 - 90 %		Homeaste / altistus aika (kk)						
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom
Sahanpuru →	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0	3,4	
	Alusbetoni (K 30)	0	1	1	1	1	1,2	puru kuivaa, vaaleaa
		0	0	0	0	0	2,7	
	Pintabetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (K 30)	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		

Kuva 8. Materiaaliyhdistelmien homeisuusasteen kehittyminen aikayksikköä kohden (Viitanen 2004)

RH 98 - 100 %		Homeaste / altistusaika (kk)						
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom
Sahanpuru →	Pintabetoni (NP 30)	0	0	0	0	0	6,1	osa näytteistä hyvin märät etenkin eriste, puru (>100%) ja betoni
	Eriste, EPS	0	0	0,2	0	0		
	Alusbetoni (NP 30)	0	2	2	1,4	1,4		
		0	0	0	0	0	6,8	
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
	Pintabetoni (NP 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (NP 30)	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
RH 95 - 97 %		Homeaste / altistusaika (kk)						
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom
Sahanpuru →	Pintabetoni (NP 30)	0	0	0	0	0	4,7	puru kosteaa osin märkää
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (NP 30)	0	2	2	2	2		
		0	0	0	0	0	5,5	
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
	Pintabetoni (NP 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (NP 30)	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
RH 88 - 90 %		Homeaste / altistusaika (kk)						
		0	3	5	9	12	Kosteus %	Huom
Sahanpuru →	Pintabetoni (NP 30)	0	0	0	0	0	3,5	puru kulvaa, vaaleaa
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (NP 30)	0	1	1	1	1		
		0	0	0	0	0	3,3	
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
	Pintabetoni (NP 30)	0	0	0	0	0		
	Eriste, EPS	0	0	0	0	0		
	Alusbetoni (NP 30)	0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0		

Kuva 9. Materiaaliyhdistelmien homeisuusasteen kehittyminen aikayksikköä kohden (Viitanen 2004)

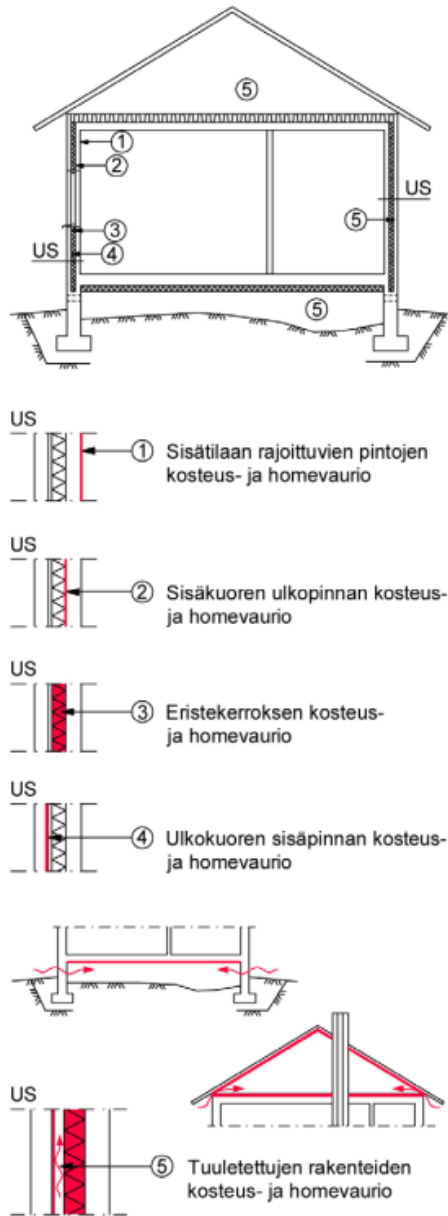
2.3 Kriittiset rakennusosat kosteudenhallinnan kannalta

Kosteudenhallinnan pettäminen voi aiheuttaa rakennuksissa ihmisten terveydelle riskitekijän. Homeelle ja mikrobeille suotuisat kasvuolosuhteet, riittävästi lämpöä ja kosteutta, saavat ne kasvamaan lähes millä pinnalla tahansa, joka on kosketuksissa ulko- tai sisäilmaan, sillä ilmasta kulkeutuu pinnoille pölyä, joka sisältää homeille ja mikrobeille ravintona toimivia orgaanisia aineita kuten esimerkiksi ulkoilmassa olevaa siitepölyä ja huoneilmassa olevaa ihmisen ihon pinnalta irtoavaa hilseilyä. Seuraavissa kappaleissa esittää Kuivaketju10-projektin sisältämä riskilistaus kriittisistä paikoista kosteudenhallinnan onnistumisen kannalta sekä Miia Pitkärännän *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* -ympäristöopas vuodelta 2016, jossa on esitetty kosteudensiirtymisilmiöstä aiheutuvien kosteus- ja homevaurioiden sijainteja rakennuksessa.

Kuivaketju10 on esittänyt riskilistallaan kymmenen keskeisintä kosteusriskiä, joiden hallinnalla voidaan välttää yli 80% kosteusvaurioiden aiheuttamista seurannaiskustannuksista. Riskilistassa seuraavat kohdat ovat esitetty kriittisiksi kuivaketjun ja siten kosteudenhallinnan onnistumisen kannalta:

- Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus, joka voi vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita
 - Sadeveden pääsy ulkoseinärakenteiden sisään
 - Vesikatteen läpäisevä vesi pääsee tunkeutumaan aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan
 - Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen turmelee päällystemateriaalin ajan kuluessa
 - Ilmansulkukerroksen vuotokohdista kostea ilma pääsee liikkumaan sekä tiivistymään ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin.
 - Ilmanvaihdon väärä mitoitus ja säätö ei poista ylimääräistä kosteutta vaan siirtää sen rakenteisiin
 - Vesiputkien rikkoutumisen aiheuttavat laajoja vesivahinkoja kiinteistöissä
 - Märkätilan huono toteutus vaurioittaa ympäröivät rakenteet
 - Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennusta
 - Huonolla ylläpidolla ja huollolla rakennus rapistuu hitaasti.
- (Kuivaketju10 2017)

Miia Pitkärannan toimittaman *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* -ympäristöoppaan mukaan mahdollisia paikkoja kosteudensiirtymisilmiöstä johtuville kosteus- ja homevaurioille ovat rakennuksen vaipan sisäpinnat, sisäkuoren ulkopinnat, eristekerrokset, ulkokuoren sisäpinnat ja tuuletettujen rakenneosien tilan puoleiset pinnat (Pitkäranta 2016). Kuvassa 10 on nähtävissä kosteus- ja homevaurioiden mahdollisia sijainteja ja vaurioiden aiheuttajia rakenteissa Pitkärannan mukaan. Kuvan 10 kohdat 1-4 voivat sijaita katto-, lattia- ja seinärakenteissa.



- 1 Sisätilaan rajoittuvaan pintaan liittyy homehtumisriski, kun sisäpinnan lämpötila on kosteuteen verrattuna kriittisen alhainen.

Pintalämpötila voi olla alhainen

- kylmäsiltojen kohdalla
- lämmöneristekerroksen paikallisen puutteellisuuden takia ulkonurkissa

Sisäilman korkea kosteuspitoisuus lisää sisäpintojen homehtumisriskiä. Putkivuoto huonetilassa ja rakenteen sisällä voi vaurioittaa myös sisäpintoja. Huonetilassa käytetyn veden roiskuminen voi aiheuttaa sisäpinnan vaurioita.

- 2 Sisäkuoren ulkopinta voi vaurioitua, kun sisäpinnan suuntainen jäädyttävä ilmavuoto ulkoa sisälle, kylmäsilta tai puutteellinen lämmöneriste aiheuttaa sisäkuoren ulkopinnan lämpötilan laskemisen kriittisen alais. Tällöin sisäkosteuden diffuusio on riittävä aiheuttamaan vaurion sisälevyn ja höyrynsulun väliin. Rakenteen sisäinen putkivuoto tai rakenteeseen tunkeutuva vesi voi vaurioittaa myös sisäkuoren ulkopintaa.

Sisäkuoren ulkopuolelle höyrynsulun ulkopintaan voi tiivistyä vesihöyryä diffuusiolla ulkoilmasta hellejaksojen aikana, jos sisäilmaa jäädytetään liiallisesti.

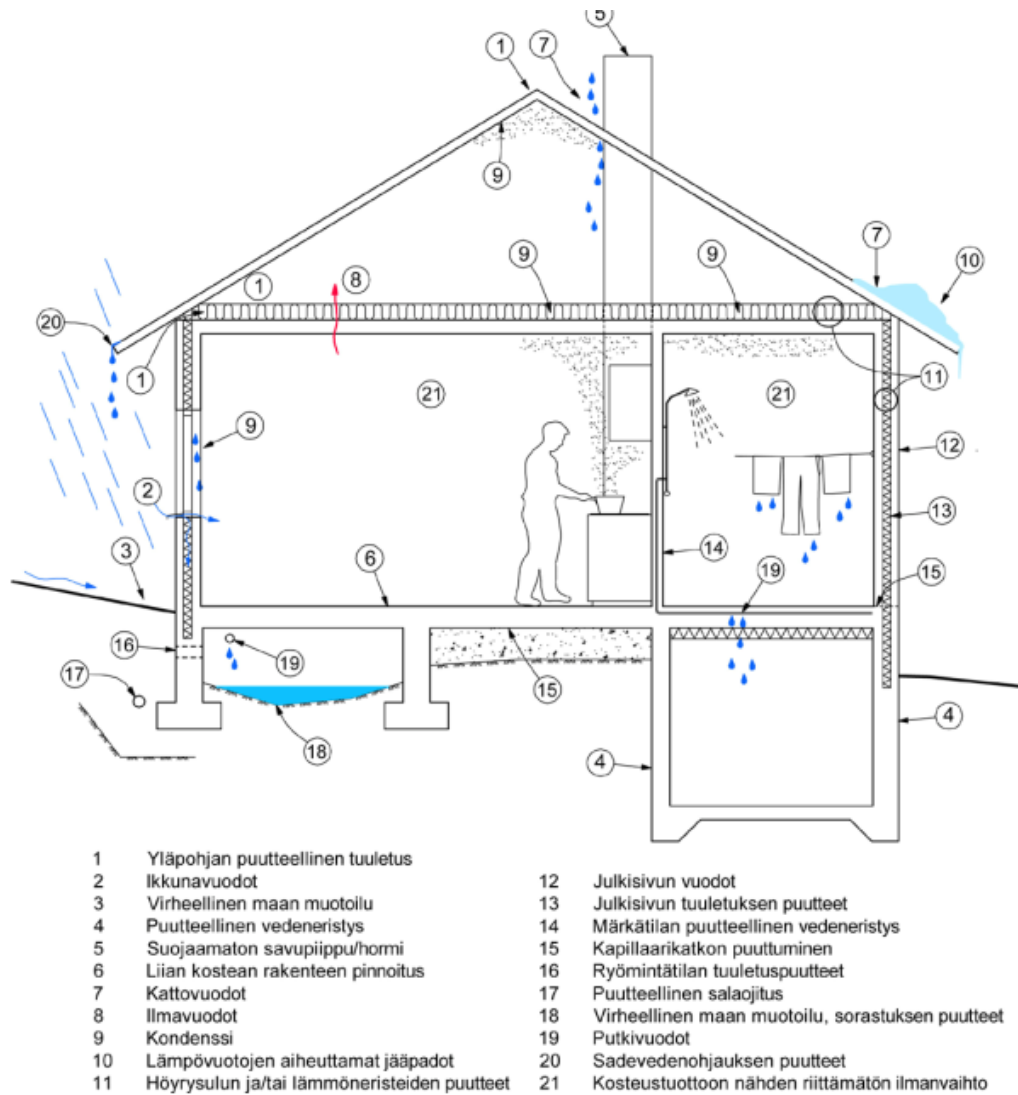
- 3 Eristekerros voi vaurioitua rakenteessa tapahtuneen putkivuodon, rakenteeseen tunkeutuneen veden, sisäilman liiallisen kosteuskonvektion ja diffuusion seurauksena. Kosteuskonvektio ja diffuusio vaurioittavat eristekerrosta kerroksen uloimmilla alueilla.

- 4 Ulkokuoren sisäpinta voi vaurioitua rakenteeseen tunkeutuneen veden, sisäilman liiallisen kosteuskonvektion ja diffuusion seurauksena. Rakenteen sisäinen putkivuoto voi vaurioittaa myös ulkokuoren sisäpintaa.

- 5 Tuuletettu rakenne vaurioituu, kun ilmatilan kosteustuotto ilmatilaan on liian korkea verrattuna tilan tuuletuvuuteen. Ulkoseinän vaurion voi aiheuttaa rakenteeseen tunkeutuva vesi ja sen puutteellinen johtaminen pois rakenteesta. Ryömintätilan vaurion voi aiheuttaa maaperän liiallinen kosteus, tuuletuksen katvealueet ja tilan lämpötekniinen hitaus. Tuuletetun kattorakenteen vaurion voi aiheuttaa vallitseva sisätilan ylipaine tuuletustilaan verrattuna, yön vastasäteilyn vesikatetta voimakkaasti jäädyttävä vaikutus, tuuletetun rakenteen lämpötekniinen hitaus ja vesikaton vuotojen vaikea paikallistettavuus.

Kuva 10. Kosteus- ja homevaurioiden mahdollisia sijaintipaikkoja ja vaurioiden aiheuttajia rakenteissa (Pitkäranta 2016)

Tarkempi kuvaus yleisimmistä rakenteellisista puutteista, jotka aiheuttavat kosteusvaurioita Pitkärannan mukaan on nähtävissä kuvasta 11.



Kuva 11. Yleisimmät rakenteiden puutteet, jotka voivat aiheuttaa kosteusvaurioita (Pitkäranta 2016)

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -ympäristöoppaassa on lueteltu myös ohjeellisia arvoja rakenteiden homehtumisriskiin ottaen huomioon materiaalien kosteuspitoisuuden, lämpötilan ja ajan. Ohjeelliset arvot selityksineen ovat nähtävissä kuvasta 12. Kuvassa 12 viitataan *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -ympäristöoppaan* luvun 6 kuvaan 6.5 ja taulukkoon 6.5. Edellä mainittu taulukko on nähtävissä tämän diplomityön taulukkona 3.

Rakennusosa	Homehtumisriski ¹⁾		
	RH 70...80 % ²⁾	RH 80...90 %	RH > 90 % ja kapillaarialue
Rakennuksen ulkovaipan sisäosat, väliseinät ja välipohjat	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy vuositasolla lähinnä lyhyinä jaksoina	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina ³⁾	Rakenne on pääsääntöisesti korjattava, ellei kosteuspitoisuus esiinny vain lyhyinä jaksoina esim. kosteiden tilojen sisäpinnoilla. ⁴⁾³⁾
Rakennuksen ulkovaipan ulko-osat	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy vuositasolla lyhyinä jaksoina tai pidempiaikaisesti vuoden kylmimpänä aikana	Vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina tai kylminä vuodenaikoina ³⁾	Rakenne on pääsääntöisesti korjattava, jos kosteuspitoisuudet esiintyvät pitkinä jaksoina, ellei rakenteen lämpötila ole samanaikaisesti alle 0 °C. ³⁾
Rakennuksen maakosketuksessa olevat perusrakenteet (kiviaines pohjaiset materiaalit, solumuovit, solulasit yms.)	Rakenteen toimivuutta/vaurioitumista ei arvioida suhteellisen kosteuden mukaan. Sen sijaan on arvioitava onko kosteudesta haittaa niille materiaaleille, jotka ovat kosketuksissa ko. rakenteeseen, siirtyykö kosteus ko. rakenteesta sisäänpäin sekä arvioitava tapahtuuko maanvastaisen rakenteen kautta ilmavuotoja sisätiloihin.		
Rakennuksen kapillaarikatko-kerros, alustäyttö ja maapohja	Rakennusosassa esiintyy yleisesti home- ja mikrobikasvua, joten homehtumisriskin arviointi ei ole tarkoituksenmukaista. ⁴⁾		

¹⁾ Joissain tapauksissa voi olla tarpeen arvioida rakenteessa vallitsevan kosteustason lisäksi tarkastelupisteessä olevan, mikrobien ravintona toimivan orgaanisen aineksen määrää.

²⁾ Materiaalin kosteuspitoisuudessa RH ≤ 75 % homehtumisriski on vain hyvin herkillä materiaaleilla, yli 20 °C lämpötilassa kosteusrasituksen esiintyessä tasaisena useiden kuukausien ajan. Vertaa luku 6, kuva 6.5 ja taulukko 6.5.

³⁾ Edellyttää kokonaistilanteen huomioimista perustuen yleensä kokemuseräiseen tietoon rakenteen toiminnasta.

⁴⁾ Vesivuototapauksissa korjaukselta voidaan joissain tapauksissa välttyä, jos rakenne kuivatetaan riittävän nopeasti.

⁵⁾ Lukuun ottamatta poikkeustapauksia, joissa kosteuspitoisuus voi olla >90 % tai kapillaarialueella pitkiä aikoja. Näitä ovat mm. märkätilan vedeneristeen päällä olevat rakenteet eli laatan kiinnityslaasti, saumalaasti ja keraaminen laatta, märkätilan bitumivedeneristeen päällä oleva betoninen pintalaatta sekä huoneistojen välinen märkätilan betoniseinä, jossa on suihkutila seinän molemmilla puolilla.

⁶⁾ Maaperässä oletetaan olevan suunnittelun lähtökohtana huokosilman suhteellinen kosteus 100 %, mutta kosteus voi olla ajoittain jopa kapillaarialueella. Alapohjarakenteen toimivuutta ei voida arvioida pelkästään rakenteiden alapuolisen kosteustason perusteella.

Kuva 12. Ohjeellisia arvoja rakenteiden homehtumisriskin arvioimiseen ottaen huomioon kosteuspitoisuuden, lämpötilan ja ajan (Pitkäranta 2016)

2.4 Rakennuksen painesuhteet ja tiiveys

Rakennuksen painesuhteet ja tiiveys ovat merkittävässä osassa rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Väärin säädetyllä ilmanvaihdoilla voidaan pilata muutoin terve rakennus. Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat tuuli, savupiippuvaikutus, ilmanvaihto, tilojen käyttö sekä kaikkien edellä mainittujen yhteisvaikutus (Pitkäranta M 2016). Paine-erot aiheuttavat rakennuksessa ilmamassojen siirtymistä huonetilojen ja kerrosten välillä sekä ulkoseinärakenteen läpi (Pitkäranta M 2016). Virtaavien ilmamassojen mukana siirtyy lämpöä, kosteutta sekä epäpuhtauksia, joita ovat esimerkiksi erilaiset hiukkaset, mineraalivillan kuidut, hajut, radon ja mikrobeista peräisin olevat epäpuhtaudet (Pitkäranta M 2016). Miia Pitkäranta (2016) on listannut Ympäristöministeriölle laaditussa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -oppaassa seuraavia mahdollisia epäpuhtauksien lähteitä:

- huoneiden vaurioituneet pintamateriaalit
- ilmanvaihtojärjestelmä
- rakenteiden sisällä olevat materiaalit
- rakennuksen alapuolinen maaperä
- ulkoilma
- ympäröivien tilojen epäpuhtaudet

- korjattujen tilojen pinnat, joihin on ennen korjausta absorboitunut epäpuhtauksia (puoli haihtuvia ja haihtuvia)

(Pitkäranta M 2016).

Suomessa asuinrakennukset, toimistot ja oleskelutilat suunnitellaan alipaineiseksi, jotta rakennuksen sisäiset kosteuslähteet kuten ihmiset, peseytyminen, ruoanlaitto ja kasvillisuus eivät pääsisi aiheuttamaan kosteuskonvektion kautta rakenteisiin kosteusvaurioita (Pitkäranta M 2016; RIL 250-2011 2011). Alipaineistetuissa tiloissa tulee pitää huoli, että korvausilma tulee hallitusti tuloilmaventtiileiden tai raitisilmanottoaukkojen kautta. Rakennukset pyritään rakentamaan mahdollisimman tiiviiksi, mutta liitoskohdissa havaitaan usein vuotoja ja mikäli tuloilman otto ei ole hallittua, niin alipaineistetuissa rakennuksissa huoneilmaan saattaa kulkeutua epätiiveyskohdista epäpuhtauksia (Pitkäranta M 2016). Tyypillisimpiä epätiiveyskohtia ovat alapohjan ja ulkoseinärakenteen liitoskohdissa sekä ikkunoiden karmien ja ulkoseinärakenteen liitoskohdissa (Pitkäranta M 2016). Rakennusten onnistuneella tiivistämisellä on seuraavia myönteisiä vaikutuksia Miia Pitkärannan (2016) mukaan:

- energiankulutus laskee
- kosteuskonvektio estyy
- epäpuhtauksien kulkeutumisen estäminen huoneilmaan
- vedontunteen vähentyessä asumisviihtyvyys paranee
- ilmastäneristävyys voi parantua

(Pitkäranta M 2016). Rakennusten tiiveyttä voidaan todentaa esimerkiksi tekemällä rakennukseen painekokeita, lämpökuvauksia, silmämääräisiä tarkastuksia sekä merkkiainekokeita.

Epätiiveyskohdista tapahtuvat ilmavirtaukset voivat kastella tai kuivattaa rakenteita. Ulkoseinärakenteen läpi kulkeutuvat hallitsemattomat ilmavirtaukset yleensä viilentävät rakenteita ja sisäilmaa, jolla on usein negatiivinen vaikutus energiankulutukseen. Talviaikaan rakenteiden läpi virtaavilla ilmavirtauksilla alipaineistetussa rakennuksessa on myös toisaalta myönteinen vaikutus; rakenteiden kuivattaminen. Ylipaineisissa rakennuksissa kostea ja lämmin sisäilma siirtyy sisältä ulospäin ja näin ollen rakennuksen epätiiveyskohdista voi vuotaa rakenteisiin aiheuttaen merkittäviä kosteusvaurioita. Ylipaineisia tiloja löytyy tyypillisesti rakennusten yläosista savupiippuvaikutuksesta johtuen ja näin ollen kosteuskonvektion aiheuttamia vaurioita on usein yläpohjarakenteissa. (Pitkäranta M 2016)

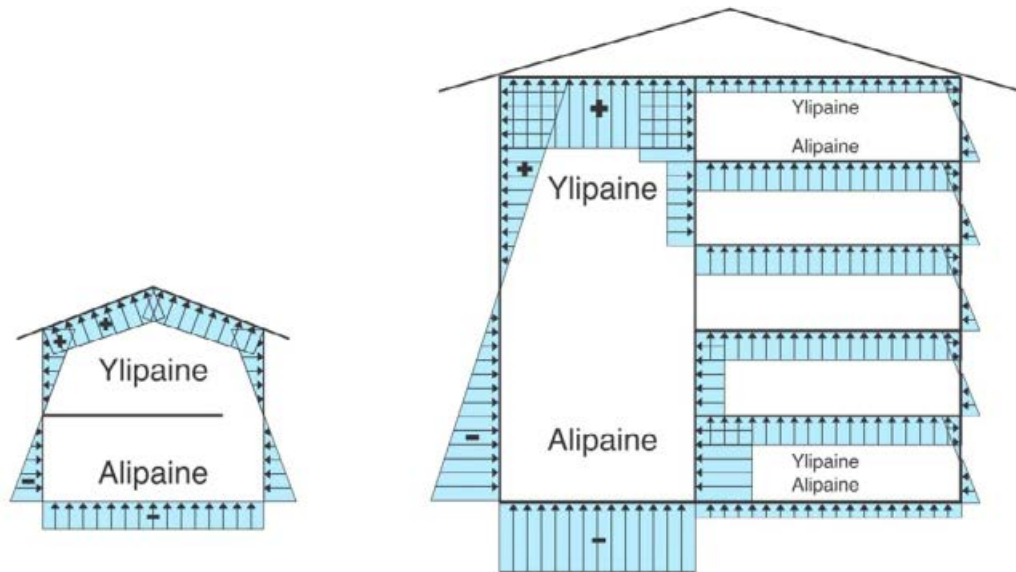
Tuulen aiheuttama paine rakennukseen on riippuvainen tuulen nopeudesta, suunnasta ja rakennuksen geometriasta. Tuuli aiheuttaa kohtaamansa rakennuksen seinäpintaan ylipainetta ja sivuseinille sekä takimmaiselle seinälle alipainetta. Näitä tuulen muodostamia painejakaumia ilmaistaan muotokertoimilla, jotka ovat ylipaineelle positiivisia ja alipai-

neelle negatiivisia. Kattojen osalta harjakaton suojan puoleinen lape ja tasakatot ovat alipaineisia. Paine-eron määrittäminen tehdään sisään ja ulos virtaavan ilman massatasapainoon perustuen. Sisäpuolen paineeseen vaikuttavat tuulen suunta ja aukkojen sijainti. Mikäli rakennuksen aukot ja epätiiveyskohdat sijaitsevat tuulta vasten, syntyy rakennuksen sisälle ylipaine ja, jos taas aukot ja epätiiveyskohdat sijaitsevat suojaisalla puolella tuuleen nähden, niin rakennukseen syntyy alipaine. Rakenteiden yli vaikuttavan paine-eron voi laskea kaavan 1 mukaisesti, jossa Δp tarkoittaa paine-eroa [Pa], μ_u rakenteen ulkopuolista muotokerrointa, μ_s rakenteen sisäpuolista muotokerrointa, ρ ilman tiheyttä [kg/m^3], joka on kuivalle ilmalle $+20\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa $1,205\text{ kg/m}^3$ ja v tarkoittaa tuulen nopeutta [m/s]. (Pitkäranta M 2016)

$$\Delta p = (\mu_u - \mu_s) * \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

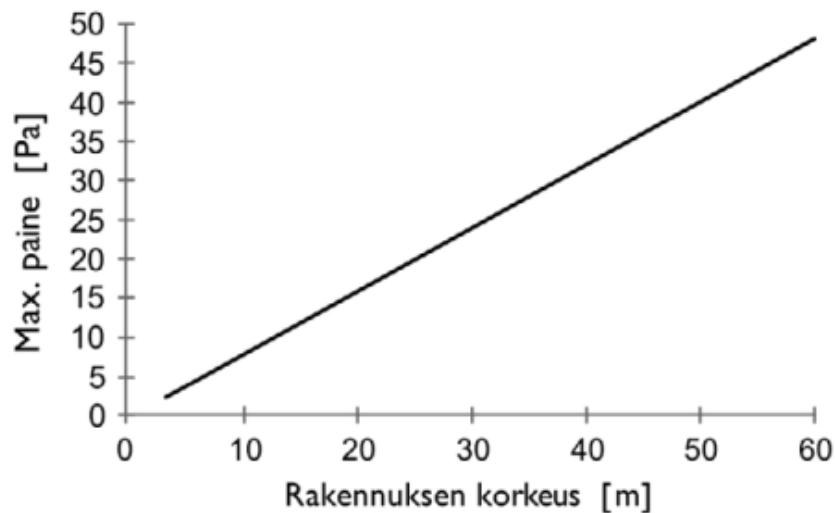
Rakennuksen pintojen muotokertoimia löytyy Pitkärannan mukaan kirjallisuudesta (mm. standardoimisliitto SFS), joihin viitaten Pitkäranta on esittänyt rakennuksen sisäpuolella muotokertoimena usein käytettävän $-0,3$. Tuulenpuoleisen seinän painekerroin liikkuu $+0,7 \dots +0,8$ välillä ja suojanpuoleisen seinän $-0,3 \dots -0,7$ välillä. (Pitkäranta M 2016)

Savupiippuvaikutuksella tarkoitetaan rakennuksessa ulko- ja sisäilman lämpötilaerojen aiheuttamaa paine-eroa. Esimerkiksi talvella rakennukseen tuleva huoneilmaa viileämpi korvausilma tai epätiiveyskohdista vuotava kylmä ulkoilma aiheuttaa rakennuksen sisälle ilmamassan kerrostumista, jossa kevyt lämmin ilma kohoaa rakennuksen yläosaan ja ras-kaampi viileä ilma kasaantuu alaosaan. Tämä lämpimän ilman nouseminen aiheuttaa rakennuksen yläosaan ylipaineen ja rakennuksen alaosaan alipaineen. Savupiippuvaikutuksen merkitys paine-erojen syntymiseen on suurin talviaikaan, jolloin ulko- ja sisäilman välinen lämpötilaero on suuri. Kuvassa 13 on esitetty sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen vuoksi aiheutuva painejakauma rakennuksessa. (Pitkäranta M 2016)



Kuva 13. Rakennuksen ulkoseinän yli muodostuva painejakauma sisä- ja ulkolämpötilaerojen vuoksi (Pitkäranta M 2016)

Savupiippuvaikutus voimistuu rakennuksen vapaan tilan korkeuden kasvaessa. Pitkäranta M (2016) mukaan yli 10 m ja yli 20 m korkeat tilat erotetaan omaksi ryhmäksi rakennesuunnittelussa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi rakenteiden ilman ja vesihöyryn tiiveyden erityistä huomioimista rakenteita suunniteltaessa. Kuvassa 14 on esitetty rakennuksen vapaan tilan korkeuden vaikutus paineen suuruuteen +20 °C lämpötilassa. (Pitkäranta M 2016)

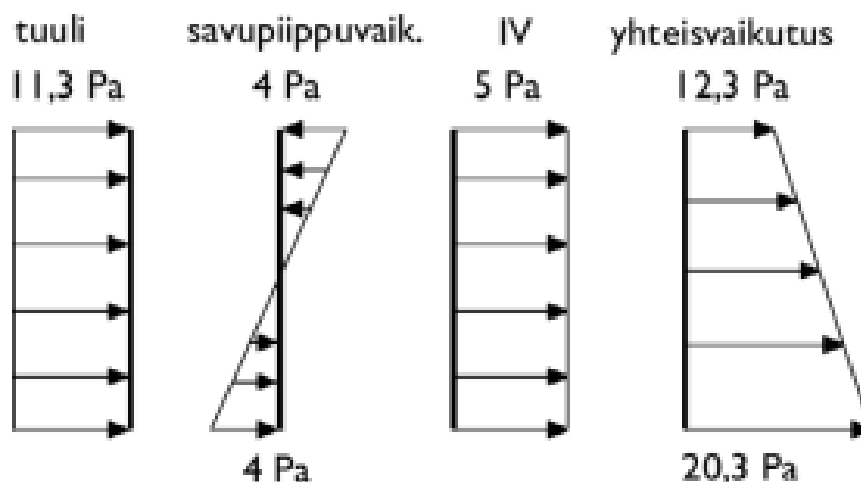


Kuva 14. Rakennuksen vapaan tilan korkeuden vaikutus paineen suuruuteen +20 °C lämpötilassa (Pitkäranta M 2016)

Rakennuksen ilmanvaihdon vaikutus vallitseviin painesuhteisiin rakennuksen ulkoseinien yli ja rakennuksen sisällä on riippuvainen paljon ilmanvaihdon ratkaisusta ja teh-

dyistä säädöistä. Pitkäranta M (2016) on viitannut *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* -oppaassa *Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D2* määritelmään ilmanvaihtojärjestelmistä ja selostanut sieltä määräyksen kohdan seuraavasti: ”ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava siten, ettei se aiheuta vesi-, kosteus- tai muita vahinkoja” (Pitkäranta M 2016). Pitkäranta M (2016) mukaan tämä edeltävä rakennusmääräyksen kohta tarkoittaa, että rakennusteknisesti lämpöisiä sisätiloja ei saisi ylipaineistaa ilmanvaihdon avustuksella (Pitkäranta M 2016). Rakennusten sisätilojen tavoitteellisena paine-erona vaipan yli on 0...-2 Pa ja rappukäytävään 0 Pa käytettäessä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa (Pitkäranta 2016). Pitkäranta M (2016) viittaa *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* -oppaassa Valviran 2016 vuonna julkaisemaan *Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeeseen*, jonka mukaan, Pitkärannan sanoin, alipaineisuuden syy tulee selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa, mikäli alipaineisuus ylittää 15 Pa (Pitkäranta M 2016). Rakennuksissa voi olla seuraavia ilmanvaihtojärjestelmien perusratkaisuja: painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto tai painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon yhdistelmä.

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavan savupiippuvaikutuksen, tuulen ja ilmanvaihdon yhteisvaikutus rakennuksen vaipan yli on laskettavissa näiden yksittäisten tekijöiden aiheuttamien paine-erojen summista. Kuvassa 15 on esitetty esimerkki tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon aiheuttamien paine-erojen yhteisvaikutus rakennuksen tuulen puoleisen ulkoseinän yli. Kuvan 15 mukaisessa esimerkkitapauksessa tuuli, savupiippuvaikutus ja ilmanvaihto muodostavat yhteisvaikutukseltaan rakennuksen tuulen puoleisen ulkoseinän yli 12,3 Pa alipaineen rakennuksen yläosaan ja 20,3 Pa alipaineen rakennuksen alaosaan. (Pitkäranta M 2016)



Kuva 15. Tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon aiheuttama paine-erojen yhteisvaikutus rakennuksen ulkoseinän yli esimerkkitapauksessa (Pitkäranta M 2016)

2.5 Sisäilman laadun terveysvaikutukset ja kustannukset

Ihminen viettää nykyään 80 – 90 % ajastaan sisätiloissa, joten sisäilman laatu on tärkeässä asemassa terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Tärkeimmistä ympäristön aiheuttamista terveyshaitoista useat johtuvat epäpuhtaasta hengitysilmosta (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2016). Tilojen käyttäjien kokema sisäilman huono laatu voi johtua monista eri tekijöistä. Nämä tekijät voidaan jakaa vakavuutensa perusteella haittatekijöihin sekä terveyttä uhkaaviin tekijöihin. Terveyttä uhkaavat tekijät ovat sellaisia, jotka altistavat tilojen käyttäjiä erilaisille sairauksille. Altistuminen ei tarkoita suoraan sairastumista, vaan altistumisajan kuluessa kasvavaa riskiä sairastua. Tämä alaluvun alaluku käsittelee kosteus- ja homevaurioista johtuvia terveyshaittoja ja kustannuksia laajemmin.

Sisäilman todetuista ongelmista suurin osa on tilojen käyttäjien haittana kokemia ongelmia, jotka eivät täytä sairastumisen kriteerejä. Tällaisia haittoja ovat muun muassa tunkkainen ilma, epämiellyttävä huonelämpötila, veto ja haju. Nämä haitat kuitenkin vaikuttavat suuresti tilojen käyttäjien viihtyvyyteen ja työtehoon. Sisäilman haitat voivat aiheuttaa tilojen käyttäjille myös erilaisia oireita; nuhaa, yskää, limakalvojen kuivumista, päänsärkyä, väsymystä ja silmien oireilua. (Sisäilmayhdistys 2016)

Terveyttä uhkaavia sisäilmaongelmia aiheuttavat muun muassa radon, sisäilman pienhiukkaset kuten pöly, homesienen itiöt ja bakteerit sisäilmassa sekä sisäilmaan haihtuneet orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet. Kosteusvauriosta johtuviin terveyttä haittaaviin sisäilmaongelmiin lukeutuvat edeltävistä homeitiöt ja orgaaniset yhdisteet. Radon ja tupakansavu sisäilmassa lisäävät keuhkosityövän riskiä altistuneille henkilöille (Sisäilmayhdistys 2016). Sisäilman pienhiukkaset, kuten pöly, voivat aiheuttaa erilaisia allergioita. Homesienen itiöt ja bakteerit voivat aiheuttaa hajuhaittaa, silmien punoitusta, kutinaa, hengitystieoireita kuten nuhaa, kurkun karheutta, äänen menetystä, yskää, hengen ahdistusta, sekä keskushermostollisia oireita kuten päänsärkyä ja väsymystä (Haahtela 2009; Sisäilmayhdistys 2016). Näiden lisäksi homesientien itiöiden ja bakteereiden on todettu altistavan homepölykeuhkoon ja allergiseen nuhaan (Sisäilmayhdistys 2016). VOC-yhdisteet, kuten formaldehydi, voi aiheuttaa altistuneille henkilöille ihon oireilua (Sisäilmayhdistys 2016).

Työterveyslaitoksen tekemä Kosteus- ja homeongelmat Suomessa -tutkimus käsittelee muun muassa kosteusvaurioituneiden rakennusten terveydellisiä vaikutuksia tilojen käyttäjiin (Työterveyslaitos 2013). Kuvasta 16 ilmenee IOM:n, WHO:n ja Mendellin tekemien tutkimusten johtopäätökset sairauksien ja oireiden ilmenemisille. Vakavimpana näistä sairauksista ja oireista voidaan pitää astman syntymistä, joka on elinikäinen sairaus. WHO ja Mendell ovat molemmat saaneet tutkimuksissaan riittävää näyttöä astman puhkeamisen ja kosteus- sekä homevaurion välisestä yhteydestä. Tilastotietojen mukaan Suomessa kirjataan vuosittain keskimäärin 100 uutta ammattitautia johtuen kosteusvauriohomeista (RIL 250-2011 2011).

Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys

Tutkimusten perusteella todettu näyttö kosteusvaurioihin liittyvistä oireista ja sairauksista (ET=ei tutkittu)

Sairaus tai oire	IOM:n johtopäätös (2004)	WHO johtopäätös (2009)	Mendell ym. (2011) johtopäätös
Astman paheneminen	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö (vahva viite aiheuttamisesta)
Astman syntyminen	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Yskä	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Hengityksen vinkuminen	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Hengenahdistus	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Ylempien heng. teiden oireet	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Allerginen nuha	ET	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö
Heng. tieinfektiot	ET	Riittävä näyttö (paitsi välikorvan tulehdus)	Riittävä näyttö
Keuhkoputkentulehdus	ET	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö
Homepölykeuhko	(Yhteys perustuu kliiniseen näyttöön)	(Yhteys perustuu kliiniseen näyttöön)	Riittämätön näyttö
ODTS	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET
Maha-suolisto-oireet	Riittämätön näyttö	ET	ET
Heikotus	Riittämätön näyttö	ET	ET
Neuropsykologiset oireet	Riittämätön näyttö	ET	ET
Syöpä	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET
Reuma ja muut immunologiset sairaudet	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET
Lisääntymisterveys	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET



Työterveyslaitos

25.3.2013

Esittäjän nimi

© Työterveyslaitos - www.ttl.fi

Kuva 16. Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys (Reijula K 2013)

Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu Rakennusten kosteus- ja homeongelmat nostaa esille myös kosteus- ja homevaurioista aiheutuneita terveyteen liittyviä kustannuksia, jotka ovat 23 – 953 miljoonaa euroa. Suomen rakennuskannan merkittävien kosteusvaurioiden korjaamiskustannukset ovat 1,2 – 1,6 miljardia euroa. (Reijula K 2012) Merkittävä kosteusvaurio on määritelty seuraavasti: *merkittävä kosteus- ja homevaurio voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille (muun muassa mikrobiperäisille) epäpuhtauksille on todennäköistä* (Reijula K 2012). Julkaisussa on myös arvioitu, että 1,5 miljardin euron kertaluontoinen panostus merkittävien kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten korjaamiseen maksaisi itsensä takaisin kolmessa vuodessa kansantaloudellisen hyödyn kautta (Reijula K 2012).

2.6 Yhteenveto rakentamisen kosteustilanteista fysikaalisena ilmiönä ja niiden seuraamusvaikutuksista

Rakentamisen kosteustilanteet fysikaalisina ilmiöinä ovat hyvin monimuotoinen ja laaja kokonaisuus, jonka ymmärtäminen koostuu lukuisten yksittäisten tekijöiden ja niiden eri yhdistelmien tuntemuksesta. Kosteus- ja homevaurioita välttääkseen rakennuksen kaik-

kia kosteuslähteitä tulisi pystyä käsittelemään hallitusti kaikissa eri tilanteissa. Rakennuksen materiaalivalinnoilla on myös suuri vaikutus kosteus- ja homevaurioiden ilmeneeseen ja erityisesti homevaurioiden syntymiseen taulukon 1 homehtumisherkkyyssluokkien mukaisesti. Rakennuksen painesuhteet ja tiiveys ovat rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden kannalta tärkeässä asemassa, mutta niillä on myös suuri merkitys sisäilmanlaatuun terveissäkin rakennuksissa; korvausilman hallittu ottaminen ulkoilmasta.

Rakentamisen kosteustilanteiden fysikaalisten ilmiöiden hallinnan pettäminen voi aiheuttaa rakennuksiin kosteus- ja homevaurioita, joilla voi olla haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen. *Kappaleen 2.6* mukaisesti Työterveyslaitoksen tekemä Kosteus- ja homeongelmat Suomessa -tutkimus arvioi kosteus- ja homevaurioista aiheutuvien terveyteen liittyviä kustannuksien olevan 23 – 953 miljoonaa euroa (Reijula K 2012). Edellä mainittu tutkimus ottaa myös kantaa Suomen rakennuskannan korjaustarpeeseen kertoen, että merkittävien kosteus- ja homevaurioiden korvauskustannukset ovat 1,2 – 1,6 miljardia euroa, joka tarkoittaa, että 1,5 miljardin kertaluontoinen panostaminen merkittävästi kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten korjaamiseen voisi tulla maksamaan itsensä takaisin kolmessa vuodessa kansantaloudellisen hyödyn kautta (Reijula K 2012). Reijulan tekemän tutkimuksen mukaan rakentamisen kosteustilanteiden fysikaalisten ilmiöiden hallinta on pettänyt lukuisten nykyisten rakennusten osalta. Jotta tulevaisuudessa rakennettavat tai korjattavat rakennukset olisivat terveellisimpiä asuttavia, niin rakentamiseen tulisi kehittää toimivia ratkaisuja terveellisten asuinolojen takaamiseksi koko suunnitellun rakennuksen elinkaaren ajaksi. Olemassa olevista ratkaisuista on luettavissa luvusta 3. *Rakentamisen kosteudenhallinnan ratkaisut.*

3. RAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLINNAN RATKAISUT

Tämän luvun tarkoituksena on esitellä olemassa olevia ratkaisuja rakentamisen kosteudenhallintaan. Luku perehdyttää lukijaa kosteudenhallintaan käsitteenä, työmaaolosuhdeiden hallintaan, kuivaketjuun käsitteenä, erilaisiin kosteudenhallintaa varten tehtyihin työkaluihin, lainsäädäntöön sekä tulevaisuuden haasteisiin. Luvun tavoitteena on antaa lukijalle laaja näkemys käytössä olevista kosteudenhallinnan ratkaisuista. Luku perehdyttää lukijan myös 1.1.2018 lainsäädännöllisesti pakolliseksi tulleeseen kosteudenhallintaselvitykseen ja työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan.

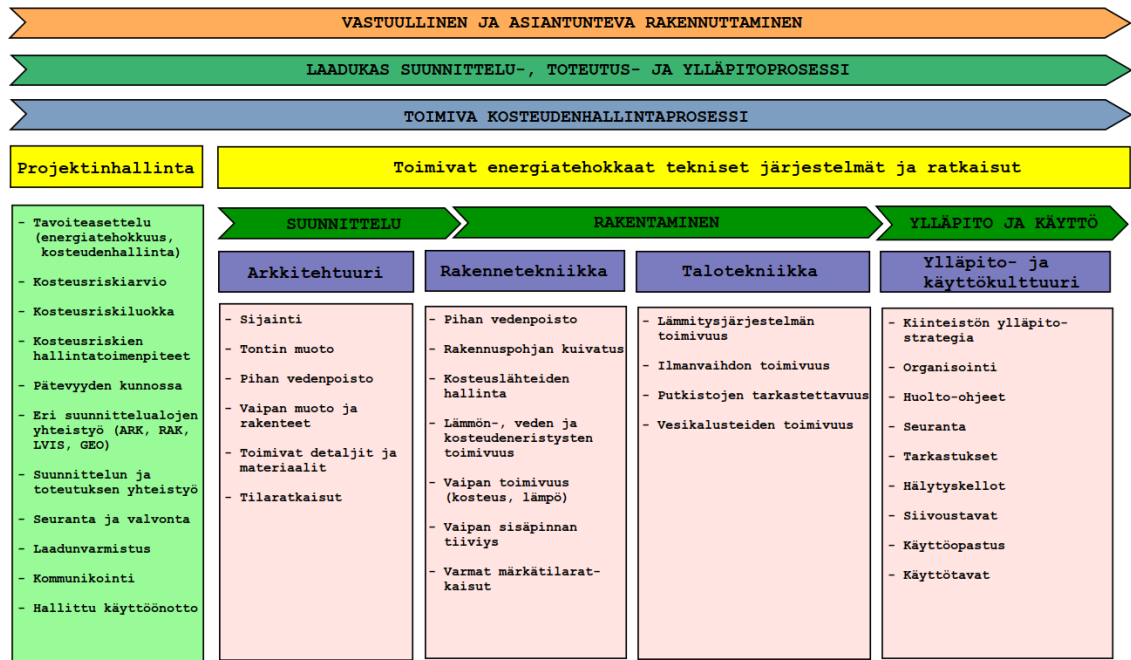
3.1 Kosteudenhallinta käsitteenä

Kosteudenhallinnan tarkoituksena on estää ylimääräisen ja vaurioita aiheuttavan kosteuden syntyminen rakenteisiin. Kosteudenhallinta ottaa huomioon niin veden, lumen, jään kuin myös höyryn aiheuttamat riskitekijät. Rakentamisen kosteudenhallintaa kontrolloidaan suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon ja käytön keinoin. (RIL 250-2011 2011)

Kosteudenhallinta.fi (2017) jakaa rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessiin osallistuvat osapuolet karkeasti rakennuttajaan, suunnittelijoihin, toteuttajiin, materiaalitoimitajiin sekä käyttäjään. Jokaisen edellä mainitun osapuolen tulee huolehtia omalta osaltaan rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessin onnistumisesta. (Kosteudenhallinta.fi 2017)

Kosteudenhallinnan tärkeyttä tulee korostaa hankkeiden aikana kuin myös käytössä olevien rakennusten osalta. Kosteudenhallinnan tulee alkaa jo hankkeen alkuvaiheessa rakennuttajan tavoiteasettelusta ja liittyä siitä eteenpäin jokaisen hankkeeseen ja valmiin rakennuksen käyttöön liittyvän osapuolen tehtäviin. Kosteudenhallinnan pettäessä on riskinä, että rakennukseen syntyy kosteus- ja homeongelmia, joiden syy on usein monesta tekijästä johtuva summa. Yksittäisiksi ongelmien aiheuttajiksi RIL 250-2011 (2011) listaa virheet suunnittelussa, rakentamisvaiheessa, rakennuksen ylläpidossa tai käytössä, sekä laiminlyönnit ja puutteellisesti korjatut vauriot. (RIL 150-2011 2011)

Rakennushankkeen kosteudenhallinnan ja homevaurioiden estämisen pääkohtien esittämiseksi RIL 250-2011 (2011) sisältää kuvan 17 mukaisen kaavion.



Kuva 17. Rakennushankkeen kosteudenhallinnan ja homevaurioiden estämisen pääkohdat (RIL 250-2011 2011)

Kuvan 17 mukaisesti RIL 250-2011 (2011) painottaa rakennuttajan tai rakennushankkeeseen ryhtyvän, toisin sanoen rakennuttamisesta vastaavan osapuolen, huolehtimisvelvollisuutta siitä, että suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan lakeja ja määräyksiä. Velvoitteisiin kuuluu muun muassa hankkeen tavoiteasettelussa kosteudenhallintaan liittyvien laatumäärittäysten määrittäminen sekä niiden toteutumisesta huolehtiminen. Rakennushankkeen alussa rakennuttajan tulee asiantuntijoiden avustamana asettaa kosteudenhallinnan laatutavoitteet hankkeelle, tehdä alustavan riskiarvio ja määrittää kosteusriskiluokka. Riskiarvion tarkoituksena on määrittää rakennushankkeen kosteustekniset riskit, joiden perusteella voidaan määrittää kosteusriskiluokka. Kosteusriskiluokan määrittämisellä pyritään kohdistamaan kriittisiin kohtiin riittävästi laadunvarmistustoimenpiteitä sekä voidaan valita hankkeelle tehtäväksi tarkempi riskianalyysi, jota voidaan käyttää menettelytapojen määrittämiseen. Menettelytapojen määrittämisellä tarkoitetaan toimenpiteiden arvottamista esimerkiksi normaaliksi tai tehostetuksi. (RIL 250-2011 2011)

Rakennushankkeen kosteusteknisten riskien hallitsemisen tärkeänä työkaluna toimii kosteudenhallintasuunnitelma, jonka suunnittelijat tekevät suunnitteluvaiheen aikana ja, jota täydennetään hankkeen edetessä. Kosteudenhallintasuunnitelma siirtyy soveltavin osin myös ylläpidon käyttöön, toimimaan esimerkiksi ylläpidon tärkeimmän työkalun, huoltokirjan, lähtötietona. (RIL 250-2011 2011)

Kosteusteknisen toimivuuden tulee olla rakennushankkeen tärkeimpiä määräysten mukaisia vaatimuksia. Määräysten mukaiset muut vaatimukset rakennushankkeelle ovat lujuus, vakavuus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, meluntorjunta, energiatalous sekä lämmöneristys. Suunnittelijoiden ja toteutusorganisaation tulee näiden

vaatimusten pohjalta tuottaa teknisesti toimiva kokonaisuus, jossa edellä mainitut kaikki vaatimukset tulee täyttyä rakennuksen koko elinkaaren ajan. (RIL 250-2011 2011)

Työmaaorganisaatio tekee toteutusta varten työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelman, jonka perustana toimivat suunnittelijoiden tekemä kosteudenhallintasuunnitelma sekä rakennuttajan asettamat laatutavoitteet (RIL 250-2011 2011). Sisäilmayhdistys (2017) määrittelee työmaan kosteudenhallinnan tavoitteiksi kosteusvaurioiden syntymisen estämisen, rakenteiden riittävän kuivuuden varmistamisen ilman aikatauluviivytyksiä, kuivatustarpeen vähentämisen sekä materiaalihukan pienentämisen. Työmaan kosteudenhallinnalla pyritään takaamaan tilojen käyttäjille terveellinen ympäristö sekä saamaan säästöjä rakentamisen kustannuksiin (Sisäilmayhdistys 2017.) Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa seuraaviin pääkohtiin RIL 250-2011 (2011) mukaan:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- olosuhdehallinta ja suojaus
- kosteus- ja tiiviysmittausuunnitelma
organisointi, seuranta, valvonta
- raportointi.

Kosteudenhallinnan minimitaso määräytyy lainsäädännön, rakennusvalvonnan, rakennushankkeeseen ryhtyvän/rakennuttajan toimesta. Lainsäädäntö luo perustan rakennushankkeen kosteudenhallinnalle ja jakaa lainsäädännölliset vastuut eri osapuolille. Rakennusalan lainsäädännöstä on luettavissa lisää kappaleesta 2.12 *Lakisääteisyys*. Rakennusvalvonnalla on Maankäyttö- ja rakennusasetuksen MRA 4 § mukaisesti tehtävinä valvoa kaavojen noudattamista, hoitaa lupakäsittelyt ja osaltaan valvoa rakennettua ympäristöä sekä rakennusten kunnossapitoa ja hoitoa (Ympäristöministeriö 1999b). Rakennusvalvonnalla on vaikutusvaltaa kosteudenhallinnan minimitason määrittämisessä, sillä heillä on oikeus vaatia rakennushankkeeseen ryhtyvää sisällyttämään rakennuslupahakemukseen alustavan kosteudenhallintasuunnitelman, kosteudenhallintaselvityksen tai vastaavan kosteudenhallintaa kuvaavan dokumentin. Kosteudenhallintaa kuvaavan dokumentin puuttuminen tai sen puutteellisuus voi antaa hylkäävän tuomion rakennuslupaa anottaessa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tai rakennuttajan on laadittava *Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta* momentin 12 § mukaisesti rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitys 1.1.2018 alkaen, josta tulee käydä ilmi hankkeen yleistiedot, kosteudenhallinnalle asetetut vaatimukset hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet sekä menettelyt vaatimusten varmentamiseksi sekä kosteudenhallintaan liitetyt henkilöresurssit (Ympäristöministeriö 2017). Kosteudenhallintaselvitys toimii lainsäädännöllisesti perustana työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimiselle *Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta* momentin 13 § mukaisesti (Ympäristöministeriö 2017). Rakennushankkeeseen ryhtyvän tai rakennuttajan asettama minimitaso rakennushankkeen kosteudenhallinnalle perustuu rakennushankkeen

kosteudenhallintaselvitykseen, mutta sitä voidaan myös korottaa sopimuksiin tehtävin kirjauksin.

3.2 Työmaaolosuhteiden hallinta

Työmaaolosuhteiden hallinnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla pyritään luomaan optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivumiselle sekä pyritään estämään rakenteiden sekä rakennusosien työmaa-aikainen kastuminen (RIL 250-2011 2011). Olosuhdehallinnan tavoitteeksi Merikallio T asettaa *Rakennustyömaan kosteudenhallinta* -ohjeistuksessaan sellaisten olosuhteiden luomisen työmaalle, että rakennuksen kosteusriskit voidaan minimoida ja rakennus voidaan rakentaa suunnitellussa aikataulussa erilaiset olosuhteet huomioon ottaen (Merikallio 2002). Kosteudenhallintaa ajatellen rakennustyömaan olosuhteiden hallinnan tavoitteena on varmistaa terveellinen rakennus.

3.2.1 Sääsuojaus ja kastumisen estäminen

Sääsuojauksen tarkoituksena on estää työmaalla sateesta johtuvan ylimääräisen kosteuden pääsy rakennusosiin ja rakenteisiin. Liiallinen kosteus rakennusmateriaaleissa ja -osissa voi aiheuttaa kuivatustarpeen lisääntymistä ja vaurioitumisen kautta ylimääräistä materiaalihukkaa (RIL 250-2011 2011). Kastuneet materiaalit ja rakennusosat voivat myös aiheuttaa rakennuksen asumisterveydelle riskin tulevaisuudessa (RIL 250-2011 2011). Sääsuojauksen ja kastumisen estämisen onnistumiseksi tulee keskittää huomiota muun muassa seuraaviin asioihin:

- materiaalien suojaus
 - työmaalle saapuvat materiaalit ja rakenneosat suojataan kastumiselta ja tarvittaessa kostumiselta välivarastoinnin ja asennuksen aikana
 - keskeneräisten rakennuksen osien suojaaminen rakenneosien asentamisen jälkeen niiltä osin kuin on tarpeellista
 - työmaasuunnittelussa tulee ottaa huomioon materiaalien varastointialueet
 - materiaalien varastoinnissa tulee noudattaa materiaalitoimittajien ohjeistuksia, jotta oikea varastointi- ja suojausmenetelmä tulee valituksi
 - elementtien ja muiden materiaalien toimittajilta tulee edellyttää riittävän laadukasta kuljetuksen aikaista suojausta
 - rakennuksen valmiin rungon sisälle varastoitaessa tulee pitää huoli, etteivät varastoidut materiaalit hidasta rakenteiden kuivumista
 - työmaalle tulevan materiaalivirran vastaanoton, välivarastoinnin ja suojaamisen, sekä siirtojen varastointipaikalta rakennuskohteeseen tulee olla suunniteltua ja hallittua
- materiaalitoimitusten aikataulut

- materiaalitoimitukset on hyvä tilata täsmälleen sille ajankohdalle, kun niitä tarvitaan (ns. täsmätoimitukset), sillä työmaalla varastointi muodostaa usein ylimääräisen riskitekijän
- materiaalitoimitusten aikataulutuksen tulee olla hallittua ja valvottua, jotta tuleviin toimituksiin osataan olla työmaalla valmiina
- runkorakenteiden suojaus
 - tiivistä höyrynsulkukermiä voi käyttää rakennuksessa väliaikaisena vesikatteena
 - kattotuolit ovat suositeltavia toteuttaa elementteinä, sillä elementtien asentaminen on paljon nopeampaa mitä paikalla rakennettujen kattotuolien toteutus
 - aluskate tulisi saada nopeasti paikoilleen
 - sadevedet tulee ohjata runkovaiheessa hallitusti pois holveilta imuroimalla tai käyttämällä pysyvää tai väliaikaista viemärijärjestelmää, jotta estetään veden valuminen holvilta seinärakenteisiin tai alempiin kerroksiin
 - talvirakentamisessa lumen poistamisen tulisi tapahtua pääasiallisesti mekaanisesti, ei sulattamalla
 - holvissa olevat aukot ja saumat tulee suojata, jotta vesi ei pääse valumaan alempiin kerroksiin
 - sadeveden kulkeutuminen ulkoseinärakenteisiin pyritään estämään
 - rakennuksen aukot pyritään saamaan umpeen mahdollisimman nopeasti joko väliaikaisin suojauksin tai lopullisin ovin ja ikkunoin
 - alakerroksissa olevia kosteudelle alttiita työvaiheita ei saa aloittaa ennen kuin vesikatto on saatu tiiviiksi
 - kevytelementit tulee suojata muovikalvolla, joka poistetaan ennen päällekkäisten elementtien asennusta
 - vesikaton rakenteiden toteutusta varten laaditaan erillinen suojaussuunnitelma
- työnaikaisten vesivahinkojen torjunta
 - varaudutaan ennalta työnaikaisten vesivahinkojen varalle hankkimalla työmaalle muun muassa vesi-imuri ja varmistamalla, että kuivauslaitteille on nopea saatavuus tarvittaessa
 - huolehditaan työnaikaisten käyttövesien poistamisesta kerroksista
 - vesivahinkojen aiheuttaja korjataan ja vesi poistetaan välittömästi
 - erityistä huomiota tulee kiinnittää lämmitysvesiverkoston, käyttövesiverkoston ja vesipisteiden mahdollisiin vuotoihin
 - vesipisteiden rakennustyönäikainen käyttö tulee olla suunniteltua ja mikäli rakennuksen sisällä olevia vesipisteitä käytetään rakennustyön aikana, tulee varautua vesipisteiden ympäröivän alueen suojaamiseen vesiroiskeilta ja esimerkiksi vesiasian kaatumisen varalta

- työnaikaisia vesivahinkoja voivat aiheuttaa esimerkiksi työnaikaisten aukkojen vuodot, kastelemalla suoritettu betonirakenteiden jälkihoito, betoniasema ja betonimyllyt, LVI-laitteistojen vuodot, timanttiporaukset ja muut vettä käyttävät työsuoritukset
- LVI-laitteistojen vesivuotojen ehkäisemiseksi verkostot tulisi koeponnistaa ennen niiden täyttämistä
- materiaalivalinnat
 - oikeilla materiaalivalinnoilla voidaan vähentää veden mahdollisesti aiheuttamia vaurioita ja riskejä
 - kastumista kestäville materiaaleille voidaan parantaa sääsuojauksen ja kastumisen estämisen onnistumisen varmuutta. (Sisäilmayhdistys 2017)

Kuvassa 18 on nähtävissä rakennuksen ylle asennettu Ramirentin sääsuojatelta, jonka korkeutta voidaan säätää rungon noustessa ylöspäin.



Kuva 18. Rakennuksen ylle asennettu sääsuojatelta (Ramirent 2018)

3.2.2 Rakenteiden kuivuminen ja olosuhteiden seuranta

Optimaalisia kuivumisolosuhteita tehtäessä on hyvä tuntea ilman fysikaaliset ominaisuudet. Ilman fysikaalisista ominaisuuksista puhuttaessa esiin nousevat seuraavat tekijät:

lämpötila (°C), kosteussisältö (g/m³) ja suhteellinen kosteus RH (%). Ilman kosteussisältö kertoo kuinka paljon ilmaan voi sitoutua vesihöyryä tietyssä lämpötilassa – mitä lämpimämpää ilma on, sitä suurempi on sen maksimi kosteussisältö. Ilman suhteellinen kosteus kertoo, kuinka suuri prosenttiosuus ilman maksimi kosteussisällöstä on täytettyä tietyssä lämpötilassa. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa 100%, sen sisältämä vesihöyry tiivistyy vedeksi. Esimerkiksi +20°C lämpötilassa olevaan ilmaan voi sitoutua vesihöyryä enintään 17,28 g/m³ ja -20°C olevaan ilmaan enintään 0,89 g/m³ (RIL 250-2011 2011). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että viilennettäessä +20°C lämpötilassa olevaa RH 100% olevaa ilmaa suljetussa tilassa aina -20°C lämpötilaan asti, ilmasta tiivistyy vettä 17,28 g/m³ - 0,89 g/m³ = 16,39 g/m³.

RIL 250-2011 (2011) ohjeistaa, että rakenteita kuivatettaessa sisäilman lämpötilan olisi hyvä olla +20°C ja ilman suhteellisen kosteuden enintään 50%. RIL 250-2011 (2011) pitää kuivatettavaa rakennetta ympäröivän ilman (sisäilma) lämpötilan nostamista tehokkaimpana tapana nopeuttaa rakenteiden kuivumista, sillä lämpötilaero kuivatettavan rakenteen ja sisäilman välillä, sekä sisä- ja ulkoilman välillä tehostavat rakenteen kuivumista. Nostamalla sisälämpötilaa saadaan sisäilman suhteellista kosteutta laskemaan, jolloin siihen voi sitoutua enemmän kosteutta. Sisäilman lämpötilan nostamisella on myös toinen rakenteiden kuivumista edesauttava seuraus – sisäilman lämpötilan nostaminen saa aikaan kuivatettavan rakenteen lämpötilan nousun, jolloin rakenteen sisäinen kosteutta siirtävä voima kasvaa. RIL 250-2011 (2011) esittää esimerkkinä betonin lämpötilan nostamisen 10°C:sta 30°C:seen, joka puolittaa betonin kuivumisajan. (RIL 250-2011 2011)

Rakennuksen sisätiloissa vallitseva suhteellinen kosteus RH riippuu ulkoilman suhteellisesta kosteudesta ja lämpötilasta sekä sisätilojen kosteustuotosta, jota voi olla esimerkiksi rakentamisen aikana betonin kuivuminen (RIL 250-2011 2011). Seuraavassa taulukossa 6 on esitetty rakennustyömaan sisäilman suhteellisen kosteuden RH:n muodostuminen suhteessa ulkoilman suhteelliseen kosteuteen ja lämpötilaan, sekä sisätilojen kosteustuotoon:

Taulukko 6. Rakennustyömaan sisäilman suhteellisen kosteuden riippuvuus ulkoilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta, sekä sisätilojen kosteustuotosta (RIL 250-2011 2011)

	Sisätilojen kosteustuotto 0 g/m ³	Sisätilojen kosteustuotto 3 g/m ³	Sisätilojen kosteustuotto 6 g/m ³
Ulkoilma -15°C, RH 85% = 1,2g/m³	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)		
Sisällä 0 °C	24	86	100

Sisällä 5 °C	17	61	100
Sisällä 15 °C	9	32	56
Sisällä 22 °C	6	21	37
Ulkoilma 0°C, RH 95% = 4,6g/m³	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)		
Sisällä 0 °C	95	100	100
Sisällä 5 °C	67	100	100
Sisällä 15 °C	36	59	83
Sisällä 22 °C	24	39	55
Ulkoilma +20°C, RH 70% = 12,1g/m³	Sisäilman suhteellinen kosteus RH (%)		
Sisällä 0 °C	94	100	100
Sisällä 5 °C	70	87	100
Sisällä 15 °C	53	66	79
Sisällä 22 °C	40	50	60

Kuten yllä olevasta taulukosta 6 on nähtävissä, ulkoilman lämpötilan vaikutus on suuri sisätilojen suhteellisen kosteuden muodostumisessa. Ulkoilman suhteellisen kosteuden keskimääräinen vaihteluväli on pieni (70-85%), mutta ulkoilman kosteussisällön vaihteluvuus taas suuri. Edellä mainitusta johtuen vuodenaikojen vaikutukset tulee ottaa huomioon olosuhteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Talvella, jolloin ulkoilman kosteussisältö on pienin, rakenteet saadaan parhaiten kuivumaan nostamalla sisäilman sekä kuivatettavan rakenteen lämpötilaa. Ulkoa tullut kosteussisällöltään alhainen ilma pystyy lämmitettynä sitomaan sisätiloissa runsaan määrän kosteutta. Osastoittain lämmitettävien rakenteiden kuivattamiseen tarkoitettujen tilojen kanssa tulee olla huolellinen, sillä rakenteiden kuivattamisen seurauksena niissä olevaan ilmaan sitoutuu suuria määriä kosteutta, joka voi tiivistyä haittoja aiheuttaen kylmempiin rakennuksen sisätilojen osastoihin päästessään. Loppusyksyllä ja keväällä rakenteita kuivatettaessa voidaan kuivumista edistää lämpötilan nostamisen lisäksi myös tehostamalla tiloissa ilmanvaihtoa. Kesällä ja

alkusyksystä ulkoilman kosteussisältö voi olla sen verran suuri, että ilman kuivattava vaikutus saadaan luotua sisäilmaan ainoastaan käyttämällä ilmankuivaajia lämpötilan mahdollisen nostamisen lisäksi. (RIL 250-2011 2011)

Olosuhteiden seurannalla pyritään varmistamaan työmaaolosuhteiden hallinnan onnistuminen. Olosuhteiden seurannalla tarkoitetaan valvovia toimenpiteitä, joilla varmistetaan ja todennetaan, että rakenteiden kuivumisolosuhteet ovat suotuisat, kuivatuksen vaikutus on kuivatettavissa rakenteissa toteutunut suunnitellun mukaisesti ja, että rakenteiden kastumiselta estäminen on onnistunut. Rakenteiden kuivumisolosuhteita voidaan todentaa tekemällä ympäröivään ilmaan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittauksia. Rakenteiden suunniteltua kuivumista voidaan todentaa ottamalla kuivatettavasta rakenteesta kosteusmittaus. Rakenteiden kastumisen estämisen todentaminen tulisi olla osana jokaisen rakennustyömaalla työskentelevän päivärutiinia, jolloin epäkohtiin voitaisiin puuttua mahdollisimman nopeasti. Rakenteiden kastumisen estämisen todentaminen voi sisältää myös kosteusmittausten tekemistä pistokoeluoontoisesti.

3.3 Kuivaketju

Rakentamisen yhteydessä termi *kuivaketju* tarkoittaa ajattelutapaa, jolla on suora analogia elintarviketeollisuuden kylmäketju-termiin (Seppälä 2013). Kuivaketjuajattelussa rakennustuotteet on tarkoitus pitää kuivana koko niiden elinkaaren ajan. Kuivaketjun toimivuus on vahvasti riippuvainen onnistuneesta ja huolellisesti suunnitellusta kosteudenhallintaprosessista. Kuivaketju tarkoittaa rakennuksen, sen materiaalien sekä osien pysymistä kosteusvaurioitumattomina rakennuksen koko elinkaaren ajan.

Kuivaketjun voi katkaista muun muassa virheelliset suunnitteluratkaisut, rakentamisen aikaiset virheet, väärin säädetty ilmanvaihto, vaurioituneet tai väärin valitut rakennusmateriaalit sekä käytönaikaisen huollon laiminlyönti tai riittämätön ohjeistus. Rakennusprojektin tuotoksena voidaan saada toimiva lopputulos suunnittelun ja rakentamisen ollessa määräysten mukaista vähimmäistasoa ja toteutuksen tavanomaista tasoa, mutta epäonnistumisen riski on tällöin erittäin suuri (Seppälä 2013).

Kuivaketjun onnistuminen tarkoittaa kosteusteknisesti toimivia suunnitteluratkaisuja, ammattitaitoista valvontaa ja rakentamisen toteutusta, riittävää aikataulua suunnittelulle ja toteutukselle sekä oikein ohjeistettua ja toteutettua käytönaikaista huoltoa ja toimenpiteitä. Rakennustarvikkeiden ja -tuotteiden korkea laatu edesauttaa myös kuivaketjun onnistumista. Laatuun voivat vaikuttaa tilaaja, rakennuttaja, suunnittelijat sekä toteuttava osapuoli valinnoillaan. Rakennuttajalla on suuri vastuu valitessaan rakennushankkeeseen riittävän ammattitaitoisia suunnittelijoita, rakentajia ja valvoja. Hankkeen vaiheisiin rakennuttajan tulee myös varata riittävästi aikaa ja resursseja, jotta onnistumisen todennäköisyyttä saadaan kasvatettua. Riittävä aika ja resurssit tarkoittavat myös suurempia kus-

tannuseriä, mutta rakennuttajan ja tilaajan näkökulmasta nämä kustannuserät ovat todennäköisesti pienempiä mitä kosteusvaurioiden ja virheiden korjaamisiin kuluvat kustannukset.

3.4 Työkaluja kosteudenhallintaan

3.4.1 Kosteudenhallintaselvitys

1.1.2018 voimaan astuneen Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 12 § pykälän 1 momentin mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta (Ympäristöministeriö 2017). Edellä mainittu asetuksen kohta tarkentaa rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuutta, josta on säädetty MRL 5.2.1999/132, 119 § (Ympäristöministeriö 1999a). Aikaisemmin rakennushankkeeseen ryhtyvällä ei ole ollut lainsäädännöllistä velvoitetta huolehtia kosteudenhallintasuunnitelman tai -selvityksen laadinnasta, vaan velvoitteet ovat tulleet paikallisten rakennusvalvontojen ohjeistuksista, joiden sisällöt vaihtelevat kunta- ja kaupunkikohtaisesti. 12 § pykälän 1 momentin mukaisesti kosteudenhallintaselvitys tullaan vaatimaan kaikilta luvanvaraisilta rakennushankkeilta (Outinen 2017). 12 § pykälän 1 momentin mukainen huolehtimisvelvollisuus kosteudenhallintaselvityksestä tarkoittaa, että rakennushankkeeseen ryhtyvän ei tarvitse itse laatia kyseenomaista selvitystä, vaan ryhtyvällä on vapaus teettää selvitys myös pätevällä asiantuntijalla (Outinen 2017). Rakennushankkeen laajuus, laatutaso ja kosteusriskitaso vaikuttavat kosteudenhallintaselvityksen sisältöön, laajuuteen ja vaadittavaan tarkkuustasoon (Outinen 2017).

Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 12 § pykälän 2 momentin mukaisesti kosteudenhallintaselvitykseen tulee sisällyttää vähintään seuraavat asiat:

- hankkeen yleistiedot
- vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa
- toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseksi
- kosteudenhallinnan henkilöresurssit
- tieto kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä

(Ympäristöministeriö 2017). Kosteudenhallinnan vaatimuksien tarkoituksena on, että rakennushankkeeseen ryhtyvä määrittää rakennushankkeen eri vaiheille kosteudenhallinnan vaatimukset sekä halutun kosteudenhallinnan laadun tavoitetason (Outinen 2017). Kosteudenhallintaselvitystä on tarkoitus täydentää ja tarkentaa hankkeen edetessä. Edellä mainittu täydentäminen ja tarkentaminen koskevat erityisesti suunnittelijoita, mikäli he havaitsevat omassa suunnittelussaan ilmenneitä kosteusriskejä tai erityispiirteitä (Outinen 2017). Kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavaksi henkilöksi rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee nimetä riittävän pätevä asiantuntija, jonka tehtävänä on valvoa ja ohjata

hankkeen kosteudenhallinnan toteutumista rakennusprosessin alusta loppuun saakka (Outinen 2017). Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on mahdollisuus nimetä hankkeen eri vaiheisiin eri asiantuntijat valvomaan kosteudenhallintaa (Outinen 2017). Outinen suosittelee Ympäristöministeriön laatiman asetuksen *rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta* -perustelumuistiossa sitomaan kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavan asiantuntijan hankkeeseen jo hankesuunnitteluvaiheessa (Outinen 2017).

Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 12 § pykälä määrittelee kosteudenhallintaselvitykselle lainsäädännöllisesti vähimmäistason. Uudistuneen lainsäädännön mukaisen vähimmäistason kosteudenhallintaselvitykselle voi korvata myös sisällyttämällä kosteudenhallintaselvitykseen tiedon, että hankkeessa käytetään Kuivaketju10-toimintamallia ja ilmoittamalla tiedot hankkeeseen asetettavasta kosteudenhallintakoordinaattorista (Rakennustarkastusyhdistys 2018; Rakentamisen Laatu RALA ry 2017). Rakennusvalvontaviranomaiset määrittelevät paikkakunnittain omilla ohjeistuksillaan selvitykselle rakennuslupaa varten olevan minimitason, joka voi olla lainsäädännöllistä tasoa korkeampi. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että nämä edellä mainitut minimitasot tulee saavutettua saadakseen myöntävän päätöksen rakennusluvalle ja turvatakseen rakennushankkeen lainmukaisuuden.

Paikallisten rakennusvalvontojen vaatimukset rakennushankkeeseen ryhtyvän kosteudenhallintasuunnitelmaa kohtaan ennen 1.1.2018 olivat kehittyneet tarkemmiksi vuosien varrella. RIL 250-2011 (2011) *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* -kirjan esimerkki kosteudenhallintasuunnitelman rakenteesta on toiminut hyvänä referenssi pohjana rakennushankkeeseen ryhtyvän kosteudenhallintasuunnitelmalle. Tämä edellä mainittu esimerkki ei kuitenkaan ole enää sellaisenaan uudistuneen lainsäädännön mukainen. Seuraavassa listauksessa on esitetty RIL 250-2011 (2011) mukainen rakenne kosteudenhallintasuunnitelmalle:

1. Hankkeen yleistiedot (täydentyä hankkeen edetessä)
 - a. Osapuolet
 - b. Muut yleistiedot
2. Rakennuttajan kosteudenhallinnan laadun tavoitetaso
 - a. Laaditaan asiantuntijan kanssa yhteistyössä
3. Kosteusriskien arviointi (suunnittelija laatii, työmaa täydentää hankkeen edetessä)
 - a. Kosteusriskiluokka
 - b. Kriittiset rakenteet
 - c. Laatutekijät
4. Rakenteiden kuivumisaika-arviot
 - a. Täytetään työmaaorganisaation ja rakennesuunnittelijan yhteistyönä
5. Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu
 - a. Työmaaorganisaatio täydentää
6. Kosteusmittaussuunnitelma

- a. Työmaaorganisaatio täydentää yhdessä kosteusmittaajan kanssa

(RIL 250-2011 2011).

3.4.2 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

1.1.2018 voimaan astuneen Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 § pykälän 1 momentin mukaan vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta pohjautuen rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen (Ympäristöministeriö 2017). Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 § pykälän mukaista työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa edellytetään jokaiselta luvanvaraiselta rakennushankkeelta (Outinen 2017). Edellä mainitun asetuksen 13 § pykälän 2 momentin mukaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön sovelletaan rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä annetun ympäristöministeriön asetuksen 216/2015 pykälää 15 § (Ympäristöministeriö 2017). Näiden lisäksi Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 § pykälän 2 momentin mukaan *työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällytettävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä* (Ympäristöministeriö 2017). Aikaisemmin työmaan kosteudenhallintasuunnitelma ei ole ollut lakisääteisesti pakollinen, vaan vaatimukset sen olemassa olosta ovat tulleet rakennushankkeeseen ryhtyvältä tai paikalliselta rakennusvalvonnalta. MRL 5.2.1999/132 pykälä 119 § rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuudesta on toki kannustanut rakennushankkeeseen ryhtyvää ja rakennusvalvontaa vaatimaan työmaatoteutuksen vastaavalta työnjohtajalta työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaa.

Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 § pykälän tavoitteena on huomion kiinnittäminen niihin kosteusteknisiin asioihin, jotka ovat rakennuksen terveellisyyden kannalta olennaisia, ja joihin on mahdollisuus vaikuttaa rakennusvaiheen aikana (Outinen 2017). Edellä mainitulla pykälällä pyritään parantamaan rakennushankkeiden kosteudenhallintaa osaltaan ja vähentämään kosteusvaurioiden riskejä Outisen mukaan (Outinen 2017). Pykälän 13 § momentin 1 tarkoituksena on, että kosteudenhallintasuunnitelma on laadittu viimeistään rakennustyön toteutuksen alkaessa (Outinen 2017). Rakennushankkeen laajuus ja laatu vaikuttavat työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön, tarkkuuteen ja laajuuteen (Outinen 2017). Lainsäädäntö määrittelee työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisällölle ja laadulle minimitason. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman tulee olla joissain tapauksissa lainsäädännön määrittelemää minimitasoa korkeampi; rakennusvalvonta voi esimerkiksi vaatia lainsäädännön määritelmien ylittäviä vaateita työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisällölle. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on myös mahdollisuus vaatia lainsäädännön määritelmien ylittäviä vaateita työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisällöltä esimerkiksi tarjouspyyntökirjeessä tai kirjauksina urakkasopimuksiin.

Ympäristöministeriön laatiman asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 13 § pykälän mukaisen työmaan kosteudenhallintasuunnitelman tulee sisältää *tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä* sekä viittauksen mukaisesti Ympäristöministeriön asetuksen 216/2015 pykälän 15 § mukaiset tiedot, joita ovat:

- tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineet ja -tuotteet sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työmaan olosuhteista johtuvilta haittavaikutuksilta
- tieto toimenpiteistä, joilla rakennusaineiden ja -tuotteiden sekä rakennusosien kosteudensuojaus toteutetaan ja rakenteiden kuivuminen varmistetaan

(Ympäristöministeriö 2015; Outinen 2017). Kosteudenhallinnasta vastaavilla rakennusvaiheen vastuuhenkilöillä tarkoitetaan sellaisia henkilöitä, jotka vastaavat rakennushankkeen eri vaiheissa työmaan kosteudenhallinnan toteutumisesta ja valvovat kosteusteknisiä työnsuorituksia sekä tarkastavat työvaiheita (Outinen 2017). Outinen kertoo esimerkkinä työmaan kosteudenhallinnan vastuuhenkilöiden työtehtävinä kosteusmittausten tekemisen ja todentamisen (Outinen 2017). Outisen mukaan työmaan vastaava työnjohtaja tai erityisalan työnjohtaja toimii yleensä työmaan kosteudenhallinnan vastaavana henkilönä (Outinen 2017). Yleisimmiksi Ympäristöministeriön asetuksen 216/2015 pykälän 15 § mukaisiksi tarvittaviksi tiedoiksi Outinen listaa tiedon kuljetuksien, varastoinnin ja rakentamisen aikaisista sadesuojauksista, sekä valutöiden sitoutumisen aikaisen pakkaselta suojaamisen (Outinen 2017). Lakisääteisten vaatimusten lisäksi Outinen listaa seuraavat tiedot valinnaisiksi lisättäviksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan:

- hankkeen yleistiedot
- kosteudenhallinnan laatutavoitteet
- kosteusriskien kartoitus
- rakenteiden- ja rakennusosien kuivumisaika-arviot
- suunnitelma sää- ja olosuohdehallinnasta sekä niiden seurantamenettelyt
- lämmitys- ja kuivatustavat
- erityisohjeet
- työmaakohtaiset erityispiirteet
- kosteudenhallinnan valvonta- ja mittaussuunnitelma mittauspaikkoineen
- suunnitelma vikatilanteiden toimenpiteistä ja dokumentoinneista

(Outinen 2017).

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL on julkaissut RIL 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* -kirjassaan ohjeistuksen työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisällöstä (RIL 250-2011 2011). Kirja on julkaistu vanhentuneen lainsäädännön aikana, mutta kirjassa esitetty työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö täyttää

myös uudistuneen lainsäädännön määritelmät olettaen, että rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksessä ei ole määrätty tehtäväksi sisällöllisiä lisäyksiä. RIL 250-2011 mukaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö tulisi olla seuraava:

1. Hankkeen yleistiedot
 - a. Tilaaja
 - b. Muut osapuolet
 - c. Työmaan kosteudenhallinnasta vastaavat osapuolet
2. Kosteudenhallinnan laatutavoitteet
 - a. Yhteenvedo rakennuttajan laatutavoitteista
 - b. Suunnitelmissa esitetyt laatutavoitteet
3. Kosteusriskien arviointi
 - a. Lähtötiedoiksi liitetään suunnitteluvaiheessa tehdyn riskiarvion tulokset
 - i. Todetut riskit ja kriittiset laatutekijät
 - ii. Hankkeen kosteusriskiluokka (1-3)
 - iii. Kosteudenhallinnan valittu menettelytaso (normaali, tehostettu, yhdistelmä)
 - iv. Suunnitteluvaiheen riskienhallintatoimenpiteet
 - v. Työmaavaiheen riskienhallintatoimenpiteet
 - b. Työmaan kosteusriskien kartoitus
 - i. Rakennedetaljien tarkastaminen ja kosteusteknisesti toimimattomien ratkaisujen poistaminen yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa
 - ii. Rakennedetaljien toteutuksen riskien arviointi ja toimenpideohjeiden pyytäminen suunnittelijoilta havaittuihin riskipaikkoihin (materiaalivalinnat, suojaus, kuivaus, takuuajan hyväksyntä)
 - iii. Luettelo kosteusteknisesti kriittisistä rakennusosista, -tuotteista ja -materiaaleista toimenpideohjeineen
4. Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyyden arviointi
 - a. Rakenne
 - b. Sijainti
 - c. Päällystemateriaali
 - d. Tavoitekosteus RH (%)
 - e. Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
5. Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu
 - a. Kastumisen estäminen ja sääsuojaus
 - b. Rakenteiden kuivatusolosuhteet
6. Kosteusmittaus suunnitelma
 - a. Mitä mittauksia tehdään
 - b. Mittausmenetelmät ja laitteisto
 - c. Mittauslaitteiden kalibroinnin varmistus
 - d. Henkilösertifioitu kosteusmittaaja riittävällä mittauskokemuksella

- a) Hallinnollisten toimenpiteiden määrittäminen kuten tavoitteet suunnittelun tasolle, valvonnalle ja laadunvarmistustoimenpiteille
- 2. Suunnitteluratkaisut
 - a) Rakennuspaikan kuivatus
 - b) Rakennuksen perustusten kosteudenhallinta
 - c) Rakennusvaipan toimivuus
 - d) Märkätilaratkaisuiden toimivuus ja taso
 - e) Talotekniset ratkaisut ja kalusteet
- 3. Työmaan olosuhdehallinta
 - a) Rakennustyömaan olosuhdehallinta
 - b) Kosteus- ja tiiviysmittaukset
 - c) Kosteudenhallinnan organisointi ja seuranta
- 4. Ylläpito ja käyttö
 - a) Ylläpidon organisointi
 - b) huoltokirjan käyttö
 - c) Käyttäjäopastus

(RIL 250-2011 2011). Tarkemmat kuvaukset edellä oleviin kosteudenhallinnan tavoiteasettelussa käsiteltäviin osa-alueisiin on luettavissa RIL 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* -kirjan sivuilta 25-27.

Kosteusteknisten kriittisten tekijöiden määrittely

RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen -kirjassa on jaettu kosteudenhallinnan kriittiset laatutekijät rakennushankkeen ja ylläpidon aikaisiin. Rakennushankkeen kriittiset laatutekijät ryhmä on edelleen jaettu hallinnollisiin ja teknisiin tekijöihin. Seuraavassa listauksessa on esitetty RIL 250-2011 mukaisesti kosteudenhallinnan kriittiset laatutekijät:

- 1. Rakennushankkeen aikaiset kriittiset laatutekijät
 - a. Hallinnolliset
 - i. Hankkeen organisaatorakenteen toimivuus
 - ii. Toimijoiden osaamisen varmistaminen
 - iii. Asiantuntevasti hoidettu sopimushallinta
 - iv. Selkeä ohjeistus suunnitteluasiakirjojen laadintaan ja hallintaan
 - v. Riittävät resurssivaraukset hankkeelle (aika ja raha)
 - vi. Tiedonkulku ja sen menettelytavat
 - vii. Laadunvarmistustoimenpiteiden sisällön ja tason määrittäminen
 - viii. Työvaiheiden vastaanotto- ja hyväksymismenettelyiden sopiminen riittävän aikaisessa vaiheessa
 - ix. Hallinnollisista menettelytavoista (esimerkiksi kokous-, katselmus- ja tarkastusmenettelyt) sopiminen riittävän aikaisessa vaiheessa

- b. Tekniset
 - i. Pihaan ja ympäristöön liittyvät laatutekijät
 - ii. Rakennustekniset laatutekijät
 - iii. Talotekniset laatutekijät
 - iv. Työtekniset laatutekijät
- 2. Ylläpidon aikaiset kriittiset laatutekijät
 - a. Hallinnolliset
 - b. Tekniset
 - c. Rakennuksen oikean käyttötavan opastus ja valvonta

. Kosteudenhallinnan kriittisistä laatutekijöistä on luettavissa lisää RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen -kirjan sivuilta 21-23. (RIL 250-2011 2011)

Kosteusriskiluokan määrittäminen

Kosteusriskiluokan määrittämisellä pyritään hankekohtaisesti kiinnittämään riittävästi huomiota riskien selvittämiseen ja hallintaan. Kosteusriskiluokan määräytyminen riippuu hankkeen kosteusteknisestä ja kosteudenhallinnan vaativuudesta sekä tarvittaessa kosteusvahingon aiheuttamasta seuraamusten tasosta. Seuraamuksilla tarkoitetaan henkilö-, ympäristö- ja taloudellisia vahinkoja. Kosteusriskiluokat on jaettu kolmeen osaan taulukon 7 mukaisesti. (RIL 250-2011)

Taulukko 7. Kosteusriskiluokat esimerkkeineen (RIL 250-2011)

Hankkeen vaativuus	Kosteusriskiluokka (R)	Esimerkkejä
Erittäin vaativa	3	Rakennukset, joissa on suuri kosteusrasitus (esimerkiksi uimahallit, kostutetut tilat, pakkasvarastot) tai, jotka ovat muuten kosteudenhallinnan suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon tai käytön kannalta erittäin vaativia.
Normaalia vaativampi	2	Koulut ja päiväkodit sekä normaalia vaativammat asuin-, liike- ja toimistorakennukset.
Normaali	1	Tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennukset.

Normaali kevennetty	1	Rakennukset, joissa on ihmisiä vain satunnaisesti tai rakennukset, joiden suunniteltu käyttöikä on normaalia lyhyempi.
---------------------	---	--

Kosteudenhallinnan menettelytapa sekä lämpö- ja kosteustekninen suunnitteluluokka

Kosteudenhallinnan menettelytapoja ovat normaali menettely ja tehostettu menettely (RIL 250-2011 2011). Kosteudenhallinnan menettelytavan valintaan vaikuttaa määritetty kosteusriskiluokka 1, 2 tai 3 (RIL 250-2011 2011). Menettelytavat sisältävät rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelutyön suunnitteluluokan määrittämisen, joita ovat RF1, RF2 ja RF3 (RIL 250-2011 2011). Alla olevassa taulukossa 8 on kuvattu rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun suunnitteluluokat selityksineen.

Taulukko 8. Suunnitteluluokkien tehtävät rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen suunnitteluun (RIL 250-2011 2011)

RF3	RF2	RF1
Analyysipohjainen suunnittelu	Tarkennettu suunnittelu	Suunnittelun perustaso
<ul style="list-style-type: none"> - sisältää RF1 ja RF2 mukaiset tehtävät - rakenneratkaisuiden analyysipohjainen tutkiminen - rakenneratkaisuiden toimivuuden ja kestävyuden todentamiseen epästati-onääriset laskelmat ja analyysit tarvittaessa - rakennustekniikan ja talotekniikan yhteensopivuuden ja toimivuuden analysointi (yhteistyössä talotekniikkasuunnittelijan kanssa) 	<ul style="list-style-type: none"> - sisältää RF 1 mukaiset tehtävät - laaditaan rakenneosakohtaiset riskiarviot, joissa tarkistetaan rakenneosaan liittyvät kosteustekniset rasitustekijät käyttäen apuna esimerkiksi toimintapiirroksia ja laskennallisia tarkasteluja - laaditaan kaste-, kosteudenkertymä- ja kuivumislaskelmat aina rakenneratkaisun 	<ul style="list-style-type: none"> - U-arvolaskelmat - rakennusmääräysten, hyvää rakennustapaa ohjaavien ohjeiden, tuoteohjeiden ja todennettavien referenssi-kohteiden perusteella tehtävä tarkistus rakenneratkaisuista. Suunnittelijat kirjaavat tehdyt tarkistukset ja vahvistavat ne tehdyksi allekirjoituksin käyttäen apunaan tarkastuslistamenettelyä

<ul style="list-style-type: none"> - uusista rakenne- ja järjestelmäratkaisuista tulee esittää laajat laboratoriomittaukset ja toimivuustarkastukset - laaditaan tarvittaessa erillissuunnitelmat rakennustyönaikaisista vaatimuksista, työn suorituksesta ja olosuhteiden hallinnasta, sekä esitetään työn toteutus rakennepiirustuksissa tarvittaessa työvaiheittain ja laaditaan tarvittava koulutusaineisto - kriittisistä rakenne- ja järjestelmäratkaisuista esitetään yksityiskohtaiset käytön, huollon ja uusimisen toimenpiteet ja niiden ajoitukset 	<p>kestävyyden ja toimivuuden sitä edellyttäessä</p> <ul style="list-style-type: none"> - laaditaan rakennuksen ja rakenteiden toimintapiirroksat ja räjäytyskuvat tarvittaessa - osallistutaan tarvittaessa rakenteiden kosteudenvalvontajärjestelmän suunnitteluun - rakennustyönaikaisen lämpötilan ja kosteuden hallinnan suunnittelun lähtökohdat ja vaatimukset, rakenteiden kuivatussuunnitelmat tarvittavilta osin 	<ul style="list-style-type: none"> - suunnitteluasiakirjoista tulee käydä ilmi vähintään rakenteiden lämmön-, kosteuden- ja vedeneristeiden tuoteluokka, tuotetyyppi tai tuotenimi sekä liitosten ja läpivientien toteutus muun muassa höyryn- ja ilmansulkujen ja vedeneristeiden osalta - laaditaan rakennustyönaikaisen sääsuojauksen vaatimukset sekä tarvittaessa periaatteet ja ohjeet kohteen luonteen ja materiaalien perusteella tarvittaessa työvaiheittain - käyttöä ja huoltoa koskevien ohjeiden laatiminen
--	---	---

Kosteusriskiluokka 3 kanssa valitaan kattavasti tehostettu menettely. Kosteusriskiluokan 2 kanssa valitaan normaalimenettely, mutta erityisen kriittisten kohtien kanssa käytetään myös tehostettua menettelyä. Kosteusriskiluokan 1 kanssa valitaan yleensä normaalimenettely, mutta rakennustyypin tai rakennuksen käyttötarpeen mukaan on mahdollista käyttää myös kevennettyä normaalimenettelyä. Kevennetty normaalimenettely voidaan harkitusti ottaa käyttöön esimerkiksi rakennuksissa, joiden käyttöikä on lyhyt tai, joissa on ihmisiä vain satunnaisesti. (RIL 250-2011 2011)

Kosteudenhallinnan normaalimenettelyn toimenpiteet jakautuvat seuraaviin osiin RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen -kirjan mukaisesti:

- rakennuttaminen ja projektinhallinta

- rakennuttajan laatuun ja kosteudenhallintaan liittyvien vaatimuksien ja tavoitteiden selkeä määrittely ja dokumentointi
- kosteusriskiarvion laatiminen
- rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta kriittiset laatutekijät on tunnistettu riskiarviossa
- rakennesuunnittelijan osallistuminen kriittisten työvaiheiden aloituspalaveriin
- suunnittelu
 - varmistetaan, että suunnittelijoiden pätevyys ja hanke-/tehtäväkohtainen kelpoisuus kosteudenhallinnallisiin asioihin on kunnossa
 - suunnitteluvaiheessa laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma, joka täydentyy hankkeen edetessä
 - vastaava rakennesuunnittelija varmistaa myös rakennefysikaalisten ominaisuuksien osalta eri osapuolien laatimien rakennesuunnitelmien yhteensopivuuden
 - varmistetaan, että rakennus-, rakenne- ja talotekniset suunnitelmat ovat tehtävänsä luonteeseen nähden riittävän kattavat
 - rakennesuunnitelmissa noudatetaan suunnittelutasoa RF1 ja hankkeen vaativuudesta riippuen tarvittavilta osin RF2
 - suunnittelijoilla tulee olla oma laadunvarmistusmenettely tai tarvittaessa ulkopuolinen suunnitelmien tarkastus
 - hankkeen alussa sovitaan muun muassa rakennusvalvonnan ja tilaajan kanssa suunnitelmien tarkastusmenettelystä ja rakennusvalvontaan toimitettavien rakennesuunnittelun asiakirjojen laajuudesta
- toteutus ja valvonta
 - urakoitsijoilla ja tuotevalmistajilla tulee olla omat sisäiset laadunvarmistusmenettelyt
 - toteuttajien pätevyyden varmistaminen
 - työnaikaisten toimenpiteiden osalta työmaan johto täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa muun muassa suojauksen ja rakenteiden kuivumisen osalta ja toimii suunnitellun mukaisesti
 - viranomaistarkastukset ja RakMK A1:n muut mainitut normaalit laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan asianmukaisesti
 - käyttöä ja huoltoa koskevien ohjeiden laatiminen
- ylläpito ja käyttö
 - huolto-ohjeiden mukaisten tarkastusten tekeminen, huoltotoimenpiteet ja tarvittavat korjaukset
 - riittävä käytönopastus

(RIL 250-2011 2011). Kosteudenhallinnassa voidaan käyttää myös kevennettyä normaalimenettelyä, jossa normaalimenettelyn toimenpiteet voidaan suorittaa kevyemmällä organisaatiolla ja yksinkertaisemmilla menettelytavoilla (RIL 250-2011 2011).

Kosteudenhallinnan tehostetussa menettelyssä normaalimenettelyn toimenpiteiden lisäksi tehostetaan suunnittelun ja toteutuksen toimenpiteitä sekä laadunhallintamenetelmiä. Perusteellisesti tehdyn riskiarvion tai -analyysin yhteydessä havaittujen riskien hallitsemiseksi valitaan yksi tai useampi seuraavista toimenpiteistä RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen -kirjan mukaisesti:

- toimijoiden pätevyyden varmistaminen
- teknisten ratkaisuiden syvällisempi suunnittelu ja toteutus
- suunnitelmien ulkopuolinen tarkastus
- rakennusosien työmaatoteutuksen ulkopuolinen laadunvarmistus
- valmisosien valmistuksen laadunvarmistus
- tehostettu työmaan kosteudenhallinta
- tehostettu käytönaikainen seuranta ja huolto
- tehostettu tiedonkulku

(RIL 250-2011 2011). Edellä mainituista tehostetun menettelytavan toimenpiteistä rakentajan tulisi päättää jo hankkeen alkuvaiheissa, jotta niiden edellyttämät työmäärät saataisiin sisällytettyä tehtäviin sopimukseen ja, jotta niiden käyttö tulisi sopimusten kautta suoraan sitoviksi ja käyttöön ilman ylimääräisiä lisätyötilauksia (RIL 250-2011 2011). Tehostetun menettelyn toimenpiteistä on luettavissa tarkemmin RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen -kirjan sivuilta 32-36.

3.4.4 Rakennusprosessin kosteuslaatuluokitus

Pekka Seppälä Oulun rakennusvalvonnasta esitteli vuonna 2013 Rakentamisprosessin kosteudenhallinta julkaisussaan energiatodistuksen kaltaisen rakennusprosessin kosteuslaatuluokituksen. Kosteuslaatuluokituksessa arvostellaan rakennuksen kosteuslaatuluokka suunnitelmien ja toteutustietojen perusteella asteikolla A-D. Arvostelumenettely kattaa seuraavat yksittäiset laatutekijät:

- rakennuksen ilmanpitävyys
- kylmäsiltojen määrä
- rakenteiden kuivumiskyky
- työmaan kosteudenhallinta
- talotekniikan toimivuus.

Kokonaisarvosana muodostuu edellä mainittujen yksittäisten laatutekijöiden heikoimmasta arvosanasta, joka tarkoittaa esimerkiksi, että arvostelumenettelyn tulokset A-A-D-A-A tuottaa loppuarvosanaksi rakennukselle D:n. Pääsuunnittelijan tehtävänä on kerätä eri osa-alueiden vastuutahoilta yksittäiset kosteuslaatuluokituksen arvosanat perusteluihin ja määrittää niiden perusteella rakennukselle lopullinen kosteuslaatuluokitus, joka liitetään rakennuksen käyttöönoton yhteydessä luovutusdokumentteihin energiatodistuksen rinnalle. (Seppälä P 2013)

Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen ilmanpitävyyden arviointiperusteet saadaan ilmatiiviysmittauksista (Seppälä P 2013). Ilmanpitävyyden arviointiasteikko on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Ilmanpitävyyden, q_{50} (1/h), arviointiasteikko (Seppälä P 2013)

Ilmanpitävyys, q_{50} (1/h)	Arviointiasteikko
<0,6	A, kiitettävä
0,6 < ja <1	B, erittäin hyvä
1-2	C, hyvä
2-3	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
3-4	E, välttävä – riskialtis
>4	F, huono – erittäin riskialtis

Kylmäsiltojen määrä

Rakennuksen kylmäsiltojen määrän arvosteluperusteet saadaan lämpökuvausmittauksista (Seppälä P 2013). Kylmäsiltojen arviointiasteikko on esitetty taulukoissa 10, 11, 12, 13 perustuen rakennuksen eri osien lämpötilaindekseihin.

Taulukko 10. Lämpötilaindeksi ja arviointiasteikko seinän ja katon lämpötiloille (Seppälä P 2013)

Lämpötilaindeksi (TI)	Arviointiasteikko
97 - 100	A, kiitettävä
93 - 96	B, erittäin hyvä
89 - 92	C, hyvä
85 - 88	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
81 - 84	E, välttävä – riskialtis
≤ 80	F, huono – erittäin riskialtis

Taulukko 11. Lämpötilaindeksi ja arviointiasteikko lattian lämpötiloille (Seppälä P 2013)

Lämpötilaindeksi (TI)	Arviointiasteikko
100	A, kiitettävä
99	B, erittäin hyvä
97 - 98	C, hyvä
95 - 96	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
93 - 94	E, välttävä – riskialtis
≤ 92	F, huono – erittäin riskialtis

Taulukko 12. Lämpötilaindeksi ja arviointiasteikko pistemäisille vioille (Seppälä P 2013)

Lämpötilaindeksi (TI)	Arviointiasteikko
93 - 100	A, kiitettävä
85 - 92	B, erittäin hyvä
71 - 78	C, hyvä
69 - 70	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
61 - 68	E, välttävä – riskialtis
≤ 60	F, huono – erittäin riskialtis

Taulukko 13. Lämpötilaindeksi ja arviointiasteikko ikkunoiden, ovien ja läpivientien liitoksille ja tiivistepinnoille (Seppälä P 2013)

Lämpötilaindeksi (TI)	Arviointiasteikko
86 - 100	A, kiitettävä
80 - 85	B, erittäin hyvä
74 - 79	C, hyvä

68 - 73	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
62 - 67	E, välttävä – riskialtis
≤ 61	F, huono – erittäin riskialtis

Rakenteiden kuivumiskyky

Rakennesuunnittelijan tehtävänä on hoitaa rakenteiden kuivumiskyvyn arviointi materiaalitietojen ja rakenneanalyysien perusteella (Seppälä P 2013). Rakenteiden kuivumiskyvyn arviointiasteikko on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Rakenteiden kuivumiskyvyn arviointiasteikko (Seppälä P 2013)

Perustelut	Arviointiasteikko
rakenteen kuivumiskausi alkaa viimeistään huhtikuussa, päättyy aikaisintaan syyskuussa ja rakenteen kosteuspitoisuus on vuodesta toiseen laskeva	A – B, kiitettävä – erittäin hyvä
rakenteen kuivuminen alkaa kesäkuussa, päättyy elokuussa ja rakennuksen kosteus-pitoisuus ei ole vuodesta toiseen laskeva	E – F, välttävä – huono (erittäin riskialtis)

Työmaan kosteudenhallinta

Työmaan kosteudenhallinnan arviointi hoidetaan vastaavan työnjohtajan tai valvojan tekemän dokumentoinnin perusteella (Seppälä P 2013). Työmaan kosteudenhallinnan arviointiasteikko on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Työmaan kosteudenhallinnan arviointiasteikko (Seppälä P 2013)

Perustelut	Arviointiasteikko
rakennus tehdään sääsuojassa (sääsuojateltta tai oma kattorakenne), rakennusmateriaalit ovat sääsuojattuina/irti maasta/tuuletettuina, betonirakenteiden kuivumisaika-arviot ovat tehtyinä, pinnoitettavuusmittaukset ovat tehtyinä	A, kiitettävä

rakenteet ja rakennusmateriaalit ovat sääsuojattuina erillisillä peitteillä töiden salissa sen, käytetyt rakennusmateriaalit eivät vaurioidu kastuessa (esimerkiksi tiilet ja kivirakenteet), kastuneet rakennusmateriaalit kuivataan ja varmistetaan mittauksin niiden kelpoisuus	B, erittäin hyvä
rakenteet ja rakennusmateriaalit ovat sääsuojattuina erillisillä peitteillä töiden salissa sen, kastuneet vaurioherkät materiaalit vaihdetaan (esimerkiksi kartonkipintaiset kipsilevyt ja vettyneet lämmöneristeet)	C, hyvä
rakenteet ja rakennusmateriaalit ovat sääsuojattuina erillisillä peitteillä töiden salissa sen, kastuneet rakennusmateriaalit vain kuivataan, vaikka materiaalien joukossa on sellaisia, joiden ominaisuudet muuttuvat kastuessa	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
rakenteita ja rakennusmateriaaleja ei sääsuojata ja kastuneita materiaaleja ei vaihdeta eikä kuivata	E – F, välttävä – huono (erittäin riskialtis)

Talotekniikan toimivuus

LVI-suunnittelija arvioi talotekniikan toimivuuden ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden säätöarvojen ja mittaustulosten perusteella (Seppälä P 2013). Arviointiperusteena tulee käyttää sisäilmaluokituksen mukaisia viitearvoja (Seppälä P 2013). Talotekniikan toimivuuden arviointiasteikko on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Talotekniikan toimivuuden arviointiasteikko (Seppälä P 2013)

Perustelut	Arviointiasteikko
ilmanvaihdon suunnitelmissa on huomioitu ulkovaipan hyvä ilmanpitävyys, ilmanvaihto on suunniteltu siten, että sisätilaan ei pääse syntymään yli 5 Pa alipai-	A – B, kiitettävä – erittäin hyvä

<p>netta eikä yhtään ylipainetta, ilmanvaihdon käyttöönoton säädössä on tarkistettu ilmamäärien lisäksi ulko- ja sisäilman paine-ero, joka tulee olla sisällä alipainen 2 – 5 Pa</p>	
<p>ilmanvaihto on suunniteltu siten, että 2 – 5 Pa paine-eron saavuttaminen suunnitelluilla ilmamäärillä ei toteudu, ilmanvaihtoa ei säädetä ennen käyttöönottoa tai ilmanvaihto on säädetty yli 5 Pa alipaineiseksi tai yhtään ylipaineiseksi sisäilman suhteen</p>	<p>E – F, välttävä – huono (erittäin riskialtis)</p>

3.4.5 Kuivaketju10

Kuivaketju10 on saanut alkunsa vuonna 2015, kun käynnistyi kehitystyönä projekti, jonka tarkoituksena oli luoda toimintamalli rakennusprosessin kosteudenhallinnalle. Projektin peruseriaatteiden linjaamisen jälkeen kehitysyhteistyöhön liittyivät muun muassa:

- rakennusalan toimijoita (tilaajia, suunnittelijoita, urakoitsijoita, säädön ja mittauksen ammattilaisia, huoltohenkilökuntaa ja käyttäjiä)
- rakennusalan järjestöjä (RTY, RAKLI, SKOL, RT ja RALA)
- useita rakennusvalvontoja
- pilottihankkeita.

Kuivaketju10-projekti koostui työpajoista ja seminaareista, ja se sisälsi kaksi laajaa lautokierrosta. (Saari 2017)

Kuivaketju10:n pääteesit ovat seuraavat:

1. Toimenpiteet kohdennetaan kymmeneen keskeisimpään kosteusriskiin
2. Valitut kosteusriskit torjutaan kaikissa vaiheissa tilaamisesta käyttöön
3. Torjumisen onnistuminen todennetaan jokaisen riskikohdan osalta.

Kuivaketju10 kuvaa itseään Kuivaketju10.fi verkkosivuillaan seuraavasti: ” Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa ja torjunnan onnistuminen todennetaan luotettavalla tavalla. Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kos-

teusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.”. Kuivaketju10:n pääteeseissä mainitut kymmenen keskeisintä kosteusriskiä sekä edeltävässä lainauksessa mainittu todentamisohje tarkennetaan ja laajennetaan suunniteluvaiheessa suunnittelijoiden toimesta hankkeen erityispiirteitä vastaavaksi. Kuivaketju10 riskilista on nähtävissä kuvassa 19 ja esimerkki todentamisohjeesta kuvassa 20. (Kuivaketju10 2018)

- | | |
|---|---|
| <p>1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.</p> <p>2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.</p> <p>3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.</p> <p>4. Kosteutta siirtyy ilmansulkerakenteen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.</p> <p>5. Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.</p> | <p>6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.</p> <p>7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.</p> <p>8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.</p> <p>9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.</p> <p>10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.</p> |
|---|---|

Kuva 19. Kuivaketju10 riskilista (Kuivaketju10 2018)

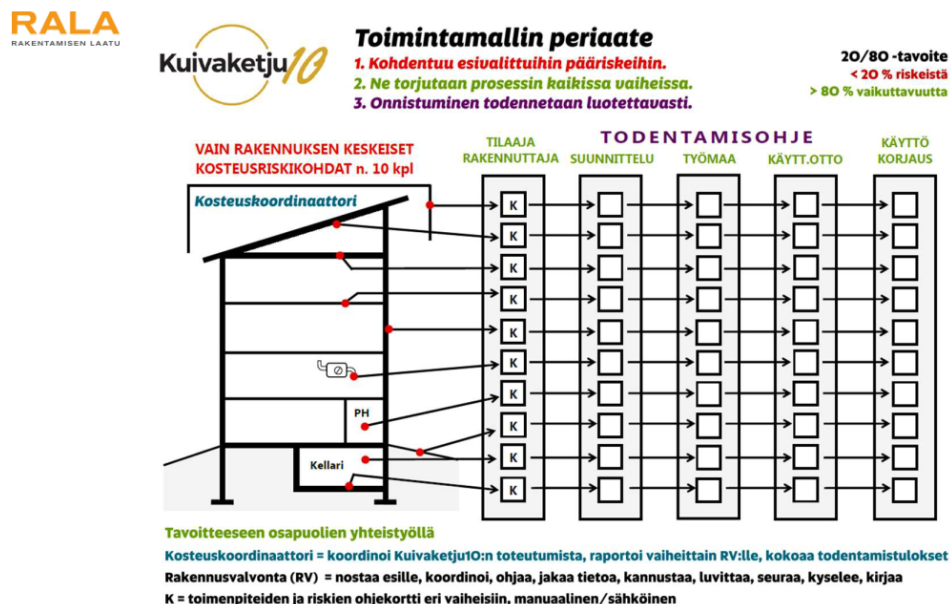
8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen

Betonirakenteet täytyy kuivata oikeassa lämpötilassa ja kosteuspitoisuudessa.

Suunnittelijan tarkistuslista			Urakoitsijan tarkistuslista		
Suunnitteluratkaisu	Suunnittelija(t)		Työmaatodentaminen	Todentamisdokumentti	pvm/henkilö
Tehdään alustavat kuivumisaikalaskelmat jo yleisaikatauluvaiheessa.	TI	RAK			
Laaditaan kuivumisaikalaskelmat betonirakenteille. Laskelmista käy ilmi kuivumisajat ihannetilanteessa (20 °C, 50 %) ja riskitilanteessa (<15 °C ja/tai >60 %).	RAK				
Huomioidaan kuivumisaikalaskelmissa erilaiset rakennetyypit ja niiden ominaisuudet sekä erikoisdetallit. Tällaisia ovat esimerkiksi paksut betonirakenteet ja betonitäytteiset teräspalkit.	RAK				
Huomioidaan kuivumisaikalaskelmissa valitun betonin laatu ja kuivumisominaisuudet sekä betonin mahdollisuus kuivua yhteen tai kahteen suuntaan.	RAK				
Huomioidaan kuivumisaikalaskelmissa vuodenaikojen erilaisten lämpö- ja kosteusolosuhteiden vaikutus kuivumisolosuhteisiin.	RAK				
Huomioidaan kuivumisaikalaskelmissa erikseen tasotekerrosten vaatima kuivumisaika.	RAK				
Esitetään kuivumisaikalaskelmassa tavoiteltavat optimaaliset kuivumisolosuhteet ja vaatimusolosuhteiden seurannasta.	RAK		Seurataan päivittäin kuivatettavien tilojen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.	Seurantapöytäkirja (Esimerkiksi mittariin kiinnitetty viikko)	
Tavoiteltavien kuivumisolosuhteiden saavuttamiseksi mitoitetaan riittävä ilmanvaihto tai kosteuskuivureiden käyttö sekä lisälämmityksen tarve rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän lisäksi.	LVI	RAK			

Kuva 20. Esimerkki Kuivaketju10:n todentamisohjeesta (Kuivaketju10 2018)

Kuivaketju10 -prosessi alkaa rakennushankkeeseen ryhtyvän päätöksestä ottaa toimintamalli käyttöön hankkeessa (Kuivaketju10 2018). Tämä edellä mainittu päätös velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvää kiinnittämään kosteudenhallintakoordinaattorin hankkeeseen jo hankkeen aikaisessa vaiheessa (Kuivaketju10 2018). Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtäviin kuuluu valvoa ja ohjata tilaajan valtuutuksella Kuivaketju10-prosessin toteutumista koko hankkeen ajan (Kuivaketju10 2018). Kuivaketju10 velvoittaa suunnittelijoita osoittamaan riskilistan ja todentamishjeen huomioimisen suunnittelutyössä (Kuivaketju10 2018). Urakoitsijan tehtävänä Kuivaketju10 mukaisessa prosessissa on suunnitelmien mukaisen työn toteutus sekä määriteltyjen riskipaikkojen onnistuneen toteutuksen todentaminen ja dokumentointi (Kuivaketju10 2018). Kosteudenhallintakoordinaattori valvoo ja hyväksyy urakoitsijan suorittaman todentamisen (Kuivaketju10 2018). Kuivaketju10:n toimintamallin periaate on esitetty kuvassa 21.



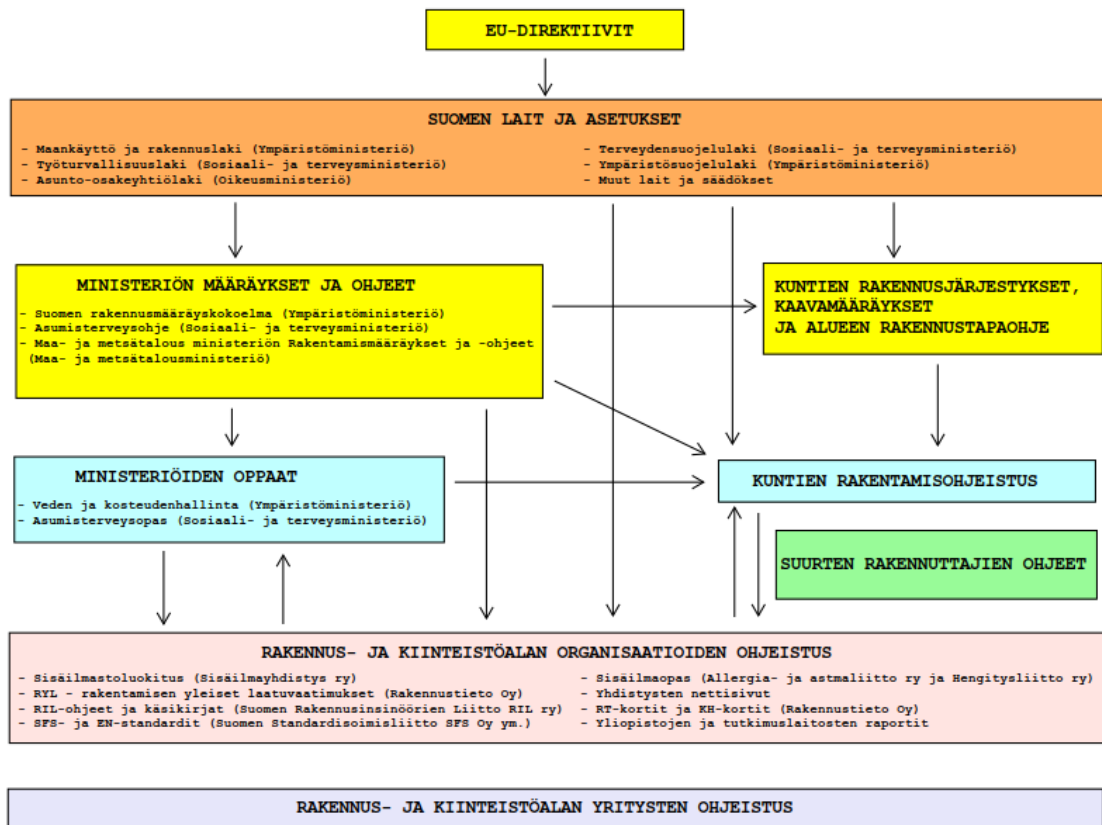
Kuva 21. Kuivaketju10 toimintamallin periaate (Saari 2017)

Kuivaketju10 on saatavissa dokumenttiversiona ja siitä on luettavissa lisää www.kuivaketju10.fi -sivustolta ja sähköinen järjestelmä on saatavissa osoitteesta <http://www.rala.fi/tuotteet/kuivaketju10/>. Molempien versioiden käyttö on ilmaista (Rakentamisen Laatu RALA ry 2018). Kuivaketju10:n yhteydestä lainsäädäntöön on luettavissa luvusta 2.5.1 *Kosteudenhallintaselvitys*.

3.5 Lakisääteisyys

Suomessa rakennusten terveellisyyttä ja kosteudenhallintaa ohjaavat määräävinä tekijöinä lait, asetukset ja määräykset. Säädösten määrittelemien terveellisyyden ja kosteudenhallintaan liittyvien vaatimusten täyttymiseksi viranomaiset ja organisaatiot ovat luoneet erilaisia ohjeistuksia, jotka eivät toimi määräävinä, mutta auttavat tahoja saavutta-

maan säädösten määrittelemät vaatimukset. Kuntien ja kaupunkien määrittelemät rakennusjärjestykset, kaavamääräykset ja alueiden rakennustapaohjeet eivät toimi myöskään määräävinä tekijöinä lainsäädännöllisesti, mutta niiden noudattamatta jättäminen voi antaa kielteisen päätöksen rakennuslupaa anottaessa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry on kuvannut RIL 250-2011 (2011) kirjassaan rakennusten terveellisyyttä ja kosteudenhallintaa ohjaavia lakeja, asetuksia ja ohjeistuksia alla olevan kuvan 22 mukaisesti. (RIL 250-2011 2011)



Kuva 22: Rakennusten kosteudenhallintaan liittyvät lait, asetukset, määräykset, ohjeistukset ym. sekä ohjeistuksien muodostama kokonaisuus (RIL 250-2011 2011)

Rakentamisen lainsäädännöstä vastaavat tahot on jaettu eri ministeriöiden kesken ja näin ollen myös valvonta on eri viranomaistahojen alla (RIL 250-2011 2011). RIL 250-2011 (2011) mukaan tämä *vaikeuttaa alalla toimivia hallitsemaan rakentamisen ja kiinteistönpidon viranomaisohjauksen kokonaisuutta*. Rakennus- ja kiinteistöalalla sekä monilla suurilla rakennuttajilla ja kiinteistönomistajilla on omat ohjeistukset suunnitteluun, rakentamiseen ja sen toteuttamiseen, sekä ylläpitoon (RIL 250-2011 2011). Edellä mainitut ohjeistukset astuvat hankkeissa määrääviksi tekijöiksi vasta, kun ne määrätään noudatettaviksi suunnitelma- tai sopimusasiakirjoissa (RIL 250-2011 2011). Vaikka lainsäädäntö ohjaa suunnittelijoita, valvontaa, viranomaisia, urakoitsijoita ja muita rakennushankkeeseen liittyviä osapuolia, niin ne eivät pois sulje rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuita rakennushankkeen läpiviemisestä, josta on säädetty oma pykälä maankäyttö- ja rakennuslaissa MRL 5.2.1999/132, 119 §:

MRL 5.2.1999/132, 119 §:***Rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuus***

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava myös siitä, että rakennushankkeessa on kelpoisuusvaatimukset täyttävät suunnittelijat ja työnjohtajat ja että muillakin rakennushankkeessa toimivilla on heidän tehtäviensä vaativuus huomioon otettuna riittävä asiantuntemus ja ammattitaito.

(Ympäristöministeriö 1999a).

Kosteudenhallintaan liittyvistä laista, asetuksista, ohjeistuksista yms. on luettavissa lisää RIL 250-2011 2011 kirjasta sivuilta 227-243, sekä kuvasta 22 näkyvien tahojen kotisivuilta. RIL 250-2011 2011 julkaisu ei ole ottanut huomioon seuraavia jo julkaistuja tai voimaan astuvia ohjeistuksia ja asetuksia:

- Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 24.11.2017, joka on astunut voimaan 1.1.2018
- Oulun Rakennusvalvonnan 2017 vuonna julkaisema Kuivaketju10 ohjeistus, josta on luettavissa lisää tämän diplomityön luvusta 2.5.4 *Kuivaketju10*
- Valtioneuvoston kanslian Terveet tilat 2028 -toimenpideohjelman valmisteluhanke (29.11.2017 – 28.2.2018)

(Ympäristöministeriö 2017; Kuivaketju10 2017; Valtioneuvoston kanslia 2017).

Ympäristöministeriön 1.1.2018 voimaan astunut asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta sai alkunsa maankäyttö- ja rakennuslain muutoksesta 21.12.2012/958, joka astui voimaan 1.1.2013, sekä eduskunnan kirjelmästä rakennusten kosteus- ja homeongelmista (EK 5/2013 vp) vuodelta 2013. Maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen 21.12.2012/958 mukaisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman kaikki osat tulisi uudistaa vuoden 2017 loppuun mennessä perustuslain edellyttämään muotoon sisältäen myös seuraavat tarkennukset; sitovat määräykset ja ohjeistukset erotetaan selkeämmin toisistaan, säädöstekstin tulee olla selkeämpää ja täsmällisempää, uudistetut asetukset ja asetusten tulkinnan tueksi annettavat ministeriön ohjeet tulee koota Suomen rakennus-

määräyskokoelmaan. Eduskunnan 2013 vuoden kirjelmässä rakennusten kosteus- ja homeongelmista (EK 5/2013 vp) eduskunta edellytti, että hallitus ottaa maankäyttö- ja rakennuslain sekä rakentamismääräyskokoelman muutosten valmistelussa paremmin huomioon rakennusten terveellisyyden. Tämän lisäksi muina edellytyksinä olivat konkreettisten keinojen löytäminen rakennusten terveellisyyttä koskevien säädösten ja määräysten noudattamiseen, rakentamisen parempi valvonta ja sen oikea-aikaisuus, rakennushankkeen vaihekohtaisen dokumentoinnin sekä tarkastusasiakirjamenettelyn parantaminen, toimenpiteet rakennustyömaiden kosteudenhallinnan parantamiseksi, sekä ohjeistus rakennushankekohtaisen kosteudenhallintasuunnitelman tekemiseen, jolla pyrittäisiin vakiinnuttamaan käytäntö liittämään ohjeistuksen mukainen kosteudenhallintasuunnitelma osaksi rakennushankkeen tarjouspyyntöä luontevasti. Ympäristöministeriön tekemän 1.1.2018 voimaan astuneen asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta tavoitteena oli päivittää ympäristöministeriön vuonna 1998 julkaisemat määräykset ja ohjeet koskien rakennusten kosteusteknistä toimivuutta (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2, Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998). (Outinen 2017)

Yhdet merkittävimmät kohdat Ympäristöministeriön 1.1.2018 voimaan astuneessa asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta löytyvät asetuksen kolmannen luvun pykälistä 12 § ja 13 §:

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 1.1.2018, 12 §:

Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatiminen ja sisältö

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta.

Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 1.1.2018, 13 §:

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatiminen ja sisältö

Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen.

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön sovelletaan rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä annetun ympäristöministeriön asetuksen (216/2015) 15 §:ää. Sen lisäksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä.

(Ympäristöministeriö 2017). Edellä mainittu 12 § pykälän 1 momentti tarkoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvän MRL 5.2.1999/132, 119 § mukaista rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuutta määräämällä rakennushankkeeseen ryhtyvän myös huolehtimaan rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 1.1.2018 pykälän 12 § sisältöön mukaisesti. Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 1.1.2018 pykälän 12 § mukainen kosteudenhallintaselvitys toimii pohjana työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimiselle, jonka huolehtimisvelvollisuus on vastaavalla työnjohtajalla Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 1.1.2018 pykälä 13 § mukaisesti (Ympäristöministeriö 2017). Kosteudenhallintaselvityksestä on luettavissa lisää tämän diplomityön luvusta 2.5.2 *Kosteudenhallintaselvitys* ja työmaan kosteudenhallintasuunnitelmasta on luettavissa lisää tämän diplomityön luvusta 2.5.3 *Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma*.

3.6 Tulevaisuuden haasteet

Rakennusten kosteudenhallinnan tulevaisuuden haasteita ovat erityisesti mahdollinen ilmastomuutos sekä kestävä kehityksen periaatteet (RIL 250-2011 2011). Kestävä kehityksen periaatteilla viitataan energiankulutuksen sekä energiankulutuksen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen alentamiseksi tehtäviin rakenneteknisiin ratkaisuihin (RIL 250-2011 2011). Korkean rakentamisen lisääntyminen Suomessa aiheuttaa lisäksi omat haasteensa rakennuksen kosteudentekniseen toimivuuteen.

Mahdollisen käynnissä olevan ilmastonmuutoksen aiheuttamia arvioituja vaikutuksia Suomessa seuraavan 100 vuoden aikana ovat RIL 250-2011 (2011) mukaan:

- keskilämpötilan kasvaminen
- suhteellisen ja absoluuttisen kosteuden kasvaminen ulkoilmassa
- lämpimämmät talvet
- sademäärien lisääntyminen kesällä sekä talvella
- korkean ilmankosteuden omaavien päivien lisääntyminen
- rakenteiden kuivumiselle suotuisimpien päivien väheneminen (helmikuu-heinäkuu)
- tuulisuuden lisääntyminen
- lisääntyneet viistosateet
- rakennusten sisäilmaston muuttuminen jäähdystarpeen lisääntyessä
- vedenpinnan nousu
- tulvien lisääntyminen.

(RIL 250-2011 2011)

Energiankulutuksen sekä sen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen alentamiseksi matalaenergiarakentaminen yleistyy Suomessa. Matalaenergiarakentaminen aiheuttaa rakennefysikaalisia haasteita eristeiden paksuuksien kasvaessa; rakenteiden eristekerrokset eivät enää pääse kuivumaan yhtä tehokkaasti kostuneiden eristeiden ulkopinnoista, sillä sisäilmasta välittyvän lämmön vaikutus pienenee ja kuivumiseen vaikuttaa pääosin enää ulkoilmaston olosuhteet. Eristekerrosten paksuuksien kasvaessa tulee rakentamisessa ja rakenteellisissa ratkaisuisissa ottaa yhä enemmän huomioon eristeiden kastumisen ja kostumisen estäminen. Tämä tarkoittaa ulkopuolisen sääsuojauksen lisääntymistä, tiiviimpiä ja laadukkaammin toteutettuja höyrynsulku- sekä ilmatiiviyskerroksia. Kasuvat tiiveysvaatimukset rakennuksen sisäpinnoissa asettavat myös hallitulle ilmanvaihdolle korkeampia vaatimuksia. (RIL 250-2011 2011)

Korkeasta rakentamisesta puhuttaessa yhtenä merkittävänä suunnittelun haasteena on rakennuksen paine-erojen hallinta kaikissa vallitsevissa ulkoilmaston olosuhteissa. Rakennuksen painesuhteet muodostuvat tuulen, savupiippuvaikutuksen, ilmanvaihdon sekä tilojen käytön yhteisvaikutuksesta (Pitkäranta M 2016). Paine-erot aiheuttavat ilman virtausta ulkoseinän läpi, kerrosten välillä sekä tiloista toiseen (Pitkäranta M 2016). Ilmavirtauksen mukana siirtyy lämpöä, kosteutta sekä epäpuhtauksia (Pitkäranta M 2016). Suomen rakennusmääräyskokoelma D2 kohdan 3.7.6.1 mukaan ”Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa sekä mikrobien aiheuttamilta terveyshaitoilta. Alipaine ei kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa” (Kalliomäki P 2003). Korkeassa rakentamisessa paine-erojen hallinnan haasteet muodostuvat savupiippuvaikutuksesta, jossa ylöspäin nouseva lämpimämpi ilmassa muodostaa rakennuksen yläosaan ylipaineen ja alaosaa alipaineen. Liian suuri alipaine rakennuksen alaosassa saattaa tuoda alapohjasta tai seinärakenteiden epätiivetyshaitoista epäpuhdasta ilmassa asuintiloihin. Liian suuri

ylipaine rakennuksen yläosissa saattaa kuljettaa kosteata huoneilmaa ulkoseinärakenteisiin epätiivetyshoikohdista ja aiheuttaa pitkällä aikavälillä kosteusvaurion. Painesuhteiden ja tiiveyden aiheuttamista kosteusteknisistä riskeistä on luettavissa lisää luvusta 2.5 *Rakennuksen painesuhteet ja tiiveys*.

3.7 Yhteenveto rakentamisen kosteudenhallinnan ratkaisuksista

Kosteudenhallinnan ratkaisuiden kehittyminen on ollut 2010- luvun aikana hyvin aktiivista tehtyihin julkaisuihin perustuen ja rakentamisala on selkeästi alkanut kiinnittää rakennusten terveellisyyteen yhä enemmän huomiota. Merkittävimpänä askeleena voidaan pitää 1.1.2018 päivittynyttä Ympäristöministeriön asetusta rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, joka velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvää laatimaan kosteudenhallintaselvityksen ja nimeämään kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavan henkilön (Ympäristöministeriö 2018). Lisäksi edellä mainittu asetus velvoittaa vastaavaa työnjohtajaa huolehtimaan työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta ja sisällyttämään kosteudenhallintasuunnitelmaan nimetyt henkilöt rakennusprojektin kosteudenhallinnasta vastaavista henkilöistä rakennusvaiheittain (Ympäristöministeriö 2018).

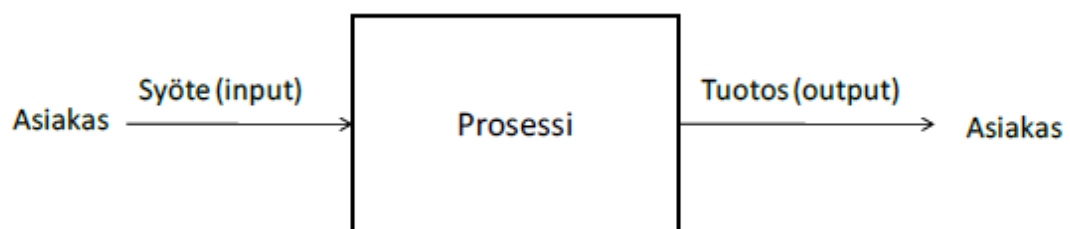
Luvun 3.4 *Työkaluja kosteudenhallintaan* mukaisia kosteudenhallinnan avuksi kehitettyjä työkaluja on lukuisia ja niiden hyödyntäminen ja käytön opettelu ovat parhaillaan käynnissä. Nykyinen kehityssuunta on parempaan päin ja on mielenkiintoista nähdä, että kääntyykö rakentamisen laatu parempaan suuntaan tulevina vuosina uusien menetelmien ja ratkaisuiden myötä. Tulevaisuus tuo mukanaan myös uusia haasteita luvun 3.6 *Tulevaisuuden haasteet* mukaisesti, joista yleistason mainintoina ilmastonmuutoksen vaikutukset, korkean rakentamisen lisääntyminen, ja kestävä kehityksen periaatteiden merkittävyyden kasvaminen, joka tulee lisäämään eristekerrosten paksuuksia aiheuttane uusia kosteusteknisiä riskitekijöitä (RIL 250-2011 2011).

4. PROSESSIAJATTELU JA SEN HYÖDYNTÄMI- NEN RAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLIN- NASSA

Tämän luvun on tarkoitus selventää lukijalle prosessia käsitteenä. Luvussa esitellään myös diplomityön aiheeseen liittyvistä kylmäketjusta ja kosteudenhallinnasta prosessiku-
vaukset. Luvun lopussa on koottu lisäksi yhteenveto tässä luvussa käsitellyistä asioista ja aiheista.

4.1 Ketjutetut toimenpiteet – prosessit

Martinsuo ja Blomqvist (2010) mukaan *prosessit ovat asiakkaalle lisäarvoa luovia tapahtumaketjuja, joihin yritys käyttää resursseja*. Prosessilla tarkoitetaan aina asiakkaalta asiakkaalle tapahtuvaa ketjua. Asiakas kohdistaa prosessille vaatimuksia, odotuksia ja tarpeita. Prosessin asiakas voi olla yrityksen sisäinen tai ulkoinen sekä se voi olla tunnettu tai tuntematon. Asiakkaan vaatimukset, odotukset ja tarpeet määrittelevät millaista lisäarvoa syötteisiin halutaan tuotettavan, jotta tuotos tyydyttää asiakasta. Tuotoksella voidaan muun muassa tarkoittaa tuotetta, palvelua tai ratkaisua. Tapahtumaketju koostuu useista toisiinsa liittyvistä tapahtumista, joilla tuotetaan prosessissa lisäarvoa. Tapahtumaketju voi koostua yhdestä tai useammasta tapahtumasta sekä se voi olla ennalta määrittelemätön tai määriteltävissä. Prosessissa syötteestä tehdään tuotoksia käyttämällä ja kuluttamalla resursseja. Resursseilla tarkoitetaan työvoimaa, kapasiteettia, raaka-aineita, rahaa, tietoa ja erilaisia laitteita. Resursseja on aina rajoitetusti ja ne synnyttävät kustannuksia. Niitä voidaan hankkia ulkopuolelta tai ne voivat olla yrityksen sisäisiä. Kuva 23 näyttää prosessin yksinkertaistetun kuvauksen. (Martinsuo & Blomqvist 2010)



Kuva 23: Prosessin yksinkertaistettu kuvaus (Martinsuo & Blomqvist 2010)

Prosesseille voidaan tehdä myös erilaisia jaotteluja. Ensimmäisenä esiteltävänä jaotteluna toimivat ydin- ja tukiprosessit, joissa ydinprosessit ovat suoraan asiakkaaseen vaikuttavia, kun taas tukiprosessit toimivat yrityksen sisäisesti ja tukevat ydinprosesseja. Prosessit voidaan myös jakaa tasoihin eritellen pääprosessista ali- tai osaprosessit. Prosesseista

on mahdollista myös tunnistaa **nykyinen prosessi**, joka kuvaa prosessin toteutumista nykytilassa, sekä **tavoiteprosessi**, joka kuvaa millainen prosessin tulisi olla tavoitteiden mukaan. Nykyisen prosessin ja tavoiteprosessin tunnistamisella voidaan selvittää niiden väliset eroavaisuudet, jotka näyttävät prosessin muutostarpeet, jotta tavoitteet saavutetaan. (Martinsuo & Blomqvist 2010)

4.2 Kylmäketjun prosessikuvaus

Kylmäketjun määritelmänä on jäädytetyn elintarvikkeen, lääkeaineen tai vastaavan tuotteen lämpötilan pitämistä sallituissa rajoissa koko sen suunnitellun käyttöiän aikana (Alapiha 2014; Business Wire 2010). Elintarviketeollisuudessa tämä tarkoittaa kylmäketjusta huolehtimista valmistajalta jälleenmyyjälle ja edelleen sieltä kuluttajalle (Alapiha 2014). Kuva 24 kertoo kylmäketjun eri osapuolista ja tekijöistä.

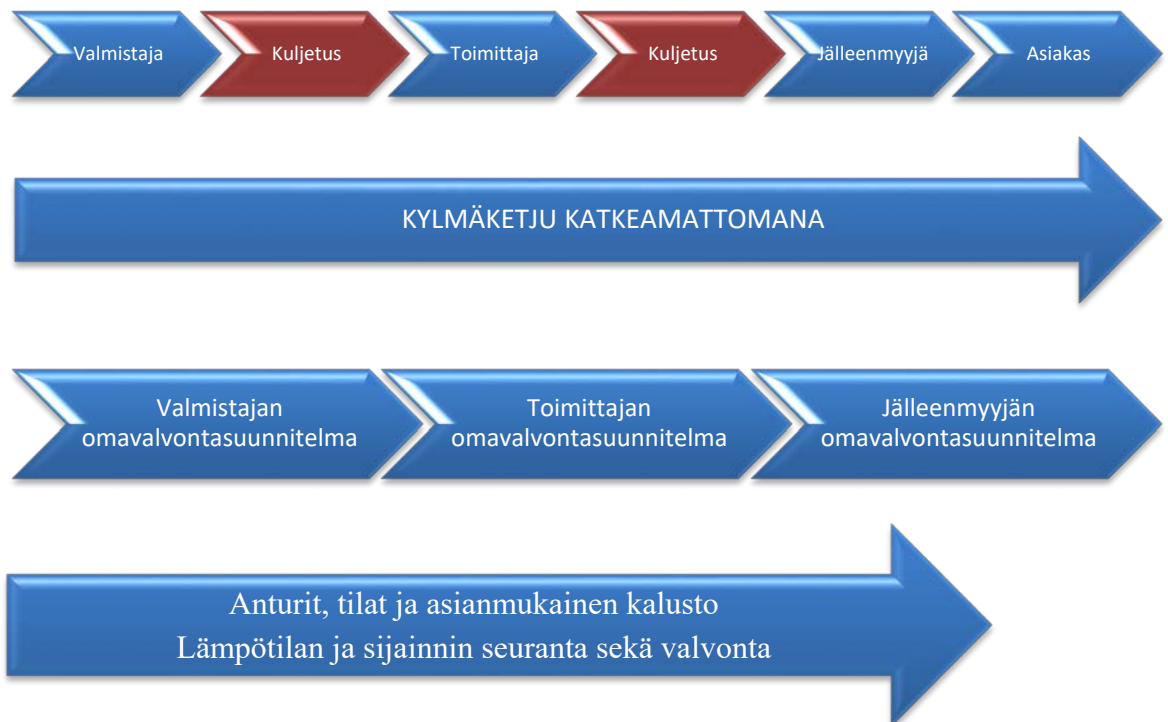


Kuva 24. Kylmäketjuun vaikuttavat tekijät (Kylmäketju.fi, 2016)

Päätavoitteena kylmäketjulla on saada tuotteet turvallisina ja laadukkaina osapuolelta toiselle. Kylmäketjua suunniteltaessa on otettava huomioon tuotekohtaiset vaatimukset kuten ohjeistukset sekä tuotteita koskevat lait ja asetukset. Jotta kylmäketjun katkeamattomuus saadaan mahdolliseksi ja tuotekohtaiset vaatimukset toteutettua, on kaluston, tilojen sekä työkalujen oltava oikeat. Näihin lukeutuvat muun muassa kuljetuskalusto asianmukaisella varustuksella, seurantalaitteet lämpötilan ja sijainnin valvomiseen, oikeanlaiset pakkaukset energiatehokkaaseen, laadukkaaseen ja turvalliseen säilytykseen, oikean valitut koneet kuormankantajiksi pitämään huoli pakattujen tuotteiden turvallisuudesta kuormia kasatessa ja purkaessa sekä oikein suunnitellut toimitus- ja vastaanottotilat varmistamaan tuotteiden turvallinen liikuttelu sekä oikeiden olosuhteiden säilyminen. (Kylmäketju.fi, 2016)

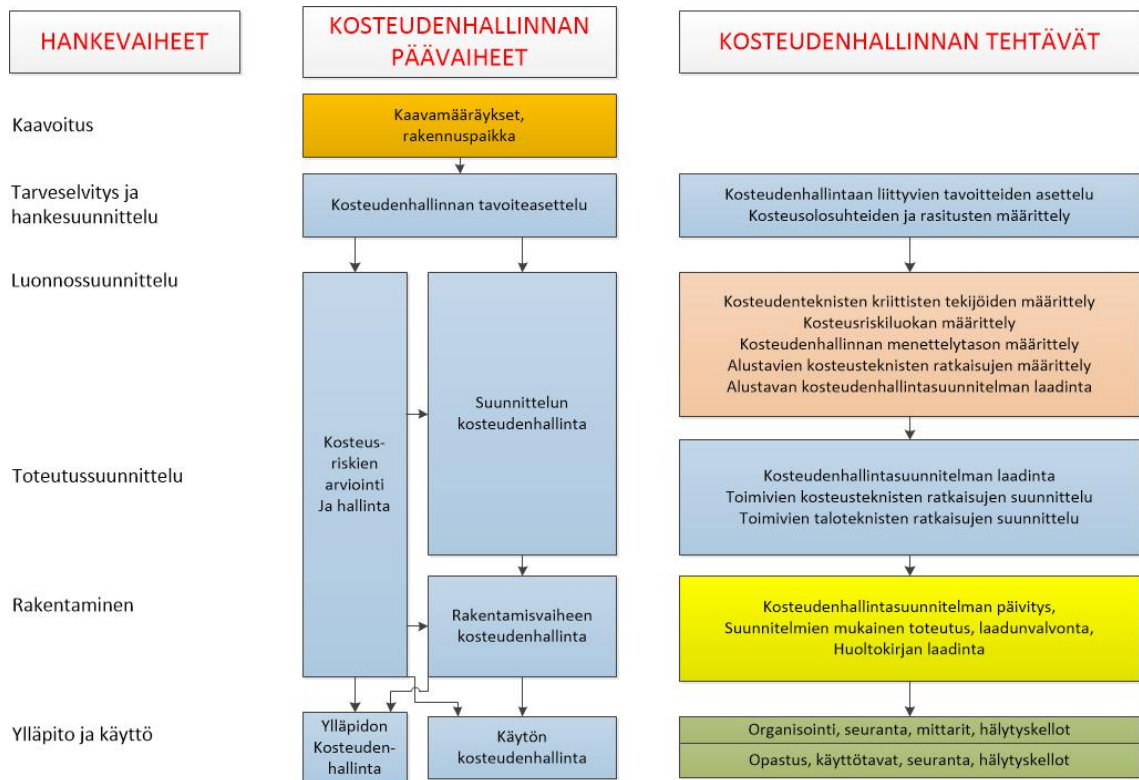
Näiden lisäksi tarvitaan työntekijät pyörittämään tätä suurta prosessia. Työntekijöiden vaatimuksia ovat riittävä osaaminen työtehtävään, toiminta- ja palveluprosessien hallinta, laatujärjestelmän hallitseminen asianmukaiseen valvontaan ja laadun takaamiseen, elintarviketeollisuudessa vaadittavan omavalvontasuunnitelman tekeminen ja noudattaminen, sopimuksista kiinnittäminen sekä riittävien verkostojen luominen varmemman toiminnan takaamiseksi. (Kylmäketju.fi, 2016)

Kylmäketjun yksinkertaistettu prosessikuvaus kertoo vastuun jakautumisen rajat, varmentavat toimenpiteet, suunnittelun, työkalut ja kaluston sekä osapuolet. Alapuolella on esitetty malli kylmäketjun prosessikuvauksesta.



4.3 Kosteudenhallinta prosessina

Kosteudenhallintaprosessi on mukana rakennushankeprosessin jokaisessa vaiheessa lukuun ottamatta kaavoitusvaihetta (RIL 250-2011 2011Se on laadunhallintaprosessi, jolla hallitaan ja valvotaan rakennushankkeen kosteusteknistä onnistumista. Rakennuttajan laatutavoitteet määrittelevät kosteudenhallintaprosessin laajuuden ja tarkkuuden. (RIL 250-2011 2011) Kuva 25 näyttää kosteudenhallintaprosessin päävaiheet hankevaiheittain sekä kosteudenhallinnan tehtävät.



Kuva 25. Kosteudenhallintaprosessin vaiheet (RIL 250-2011 2011)

Kosteudenhallintaprosessi alkaa tavoitteiden asettelusta, jotka rakennuttaja määrittelee laatutavoitteissaan hankesuunnitteluvaiheessa. Tarveselvitys ja hankesuunnittelu vaiheissa selvitetään lisäksi rakennuspaikalla vallitsevat kosteusolosuhteet ja rasitukset. Määritellyt tavoitteet ja selvitysten tulokset toimivat suunnittelu-, rakentamis- sekä käyttö- ja ylläpitoa vaihetta ohjaavina tekijöinä. (RIL 250-2011 2011) Kosteusriskien arviointi ja hallinta tapahtuvat luonnossuunnittelu-, toteutussuunnittelu- ja rakentamisvaiheissa. Kosteusriskien arviointiin osallistuvat rakennuttaja, toteuttaja, suunnittelijat, valvojat, tilaaja sekä mahdollinen tilaajan rakennuttajakonsultti. Hallinnasta vastaa toteutettava osapuoli. Kosteusriskien arvioinnin tuotoksia käytetään suunnittelun kosteudenhallintaan luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheissa. Suunnittelun kosteudenhallinnasta vastaavat eri alojen suunnittelijat yhteistyössä. Suunnittelun kosteudenhallinnassa laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma sekä suunnitellaan toimivat kosteustekniset ja talotekniset ratkaisut.

Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta toteutetaan suunnittelun kosteudenhallinnan sekä kosteusriskien arvioinnin ja hallinnan ohjeita noudattaen. Rakentamisvaiheen kosteudenhallinnasta vastaa toteutettava osapuoli. Rakentamisvaiheen kosteudenhallintaan kuuluvat kosteudenhallintasuunnitelman päivittäminen, suunnitelmien mukaisen toteutuksen valvonta, laadunvalvonta ja huoltokirjan laadinta. Ylläpidon ja käytön kosteudenhallinnat ohjeistetaan rakentamisvaiheen kosteudenhallinnan sekä kosteusriskien arvioinnin ja hallinnan perusteella. Ylläpidon ja käytön kosteudenhallinnat tekevät suunnittelijat sekä to-

teuttava osapuoli. Ne sisältävät tietoa organisoinnista, opastuksesta, seurannasta, käyttötavoista, mittareista sekä kertovat mitkä asiat toimivat ongelmista hälyttävinä tekijöinä. Kosteudenhallintaprosessin tarkemmasta kuvauksesta on luettavissa lisää Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL julkaisemasta RIL 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* -kirjasta sivuilta 19-134 sekä tämän diplomityön luvusta 2.5.3 *RIL 250-2011 -kosteudenhallintaprosessi*.

4.4 Yhteenveto prosessiajattelun hyödyntämisestä rakentamisen kosteudenhallinnassa

Prosessiajattelun hyödyntäminen rakentamisen kosteudenhallinnassa on sitonut yhteen yksittäisiä kosteudenhallinnan ratkaisuja, sekä auttanut ymmärtämään ja hallitsemaan paremmin rakennusten kosteusteknisiä riskitekijöitä, joita on lueteltuna muun muassa luvussa 2. *Rakentamisen kosteustilanteet fysikaalisena ilmiönä ja niiden seuraamukset*. Prosessiajattelu on erityisesti selkeyttänyt kosteudenhallintaan liittyvien rajapintojen hallintaa ja paikannut aukkoja rakentamisen kosteudenhallinnassa. Kosteudenhallintaa tulisi pitää jatkuvasti kehittyvänä ja dokumentoituna prosessina, joka saa tarkennuksia ja parannuksia jokaisen rakennushankkeen aikana.

5. AINEISTO

Tässä luvussa esitellään diplomityössä käytettyä aineostoa, joka rakentuu kirjallisuudesta, haastatteluista ja kyselystä. Ensimmäinen alaluku käsittelee kirjallisuutta, jossa esitellään ne diplomityön aineistoon valikoituneet kirjallisuuslähteet, jotka on koettu tärkeiksi tutkimuksen kannalta. Toisessa alaluvussa esitellään haastatteluiden kulku, rakenne ja tulokset. Viimeinen alaluku käsittelee kyselyä, jonka suorittaminen, rakenne ja tulokset tullaan esittelemään.

5.1 Kirjallisuus

Suomen rakennuskannan kosteus- ja homeongelmat ovat työllistäneet tutkijoita ja asiantuntijoita viimeisen kahden vuosikymmenen aikana julkaisujen määrään perustuen. Rahoitusta tutkimuksiin on tullut niin valtiollisilta tahoilta, kuin myös yritysten ja organisaatioiden sisältä. Kosteus- ja homeongelmista löytyy lukuisia tilastollisia ja ohjeellisia julkaisuja, joista saa tukea tämän diplomityön aineiston käsittelyssä. Tässä kappaleessa käsitellään Suomen Kuntaliiton julkaisu vuodelta 2006, Oulun rakennusvalvonnan julkaisema, usean eri osapuolen kanssa yhteistyössä kasattu, Kuivaketju10-toimintamalli, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat 2012*, Sisäilmayhdistyksen julkaisu Työmaan kosteudenhallinnan ohjeistuksesta, sekä Ympäristöministeriön julkaisema Ympäristöopas 2016; Rakennuksen kosteus- ja sisätekninen kuntotutkimus. Edellä mainitut julkaisut valikoituivat tämän diplomityön aineistoon tämän diplomityöntekijän oman arviointikyvyn perusteella, jossa arviointikriteereinä olivat julkaisujen merkityksellisyys ja julkaisujen sisällön sopivuus tutkimusongelmien ratkaisemiseen.

Suomen Kuntaliiton 2006 vuonna julkaisemassa *Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005* -kyselytutkimuksessa Jorma Ruokojoki tutki Suomen rakennuskannan kosteus- ja homevaurioita kunnille järjestetyn kyselytutkimuksen kautta. Kyselytutkimus suoritettiin vuonna 2005 ja siinä pyydettiin kuntia kirjaamaan 2002-2004 vuosina ilmenneet kosteus- ja homevauriot. 2005 vuonna kyselyyn vastasi 41 kuntaa, joista kaikki olivat yli 2000 asukkaan kuntia. Suomen Kuntaliitto järjesti samankaltaisen tutkimuksen myös vuonna 2000, jolloin kyselyyn vastanneita kuntia oli 182. (Ruokojoki 2006)

Ruokojoen vuonna 2005 tekemässä tutkimuksessa yleisimmät syyt rakennuskannan kosteus- ja homevaurioihin olivat suunnitteluvirheet (42%), rakennusvirheet (28%), energiansäästövirhe (13%) sekä huoltovirheet (12%). Rakennuskanta piti sisällään toimistorakennukset, päiväkodit, terveydenhuoltorakennukset ja muut sosiaalitoimen rakennukset,

urheilurakennukset ja opetusrakennukset. Vuonna 2000 tehdyssä Suomen Kuntaliiton tutkimuksessa syyt olivat jakautuneet seuraavasti: suunnitteluvirheet (27%), rakennusvirheet (29%), huoltovirheet (14%), käyttötappavirheet (16%), energiansäästövirhe (3%) ja muut tekijät (11%). (Kuva 26)

	A	B	C	D	E	F
Toimistorakennukset	41 %	31 %	9 %	6 %	0 %	13 %
Päiväkodit	40 %	34 %	10 %	3 %	2 %	11 %
Terveystuolitorak. ja muut sos.toimen rakennukset	40 %	26 %	12 %	6 %	0 %	16 %
Urheilurakennukset	60 %	17 %	8 %	3 %	2 %	13 %
Opetusrakennukset yhteensä	38 %	30 %	13 %	4 %	1 %	14 %
<i>Keskimäärin</i>	42	28	12	4	1	13
(Vuonna 2000)	27	29	14	16	3	11)

A = suunnitteluvirhe B = rakennusvirhe
 C = huoltovirhe D = käyttötappavirhe
 E = energiansäästövirhe E = muut tekijät

Kuva 26. Syyt kosteus ja homevaurioihin vuosina 2002-2004 (Ruokojoki 2006)

Ruokojoki listasi 2005 vuoden tutkimuksessaan kuvan 27 mukaisesti yleisimmiksi kosteuden lähteiksi sateen/lumen/tuulen/kattovedet/valumavedet (51%), maakosteuden (34%) ja käyttöveden (14%). Vastaavat lukemat 2000-vuoden tutkimuksessa olivat kuvan 27 mukaisesti: sade/lumi/tuuli/kattovesi/valumavesi (40%), maakosteus (29%) ja käyttövesi (26%).

	A	B	C	D
Toimistorakennukset	51 %	37 %	2 %	10 %
Päiväkodit	58 %	42 %	0	0
Terveystuolitorakennukset ja muut sos.toimen rakennukset	44 %	31 %		25 %
Urheilurakennukset	55 %	26 %	6 %	13 %
Opetusrakennukset yhteensä	51 %	36 %	1 %	12 %
<i>Keskimäärin</i>	51	34	2	14
(Vuonna 2000)	40	29	5	26)

jossa
 A = sade, lumi, tuuli, katto- ja valumavedet B = maakosteus
 C = sisäilman kosteus D = käyttövedet

Kuva 27. Kosteuden lähteet vuosina 2002-2004 (Ruokojoki 2006)

Yleisimmin vaurioituneet rakennusosat Ruokojoen 2005 vuoden tutkimuksessa olivat kuvan 28 mukaisesti vesikatto (33%), alapohjat (30%), ulkoseinät (11%), yläpohja (9%) ja

sokkeli (9%). Vastaavat lukemat vuoden 2000 tutkimuksesta ovat kuvan 28 mukaisesti: vesikatto (26%), alapohjat (26%), ulkoseinät (10%), yläpohja (10%) ja sokkeli (14%).

	Osa	1	2	3	4
Toimistorakennukset		18	25	13	5
Päiväkodit		40	20	5	5
Terveystuolitorakennukset ja muut sos.toimen rakennukset		27	13	5	6
Urheilurakennukset		35	9	13	2
Opetusrakennukset yhteensä		36	8	9	0
Keskimäärin		33 %	11 %	9 %	2 %
(Vuonna 2000)		26 %	10 %	10 %	-)
	Osa	5	6	7	8
Toimistorakennukset		3	23	12	1
Päiväkodit		2	13	9	6
Terveystuolitorakennukset ja muut sos.toimen rakennukset		2	31	7	9
Urheilurakennukset		5	22	9	5
Opetusrakennukset yhteensä		3	34	9	1
Keskimäärin		3 %	30 %	9 %	3 %
(Vuonna 2000)		8 %	26 %	14 %	6 %)

Jossa
 1 = vesikatto 2 = ulkoseinät 3 = yläpohja 4 = välipohjat
 5 = sisäseinät 6 = alapohja 7 = sokkeli 8 = muu

Kuva 28. Vaurioituneet rakennusosat vuosina 2002-2004 (Ruokojoki 2006)

Kuivaketju10 on Oulun rakennusvalvonnan käynnistämä projekti, jonka tarkoituksena oli luoda rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli. Toimintamallin lähtökohtana oli pyrkiä vähentämään kosteusvaurioiden riskiä rakennusten koko elinkaaren läpi. Kuivaketju10 sai ensimmäisen keskeneräisen julkaisunsa vuonna 2015, jota on sittemmin päivitetty vastaamaan nykyistä toimintamallikokonaisuutta. Toimintamalli on löydettävissä ilmaiseksi osoitteesta www.Kuivaketju10.fi. Kuivaketju10 -projektin vastuuvetäjinä ovat toimineet Oulun rakennusvalvonnan johtaja Pekka Seppälä, Oulun rakennusvalvonnan laatu- ja ympäristöasiantuntija Eveliina Tackett sekä RALA ry:n asiantuntija Sami Saari. Toimintamalli on luotu tiiviissä yhteistyössä Oulun rakennusvalvonnan, Ympäristöministeriön, Rakennustarkastusyhdistys RTY ry:n, RAKLI ry:n, SKOL ry:n, Rakennusteollisuus RT ry:n ja RALA ry:n kesken. (Kuivaketju10 2017)

Kuivaketju10 -toimintamalli pitää sisällään Kuivaketju10-riskilistan sekä -todentamisohjeen, jotka sisältävät kymmenen keskeisintä kosteusriskiä, joiden on arvioitu kattavan 80% kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. Yksi olennainen velvoite toimintamallissa on kiinnittää kosteuskoordinaattori hankkeeseen jo aivan alkuvaiheessa. Kuivaketju10 -toimintamalli sisältää lisäksi toimintaohjeet hankkeen eri osapuolille ja vaiheille;

tilaajille, suunnittelijoille, työmaahenkilöstölle, kosteuskoordinaattorille, rakennusvalvonnalle, käyttöönottoon ja käyttöön. Toimintaohjeet sisältävät eri osapuolille ja vaiheille erikseen suunniteltuja ohjekortteja, riskilistan, todentamisohjeen ja muita erityisiä ohjeistuksia. (Kuivaketju10 2017)

Kuivaketju10-riskilista nostaa hankkeen kokonaisaikataulun merkittävänä yleisriskinä hankkeen kosteustekniselle onnistumiselle. Riskilistan kymmenen listattua kohtaa ovat nähtävissä kuvasta 29. Jokainen näistä kymmenestä kohdasta on avattu tarkemmin selityksineen www.Kuivaketju10.fi -internetsivustolla. (Kuivaketju10 2017)



Kuva 29. Kuivaketju10-riskilista (Kuivaketju10 2017)

Eduskunnan tarkastusvaliokunta on julkaissut vuonna 2012 *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat* -tutkimuksen. Tutkimus teetettiin avoimen tarjouskilpailun perusteella Työterveyslaitoksella. Tutkimuksen kesto on ollut joulukuusta 2011 lokakuuhun 2012. Tutkimuksen tavoitteiksi tarkastusvaliokunta asetti kuvan 30 mukaiset kriteerit. (Eduskunnan tarkastusvaliokunta 2012)

1. arvioida merkittävien kosteus- ja homevaurioiden yleisyys asuin- ja työpaikkarakennuksissa mukaan lukien koulut, päiväkodit ja muut sosiaali- ja terveydenhuollon toimitilat Suomessa
2. selvittää kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys nykytiedon valossa ja siitä johtuvat toimenpiteet terveydenhuollon toimintatapojen kehittämiseksi
3. arvioida kosteus- ja homevaurioiden taloudellinen merkitys ja
4. esittää keskeisimmät jatkotoimenpiteet uusiksi tarvittaviksi tutkimuskohteiksi, hallinnollisiksi toimenpiteiksi ja koulutustoimien edistämiseksi.

Kuva 30. Kosteus- ja homeongelmat tutkimuksen tavoitteet (Eduskunnan tarkastusvaliokunta 2012)

Tämän diplomityön aineistoon soveltuvina asioina Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu nostaa esille rakennuksen käyttöiän loppumisen yhteyden aiheutuneisiin sisäilmaongelmiin sisältäen merkittävimpinä osatekijöinä kosteus- ja homevauriot. Julkaisuun oli listattuna kosteus- ja homevaurioiden yleisimmät aiheuttajat seuraavasti:

- riskejä sisältävät suunnitteluratkaisut
- työmaan kosteudenhallinnan puutteet
- työmaatoteutuksen virheet
- kunnossapidon laiminlyönnit ja
- rakenteiden luonnollinen kuluminen tai vaurioituminen elinkaarensa päässä. (Eduskunnan tarkastusvaliokunta 2012)

Sisäilmayhdistys (2017) on listannut *Työmaan kosteudenhallinta* ohjeistuksessaan kosteusteknisesti kriittiset rakennusosat seuraavasti:

- pihakansien vedeneristys ja vedenpoisto
- katutason (pihakannen) ja sisätilojen väliset sokkelit, pihavesien pääsy lattian sisälle ja lattian alusrakenteiden kuivuminen ja kuivana pysyminen
- betonirungon kastuminen sateiden tai lumien sulamisen vuoksi
- kerroksellisten lattioiden kastumisen estäminen ja kuivattaminen
- yläpohjarakenteiden kastumisen estäminen ja kuivattaminen
- holveilta seinärakenteisiin kulkeutuva vesi
- veden kulkeutuminen rankaseiniin sekä pelti-mineraalivilla-pelti seinärakenteisiin
- lasitiiliseinien rakenteet ja liittymät
- tiiliverhoiltujen ulkoseinien tuuletusvälistä seinän sisään päässeeseen veden hallittu poisjohtaminen, tuulettavuuden varmistaminen ja tuuletusvälien auki pysyminen
- lasiseinien rakenteet ja liittymät

- aukkojen liittymien vesitiiveys ja tuuletus
- vesieristys ja rakenteiden liikuntasaumot
- räystääliittymät
- betonirakenteiden kuivuminen, kuivumisolosuhteet, mittaukset ja betoniin ominaisuudet
- lasikatot ja niiden liittymät, kynttilöiden tuuletus ja vedenpoisto
- seinien liittymiset vesikattoon, ylöspäin rakentuvan seinän sisälle päässeen veden hallittu poisjohtaminen
- rakenteiden kuivumismahdollisuudet valmiissa rakennuksessa (oikeiden rakenneratkaisuiden valinnat)
- sääsuojaukset vesikattokorjauksissa sekä julkisivukorjauksissa
- IV-konehuoneiden rakenteet
- märkätilojen rakenteet
- kipsilevyseinien kastumisen estäminen
- LV-putkistoissa ja kalusteissa mahdollisesti esiintyvien vuotojen hallittu havainnointi
- pihavesien ja kattovesien hallittu poisjohtaminen, sadevesikaivojen oikea malli ja viemärien riittävä koko (hiekkapesät, käännytyissä katoissa vesien pääsy kaivoon myös vesieristeiden pinnalta ja putkien koko (minimissä 100mm))
- materiaalien kastumisen estäminen kuljetuksien, varastoinnin, asentamisen ja työn aikana sekä rungon kuivumisvaiheessa
- homehtumiselle alttiiden materiaalien välttäminen (esimerkiksi puupintainen vaneri on altis homehtumaan seinien ulkopinnoissa ja kylmissä sateelta suojatuissa tiloissa)
- rakenneratkaisut, joista ei ole aiempaa kokemusta.
(Sisäilmäyhdistys 2017)

Ympäristöministeriön julkaisemassa Kuntotutkimusoppaassa vuodelta 2016, oppaan toimittaja Miia Pitkäranta on listannut rakenteiden puutteita, jotka yleisimmin aiheuttavat kosteusvaurioita. Tämä edellä mainittu listaus on nähtävissä tämän diplomityön kuvasta 11.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry listaa *RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen* -kirjassa seuraavat tekijät homeongelmien syiksi:

- hankkeen kokonaishallinnan ontuminen
 - o lähtökohtainen syy voi löytyä hankkeen ohjauksesta ja hallinnoimisesta
 - o tilaajat olettavat, että suunnittelijat ja toteuttajat automaattisesti hoitavat virheettömän kosteudenhallinnan projektille, jolloin asioihin ei välttämättä kiinnitetä riittävästi huomiota
 - o kosteudenhallintaan liittyvissä asioissa säästäminen voi tulla jälkikäteen kalliiksi
- suunnitteluun panostamisen puute

- liian vähäinen panostus suunnitteluun aiheuttaa riskin onnistuneelle rakennusprosessille
- taustalla voi olla suunnittelun merkityksen ymmärtämisen ja arvostuksen puute
- liian vähäisellä panostamisella suunnitteluun kosteudenhallinnan kannalta kriittisten kohtien suunnitelmat voivat puuttua kokonaan tai olla puutteellisia
- rakentamisen sääsuojauksen ja olosuhdehallinnan puutteet
 - työmaan rakennusmateriaalien, rakenteiden ja rakenneosien puutteellisesti hoidettu sääsuojaus ja olosuhdehallinta
 - materiaalien ja valmiiden rakenteiden kostuminen kasvattaa homehtumisriskiä
 - pinnoitettavuusmittaukset tehdään väärin menetelmin tai ei ollenkaan
 - tavoitteiden määrittelemättömyys
 - aikatauluihin vedoten tehdään pintarakenteet kosteiden rakenteiden päälle
 - kuivumisaikojen laiminlyönti aiheuttaa melkein väistämättä ongelmia tulevaisuudessa
- käytön ja ylläpidon puutteet
 - rakennuksen omistajan ylläpitotavat sekä käyttäjien toimintatavat voivat aiheuttaa käyttövirheitä, jotka voivat ilmetä kosteus- ja homevaurioina
 - rakenteiden ja rakennuksen kunnon seurantaan on olemassa työkaluja, kuten rakennuksen huoltokirja
 - usein yksittäisinä ongelmien aiheuttajina toimivat alimitoitettu ilmanvaihto, joka saa lämpötilan sekä kosteuspitoisuuden nousemaan, sekä epäpuhtaat tuloilmaventtiilit tai hallitsemattomasti rakenteiden sisästä tuleva korvausilma
- rakennuskannan, materiaalien ja käyttötapojen muutokset
 - rakenteiden muutokset
 - rakennustuotteiden, -materiaalien ja rakenteiden voimakas kehittyminen 1900-luvun loppupuolella; yksiaineiset rakenteet muuttuneet voimakkaasti kerroksellisiin rakenneratkaisuihin
 - kerrokselliset rakenteet herkempiä suunnittelu, rakennus- ja käyttövirheille
 - ilmanvaihtotekniikan muutokset
 - painovoimainen ilmanvaihto on muuttunut monissa tapauksissa koneelliseen ilmanvaihtoon, jonka hallinta on usein vaativaa käytön ja ylläpidon kannalta
 - hallitsematon koneellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa rakenteisiin turhia kosteusrasituksia
 - tonttimaiden haasteellisuus
 - keskeisen sijainnin vuoksi on alettu rakentamaan alueille, joissa on epäedulliset kosteusolosuhteet rakentamiselle

- rakennusten ja käyttötapojen muutokset
 - rakennusten kosteuslähteet ja käytön aiheuttamat rasitukset ovat muuttuneet asuinrakennuksissa olennaisesti; kosteutta tuottavat toiminnot ovat siirtyneet erillisistä ulkorakennuksista asuintilojen yhteyteen.
 - astian- ja pyykinpesukoneet aiheuttavat vuotoriskejä
 - kellaritiloja on muutettu asuintiloiksi liian pienin toimenpitein eliminoidakseen kosteustekniset riskitekijät
 - saunoista on tullut huoneistokohtaisia
 - henkilökohtaiset käyttötavat kuten koneelliset kostutukset kasvattavat oleellisesti kosteusrasitusta
 - asuntojen suuria kosteusrasituksen lisäkuormia ei ole tutkittu riittävästi eikä niitä ole huomioitu teknisissä ratkaisuisissa.
- Hankeprosessin muutokset
 - hankkeet pilkotaan useampien osapuolten tehtäviksi, jolloin vastuiden rajat aiheuttavat riskiä sekä vaikeuttaa valvontaa
 - kustannustehokkuutta on pyritty parantamaan kilpailuttamahiikentymiseen. (RIL 250-2011 2011)

5.2 Haastattelut

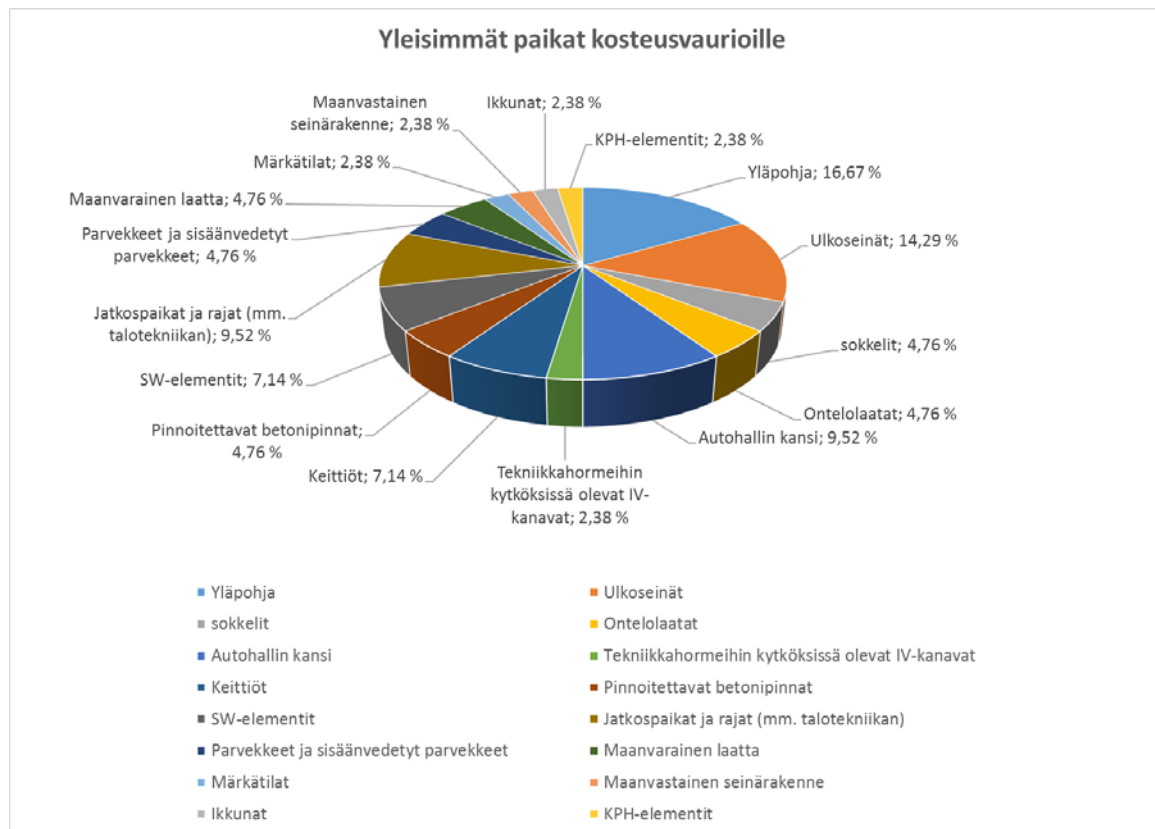
Diplomityön haastattelut on suoritettu aikavälillä 26.9.2016 - 3.2.2017. Haastattelut suoritettiin pääosin palaverin muodossa ja pieni osa puhelinkeskusteluin. Haastatteluiden yhteydessä saadut vastaukset kirjattiin haastatteluiden aikana liitteen 1 mukaiselle haastattelulomakkeelle pääosin sähköisessä muodossa, mutta joissain tapauksissa myös käsin tehdyin kirjauksin. Täytetyt haastattelulomakkeet kirjoitettiin puhtaaksi sähköisessä muodossa haastatteluiden jälkeen. Haastattelut kestivät 15-90 minuuttia. Haastateltavia henkilöitä tutkimukseen valikoitui yhteensä yhdeksän. Haastateltavat koostuivat suurien rakennusliikkeiden edustajista, pienen konsulttiyrityksen valvojasta, rakennusvalvonnan johtajasta/Kuivaketju10-projektin käynnistäjästä sekä rakennusvalvonnan rakenneyksikön päälliköstä. Henkilöihin oli pyritty keräämään rakennusalan ammattilaisia yritysten ja organisaatioiden eri organisaatiotasoilta ja eri työtehtävistä.

Haastattelulomake koostui esitieto-osasta sekä kahdeksasta haastattelukysymyksestä. Esitietoihin kirjattiin päivämäärä, paikka, haastateltavan henkilön nimi, yritys, yksikkö, asema ja työkokemus rakennusalalta. Haastattelun kahden ensimmäisen kysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa kosteusvaurioiden yleisimmät paikat, aiheuttajat ja syyt yleisellä tasolla. Näiden kysymysten jälkeen haastateltavalle selostettiin diplomityön rajaukset ja tutkimusosuuden rakenne. Kysymykset 3 ja 4 kartoittivat perusteluineen diplomityön rajausten mukaiset yleisimmät kosteana tai viallisena asennetut rakennustuotteet, -osat ja -materiaalit, jotka voivat aiheuttaa kosteusvaurioita rakennukseen. Kysymykset 1-4 oli suunniteltu siten, että niitä on mahdollista käsitellä myös kvantitatiivisin menetelmin

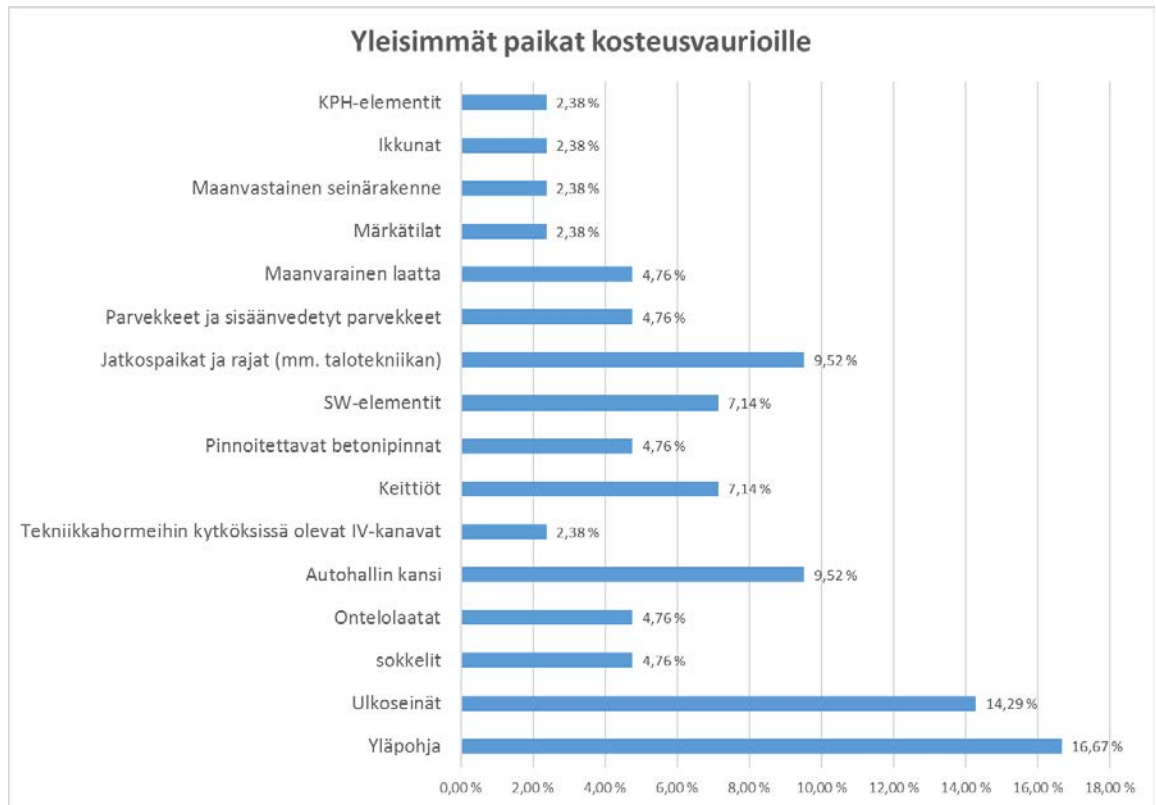
kriittisimpien rakenteiden valintaa varten. Kysymykset 5 ja 6 kartoittivat toimittajien ja varastoinnin merkitystä kuivaketjun onnistumisen kannalta, kysymys 7 pyrki keräämään parannusehdotuksia, joilla kuivaketjun toteutumista saataisiin parannettua ja kysymys 8 oli varattu vapaita kommentteja varten. Tyhjä haastattelulomake on löydettävissä liitteestä 1.

Ensimmäisessä kysymyksessä kysyttiin mitkä ovat yleisimmät paikat kosteusvaurioille. Haastattelukysymykseen tuli erillisiä vastauksia yhteensä 42 kappaletta, jotka jakautuivat taulukon 17 ja taulukon 18 mukaisesti. Yleisimpinä paikkoina nousivat esiin selkeästi yläpohja (16,67%) ja ulkoseinät (14,29%) sekä hieman harvinaisempina yleisesti jatkospaikat (9,52%) ja autohallin kansi (9,52%).

Taulukko 17. Yleisimmät paikat kosteusvaurioille, ympyrädiagrammi

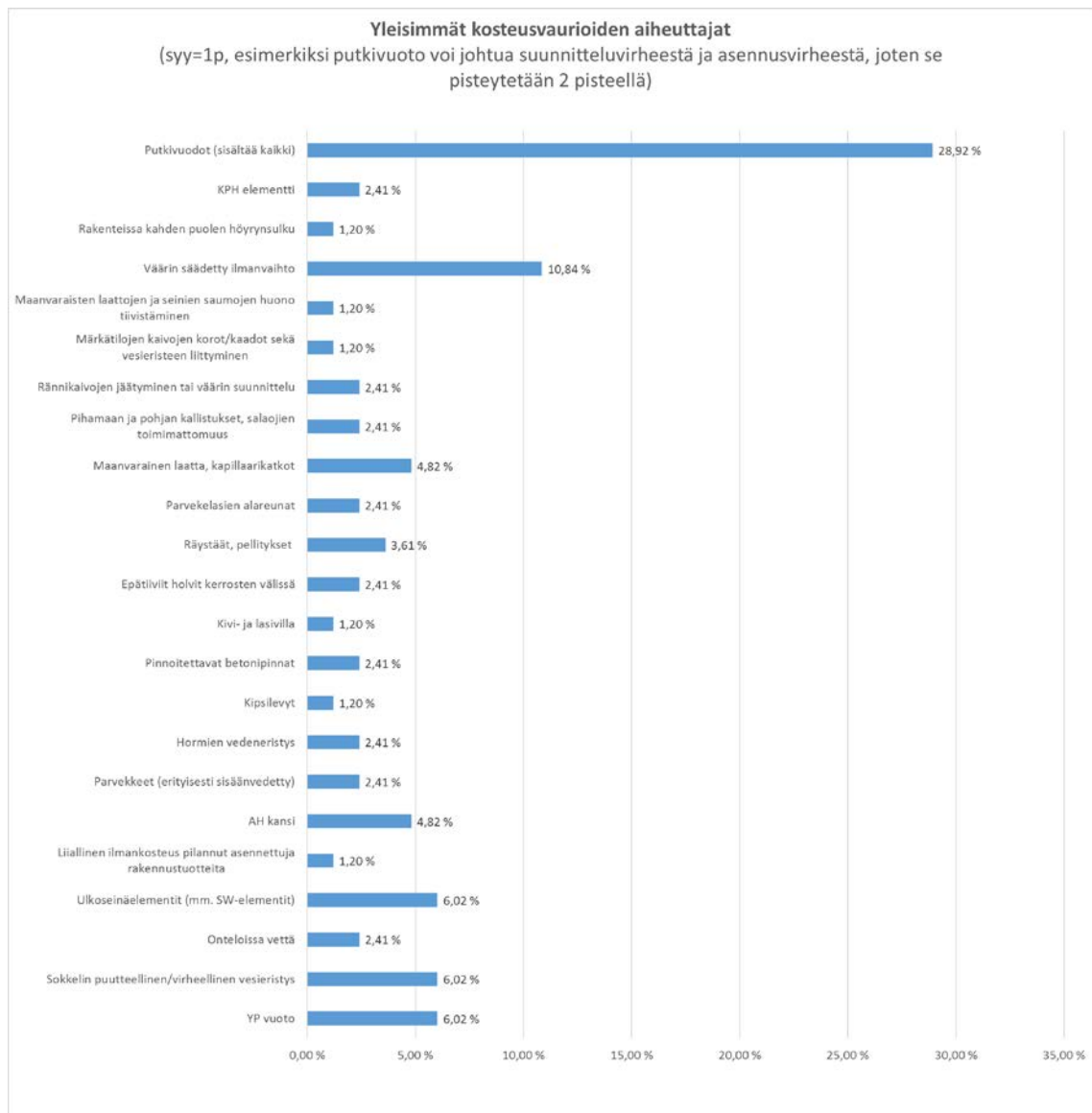


Taulukko 18. Yleisimmät paikat kosteusvaurioille, pylväsdiagrammi



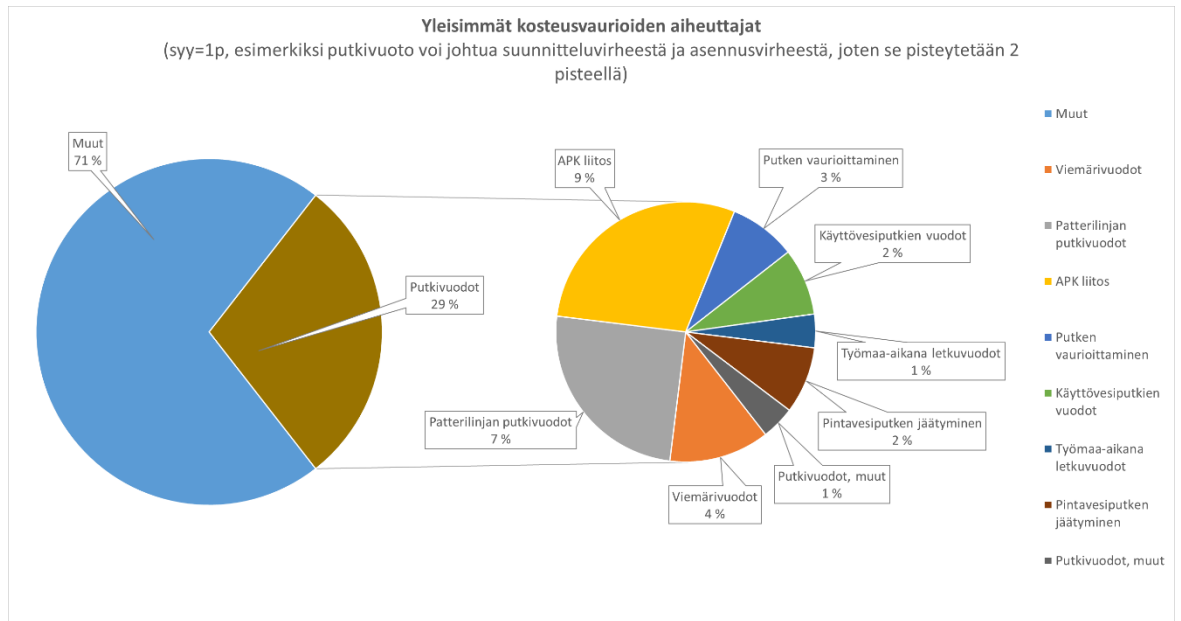
Kysymyksessä 2 kartoitettiin yleisimpiä kosteusvaurioiden aiheuttajia ja syitä. Kokonaisuudessa eri kosteusvaurioiden aiheuttajia tuli esille haastatteluissa 31 kappaletta ja syitä aiheutuneille kosteusvaurioille kertyi 83 kappaletta. Haastateltavat listasivat yksittäisille kosteusvaurioiden aiheuttajille useita syitä, joka selittää syiden lähes kolminkertaisen määrän suhteessa kosteusvaurioiden aiheuttajiin. Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat on pisteytetty niihin liitettyjen syiden lukumäärän mukaisesti. Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ovat nähtävissä taulukosta 19. Yleisimpänä taulukosta nousee esiin selkeästi putkivuodot (28,92%) ja toiseksi yleisimpänä väärin säädetty ilmanvaihto (10,84%).

Taulukko 19. Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat

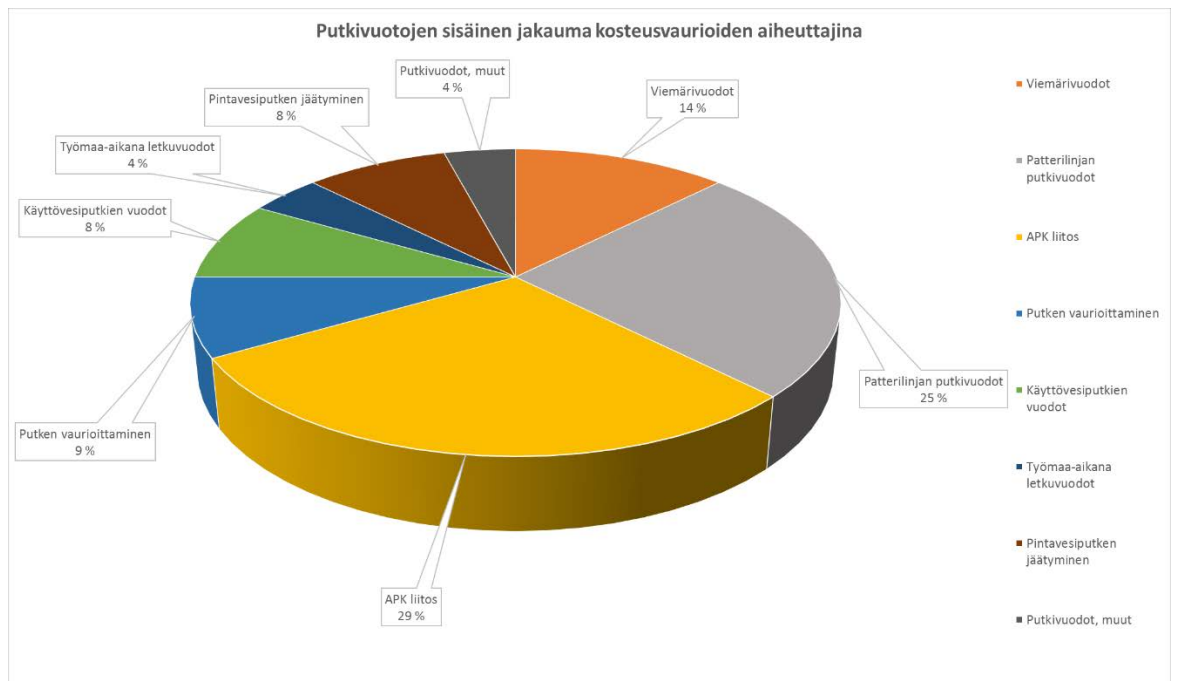


Kysymyksen 2 yleisin kosteusvaurioiden aiheuttaja, putkivuodot, on hajotettu osiin tarkempaa tarkastelua varten taulukossa 20. Merkittävimpinä yksittäisinä putkivuotoina erottautuvat astianpesukoneen liitos (9% kaikista kosteusvaurioiden aiheuttajista) ja patterilinjan putkivuodot (7% kaikista kosteusvaurioiden aiheuttajista). Putkivuotojen sisäisestä jakaumasta kosteusvaurioiden aiheuttajana taulukosta 21 selviää, että astianpesukoneiden liitokset aiheuttavat 29% kaikista putkivuodoista ja patterilinjan putkivuodot 25% kaikista putkivuodoista.

Taulukko 20. Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat, putkivuodot

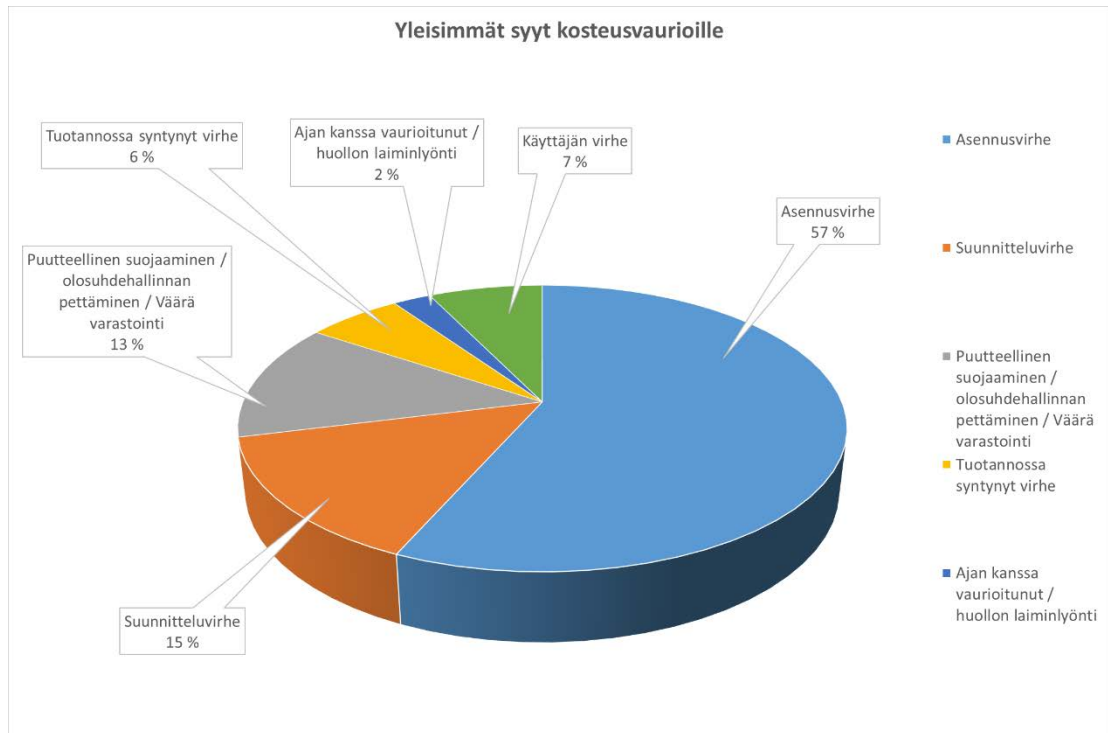


Taulukko 21. Putkivuotojen sisäinen jakauma kosteusvaurioiden aiheuttajina

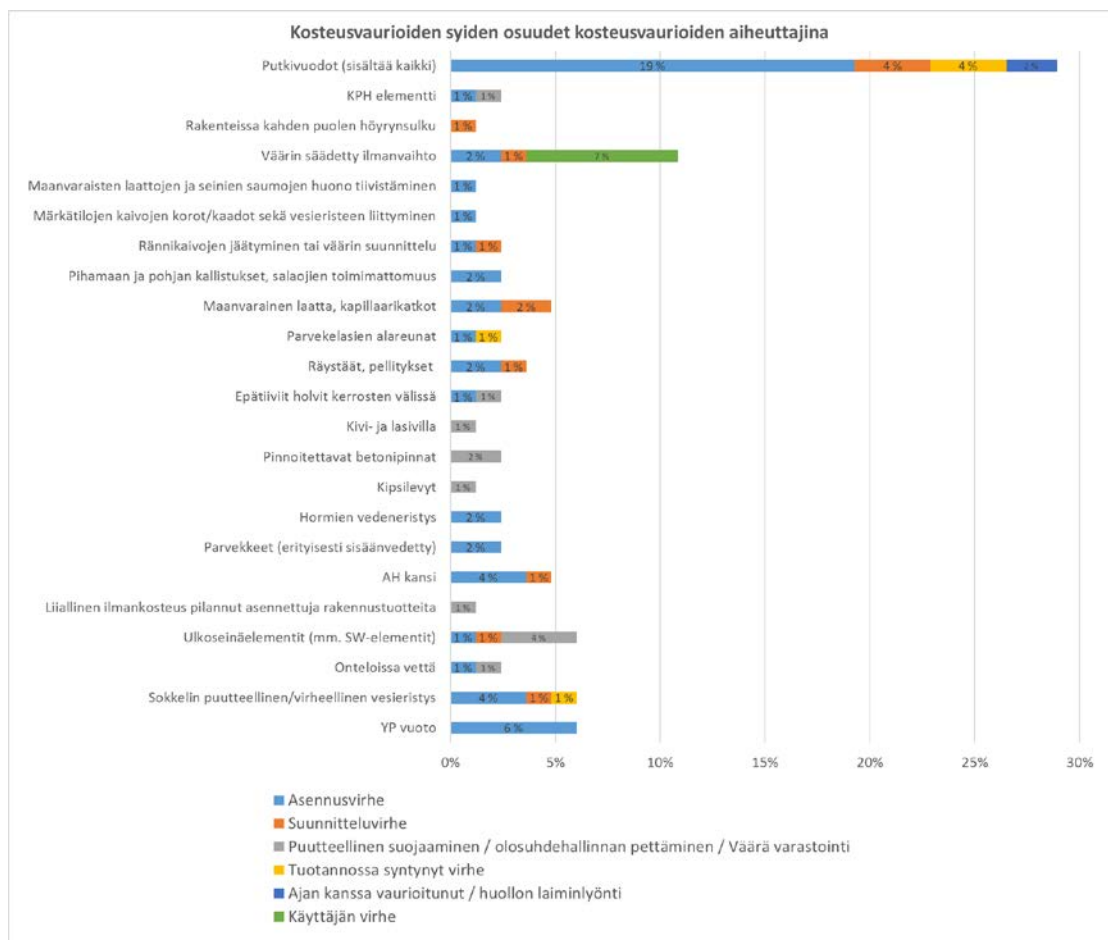


Yleisimmät syyt kosteusvaurioille, kysymyksestä 2, selviävät taulukosta 22. Merkittävin syy on selkeästi asennusvirheet (57%) ja seuraavina tulevat suunnitteluvirheet (15%) sekä puutteellinen suojaaminen, olosuhdehallinnan pettäminen ja väärä varastointi yhteensä 13% osuudella. Kosteusvaurioiden syiden osuudet kosteusvaurioiden aiheuttajina on nähtävissä taulukosta 23. Asennusvirheistä johtuvien putkivuotojen osuus on 19% kaikista aiheutuneista kosteusvaurioista, käyttäjän virheestä johtuvat väärin säädetyin ilmanvaihdon aiheuttamat kosteusvauriot ovat 7% kaikista kosteusvaurioista ja asennusvirheestä johtuvat yläpohjan vuodot 6% kaikista kosteusvaurioista.

Taulukko 22. Yleisimmät syyt kosteusvaurioille

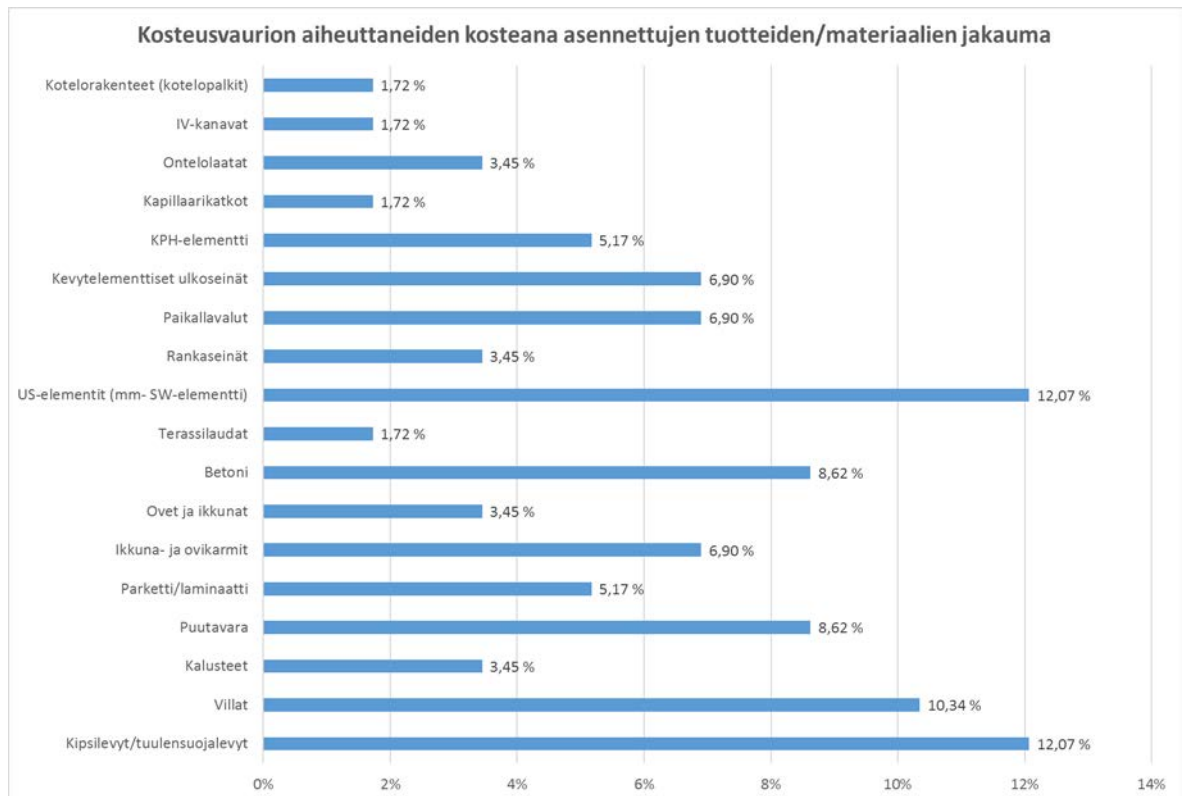


Taulukko 23. Kosteusvaurioiden syiden osuudet kosteusvaurioiden aiheuttajina



Kysymyksessä 3 käsiteltiin diplomityön rajauksen mukaisesti kosteana asennettuja rakennustuotteita, -osia ja -materiaaleja, jotka voivat aiheuttaa kosteusvaurioita. Haastattelussa tuli ilmi 18 eri rakennustuotetta, -osaa ja -materiaalia, jotka ovat liitettävissä kosteusvaurioihin kosteana asennettuna. Haastattelijoilta tuli yhteensä 60 kappaletta vastauksia, joiden prosentuaalinen jakauma on nähtävissä taulukosta 24. Kosteana asennetuista tuotteista yleisimmiksi kosteusvaurioiden aiheuttajiksi listautuivat ulkoseinäelementit (12,07%), kipsilevyt ja tuulensuojalevyt (12,07%) ja villat (10,34%).

Taulukko 24. Kosteusvaurion aiheuttaneiden kosteana asennettujen tuotteiden/materiaalien/osien jakauma



Viiallisena asennettujen rakennustuotteiden, -osien ja -materiaalien aiheuttamat kosteusvauriot olivat neljännen kysymyksen aiheena. Kysymykseen 4 tuli paljon vähemmän yksittäisiä vastauksia kuin edeltäviin, jonka vuoksi luotettavaa kvantitatiivista vertailua ei voitu tehdä. Yksittäisiä vastauksia tuli yhteensä 24 kappaletta ja ne jakaantuivat karkeasti ottaen kahdeksalletoista eri aihealueelle. Seuraavassa listauksessa on esitetty kysymyksen 4 kaikki vastaukset:

- parvekkeen vedenheitin
- hanakulma
- hanakulma
- Kahi-tiili
- muoviset suuret lattiakaivot
- ikkunat

- ikkunat
- ulkoseinäikkunoiden alareunat
- ovet
- väliovikarmit
- ontelolaatat
- astianpesukoneliitokset
- ELPO-hormien liitokset
- hormielementtien viemäri-liitokset (esim. ELPO-hormi)
- kylpyhuoneen laatat
- elementtien saumat
- pellitykset
- teippaamattomat tuulensuojavillojen saumat
- teippaamattomat tuulensuojalevyjen saumat
- aukot ja läpiviennit
- sokkeleiden päällä olevat alajuoksut
- vesikatot
- puu- ja termoelementit
- kevytrakenteiset elementit, joissa viallinen tai vaurioitunut höyrynsulku.

Kysymyksessä 4 esiintyi useampia vastauksia seuraavien aihealueiden osalta: hanakulmat (2 vastausta), ikkunat (3 vastausta), ovet (2 vastausta), hormielementit (2 vastausta), kevytrakenteiset elementit (2 vastausta). Vastausten vähäisen määrän ja hajonnan vuoksi luotettavaa vertailua ei näiden haastatteluvastausten perusteella voi tehdä kysymykselle 4.

Viides kysymys käsitteli tavarantoimittajien vastuuta kuivaketjussa. 33% vastaajista nosti esiin, että toimittajista johtuvat ongelmat eivät ole nykyään yleisiä. 56% vastaajista korosti kuljetuksien oikea-aikaisuuden merkitystä ja ns. täsmätoimituksien tärkeyttä. Täsmätoimituksilla tarkoitetaan toimituksia, joille on sovittu tarkka toimitusajankohta tai ns. aikaikkuna, ja toimituksen sisältö on usein pakattu ja merkitty rajattua toimituskohdetta palvelevaksi kokonaisuudeksi, joka käsittää esimerkiksi huoneistokohtaisten toimituksen (Kemppainen J & Koski H & Palolahti T 2009). Täsmätoimituksille ominaista on, että ne lähtevät joko suoraan tehtaalta tai välivarastointipaikalta terminaalista (Kemppainen J & Koski H & Palolahti T 2009). Kemppainen J & Koski H & Palolahti T 2009 mukaan täsmätoimituksille ei ole yksiselitteistä määritelmää, vaan sen tarkoitussisältö vaihtelee yrityskohtaisesti.

Toimituksiin liitetyt riskit:

- kuljetuksien aikana vioittuneisiin paketteihin voi päästä kosteutta sisään
- laminaatit, parketit ja väliovet ovat usein vaurioituneet kuljetuksien aikana
- elementtien villaeristeet ja ontelot usein kastuvat toimitusten aikana

- työmaalle kosteina tulleita betonielementtejä ei ole työmaan aikataulun kannalta kannattavaa vaihtaa. Tämä pakottaa asentamaan ne kosteina paikalleen
- työmaiden tulisi tiedostaa, että kuljetuksien aikaiset pakkaussuojat eivät ole riittäviä tuotteiden sääsuojaukseen työmaaolosuhteissa.

Toimitusten tilaajat saivat vastauksissa myös vahvaa kritiikkiä. Rakennustuotteiden laadunvalvonta määräytyy sen mukaan, mitä laadunvarmistusjärjestelmää tuotteelta rakennustuotesäädöksissä edellytetään. Rakennustuotteen tilaajalla on mahdollisuus asettaa tiukempia vaatimuksia rakennustuotteiden suojauksen suhteen mitä säädökset edellyttävät. Toimitukset, jotka on erikseen tilattu suojattuina, ovat olleet usein laadukkaasti toteutettuja. Vastaajista 44% nostivat esiin toimitusten oikeanlaisen suojauksen. Yksi vastaajista nosti erityisesti esiin Sandwich-elementtien suojauksen, jonka kanssa on esiintynyt erityisesti ongelmia; elementit ovat tulleet työmaalle kosteina johtuen puutteellisesta suojauksesta, mutta sitä on saatu mitä on tilattu. Edellä mainitulla esimerkillä kyseensomainen vastaaja on halunnut nostaa esiin tuotteen ostajan/hankkijan ammattitaidon – toimitusten tilaajien tulisi osata sisällyttää tilaussopimukseen riittävät suojaustarpeet tuotekohtaisesti.

Kysymyksessä 6 käsiteltiin varastoinnin merkitystä kosteusvaurioiden syntymisen taustatekijänä. 44% vastaajista nostivat esiin täsmätoimitusten merkityksen. 44 prosentilla vastaajista oli kielteinen suhtautuminen työmaalla varastointiin.

Varastointiin liitetyt riskit:

- rikkoutuneet ja puutteelliset rakennustuotteiden suojaukset
- väärissä olosuhteissa varastointi (koskee myös välivarastointipaikkaa)
- kosteudelle alttiita riskituotteita ovat mm. villat, kipsilevyt, parketit, laminaatit, lämpöpatterit, väliovet ja puutavara
- rikkoontumiselle ja ilkvallalle alttiit tuotteet kuten ikkunat
- rekka-autojen kylmissä kuljetuskonteissa tuotteet voivat joutua kosteudelle alttiiksi pitkien säilytysjaksojen vuoksi. Väliovikuljetuksien yhteydessä on havaittu edellä mainitusta syystä johtuvaa maalin hilseilyä väliovien pinnalla.

Vastauksissa korostui oikeissa olosuhteissa varastointi, oikeanlainen suojausmenetelmä sekä välivarastoinnin ja täsmätoimitusten tuomat hyödyt. Yksi vastaajista nosti esiin varastoinnin oikeanlaisen toteutuksen, jossa hän korosti seuraavia tekijöitä: tuulettuvuus, kuiva varastointitila, tuotteet irti maasta ja tuotteiden sääsuojaus. Toinen vastaaja esitti, että rakennustuotteet voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään; tuotteisiin, jotka saavat kastua ja tuotteisiin, jotka eivät saa kastua. Niiden rakennustuotteiden kanssa, jotka ovat arkoja kosteudelle ja eivät saa kastua missään tilanteessa, on kiinnitettävä erityisesti huomiota suojaukseen jokaisessa varastointivaiheessa. Niitä rakennustuotteita, jotka saavat kastua ja eivät vaurioidu kastumisesta, voidaan varastoida suojaamattomana tai huonosti suojattuina. Kastumista kestävien rakennustuotteiden kanssa on muistettava huolehtia

riittävästä kuivumisesta/kuivattamisesta asennuksen jälkeen, jotta rakennustuote saavuttaa riittävän alhaisen kosteuspitoisuuden esimerkiksi pinnoitustöitä varten. Kastumista kestävien rakennustuotteiden suojaustarpeiden määrittäminen on enemmän aikatauluun liittyvä asia.

Yksi vastaajista ei pitänyt työmaa-aikaista varastointia riskinä kosteusvaurioiden syntymiselle. Hänen mukaansa varastointi ei ole riski oikein toteutettuna ja vaikka varastoinnin aikana jokin rakennustuote olisikin vaurioitunut, niin työmaan henkilökunnalla tulisi olla ymmärrys siitä, että mikä on vaurioitunut tuote ja, että sellaista ei kukaan saa asentaa paikalleen. Tämä kyseinen vastaaja piti asennuksen oikeaa ajankohtaa ja asennuksen jälkeistä suojausta enemmän huomionarvoisena asiana. Asennuksen oikean ajankohdan valitsemisella on pyrkimys välttää ulkopuolista kosteusrasitusta mm. sisätiloihin asennettavan tuotteen osalta.

Kysymyksessä 7 tiedusteltiin parannusehdotuksia rakennustuotteiden, -osien ja -materiaalien kuivaketjun toteutumiseksi. Aikataulusuunnittelun tärkeys nousi 56 prosentilla vastaajista vahvasti esiin. 67 prosenttia vastaajista mainitsivat tämän kysymyksen yhteydessä logistiikkaan liittyvät asiat; tuotteiden hankintasopimukset, välivarastot, täsmätoimitukset, toimitusten oikea-aikaisuuden tai tuotteiden vastaanottajien ammattitaitoisuuden.

Kuivaketjun toteutumista tukevia asioita:

- kuivaketjun toteutumisen huomioiminen aikataulusuunnittelussa
- hankintasopimukseen riittävät määritelmät kuljetuksien aikaisista suojauksista ja toimitusten menettelytavoista
- laadukkaiden välivarastojen käyttö
- täsmätoimitusten käyttö
- toimitusten oikea-aikaisuus
- suunnitelmien laatu ja niiden tekemisen oikea-aikaisuus
- asennuksien jälkeinen suojaus (esimerkiksi betoni Sandwich-elementit)
- tuotteiden vastaanottajan ammattitaitoisuus
- sääsuojan alla rakentaminen ratkaisisi paljon riskipaikkoja
- riskirakenteiden tunnistaminen ja niiden välttäminen suunnittelussa
- kipsilevyjen oikeaoppinen käsittely
- korkeissa rakennuksissa kosteuskatkoja tietyin välein kerrosten välille
- tuotteiden kosteusteknisen toimivuuden tunteminen
- asennekasvatus
- kuivaketju-ajattelun jalkauttaminen rakennusprosessin kaikille osapuolille ymmärrettävästi
- rakennushankkeeseen ryhtyvän jämäkkyys; yksityiskohtaiset vaatimukset rakentamisen jokaiseen vaiheeseen ja jokaiselle toimijalle koskien myös valvontaa, jotta epäkohtiin puututtaisiin välittömästi

- riskituotteiden välttäminen. Materiaaliyhdistelmien soveltuvuuden tutkiminen on erittäin ajankohtaisena asiana. Viime aikoina ongelmia ovat erityisesti aiheuttaneet muovimattoasennukset sekä laminaattien ja parkettien alla käytetyt askeleenieristysmatot
- tuotteiden kosteusteknisen toimivuuden tunteminen; tieto siitä, mitkä tuotteet saavat kostua, mitkä kastua ja mitkä eivät saa kastua.

Haastateltavat kommentoivat ja kritisoivat tämän kysymyksen yhteydessä paljon rakentamisen aikataulutusta. Nykyisiä työmaa-aikatauluja pidetään liian kosteusherkkinä ja haastateltavien mukaan ne ovat suuri syy rakentamisen huonoon laatuun ja syntyneisiin virheisiin. Haastateltavat kritisoivat erityisesti hankkeiden rakennusvaiheen oikea-aikaisen aloittamisen sekä häiriövarojen puuttumista. Hankkeiden oikea-aikaisen aloittamisen puuttumisella haastateltavat tarkoittivat sitä, että mm. rungon ja vesikaton tekeminen ajoittuu nykyään usein talviaikaan, joka lisää kosteusvaurioiden syntymisen riskiä. Häiriövarojen puuttuminen aikataulusta ajaa hankkeet usein suureen kiireeseen ja sillä on suora vaikutus kosteudenhallinnan onnistumiseen. Tiukat aikataulut pakottavat urakoitsijoita mm. aloittamaan sisätöitä ennen kuin vesikatto on saatu tiiviiksi sekä priorisoimaan työpanoksien käyttöä, joka ilmenee rakennushankkeen luovutushetkellä vähemmän tärkeiden tilojen keskeneräisyytenä.

Häiriövarojen puuttuminen rakentamisen aikataulusta tuo hankekokonaisuuteen rahallista säästöä lyhentyneen rakentamisajan kautta, mutta tiukan ja häiriövarattoman aikataulun synnyttämät riskitekijät tulisi tiedostaa aikataulusuunnittelussa jo varhaisessa vaiheessa. Häiriövarojen puuttuminen ja riskien toteutuminen rakentamisaikaisen aikataulun kriittisellä polulla aiheuttavat suoraan painetta rakennushankkeen loppuosaan. Yksi haastateltavista nosti suoraan esiin rakennuttajien määrittelemien hankeaikataulujen kehittämistarpeen. Rakennuttajille tulisi saada parempi ymmärrys, että millainen on järkevä toteutusaikataulu tiettytyyppisiin kohteisiin. Nykypäivän tiukennetut toteutusaikataulut eivät tue kosteusriskien poistamista, sillä aikatauluissa ei ole otettu huomioon häiriötekijöiden muodostamien riskien toteutumista.

Yksi haastateltavista esitti toimintamallin, jolla saataisiin otettua nämä häiriövarat huomioon paremmin rakentamisaikaisessa aikataulussa. Toimintamallissa viimeistelyohjelman suunnittelu ja tödensuunnittelu tulisi tehdä jo etukäteen, ainakin karkealla tasolla, ja ennen kuin rakentamisen aikaista aikataulua suunnitellaan loppuun asti. Runkovaiheen olemattomiin häiriövaroihin tulisi saada myös muutos. Esimerkiksi 2 kuukautta kestävään runkovaiheeseen tulisi lisätä 3 viikkoa häiriövaroja, jotta häiriöiden riskit saataisiin minimoitua. Mikäli edellä mainitussa esimerkissä riskit jäävät toteutumatta, niin 3 viikon voitettu aika voitaisiin käyttää esimerkiksi betonipintojen viimeistelyyn sekä kevyiden väliseinien peltirankojen tai muurausten asentamiseen. Runkovaiheessa olisi myös tärkeätä saada tehtyä betonipintojen jälkityöt valmiiksi asti, etteivät työt jäisi roikkumaan ja aiheuttamaan sisätöiden aloittamiselle viivettä.

Kysymyksessä 8 haastateltaville annettiin tilaisuus esittää vapaasti omia kommentteja aiheeseen liittyen. Haastateltavat pitivät vastauksissaan kuivaketjuajattelua hyvänä ja hyödyllisenä asiana. Yksittäisenä kosteusteknisenä riskitekijänä haastateltavat esittivät rakennustuotteen tai -osan asentamista, johon liittyen erityisesti saumat ja liitoskohdat ovat usein paljastuneet kosteusteknisten ongelmien aiheuttajiksi. Edellä mainittuun yksittäiseen riskitekijään liittyen haastateltavat nostivat esiin lähitulevaisuuden haasteet, joita ovat korkearakentaminen, ranta-alueilla rakentaminen sekä ilmastonmuutoksen myötä mahdollisesti lisääntyvä tuulisuus ja sateet.

Yksi haastateltavista esitti haastattelun lopuksi tiivistetyn, omin sanoin tehdyn, siteerauksen Maankäyttö- ja rakennuslain kohdista MRL 117 c § ja MRL 119 §: ”Viime kädessä vastuu kosteudenhallinnan onnistumisesta ja siten terveellisen lopputuotteen, valmiin rakennuksen, saavuttamisesta on rakennushankkeeseen ryhtyvällä”. Tämä edellä mainittu siteeraus tiivistää hyvin koko tämän haastattelun – sitä saa mitä tilaa.

5.3 Kyselytutkimus

Kysely suoritettiin käyttäen Surveypal-palvelua. Kysely oli avoinna yritysten ja organisaatioiden työntekijöille aikavälillä 7.12.2016 - 30.1.2017. Kyselyyn valittiin vastaajaryhmiksi suuria rakennusliikkeitä, suunnittelu- ja konsulttialan yrityksiä, rakennusvalvonnat, vakuutusyhtiöt ja tavarantarkastajat. Vastaajaryhmiksi pyrittiin valitsemaan sellaisia osapuolia, joilla on näkemystä rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, kosteusvaurioiden syntymisestä sekä ehkäisystä ja, joilla on konkreettista tai kokemukseen perustuvaa tilastollista tietoa tukena.

Ennen kyselyn laittamista jakeluun, tehtiin esitiedustelu sähköpostitse ja puhelimitse, jossa kartoitettiin kyselystä kiinnostuneita yrityksiä ja organisaatioita sekä heidän yhteyshenkilöitään. Seuraavasta taulukosta 25 ilmenee kyselyyn valittujen ja osallistuneiden yritysten, organisaatioiden ja tavarantarkastajien lukumäärät vastaajaryhmittäin:

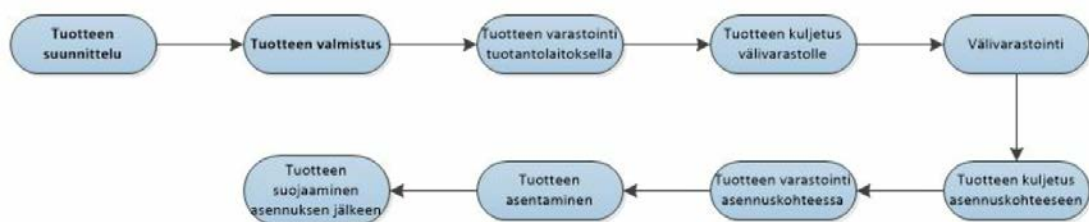
Taulukko 25. Kyselyyn valittujen vastaajaryhmien jakauma

Vastaajaryhmä	Kyselyyn valittujen yritysten, organisaatioiden ja tavarantarkastajien lukumäärä (kpl)	Kyselyyn osallistuneiden yritysten, organisaatioiden ja tavarantarkastajien lukumäärä (kpl)
Rakennusliikkeet	10	6
Suunnittelu- ja konsulttialan yritykset	13	4
Rakennusvalvonnat	6	4

Vakuutusyhtiöt	8	2
Tavarantarkastajat (Tavarantarkastajayhdistys)	112	7

Kysely koostui esitieto-osuudesta, jossa oli kolme taustatietoa selvittävää kysymystä, sekä kyselyosuudesta, jossa kyselyyn osallistuneilta kysyttiin viisi kappaletta diplomityön aiheeseen liittyvää kysymystä. Ensimmäisessä esitietokysymyksessä selvitettiin vastaajien sen hetkistä työpaikkaa, joka antoi tietoa vastaajan näkökulmasta aihetta kohtaan. Toisessa esitietokysymyksessä kysyttiin vastaajien asemaa yrityksessä. Kolmannessa esitietokysymyksessä selvitettiin vastaajan rakennusalan kokemusta työvuosina.

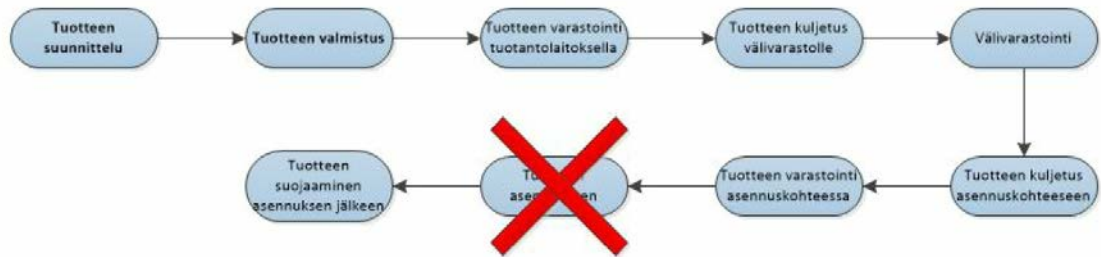
Diplomityön aiheeseen liittyvistä kysymyksistä ensimmäisessä selvitettiin vastaajien näkemystä yleisimmistä kosteusvaurioiden aiheuttajista rakentamisessa. Vastaukseen tuli eritellä kuvaus kosteusvauriosta ja sen aiheuttajasta, kertoa selitys, miksi kosteusvaurio on päässyt syntymään ja kertoa syntyneen kosteusvaurion sijainti. Ensimmäisen kysymyksen tarkoituksena oli saada yleinen käsitys kaikista syntyneistä kosteusvaurioista sekä erotella jakauma, joka kertoo, että kuinka suuri osa vastaajien mainitsemista kosteusvaurioista on aiheutunut diplomityön rajausten mukaan, kuinka suuri osa on johtunut asennusvirheistä ja kuinka suuri osa on johtunut tutkimuksen rajausten ulkopuolisesta syystä. Ensimmäisen kysymyksen jälkeen vastaajille kerrottiin diplomityön rajauksista; ajallisesta tarkasteluvälistä sekä diplomityön rajautumisesta koskemaan niitä rakennustuotteita, -materiaaleja ja -aineita, jotka ovat aiheuttaneet kosteusvaurioita uudisrakennuksissa. Alla olevasta kuvasta 31 voi tarkastella kyselyn vastaajille esitettyä tuotteen aikajana -kaaviota.



Kuva 31. Diplomityökyselyn kysymyksen 2 yhteydessä oleva diplomityön ajallisen rajauksen esittävä tuotteen aikajana -kaavio

Kysymyksessä numero 2 vastaajia pyydettiin mainitsemaan heidän mielestään viisi kappaletta yleisimpiä rakennustuotteita, joihin kosteusvaurio yhdistetään annettujen rajausten mukaan. Vastaajia pyydettiin erittelemään mistä kosteusvaurio on johtunut, mihin paikkaan kosteusvaurio on syntynyt, missä yhteydessä kosteusvaurioon johtanut virhe on

tapahtunut sekä antamaan esimerkki tapaus kustakin tilanteesta. Toisen kysymyksen vastaamisen jälkeen rajausta kiristettiin poistamalla tuotteen aikajana -kaaviosta tuotteen asentaminen alla olevan kuvan 32 mukaisesti.



Kuva 32. Diplomityökyselyn kysymyksen 3 yhteydessä oleva diplomityön ajallisen rajauksen esittävä tuotteen aikajana -kaavio

Kysymyksessä numero 3 vastaajia pyydettiin vastaamaan uudestaan kysymykseen kaksi, mutta sillä erolla, että tuotteen asentamisen aiheuttamia kosteusvaurioita ei oteta huomioon. Kysymyksien 2 ja 3 eroavaisuudella pyrittiin selvittämään asennuksen aiheuttamien kosteusvaurioiden suhteellista osuutta.

Kysymyksessä numero 4 pyrittiin selvittämään rakennustuotteiden, -osien ja -materiaalien synnyttämien kosteusvaurioiden alkuperäisiä syitä niiden yleisyyksien mukaan. Arviointi tapahtui arvoasteikolla 1-5. 1 tarkoittaa harvinaista ja 5 tarkoittaa yleistä. Alkuperäiset syyt tarkoittavat tuotteen aikajana -kaavioon perustuvaa seuraavaa jaottelua:

- suunnitteluvirheet
- tuotannossa syntynyt virheellinen tuote
- tuotannossa tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus
- tuotteen puutteellinen suojaus välivarastointipaikalla
- kuljetuksien aikana tuotteeseen syntyneet vauriot
- kuljetuksien aikana tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus
- työmaan varastointi ja varastoinnin aikainen suojaus
- tuotteen väärin asentaminen
- tuotteen puutteellinen suojaaminen asentamisen jälkeen.

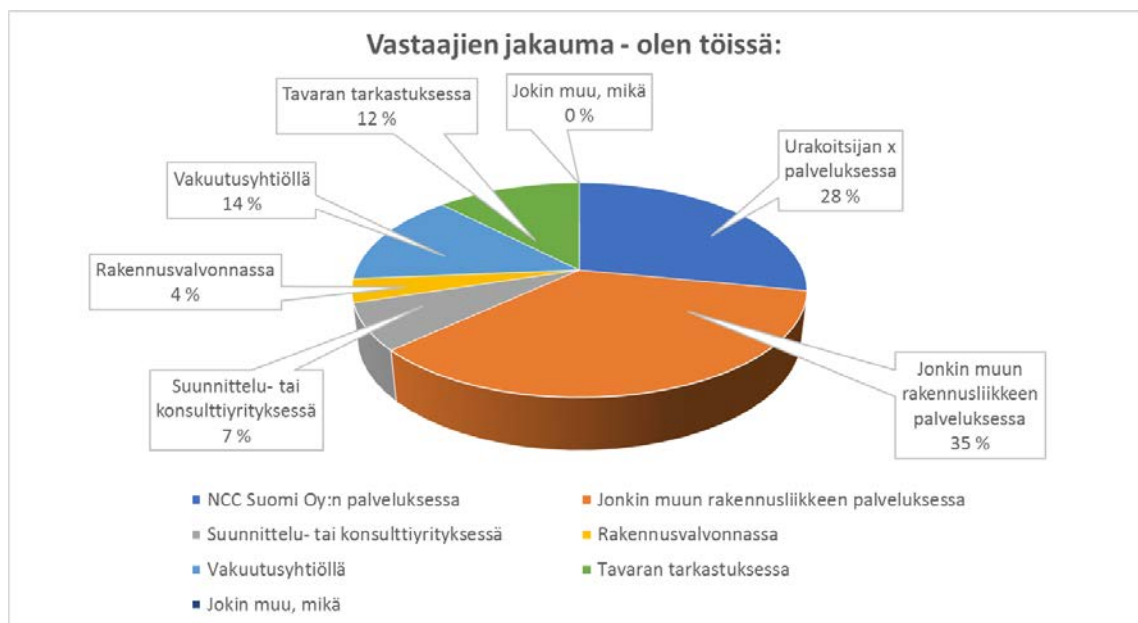
Kysymyksessä numero 5 vastaajilta kysyttiin kehitysehdotuksia kosteusvaurioiden vähentämiseksi.

Diplomityökyselyn tavoittaneiden henkilöiden lukumäärä ei ole tiedossa. Esitiedusteluun myöntävästi vastanneiden yritysten ja organisaatioiden yhteyshenkilöt hoitivat kyselyn jakelun sisäisesti yrityksissä ja organisaatioissaan. Tavarantarkastajayhdistyksen osalta kysely lähetettiin 112 tavarantarkastajalle, joista 7 henkilöä vastasi kyselyyn antaen vastausprosentiksi 6,3%. Kyselyn sisäiset vastaajien määrät ja kysymyskohtaiset vastausprosentit ovat nähtävissä alla olevasta kuvasta 33. Diplomityökyselyn vastauslomake on nähtävissä kokonaisuudessaan liitteestä 2.

Kysymys	Urakoitsija x	Muu	Yhteensä	Vastausprosentti
Olen töissä	16	35	51	100,00 %
Asema	16	35	51	100,00 %
Kokemus	16	35	51	100,00 %
Kysymys 1	15	33	48	94,12 %
Kysymys 2	14	30	44	86,27 %
Kysymys 3	9	23	32	62,75 %
Kysymys 4	15	34	49	96,08 %
Kysymys 5	12	23	35	68,63 %

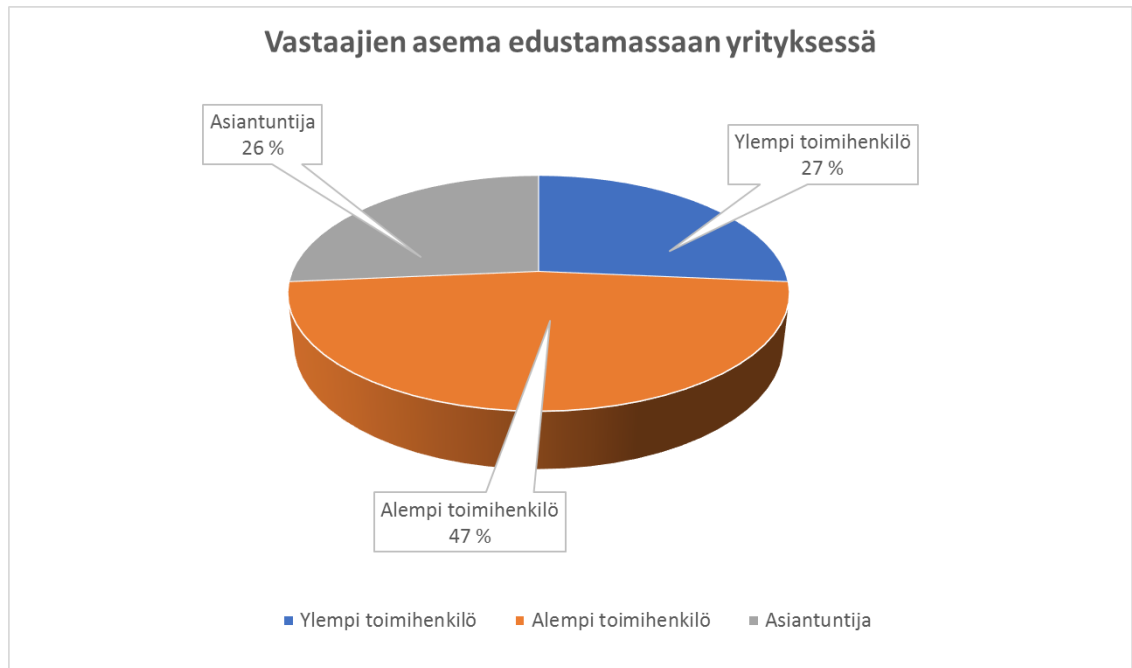
Kuva 33. Diplomityökyselyn sisäiset vastausprosentit

Diplomityökyselyn esitieto-osuuden ensimmäisen kysymyksen vastausten jakauma on nähtävissä alla olevasta kuvasta 34. Jakaumasta on havaittavissa, että rakennusliikkeet muodostavat 63% kaikista vastaajista. Rakennusliikkeiden vastaajista 44% olivat urakoitsijan x palveluksessa.



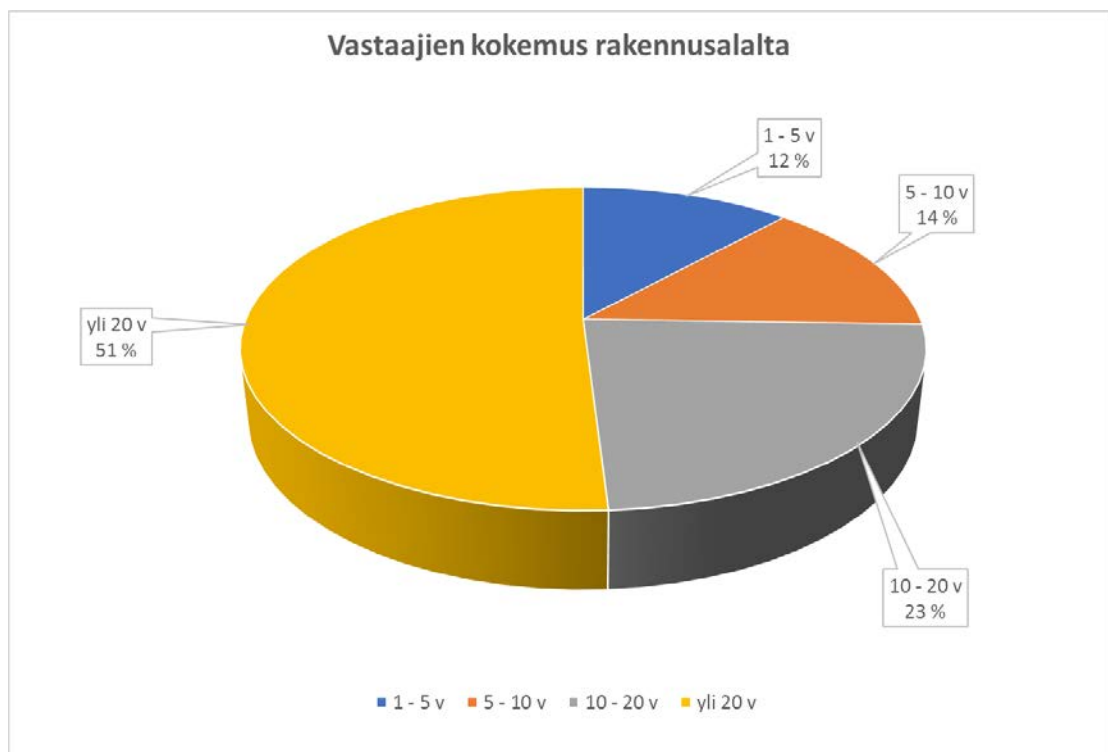
Kuva 34. Diplomityökyselyn esitieto-osuuden ensimmäisen kysymyksen vastausten jakauma

Esitieto-osuuden toisen kysymyksen vastausten jakauma on nähtävissä alla olevasta kuvasta 35. Aiempien toimihenkilöiden 47% osuus vastaajista on selitettävissä rakennusliikkeiden työmaatoimihenkilöiden osallistumisella kyselyyn.



Kuva 35. Diplomityökyselyn esitieto-osuuden toisen kysymyksen vastausten jakauma

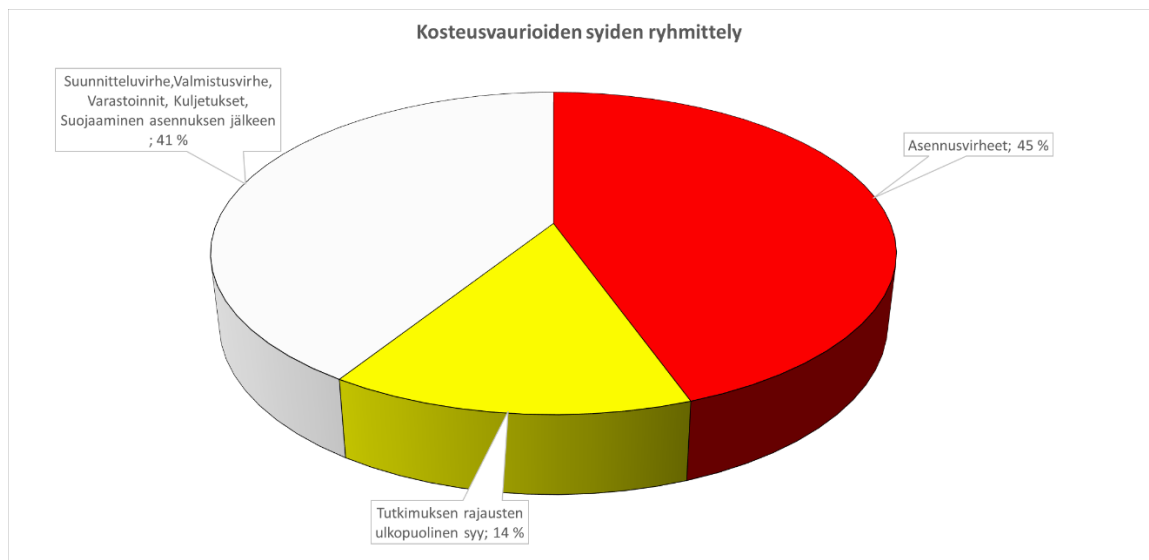
Esitieto-osuuden kolmannen kysymyksen vastausten jakauma on nähtävissä alla olevasta kuvasta 36. Vastaajista 51% omaisi kokemusta rakennusalalta yli 20 vuotta ja 23% vastaajista 10-20 vuotta. Vastaajien rakennusalan kokemuksen jakauma antoi luottamusta vastausten luotettavuuteen.



Kuva 36. Diplomityökyselyn esitieto-osuuden kolmannen kysymyksen vastausten jakauma

Diplomityökyselyn ensimmäisen varsinaisen kysymyksen vastausten jakauma on nähtävissä alla olevasta kuvasta 37. Vastaukset on jaettu seuraaviin ryhmiin, joiden perusteella syiden ryhmittely on tehty: suunnitteluvirheet, valmistusvirheet, varastointi, kuljetukset, suojaaminen asennuksen jälkeen, asennusvirheet sekä tutkimuksen rajausten ulkopuolisiin syihin. Tutkimuksen rajausten ulkopuolisiksi syiksi kyselyyn osallistuneet antoivat mm. seuraavia vastauksia:

- vanhojen kodinkoneiliitosten pettäminen
- vanhan vesikaton vauriot
- vesivahingot
- suihkuun nukahtaminen
- liian lyhyt rakentamisen aikataulu
- vanhat putket
- vanhojen rakennusten riskirakenteet
- kodinkoneiden rikkoontuminen
- tulvat
- ilkivalta
- sään aiheuttamat kosteusvauriot sääsuojan puuttumisen vuoksi tilaajasta johtuen
- huoltotöiden laiminlyönti tai osaamattomuus.

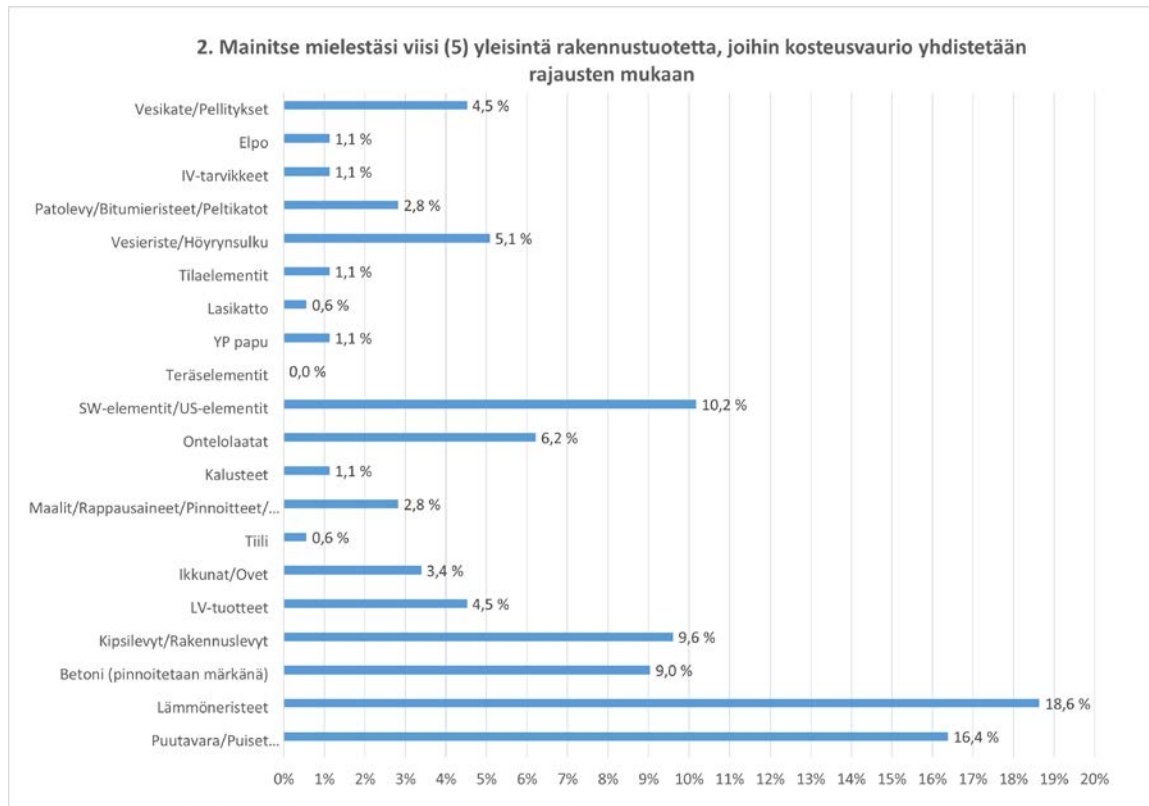


Kuva 37. Diplomityökyselyn ensimmäisen kysymyksen vastausten jakauma

Diplomityön rajauksen mukaisien kosteusvaurioiden osuus on 86% kaikista kysymyksen vastauksista. Rajauksen kattaessa 86% vastausten mukaisista kosteusvaurioista, on helppoa tehdä johtopäätös diplomityön rajauksen merkityksestä suhteessa kokonaisuuteen. Rajauksen mukaisista kosteusvaurioista 52% on syntynyt asennusvirheiden vuoksi vastausten perusteella.

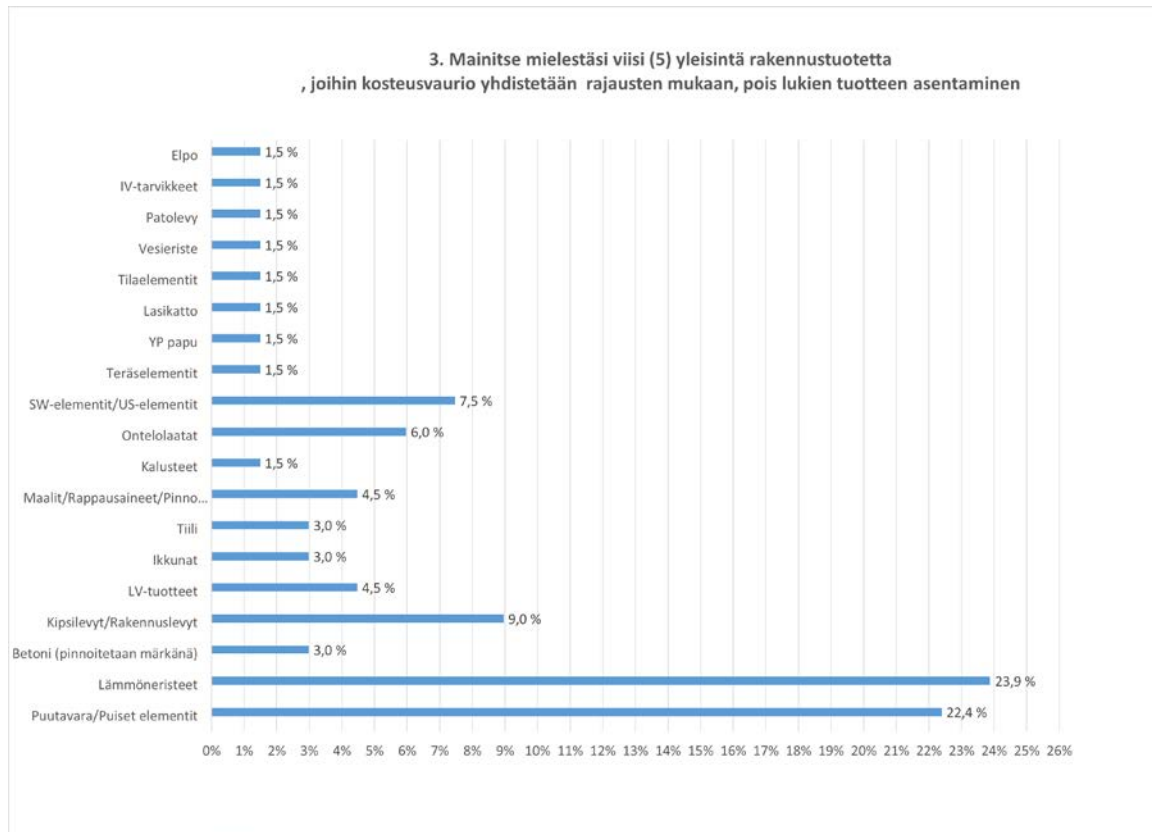
Diplomityökyselyn toisen kysymyksen vastausten jakauma on nähtävissä kuvasta 38. Vastausten mukaan kosteusvaurio yhdistetään rajausten mukaan yleisimmin seuraaviin

rakennustuotteisiin: lämmöneristeet 18,6%, puutavara/puiset elementit/parketit/laminaatit 16,4%, sandwich-elementit/ulkoseinäelementit 10,2%, kipsilevyt/rakennuslevyt 9,6% ja märkänä pinnoitettu betoni 9%.



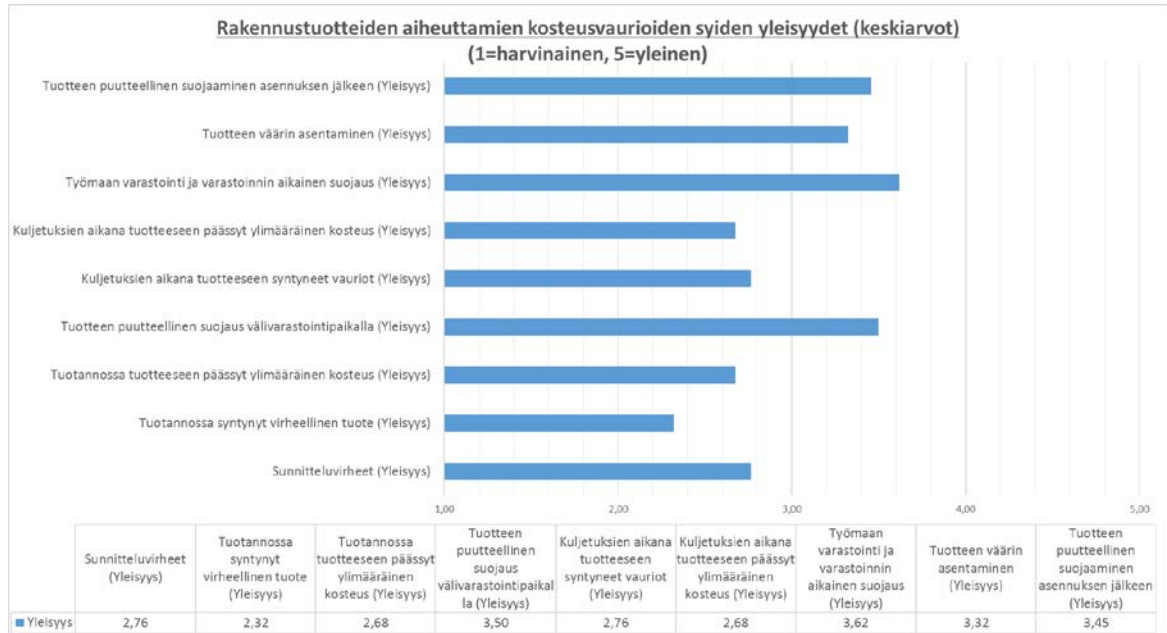
Kuva 38. Diplomityökyselyn toisen kysymyksen vastausten jakauma

Diplomityökyselyn kolmannen kysymyksen vastausten jakauma on nähtävissä kuvasta 39. Vastausten mukaan kosteusvaurio yhdistetään rajausten mukaan, pois lukien tuotteen asentaminen, yleisimmin seuraaviin rakennustuotteisiin: lämmöneristeet 23,9%, puutavara/puiset elementit 22,4%, kipsilevyt/rakennuslevyt 9%, sandwich-elementit/ulkoseinäelementit 7,5% ja ontelolaatat 6%.



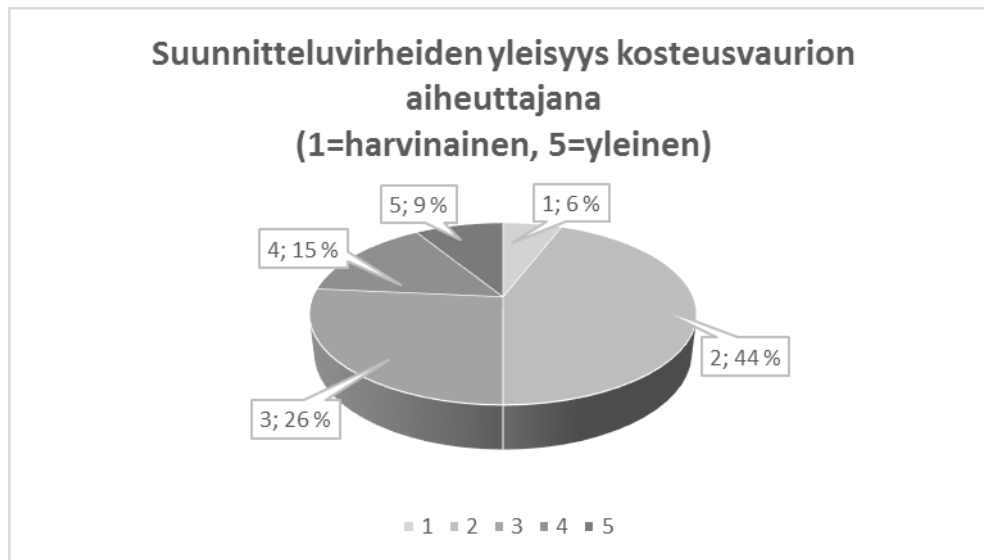
Kuva 39. Diplomityökyselyn kolmannen kysymyksen vastausten jakauma

Diplomityökyselyn neljännen kysymyksen vastausten keskiarvojakauma on nähtävissä kuvasta 40. Vastauksista on havaittavissa, että rakennustuotteiden aiheuttamien kosteusvaurioiden syiksi lukeutuu jokainen tutkimuksen rajauksen mukainen osa-alue. Yleisimpinä syinä erottautuvat työmaan varastointi ja varastoinnin aikainen suojaus 3,62 yleisyydellä, tuotteen puutteellinen suojaus välivarastointipaikalla 3,5 yleisyydellä, tuotteen puutteellinen suojaus asennuksen jälkeen 3,45 yleisyydellä ja tuotteen väärin asentaminen 3,32 yleisyydellä.

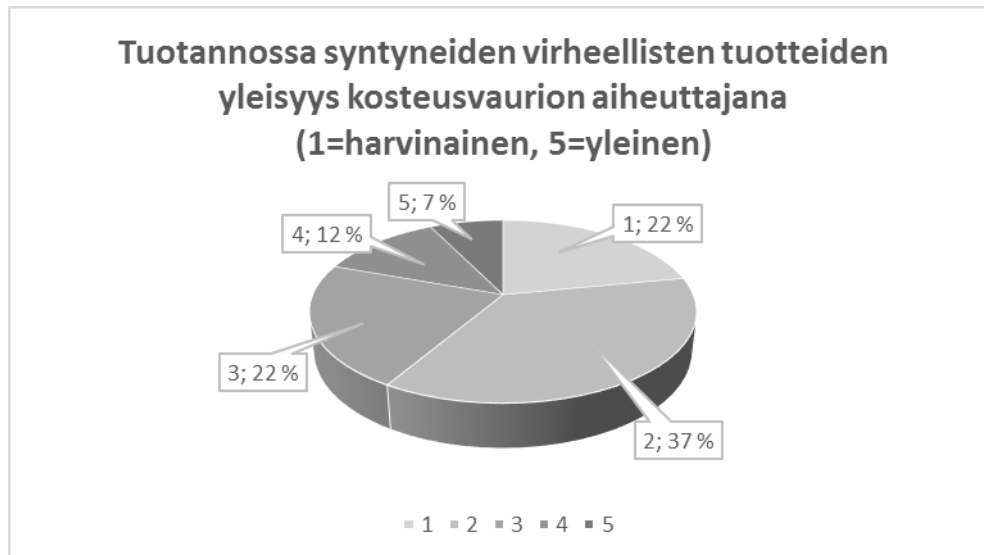


Kuva 40. Diplomityökyselyn neljännen kysymyksen vastausten jakauma

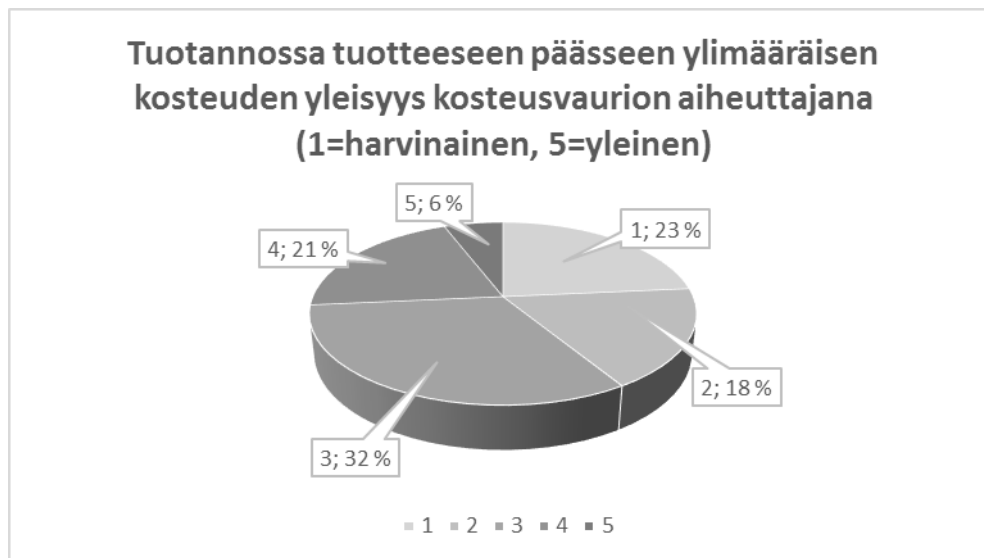
Neljännen kysymyksen yksityiskohtaiset vastausjakaumat ovat nähtävissä seuraavista kuvista: kuva 41, kuva 42, kuva 43, kuva 44, kuva 45, kuva 46, kuva 47, kuva 48 ja kuva 49. Kuten edellä mainittujen kuvien kaavioista ilmenee, vastauksia on tullut jokaisen arvioitavan osa-alueen kohdalla jokaiselle yleisyysasteelle.



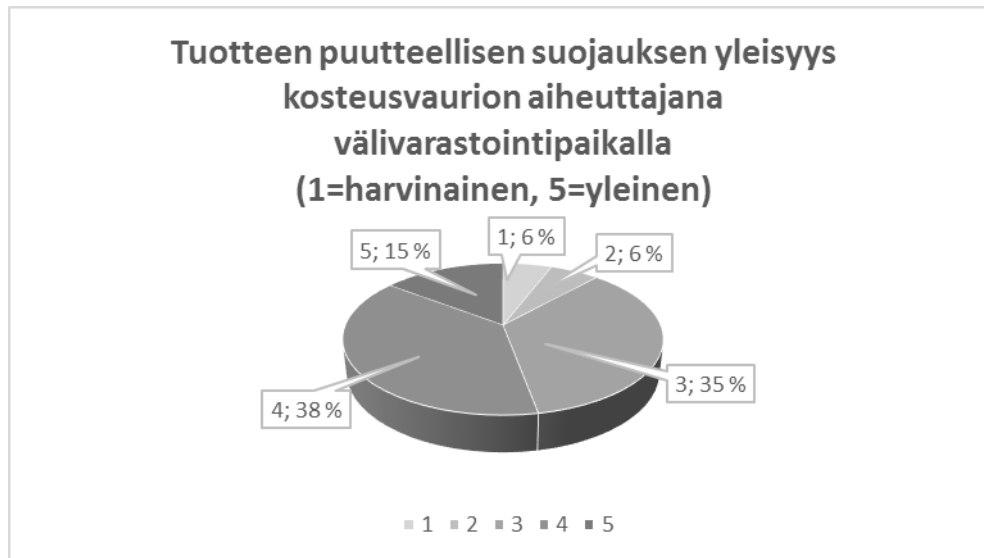
Kuva 41. Suunnitteluvirheiden yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



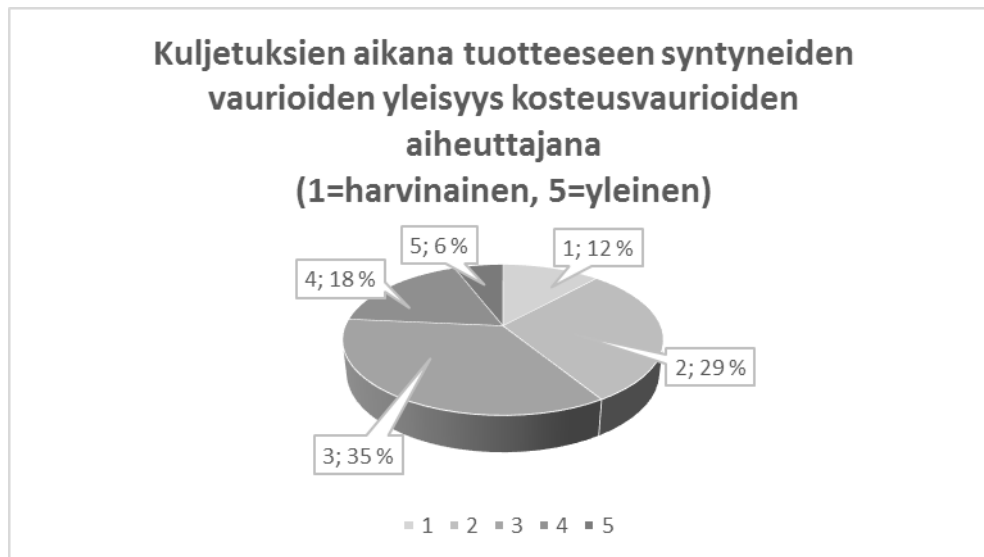
Kuva 42. Tuotannossa syntyneiden virheellisten tuotteiden yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



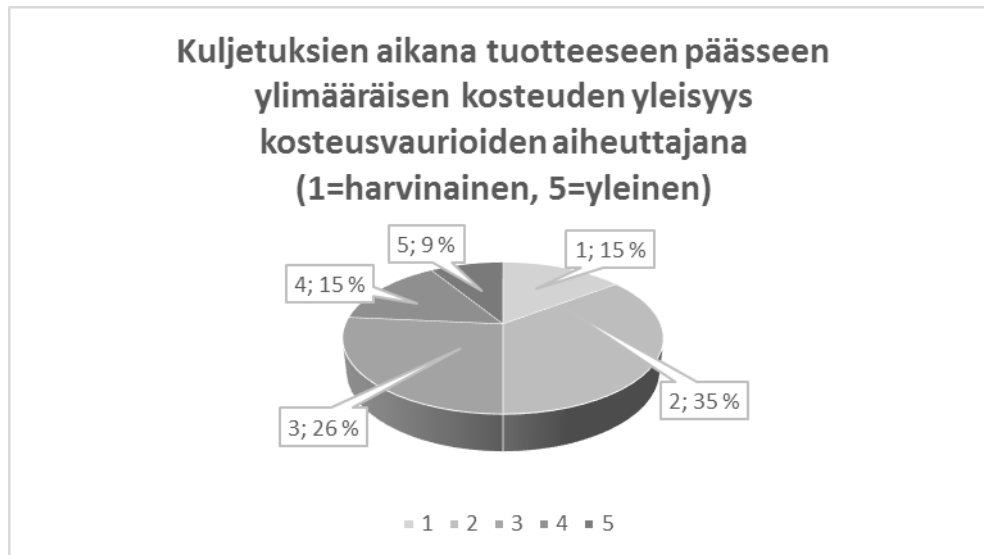
Kuva 43. Tuotannossa tuotteeseen päässeen ylimääräisen kosteuden yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



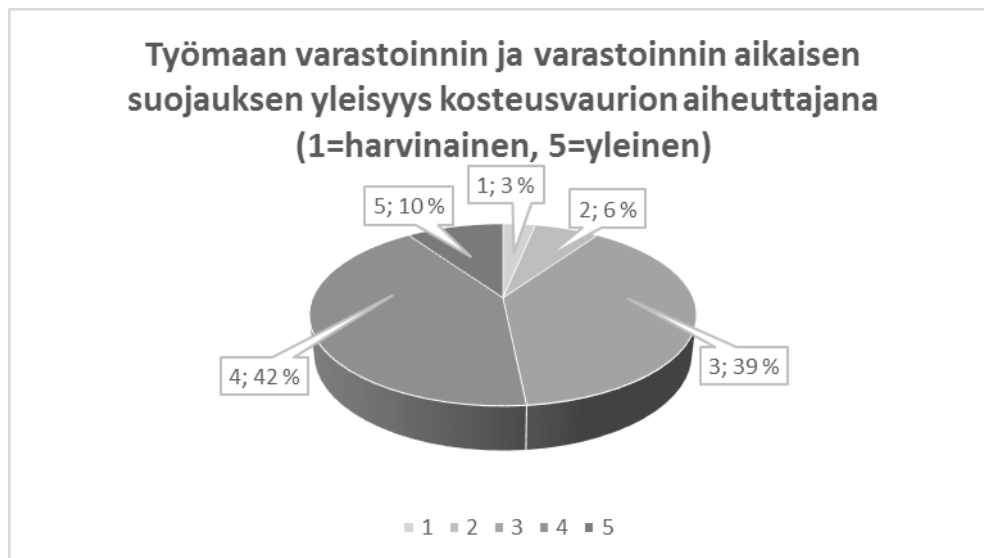
Kuva 44. Tuotteen puutteellisen suojauksen yleisyys kosteusvaurion aiheuttajana välivarastointipaikalla



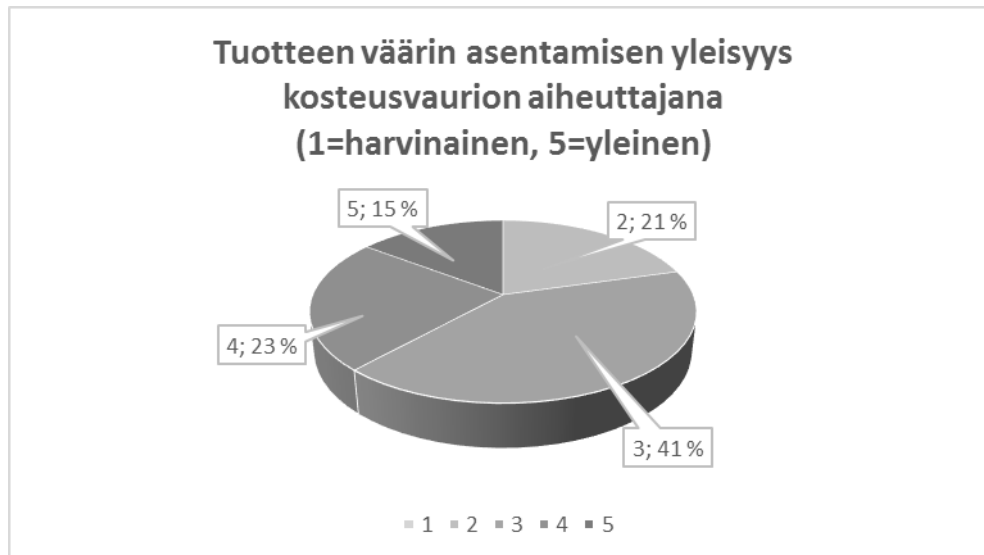
Kuva 45. Kuljetuksen aikana tuotteeseen syntyneiden vaurioiden yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



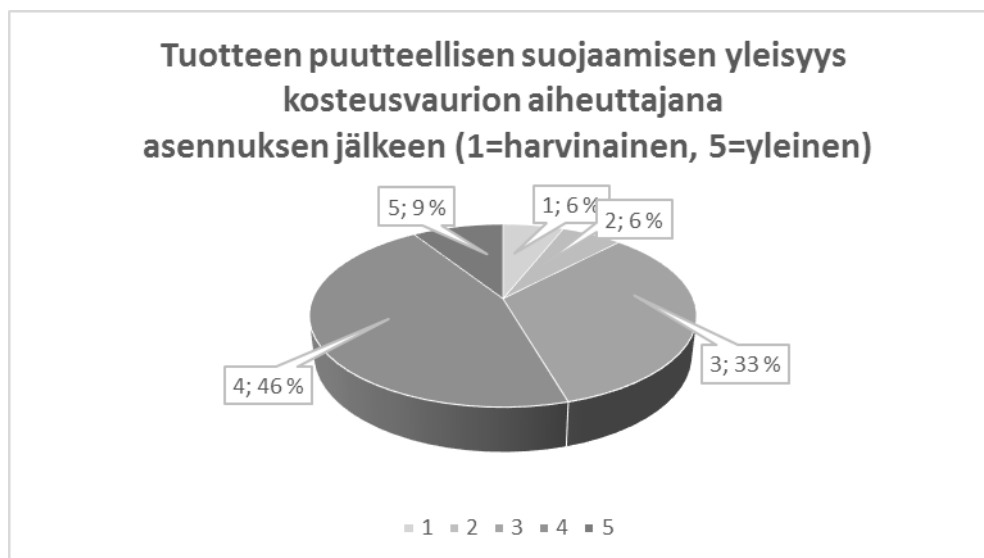
Kuva 46. Kuljetuksen aikana tuotteeseen päässeen ylimääräisen kosteuden yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



Kuva 47. Työmaan varastoinnin ja varastoinnin aikaisen suojausten yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



Kuva 48. Tuotteen väärin asentamisen yleisyys kosteusvaurioiden aiheuttajana



Kuva 49. Tuotteen puutteellisen suojaamisen yleisyys kosteusvaurion aiheuttajana

Diplomityökyselyn viidennessä kysymyksessä vastaajia pyydettiin kertomaan kehitysehdotuksia kosteusvaurioiden vähentämiseksi. Kehitysehdotuksia olivat:

- asenne, vastuutuntoisuus ja huolellisuus
- ammattitaito
- epäpätevät alihankkijat, joiden toiminnan valvominen heikkoa
- sopimusten tärkeys
 - o vastuun tarkempi määrittäminen
 - o varastointiin ja työnaikaiseen suojaukseen ei ole varattu riittävästi rahaa ja resursseja ja siitä syystä ne ovatkin usein vähemmällä huomiolla.
 - o veloitetaan panostamaan varastointiin → urakkasopimusvaiheessa osoitetaan säältä suojassa oleva varastotila

- aikataulusuunnittelu
 - o vuodenaikojen ja olosuhteiden huomioon ottaminen
 - o kuivumisajat
 - o riskivarat
 - o töiden oikein ajoittaminen
 - o aloitusajankohta siten, että vaippa saadaan umpeen syksyllä
- laadukkaampien materiaalien käyttö
- logistisen ajattelun lisääminen (mm. täsmätoimitukset)
- sääsuojan alla rakentaminen
 - o kiinteän sääsuojan sisällä rakentaminen haastavaa → oikean ratkaisun valintaa → joustavana vaihtoehtona rungon mukana nouseva suoja (toimittajien ideointia ollut ideassa mukana)
 - o sääsuojan alla rakentaminen usein kustannuskysymys
- tehtaiden oman toiminnan läpikäynti
- riittävän laadukkaat sääsuojaukset
 - o varastointi
 - o kuljetukset
 - o asentamisen aikainen
 - o asentamisen jälkeinen
- valvonnan tehostaminen
 - o riippumattomassa asemassa olevat ammattitaitoiset valvojat
 - o gryndikohteissa valvonnan laadukas toteutuminen todella heikkoa
- työmaasuunnittelu
 - o työnsuunnittelu
 - o aikataulusuunnittelu
 - o työt tulee suorittaa oikeassa järjestyksessä
- kosteusmittaukset ja rakenteen kuivuuden dokumentointi ennen pintatöitä
- rakenteisiin piiloon jäävien kosteusteknisten riskipaikkojen valvominen antureilla tarvittaessa
- käyttö- ja siivousohjeiden noudattaminen valmistajan ohjeiden mukaan
- suunnitteluvastuu
 - o yksinkertaisten rakenteiden käyttö
 - o muodoiltaan yksinkertaiset rakennukset
 - o suunnitelmien laatiminen riittävän ajoissa, jotta työmaa ehtii laatia tehtäväsuunnitelmat
 - o kokeneempia ja pätevämpiä suunnittelijoita (riittävästi koulutusta ja käytännön kokemusta rakentamisesta)
- mahdollisimman pitkälle viedyt esivalmistetut rakennusosat, jolloin työmaalle jäisi vain kasaaminen.
- puumateriaalin kieltäminen rakentamisessa ja siirtyminen kokonaan kiviperäisistä aineksista valmistettujen rakennusten rakentamiseen

- kosteuden hallinnan huomioiminen jo rakennesuunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnittelijoille ja tuotannonohjaukselle enemmän perehtyneisyyttä vesikatto- ja vedeneristysrakentamisesta, ja riittävän yksityiskohtaisten suunnitelmien edellyttämistä ja taloudellista satsaamista (ei vain viittausta, että valmistajan/toimittajan ohjeiden/suunnitelmien mukaan). Riittävää taloudellista panostamista sääsuojien käyttöön ja niiden huomioimista jo suunnittelu- ja tuotannonohjauksessa. Aikataulujen ja fysikaalisten kuivumisaikojen huomioiminen tuotannonohjauksessa ja toteutuksessa, aikatauluja ei tule kosteuskriittisissä työvaiheissa kuroa umpeen. Valtakunnallisena toimijana olen kiinnittänyt kahteen asiaan huomiota, kehä III:n sisäpuolella mm. sääsuojaukseen ja kosteudenhallintaan kiinnitetään paremmin huomiota kuin muualla Suomessa ja gryndikohteissa huonommin kuin muussa rakentamisessa. Työmaamestareille enemmän tietoisuutta kosteudenhallinnan mahdollisuuksista, tällä hetkellä kirjo hyvin sekalainen ja gryndikohteet etenkin korostuneena
- hankekohtainen kosteudenhallintaprosessi alkaen hankesuunnittelusta rakennuksen käyttöönottoon ja käyttöönkin. Siihen pitää sisältyä hankekohtainen sekä suunnitteluvaiheen että toteutusvaiheen kosteusriskiarvio/-analyysi. Kosteudenhallinta pitää vastuuttaa ja jalkauttaa jokaisessa vaiheessa jokaiselle toimijalle ja tekijälle. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvastuu, että hankkeen kosteudenhallinta onnistuu ja rakennuksesta tulee terveellinen. Tällöin ryhtyvällä pitää olla kosteudenhallinnasta koordinoituvastuu, siksi hänen pitää kiinnittää hankkeeseen omasta organisaatiostaan tai ulkopuolisena kosteudenhallintakoordinaattori. Suunnittelun ohjaukseen on panostettava, käytettävä rakennusfysiikan asiantuntemusta. Se on ryhtyvän huolehtimisasia. Rakennusvalvonta voi viimekädessä määrätä ulkopuolisen suunnitelmien tarkastuksen rakennusfysiikan osalle. Ryhtyvän on selkeästi asettava vaatimukset rakennustyön kosteudenhallintaan, jota urakoitsijan on noudatettava. Ryhtyvä voi vaatia urakoitsijalta vaikka millaista henkilöstä perään katsomaan kosteudenhallintaa jokaisessa työvaiheessa - hänen kosteudenhallintakoordinaattori varmistaa tahtotilan toteutumisen. Tämä on rakennusvalvonnan ohjeistuksen ideologia lyhyesti. Jos rakennusvalvonta joutuu puuttumaan, se määrää suoraan ulkopuolisen tarkastuksen - ja rakennustyön aikana se on toteutuksen tarkastus.

6. AINEISTON ANALYSOINTI

Tämän luvun tarkoituksena on esittää tutkimusaineiston analyysi ja analysoinnin kautta saadut tulokset. Tutkimusaineistoa analysoimalla pyritään kasaamaan kirjallisuudesta, haastatteluista ja kyselystä saadusta aineistosta seuraavia kokonaisuuksia:

- kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit kosteus- ja homevaurioiden kannalta
- yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja syyt
- yleisimmät paikat kosteusvaurioille.

Edellä mainittujen kolmen kokonaisuuden kasaamisella pyritään arvioimaan kosteusvaurioiden kriittisimpiä juurisyitä, toisin sanoen kosteus- ja homevaurioihin mahdollisesti johtavia rakennusprosessin ja rakennuksen elinkaaren aikana syntyviä epävarmuuskohtia, eri näkökulmista. Tämä luku esittää myös parannusehdotuksia näihin arvioituihin kriittisiin epävarmuuskohtiin aineistosta saadun tiedon perusteella sekä diplomityöntekijän oman pohdinnan kautta.

6.1 Kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit

Tässä aluvussa esitellään tämän diplomityön aineiston perusteella ne kriittisimmät rakenteet, materiaalit ja tuotteet, jotka esiintyvät kosteus- ja homevaurioiden yhteydessä tämän diplomityön rajausten mukaisesti. Aineisto sisältää laajan listauksen kosteus- ja homevaurioille kriittisistä rakenteista, tuotteista ja materiaaleista. Haastattelu-, kysely- sekä kirjallisuusaineisto ottavat kaikki kantaa näihin kriittisten materiaalien listaukseen omista näkökulmistaan. Näistä näkökulmaeroista ja esitystavoista johtuen tässä aluvussa käytetään aineistokohtaista pisteytystä, jotta aineistossa esiintyvät rakenteet, tuotteet ja materiaalit saataisiin kriittisyyden mukaan vertailukelpoisemmaksi keskenään.

Haastatteluissa kaksi kysymystä liittyi näiden kriittisten materiaalien ja tuotteiden listamiseen. Haastattelukysymyksessä 3 haastateltavat luettelivat niitä rakennusmateriaaleja, -tuotteita ja -osia, jotka kosteana asennettuina muodostavat kosteus- ja homevaurioriskin. Kysymyksessä 4 haastateltavat luettelivat niitä rakennusmateriaaleja, -tuotteita ja -osia, jotka viallisena asennettuna muodostavat kosteus- ja homevaurioriskin. Haastatteluiden vastaukset kysymyksiin 3 ja 4 on esitetty prosenttijakaumana tämän diplomityön aluvussa 5.2 *Haastattelut*.

Kyselyssä kaksi kysymystä liittyi kriittisten materiaalien ja tuotteiden listaamiseen. Kysymyksessä 2 vastaajilta pyydettiin listausta niistä rakennusmateriaaleista ja tuotteista, jotka diplomityön rajausten mukaan liitetään usein kosteus- ja homevaurioihin. Diplomityön rajaus käsitti rakennusmateriaalien elinkaaren suunnittelusta asentamisen jälkeiseen

suojaamiseen. Kysymyksessä 3 vastaajilta pyydettiin listausta niistä rakennusmateriaaleista ja tuotteista, jotka diplomityön rajausten mukaan, pois lukien tuotteen asentaminen, liitetään usein kosteus- ja homevaurioihin. Kyselyn vastaukset kysymykseen 2 on esitetty prosenttijakaumana ja kysymykseen 3 vastausjakaumana tämän diplomityön alaluvussa 5.3 *Kysely*.

Tämän diplomityön aineistoon valikoituneista kirjallisuuslähteistä Kuivaketju10 ja Sisäilmayhdistyksen ohjeistus ”Työmaan kosteudenhallinta” listasivat rakenteita, rakennustuotteita ja materiaaleja, joita voidaan yhdistää kosteus- ja homevaurioihin. Kuivaketju10 riskilista listaa 10 keskeisintä kosteusriskiä, jotka hallitsemalla voidaan arviolta välttää 80% kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista (Kuivaketju10 2017). Sisäilmayhdistyksen *Työmaan kosteudenhallinta* -ohjeistuksessa on listattuna kosteusteknisesti kriittiset rakennusosat. Kuivaketju10 riskilista ja sisäilmayhdistyksen *Työmaan kosteudenhallinta* ohjeistuksen listaus ovat löydettävissä tämän diplomityön alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus*.

Aineistokohtainen pisteytys rakenteille, rakennustuotteille ja -materiaaleille noudattaa kaavaa 1. Kaavalla 2 pyritään muodostamaan painotettu kokonaiskäsitys aineistosta ilmenneistä kriittisimmistä rakenteista, rakennustuotteista ja -materiaaleista. Kaavassa 2 käytetty aineistokohtainen painotus perustuu tämän diplomityön tekijän omaan arvioon eri aineistolähteiden merkityksellisyydestä. Mitä suuremmat pisteet rakenne, rakennustuote tai -materiaali saa, sitä kriittisempi se on kosteus- ja homevaurioiden syntymisen kannalta.

$$P = X * 70 + Y * 70 + Z * 100 + F * 100 + K + S \quad (2)$$

P = Rakenne/rakennustuote/rakennusmateriaali -kohtainen pisteytys

X = Haastattelukysymyksen 3 prosenttijakauma

Y = Haastattelukysymyksen 4 prosenttijakauma

Z = Kyselyn kysymyksen 2 prosenttijakauma

F = Kyselyn kysymyksen 3 prosenttijakauma

K = Esiintyminen Kuivaketju10 riskilistalla = 5 pistettä / kohta

S = Esiintyminen Sisäilmayhdistyksen ohjeistuksessa = 2 pistettä / kohta

Rakenteiden, rakennustuotteiden ja -materiaalien pisteytyksen tulokset ovat nähtävissä taulukosta 26.

Taulukko 26 Kriittisimmät rakenteet, rakennustuotteet ja -materiaalit kosteus- ja homevaurioihin liittyen

Rakenne/rakennustuote/rakennusmateriaali	Pisteet
Kipsilevyt/tuulensuojalevyt/rakennuslevyt	49
Ulkoseinäelementit, erityisesti betonisandwich-elementit	50
Villaeristeet (sisältää tuulensuojavillat)	94
Puiset rakenteet/kevyet elementit (puurakenteiset+termo+pvp+höyrynsulkuun liittyvät ongelmat)	98
Kostea betoni (pinnoitus kostean betonin päälle, ontelolaatoissa vettä, paikallavalut, sokkeleiden alajuoksut)	76
Ikkuna- ja ovirakenteet sekä muut aukot ja läpiviennit	54
Parketti ja laminaatti	13
LV-tuotteet (mm. lattiakaivot, parvekkeen vedenheitin, apk-liitokset, ELPO-hormien liitokset, liitokset)	41
Tiili (mm. Kahi-tiili)	21
Kylpyhuoneen laatat	18
Vesikattorakenteet/pellitykset/vedeneristeet/höyrynsulku (mm. patolevyt, bitumieristeet, peltikatto, pellitykset)	63

Tässä diplomityössä käytetyllä pisteytysmallilla kosteus- ja homevaurioiden kannalta kriittisimmäksi rakenteeksi listautuivat puiset rakenteet/kevyet elementit. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan tämän ryhmän ongelmat liittyivät puutteelliseen sääsuojaamiseen, kostean betonin päälle tehtyihin puisiin rakenteisiin ja väärin asennettuun höyrynsulkuun kerroksellisten kevyiden elementtien osalta. Sääsuojaamisen puutteet koskivat kuljetuksia, työmaalla varastointia, asentamista ja asentamisen jälkeistä suojaamista. Höyrynsulkuun liittyvät virheet johtuivat elementtien kasausvaiheessa tapahtuneisiin vaurioihin tai virheellisiin asennuksiin tai asentamisen aikana virheellisesti tehtyihin höyrynsulkujen liittymäkohtiin. Kerroksellisten kevytelementtirakenteiden kastumiseen tulee suhtautua vakavasti, sillä niiden kerroksellisuuden vuoksi niiden kuivaksi saaminen on hankalaa ja näissäkin tapauksissa elementteihin on jo voinut syntyä pysyviä vaurioita.

Toisiksi korkeimmat pisteet saivat villaeristeet. Villaeristeiden osalta ongelmat olivat haastatteluiden ja kyselyn mukaan kuljetuksien aikana vahingoittuneet villapaalit, joita säilytettiin työmaalla taivasalla, puutteellinen työmaa-aikainen varastointi, asentamisen aikainen ja sen jälkeen oleva puutteellinen suojaaminen, teippaamattomat tuulensuojavillalaitusten saumat ja kosteana/märkänä seinien sisään asennetut villat. Eristevilloihin liittyen ylläpidetään liian usein harhaista käsitystä niiden kosteudenkestävyydestä todellisissa rakentamisolosuhteissa; lasivillaa pidetään pilaantuneena materiaalina sen kastuessa, mutta kivivillan kastumista pidetään yleisesti sallittuna. Teoriassa kivivillan kastuminen ei aiheuta puhtaaseen kivivillaan homevaurioita korkeallakaan suhteellisen kosteuden pitoisuudella, mutta mikäli sen huokoiselle pinnalle sitoutuu orgaanista ainetta,

kuten orgaanisista materiaaleista koostuvaa pölyä, niin kostea kivivilla toimii erinomaisena kasvualustana homeelle ja bakteereille. Tämä teoriaan perustuva asia ilmenee tämän diplomityön alaluvun 2.2 *Kosteudelle kriittiset materiaalit* kuvasta 4, kuvasta 5 ja kuvasta 6.

Tässä diplomityössä käytetty pisteytysmalli antoi kostealle betonille kolmanneksi korkeimman riskipisteytyksen. Kosteaan betonin ryhmällä ongelmat muodostuivat haastatteluiden ja kyselyn mukaan kostean betonin liian aikaisesta pinnoittamisesta, ontelolaatan onteloihin jääneistä vesipesäkkeistä, paikallavalujen pitkistä kuivumisajoista, joita ei ole otettu huomioon suunnittelussa eikä työmaatoteutuksessa sekä kostean sokkelin päälle asennetuista alaohjauspuista. Haastatteluissa ja kyselyssä kävi myös ilmi, että liian kireät projekti aikataulut tai epäonnistuneet työmaa-aikataulut ajoivat tilanteisiin, joissa betonia on jouduttu pinnoittamaan liian aikaisin.

Neljänneksi korkeimmat pisteet saanut ryhmä käsittää hieman laajemman kokonaisuuden; vesikattorakenteet, peltikatot, pellitykset, bitumieristeet, patolevyt, höyrynsulku ja vedeneristeet. Tämän ryhmän rakenteiden, rakennustuotteiden ja -materiaalien pääasiallisena tarkoituksena on estää veden ja kosteuden pääsy rakenteisiin. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan suurin osa tämän ryhmän aiheuttamista kosteus- ja homevaurioista on johtunut tuotannossa tai työmaalla tehdyistä asennusvirheistä, mutta esimerkiksi pellitysten, vesikattorakenteiden ja höyrynsulkujen osalta kyseessä on voinut olla myös suunnitteluvirhe.

Viidenneksi korkeimmilla pisteillä ovat ovi- ja ikkunarakenteet sekä muut aukot ja läpiviennit. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan tähän ryhmään liitetyt ongelmat ovat aiheutuneet ikkuna- ja ovirakenteiden osalta puutteellisesta sääsuojauksesta ja olosuhdehallinnasta kuljetuksen, työmaavarastoinnin tai asentamisen jälkeen, joiden seurauksena karmeista ja ovi- sekä ikkunalehdistä on alkanut maali hilseillä irti. Muiden aukkojen ja läpivientien osalta haastateltavat ja kyselyyn vastanneet perustelivat ongelmia virheellisesti suunnitelluin tai toteutetuvin ratkaisuin, jolloin läpivienteihin ja aukkoihin ei ole saatu toteutettua riittävän vesi- ja höyrytiivistä rakennetta. Väärin toteutetut kylmäsilta rakenteet kuuluivat myös tämän ryhmän alle.

Kuudenneksi korkeimmat pisteet saivat ulkoseinäelementit, jotka käsittävät massiivibetoniset elementit, kuorielementit, sekä kerrokselliset betoni-sandwich -elementit. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan ongelmat ovat aiheutuneet varsinkin sandwich-elementtien osalta puutteellisesta sääsuojauksesta kuljetuksien, työmaavarastoinnin, asentamisen ja asentamisen jälkeisenä aikana. Ongelmat realisoituvat rakennuksen vaipan pitkänä kuivumisaikana, maalin hilseilynä, mikäli pinnoitus on tehty liian kostealle betonipinnalle, sekä talviaikaan elementtien ja niissä olevien eristekerrosten jäätyksenä, jonka seurauksena pinnoituskerrokset vaurioituvat ja seinien sisäpinnat säteilevät kylmää sisätiloihin.

Seitsemänneksi korkeimmilla pisteillä ovat kipsilevyt/tuulensuojalevyt/rakennuslevyt. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan ongelmat johtuvat näiden levyjen osalta puutteellisesta sääsuojauksesta ja olosuhdehallinnan pettämisestä kuljetuksen, työmaavarastoinnin, asentamisen ja asentamisen jälkeisen suojaamisen aikana. Suurin osa rakennuslevyistä sisältävät orgaanista materiaalia, joka on altista kosteus- ja homevaurioille. Kipsilevyjen osalta myös rakenteelliset vauriot ovat yleisiä kostumisen vuoksi.

Kahdeksanneksi korkeimmat pisteet saivat ryhmä, joka pitää sisällään lämmitysjärjestelmät, vesi- ja viemärijärjestelmät, parvekkeiden vedenheittimet, astianpesukoneliitokset, tekniikkahormielementtien liitokset sekä yleisesti muut talotekniikan lämpö, vesi ja viemäri puolen liitokset. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan tämän ryhmän ongelmat johtuivat suurimmaksi osaksi virheellisistä asennuksista, mutta myös pieneltä osalta virheellisistä tai viallisista tuotteista. Pääosa tämän ryhmän ongelmista liittyi putkijärjestelmien liitoskohtiin.

Kolme alhaisinta pisteytystä saanutta ryhmää olivat suuruusjärjestyksessä suurimmasta pienimpään; tiili, kylpyhuoneen laatat ja parketti/laminaatti. Haastatteluiden ja kyselyn mukaan tiileen liittyvät ongelmat johtuivat puutteellisesta sääsuojauksesta ja olosuhdehallinnasta kuljetusten ja työmaavarastoinnin aikana, jonka seurauksena työmaa-aikatauluissa ei ole ollut riittävää ajallista varausta paikalleen muurattujen tiilien kuivumiselle ennen niiden pinnoittamista. Kylpyhuoneen laattojen osalta ongelmien aiheuttaja on ollut virheellinen asentaminen tai heikkolaatuisten laastien käyttäminen, jolloin laatat eivät ole tarttuneet kunnolla kiinni seiniin. Parkettien sekä laminaattien osalta ongelmat ovat aiheutuneet puutteellisesta sääsuojauksesta ja olosuhdehallinnasta kuljetuksien ja työmaavarastoinnin aikana, sekä niiden asentamisesta liian kosteaan alustaan.

6.2 Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja syyt

Tämän alaluvun tarkoituksena on koota aineiston perusteella kriittisimmät kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajat ja taustalla olevat syyt, sekä pyrkiä vertailemaan eri aineistoista saatua tietoa keskenään. Tämän diplomityön aineistoon valitusta kirjallisuudesta viisi kirjallisuuslähdettä esittää oman näkemyksensä kosteusvaurioiden aiheuttajista ja syistä; Suomen Kuntaliiton 2006 vuonna julkaisema *Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005* -kyselytutkimus (Ruokojoki 2006), Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n RIL 250-2011 *Kosteudenhallinta- ja homevaurioiden estäminen* julkaisu (RIL 250-2011 2011), Kuivaketju10 riskilista (Kuivaketju10 2017), Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu vuodelta 2012 *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat* -tutkimus (Eduskunnan tarkastusvaliokunta 2012) ja Sisäilmayhdistyksen *Työmaan kosteudenhallinta* ohjeistus (Sisäilmayhdistys 2012). Haastatteluiden kysymys numero 2, joka on löydettävissä tämän diplomityön alaluvusta 5.2 *Haastattelut* ja vastaavasti kyselyn kysymykset numero 1 ja 4, jotka ovat löydettävissä alaluvusta 5.3 *Kysely*, antavat omat näkemyksensä.

Kosteus- ja homevaurioiden syiden prosentuaalinen jakauma on nähtävissä haastatteluiden osalta alaluvussa 5.2 *Haastattelut* olevasta taulukosta 22, kyselyiden osalta alaluvussa 6.3 *Kysely* olevasta kuvasta 37, sekä alla olevasta kuvasta 50, jossa alaluvussa 5.3 *Kyselytutkimus* olevan kuvan 40 vastaukset on muutettu vertailukelpoiseen muotoon, ja kirjallisuuden osalta alaluvussa 5.1 *Kirjallisuus* olevasta kuvasta 26. Kuvassa 50 on tehty karkea oletus, että kosteusvaurioiden syitä ei ole kuvassa olevan luetteloinnin lisäksi muita. Kuvan 50 syyt on myös jo valmiiksi ryhmitelty vastaamaan vertailukelpoista ryhmittelyä eri aineistolähteiden välillä.

Rakennustuotteiden aiheuttamien kosteusvaurioiden syiden yleisyydet	Yleisyys (1-5)	Suhteellinen osuus (%)*	Ryhmittely
Tuotteen puutteellinen suojaaminen asentamisen jälkeen	3,45	12,74 %	Rakennusvirhe
Tuotteen väärin asentaminen	3,32	12,26 %	Rakennusvirhe
Työmaan varastointi ja varastoinnin aikainen suojaus	3,62	13,36 %	Rakennusvirhe
Kuljetuksien aikana tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus	2,68	9,89 %	Muut tekijät
Kuljetuksien aikana tuotteeseen syntyneet vauriot	2,76	10,19 %	Muut tekijät
Tuotteen puutteellinen suojaus välivarastointipaikalla	3,5	12,92 %	Muut tekijät
tuotannossa tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus	2,68	9,89 %	Tuotannossa syntynyt virhe
Tuotannossa syntynyt virheellinen tuote	2,32	8,56 %	Tuotannossa syntynyt virhe
Suunnitteluvirheet	2,76	10,19 %	Suunnitteluvirhe
	27,09	100,00 %	

*Suhteellisessa osuudessa on oletettu, että tässä listauksessa olevat syyt muodostavat 100% kaikista todellisista syistä

Kuva 50. Rakennustuotteiden aiheuttamien kosteusvaurioiden syiden yleisyydet muutettuna vertailukelpoiseen muotoon

Alla olevassa kuvassa 51 on esitettyä prosentuaalisesti yleisimmät syyt, jotka ovat kosteusvaurioiden taustalla, käyttäen apuna edeltävässä kappaleessa mainittuja aineistomateriaaleja; haastatteluita, kyselyä ja kirjallisuutta. Kuvan 51 kosteus- ja homevaurion aiheuttaneet syyt on jaettu suunnitteluvirheisiin, rakennus-/asennusvirheisiin, huoltovirheisiin, käyttötapavirheisiin, energiansäästövirheisiin, muihin tekijöihin ja tuotannossa syntyneisiin virheisiin. Kuvassa 51 käytetyssä aineistossa syyt oli jaoteltuna hieman toisistaan poikkeavalla tavalla, mutta kuvan 51 jaottelulla se saatiin koottua vertailu- ja käytökelpoiseksi tiedoksi. Kuvan 51 mukaisella käsittelyllä suurimmaksi kosteus- ja homevaurioiden syyksi ilmeni rakennus- ja asennusvirheet 44,81% osuudella. Toisella sijalla ovat suunnitteluvirheet 21,57% osuudella ja kolmannella sijalla muut tekijät 12,33% osuudella. Huomattavasti pienemmällä osuudella olivat tuotannossa syntyneet virheet 7,62%, huoltovirheet 6,53%, käyttötapavirheet 6,33% ja energiansäästövirheet 0,80%.

Syyt	Haastattelut	Kysely (kuva 36)**	Ruokojoki 2006 (vuoden 2005 tutkimus)	Ruokojoki 2006 (vuoden 2000 tutkimus)	Kysely (kuva 50)	KESKIARVO
Suunnitteluvirhe	15,00 %	13,67 %	42,00 %	27,00 %	10,19 %	21,57 %
Rakennusvirhe/asennusvirhe*	70,00 %	58,67 %	28,00 %	29,00 %	38,36 %	44,81 %
Huoltovirhe	2,00 %	4,67 %	12,00 %	14,00 %	-	6,53 %
Käyttötapavirhe	7,00 %	4,67 %	4,00 %	16,00 %	-	6,33 %
Energiansäästövirhe	-	-	1,00 %	3,00 %	-	0,80 %
Muut tekijät	-	4,67 %	13,00 %	11,00 %	33,00 %	12,33 %
Tuotannossa syntynyt virhe	6,00 %	13,67 %	-	-	18,45 %	7,62 %
YHT	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

*Sisältää rakentamisen aikana tapahtuneen puutteellisen suojaamisen, olosuhdehallinnan pettämisen, sekä väärän varastointitavan

**Kyselyn tuloksista; suunnitteluvirhe/valmistusvirhe/varastoinnit/kuljetukset/ asennuksen jälkeinen suojaaminen 41% ja tutkimuksen rajausten ulkopuoliset syyt 14% (käyttöiästä, huollon laiminlyönnestä, käyttötapavirheistä johtuvat, ilkvallasta yms) on jaettu syiden alle tasapuolisesti --> 41%/3 ja 14%/3

Kuva 51. Yleisimmät syyt kosteusvaurioiden taustalla

Aineistosta löytyneiden numeerisesti mitattavien syiden lisäksi alaluvussa 5.1 *Kirjallisuus* löytyy Suomen Rakennusinsinööriliitto RIL ry:n julkaisusta *RIL 250-2011 Kosteu-denhallinta ja homevaurioiden estäminen* kerätty listaus homeongelmien syistä, joka esittää hieman eri tarkastelunäkökulmasta näitä syitä, mutta kuitenkin samalla tukee prosentuaalisesti esitettyjä syitä. Listaus on otsikkotasolla seuraava:

- hankkeen kokonaishallinnan ontuminen
- suunnitteluun panostamisen puute
- sääsuojauksen ja olosuhdehallinnan puute
- käytön ja ylläpidon puutteet
- rakenteiden muutokset
- ilmanvaihtotekniikan muutokset
- tonttimaiden haasteellisuus
- rakennusten ja käyttötapojen muutokset
- hankeprosessien muutokset (RIL 250-2011 2011).

RIL ry:n listaus ottaa vahvasti kantaa tilaajan ja rakennuttajan suunnalla olevista kosteus- ja homevaurioita aiheuttavista syistä hankkeen kokonaishallinnan ontumisena, suunnitteluun panostamisen puutteena, sääsuojauksen puutteena, tonttimaiden haasteellisuutena sekä hankeprosessin muutoksina.

Kosteus- ja homevaurioiden yksittäisiä aiheuttajia on listattuna luvussa 5. *Aineisto* hyvin laajasti. Näistä olennaisimpina mainittakoon alaluvusta 5.2 *Haastattelut* taulukko 23, alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus* kuva 29, sekä Eduskunnan tarkastusvaliokunnan vuonna 2012 julkaisema listaus kosteus- ja homevaurioiden yleisimmistä aiheuttajista ja Sisäilmayhdistyksen julkaisema listaus kosteusteknisesti kriittisistä rakennusosista, jotka ovat löydettävissä tämän diplomityön alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus*. Tämän diplomityön tekijä arvioi näistä aineiston tiedoista oleellisimmiksi alaluvusta 5.2 *Haastattelut* löytyvän taulukon 23 ja alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus* löytyvän kuvan 29.

Taulukon 23 mukaisesti suurimpana kosteus- ja homevaurioiden aiheuttaja ovat putkivuodot 29% osuudella kaikista kosteus- ja homevaurioista. Huomioitavaa tässä 29% osuudessa on asennusvirheistä johtuvien putkivuotojen aiheuttamien kosteus- ja homevaurioiden osuus, joka kattaa 19% -yksikön verran kaikista putkivuodoista johtuvista kosteus- ja homevaurioista. Toiseksi suurimpana ovat väärin säädetystä ilmanvaihdosta johtuvat kosteus- ja homevauriot 10% osuudella, josta 7% -yksikköä muodostuu käyttäjien tekemistä virheistä. Muut kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajat muodostavat yksittäisinä osuuksina maksimissa 7% osuuden, joten niitä ei tässä yhteydessä ole tarvetta luetella.

Alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus* löytyvän kuvan 29 mukaisen Kuivaketju10:n riskilistan tämän diplomityön tekijä halusi nostaa esille, sillä sen on perusteltu sisältävät 10 keskeisintä kosteusriskiä, joiden on arvioitu kattavan 80% kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista (Kuivaketju 10 2017). Riskilistasta löytyy kattava kuvaus laajoista riskikokonaisuuksista, kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajista, jotka ovat myös linjassa alaluvusta 5.2 *Haastattelut* löytyvän taulukon 23 kanssa.

6.3 Yleisimmät paikat kosteusvaurioille

Tässä alaluvussa tarkastellaan kosteus- ja homevaurioiden yleisimpiä paikkoja rakennuksissa tämän diplomityön aineiston perusteella. Aineisto sisältää kvalitatiivisia, kuin myös kvantitatiivisia listauksia yleisimmistä kosteus- ja homevaurioiden paikoista. Aineiston sisältäessä erilaisia esitystapoja yleisimmille paikoille, tullaan tässä alaluvussa käyttämään aineistokohtaista pisteytystä, jotta aineistossa esiintyvät yleisimmät paikat saataisiin yleisyyden mukaan vertailukelpoiseksi keskenään. Tässä alaluvussa tehtävään tarkasteluun aineiston hyödyntämiskelpoiset osiot ovat alaluvusta 5.2 *Haastattelut* löytyvä taulukko 18, johon on kerätty haastatteluiden perusteella jakauma yleisimmin kosteus- ja homevaurioituneista paikoista, sekä alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus* löytyvät kuva 28, josta on nähtävissä Suomen Kuntaliiton 2006 vuonna julkaiseman *Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005* -kyselytutkimuksen jakauma yleisimmin vaurioituneista rakennusosista (Ruokojoki 2006), kuva 29, joka sisältää Kuivaketju10 riskilistauksen (Kuivaketju10 2017), ja Sisäilmayhdistyksen *Työmaan kosteudenhallinta* -ohjeistuksen listaus kosteusteknisesti kriittisistä rakennusosista (Sisäilmayhdistys 2017).

Aineistokohtainen pisteytys yleisimmin kosteus- tai homevaurioituneelle sijainnille rakennuksessa noudattaa kaavaa 3. Mitä suuremmat pisteet kosteus- ja homevaurion sijainti saa, sitä yleisemmin kosteus- ja homevauriot liittyvät siihen.

$$P = X * 100 + Y * 100 + Z * 100 + K + S \quad (3)$$

P = Paikkakohtainen pisteytys

X = Haastatteluvastauksien prosenttijakauma

Y = Ruokojoki, vuoden 2000 tutkimuksen prosenttijakauma

$Z = \text{Ruokojoki, vuoden 2005 tutkimuksen prosenttijakauma}$

$K = \text{Esiintyminen Kuivaketju10 riskilistalla} = 1 \text{ pistettä / kohta}$

$S = \text{Esiintyminen Sisäilmayhdistyksen ohjeistuksessa} = 0,5 \text{ pistettä / kohta}$

Yleisimmät paikat kosteus- ja homevaurioille on nähtävissä alla olevasta taulukosta 27.

Taulukko 27. Yleisimmät paikat kosteus- ja homevaurioille

Yleisimmät paikat kosteus- ja homevaurioille	Pisteytys					Yhteensä	Suhteellinen osuus 100%:sta	Top 3 / aineisto
	Haastattelut	Ruokojoki 2006 (vuoden 2000 tutkimus)	Ruokojoki 2006 (vuoden 2005 tutkimus)	Kuivaketju10	Sisäilmayhdistys			
A: Vesikatto (sis. *2 ja *7)	2	26	33	2	5,5	69	18 %	4
B: Ulkoseinät (sis. *1, *2, *3, *4, *7, *8, *9, *10)	32	10	11	8	7,5	68	18 %	4
C: Yläpohja (sis. *2, *3, *5 ja *6)	22	10	9	6	6,5	53	14 %	3
D: Välipohja (sis. *1, *2, *3, *4, *5, *6, *9 ja *12)	11	0	2	4	4,5	22	6 %	1
E: Sisäseinä (sis. *1, *2, *3 ja *4)	4	8	3	7	4,5	27	7 %	1
F: Alapohja (sis. *1, *2, *3, *4, *5, *11 ja *12)	11	26	30	5	5,5	78	21 %	4
G: sokkeli (sis. *2 ja *3)	7	14	9	5	4,5	39	10 %	1
H: Muut (sis. *2 ja *13)	11	6	3	-	-	20	5 %	1
YHT	100	100	100	37	38,5	375,49	100 %	

Haastatteluvastausten jakaminen

*1. Märkätilat, jaetaan paikkojen B, D, E ja F kesken

*2. Jatkospaikat ja rajat (mm. talotekniikan), jaetaan kaikkien paikkojen kesken

*3. Pinnoitettavat betonipinnat, jaetaan paikkojen B, C, D, E, F ja G kesken

*4. Keittiöt, jaetaan paikkojen B, D, E, F kesken

*5. Tekniikkahormeihin kytköksissä olevat IV-kanavat, jaetaan paikkojen C, D ja F kesken

*6. Ontelolaatat, jaetaan paikkojen C, ja D kesken

*7. Ikkunat, jaetaan paikkojen A ja B kesken

*8. MV seinärakenteet, sisältyy paikkaan B

*9. Parvekkeet, jaetaan paikkojen B ja D kesken

*10. SW elementit, sisältyy paikkaan B

*11. MV laatta, sisältyy paikkaan F

*12. KPH elementit, jaetaan paikkojen D ja F kesken

*13. AH-kansi, sisältyy paikkaan H

Tässä diplomityössä käytetyllä pisteytyksellä yleisimmäksi paikaksi osoittautui alapohja 21% osuudella. Toiseksi yleisimmät olivat vesikatto ja ulkoseinät 18% osuuksillaan ja kolmanneksi yleisimpänä yläpohja 14% osuudella. Loppujen pisteytykset antoivat seuraavat prosenttiosuudet: sokkeli 10%, sisäseinät 7%, välipohjat 6% ja muut sijainnit 5%. Taulukossa 27 arvioitiin myös pisteytyskaavan numero 3 toimivuutta laskemalla aineistokohtaisesti kolmen yleisimmän sijainnin esiintyvyydet yhteen. Vesikatto, ulkoseinät ja alapohja olivat aineistokohtaisesti kolmen yleisimmän joukossa neljässä tapauksessa viidestä. Yläpohjalle vastaava lukumäärä oli kolme. Tämän edellä mainittu tarkastelu vastaa erittäin hyvin pisteytyksen mukaisia yleisimpiä kosteus- ja homevaurioiden sijainteja.

6.4 Yhteenveto

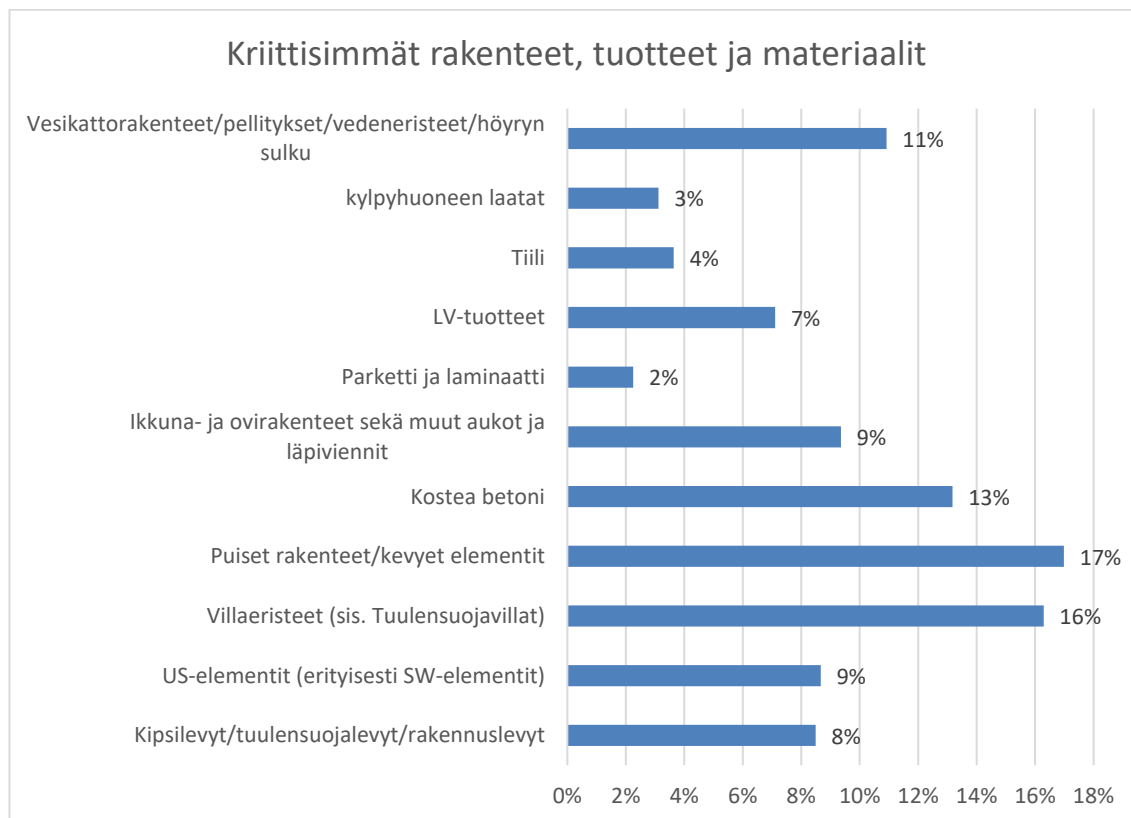
Tämän alaluvun tarkoituksena on esittää yhteenveto aineiston analysoinnin tuloksista. Yhteenveto koostuu neljästä eri lähestymistavasta, joita on käsitelty alaluvuissa 6.1, 6.2 ja 6.3. Nämä neljä lähestymistapaa ovat:

- kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit
- yleisimmät syyt kosteus- ja homevaurioiden taustalla
- yleisimmät kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajat
- yleisimmät paikat kosteus- ja homevaurioille.

Tarkastelun tulosten havainnollistamiseksi tässä alaluvussa esitellään vielä kukin näistä lähestymistavoista mahdollisimman havainnolliseen muotoon tehdyin taulukoin.

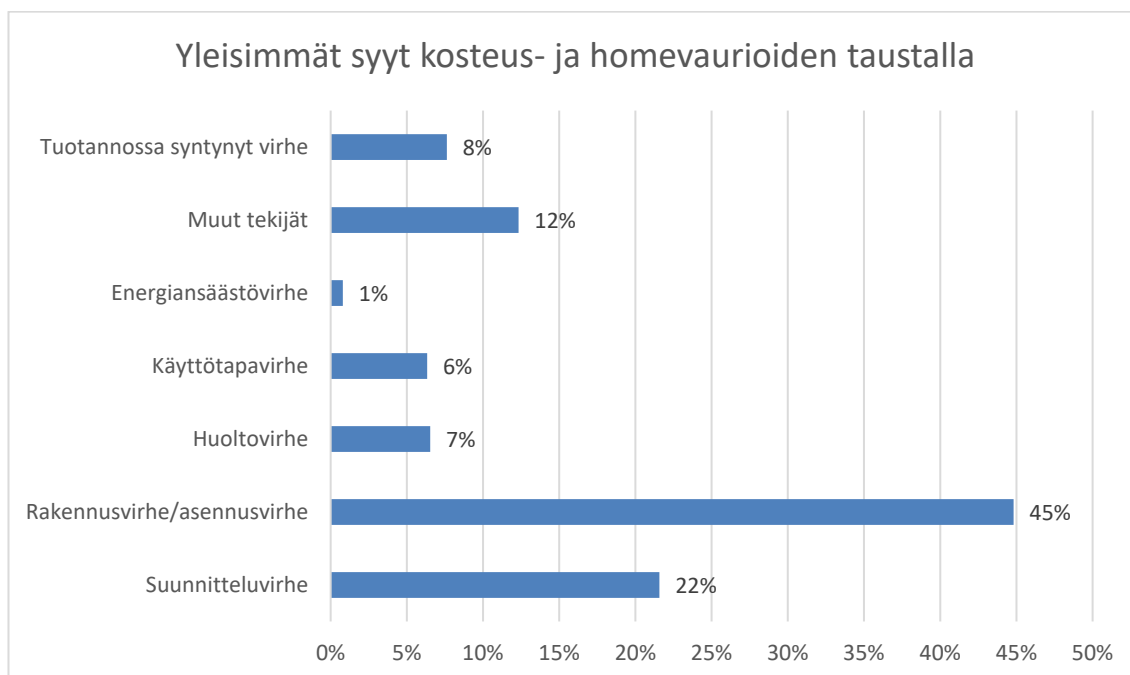
Kriittisimmiksi rakenteiksi, tuotteiksi ja materiaaleiksi lukeutuivat puiset rakenteet/kevyet elementit, villaeristeet, kostea betoni ja vesikattorakenteet sisältäen pellitykset, vedeneristeet ja höyrynsulku. Kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit ovat esitettynä havainnollisesti alla olevassa taulukossa 28.

Taulukko 28. Kriittisimmät rakenteet, tuotteet ja materiaalit



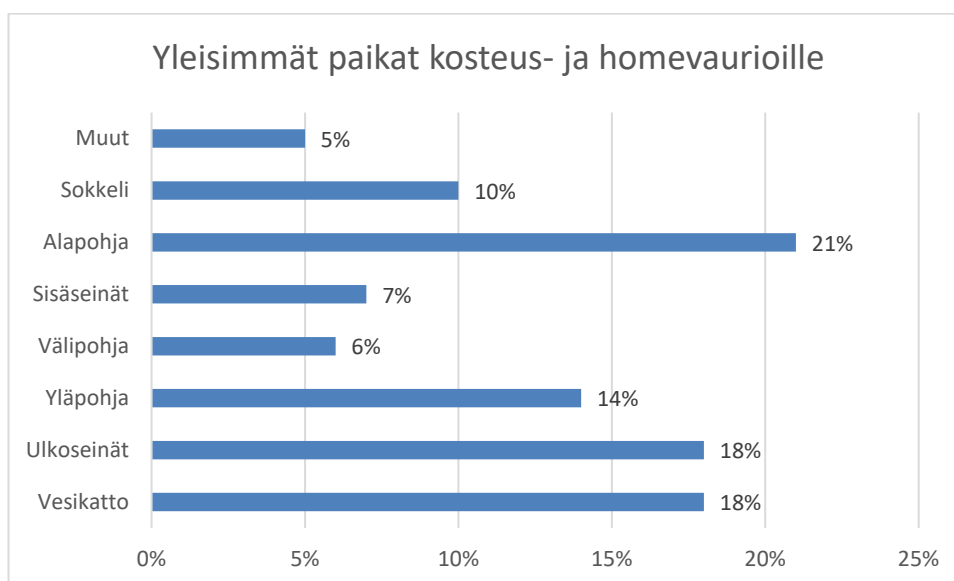
Yleisimmiksi syiksi kosteus- ja homevaurioiden taustalla ilmenivät rakennusvirheet/asennusvirheet ja suunnitteluvirheet. Yleisimmät syyt kosteus- ja homevaurioiden taustalla on esitettynä havainnollisesti alla olevassa taulukossa 29.

Taulukko 29. Yleisimmät syyt kosteus- ja homevaurioiden taustalla



Yleisimmät kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajat olivat putkivuodot, väärin säädetty ilmanvaihto, ulkoseinäelementit, sokkelin puutteellinen tai virheellinen vedeneristys ja yläpohjan vuoto. Edellä mainittu listaus perustuu alaluvusta 5.1 *Kirjallisuus* löytyvään kuvaan 29 ja alaluvusta 5.2 *Haastattelut* löytyvään taulukkoon 19. Tämän diplomityön haastatteluiden perusteella määritellyt kosteusvaurioiden syiden osuudet kosteusvaurioiden aiheuttajina ilmenevät alaluvusta 5.2 *Haastattelut* löytyvästä taulukosta 23.

Yleisimmät paikat kosteus- ja homevaurioille ovat aineistotarkastelun perusteella alapohja, ulkoseinät, vesikatto ja yläpohja. Yleisimmät paikat ovat esitettyinä havainnollisesti alla olevassa taulukossa 30.

Taulukko 30. Yleisimmät paikat kosteus- ja homevaurioille

Tutkitun aineiston perusteella kosteus- ja homevaurioiden välttämiseksi tulisi huomio kiinnittää rakennusprojekteissa alla olevan taulukon 31 mukaisiin tekijöihin.

Taulukko 31. Koontitaulukko kosteus- ja homevaurioita aiheuttavista epävarmuuskohdista

Kriittiset rakenteet, tuotteet ja materiaalit	Puiset rakenteet/kevyet elementit	Villaeristeet	Kostea betoni	Vesikattorakenteet/pellitykset/vedeneristeet/höyrynsulku
Yleisimmät kosteusvaurioiden syyt	Rakennusvirheet/asennusvirhe	Suunnitteluvirheet	-	-
Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat	Kuivaketju 10 riskilistan mukaiset	Putkivuodot	Väärin säädetty ilmanvaihto	Yläpohjan vuoto/sokkeliin puutteellinen vedeneristys/kosteat US elementit
Yleisimmät paikat kosteusvaurioille	Alapohja	Ulkoseinät	Vesikatto	Yläpohja

6.5 Parannusehdotukset epävarmuuskohdille

Tässä alaluvussa on tarkoituksena esittää alaluvussa 6.4 *Yhteenveto* ilmenneille kriittisimmille epävarmuuskohdille parannusehdotuksia. Parannusehdotukset jakautuvat aineistosta löytyviin parannusehdotuksiin ja tämän diplomityöntekijän omaan pohdintaan. Parannusehdotuksilla pyritään vaikuttamaan mahdollisimman tehokkaasti kriittisimpiin epävarmuuskohtiin.

6.5.1 Aineiston mukaan

Tämän diplomityön aineistosta löytyvistä alaluvuista 5.2 *Haastattelut* ja 5.3 *Kysely* on löydettävissä haastatteluihin ja kyselyyn osallistuneiden henkilöiden parannusehdotuksia kosteus- ja homevaurioiden estämiseksi. Tässä alaluvun alaluvussa tullaan kertomaan kootusti edellä mainituissa aineistolähteissä ilmenneitä parannusehdotuksia alaluvussa 6.4 *Yhteenveto* määritellyille kriittisimmille kosteus- ja homevaurioita aiheuttaville epävarmuuskohdille. Aineistosta löytyvät parannusehdotukset kosteus- ja homevaurioita aiheuttaville epävarmuuskohdille sisältävät myös rakennushankkeiden yleisemmän tason ongelmia, jotka aiheuttavat riskiä kosteus- ja homevaurioiden suhteen. Näitä edellä mainittuja yleisen tason ongelmia tullaan myös käsittelemään tarkemmin tässä alaluvun alaluvussa.

Aineistosta löytyvien parannusehdotusten tai parannusta vaativien asioiden kohdistamisen avuksi alapuolelta löytyy taulukko 32, jossa kriittisimmät kosteus- ja homevaurioita aiheuttavat epävarmuuskohdat ovat litteroitu vaakarivien osalta A-D ja pystyrivien osalta 1-4. Edellä mainitun taulukon pohjana on käytetty alaluvusta 6.4 *Yhteenveto* löytyvää taulukkoa 31, johon litteroinnit ovat lisätty.

Taulukko 32. Litteroitu koontitaulukko kosteus- ja homevaurioita aiheuttavista epävarmuuskohdista

	A	B	C	D	
Kriittiset rakenteet, tuotteet ja materiaalit	Puiset rakenteet/kevyet elementit	Villaeristeet	Kosteaa betoni	Vesikattorakenteet/pellitykset /vedeneristeet/höyrynsulku	1
Yleisimmät kosteusvaurioiden syyt	Rakennusvirheet/asennusvirheet	Suunnitteluvirheet	-	-	2
Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat	Kuivaketju10 riskiilistan mukaiset	Putkivuodot	Väärin säädetty ilmanvaihto	Yläpohjan vuoto/sokkelin puutteellinen vedeneristys/kosteat US elementit	3
Yleisimmät paikat kosteusvaurioille	Alapohja	Ulkoseinät	Vesikatto	Yläpohja	4

Alaluvuista 5.2 *Haastattelut* ja 5.3 *Kysely* löytyneet parannusehdotukset kosteus- ja homevaurioiden estämiseksi on koottu alla oleviin taulukkoon 33 ja taulukkoon 34, joista on nähtävissä parannusehdotusten kohdistaminen taulukossa 32 esitettyihin kosteus- ja homevaurioita aiheuttaviin epävarmuuskohtiin, epävarmuuskohtiin osuneiden kohdistuksien lukumäärä, sekä kohdistaminen hankkeen osapuoleen. Hankkeen osapuolet on jaettu taulukoissa tilaajaan/rakennuttajaan, suunnittelijaan ja urakoitsijaan. Hankkeen osapuolien kohdistamisessa on käytetty merkintöjä ”x” ja ”(x)”, joista ”x” tarkoittaa sitä hankkeen osapuolta, jota kyseinen parannusehdotus suoraan koskee, ja ”(x)” tarkoittaa sitä hankkeen osapuolta, jolla on myötävaikuttamismahdollisuus kyseisen parannusehdotuksen suhteen. Lukijan tulee huomioda, että edellä mainitut taulukko 33 ja taulukko 34 täydentävät toisiaan. Kohdistuksien lukumäärä parannusehdotuksen perässä kertoo pa-

rannusehdotuksessa esitetyn asian laajuudesta, yleisyydestä tai tärkeydestä. Kohdistuksien pieni osuvuus on tulkittavissa vähemmän merkittävänä tai tarkasti kohdistettuna parannusehdotuksena.

Taulukko 33. Kohdistuksilla täydennetty koontitaulukko aineistossa esiintyneistä parannusehdotuksista osa 1/2

Parannusehdotus	Hankkeen osapuoli			Kohdistaminen	Kohdistetusten lukumäärä
	Tilaaaja/ Rakennuttaja	Suunnittelija	Urakoitsija		
Tuotteiden kosteusteknisen toimivuuden tunteminen; mitkä tuotteet saavat kostua, mitkä kastua ja mitkä eivät saa kastua	(x)	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	12
Hankintasopimusten laatu; riittävät määritelmät kuljetusten aikaisista suojauksista ja toimitusten oikea-aikaisuudesta, vastuiden tarkempi määrittäminen, varastointiin ja työnaikaiseen suojaamiseen ei ole varattu riittävästi rahaa ja resursseja, sopimuksissa tulisi velvoittaa panostamaan varastointiin (osoitetaan esimerkiksi urakkasopimusvaiheessa säältä suojassa oleva varastotila)	x	(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Riittävän laadukkaat välivarastot	(x)	(x)	x	A1, B1, C1, D1, B1, A3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Tuotteiden vastaanottajien ammattitaitoisuus	(x)		x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, B3, D3, A4, B4, C4, D4	12
Säältä suojaaminen; varastoinnin aikainen, kuljetuksien aikainen, asennusten aikainen sekä asennusten jälkeinen tuotteiden ja rakennusosien suojaaminen (erityisesti betoni sandwich-elementtien kanssa ollut ongelmia)	x	(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Työmaan työntekijöiden oikea asennoituminen	(x)		x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	13
kuivaketju-ajattelun jalkauttaminen rakennusprosessin kaikille osapuolille ymmärrettävästi	x	(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Kipsilevyjen oikeaoppinen käsittely		(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Täsmätoimitusten sopiminen (esimerkiksi kerroskohtaisesti tietty erä tarvittavia materiaaleja)			x	A1, B1, A2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	9
Suunnitelmien laatu ja niiden tekemisen oikea-aikaisuus	(x)	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Korkeissa rakennuksissa kosteuskatkoja tietyn välein kerrosten välille	x	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Riskituotteiden välttäminen (Erytisesti materiaaliyhdistelmien soveltuvuus, joiden tutkiminen on ollut viime aikoina ajankohtaista. Viime aikoina ongelmia ovat tuottaneet muovimattoasennukset sekä laminaatti ja parkettiasennusten alla käytetyt askelääneneristysmatot)	(x)	x		A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Riskirakenteiden tunnistaminen ja niiden välttäminen suunnittelussa. Rakenteiden ja rakennusten pitäminen yksinkertaisina.	(x)	x	(x)	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Kuivaketjun toteutumisen huomioiminen aikataulusuunnittelussa	x		x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Sääsuojan alla rakentaminen ratkaisisi paljon riskipaikkoja. Tarjolla on paljon erilaisia ratkaisuja, jotka tarjoavat myös joustavuutta rakentamista ajatellen. Riittävä taloudellista panostamista sääsuojien käyttöön ja niiden huomioimista jo suunnittelu- ja tuotannonohjauksivaiheessa.	x	(x)	(x)	A1, B1, C1, D1, A2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Rakennushankeeseen ryhtyvän jäämäkkyys; yksityiskohtaiset vaatimukset rakentamisen jokaiseen vaiheeseen ja jokaiselle toimijalle koskien myös valvontaa, jotta epäkohtiin puututtaisiin välittömästi	x	(x)	(x)	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Aikataulusuunnittelu; häiriövarojen puuttuminen rakentamisen aikatauluksesta, liian tiukat työmaa-aikataulut, hankkeiden oikea-aikainen aloittaminen (vaippa umpeen syksyllä), liian tiukat työmaa-aikataulut ajavat urakoitsijat suorittamaan työvaiheita epäsuotuisassa järjestyksessä kosteudenhallinnan kannalta, vuodenaikojen ja olosuhdehallinnan huomioiminen aikataulussa, riittävien kuivumisajkojen huomioiminen aikatauluissa, Aikataulujen ja fyysikaalisten kuivumisajkojen huomioiminen tuotannonohjauksessa ja toteutuksessa, aikatauluja ei tule kosteuskriittisissä työvaiheissa kuroa umpeen.	x	(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14

Taulukko 34. Kohdistuksilla täydennetty koontitaulukko aineistossa esiintyneistä parannusehdotuksista osa 2/2

Asenne, vastuutuntoisuus ja huolellisuus (yleisesti)	x	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4,	14
Ammattitaitoisuus rakennushankkeen kaikilla osapuolilla	x	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4,	14
Epäpätevät alihankkijat, joiden toiminnan valvominen heikkoa	(x)		x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4,	13
Laadukkaammat rakennusmateriaalit	x	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, D3, A4, B4, C4,	13
Tehtaiden oman toiminnan läpikäynti rakentamisen laatua parantaakseen	(x)		(x)	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, D3, A4, B4, C4,	13
Valvonnan tehostaminen; riippumattomassa asemassa olevat ammattitaitoiset valvojat, varsinkin gryndikohteissa laadukkaan valvonnan toteutuminen ollut heikkoa	x		x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Laadukkaampaa työmaasuunnittelua; työn suunnittelu, aikataulun suunnittelu ja töiden suorittaminen oikeassa järjestyksessä	(x)		x	A1, B1, C1, D1, A1, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4,	13
Kosteusmittaukset ja rakenteiden kuivuuden dokumentointi ennen rakenteiden pinnoittamista	(x)	(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, D3, A4, B4, C4, D4	11
Rakenteisiin piiloon jäävien kosteusteknisten riskipaikkojen valvominen antureilla tarvittaessa	x	(x)	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4,	14
Käyttö ja siivousohjeiden noudattaminen materiaalivalmistajien ohjeiden mukaisesti			(x)	A1, B1, C1, D1, A2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4,	13
Mahdollisimman pitkälle vietyjen esivalmistettujen rakennusosien suosiminen, jotta työmaalla tehtävien töiden määrä vähenisi	x	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, B3, D3, A4, B4, C4, D4	12
Puumateriaalin kieltäminen rakentamisessa ja siirtyminen kokonaan kiviperäisistä aineksista valmistettujen rakennusten rakentamiseen	x	x	(x)	A1, B1, D1, A2, B2, A3, A4, B4, C4, D4	10
Kosteudenhallinnan huomioiminen jo rakennesuunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnittelijoille ja tuotannonohjaukselle enemmän perehtyneisyyttä vesikatto- ja vedeneristysrakentamisesta, ja riittävän yksityiskohtaisten suunnitelmien edellyttämistä ja taloudellista satsaamista (ei vain viittausta että valmistajan/toimittajan ohjeiden/suunnitelmien mukaan).	x	x		A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, D3, A4, B4, C4, D4	13
Valtakunnallisena toimijana olen kiinnittänyt kahteen asiaan huomiota, kehä III:n sisäpuolella mm. sääsuojaukseen ja kosteudenhallintaan kiinnitetään paremmin huomiota kuin muualla Suomessa ja gryndikohteissa huonommin kuin muussa rakentamisessa. Työmaamestareille enemmän tietoisuutta kosteudenhallinnan mahdollisuuksista, tällä hetkellä kirjo hyvin sekalainen ja gryndikohteet etenkin korostuneena.			x	A1, B1, C1, D1, A2, A3, B3, D3, A4, B4, C4, D4	12
Hankekohtainen kosteudenhallintaprosessi alkuaan hankesuunnittelusta rakennuksen käyttöönottoon ja käyttöönkin. Siihen pitää sisältyä hankekohtainen sekä suunnitteluvaiheen että toteutusvaiheen kosteusriskiarvio-/analyysi. Kosteudenhallinta pitää vastuuttaa ja jalkauttaa jokaisessa vaiheessa jokaiselle toimijalle ja tekijälle. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvastuu, että hankkeen kosteudenhallinta onnistuu ja rakennuksesta tulee terveellinen. Tällöin ryhtyvällä pitää olla kosteudenhallinnasta koordinoituvastuu, siksi hänen pitää kiinnittää hankkeeseen omasta organisaatiostaan tai ulkopuolisen kosteudenhallintakoordinaattori. Suunnittelun ohjaukseen on panostettava, käytettävä rakennusfysiikan asiantuntemusta. Se on ryhtyvän huolehtimisasia. Rakennusvalvonta voi viimekädessä määrätä ulkopuolisen suunnitelmien tarkastuksen rakennusfysiikan osalle.	x	x	x	A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14
Ryhtyvän on selkeästi asetettava vaatimukset rakennustyön kosteudenhallintaan, jota urakoitsijan on noudatettava.	x			A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4,	14
Ryhtyvä voi vaatia urakoitsijalta vaikka millaista henkilöstöä perään katsomaan kosteudenhallintaa jokaisessa työvaiheessa - hänen kosteudenhallintakoordinaattori varmistaa tahtotilan toteutumisen.	x			A1, B1, C1, D1, A2, B2, A3, B3, C3, D3, A4, B4, C4, D4	14

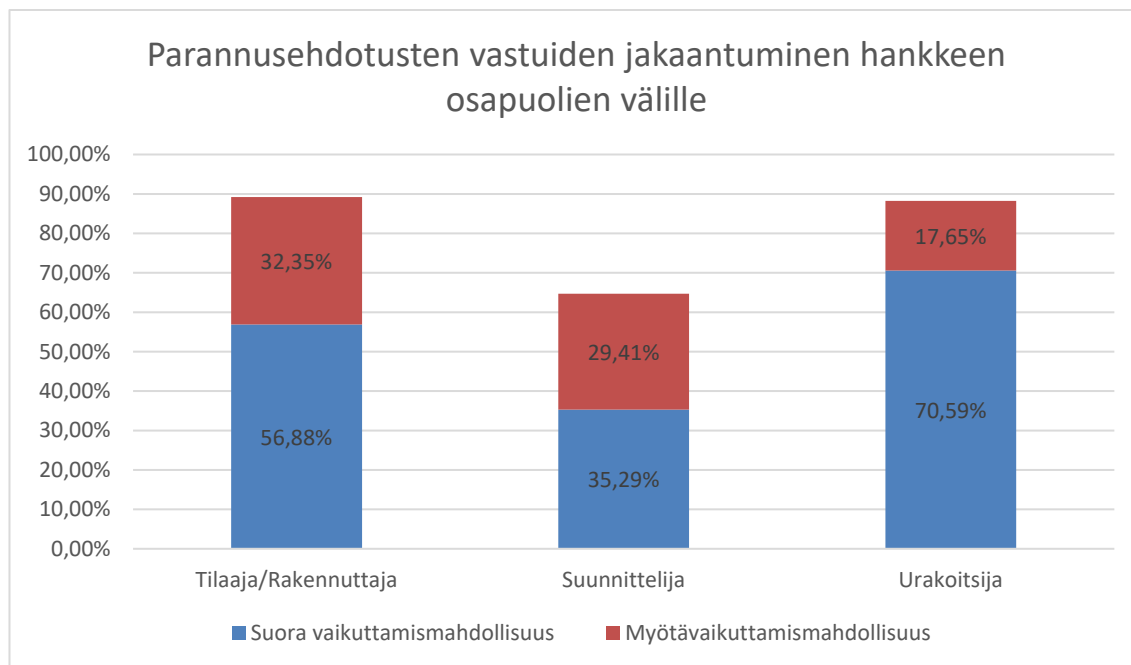
x = Hankkeen osapuoli, jonka toimintaa kyseinen parannusehdotus koskee

(x) = Hankkeen osapuoli, jolla on myötävaikuttamismahdollisuus kyseisen parannusehdotuksen suhteen

Taulukossa 33 ja taulukossa 34 esiintyvistä kootuista parannusehdotuksista 56,88 % on sellaisia, joihin tilaajalla/rakennuttajalla on suora vaikutusmahdollisuus ja 32,35 % on sellaisia, joihin tilaajalla/rakennuttajalla on myötävaikuttamismahdollisuus. Yhteensä prosentuaalinen osuus tilaajaa/rakennuttajaa koskevista parannusehdotuksista on 88,24 %. Taulukoista ilmeneviin parannusehdotuksiin suunnittelijoilla on suora vaikutusmahdollisuus 35,29 % osuuteen ja myötävaikuttamismahdollisuus 29,41 % osuuteen. Yhteensä prosentuaalinen osuus suunnittelijoita koskevista parannusehdotuksista on 64,71 %. Taulukoista ilmeneviä urakoitsijaa koskevia parannusehdotuksia on yhteensä 88,24 %, joista 70,59 % -yksikköä on sellaisia, joihin urakoitsijalla on suora vaikuttamis-

mahdollisuus ja 17,65 % -yksikköä sellaisia, joihin urakoitsijalla on myötävaikuttamis- mahdollisuus. Nämä edellä mainitut parannusehdotusten jakaantumiset ovat nähtävissä havainnollisessa muodossa taulukosta 35.

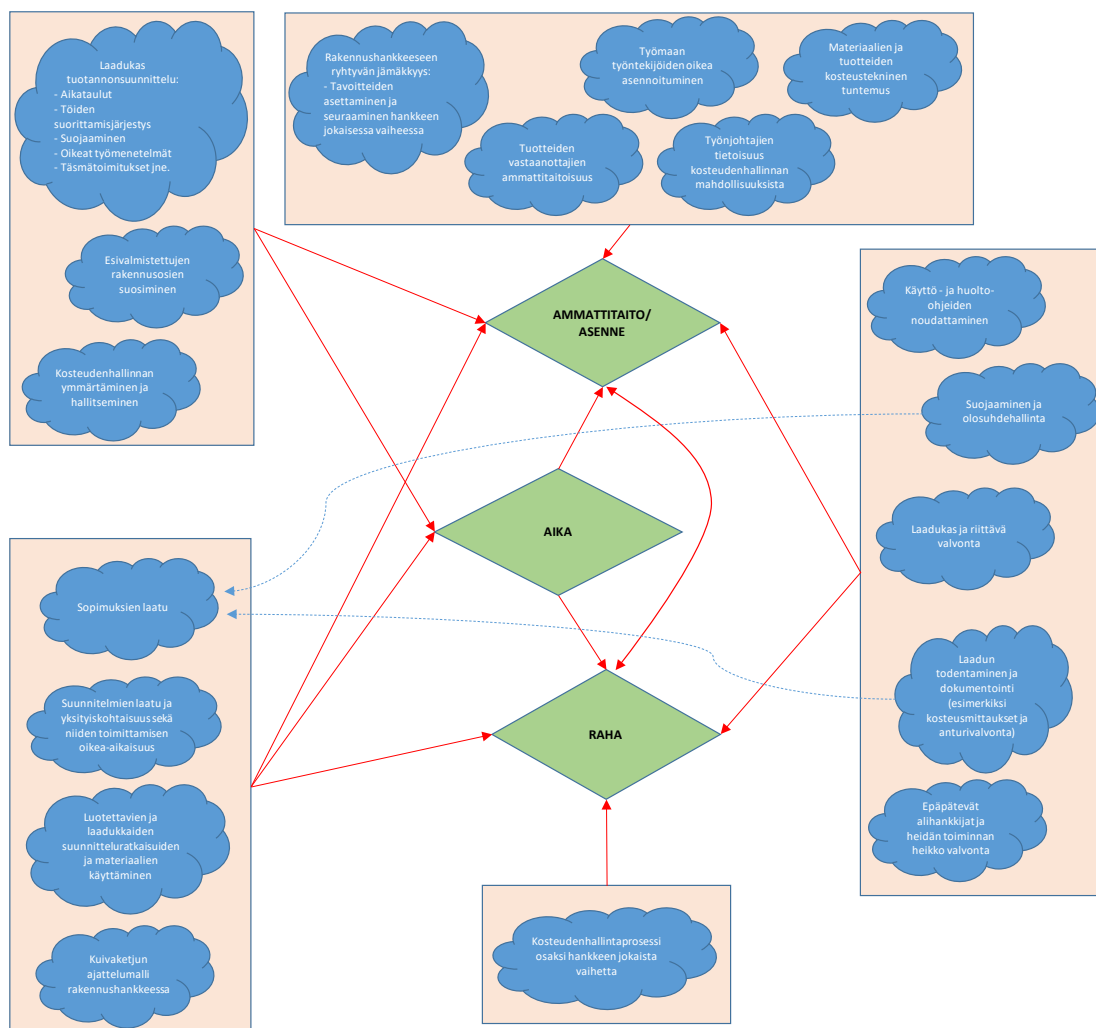
Taulukko 35. Parannusehdotusten vastuiden jakaantuminen hankkeen osapuolien välille



Taulukossa 35 huomionarvoisena asiana on tilaajan/rakennuttajan korkea vaikuttamismahdollisuus kosteus- ja homevaurioiden estämisen parantamiseksi. Lainsäädäntö määrittelee selkeästi rakennushankkeeseen ryhtyvän, joka tarkoittaa tilaajaa ja/tai rakennuttajaa, vastuut rakennushankkeessa, mutta hyvin harvoin mediassa syylliseksi leimataan tästäkään huolimatta tilaajaa/rakennuttajaa. Suunnittelija ja urakoitsija ovat niitä, jotka saavat median kautta syyt niskaan useimmissa tapauksissa.

Aineiston mukaisissa parannusehdotuksissa oli havaittavissa neljä toistuvaa pääteemaa, jotka olivat suoraan parannusehdotuksina tai liittyivät esitettyihin parannusehdotuksiin ylemmältä tasolta; ammattitaito, asenne, aika ja raha. Parannusehdotukset kuvastivat konkreettisia parannuskeinoja tai kuvauksia parannusta vaativista asioista. Alapuolella esitetyssä taulukossa 36 on havaittavissa pääteemojen sekä yksittäisten parannusehdotusten väliset vaikutussuhteet. Edellä mainitussa taulukossa nuolet muodostavat syy – seuraus -suhteita, joista nuolen alkupää kuvastaa seurausta ja nuolen loppupää syytä.

Taulukko 36. Parannusehdotusten väliset vaikutussuhteet



Taulukosta 36 näkyvien pääteemojen; ammattitaito, asenne, aika ja raha, välillä on myös vaikutussuhteita, jotka on hyvä käydä läpi epäselvyyksiä välttääkseen. Rakennushankkeen aikatauluihin liittyvät ongelmat johtuvat pohjimmiltaan joko rahan vuoksi tehdyistä päätöksistä tai ammattitaidon puutteesta aikatauluja tehdessä ja suunniteltaessa. Ammattitaidon ja asenteen suhteen olevat ongelmat usein liittyvät myös rahaan, sillä ammattitaitoa on kyllä tarjolla, kunhan riittävällä resursoinnilla annetaan edellytykset sen laadukkaaseen hyödyntämiseen. Asenteen taustalla voi olla myös raha kyseessä, mutta tämä on paljon laajempi käsite, sillä sen sisältö heijastuu yksittäisten henkilöiden omiin tuntemuksiin omasta elämästään ja omista tuntemuksistaan tehtävää työtä ja työpaikkaansa kohtaan. Viimeisenä käsiteltävänä pääteemana on raha, jolla on vaikutusta käytännössä kaikkiin parannusehdotuksiin. Rahalla on mahdollista laskea rakennushankkeiden riskien tasoa, mutta tilaajilla ja muilla rakennushankkeen hankintaketjussa olevilla on usein motivaationa saada haluttu tuote mahdollisimman halvalla maksimoiden tuottojen mahdollisuus. Tämä yleinen liike-elämän ajattelumalli ei tue laadukasta rakentamista, ellei haluttuja laatuvaatimuksia ole riittävän tarkalla tasolla eritelty menetelmiseen hankintasopimuksissa, jotta ne tulee hinnoiteltua ja täytäntöön.

6.5.2 Diplomityöntekijän oma pohdinta

Tätä diplomityötä tehdessä nousi esiin paljon eritasoisia kosteus- ja homevaurioiden taustalla olevia rakennushankkeiden ongelmia niin kirjallisuudesta löytyneen teorian ja ohjeistuksen muodossa, kuin myös haastatteluiden, kyselyiden, sekä oman kokemuksen ja oivallusten kautta. Tässä alaluvun alaluvussa tullaan käsittelemään tämän diplomityön tekijän omaa pohdintaa rakentamisen kuivaketjun varmentamiseksi, joka jakaantuu käsittelemään parannusehdotuksia aineiston perusteella määriteltyihin oleellisimpiin kosteus- ja homevaurioita aiheuttaviin epävarmuuskohtiin taulukon 31 mukaisesti, luvussa *6.5.1 Aineiston mukaan* ilmenneiden parannusehdotusten kommentointiin, sekä muihin yksittäisiin parannusehdotuksiin, joita diplomityön tekijän mieleen on noussut tätä diplomityötä tehdessä.

Taulukko 31 jakaantui neljään eri ryhmään; kriittisiin rakenteisiin, tuotteisiin ja materiaaleihin, yleisimpiin kosteusvaurioiden syihin, yleisimpiin kosteusvaurioiden aiheuttajiin ja yleisimpiin kosteusvaurioiden paikkoihin. Kriittisimmät rakenteen, tuotteet ja materiaalit olivat aineiston käsittelyn perusteella seuraavat:

- puiset rakenteet ja kevyet elementit
- villaeristeet
- kostea betoni
- vesikattorakenteet, pellitykset, vedeneristeet ja höyrynsulku.

Vaikka puurakenteet kestävät lyhytaikaista kastumista ja ovat käyttökelpoisia kuivatuksen jälkeen, niin puurakenteiden kastuminen ja kostuminen olisi hyvä estää kokonaan, jotta välttyttäisiin kosteiden puurakenteiden asentamiselta. Ongelman muodostavat erityisesti koteloitavat puurakenteet kuten väliseinärakenteet, joissa kosteana asennettu puu aiheuttaa kosteus- ja homevaurioriskin, sillä suljettu väliseinärakenne ei pääse tuulettumaan tehokkaasti. Puurakenteita säilytettäessä tulee pitää huoli riittävästä sääsuojauksesta sekä erityisesti tuuletuksesta, jotta liian tiivis suojaus ei aiheuta suojan sisällä kondenssia puurakenteisiin. Liian korkea ulkoilman ilmankosteus muodostaa myös raakapinnalla oleviin puurakenteisiin homehtumisriskin, joten tehokas tuuletus, puun pinnoittaminen tai puurakenteiden siirtäminen kuiviin sisätiloihin ovat ainoita vaihtoehtoja homehtumisriskin alentamiseksi.

Kevyillä elementeillä tarkoitetaan erityisesti kerroksellisia ulkoseinä-, väliseinä ja kattoelementtejä, jotka on kasattu puurungosta, villasta, höyrynsulusta, tuulensuojalevystä, kipsilevystä ja ulkopinnastaan esimerkiksi puupaneeliverhoilusta. Näiden kevyiden elementtien suurimpana ongelmana on suljettu rakenne, jonka sisään päässyt kosteus ei pääse tuulettumaan pois, joten näiden elementtien suojaamisen ja säilytysolosuhteiden kanssa tulee olla hyvin tarkkana. Kevyiden elementtien kohdalla olisi erittäin hyödyllistä valvoa elementtien sisäosien kosteuspitoisuutta esimerkiksi antureita hyväksi käyttäen,

sekä määrittää sopimuksissa yksityiskohtaisesti elementtien suojaamisen vähimmäistaso kevyiden elementtien valmistuksesta aina asentamisen jälkeiseen suojaamiseen asti.

Villaeristeiden kastuminen ja kostuminen tulisi estää kokonaan säilyttämällä villaeristeet aina kuivissa tiloissa. Mikäli hitaasti kuivuvat villaeristeet pääsevät kastumaan tai kostumaan ne tulisi hävittää eikä niitä saisi enää asentaa rakenteisiin. Villaeristeitä ei saisi myöskään asentaa kosteisiin rakenteisiin. Vaikka esimerkiksi kivivilla kestää kostumista ja palaa ainakin lähes ennalleen kuivuttuaan, niin aina on riskinä, että joku asentaa sitä kosteana rakenteiden sisään, jolloin muodostuu välittömästi kosteus- ja homevaurio riski. Kivivillasta sanotaan myös, että se ei homehdu, koska se ei ole orgaanista materiaalia, mutta sen huokoinen pinta sitoo hyvin tehokkaasti ilmassa olevaa orgaanista pölyä, joka toimii erinomaisena ravintona homeen syntymiselle. Betonisandwich-elementeissä olevan kivivillan sekä betonisten ulkoseinäelementtien ulkopintaan asennettavan kivivillan kostuminen ja kastuminen jakavat paljon mielipiteitä. Useat työmaahenkilöt pitävät niiden kastumista täysin sallittuna ja perustelee sitä sillä, että ne kyllä kuivuvat tuulettuvan seinärakenteen sisällä. Tämän diplomityön tekijä arvelee sen kuitenkin aiheuttavan kosteusvaurioita sisäpinnan pinnoitteeseen ensimmäisten talvien aikana joissain tapauksissa, sillä kostea kivivilla voi päästä jäätymään heikomman lämpöeristävyytensä vuoksi ja siten mahdollistaa betonisen ulkoseinäelementin jäätyksen talven aikana aiheuttaen sulassa kosteusvaurioita, jotka ilmenevät esimerkiksi hilseilevänä maalipintana sisäseinissä. Kostea tai märkä kivivilla voi myös lisätä sisäilmaongelmia homeen kasvaessa kivivillan pintaan, mikäli ulkovaipan läpi olevien läpivientien, kuten ikkunoiden, ovien ja tuloilmaputkien tiiveys ei ole kunnossa.

Kostean betonin aiheuttamia kosteus- ja homevaurioita sekä sisäilmaongelmia ei saisi muodostua enää nykypäivän rakentamisessa. Betonin kosteuden mittaamiseen on olemassa luotettavat mittausmenetelmät, mutta silti kostea betoni aiheuttaa edelleen ongelmia, mutta miksi? Tämän diplomityön tekijä arvelee syyksi puutteellisia mittausjärjestelyitä sekä virheellisten mittausmenetelmien käyttämistä, joilla tarkoitetaan mittauspisteiden liian pientä lukumäärää, vääristä syvyyksistä otettuja mittauksia sekä epäonnistuneita mittauksia esimerkiksi pölyä sisältävien mittausreikien tapauksissa. Toisena suurena tekijänä kostean betonin aiheuttamissa sisäilmaongelmissa tämän diplomityön tekijä pitää rakennushankkeiden nykyisiä liian kireitä aikatauluja, joissa betonin kuivumisaikoja ei esimerkiksi ole otettu huomioon tai, joista puuttuu kokonaan riskivarat. Riskivarojen puuttuessa, ja tunnettujen tai tuntemattomien riskien toteutuessa, rakennushankkeet ajautuvat tilaan, jossa normaali työpanoksilla aikataulutavoitteita ei voida enää saavuttaa. Tätä tilaa voidaan kutsua arkikielellä kiireeksi, jolloin inhimillisten virheiden mahdollisuus rakentamisessa kasvaa edelleen. Tämän diplomityön tekijä ehdottaakin kostean betonin aiheuttamille ongelmille ratkaisuksi tehostettuja kosteusmittauksia, kosteutta mittaavien antureiden käyttöä ja realistisempien ja riskivaroja sisältävien hankeaikataulujen käyttämistä.

Vesikattorakenteiden, pellitysten, höyrynsulun ja vedeneristeiden osalta ongelmien taustalla voi olla virheelliset tai puutteelliset suunnitelmat, riskirakenteet tai inhimilliset asennusvirheet. Asennusvirheisiin voidaan puuttua riittävällä ja asiantuntevalla valvonnalla, dokumentoinnilla, asennustarkastusten sekä vedeneristeiden osalta luotettavalla todentamisella testausten muodossa. Virheelliset tai puutteelliset suunnitelmat, tai riskirakenteiden käyttäminen suunnittelussa, liittyvät suunnittelijan ja suunnitelmien tarkastajien ammattitaitoon, epäonnistuneeseen suunnittelunohjaukseen, liian kireisiin suunnittelu-aikatauluihin tai liian vähäiseen taloudelliseen panostamiseen suunnittelun suhteen. Näissä edellä mainituissa tapauksissa tämän diplomityön tekijä ehdottaa riittäviä aikatauluvarauksia ja resursseja suunnittelua varten, riittävien detaljien vaatimista ja hankkimista suunnittelijoilta riittävän aikaisessa vaiheessa urakoitsijan kannalta, riskirakenteiden kartoittamista ja välttämistä sekä riittävän kokemuksen omaavien suunnittelijoiden ja suunnittelunohjaajien käyttämistä rakennushankkeiden vaativuuteen nähden.

Yleisimmät kosteusvaurioiden syyt olivat rakennus- ja asennusvirheet sekä suunnitteluvirheet. Rakennus- ja asennusvirheiden taustalla voi olla ammattitaidon puute, inhimilliset virheet, valvonnan ja tarkastusten puute tai liian kiireellinen aikataulu, joka kasvattaa rakennus- ja asennusvirheiden mahdollisuutta. Parannusehdotuksina tämän diplomityön tekijä ehdottaa näihin riittävän joustavaa hankeaikataulua, riittävää ja ammattitaitoista valvontaa sekä tarkastusten riittävää lukumäärää. Suunnitteluvirheiden osalta ongelmat voivat olla suunnittelijan kokemattomuudessa, riskirakenteiden käyttämisessä, inhimillisissä virheissä, puutteellisissa suunnittelutyön tilauksissa, epärealistisessa suunnittelu-aikataulussa ja resursoinnissa tai suunnittelunohjauksen epäonnistumisessa. Tämän diplomityön tekijä ehdottaa näihin edellä mainittuihin suunnitteluun liittyviin ongelmiin ratkaisuehdotuksina riittävän pätevien suunnittelijoiden käyttämistä rakennushankkeiden vaativuuden mukaan, riskirakenteiden kartoittamisella ja välttämällä, suunnitelmien tarkastamista kolmannella osapuolella tai suunnittelunohjauksen toimesta, riittävien detaljien sisällyttämistä jo suunnittelusopimukseen, riittävän suunnittelu-aikataulun ja suunnitteluressurssien varaamista, riittävän pätevien suunnittelunohjaajien käyttämistä sekä riittävää aikataulu ja resurssivarausta suunnittelunohjaukseen.

Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat olivat aineiston mukaan Kuivaketju10-riskilistan mukaiset kohdat, putkivuodot, väärin säädetty ilmanvaihto, yläpohjan vuoto, sokkelin puutteellinen vedeneristys ja kosteat ulkoseinäelementit. Kuivaketju10-riskilistan mukaisien 10 olennaisimman kosteusriskin hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista (Kuivaketju10 2018). Kuivaketju10 prosessi pyrkii puuttumaan näihin 10 olennaisimpaan kosteusriskiin pääasiallisesti riittävällä laadun todentamisella ja dokumentoinnilla. Kuivaketju10 prosessi sisältää myös tiukempia laatuksiteereitä, sekä esimerkiksi pätevyysvaatimusten määrittämisä. Tämän diplomityön tekijä pitää Kuivaketju10 prosessia hyvänä pohjana kosteusvaurioiden ehkäisyssä, kunhan rakennushankkeiden kaikki osapuolet ymmärtävät sen sisällön samalla tavalla. Urakoitsijat

tarvitsevat erityisesti perehtyneisyyttä Kuivaketju10 prosessin sisältöön, sillä tämän diplomityön tekijä on kuullut useiden urakoitsijoiden suusta kommenttia, että kosteudenhallintakoordinaattori ottaa kaiken vastuun kosteudenhallinnasta ja hoitaa Kuivaketju10 prosessin hankkeissa. Tämä ajattelumalli on kuitenkin kovin virheellinen, sillä urakoitsijat ovat niitä, joiden vastuulla on noudattaa Kuivaketju10 mukaisia ohjeistuksia, todentamisia ja todentamisen dokumentointia. Kosteudenhallintakoordinaattori vain tarkastaa ja koordinoi, että todentamiset ovat tehtyinä ja dokumentoituna, sekä tarjoaa omaa tukeaan rakennushankkeen kosteudenhallinnan onnistumiselle hankkeen jokaisessa vaiheessa.

Putkivuodot muodostavat suuren osan syntyneistä kosteus- ja homevaurioista. Putkivuodot liittyvät usein asennusvirheisiin, suunnitteluvirheisiin, huollon laiminlyönteihin tai käyttöikänsä päähän tulleisiin putkiin. Paineistetut käyttövesi ja lämmityslinjat voivat aiheuttaa erityisesti laajamittaisia kosteusvaurioita rakennuksissa. Putkivuotojen yhteydessä mainittakoon myös suihkuun nukahtamisen aiheuttamat laajamittaiset kosteusvauriot. Tämän diplomityön tekijä ehdottaa suunnitteluvirheiden osalta parannusehdotukseksi vain luotettavien tuotteiden ja ratkaisuiden käyttämisen. LV-putket tulisi sijoittaa siten, että niiden muodostamat vuodot olisi helposti todennettavissa ja vuotojen korjaaminen olisi helppoa toteuttaa. Suunnitteluratkaisuista erityisesti käyttövesi- ja lämmitysputkien puristusliitokset ovat ongelmallisia. Puristusliitokset ovat edullinen ja toimiva ratkaisu suunnitelmassa, mutta niiden toteutuksessa on suuri riski työvirheille. Putkivuotojen riskiä on todella hankala saada poistettua kokonaan, mutta tämän diplomityön tekijä ehdottaakin putkivuotojen vaikutusten rajaamista ja valvontaa. Rakennusautomaatio on nykyään todella pitkälle kehittyneitä ja edullista sen tuomiin hyötyihin nähden, joten miksi sitä ei hyödynnetä enemmän putkivuotojen vaikutusten rajaamisessa? Ratkaisuna voisi toimia esimerkiksi vuotoantureihin reagoivat huoneisto-, rappukäytävä- ja talokohittaiset sulkuventtiilit käyttövesi- ja lämmitysputkistoille. Kylpyhuoneissa olisi mahdollista asentaa esimerkiksi kynnyksen alareunaan sähköpari, joka lähettää sulkuventtiileille käskyn sulkeutua, kun kylpyhuoneen vesi yltää kynnyksen alareunaan asti. Taloissa kulkevat LV-runkolinjat olisi myös hyvä sijoittaa omiin kuiluihin, jotta niiden rikkoutuessa vahingot saataisiin rajattua. Kuiluihin voisi myös sijoittaa vuodontunnistusantureita, jotka lähettäisivät rakennusautomaatiohälytykset ja sulkisivat käyttövesi- ja lämmitysputkistojen sulkuventtiilit. Markkinoilla on myös tarjolla antureita, jotka seuraavat epänormaaleja paine-eroja putkistoissa ja osaavat siten tulkita syntyneitä putkivuotoja. Rakennusautomaatio mahdollistaa LV-järjestelmiin lukuisia erilaisia mahdollisuuksia putkivuotojen vaikutusten rajaamiseksi, joiden käyttöä tulisi yleistää Suomen rakennuskannassa. Järjestelmien käyttämisellä on luultavasti mahdollista alentaa kiinteistövakuutus-ten suuruuksia ja ne maksavat itseään takaisin myös mahdollisia vahinkoja torjuessaan. Käyttöikänsä päähän tulleiden viemäreiden osalta korjaustoimenpiteisiin kannattaisi alkaa riittävän ajoissa. On vain ajan kysymys, milloin sattuu laajamittainen vahinko, jonka kokonaiskustannukset voivat nousta erittäin korkeiksi. Putkisaneerausten aloittaminen on tietysti talonyhtiöiden hallituksen päätettävissä, mutta miksi tökkiä tikulla jäätä, kun riskit voitaisiin välttää ryhtymällä toimiin riittävän ajoissa?

Ilmanvaihtoon liittyvät ongelmat voivat liittyä väärin säädettyyn ilmanvaihtoon, suunnitteluvirheeseen tai tilojen käyttäjien toimiin, jotka sotkevat ilmanvaihdon toimivuuden. Väärin toimivalla rakennuksen ilmanvaihdolla on mahdollista pilata muuten täysin terve rakennus. Ilmanvaihtoon liittyvillä ongelmilla viitataan usein paine-erojen epäsuotuisaan tasapainoon. Normaalitilanteessa tilojen sisällä on pieni alipaine, jotta vältetään kostean huoneilman kulkeutuminen ulkovaipparakenteiden sisään. Liian alipaineisessa huoneillassa on omat riskinsä myös, sillä korvausilmaa saattaa tulla rakennuksen vaipparakenteiden sisältä huoneilmaan, mikäli tiivistykset eivät ole kunnossa. Ilmanvaihdon suunnitteluvirheet voivat johtaa siihen, että suunnitellulla järjestelmällä ei voida saavuttaa säätötilanteessa tasapainoista ilmanvaihtoa koko kiinteistöön. Tämän diplomityön tekijä ehdottaa ilmanvaihtoon liittyviin ongelmiin ratkaisuksi riittävän säädetävissä olevien joustavien järjestelmien käyttöä. Esimerkiksi kerrostaloissa helppona ratkaisuna olisi käyttää huoneistokohtaista poistoilmakojetta ja rakennusautomaation kautta ohjattavaa tuloilma-venttiiliä, joita rakennusautomaatiojärjestelmä voisi ohjata paine-eroa, lämpötilaa, ilman-kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta mittaavien antureiden kautta.

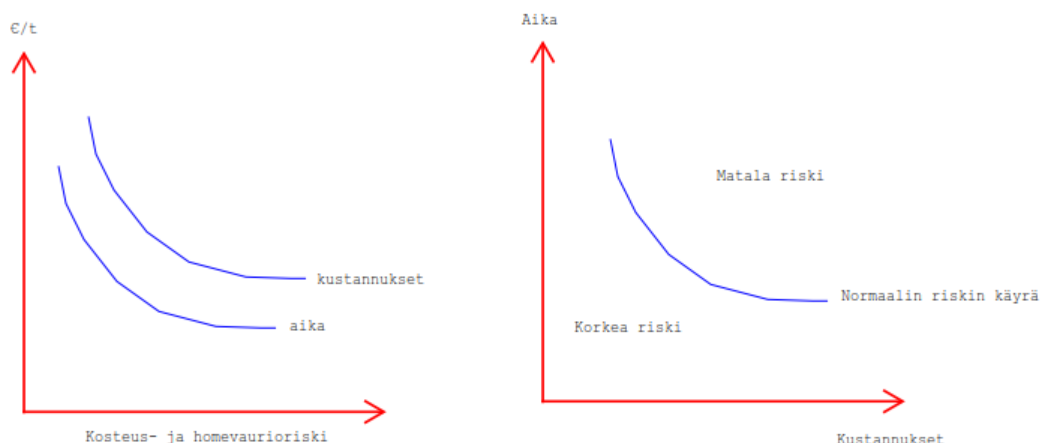
Yläpohjan vuodon ja sokkelin puutteellisen vedeneristyksen osalta ongelmien taustalla voivat olla virheelliset tai puutteelliset suunnitelmat, riskirakenteet tai inhimilliset asennusvirheet. Asennusvirheisiin voidaan puuttua riittävällä ja asiantuntevalla valvonnalla, dokumentoinnilla ja asennustarkastuksilla. Virheelliset tai puutteelliset suunnitelmat, tai riskirakenteiden käyttäminen suunnittelussa, liittyvät suunnittelijan ja suunnitelmien tarkastajien ammattitaitoon, epäonnistuneeseen suunnittelunohjaukseen, liian kireisiin suunnittelu-aikatauluihin tai liian vähäiseen taloudelliseen panostamiseen suunnittelun suhteen. Näissä edellä mainituissa tapauksissa tämän diplomityön tekijä ehdottaa riittäviä aikatauluvarauksia ja resursseja suunnittelua varten, riittävien detaljien vaatimista ja hankkimista suunnittelijoilta riittävän aikaisessa vaiheessa urakoitsijan kannalta, riskirakenteiden kartoittamista ja välttämistä sekä riittävän kokemuksen omaavien suunnittelijoiden ja suunnittelunohjaajien käyttämistä rakennushankkeiden vaativuuteen nähden. Yläpohjan ja sokkeleiden vuotojen vaikutusta olisi myös mahdollista kontrolloida käyttämällä kosteutta mittaavia antureita ilmaisemaan syntyneitä vuotoaikoja, jotta vuotoihin olisi mahdollista puuttua riittävän ajoissa.

Kosteiden ulkoseinäelementtien aiheuttamista ongelmista ja ratkaisuista on kerrottuna tämän alaluvun alaluvun alussa käsitellyn villaeristeet kappaleen yhteydessä jo osittain. Perimmäisinä syinä ulkoseinäelementtien kastumiseen on puutteellinen suojaaminen varastoidessa, kuljetuksen aikana, asennettaessa ja asennusten jälkeen. Yksinkertaisena ratkaisuna tämän diplomityön tekijä esittää ulkoseinäelementtien suojaamisen tarkkaa määrittämistä jo sopimuksissa, jotta suojaaminen tulee täytännön varmasti. Elementtien hankkijoiden olisi hyvä käydä suojaamiseen liittyvät asiat läpi elementtejä valmistavien tehtaiden kanssa, jotta suojaaminen saataisiin jo tehtaan päässä riittävä tasolle ajatellen työmaalla säilyttämistä, asentamista ja asentamisen jälkeistä suojaamista. Toisena ratkai-

suna olisi hyvä käyttää myös antureita mittaamaan elementtien sisällä olevaa kosteuspi-toisuutta. Anturit palvelisivat rakentamisvaihetta, kuin myös rakennuksen käyttöä, jolloin voitaisiin seurata, ettei seinien sisään tiivisty kosteutta esimerkiksi väärin säädetyn ilman-vaihdon vuoksi.

Aineiston mukaan yleisimmät paikat kosteusvaurioille olivat alapohja, ulkoseinät, vesi-katto ja yläpohja. Ulkoseinien, vesikaton ja yläpohjan osalta parannusehdotuksia on jo käyty läpi tämän alaluvun yhteydessä. Pienenä lisäyksenä jo mainittuihin ongelmiin ja parannusehdotuksiin voisi nostaa työnaikaisen suojaamisen toteuttamisen, valvo-misen ja todentamisen, jotta vältytään yläpohjarakenteiden kastumiselta ja pilaantumi-selta jo toteutuksen aikana. Alapohjaan liittyvät ongelmat voivat liittyä suunnitteluvirhei-siin tai toteutusvirheisiin. Suunnitteluvirheissä ongelmat voivat johtua esimerkiksi maan-varaisten laattojen osalta väärin mitoitetuista kapillaarikerroksista tai liian korkeasta poh-javedenpinnasta ja maanvastaisten laattojen osalta alapohjan heikosta tuuletuksesta. Edellä mainituissa suunnitteluvirheissä syyn taustalla voi olla puutteelliset tai virheelliset lähtötiedot maaperätutkimuksista tai inhimilliset suunnitteluvirheet. Suunnittelun osalta tämän diplomityön tekijä esittää ratkaisuksi riittävien lähtötietojen hankkimista pohjaolo-suhteista sekä riittävän pätevien suunnittelijoiden ja suunnittelunohjaajien käyttämisestä ra-kennushankkeen haastavuuteen nähden. Toteutusvirheet voivat johtua esimerkiksi kos-teana pinnoitetusta betonista, vääränlaisen maa-aineksen käyttämisestä kapillaarikatkok-sen yhteydessä, liian vähäisestä kapillaarikerroksesta tai alapohjan heikosta tuuletuksesta asennusvirheiden vuoksi. Edellä mainittuihin toteutusvirheisiin tämän diplomityön tekijä esittää ratkaisuksi riittävän mittauksin suoritettavaa todentamista ja todentamisen doku-mentointia sekä riittävän pätevää ja oikein resursoitua valvontaa.

Luvussa *6.5.1 Aineiston mukaan* pääteemoiksi nousivat raha, aika, ammattitaito ja asenne. Rakennushankkeissa raha ja laatu kulkevat usein käsi kädessä. Lyhyellä ja riski-varattomalla rakennushankkeen aikataululla tavoitellaan usein kustannussäästöjä, mutta riskien toteutuessa aikataulun saavuttamiseen voidaan tiettyyn pisteeseen asti vaikuttaa rahalla, mutta sen vaikutus on rajallinen. Normaalisti poikkeava kiire-aikataulu voi vai-kuttaa rakennushankkeissa syntyneisiin virheiden määriin huonontaen siten toteutuksen laatua. Alla olevasta kuvasta 52 on nähtävissä tämän diplomityöntekijän omaa pohdintaa rakentamisen laadun, kustannusten ja ajan välisestä yhteydestä. Rakentamisen laadulla tarkoitetaan tässä yhteydessä erityisesti kosteus- ja homevaurioiden muodostumisen ris-kiä. Kuvan 52 tarkoitus on toimia erityisesti tilaajan suuntaan kuvaamaan liian tiukkojen aikataulujen vaikutusta rakennushankkeen laatuun liittyvien riskien kasvamisena.



Kuva 52. Ajan, kustannusten ja laadun riippuvuustekijät rakennushankkeissa

Rakennushankkeissa liian tiukat aikataulut voivat vaikuttaa heikentävästi esimerkiksi suunnittelun tasoon, suunnitelmien toimittamisen oikea-aikaisuuteen, virheiden mahdollisuuden kasvamiseen hankkeen kaikissa vaiheissa ja työturvallisuuteen. Betonirakentamisessa liian tiukat aikataulut kasvattavat merkittävästi riskiä, että hankkeessa pinnoitetaan kosteita betonirakenteita. Rakennushankkeiden aikataulusuunnitteluun liittyy myös hankkeiden oikea-aikainen aloittaminen, jossa tulisi pyrkiä saamaan vesikatto rungon suojaksi ennen talvea, jotta kuivuminen saadaan tehokkaasti käyntiin betonista valmistettujen rakennusosien osalta. Toteutukselle varattuun aikaan tulisi hankeaikataulua suunniteltaessa varata riittävästi aikaa betonirakenteiden kuivattamiselle ja riskien toteutumiseksi.

Liian tiukat rakennushankkeiden budjetit voivat ajaa huonolaatuisten materiaalien käyttämiseen, suunnitelmien laadun heikkenemiseen esimerkiksi riittävien detaljien puuttumisena, liian alhaisten työnjohtoresurssien käyttämiseen, valvonnan puutteeseen sekä huolellisen toteutuksen heikkenemiseen. Rakennushankkeissa tulisi varata riittävästi aikaa tarkkojen suunnitelmien tekemiseen, jolloin urakoitsijoille jäisi paljon vähemmän valinnanvaraa muuttaa käytettävien materiaalien ja ratkaisuiden laatutasoa. Tällöin tilaaja on tietoinen jo hankkeen alussa siitä laatutasosta mitä tulee saamaan määrittelemällään budjetilla.

Työmaan työntekijöiden asenteen vaikutuksiin on mahdollista vaikuttaa motivoituneiden työntekijöiden käyttämisellä, riittäväillä työnjohtoresursseilla, motivoivien työnjohtoresurssien käyttämisellä sekä riittäväällä ja ammattitaitoisella valvonnalla. Ammattitaitoon liittyvien ongelmien taustalla voi olla ajan puute, liian vähäiset resurssit, inhimilliset virheet, kokemattomuus tai tietotaidon puuttuminen. Ammattitaitoon liittyvien ongelmien kanssa tämän diplomityön tekijä esittää ratkaisuksi useammassa eri portaassa tapahtuvaa työn valvontaa työntuloksien riittävän laadun varmentamiseksi. Rakenneteknisesti haastavissa rakennushankkeissa on esimerkiksi usein käytössä kolmannen osapuolen raken-

netarkastus rakennushankkeeseen kiinnitettyjen rakennesuunnittelijoiden tekemiin suunnitelmiin. Tätä samaa periaatetta voidaan soveltaa rakennushankkeen mihin tahansa vaiheeseen, mutta sen puuttumisen syynä on usein rahan puute.

Tämän diplomityön tekijän muita parannusehdotuksia rakentamisen kuivaketjun varmentamiseksi on löydettävissä seuraavasta listauksesta:

- Sopimusten laatu
 - o velvoittaa sopimuskumppaneita viemään sopimusehtojen mukaisia mainintoja eteenpäin alihankintoja tehdessä
 - o sopimusten yleinen tarkkuustaso olisi hyvä saada paremmalle tasolle, jotta sopimuksen tulkitsemisen kanssa ei tule turhia erimielisyyksiä, jotka aiheuttavat myöhemmin kosteus- tai homevaurioita
 - o suojaamisesta tulisi esittää sopimuksissa eritellysti vähimmäisvaatimukset, jotta esimerkiksi elementtihankinnoissa tulee otettua suojaamisasiat riittävän ajoissa huomioon
 - o laadun todentamisesta ja dokumentoinnista eriteltyt tarkat ohjeet. Esimerkiksi Kuivaketju 10-prosessin käyttäminen hankkeessa tai vähimmäisvaatimukset kuivumisen todentamiselle
- kosteutta mittaavien antureiden käyttäminen ulkovaipparakenteissa
- kehittyneiden rakennusautomaatiojärjestelmien käyttäminen, jotka antureilla valvovat ja ohjaavat kattavasti rakennuksen ilmanvaihtoon liittyviä suureita
- kehittyneiden kosteutta ja paine-eroja mittaavien anturijärjestelmien käyttäminen tekniikkakuiluissa ja LV-putkien yhteydessä, jotka rakennusautomaatioon kytkettyinä voivat ohjata sulkuventtiileitä ja voivat lähettää hälytystiedon huoltoyhtiölle
- yksinkertaisten rakenteiden ja rakennusten suosiminen, sillä monimutkaiset detaljit kasvattavat virheiden riskiä
- esivalmistettujen rakennusosien suosiminen, jolloin työmaan muuttuvissa olosuhteissa tehtävien töiden määrä vähenee
- realistiset hankeaikataulut, jotka sisältävät riittävästi riskivaroja toteutusvaiheelle, ja joissa on otettu huomioon kuivumisajat
- lämpö-, vesi- ja viemäriputkien sijoittaminen siten, että on mahdollista minimoida kosteusvahingot ja korjauskustannukset vuotojen sattuessa (piilorakenteiden välttäminen, ellei omaa itsenäistä kuiluvarausta niille)

Tämän diplomityön tekijä on vahvasti sitä mieltä, että on mahdollista rakentaa kosteusteknisesti toimiva rakennus ilman mitään ongelmia, mikäli rakennushankkeeseen annetaan riittävästi rahaa ja aikaa. Rakennushankkeissa on niin valtava määrä muuttuvia tekijöitä ja riskipaikkoja, joiden hallinta tarvitsee jatkuvaa huomiota ja puuttumista. Rahan ja ajan puuttuminen kasvattaa riskien toteutumisen mahdollisuutta, joka tilaajapuolella olisi hyvä tiedostaa.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän luvun tarkoituksena on käydä läpi tämän diplomityön johtopäätöksiä. Johtopäätökset rakentuvat kolmesta eri vaiheesta, jotka toimivat tämän luvun alalukuina; tutkimuksen tarkastelu, tulosten tarkastelu ja jatkotutkimusehdotukset. Johtopäätöksien tarkoituksena on koota lukijalle tämän diplomityön olennaisimmat tulokset, sekä arvioida tämän diplomityön tieteellisyyttä.

7.1 Tutkimuksen tarkastelu

Tämän diplomityön tutkimusosuus osoittautui laajemmaksi ja työläämmäksi mitä tutkimussuunnitelman tekemisen aikaan oli ajatuksena. Alun perin tutkimuksen piti koskea ainoastaan rakennustuotteiden, -materiaalien ja -osien näkökulmasta kuivaketjun varmentamista, mutta haastatteluiden ja kyselyiden yhteyteen lisätyt kysymykset kosteus- ja homevaurioita aiheuttavista yleisemmän tason asioista paljastivat niin olennaisia ja laajoja yleisen tason ongelmia, että niitä ei voinut jättää huomioimatta tätä diplomityötä tehdessä. Alun perin yleisen tason kysymysten tarkoituksena oli antaa ainoastaan perspektiiviä siitä, miten suuren osan kosteus- ja homevaurioista rakennustuote, -materiaali ja -osa -tarkastelut muodostavat kaikista haastatteluiden ja kyselyiden mukaan ilmi tulleista kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajista ja syistä. Kirjallisuudesta löydetty aineistolähteet myös tukivat laajemman rajauksen käyttämistä tutkimuksen aikana.

Tutkimuksen aineiston käsittelyssä huomionarvoisena asiana tulee nostaa menetelmät, joilla aineiston käsittelyä on tehty. Suurin osa aineistosta on ollut kvalitatiivisessa muodossa, jota on laskukaavoin ja vastausten esiintyvyyksien perusteella muunnettu kvantitatiiviseen muotoon, jotta aineistosta on saatu poimittua olennaisimmat ja kriittisimmät asiat ilmi. Aineiston käsittely on tehty useammassa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa haastatteluista ja kyselyistä on esiintyvyyksien mukaan määritelty olennaisimmat ja kriittisimmät asiat aineistokohtaisesti. Toisessa vaiheessa nämä kolme aineistolähdettä, kirjallisuus, haastattelut ja kysely, yhdistetään tätä tutkimusta varten tehtyä laskukaavaa hyväksikäyttäen, jotta saadaan esille koko aineistoa koskevat olennaisimmat ja kriittisimmät asiat. Näillä tässä kappaleessa kerrotuilla asioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kriittisimpiä rakenteita, tuotteita ja materiaaleja, yleisimpiä kosteusvaurioiden aiheuttajia ja syitä, sekä yleisimpiä paikkoja kosteusvaurioille.

Edeltävässä kappaleessa kuvattujen tutkimuksessa käytettyjen menetelmien vuoksi tutkimuksessa ilmenevää kvantitatiivista tietoa tulee tulkita sopivalla kriittisyydellä. Aineistoa käsittelemällä saadun kvantitatiivisen tiedon on ollut määrä nostaa esiin olennaisimpia kosteus- ja homevaurioihin liitettyjä ongelmia, jotta parannusehdotusten kohdistaminen

on mahdollista tehdä olennaisimpien asioiden eteen. Mikäli tämän diplomityön tutkimusosuuden kvantitatiivista tietoa tullaan käyttämään jatkotutkimuksissa tai esitysten muodossa, niin suositeltavaa on mainita aineiston käsittelyn yhteydessä muodostuneita epävarmuustekijöitä.

Aineistosta saatuja parannusehdotuksia tuli lukuisia ja ne ottivat kantaa yksityiskohtaiselta tasolta aina rakennushankkeiden korkean tason tekijöihin; aikaan ja rahaan. Aineistosta saatuja parannusehdotuksia käsiteltiin kahdesta eri näkökulmasta. Ensimmäisessä näkökulmassa parannusehdotukset ryhmiteltiin ja niille määriteltiin hankkeiden osapuolien vastuut, sekä kohdistamiset aineistosta koottuihin kriittisimpiin kosteus- ja homevaurioita aiheuttaviin epävarmuuskohtiin. Toisessa näkökulmassa aineiston mukaisia parannusehdotuksia käsiteltiin kokonaisuutena ja niiden välille pyrittiin löytämään yhdistäviä tekijöitä. Toisen näkökulman tarkastelun yhteydessä parannusehdotuksille muodostui neljä pääteemaa, joihin kaikki parannusehdotukset linkittyivät; aika, raha, ammattitaito ja asenne. Pääteemojen välillä oli myös havaittavissa vuorovaikutuksia, joista olennaisimpina olivat ajan ja rahan välinen vuorovaikutus.

Diplomityöntekijän oman pohdinnan kautta esiin nousseet parannusehdotukset rakentamisen kuivaketjun epävarmuuskohdille muodostuvat diplomityöntekijän omista kokemuksien ja näkemyksistä, jotka ovat muotoutuneet tarkemmiksi ja laajemmiksi tämän diplomityön tekemisen aikana. Tämän vuoksi lukijan tulee suhtautua sopivalla kriittisyydellä näihin edellä mainittuihin parannusehdotuksiin. Parannusehdotukset koostuvat aineistosta kootun koontitaulukon (Taulukko 31) kommentointiin, aineiston parannusehdotusten mukaan kootun taulukon 36 kommentointiin sekä diplomityöntekijän yksittäisiin parannusehdotuksiin.

7.2 Tulosten tarkastelu

Tämän diplomityön tulokset rakentuvat kriittisimpien rakenteiden, tuotteiden ja materiaalien määrittämisenä, yleisimpien kosteusvaurioiden aiheuttajien ja syiden määrittämisenä, yleisimpien kosteusvaurioiden paikkojen määrittämisenä, aineiston mukaan koottujen parannusehdotusten esittämisenä, sekä diplomityöntekijän oman pohdinnan kautta määriteltyjen parannusehdotusten esittämisenä. Tuloksien tarkoituksena on auttaa rakennushankkeissa mukana olevia henkilöitä tiedostamaan rakentamisen kuivaketjun varmentamisen riskitekijöitä sekä jakamaan tietoa, kuinka näihin riskeihin on mahdollista vaikuttaa. Rakentamisen kuivaketjun varmentaminen on niin laaja käsite, että sen kokonaisvaltaiseen riskienhallintaan tarvittavan työkalun rakentaminen ei ole osana tätä diplomityötä. Työkalun tulisi kattaa rakennushankkeen jokainen vaihe ja sen pitäisi ottaa kantaa myös sopimuksien tarkkuuksista aina työmaalla tapahtuvien yksittäisten asioiden tarkastuksien määrittämiseen, sekä tilaajan määrittämän budjetin ja hankeaikataulun riskitason määrittämiseen ja näiden riskien hallinnan tasoon.

Tuloksien pääteemoiksi nousivat raha, aika, ammattitaito ja asenne. Rahalla ja riskittömästi suunnitellulla hankeaikataululla on mahdollista saavuttaa rakentamisen kuivaketjun katkeamattomuus alhaisemmalla riskitasolla. Yksinkertaisten rakenteiden ja rakennusten sekä laadukkaiden materiaalien suosiminen suunnittelussa laskivat myös riskitasoa. Riittävällä työnjohdon ja valvonnan resursseilla ongelmakohtiin tulee puututtua varmemmin. Laadun riittävä todentaminen, dokumentointi ja antureilla valvominen laskivat myös rakentamisen kuivaketjun katkeamattomuuden todennäköisyyttä. Sopimusten laatu ja tarkkuus nousivat myös tärkeään osaan, jotta halutut asiat kulkevat hankintaketjuissa muuttumattomina eteenpäin.

7.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tähän diplomityöhön liittyen rakentamisen kuivaketjun varmentamista tukevia jatkotutkimusehdotuksia voisivat olla koko rakennushankkeita koskevan toiminnanohjaus-järjestelmän luominen, joka pitää sisällään tämän diplomityön tuloksia, rakennusautomaation ja antureiden tehokkaampaa hyödyntämistä rakentamisen kuivaketjun varmentamiseksi, kosteudenhallintaa tukevien sopimuskirjausten määrittäminen, budjetin ja hankeaikataulun riskitason määrittäminen rakennushankekohtaisesti, esivalmistettujen rakennusosien käyttämisen kustannus- ja aikatauluvaikutukset rakennushankkeissa, ja rakennustuote ja -osa kohtaisten sääsuojauksen tutkiminen, joka ottaisi kantaa kuljetuksien aikaisesta suojaamisesta aina asentamisen jälkeiseen suojaamiseen. Tästä diplomityöstä voi myös löytyä asioita, joita on mahdollista käyttää Kuivaketju10-prosessin jatkokehittämiseen, joten sen tutkiminen voisi myös olla ajankohtainen jatkotutkimusehdotus. Kuivaketju10-prosessi on hyvä lisä parantamaan rakentamisen laatua, mutta sen sisältö ei ota kantaa kaikkiin tässä diplomityössä ilmenneisiin merkittäviin rakennushankkeiden laatuongelmiin, jotka voisi olla mahdollista lisätä osaksi Kuivaketju10-prosessia.

8. LÄHTEET

Alapiha K, 2014, Kylmäketjun hallinta, opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, saatavissa:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahU-KEWjNoIbz1YjMAhWIDpoKHWxzDEkQFgga-MAA&url=https%3A%2F%2Fwww.theseus.fi%2Fbitstream%2Fhandle%2F10024%2F71427%2FAlapiha_Kaisa.pdf%3Fsequence%3D1&usg=AFQjCNHatY_0TCrFzLLnqi08to8y5prf5Q&cad=rja

Business Case Studies, 2016, Making things better: a Philips case study, luettu 5.4.2016: <http://businesscasestudies.co.uk/philips/making-things-better/communications-strategy.html#axzz44wClQOMJ>

Business Wire, 2010, Temperature Control Management Professionals Ensure Medicines are Supplied Safely at Cold Chain Distribution for Pharmaceuticals Global Forum, saatavissa: <http://search.proquest.com.libproxy.tut.fi/docview/756892702?accountid=27303>

Haahtela T, 2009, Sisäilman homesienet, Duodecim Terveyskirjasto, Luettu 24.5.2016: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti/%5C%5Cwww.ktl.fi/http://www.duodecim.fi/%5C%5Cwww.sci.utu.fi/aerobiologia/http://www.ktl.fi/tk.koti?p_artikkeli=alg00305&p_teos=dlk&p_osio=&p_selaus=8029

Hengityслиitto 2017, VOC-yhdisteet, Luettu 7.12.2017: <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhtaudet/voc-yhdisteet>

Ilmatieteenlaitos, 2012 A, Säsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä I+II (Vantaa), Saatavissa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwid15fr8IHY-AhVnLZoKHRtJD6AQFggIMAA&url=http%3A%2F%2Filmatieteenlaitos.fi%2Fdocument_library%2Fget_file%3Fuuid%3Dea179863-8219-4945-b62b-8ce0bea041da%26groupId%3D30106&usg=AOvVaw3ktg4oEMpYdomzsI9FFJH5

Ilmatieteenlaitos, 2012 B, Säsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä III (Jyväskylä), Saatavissa: <http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwid15fr8IHY->

AhVnLZoKHRtJD6AQFggrMAE&url=http%3A%2F%2Ffilmatieteenlaitos.fi%2F%2Fdocument_library%2Fget_file%3Fuuid%3D9729aa95-0c10-437f-933e-eca9da9e3320%26groupId%3D30106&usg=AOvVaw0myZXBSXVn7Gb7kBloHldT

Ilmatieteennlaitos, 2012 C, Sääsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä IV (Sodankylä), Saatavissa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwid15fr8IHYAhVnLZoKHRtJD6AQFgg-xMAI&url=http%3A%2F%2Ffilmatieteenlaitos.fi%2F%2Fdocument_library%2Fget_file%3Fuuid%3D85307a7a-9b2f-46d2-85ee-34dfd0e1f260%26groupId%3D30106&usg=AOvVaw3eHCJMxk1xft56UUiXRDYI

Johansson P, 2014, Determination of the Critical Moisture Level for Mould Growth on Building Materials, Rapport TVBH-1020 Lund, Väitöskirja, Lundin Yliopisto, Rakennusfysiikan osasto, Lund, Ruotsi, Saatavissa: <https://lup.lub.lu.se/search/publication/4406856>

Jyväskylän Yliopisto, 2018a, Koppa, Teoreettinen tutkimus, Luettu 24.7.2018: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/teoreettinen-tutkimus>

Jyväskylän Yliopisto, 2018b, Koppa, Empiirinen tutkimus, Luettu 24.7.2018: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/empiirinen-tutkimus>

Jyväskylän Yliopisto, 2018c, Koppa, Monimenetelmäisyys, Luettu 24.7.2018: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/monimenetelmaisyys>

Kalliomäki P, 2003, Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, D2 Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Saatavissa: <http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEWij8fHr7pXYAhVGOJo-KHaf1A14QFggIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fno-name%2F%257BCE4601D6-732C-4C9A-BC82-AA16C7EF4D29%257D%2F101112&usg=AOvVaw2zQN9CZjbITZhvJXy2Jyho>

Kempainen J & Koski H & Palolahti T, 2009, Rakennustyömaan toimitusten ohjaus, Rakennusteollisuus RT ry & VTT & Mittaviiva Oy, Saatavissa: www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan_toimitusten_ohjaus_091116.pdf

Kosteudenhallinta.fi, 2017, Rakentamisen kosteudenhallinta, Osapuolet, Luettu 5.12.2017: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-osapuolet>

Kuivaketju10, 2017, Kuivaketju10, Luettu 12.12.2017: <http://kuivaketju10.fi/>

Kuivaketju10, 2018, Kuivaketju10, Luettu 10.1.2018: <http://kuivaketju10.fi/>

Kylmäketju.fi, Kylmäketjun hallinnan peruspilarit, luettu 12.4.2016: <http://kylmaketju.fi/toimintaketju/kylmaketjun-merkitys/kylmaketjun-hallinnan-peruspilarit/>

Martinsuo M & Blomqvist M, 2010, Prosessien mallintaminen osana toiminnan kehittämistä, Tampereen teknillinen yliopisto, Teknis-taloudellinen tiedekunta, Opetusmoniste 2, saatavissa: https://tutcris.tut.fi/portal/files/2098668/prosessien_mallintaminen.pdf

Merikallio T, 2002, Rakennustyömaan kosteudenhallinta, Rakennustieto Oy, Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>

Olenius A, 2000, Ratu 82-0239 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku, Rakennustieto Oy

Outinen K, 2017, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta -perustelumuuksio, Ympäristöministeriö, Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Uusi_asetus_edellyttaa_rakennushankkeelt\(45129\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Uusi_asetus_edellyttaa_rakennushankkeelt(45129))

Pitkäranta M, 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöministeriö, Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

Rakennustarkastusyhdistys, 2018, Rakennushankkeen kokonaisvaltainen kosteudenhallinta, Luettu 10.1.2018: <https://www.rakennustarkastusyhdistysry.fi/29258>

Rakentamisen Laatu RALA ry, 2017, Kuivaketju10, Saatavissa: https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjR4Y-P5szYAhVBDS-wKHV4_CVEQFggrMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.ouka.fi%2Fdocuments%2F486338%2F17418697%2FKuivaketju10_Oulun%2Brakennusvalvonta_20170929_Osa%2B1.pdf%2Fbdf18309-67ea-4065-a725-ea4bfbc68caf&usq=AOvVaw1pTA3PXrIwPSf6DZGG7DJP

Rakentamisen Laatu RALA ry, 2018, Kuivaketju10 vähentää merkittävästi kosteusvaurioita, Luettu 11.1.2018: <http://www.rala.fi/tuotteet/kuivaketju10/>

Ramirent 2018, Telineet ja sääsuojaus, Luettu 11.1.2018: http://www.ramirent.fi/portal/fi/referenssit/telineet_ja_saasuojaus/

Reijula K, 2013, Kosteus- ja homeongelmat Suomessa, Työterveyslaitos, Saatavissa: www.netti.sak.fi/sak/tyoymparistoseminaari/2013-Kosteus-ja-homeongelmat-Suomessa.pdf

Reijula K ym., 2012, Rakennusten kosteus- ja homeongelmat, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012, Saatavissa: https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf

RIL 250-2011, 2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Ruokojoki J, 2006, Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005, Kuntaliitto, Saatavissa: http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahU-KEwiBgPf8oPPaAhXMw6YKHf1AC9MQFjA-BegQIABAw&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2Fp060608140541D.pdf&usg=AOv-Vaw0P8VKxApag_uoH_ZQs8OGs

Saari S, 2017, Kuivaketju10, Saatavissa: <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiRgP6txs3YAhUJfiwKHa5IB7EQFggyMAM&url=https%3A%2F%2Fwww.rakennusteollisuus.fi%2Fglobalassets%2Fkoulutus--ja-esitysaineistot%2F2017%2Fkier-tue%2Fkuivaketju10.pdf&usg=AOvVaw2fugfll9NSfMilrLZBv2cr>

Seppälä P, 2013, Rakentamisprosessin kosteudenhallinta, Oulun rakennusvalvonta, saatavissa: <http://www.ouka.fi/documents/486338/37b496fa-5e69-411d-91f8-f0a45482b291>

Sisäilmari Oy, 2017, Sisäilmanmittaus, Luettu 8.12.2017: <http://www.sisailmari.fi/sisailmamittaus/>

Sisäilmayhdistys 2016, Terveysvaikutukset, Luettu 20.5.2016: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Terveysvaikutukset>

Sisäilmayhdistys 2017, Työmaan kosteudenhallinta, Luettu 5.12.2017: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Työmaan-kosteudenhallinta>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2016, Sisäilma, Luettu 18.5.2016: <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma>

Tilastokeskus, 2011, 80 vuotta täyttäneitä Suomessa jo neljännesmiljoona, Luettu 8.12.2017: https://tilastokeskus.fi/til/vaerak/2010/vaerak_2010_2011-03-18_tie_001_fi.html

Torikka R, 2015, Rakennusvirheet ovat yksi syy kosteusvaurioihin – valvonta törmää virheisiin harvoin, Yle, luettu 8.3.2016: http://yle.fi/uutiset/rakennusvirheet_ovat_yksi_syy_kosteusvaurioihin_valvonta_tormaa_virheisiin_harvoin/8454809

Valtioneuvoston kanslia, 2017, Terveet tilat 2028 -hanke, Toimenpideohjelman valmisteluhanke, Luettu 12.12.2018: <http://vnk.fi/hanke?tunnus=VNK012:00/2017>

Viitanen H, 2004, Betonin ja siihen liittyvien materiaalien homeutumisen kriittiset olosuhteet – betonin homeenkesto, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Saatavissa: www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2004/W6.pdf

Ympäristöministeriö, 1999a, Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132, Luettu 12.12.2017: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Ympäristöministeriö, 1999b, Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895, Luettu 2.1.2018: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895>

Ympäristöministeriö, 2015, 216/2015 Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 12.3.2015, Luettu 4.1.2018: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>

Ympäristöministeriö, 2017, Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B940FA2F9-B175-43DE-8453-7FB46CBB3976%7D/132600>

LIITTEET

1. Diplomityön haastattelulomake
2. Diplomityön kyselypohja

Diplomityön haastattelu

Päivämäärä: x.xx.2017
Paikka: Helsinki, xxxxxxx

HAASTATELTAVAN HENKILÖN TIEDOT

Nimi: xxxx
Yritys/yksikkö: xxxx
Asema: xxxxx
Työkokemus rakennusalalta xx vuotta

HAASTATELYKYSYMYKSET

1. Mitkä ovat yleisimmät paikat kosteusvaurioille?
 2. Mitkä ovat yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat ja miksi?
-

TÄSSÄ VÄLISSÄ DIPLOMITYÖN RAJAUKSEN SELITTÄMINEN

3. Kosteana asennetut rakennustuotteet/-osat/-materiaalit voivat aiheuttaa kosteusvaurioita. Mitkä tuotteet/-osat/-materiaalit näitä aiheuttavat ja miksi?
4. Viollisena asennetut rakennustuotteet/-osat/-materiaalit voivat aiheuttaa kosteusvaurioita. Mitkä tuotteet/osat/materiaalit näitä aiheuttavat ja miksi?
5. Millainen vastuu toimittajilla on kuivaketjussa?
6. Millainen merkitys varastoinnilla on kosteusvaurion syntymiseen?
7. Kuinka rakennustuotteiden, -osien ja -materiaalien kuivaketjun toteutumista saataisiin parannettua?
8. Vapaat kommentit?

Diplomityökysely

Työn tekijä: Toni Liimatainen (Tampereen teknillinen yliopisto)

Diplomityön aihe: Rakentamisen kuivaketju

Työn tilaaja: NCC Suomi Oy / Liiketoiminnan tuki ja -kehitys + Asuntorakentaminen

Diplomityön ohjaajat: Laura Majoinen (NCC), Sari Paukku (NCC) ja Olli Teriö (TTY)

Aikataulu: Teoriaosuus (Maaliskuu 2016 - Toukokuu 2016) ja Tutkimusosuus (Marraskuu 2016 - Tammikuu 2017)

Tietosuoja

Tähän kyselyyn vastanneiden henkilöiden tietoja käsitellään luottamuksellisesti. Vastaukset tulevat olemaan anonyymejä; vastaajan nimeä ja yritystä ei kysytä. Ainoana poikkeuksena NCC, jonka työntekijöiden kohdalla kysytään yrityksen nimeä, jotta saadaan arvioitua vastausprosenttia yrityksen sisällä. Jos kyselyyn vahingossa täydentää oman nimensä tai yrityksensä, ne tiedot tullaan luottamuksellisesti poistamaan kyselyn sisällöstä. Vastausten käsittelyssä puhutaan ainoastaan toimialoista ja vastaajien asemasta yrityksessä (koskee myös NCC:tä).

Olen töissä

- NCC Suomi Oy:n palveluksessa
- Jonkin muun rakennusliikkeen palveluksessa
- Suunnittelu- tai konsulttirytyksessä
- Rakennusvalvonnassa
- Vakuutusyhtiöllä
- Tavarankarkastuksessa
- Muu, mikä?

Valitse vaihtoehto, joka parhaiten kuvaa asemaasi yrityksessä

Ylempi toimihenkilö

Alempi toimihenkilö

Asiantuntija

Kokemus rakennusalalta

1 - 5 v

5 - 10 v

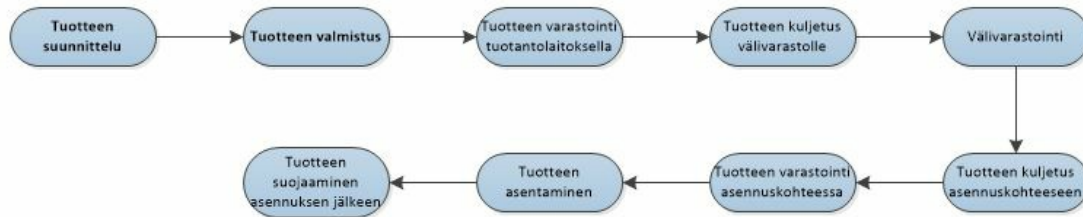
10 - 20 v

yli 20 v

1. Luettele yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat rakentamisessa.

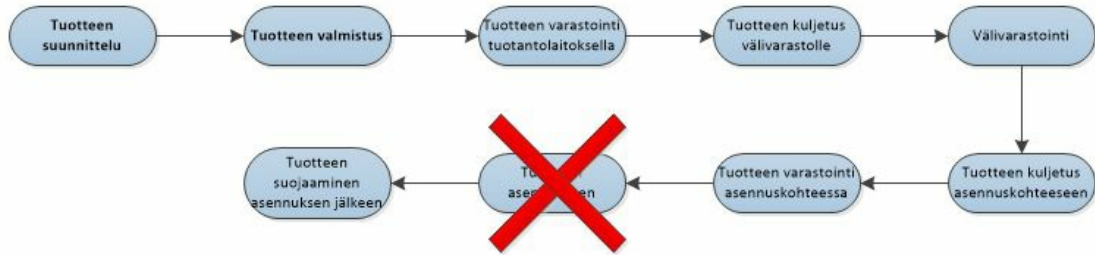
- Mikä: Kuvaus kosteusvauriosta ja sen aiheuttajasta
- Miksi: Selitys miksi kosteusvaurio on päässyt syntymään
- Minne: Mihin paikkaan kosteusvaurio on syntynyt

	Mikä?	Miksi?	Minne?
Kosteusvaurio 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kosteusvaurio 10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

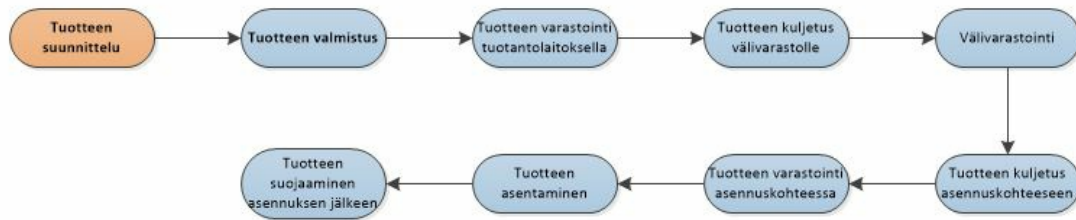


Diplomityö rajautuu käsittelemään rakennustuotteiden, -materiaalien ja -aineiden aiheuttamia kosteusvaurioita uudisrakennuksissa. Yllä oleva esimerkki tuotteen aikajana -kaaviosta esittää diplomityön rajauksen mukaisen tarkasteluajavälin rakennustuotteille. Alla olevalla kysymyksellä pyritään selvittämään sellaisia rakennustuotteita, jotka ovat aiheuttaneet kosteusvaurion yllä olevan kaavion aikana syntyneiden häiriöiden vuoksi (esimerkiksi tuotteeseen syntynyt vaurio tai tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus).

2. Mainitse mielestäsi viisi (5) yleisintä rakennustuotetta, joihin kosteusvaurio yhdistetään rajausten mukaan. Perustele vastauksesi (Mistä johtuu? Minne kosteusvaurio syntyy? Milloin virhe tapahtuu? Esimerkki tilanteesta).



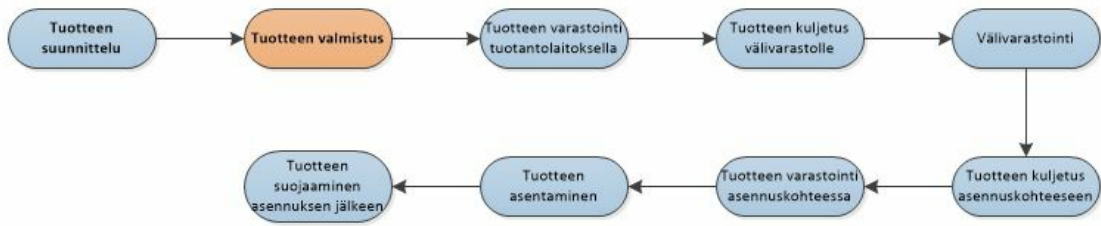
3. Mainitse mielestäsi viisi (5) yleisintä rakennustuotetta, joihin kosteusvaurio yhdistetään edeltävän sivun rajausten mukaan, **pois lukien tuotteen asentaminen**. Perustele vastauksesi (Mistä johtuu? Minne kosteusvaurio syntyy? Milloin virhe tapahtuu? Esimerkki tilanteesta).



4. Arvioi rakennustuotteiden, -osien ja -materiaalien synnyttämien kosteusvaurioiden alkuperäisiä syitä niiden yleisyyden mukaan 1-5 asteikolla:

	Yleisyys				
	Harvinainen		Yleinen		
	1	2	3	4	5
Sunnitteluvirheet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

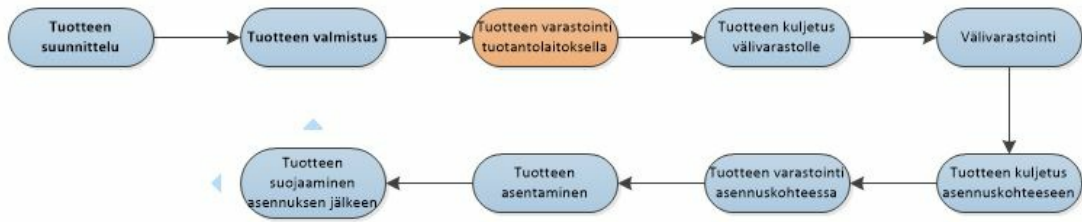
3

4

5

Tuotannossa syntynyt virheellinen tuote

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

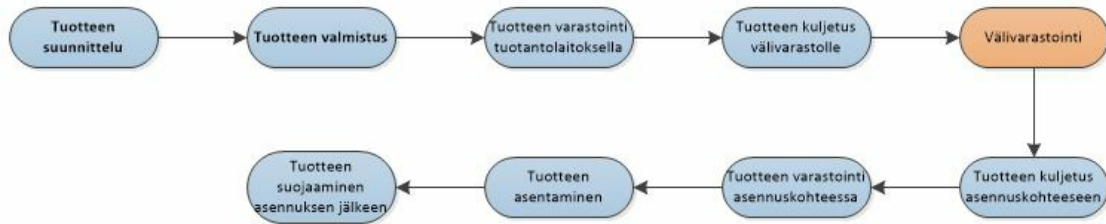
3

4

5

Tuotannossa tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

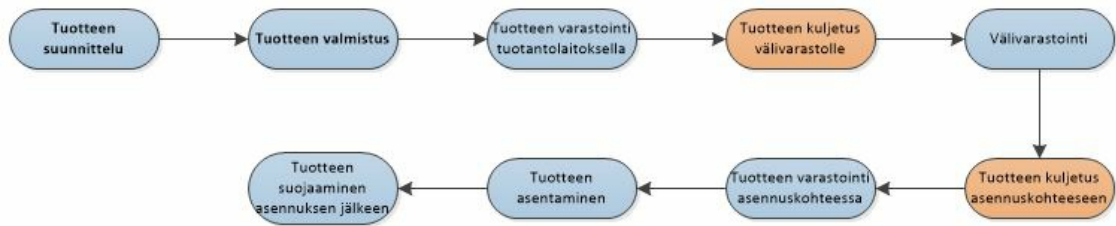
3

4

5

Tuotteen puutteellinen suojaus välivarastointipaikalla

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

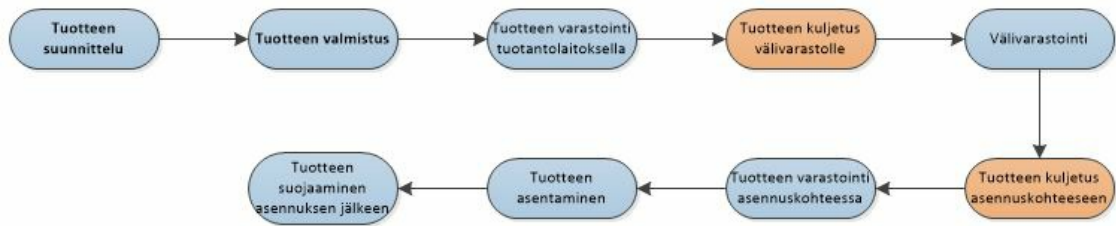
3

4

5

Kuljetuksien aikana tuotteeseen syntyneet vauriot

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

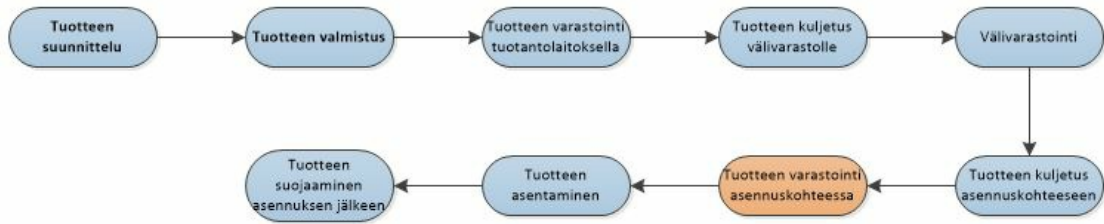
3

4

5

Kuljetuksien aikana tuotteeseen päässyt ylimääräinen kosteus

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

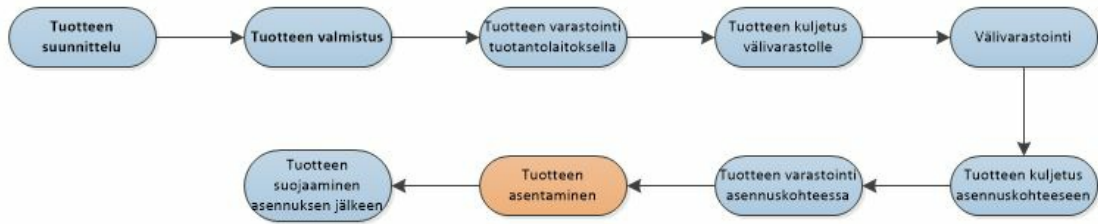
3

4

5

Työmaan varastointi ja varastoinnin aikainen suojaus

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

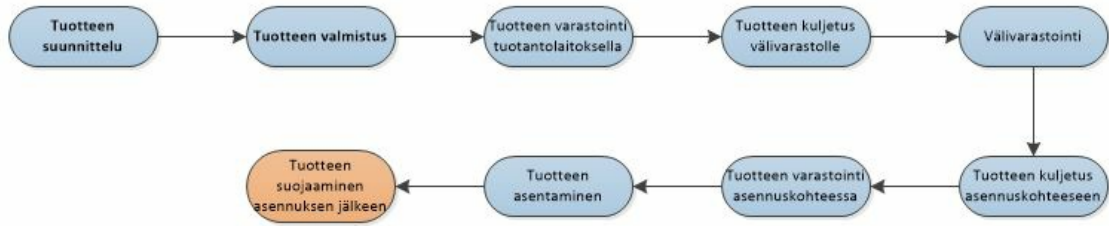
3

4

5

Tuotteen väärin asentaminen

Perustelut ja esimerkit:



Yleisyys

Harvinainen

Yleinen

1

2

3

4

5

Tuotteen puutteellinen suojaaminen asennuksen jälkeen

Perustelut ja esimerkit:

5. Kehitysehdotuksia kosteusvaurioiden vähentämiseksi?

Kiitoksia vastauksista :)