

Peppina Lattu

# KUIIVAKETJU10:n VAIKUTUKSET RAKENNESUUNNITTELUUN

Opinnäytetyö  
Rakennustekniikka

2019

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Peppina Lattu	Insinööri (AMK)	Marraskuu 2019
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		41 sivua
Kuivaketju10:n vaikutukset rakennesuunnitteluun		2 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Sitowise Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Jani Pitkänen, lehtori		
Sirpa Laakso, lehtori		
Pekka Länsimies, Sitowise		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Tässä opinnäytetyössä kerrotaan Kuivaketju10-menetelmästä sekä tutkitaan sen vaikutuksia rakennesuunnitteluun. Kuivaketju10 on toimintamalli, jossa keskitytään eri rakentamisen vaiheiden kymmeneen yleisimpään kosteusriskiin ja niiden torjuntaan. Se koostuu ohjekorteista ja riskilistasta, johon perehdytään tutustumalla rakenteilla olevan kohteen riskeihin ja niiden ratkaisuihin. Lisäksi tavoitteena on luoda rakennesuunnittelijoille lyhennetty suunnitteluohje, johon on listattu riskilistan sisältö.</p>		
<p>Kaikista rakennusluvan vaativista toimenpiteistä pitää tehdä kosteudenhallintasuunnitelma. Monet rakennuttajat käyttävät Kuivaketju10-toimintamallia. Rakennesuunnittelijoilla on nyt käytössään ohjekortti sekä riskilista jotka sisältävät kaikkia suunnittelualoja koskevat riskit. Opinnäytetyön tarkoituksena onkin luoda rakennesuunnittelijalle tiivistetympi kokonaisuus Kuivaketju10:stä, jonka avulla käy ilmi eri rakentamisen vaiheissa vaadittavat toimenpiteet tarjousvaiheesta varsinaiseen suunnitteluun. Lyhennetty suunnitteluohje auttaa rakennesuunnittelijoita käymään helpommin läpi sen, että suunnitelmissa on tullut otettua huomioon kaikki riskit. Tutkimuskohteesta on kerätty kosteudenhallinnan kannalta tärkeitä kohtia leikkausten ja detaljien avulla.</p>		
<p>Kaikki rakennusliikkeet eivät ole halukkaita käyttämään tätä menetelmää, vaan ovat luoneet oman versionsa, joka täyttää kosteudenhallintasuunnitelmalle asetetut vaatimukset. Kuivaketju10 on kaikista kattavin menetelmä kosteudenhallintaan ja vaatii siksi enemmän työtä sekä aikaa, ja sen vaikutukset tulisi huomioida aikataulutuksessa.</p>		
<p>Hyvällä suunnittelulla on suuri merkitys kosteudenhallinnan kannalta. Kun riskit tiedetään ja torjutaan jo suunnitteluvaiheessa, niitä on huomattavasti helpompi torjua myös työmaavaiheessa. Hyvistä suunnitelmista huolimatta kosteudenhallinta ei toimi, mikäli työmaalla ei noudateta suunnitelmia tai loppukäyttäjät laiminlyö jatkossa huoltotoimenpiteet. Siksi onkin hyvä, että Kuivaketju10:n statuksen saaminen edellyttää tarkastuksia myös jatkossa.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Kuivaketju10, kosteudenhallinta, rakennesuunnittelu		

Author (authors)	Degree	Time
Peppina Lattu	Bachelor of Engineering	November 2019
<b>Thesis title</b> Kuivaketju10 and its effects on construction planning		41 pages 2 pages of appendices
<b>Commissioned by</b> Sitowise Oy		
<b>Supervisor</b> Jani Pitkänen, Senior Lecturer Sirpa Laakso, Senior Lecturer Pekka Länsimies, Sitowise		
<b>Abstract</b> <p>This thesis introduces Kuivaketju10 method and examines its effects on structural design. Kuivaketju10 is an operating procedure that focuses on the ten most common moisture risks during the various stages of construction and their prevention. It consists of guidance cards, a risk list that is examined by studying the risks and their solutions of a site under construction. In addition, the aim is to create a concise design guide for structural designers listing the contents of the risk list.</p> <p>A moisture management plan must be prepared for all activities that require a building permit. Many developers use Kuivaketju10 method. Structural designers now have a help card and a list of risks that cover all areas of design. The purpose of this thesis is to create a more compact package for Kuivaketju10 for the structural designer, which will show the steps required during the various stages of construction from the tender phase to the actual design. The concise design guide will help structural designers to make sure that all potential risks have been taken into account. Points that are critical to the moisture management for the case have been collected through cuts and details.</p> <p>Not all construction companies are willing to use this method, but have created their own version that meets the requirements of a humidity management plan. Kuivaketju10 is by far the most comprehensive method for humidity control and therefore requires more work and time, and its effects should be considered in the scheduling.</p> <p>Good design is of great importance for moisture management. Once the risks are known and dealt with at the design table, they are much easier to deal with, even at the construction site. Despite good plans, humidity management will not work if the site is not followed up or if the end-user neglects maintenance. For this reason it is good that further checkups are required in order to receive Kuivaketju10 status.</p>		
<b>Keywords</b> Kuivaketju10, moisture management, construction planning		

## Käsitteet

Holkka	Kumibitumista valmistettu kolmion mallinen lista joka asennetaan kumibitumikermin alle kulmiin loiventamaan taivutusta reunoissa.
Höyrynsulku	Ainekerros, joka estää haitallisen vesihöyryn siirtymisen rakenteeseen.
Kapillaarivirtaus	Huokoisalpaineen aiheuttamaa vedenliikettä, jossa paineen tasa-uksen vuoksi vesi siirtyy huokoiseen aineeseen.
Kastepiste	Lämpötila, jossa vesihöyry muuttuu vedeksi eli kondensoituu.
Kyllästyskosteus	Piste, jossa RH 100 % saavutetaan ja syntyy kastepiste.
Mikrobit	Yleisnimitys home- ja lahottajasienille, hiivoille ja bakteereille.
Pintavesi	Sadevesi, joka valuu maanpintaa pitkin.
RALA	Rakentamisen laatu RALA ry.
RH	Ilman suhteellinen kosteus prosentuaalisesti eli paljonko tietyn lämpöinen ilma kykenee sitomaan itseensä vettä vesihöyryinä.
Suunnittelija	Arkkitehti, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelija.
Vajovesi	Sadevesi, joka vajoaa maaperään ja sitä kautta pohjaveteen.
Pohjavesi	Vesi, joka sijaitsee pysyvästi maanpinnan alla maa- ja kallioperässä.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KOSTEUS .....	8
2.1	Taustaa.....	8
2.2	Kosteudenhallintasuunnitelma.....	9
2.3	Kosteuslähteet.....	10
3	KUIVAKETJU10 .....	13
3.1	Toimintamalli.....	13
3.2	Tarjous ja sopimukset.....	14
3.3	Suunnittelijoiden tehtävät.....	14
3.4	Kosteudenhallintakoordinaattori.....	15
4	KUIVAKETJU10 RISKILISTA .....	17
4.1	Riski 1: ulkopuolelta tuleva vesi vahingoittaa perustuksia ja lattiarakenteita .....	17
4.2	Riski 2: sadeveden tunkeutuminen ulkoseinärakenteeseen .....	20
4.3	Riski 3: vesi pääsee aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan .....	21
4.4	Riski 4: ilmansulkukerroksen läpäisevä kosteus pääsee tiivistymään vedeksi ulkoseinä- ja yläpohjarakenteeseen .....	23
4.5	Riski 5: väärin mitoitettu ilmanvaihto.....	24
4.6	Riski 6 : vesiputken rikkoutuminen.....	24
4.7	Riski 7: märkätilasta kosteus pääsee ympäröiviin rakenteisiin .....	24
4.8	Riski 8: betonirakenteiden liian aikainen pinnoittaminen.....	25
4.9	Riski 9: materiaalien ja rakenteiden kastuminen työn aikana .....	28
4.10	Riski 10: ylläpito.....	29
5	TUTKIMUSKOHDDE.....	29
5.1	Lähtötiedot.....	29
5.2	Riskit ja niiden ehkäisy .....	30
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	36
	LÄHTEET.....	38

## KUVALUETTELO

### LIITTEET

Liite 1. Kuivaketju10 - rakennesuunnittelussa huomioon otettavaa.  
Lyhennetty ohje rakennesuunnittelijalle.

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on kerätä tietoa kattavasti Kuivaketju10 menetelmästä ja tehdä suunnittelijoille lyhennetty suunnitteluohje (liite 1). Lisäksi tarkoitus on käydä läpi yhden rakennuskohteen riskit ja niiden ratkaisut. Lyhennetyn suunnitteluohjeen avulla on helpompi hahmottaa, mitä Kuivaketju10:n kohteiden suunnittelussa on otettava huomioon ja millaisia lisäsuunnitelmia se mahdollisesti vaatii. Opinnäytetyö sisältää johdannon, teoriaa, Kuivaketju10 todentamisohjteen sisällön avauksen, yhden rakenteilla olevan kohteen riskien koostamisen sekä niiden ratkaisut ja yhteenvedon.

Johdannossa kerrotaan opinnäytetyön tilaajasta sekä käydään lävitse työn sisältö ja vaiheet. Kosteus osiossa perehdytään tarkemmin taustoihin, kosteudenhallinnan suunnittelun vaatimukseen ja kosteudenlähteisiin. Kuivaketju10 osassa kerrotaan toimintamallista, käydään läpi rakennesuunnittelijan tehtävistä tarjous- ja sopimusvaiheessa sekä tehtävistä eri rakentamisen vaiheissa. Lisäksi tässä kappaleessa käsitellään kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävänkuvaa sekä koulutusvaatimuksia. Kuivaketju10 riskilistan rakennesuunnittelijaa koskevat asiat on koostettu ja avattu kappaleessa Kuivaketjus10 riskilista. Tutkimuskohteessa on erään kerrostalokohteen osalta käyty lävitse kohteen kosteusriskit sekä niiden ratkaisuja. Lopussa on yhteenvedo ja pohdintaa koskien kuivaketjua sekä sen vaikutuksia rakennesuunnitteluun.

Kuivaketju10 aiheesta on pidetty useita luentoja, jotka käsittelevät menetelmää sekä sen sisältöä, ja aiheesta on tehty useita opinnäytetöitä, jotka käsittelevät työmaata sekä korjaussuunnittelua. Varsinaisesti rakennesuunnittelua käsitteleviä opinnäytetöitä ei siis ole aikaisemmin tehty.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sitowise Oy. Sitowise on suurin suomalaisomisteinen rakennetun ympäristön suunnittelu- ja konsultointiyritys. Toimipisteitä on Suomessa 20 paikkakunnalla ja se työllistää 1700 infra- ja talonrakennuksen ammattilaista Suomessa, Ruotsissa ja Baltiassa.

Työ toteutetaan Kotkan toimistossa rakennesuunnittelun yksikössä, jossa suunnitellaan pääosin kerrostaloihin rakenne- sekä elementtisuunnittelua. Kohteet ovat suurimmalta osin vaativia tai poikkeuksellisen vaativia.

## 2 KOSTEUS

### 2.1 Taustaa

Kosteusvauriot ja sisäilman huono laatu puhuttavat tällä hetkellä paljon. Jo uusissa rakennuksissa ilmenee kosteusvaurioita, kuten todettiin Jätkäsaaren rakennetun ja palkintoja keränneen Pitsitalon kohdalla. Tarkkaan ei tiedetä, mikä aiheutti vauriot, mutta liian tiukalla aikataululla sekä puutteellisilla suunnitelmilla tai työmaan aikaisilla virheillä on todennäköisesti osuutta asiaan (Kallunki 2017). Ongelma ei ole uusi, sillä koko rakennuskannan kerrosalasta laskettuna jopa 26 % sisältää kosteus- ja homevaurioita. Kuvassa 1. on esitetty arvioita kuinka suuressa osassa rakennuskannan kerrosalasta kosteus- ja homevaurioita esiintyy.

	Prosenttia kerrosalasta	Päivittäin altistuneiden henkilöiden määrä
Pien- ja rivitalot	7–10 %	221 000–443 000
Kerrostalot	6–9 %	103 000–154 000
Koulut ja päiväkodit	12–18 %	172 000–259 000
Hoitolaitokset	20–26 %	36 000–47 000
Toimistot	2,5–5 %	27 500–55 000
<b>Yhteensä</b>		<b>560 000–960 000</b>

Kuva 1. Kosteus- ja homevaurioiden esiintyminen rakennuskannassa (Kauppinen 2017)

Maatalous- ja ympäristöministeri Kimmo Tiilikainen toteaa, että kosteus- ja homevaurioilla on merkittäviä vaikutuksia yhteiskuntaan ja kansantalouteen. Ne aiheuttavat vuosittain miljardien eurojen kustannukset, sekä vakavia terveysongelmia, ja siksi valtakunnallisesti ja yhteisesti hyväksytyjen menetelmien tulee edistää laadukkaampaa ja terveellisempää rakentamista (Rakennuslehti 2017).



## 2.2 Kosteudenhallintasuunnitelma

1.1.2018 alkaen kaikista rakennuslupaa edellyttävistä toimenpiteistä tulee olla laadittuna kosteudenhallintasuunnitelma. Sen laatimisesta vastaavat rakennushankkeeseen ryhtyvä eli rakennuttaja, tilaaja tai omistaja. Selvitys vaaditaan uusista rakennuksista, laajennuksista, käyttötarkoituksen muutoksista, kerrosalaan laskettavan tilan lisäyksistä sekä korjaus- ja muutostöistä.

Oulun rakennusvalvonta yhdessä ympäristöministeriön kanssa käynnistivät vuonna 2014 hankkeen, jonka tarkoituksena oli luoda järjestelmä, jolla ratkaistaan rakennusten kosteudenhallinta koko niiden elinkaaren ajan.

Suunnitteluvaiheen selvityksen tulee sisältää vähintään hankkeen kosteudenhallintaa koskevat seuraavat tiedot:

- Kohteen yleistiedot
- Organisointi, viestintä ja raportointi
- Miten vaadittavat toimenpiteet ja menettelyt saadaan varmistettua
- Rakennuttajalta tulleet laatuvaatimukset
- Kosteusriskit
- Alustava työmaan kuivanapidon suunnittelu

Tätä asiakirjaa täydennetään vielä valmistelu- sekä rakennusvaiheessa (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017).

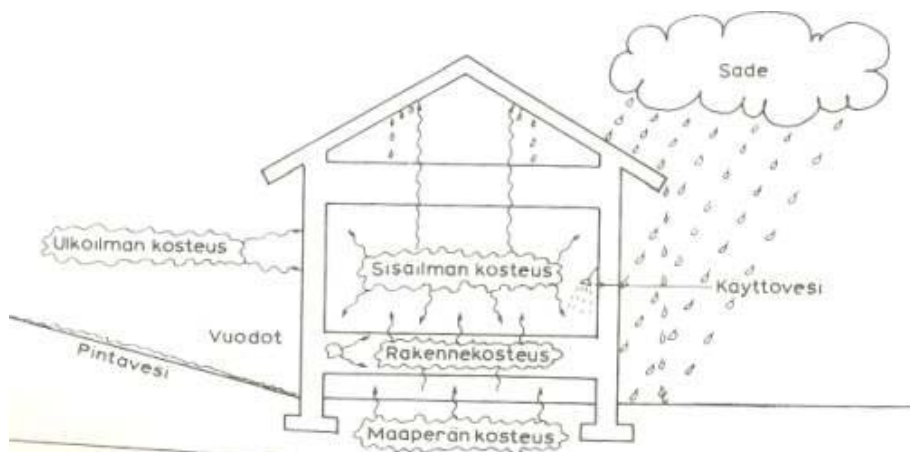
Uusi ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta sekä tähän kuuluva perustelumuistio korvaavat vuonna 1998 voimaan astuneen C2 Suomen rakennusmääräyskokoelman kosteutta käsittelevät määräykset ja ohjeet. Uuden asetuksen taustalla on selkeyttää ohjeistusta sekä tuoda Kuivaketju10 tyyppistä ajattelua mukaan rakentamisen kosteudenhallintaa (Mölsä 2017).

Yhtä tiettyä kosteudenhallintajärjestelmää ei tämän toteuttamiseen ole vaadittu käytettäväksi. Jokainen rakennushankkeeseen ryhtyvä voi itse määritellä, mitä menetelmää käyttää vai käyttääkö omaa menetelmää. Asetukset kuitenkin määrittelevät kohdekohtaisesti, mitä vaatimuksia minimissään sille on asetettu. Rakennusvalvonnan roolina on toimia asian esillä pitäjänä tuki-, ohjaus- sekä yhteistoiminnan keinoin.

### 2.3 Kosteuslähteet

Kosteudella tarkoitetaan kemiallisesti sitoutumatonta vettä sen kolmessa eri muodossa: kaasumainen (vesihöyry), nestemäinen ja kiinteä (jäätynyt). Kaikki ympärillämme oleva ilma ja huokoiset materiaalit sisältävät jonkin verran vettä, jonka määrä on riippuvainen lämpötilasta ja ilmankosteudesta. Kosteudenlähteitä rakenteissa ovat esimerkiksi sadevesi, pohjavesi, vuodot sekä kapillaariset veden liikkeet (Siikanen 2015, 65-66).

Rakenteisiin saattaa jäädä ylimääräistä kosteutta rakentamisen ja käytön aikana. Tämä ei itsessään vielä aiheuta ongelmia, mikäli kosteus pääsee kuivumaan. Kosteuden jäädessä rakenteeseen pysyvästi, rakenteen kastuessa usein tai jos kuivuminen pitkittyy, voi rakenteissa alkaa kasvamaan mikrobeja. Myös rakenteessa olevan veden jäätyminen saattaa aiheuttaa vaurioita. Kosteus ei kuitenkaan yksinään riitä kosteusvaurion syntymiseen vaan taustalla on lisäksi oltava muita tekijöitä, kuten virheitä tai puutteita suunnittelussa, virheitä rakennusvaiheessa, puutteita rakentamisen laadun hallinnassa, rakennusosien vanhentumista, puutteellista huoltoa tai käyttövirheitä (Siikanen 2015, 66). Kuvassa 2. on esitetty mistä eri lähteistä kosteutta voi rakennukseen tulla. Syyt kosteusvaurion syntymiselle eivät siis ole niin yksiselitteisiä, kuin aluksi voisi kuvitella, vaan ne ovat usein monen asian summia.



Kuva 2. Rakennuksen kosteuslähteet (Sisäilmäyhdistys ry 2008)

Vesisadetta on kahden tyyppistä, pystysade ja viistosade. Pystysade on näistä yleisempi Suomessa ja se rasittaa pääosin vaakasuoria pintoja ja räystäätömiä pystyrakenteita. Viistosade tulee kovan tuulen vaikutuksesta ja se pääsee tunkeutumaan myös vaakasuorille pinnoille. Viistosade on huomioitava

etenkin rannikolla rakennettaessa. Sen aiheuttama roiskevesi on huomattavasti isommalle alueelle leviävää kuin pystysateen aiheuttama. Useimmiten viistosade tulee lounaasta. Tuuli aiheuttaa julkisivuille pyörteitä, jotka nostavat vettä ja lunta rakennetta pitkin ylöspäin. Kellarinseiniä ja perustuksia rasittaa lisäksi vajovesi. Pohjaveden pinta vaihtelee alueellisesti sateiden ja viemäröintien vaikutuksesta. Maaperään imeytynyt pintavesi muuttuu pohjavedeksi (Siikanen 2015, 66-67).

Vuotojen aiheuttajana on lähes aina rakennusvirheet ja huono suunnittelu. Yleisimmin vuotoja esiintyy lämmitys-, käyttövesi- ja viemäriputkistoissa tai kattojen, terassien, parvekkeiden ja märkätilojen vedeneristyksissä ja liittymäkohdissa (Siikanen 2015, 67-68).

Kapillaarivirtauksella tarkoitetaan huokoisalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa. Esimerkiksi maaperässä pohjavesi pyrkii nousemaan ylöspäin kapillaarisesti. Vedennousun suuruus on riippuvainen maalajin karkeusasteesta, kuten kuvan 3. taulukosta voidaan havaita. Kapillaarinen veden nousu on suurinta huokoisissa rakennusmateriaaleissa, kuten harkoissa, puussa ja tiilissä (Siikanen 2015, 68).

Maalaji	Raekoko mm	Kapillaarinen nostokorkeus m	
		löyhä kerrostuma	Tiivis kerrostuma
karkea hiekka	0,6-2	0,12-0,03	0,15-0,04
hieno hiekka	0,2-0,6	0,35-0,10	0,5-0,12
Karkea hieta	0,06-0,2	2-0,3	3,5-0,4
hieno hieta	0,02-0,06	5-1,5	8-2,5
hiesu	0,002-0,02	10-4	12-6
savi	0,002	8	10

Kuva 3. Taulukko erilaisten maalajien kapillaarisen veden noususta (Siikanen 2015, 68)

Ilmassa kosteutta esiintyy vesihöyryinä. Sen määrää eli absoluuttista kosteutta voidaan ilmaista joko kg/m<sup>3</sup> tai kg/kg kuivaa ilmaa, vesihöyryn osapaineena (Pa) tai suhteellisena kosteutena (%). Rakennustekniikassa yleisimmin näistä käytetään suhteellista kosteutta (RH), joka ilmoittaa prosentuaalisesti paljonko

tietyn lämpöinen ilma kykenee sitomaan itseensä vesihöyryä (g) (Siikanen 2015, 68-69).

Ilman suhteellinen kosteus ei voi olla yli 100 %. Mikäli ilma saavuttaa kyllästyiskosteuden eli se on sitonut itseensä 100 % vesihöyryä, muodostuu kaste-piste rakenteessa kohtaan, jossa lämpötila saavuttaa tietyn pisteen. Lämmin ilma kykenee sitomaan itseensä enemmän vesihöyryä kuin kylmä ilma. Esimerkiksi mikäli huoneessa on +20°C lämmintä ja ilman suhteellinen kosteus 50 %, on tällöin ilmassa 8,7g/m<sup>3</sup> vesihöyryä. Kuva 4. taulukosta voidaan katsoa, että ilmankosteus tiivistyy vedeksi kaikissa niissä pinnoissa, jonka lämpötila on +9°C tai alhaisempi (Siikanen 2015, 70).

Ilman lämpötila	Ilman suhteellinen kosteus									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
+50	8,3 +8	16,6 +19	24,9 +26	33,19 +32	41,5 +36	49,80 +40	58,1 +43	66,4 +45	74,7 +48	83,0 +50
+45	6,5 +4	13,1 +15	19,6 +22	26,2 +27	32,7 +32	39,3 +36	45,8 +38	52,4 +41	58,9 +43	65,4 +45
+40	5,1 +1	10,2 +11	15,3 +18	20,5 +23	25,6 +27	30,7 +30	35,8 +33	40,9 +36	46,0 +39	51,1 +40
+35	4,0 -2	7,9 +8	11,9 +14	15,8 +18	19,8 +22	23,8 +25	27,7 +28	31,7 +31	35,6 +33	39,6 +35
+30	3,0 -6	6,1 +3	9,1 +10	12,1 +14	15,2 +18	18,2 +21	21,3 +24	24,3 +26	27,3 +28	30,4 +30
+25	2,3 -8	6,6 0	7,0 +5	9,2 +10	11,5 +13	13,8 +16	16,1 +19	18,4 +21	20,7 +23	23,0 +25
+20	1,7 -12	3,5 -4	5,2 +1	7,0 +5	8,7 +9	10,4 +12	12,1 +14	13,8 +16	15,6 +18	17,3 +20
+15	1,3 -16	2,6 -7	3,9 -3	5,1 +1	6,4 +4	7,7 +7	9,0 +9	10,3 +11	11,5 +13	12,8 +15
+10	0,9 -19	1,9 -11	2,8 -7	3,8 -3	4,7 0	5,6 +1	6,6 +4	7,5 +6	8,5 +8	9,4 +10
+5	0,7 -23	1,4 -15	2,0 -11	2,7 -7	3,4 -5	4,1 -2	4,8 0	5,4 +2	6,1 +3	6,8 +5

0	0,5 -26	1,0 -19	1,45 -14	1,9 -11	2,4 -8	2,9 -6	3,4 -4	3,9 -3	4,4 -2	4,8 0
-5	0,3 -29	0,7 -22	1,0 -18	1,4 -15	1,7 -13	2,1 -11	2,4 -8	2,7 -7	3,1 -6	3,4 -5
-10	0,2 -34	0,5 -36	0,7 -22	0,9 -19	1,2 -17	1,4 -15	1,6 -13	1,9 -11	2,1 -11	2,3 -10
-15	0,2 -37	0,3 -30	0,5 -26	0,6 -23	0,8 -21	1,0 -19	1,1 -17	1,3 -16	1,5 -15	1,6 -15
-20	0,1 -42	0,2 -35	0,3 -32	0,4 -29	0,4 -27	0,5 -25	0,6 -24	0,7 -22	0,8 -21	0,9 -20

Kuva 4. Taulukko ilman sisältämästä vesimäärästä (g/m<sup>3</sup>) eri lämpötiloissa suhteellisen kosteuden mukaan sekä lämpötila jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi (Siikanen 2015, 69)

### 3 KUIVAKETJU10

Tässä osassa on perehdytty tarkemmin suunnittelijan näkökulmasta siihen, miten Kuivaketju10 tulee ottaa huomioon koko rakennusprosessin ajan. Suunnittelijoilla tarkoitetaan arkkitehtiä, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelijoita. Tässä esitetyt tarkennukset koskevat pääosin rakennesuunnittelua.

#### 3.1 Toimintamalli

Kuivaketju10 sisältää ohjekortteja, riskilistan (kuva 5.) ja todentamishojeet, johon on listattu kymmenen yleisintä kosteusvaurioriskiä. Sen avulla saadaan vähennettyä jopa 80 prosenttia kosteudesta aiheutuvista seurannaiskustannuksista (Kuivaketju10 s.a.).

## Kuivaketju10-riskilista:

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

Kuva 5. Kuivaketju10-riskilistan pääkohdat (Kuivaketju10, 2018)

Todentamisohje on Excel-muotoinen taulukko, jossa on eri lehdille määritelty kunkin riskikohdan tarkemmat tekijät sekä keinot niiden välttämiseksi. Suunnitelmia tehtäessä eri suunnittelijat tekevät ja täydentävät riskilistaa kunkin hankkeen erityispiirteisiin sopivaksi. Tällaisia erityispiirteitä voi olla muun muassa asemakaava, rakennuspaikka, arkkitehtuuri, rakenteelliset ratkaisut sekä materiaalivalinnat. Lisäksi listaan tulee merkitä, millä keinoin kyseisen riskin välttäminen voidaan todentaa. Näitä keinoja ovat esimerkiksi valokuvien ottaminen työmaalla tai tarkepiirustusten tekeminen (Kuivaketju10 s.a.).

Ohjekorteista löytyy kutakin osapuolta koskevat asiat koko hankkeen ajan. Se on ikään kuin tarkistuslista, jota suunnittelun edetessä olisi hyvä aika-ajoin käydä läpi, että kaikki tulee otettua huomioon (Kuivaketju10 s.a.).

RALA on toteuttanut Kuivaketju10:stä myös sähköisen järjestelmäversion, joka mahdollistaa tiedon kulun ajantasaisena kaikille osapuolille. Tässä versiossa eri suunnitteluosapuolet sekä kosteudenhallintakoordinaattori käyvät kuittaamassa kohdat huomioon otetuiksi. Käytetäänkö kohteessa Excel-pohjaista todentamisohjetta vai sähköistä järjestelmää, on tilaajan päätettävissä. Molemmat menetelmät ovat maksuttomia.

### **3.2 Tarjous ja sopimukset**

Tilaajan tulee tehdä päätös Kuivaketju10 käytöstä kohteessaan jo suunnittelutarjouspyyntövaiheessa. Kuivaketju10 käyttö tulee ottaa huomioon suunnittelupalkkiossa (Kuivaketju10 - Tilaaminen 2018).

### **3.3 Suunnittelijoiden tehtävät**

Kaikkien suunnittelijoiden tulee käydä tarkasti läpi ja täydentää Kuivaketju10 riskilista sekä -todentamisohjeet. Riskilistalta voidaan poistaa kohtia vain, mikäli niitä ei kyseisessä kohteessa ole ollenkaan. Tarkoitus on muokata jo olemassa olevaa riskilistaa, eikä jokaiseen kohteeseen tehdä kokonaan uutta listaa. Lopullinen riskilista tulee hyväksyä yhdessä kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa (Kuivaketju10 - Suunnittelu 2018).

Riskilista sisältää suunnittelijan tarkastuslistan, jota suunnittelijan tulee täydentää. Siinä on otettava huomioon kohteen erityispiirteet, eikä se siksi sel-

laisenaan sovellu kaikkiin kohteisiin, mutta asettaa kuitenkin vähimmäisvaatimukset tarkistuslistalle. Suunnittelijan tarkistuslistan täydennyksen yhteydessä tulee myös täydentää urakoitsijan tarkastuslistaa siten, että määrällisesti kohtia ei juuri tule lisätä. Tavoite on tehdä suunnitelma siitä, miten riskikohdat voidaan todentaa ja dokumentoida tarkasti riskien välttämiseksi. Riskit tulee ratkaista jo suunnitteluvaiheessa ja niiden toteutuskelpoisuus on hyvä käydä läpi urakoitsijan ja kosteudenhallintakoordinaattorin kanssa. Lisäksi suunnittelijoiden tehtävä on käydä säännöllisesti työmaakokouksissa sekä perehdyttää pääurakoitsija tehtyihin suunnitelmiin, jotta riskit työmaalla saadaan minimoitua (Kuivaketju10 - Suunnittelu 2018).

### 3.4 Kosteudenhallintakoordinaattori

Kosteudenhallintakoordinaattori on tilaajan asettama ammattilainen valvomaan Kuivaketju10 toteutumista rakentamisen eri vaiheissa. Mikäli tilaaja ja urakoitsija ovat sama, tulee koordinaattorin olla ulkopuolisesta organisaatiosta (Kuivaketju10 - Tilaaminen 2018).

#### Kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyysvaatimukset

Tavanomainen*	Vaativa*	Poikkeuksellisen vaativa*
<b>Yleisiä vaatimuksia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tilaajan hankkeeseen nimeämä taho.</li> <li>✓ Suunnittelijoista ja urakoitsijoista riippumaton.</li> <li>✓ Tuntee Kuivaketju10-toimintamallin.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nimetään vasta suunnitteluvaiheeseen.</li> <li>✓ Tilaaja huolehtii itse tilaamisvaiheen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nimetään tilaamisvaiheessa ennen suunnittelutarjouspyyntöjen tekemistä.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Suositellaan tehtävän määrittämistä hankkeessa muutenkin mukana olevalle taholle.</li> <li>✓ Jos tilaaja ja urakoitsija ovat sama toimija, tulee koordinaattorin olla tilaajaorganisaation ulkopuolelta.</li> <li>✓ Riittävät aikaresurssit hankkeen seurantaan ja mahdollisuus vierailta työmaalla.</li> <li>✓ Kyky kysellä ja koordinoita asioita</li> </ul>		
<b>Pätevyysvaatimuksia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rakennusalan tutkinto: AMK-tutkinto tai vastaava aiempi tutkinto, joka on vähintään teknikon tasoinen.</li> <li>✓ Kyky kysellä ja koordinoita asioita.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Samat pätevyysvaatimukset kuin hankkeen vastaavalla työnjohtajalla tai rakennusfysiikaalisella suunnittelijalla tavanomaisessa luokassa tai FISEn myöntämä rakennustyön valvoja tai talonrakennustyön paikallisvalvoja -pätevyys.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Samat pätevyysvaatimukset kuin hankkeen vastaavalla työnjohtajalla tai rakennusfysiikaalisella suunnittelijalla vaativassa luokassa tai FISEn myöntämä rakennustyön valvoja tai talonrakennustyön rakennusvalvoja -pätevyys.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Samat pätevyysvaatimukset kuin hankkeen vastaavalla työnjohtajalla tai rakennusfysiikaalisella suunnittelijalla poikkeuksellisen vaativassa luokassa tai FISEn myöntämä vanhempi rakennustyön valvoja tai talonrakennustyön ylivalvoja -pätevyys.</li> </ul>

\*Taulukko on jaettu sarakkeisiin hankkeen vastaavan työnjohtotehtävän vaativuusluokan perusteella.

Kuva 6. Kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyysvaatimukset (Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori 2018)

Koordinaattoriksi sopivan henkilön tulee täyttää koulutukseltaan ja työkokemukseltaan kohteessa toimivan vastaavan työnjohtotehtävän vaatimustason

(kuva 6.). Lopullisen päätöksen koordinaattorin koulutustasosta tekee rakennusvalvonta (Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori 2018). Tarkemmat ohjeet vastaavan työnjohtajan pätevyysvaatimuksista löytyy osoitteesta: [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/YM\\_ohje\\_rakentamisen\\_tyonjohtotehtavien\\_vaativuusluokista\\_ja\\_tyonjohtajien\\_kelpoisuudesta.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/YM_ohje_rakentamisen_tyonjohtotehtavien_vaativuusluokista_ja_tyonjohtajien_kelpoisuudesta.pdf) sekä <http://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/vastaava-tyonjohtaja-uudisrakentaminen/>.

Kosteudenhallintakoordinaattorina voi toimia eri henkilö eri rakennusvaiheissa mutta suositeltavaa on kuitenkin saman henkilön käyttö alusta loppuun (Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori 2018).

Koordinaattorin tulee arvioida kokonaisuikataulutuksen realistisuus. Urakkatarjouspyyntöön tulee olla lisättynä vähintään luonnos riskilistasta ja todentamisoheesta (Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori 2018).

Kuvassa 7. on esitetty kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät. Suunnitteluvaiheessa koordinaattorin tulee varmistaa Kuivaketju10 käyttö suunnitelmissa. Koordinaattorin ja suunnittelijoiden tulee yhdessä varmistua, että suunnitelmat on tehty ohjekortin mukaisesti sekä riskilista ja -todentamisoheetta on täydennetty. Lopullinen riskilista ja todentamisohe hyväksytään, kun kaikki osapuolet ovat samaa mieltä sen sisällöstä. Hyväksytystä versiosta tehdään kirjallinen dokumentti, joka kaikkien osapuolten tulee allekirjoittaa (Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori 2018).

Koordinaattorin tehtävänä on:	
✓ Valvoa ja ohjata Kuivaketju10:n toteutumista koko rakennusprosessin ajan.	✓ Osallistua säännöllisesti työmaakokouksiin.
✓ Varmistaa kirjaukset toimintamallin käytöstä suunnittelu- ja urakkatarjouspyyntöihin sekä lopullisiin sopimuksiin.	✓ Raportoida toimintamallin toteutuksen etenemisestä tilaajalle, rakennusvalvontaan ja RALAn.
✓ Varmistaa ja hyväksyä suunnittelijoiden tarkentama riskilista ja todentamisohe sekä todentamisoheen riittävä huomioiminen suunnittelussa.	✓ Varmistaa ja hyväksyä urakoitsijan suorittaman riskikohtien toteutuksen todentaminen ja dokumentointi.
✓ Osallistua pääurakoitsijan työmaaorganisaation perehdyttämiseen todentamisoheeseen ja siihen liittyviin suunnitelmiin.	✓ Arvioida yhdessä tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijan kanssa toimintamallin onnistuminen.

Kuva 7. Kosteuskoordinaattorin tehtävät (Kuivaketju10 - Tilaaminen 2018)



Riskilistan asiat on lisätty aikaisemmassa vaiheessa todentamisoheeseen, joten suunnittelutyössä ei kahta päällekkäistä dokumenttia tarvita. Tarkoitus on torjua merkittävimmät kosteusriskit suunnitteluvaiheessa, jolloin ohjekortti ja suunnittelijan tarkastuslista ovat vähimmäisvaatimus suunnitelmissa esitettävillä asioilla. Suunnitelmat esitellään koordinaattorille ja tämän tulee tarkastaa, että kaikki riskit on sisällytetty suunnitelmiin. Koordinaattori ja suunnittelija yhdessä arvioivat suunnitelmien toteutettavuuden sekä perehdyttävät pääura-koitsijan työmaaorganisaation tehtyihin suunnitelmiin, riskilistaan ja todentamisoheeseen. Tällä varmistutaan, että työmaa tietää ja ymmärtää, millaisia seurauksia suunnitelmien noudattamatta jättämisellä ja huolimattomuudella voi olla. Tavanomaisissa kohteissa koordinaattori voi ilman suunnittelijaa suorittaa perehdytyksen, mutta vaativissa ja erittäin vaativissa kohteissa ohjeet tulee antaa kirjallisena (Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori 2018).

#### **4 KUIVAKETJU10 RISKILISTA**

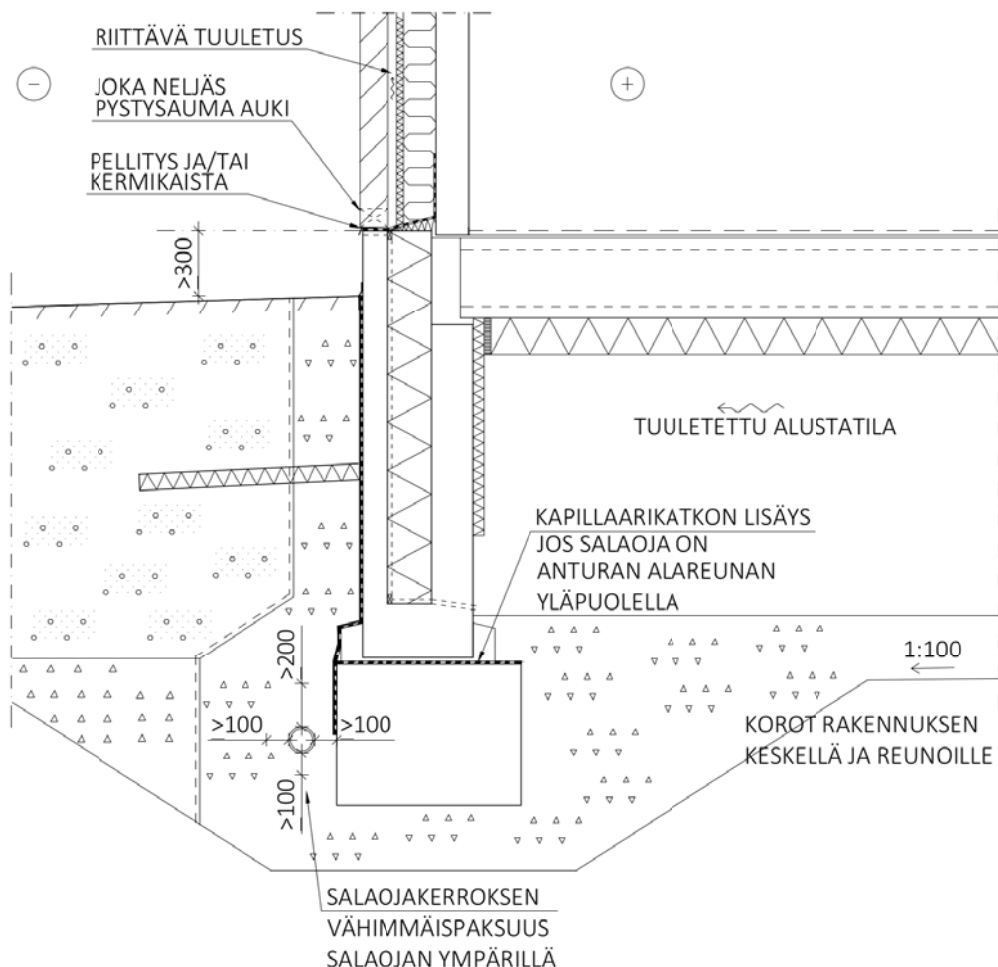
Koska suunnittelijan ja työmaan tulee voida todentaa jokaisen riskilistan kohdan toteutetuksi suunnitelmien mukaan, voidaan esimerkiksi valokuvista tai tarkepiirustuksista asia varmentaa. Tässä kappaleessa on käytetty lähteenä Kuivaketju10:n Excel-pohjaista todentamisohjetta. Pientaloille löytyy myös oma todentamisoheensa, mutta sitä ei tässä osiossa erikseen tarkastella.

##### **4.1 Riski 1: ulkopuolelta tuleva vesi vahingoittaa perustuksia ja lattia-rakenteita**

Tulevalle rakennuspaikalle tulee ensimmäiseksi geosuunnittelijan laatia pohjaututkimus ja pintavaaitus, jonka perusteella pihasuunnittelija laatii pintavesisuunnitelman. Tästä on apua myös rakennesuunnittelijalle, kun aletaan miettiä rakenteita sekä perustuskorjoja. Rakennesuunnittelijan vastuulla on leimauttaa pintavesisuunnitelmat rakennusvalvonnassa. Maanpinta pitää aina kallistaa rakennuksesta ulospäin vähintään 1:20 kallistuksilla. Kalliopohjan muotoilu tulisi esittää louhintasuunnitelmassa ja kaivukuvassa. Ei saa olla syvänteitä, joista vesi voi nousta kapillaarisesti rakenteisiin. Perustussyvyyyksiä ja kellarin seiniä suunniteltaessa tulee pohjaveden korkeus ottaa huomioon.

Perusmaan tulee kallistaa salaojia kohti vähintään 1:100 sekä suunnitelmiin merkitä korot rakennuksen keskellä sekä reunoilla. Tästä tulisi laatia kaivukuva.

Salaojien nurkkapisteiden korot tulee merkitä suunnitelmiin ja putkiston viettä kaivoja kohti vähintään 1:200 kallistuksella, mieluummin 1:100. Putkiston sijainti tulee suunnitella mieluiten anturan alle, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee salaojaputken yläpuolelle lisätä kapillaarikatkot esimerkiksi anturan ja sokkelin väliin. Lisäksi pitäisi arvioida tarvitaanko varsinaisen salaojajärjestelmän rinnalle toinen, jos nykyisten putkien vaihtaminen on myöhemmin sijaintinsa vuoksi hankalaa tai mahdotonta. Tarkastuskaivoja tulee sijoittaa vähintään joka toiseen salaojaputkiston nurkkapisteeseen, kuitenkin siten, että sijainti toisistaan on enintään 20 metriä. Jyrkkiin nurkkiin tulee jokaiseen lisätä tarkastuskaivo. Kuvassa 8. on esitetty maanvaraisen alapohjan suunnittelussa huomioon otettavia asioita.



Kuva 8. Alapohjan suunnittelussa huomioon otettavia asioita (Lattu 2019)

Pohjatutkija määrittää kapillaarikerroksen paksuuden ja tyypin pohjaolosuhteiden mukaan. Salaojasuunnitelmiin lisätään merkintä salaojakerroksen paksuudesta, jonka tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 100 mm ja päällä 200 mm. Yleensä 300 mm sepeliä. Salaojaputken alle ei tarvitse lisätä soraa, mikäli alle asennetaan suodatinkangas erottamaan sitä alemmista maakerroksista. Anturoiden ja perusmuurin vedeneristys tulee määrittää maaperän kosteusrasituksen ja eristeen asennussyvyyden perusteella siten, että kosteus ei pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Väärin toteutettu tai puuttuva kapillaarikatko aiheuttaa rakenteissa ongelmia kuten kuvasta 9. voidaan havaita.



Kuva 9. Salaojien ja kapillaarikatkokerrosten puuttuminen on vahingoittanut vanhan omakotitalon ulkoseinän ala- ja pystyjuoksuja (Lattu 2015)

Kapillaarisen veden nousukorkeus tulee selvittää kapillaarikatkokerroksessa laboratoriokokeilla, sekä työmaalla tarkastaa, että kapillaarikerroksen sijainti ja kerrospaksuudet ovat suunnitelmien mukaiset. Tämä määrittelee hyvin pitkälti sen mihin korkeusasemaan salaojat voidaan sijoittaa. Kapillaarikerroksen tulee olla riittävän paksu lattialaatan, pohjalaatan ja anturoiden alla. Kapillaarikatkokerrosta anturan alla ei tarvita siitä tapauksessa, että antura putkitetaan ja anturan ja sokkelin väliin asennetaan kapillaarikatko.

Salaojista tulee laatia tarkepiirustukset, jotka rakennesuunnittelija laatii työmaalta saatujen tarkemittausten perusteella.

#### **4.2 Riski 2: sadeveden tunkeutuminen ulkoseinärakenteeseen**

Ulkoseinärakenteen tulee olla yhtenäinen vesitiivis rakenne, jonka sisään sadevesi ei pääse. Rakennuksen vierustoille ei saa istuttaa kasvillisuutta, joka voi lisätä ulkoseinän kosteusrasitusta.

Ikkunoiden, ovien ja läpivientien sekä niiden pellitysten liittymisestä ympäröiviin rakenteisiin tulee laatia detaljit pysty- ja vaakasuuntaan vähintään mitta-kaavassa 1:5. Vaakapintoja suojaavien pellitysten kaadon ulospäin olisi hyvä olla 30°, mutta kuitenkin vähintään 15°. Pellitykset eivät saa estää rakenteita tuulettumasta. Myrskypellitykset suunnitellaan aina räystäälle. Julkisivun epäjatkuvuuskohtien pellityksistä, saumoista sekä tiivistyksistä tulee laatia detaljit ja niiden tulee estää veden tunkeutuminen rakenteisiin. Julkisivua vasten nousevien pellitysten riittävä nosto sekä liitos julkisivuun tulee suunnitella. Nosto on vähintään 300 mm ja yläpäässä elastinen kittaus ja ura, johon pellitys saadaan viedyksi ja tiivistetyksi. Yleensä perusdetaljit tekee arkkitehti, mutta rakennesuunnittelijan tulee tarkastaa niiden toimivuus ja tarvittaessa tehdä oma esitys asiasta. Epäjatkuvuuskohtien detaljiikan suunnittelusta sovitaan erikseen tapauskohtaisesti. Näiden riskikohtien osalta tulee työmaalla varmistua, että aukot ja läpiviennit on toteutettu suunnitelmien mukaan esimerkiksi valokuvien avulla.

Tuulensuojakerroksen saumojen tiivistyksestä tulee olla vähintään maininta rakennetyypeissä. Niiden asennuksessa tulee noudattaa valmistajan antamia ohjeita. Saumojen pitää olla roiskeveden kestäviä. Tuulensuojakerroksen liit-

tymisestä oviin ja ikkunoihin tehdään detalji tai se voidaan sisällyttää muihin ikkuna ja ovidetaljeihin.

Ulkoverhouksen tuuletus tulee suunnitella ja esittää detaljien avulla aukosten ala- ja yläreunassa, vesipellin kohdalla sekä ulkoverhouksen ala- ja yläpäässä. Ulkoverhouksen tulee tuulettua koko taustan alueelta. Verhouksen taakse pääsevän veden poisto tulee esittää putkien, pellitysten ja bitumikermin avulla ikkuna- ja oviaukkojen yläpuolelta sekä epäjatkuvuuskohtien osalta. Julkisivupellitysten muodon määrittelee yleensä arkkitehti, mutta rakennesuunnittelijan tulee tarkastaa liitokset muihin rakenteisiin sekä tuuletuksen riittävyys. Tiilimuurattujen julkisivujen tiilisiteiden tulee kallistaa ulospäin ja muurauksen taakse ei saa jäädä laastipurseita. Alareunassa riittävän tuuletuksen varmistaminen voidaan järjestää jättämällä joka kolmas tai neljäs pystysauma auki. Näistä lisätään maininta suunnitelmiin sekä työmaan aikana varmennetaan, että suunnitelmia noudatetaan esimerkiksi valokuvien avulla.

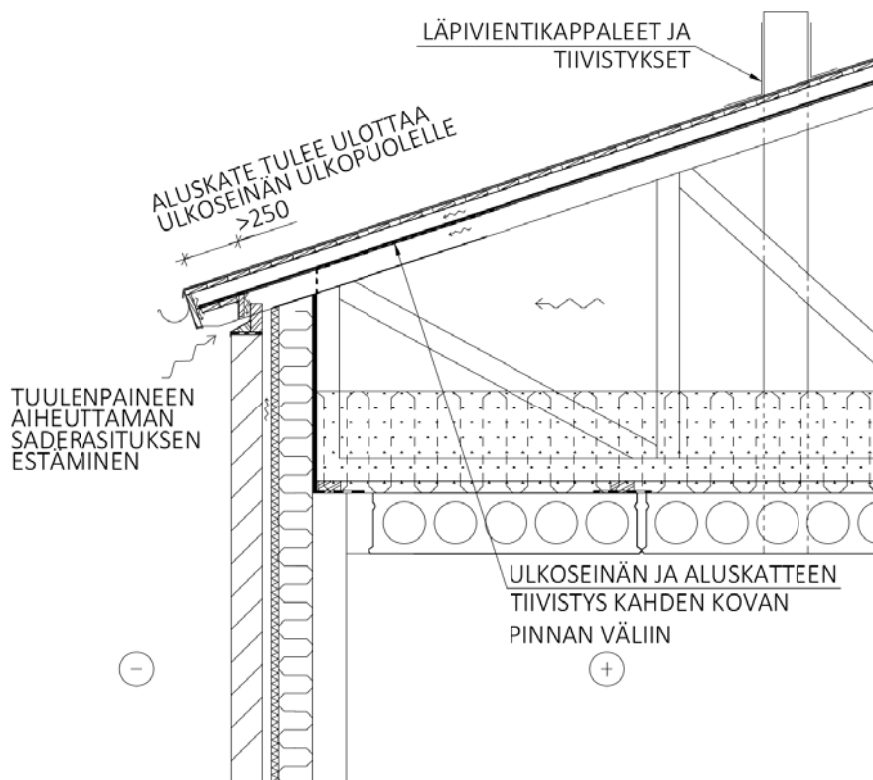
#### **4.3 Riski 3: vesi pääsee aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan**

Väärin suunniteltu tai asennettu vesikate päästää veden tunkeutumaan yläpohja- ja ulkoseinärakenteisiin vaurioittaen rakenteita ja lämmöneristeitä.

Vesikatteen läpäisevä vesi ei saa päästä aluskatteen alle. Siksi aluskatteen tulee olla niin vedenpitävä, että se toimii myös ainoana vesikatteenä. Aluskate tulee ulottaa ulkoseinärakenteen ulkopuolelle vähintään 250mm, jotta katetta pitkin valuva vesi ei pääse rakenteen sisään, eikä siinä saa olla valumista estäviä pykäliä. Aluskatteen vaakasaumojen tulee olla tiiviitä ja sen tulee olla riittävästi limitetty tai asennettu kattoristikoiden suuntaisesti. Vedenpitävyys tulee varmistaa myös tuulenpaineesta aiheutuvaa rasitusta varten. Huomioitava on myös vesikattojen riittävät kallistukset jiirien kohdalla sekä kattokaivojen tukkeutuessa vaihtoehtoinen vedenpoistoreitti. Kattokaivoja tulee olla vähintään 2 kappaletta. Kuvassa 10. on esitetty vesikatetta suunniteltaessa huomiioon otettavia asioita.

Koska aluskatteen tulee olla vettä läpäisemätön, myös läpivientien kohdat tulee tiivistää kunnolla käyttäen ylösnostoja, kumibitumitiivistyksiä tai mekaanisesti varmistettuja läpivientikappaleita ja kiinnikkeitä. Ylösnostojen on oltava

vähintään 300mm ja niiden yläpään tiiviys tulee varmentaa mekaanisilla kiinnikkeillä. Suorakaiteen muotoisista läpivienneistä esimerkiksi savupiipuista tulisi esittää suunnitelmat tiivistyksestä ja siitä, miten kulmat toteutetaan.



Kuva 10. Yläpohjan suunnittelussa huomioon otettavia asioita (Lattu 2019)

Aluskatteettomia vesikattoja koskevat samat säännöt ylösnostojen osalta kuin aluskatteellisiakin. Tällaisia kattoja ovat esimerkiksi kermikatot ja niidenkin suunnittelussa tulee kestävyys tuulenpainetta vastaan ottaa huomioon.

Loivia kattoja suunniteltaessa tulee kaatojen olla vähintään 1:80, jonka tulee täytyä myös jiirien kohdalla. Kallistuksia määriteltäessä tulee ottaa huomioon kaikki katteen taipumat sekä merkitä suunnitelmiin korkeusasemat. Katto-kaivojen tulee sijaita muuta kattoa alempana syvennyksessä ja niiden läpivienneistä tulee esittää vesitiiviit suunnitelmat katerakenteisiin.

Koko vesikaton tulee olla yksi yhtenäinen ja toimiva järjestelmä, jonka kaikkien osien tulee olla yhteensopivia keskenään ja soveltua valittuun kattokaltevuuteen. Aluskatteen, kiinnikkeiden ja läpivientien tulee olla käyttöiltään vähintään sama kuin vesikate. Katejärjestelmässä ei saisi olla sellaisia ratkaisuja, jotka lyhentävät järjestelmän osien käyttöikä.

#### **4.4 Riski 4: ilmansulkukerroksen läpäisevä kosteus pääsee tiivistymään vedeksi ulkoseinä- ja yläpohjarakenteeseen**

Ilmansulussa olevien vuotokohtien kautta pääsee lämmin kostea ilma tunkeutumaan rakenteeseen ja tiivistymään kosteudeksi, joka aiheuttaa moninaisia ongelmia niin seinä, lattia kuin kattorakenteissakin.

Ilmansulkukerroksen jatkoskohdat tulee asentaa vain kahden kovan kerroksen väliin. Mikäli joudutaan käyttämään teippausta, tulee teippaukselle määritellä tarkat tiedot ominaisuuksista sekä asennustavasta. Myös kovien pintojen väliin tulevien liitosten tiiviys tulee varmistaa teippauksin. Betonielementtitaloissa erillistä ilmansulkukerrosta ei ole. Kaikkien ilmansulun läpivientien ja liitosten tulee olla pitkäaikaiskestäviä. Läpiviennit tulee suunnitella yhdessä LVI- ja sähkösuunnittelijoiden kanssa valmistajan ohjeiden mukaan. Läpivienneissä tulee käyttää valmiita osia joiden tiiviys varmistetaan teippaamalla. Tiilimuuratut piiput pellitetään. Ikkuna ja oviliitoksissa käytetään ilmansulun liittämässä karmiin kestoelastista kittiä ja liitoksen tiiviys varmistetaan vielä teippauksilla. Ulkoseinän ja alapohjan ilmansulun tulee liittyä yhteen betonilaatan alla tiivistskaistan eli radonkaistan kohdalla riittävän pitkällä limityksellä. Yläpohjan ja ulkoseinän sekä ulkoseinän nurkkien ja kahden erilaisen rakenteen ilmansulkujen tulee limittyä ja puristua yhteen kahden kovan kerroksen välissä ja liitos varmistaa teippauksilla. Väliseinän liittyessä ulkoseinään tulee ilmansulun jatkoa yhtenäisenä väliseinän pään ohitse. Läpimenevien kannattajien osalta, kuten alapaarten kohdalla tulee ilmansulku liittää teippaamalla ja mekaanisilla kiinnikkeillä. Kahden eri materiaalin liitoksen kohdalla, esimerkiksi puu- ja harkkorakenne, liitoskohta tiivistetään ja peitetään ohutrappauksella. Ohutrappausta voidaan käyttää myös harkkorakenteiden tiivistyksessä rappaamalla ne molemmin puolin kauttaaltaan. Ilmansulkujen oikeanlainen toteutus voidaan varmentaa valokuvien avulla.

Ilmansulun detaljit tulisi tehdä mittakaavaan 1:5:

- läpivienneistä
- liittyminen ikkunoiden ja ovien karmeihin
- alapohjan ja ulkoseinän liittymä
- yläpohjan ja ulkoseinän liittymä
- ulkoseinän nurkka
- huoneiston väliseinän liittyminen ulkoseinään
- liittyminen rakenteen läpimenevään kannattajaan
- kahden eri materiaalin liitos

Sisäisen ilmapuotoluvun pitäisi olla alle yhden. Rakennesuunnittelijan tulee arvioida saavutetaanko tarvittava lukema jo tehdyillä rakenneratkaisuilla. Tiiveys varmennetaan kaksivaiheisella lämpökuvaus ja tiiveysmittauksella. Ensimmäisen kerran lämpökuvaus suoritetaan ennen sisäpuolen levytystä mahdollisten ilmapuotojen löytämiseksi alipaineen avulla, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi kanavapuhaltimella. Käyttöönoton yhteydessä suoritetaan virallinen tiiveysmittaus, johon voidaan yhdistää lämpökuvaus. Näistä mittauksista tulee laatia mittauspöytäkirja.

#### **4.5 Riski 5: väärin mitoitettu ilmanvaihto**

Illmanvaihto tulee mitoittaa oikein, jotta ylimääräinen kosteus saadaan poistetuksi. Kosteiden tilojen tuuletus tulee hoitaa muualle kuin alaslasketun katon yläpuolelle. Rakennesuunnittelijan tulee arvioida alumiinipohjaisen höyrynsulun asentamisen tarve saunan yhteydessä olevan pesuhuoneen kattoon.

#### **4.6 Riski 6 : vesiputken rikkoutuminen**

Tämä riski ei kuulu rakennesuunnitteluun.

#### **4.7 Riski 7: märkätilasta kosteus pääsee ympäröiviin rakenteisiin**

Huonosti toteutettuna märkätilasta pääsee kosteutta ympäröiviin rakenteisiin. Siitä syystä rakennesuunnittelijan tulee määrittää vedeneristeelle vaadittava sertifikaatti ja työn suorittajalla on oltava henkilösertifikaatti sekä materiaalivalmistajan kirjalliset ohjeet. Käytettävien tuotteiden tulee olla samaa tuotepohjettä ja niiden tulee olla yhteensopivia pintamateriaalien, kaivojen ja alustan kanssa. Vedeneristeillä on tuotesertifikaatin mukaiset kuivakalvopaksuudet, joiden toteutuminen tulee tarkistaa luopilla mittaamalla seinistä ja lattiasta. Vesikalusteiden kiinnityksestä tulee laatia asennusohjeet tai ainakin lisätä suunnitelmiin viittaus toimittajan ohjeisiin.

Silloin kun se on mahdollista, märkätilojen, kuten pesuhuoneen ja saunan, lattioiden olisi hyvä olla muita lattiapintoja alempana. Teknisiin tiloihin, WC:hen ja kodinhoitohuoneeseen tulisi asentaa vedeneristys ja seinälle nostot sekä tiloissa tulisi olla lattiakaivo tai ainakin vedellä pääsy viereisen tilan lattiakaivoon. Alustan tasaisuusvaatimus ennen vedeneristeen asennusta tuli-



si mainita suunnitelmissa. Edellä mainittujen kohtien suunnittelusta vastaa yleensä arkkitehti, mutta rakennesuunnittelijan on hyvä myös ottaa huomioon nämä seikat.

Detaljipiirrokset tulisi laatia kaikista vedeneristeen nostoista erilaisiin pintoihin, läpivienneistä, tulvakynnyksestä sekä liittymistä lattiakaivoihin ja hanakulmarasioihin. Valokuvien avulla voidaan varmentua, että toteutus on tehty suunnitelmien mukaisesti. Tapauskohtaisesti suunnittelijoiden tulee myös miettiä pitääkö märkätilat toteuttaa ns. huone huoneessa -ratkaisuna, jolloin märkätilan ja ulkoseinän väliin jää kauttaaltaan tuuletusväli.

#### **4.8 Riski 8: betonirakenteiden liian aikainen pinnoittaminen**

Liian kosteita rakenteita pinnoitettaessa kosteus jää rakenteen sisään aiheuttaen siellä myöhemmin ongelmia. Tästä syystä betonirakenteiden tulee saada kuivua riittävän kuivaksi ennen lopullisten pintojen asennusta. Kohdekohtaisesti tulee sopia laatiiko kuivumisaikalaskelman rakennesuunnittelija vai pääurakoitsija. Laskelma tulee laatia ihanneolosuhteissa (20°, 50%) sekä riskitilanteissa (<15° ja/tai >60%). Kuivumissuunnitelman tulee sisältää tavoiteolosuhteet, kuivumisaika-arvion, ulko- ja sisäilman olosuhteiden huomioonottamisen, rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntämisen sekä lisälämmityksen tarpeen arvioinnin. Päälystettävien betonirakenteiden kosteuspiitoisuuden raja-arvoja suunniteltaessa tulee ottaa pintamateriaalit ja niiden vaatimukset huomioon. Pelkkä pintakosteusmittaus ei tässä tapauksessa riitä varmentamaan oikeaa kosteuspiitoisuutta.

Laskelmaa tehtäessä tulee ottaa huomioon:

- rakennetyypit ja niiden ominaisuudet
- erikoisdetaljit (esim. paksut betonirakenteet tai betonitäytteiset teräspalkit)
- betonimassan laatu
- kuivuuko yhteen vai kahteen suuntaan
- vuodenaikojen lämpö- ja kosteusolosuhteet
- tasoitekerrosten vaatimat kuivumisajat
- esitetään optimaaliset kuivumisolosuhteet ja vaatimus seurannasta
- rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän mahdollisen hyödyntämisen sekä lisälämmityksen tarpeen arviointi kuivatuksessa

Laskettaessa kuivumisaika-arvioita käytetään laskukaavoissa aluksi peruskuivumiskäyrää, johon tarvitaan tavoitekosteus prosentteina (%). Tämän perusteella saadaan kuivumisaika viikkoina, jonka jälkeen aletaan kuivumisajan pituutta joko lyhentämään tai pidentämään erilaisten olosuhteiden ja rakenteellisten ominaisuuksien kertoimilla.

Laskentakaava maanvastaiselle betonilaatalle:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Vesisideainesuhde (v/s)} \times \\ & \text{Rakenteen paksuus (mm)} \times \text{Alustan kosteus} \times \text{Kastumisaika} \times \\ & \text{Kuivumisolosuhteet} = \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava massiiviselle teräsbetonilaatalle välipohja/väliseinä:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Vesisideainesuhde (v/s)} \times \text{Kuivumissuunta} \times \\ & \text{Rakenteen paksuus (mm)} \times \text{Kastumisaika} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \\ & \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava liittolaattavälipohjalle:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Vesisideainesuhde (v/s)} \times \\ & \text{Rakenteen paksuus (mm)} \times \text{Kastumisaika} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \\ & \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava kuorilaattavälipohjalle:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Vesisideainesuhde (v/s)} \times \\ & \text{Jälkivalun paksuus (mm)} \times \text{Kastumisaika} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \\ & \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava ontelolaatalle:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Ontelolaatan kosteus (\%)} \times \\ & \text{Tasoitteen paksuus (mm)} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \\ & \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava ontelolaatalle + pintavalulle:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Ontelolaatan kosteus (\%)} \times \\ & \text{Pintalaatan paksuus (mm)} \times \text{Pintalaatan vesisideainesuhde (v/s)} \times \\ & \text{Kastumisaika} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava kololaatalle + jälkivalulle:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Kololaatan kosteus (\%)} \times \\ & \text{Jälkivalun paksuus (mm)} \times \text{Jälkivalun vesisideainesuhde (v/s)} \times \\ & \text{Kastumisaika} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Laskentakaava kerroksellisille betonilaatoille:

$$\begin{aligned} & \text{Peruskuivumisaika (vko)} \times \text{Runkolaatan kosteus (\%)} \times \\ & \text{Pintalaatan paksuus (mm)} \times \text{Pintalaatan vesisideainesuhde (v/s)} \times \\ & \text{Jälkihoito} \times \text{Kuivumisolosuhteet} = \text{Arvioitu kuivumisaika (vko)} \end{aligned}$$

Tarkemmat laskukaavat sekä taulukot löytyvät kirjasta Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi (Merikallio 2002, 38-57).

Betonin kuivumista tulee seurata päivittäin lämpötilan sekä kosteuden osalta ja kirjata saadut tulokset seurantapöytäkirjaan. Ilmanvaihdossa ja kosteuskui-vureiden käytössä tulee ottaa huomioon erityisen paljon kosteutta tuottavat työvaiheet, kuten muuraus-, tasoitus- ja rappaustyöt. Betonin emäksisyyttä voidaan pienentää 5mm matala-alkalisella kerroksella betonilaatan ja pinnoitteen välissä. Tässäkin tapauksessa sekä betonin, että tasoitteen tulee olla riittävän kuivia.

Kosteusmittaussuunnitelma tulee laatia yhdessä mittauskonsultin kanssa. Siinä tulee käydä ilmi kriittiset mittauspaikat ja -ajat, mittausvyvyys, mittausmenetelmät, laitteiden luotettavuus sekä mittajaan pätevyys. Siihen tulee sisällyttää myös vaatimukset koko kuivumisjakson ajalle tehtävistä seurantamittauksista. Lisäksi tulee arvioida pintamateriaalien vesihöyrynläpäisevyys jotta kosteus ei pääse tiivistymään betonin ja pinnoitteen väliin. Raja-arvot tulee määrittää siten, että otetaan huomioon tulevat pintamateriaalit ja niiden vaatimuk-

set. Kerroksellisten rakenteiden kuivatuksessa tulee ottaa huomioon, että myös välikerros pääsee kunnolla kuivumaan ennen rakentamisen jatkamista. RT 14-10984 esittää mittaustekniikan epätarkkuudeksi ammattimaisesti mitattuna noin  $\pm 5\%$  -yksikköä kun menetelmänä käytetään porareikämittausta.

#### **4.9 Riski 9: materiaalien ja rakenteiden kastuminen työn aikana**

Työmaalle tulevien rakennusosien ja materiaalien suojauksesta ja sen suunnittelusta vastaa yleensä pääurakoitsija. Kohdekohtaisesti tulee kuitenkin sopia kuka suunnitelmat laatii. Parasta olisi, jos materiaaleja ei tarvitsisi varastoida työmaalla pitkiä aikoja, vaan niiden toimitukset olisivat lähellä asennusaikoja. Pakollisista varastoinneista tulee laatia suunnitelma, jossa otetaan huomioon eri materiaalien ominaisuudet ja vaatimukset.

Rakenteiden suojaaminen tulee ratkaista jo suunnitteluvaiheessa. Mikäli rakennusosan suojaus tehdään jo tehtaalla tulee se lisätä tuoteosasuunnitelmiin. Betoni- ja puuelementtien tulee olla suojattuina valmistuksen, kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen ajan. Elementin saapuessa työmaalle tulee tarkistaa ovatko suojaukset kunnossa ja suunnitelmien mukaiset. Ontelolaattojen vesireiät tulee avata vielä työmaalla, vaikka ne tehtaalla jo tehdäänkin. Betonitäyttöjä tehtäessä tulee laattaan tehdä uudet vesireiät, jotta mahdollinen onteloihin päätyvä vesi saadaan pois. Betonirakenteiden päälle tulevan puuosien alle tulee asentaa irrotuskaista. Työmaalle tuotavalle ja asennettavalle puutavaralle tulee antaa kosteudenpitoisuus raja-arvot. Valettujen betonirakenteiden päälle varastoitavat materiaalit eivät saa estää rakenteita kuivumasta eivätkä ne saa kastua betonin kuivumisen vaikutuksesta. Näistä asioista on hyvä lisätä maininta suunnitelmiin. Kastumisille alttiiden rakenteiden ja rakennusosien suojaus tulee suunnitella etukäteen ja olisikin hyvä suosia vikasietoisia materiaaleja ja rakenneratkaisuja. Kastumiselta suojattavia rakenteita ovat ainakin pystyontelolaatat, puu- ja betonielementit sekä väestönsuojan päällä oleva täyttökerros. Betonielementeissä olevat puurakenteet pitäisi jo suunnitteluvaiheessa erottaa toisistaan irrotuskaistalla estämään kosteuden siirtyminen betonista puuhun.

Holvien päälle rakennusaikana tulevat sade- ja sulamisvedet tulee johtaa pois joko viemäriverkostoon tai ulosheittäjillä rakennuksen ulkopuolelle. Valuma-

alueilla tulee ottaa huomioon riittävän suuri viemäriputki suhteessa alueen kokoon. Korkeiden rakennusten osalta tulee ottaa huomioon, että alemmat jo kuivuneet kerrokset eivät pääse kastumaan sade- ja sulamisvesien vuoksi. Lisäksi tulee varmistaa, ettei vesi pääse tunkeutumaan rakenteiden eristettiin esimerkiksi tulvavalleilla.

Höyrynsulkuun ei saa päästä tiivistymään vettä esimerkiksi lattialaatan valun yhteydessä, vaan työjärjestys tulee toteuttaa siten, että höyrynsulun sisäpuoliset materiaalit (levytys) asennetaan vasta valun jälkeen. Jos valu joudutaan kuitenkin tekemään kosteudelle alttiiden materiaalien asennuksen jälkeen, pitää varmistua, ettei vettä pääse tiivistymään höyrynsulkuun, esimerkiksi asentamalla höyrynsulun ulkopuoliset eristeet ennen valua. Rakennuksen vaiipan tulee olla suojattuna lumen- ja vesisateen vaikutuksilta ennen sisäpuolisten kastumiselle alttiiden työvaiheiden alkua, esimerkiksi asentamalla ikkuna- ja oviaukkoihin vedenpitävät suojat. Nämä voidaan jo elementtisuunnitteluvaiheessa määrittellä lisättäväksi tehtaalla.

#### **4.10 Riski 10: ylläpito**

Rakennuksen käyttäjille tulee laatia huoltokirja, joka pitää sisällään Kuivaketju10 -riskilistan asiat siltä osin kun ne vaativat ylläpitoa. Ylläpito ja huoltotoimenpiteistä tulee pitää kirjaa. Rakennus saa Kuivaketju10 -statuksen mikäli valmistumisen jälkeen voidaan todentaa riskit tilaamisesta käyttöönottoon torjutuiksi. Tämän jälkeen ensimmäinen tarkastus suoritetaan kahden vuoden jälkeen käyttöönotosta ja siitä eteenpäin viiden vuoden välein.

Rakennuksen kuivana ja terveellisenä pysyminen ei siis yksistään ole suunnittelulla ja rakentamisella saavutettava asia vaan suuresti siihen vaikuttaa myös rakennuksen ylläpito jatkossa.

## **5 TUTKIMUSKOHDDE**

### **5.1 Lähtötiedot**

Kohteeseen rakennetaan seitsemän neljästä kuuteen kerroksista kerrostaloa sekä pihakansi, jonka alle tulee pysäköintihalli. Rakennukset tulevat kolmelle tontille ja ne rakennetaan vaiheittain talo kerrallaan. Kohteessa käytetään Kui-

vaketju10 nettiversiota, johon rakennesuunnittelija on käynyt muokkaamassa riskilistaa kohteeseen sopivaksi. Huono puoli on se, että vaikka kohde on saman kaltainen kauttaaltaan, tulee jokaiselle tontille tehdä oma listansa eikä kertaalleen päivitettyä listaa voida käyttää suoraan kaikissa tonteissa samanaikaisena. Excel riskilistan kanssa tämä olisi onnistunut.

Maaperä rakennusten alla on hyvin kallioista ja louhintaa joudutaan suorittamaan paljon. Yksi taloista perustetaan osin kalliohyllylle. Hyvien perustamisolosuhteiden ansiosta rakennukset voidaan toteuttaa maanvaraisilla anturoilla. Tontti nousee voimakkaasti ylöspäin ja siksi rakennuksiin tulee maanalle jääviä osia. Alapohjarakenteet vaihtelevat sen mukaisesti, onko rakennuksen alimmassa kerroksessa asuntoja vai ei. Kaikissa asunnoissa on tuulettuva alapohja, mutta varastotiloissa on maanvarainen alapohja. Kahteen taloista tulee alimpaan kerroksen kerhotiloja, jotka ovat maanvaraisella alapohjalla ja lattian alle asennetaan radonputkistot.

Rakennusten runkona toimii kantavat sisäkuorielementit, joihin eriste asennetaan työmaalla. Väli- ja yläpohjarakenteina ovat ontelolaatat. Porrashuonetasot ovat massiivilaattoja. Parvekkeiden taustaseininä ovat sandwich-elementit. Kaikkien talojen julkisivut ovat joko tiilimuurattuja tai tiililaattapintaisia elementtejä. Parvekkeet sijaitsevat kunkin talon kahdella seinustalla. Alimmat parvekkeet sijaitsevat osin pysäköintihallin päällä ja ne toteutetaan käänteisellä kattorakenteella.

Kaikki kylpyhuoneet ja saunat tehdään kylpyhuone-elementeistä ja niiden suunnittelusta vastaa kylpyhuone-elementtitoimittaja.

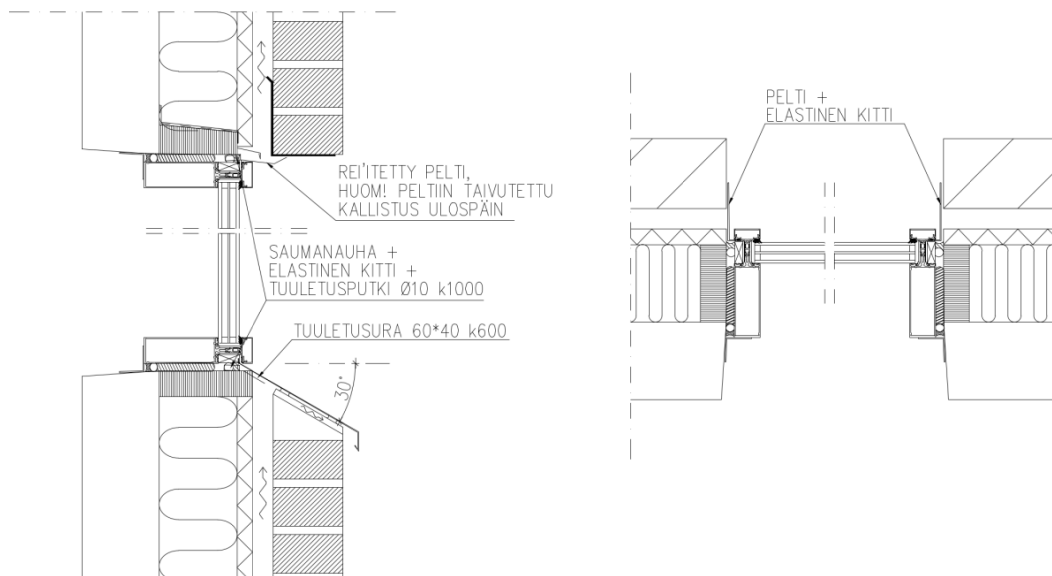
## **5.2 Riskit ja niiden ehkäisy**

Riskien kartoituksessa käytettiin apuna lyhennettyä suunnitteluohjetta.

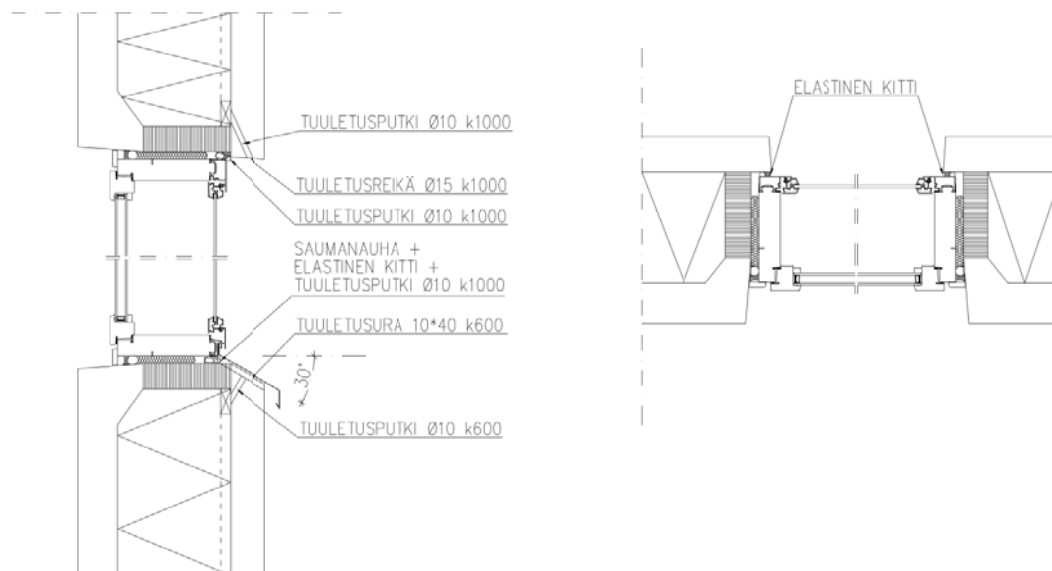
Kallioperän louhinnassa tulee ottaa huomioon ettei, kallioon saa jäädä syvänteitä, joista vesi voisi kapillaarisesti nousta ylös rakenteisiin. Salaojien alapinnat saatiin kokonaisuudessaan sijoitettua anturan alapuolelle, joten kapillaarisen veden nousu ei ole riskinä. Salaojien korot merkittiin salaojakaivojen koh-

dalla. Pihasuunnittelija laati pinnantasaussuunnitelman, jonka rakennesuunnittelija hyväksyi.

Arkkitehdin tekemät ikkuna- ja oviliitokset käytiin läpi ja niitä kommentoitiin tarvittaessa (kuva 11. ja 12.). Ikkunoiden pellitysten kallistus on 30° tai enemmän.



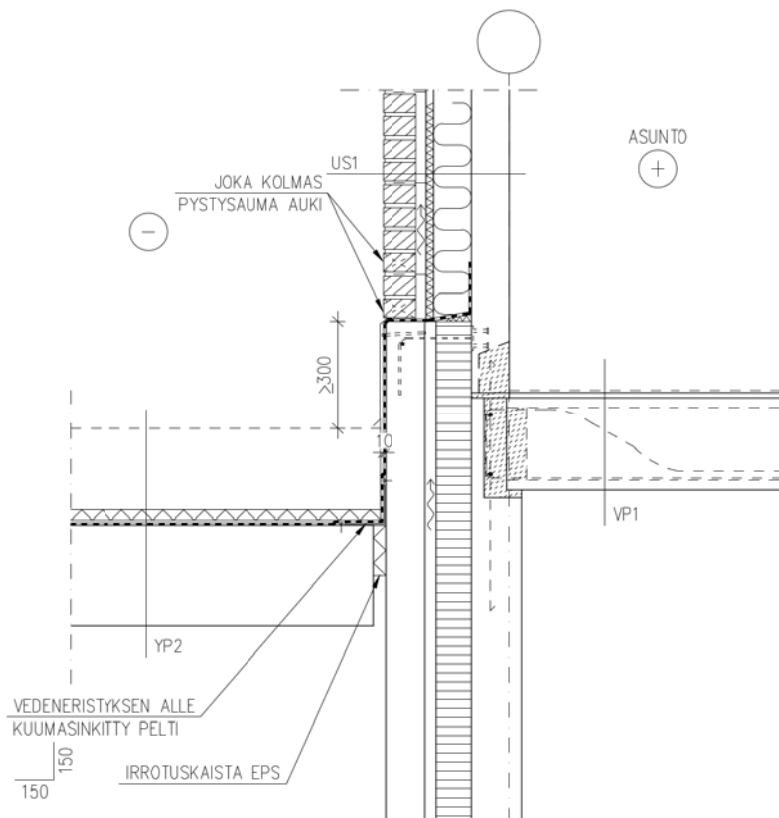
Kuva 11. Muuratun julkisivun tuuletus aukkojen ympärillä



Kuva 12. Sandwich-elementin tuuletus aukkojen ympärillä

Julkisivumuurauksen taakse pääsevän veden poisto on esitetty leikkauksissa kuvan 13. mukaisesti. Kermikaistat asennetaan sokkelin ja muurauksen väliin ja käännetään seinälle. Myös muurauksen tuuletus on varmistettu ylä- ja alosista sekä aukkojen ympäriltä. Sokkeli- ja sandwichelementtien eristetilaan pääsevän veden poisto on esitetty leikkauksissa sekä elementtisuunnitelmissa

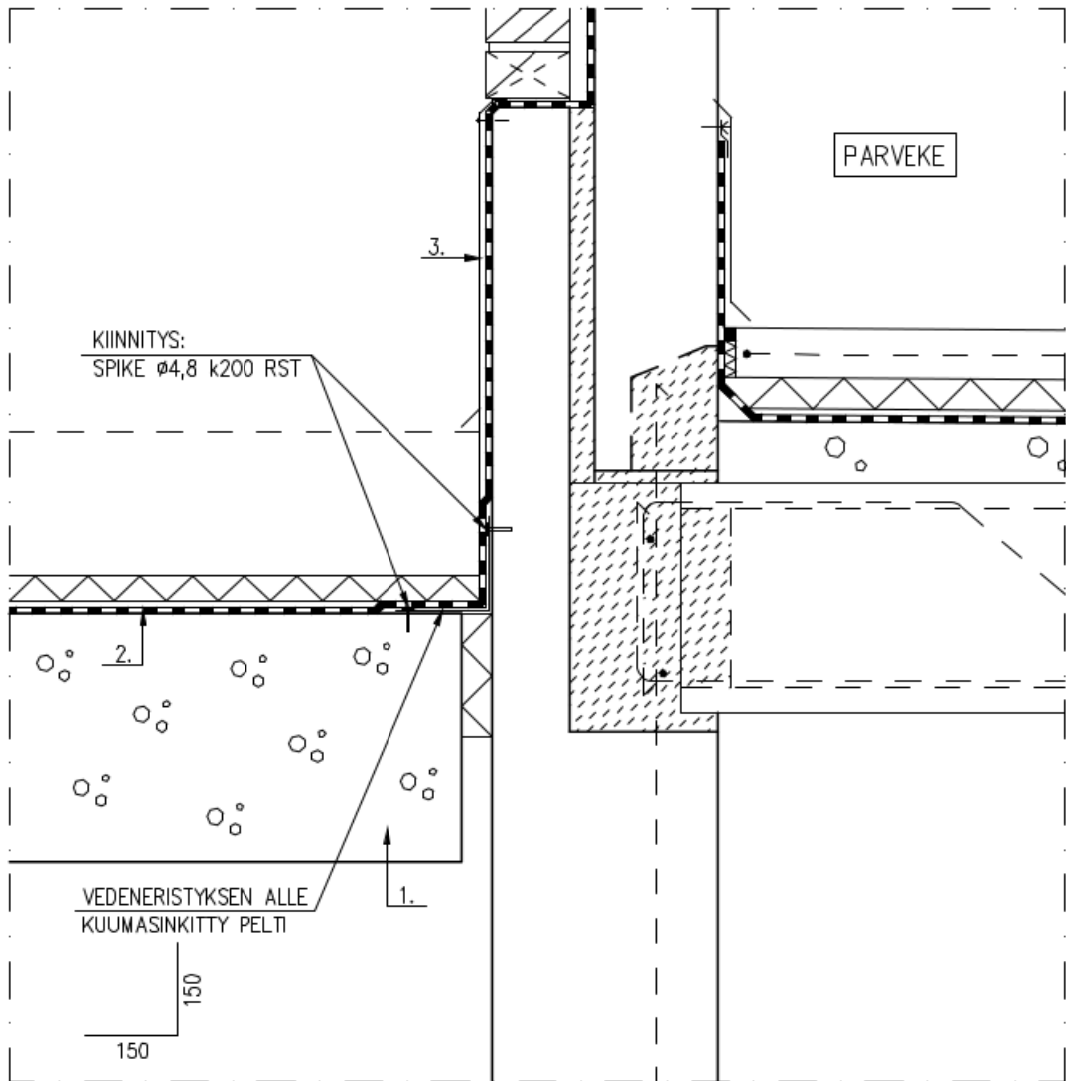
elementin alareunaan sekä aukkojen yläreunaan (kuva 12.). Lisäksi näiden elementtien elementtikuviin on lisätty maininta kutistemuovin asennuksesta elementin päälle ja sivuille eristeiden suojaamiseksi.



Kuva 13. Vedeneristeen nosto ympäröiviin rakenteisiin sekä muurauksen taakse pääsevän veden poisto

Ruiskukumin reunoihin, sellaisiin kohtiin, jotka osuvat liikuntasauaman kohdalle lisätään pellitykset. Näistä laadittiin kuvassa 14. oleva detalji. Ruiskukumin osalta tilaaja ja rakennuttaja päättivät sen käytöstä pihakannen vedeneristeenä, vaikka kosteudenhallintakoordinaattori oli huolissaan sen asennuksesta. Ruiskukumi vaatii kuivan alustan ja kaksi sateetonta päivää kuivuakseen kunnolla.

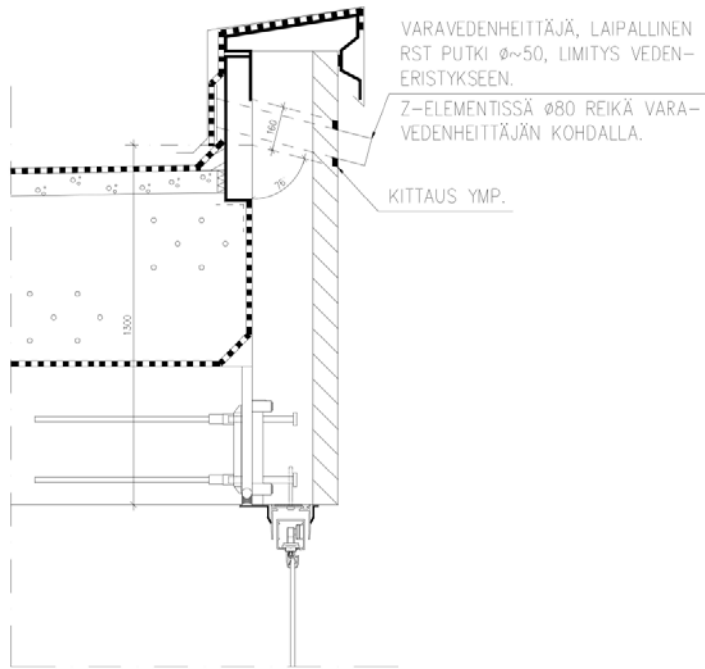




1. Jännebetonilaatasto, erikoispiirustusten mukaan
2. Vedeneristys, ruiskukumi: Below Grade 2-komponenttinen, kalvonpaksuus tuotevalmistajan ohjeen mukaan, nosto sokkelin yläreunaan, vähintään 300mm maanpinnasta
3. Ulkokäyttöön soveltuva pellitys 0,7 mm, alimmat vedeneristysten läpi menevät kiinnitykset vähintään 300 mm maanpinnan yläpuolelle

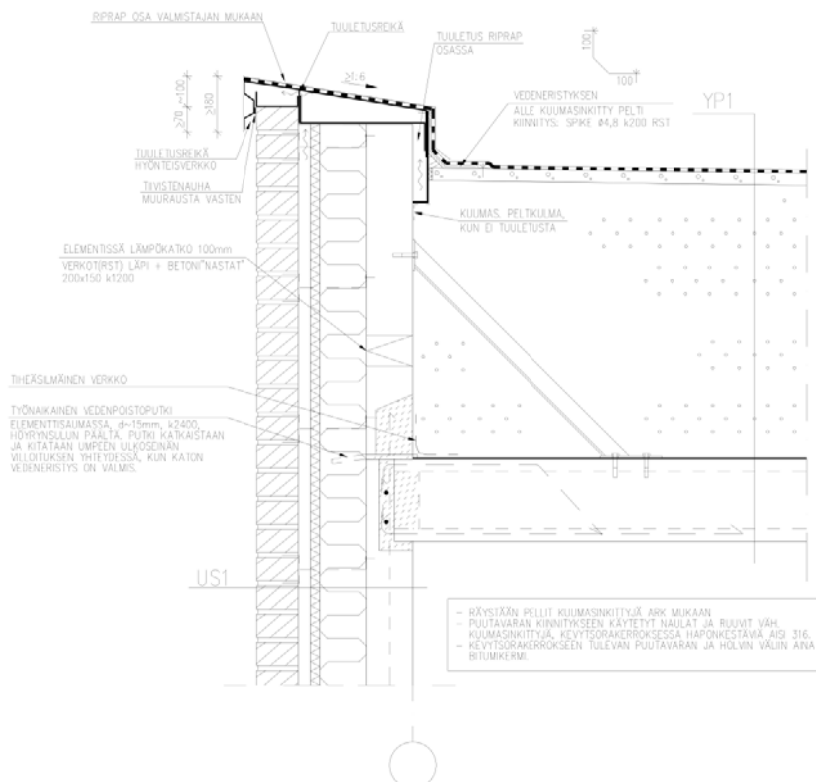
Kuva 14. Pihakannen ruiskukumin nosto ympäröiviin rakenteisiin

Vesikattoja suunniteltaessa 1:80 kallistukset on otettu huomioon. Kahdelle sivulle lisättiin varavedenheittäjät kuvan 15. mukaisesti, jotta kattokaivojen mahdollisesti tukkeutuessa vesi saadaan poistetuksi katolta. Lisäksi sääolosuhteiden kuten sateen tai lumen vuoksi kevytsorakerrokseen vesikatolle lisätään tarvittaessa salaojaputket. Nämä kuitenkin vain rakennusaikaista kosteutta poistamaan, koska muutoin katon tuuletuksesta huolehtii alipainetuulettimet sekä räystäät.



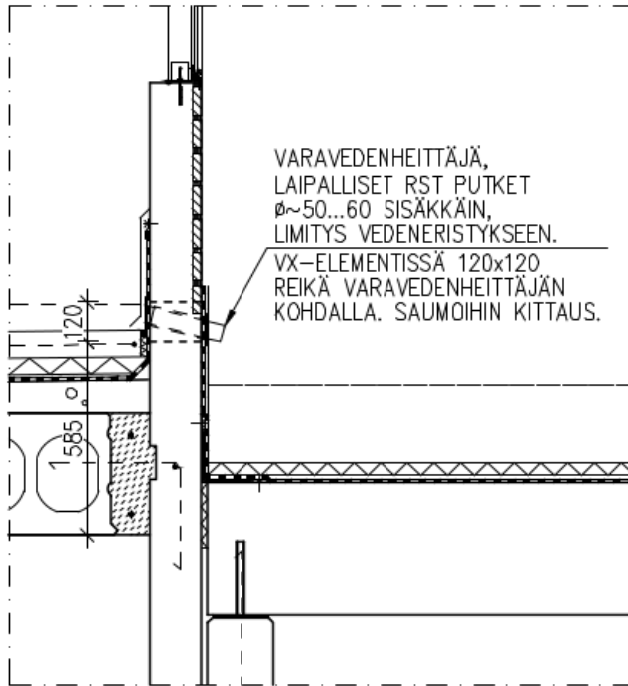
Kuva 15. Vesikaton varavedenheittäjät

Vesikatoille lisätään työnaikaiset vedenpoistoputket reunoilla olevien elementtien alasaumaan kuvan 16. mukaisesti. Katoilla vedeneriste nostetaan räystäiden alle ja tuodaan julkisivun puolella riittävän alas, jotta vesi ei pääse tuulen vaikutuksesta nousemaan räystään sisään ja sitä kautta yläpohjaan. Vesikaton erilaisista läpivienneistä laadittiin detaljit.

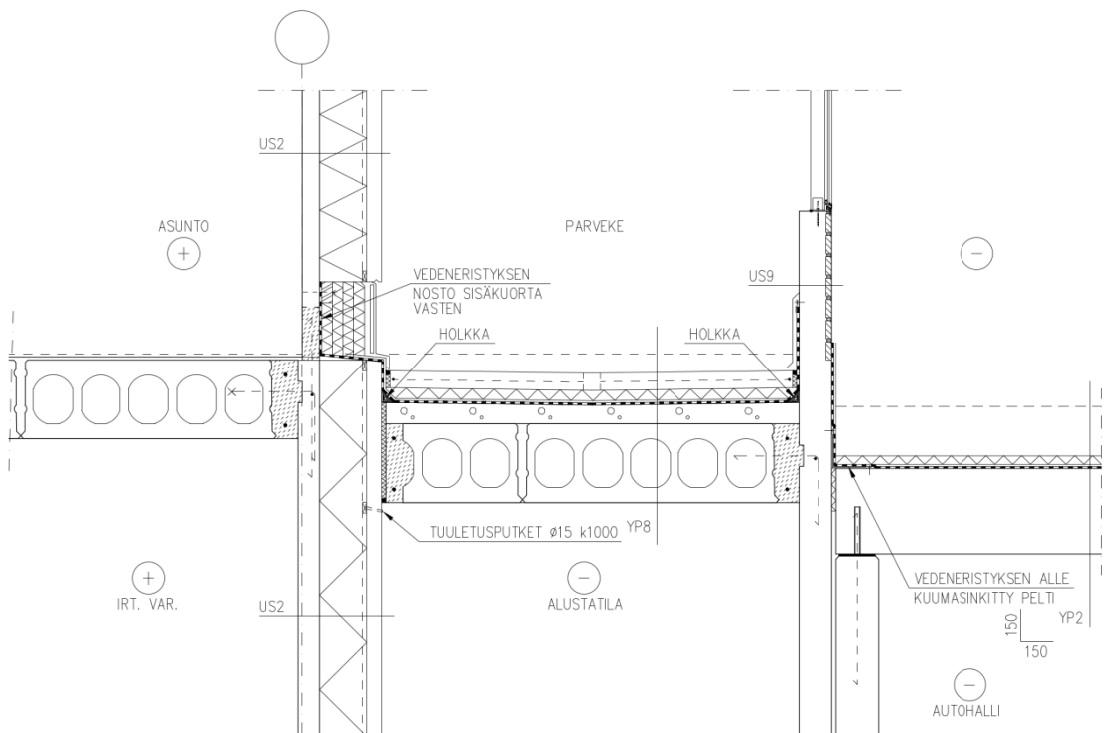


Kuva 16. Vesikaton leikkaus räystään kohdalta

Myös sellaisille parvekkeille missä on käännetty kattorakenne (esimerkiksi autohallin päälle tulevat parvekkeet) etuseinään lisätään varavedenheittäjät, jotka on esitetty kuvassa 16. Vedeneristeen nostetaan 300mm ympäröiviä rakenteita vasten. Kuvassa 18. on esitetty alakulmiin kumibitumin alle tulevat holkat, jotka loiventavat taivutuksia ja siten estävät kermiä rikkoutumasta.



Kuva 17. Parvekkeiden varavedenheittäjät



Kuva 18. Parvekkeiden käännetty kattorakenne

Kosteudenhallintakoordinaattori kävi läpi kohteen suunnitelmat ja teki tarkastuksesta raportin, jonka pohjalta suunnitelmia täydennettiin. Pyydettiin tarkentamaan rakennetyyppeihin vesikatteen pisteliimauskiinnitystä, pihakannen juurisuojasta sekä vedeneristeenä toimivan kumibitumikermin alustan kosteuden raja-arvoja. Pihakannen portaiden vedeneristystä piti myös tarkentaa ja tästä kohtaa tehtiinkin leikkaukset kahteen suuntaan.

## **6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET**

Kosteudenhallinta ja riskien minimointi on tärkeää jo suunnitteluvaiheessa. Hyvillä suunnitelmilla on työmaan helpompi tehdä rakenteet oikein ja vedenpitävästi. Aikataulutuksen tulee olla kohdillaan, jotta suunnittelijoille jää riittävästi aikaa ottaa riskit kunnolla huomioon ja tehdä tarvittavat suunnitelmat. Lopullinen kuivaketjun säilyminen on kiinni työmaasta ja loppukäyttäjistä. Mikäli suunnitelmia ei tunneta tai niitä ei noudateta ei rakennuksen kuivaketju toimi.

Liitteenä oleva lyhennetty suunnitteluohje on koottu Kuivaketju10N Excel todentamisohjeesta. Se sisältää kaikki rakennesuunnitelmissa ja asiakirjoissa huomioon otettavat asiat. Siihen on koottu selkeästi mitä leikkauksissa ja detailjeissa tulee ottaa huomioon. Suurin osa näistä on jo nyt otettu huomioon ja merkattu suunnitelmiin selkeästi. Se toimii tavallisen suunnittelijan apuna, eikä jokaisen tarvitse erikseen alkaa käymään koko Kuivaketju10 riskilistaa läpi. Projektipäällikölle tämä lyhennetty suunnitteluohje ei yksin riitä, vaan hänen pitää tuntea Excel tai nettiversio Kuivaketju10:stä, koska niihin pitää lisätä kuittaukset sekä tieto mistä suunnitelmassa kyseinen kohta on otettu huomioon.

Opinnäytetyön edetessä on käynyt ilmi, että ainakin osa suurista rakennusliikkeistä ei ole halukkaita käyttämään Kuivaketju10 järjestelmää sen työläyden vuoksi. Eri vaiheissa varsinkin netissä oleva RALAn järjestelmä vaatii monia kertoja kuittausta niin suunnittelijalta, urakoitsijalta kuin kosteudenhallintakoordinaattoriltakin. Eräälläkin isolla rakennusliikkeellä on oma listansa joka pohjautuu Kuivaketju10 Excel listaan. Osin asiat ovat samat ja osin hieman eri painotuksella olevia. Määrällisesti tällä listalla on hieman vähemmän huomi-

oon otettavia asioita. Se kuitenkin riittää täyttämään rakennusvalvonnan edellyttämän tason kosteudenhallintasuunnitelmasta.

Sitowisellä erääseen kohteeseen laaditun tuntimääräarvion mukaan Kuivaketju10 lisää tuntimäärää jonkin verran. Varsinkin ohjeiden mukaisten detaljien teko lisäävät työtä ja tässä kohteessa ne tehtiin lisätyönä, koska niistä ei ollut mainintaa tarjouspyyntömateriaalissa. Usein jo tarjousvaiheessa tarjotaan Kuivaketju10 käyttöä kohteen suunnittelussa ja tarjouksen liitteenä on tarkennettu lista siitä, mikä kaikki kuuluu kiinteään hintaan. Kaikkia kohtia ei siis automaattisesti tehdä vaan osin suunnitelmat laatii urakoitsija. Tällaisia ovat esimerkiksi kaikki työmaalle tulevien osien kuivanapito sekä kuivumisaikalaskelmat, jonka tekemiseen työmaalla on paremmat valmiudet ja ohjelmistot kuin suunnittelijoilla.

Tämä opinnäytetyö on tehty rakennesuunnittelijan näkökulmasta uusien kerrostalojen suunnittelua varten. Toki sitä voi soveltuvin osin hyödyntää myös pientalorakentamisessa. Lisäksi tulee ottaa huomioon rakennuksen materiaalit. Esimerkiksi betonielementtitalon riskit ovat hyvin erilaiset kuin puurunkoisten talojen ja siksi kaikkia riskilistan kohtia ei ole kaiken tyyppisissä rakennuksissa.

## LÄHTEET

Kallunki, E. 2017. Jätkäsaaren Pitsitalon kosteusvauriot eivät ole poikkeus – Rakennustarkastajat: "Asenteen pitää muuttua". Yle. Nettilehti. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9537081> [viitattu 4.11.2019].

Kosteudenhallinta.fi. 2019. Rakennusvaiheen kosteudenhallintasuunnittelu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakennussuunnittelu/148-rakennussuunnitteluvaiheen-kosteudenhallintasuunnitelma> [viitattu 4.11.2019].

Kuivaketju10. s.a. Rakentamisen laatu RALA ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://kuivaketju10.fi/> [viitattu 4.11.2019].

Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori. 2018. Rakentamisen laatu RALA ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10Kosteudenhallintakoordinaattori\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10Kosteudenhallintakoordinaattori_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Kuivaketju10 - Käyttö. 2018. Rakentamisen laatu RALA ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Ka%CC%88ytto%CC%88_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Kuivaketju10 - Suunnittelu. 2018. Rakentamisen laatu RALA ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Suunnittelu_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Kuivaketju10 - Tilaaminen. 2018. Rakentamisen laatu RALA ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Kouvola: Betonikeskus ry. 38-57.

Mölsä, S. 2017. Rakennuslehti: Tammikuussa rakennuslupaa hakevan on muutamassa päivässä ehdittävä opetella satoja muutoksia määräyksiin. Nettilehti. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/12/tammikussa-rakennuslupaa-hakevan-on-muutamassa-paivassa-ehdittava-opetella-satoja-muutoksia-maarayksiin/> [viitattu 4.11.2019].

Rakennuslehti. 2017. Näillä toimintatavoilla rakennusten kosteusongelmat vähenevät. Nettilehti. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/03/nailla-toimintatavoilla-rakennusten-kosteusongelmat-vahenevat/> [viitattu 4.11.2019].

Siikanen, U. 2015. Rakennusfysiikka - perusteet ja sovelluksia. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 2017. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782> [viitattu 4.11.2019].

**KUVA- TAI TAULUKKOLUETTELO**

Kuva 1. Kuvakaappaus Kosteus- ja homevaurioiden esiintyminen rakennuskannassa. Kauppinen, T. 2017. Saatavissa: <http://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/downloads/Muut%20julkaisu/ROTI-2017-raportti.pdf> [viitattu 4.11.2019].

Kuva 2. Rakennuksen kosteuslähteet . 2008. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet> [viitattu 4.11.2019].

Kuva 3. Taulukko erilaisten maalajien kapillaarisen veden noususta. Siikanen, U. 2015. Rakennusfysiikka - perusteet ja sovelluksia. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kuva 4. Taulukko ilman sisältämästä vesimäärästä (g/m<sup>3</sup>) eri lämpötiloissa suhteellisen kosteuden mukaan sekä lämpötila jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Siikanen, U. 2015. Rakennusfysiikka - perusteet ja sovelluksia. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kuva 5. Kuvakaappaus Kuivaketju10-riskilistan pääkohdat. Kuivaketju10 - Tilaaminen ohjekortti. 2018. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Kuva 6. Kuvakaappaus Kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyysvaatimukset. Kuivaketju10 - Kosteudenhallintakoordinaattori ohjekortti. 2018. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Kuva 7. Kuvakaappaus Kosteuskoordinaattorin tehtävät. Kuivaketju10 - Tilaaminen ohjekortti. 2018. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen\\_150313.pdf](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf) [viitattu 4.11.2019].

Kuva 8. Alapohjan suunnittelussa huomioon otettavia asioita. 2019. Lattu, P.

Kuva 9. Salaojien ja kapilaarikatkokerrosten puuttuminen on vahingoittanut vanhan omakotitalon ulkoseinän ala- ja pystyjuoksuja. 2015. Lattu, P.

Kuva 10. Yläpohjan suunnittelussa huomioon otettavia asioita. 2019. Lattu, P.

Kuva 11. Muuratun julkisivun tuuletus aukkojen ympärillä

Kuva 12. Sandwich-elementin tuuletus aukkojen ympärillä



Kuva 13. Vedeneristeen nosto ympäröiviin rakenteisiin sekä muu-  
rauksen taakse pääsevän veden poisto

Kuva 14. Pihakannen ruiskukumin nosto ympäröiviin rakenteisiin

Kuva 15. Vesikaton varavedenheittäjät

Kuva 16. Vesikaton leikkaus räystään kohdalta

Kuva 17. Parvekkeiden varavedenheittäjät

Kuva 18. Parvekkeiden käännetty katto

## Liite 1. Kuivaketju10 rakennesuunnittelussa huomioon otettavaa

Lyhennetty ohje rakennesuunnittelijalle

### Perustus, pintavesi sekä salaojasuunnitelmissa otettava huomioon:

- maanpinnan kallistus 1:20 rakennuksesta ulospäin (1)
- pintavesisuunnitelma – Geo / piha? (1)
- perusmaan kallistukset salaojiin  $\geq$  1:100, korkojen lisäys – tee kaivukuva (1)
- nurkkapisteidien merkitseminen kuviin, kallistukset kaivoon 1:100...1:200 (1)
- salaojaputkistot mieluiten anturan alapuolelle tai kapillaarikatkojen lisäys (1)
- tarkastuskaivot erillään toisistaan max. 20m (1)
- varsinaisen sadevesijärjestelmän rinnalle asennettavan toisen järjestelmän lisäyksen tarve (1)
- salaojakerroksen kiviainesten määräytyminen – GEO (1)
- kapillaarikatkokerroksen vaatimusten ja paksuuden määrittäminen – GEO (1)
- louhintasuunnitelmassa kalliopohjan muodon esittäminen, ei saa jäädä syvänteitä - GEO (1)
- salaojasuunnitelma tulee korjata tarkepiirustuksen mukaan

### Leikkauksissa, detaljeissa sekä rakennetyypeissä otettava huomioon:

- ulkoverhouksen taakse pääsevän veden poisto (lisää tuuletusputket, kermikaistat tai pellitykset tapauskohtaisesti, tulee tuulettua ylä- ja alapäässä, sekä aukkojen kohdalla) (2)
- julkisivumuurausten tiilisiteet kallistus ulospäin ja laastipurseiden poiston ohjeistus ja riittävän tuuletuksen varmistus (2)

- ilmansulun jatkosten teippaukset - kovien pintojen väliin ja jos pelkkä teippaus niin ohjeistus toteutuksesta (4)
- RAK arvioi tarvitaanko märkätilojen päälle alumiinipaperi (5)
- märkätilojen vedeneristeiden oltava sertifioituva - pintamateriaalien, lattiakaivon, vedeneristeen ja alustan oltava yhteensopivia (7)
- lisättävä merkintä, että asennuksen yhteydessä asentajalla oltava valmistajan kirjalliset ohjeet käytössä ja sertifikaatin mukaiset kuivakalvopakkuudet mitattava loopilla (7)
- laatia vesikalusteiden kiinnityksestä ohjeet (7)
- viitearvojen esitys puutavaran sallituille kosteuspitoisuuksille (7)
- kastumiselle alttiiden rakenteiden suojausten lisäys elementtisuunnitelmiin (7)
- rakennusaikaisten sade- ja sulamisvesien johtaminen pois holvin päältä - valuma-alueiden määrittäminen, ulosheittäjät, patojen esittäminen kosteudelle herkkien rakenteiden suojaamiseksi (7)
- betonirakenteiden päälle tulevien puuosien alle kermikaistat sekä levyjen irtiotot betonista vähintään 5mm (7)

### Vesikattosuunnitelmissa otettava huomioon:

- vesikattojen kallistukset myös jiirien kohdalla vähintään 1:80 (3)
- aluskatteen suunnittelu tuulenpaineen aiheuttamaa vesirasitusta vastaan (vaakasaumojen tiivistykset) (3)
- kattokaivojen vaihtoehtoinen vedenpoistoreitti esim. varavedenheittäjät, kaivoja oltava väh. 2kpl sekä kaivojen sijoitus muuta kattopintaa alemmaksi syvennykseen (3)
- aluskatteen ulottaminen ulkoseinän ulkopuolelle  $\geq$  250mm (3)
- vesieristeen ylösnostot  $\geq$  300mm (3)
- kaikkien valittujen tuotteiden tulee olla yhteensopivia ja kattokaltevuuteen soveltuvia (3)

**Detaljit:**

- läpivientien tiivistykset ylösnostoilla ja kumibitumiivistyksillä sekä läpivientikappaleilla ja teippauksilla (2)
- suorakaiteen muotoisten läpivientien tiivistykset (3)
- liittyminen ikkunoiden ja ovien karmeihin (mukana pellitysten ja tuulensuojakerroksen liittyminen, liittyminen vaakapintoihin vähintään 15°, pellitykset eivät saa estää tuuletusta, tiiviys roiskevettä vastaan) (2)
- julkisivun epäjatkuvuuskohdat ja ylösnostot (2)
- alapohjan ja ulkoseinän liittymä jossa esitetty limitykset ilmansulun ja tiivistyskaistan eli radonkaistan kohdalla (4)
- yläpohjan ja ulkoseinän liittymä (yp ja us ilmansulun liittymä kahden kovan kerroksen väliin) (4)
- ulkoseinän nurkka ja ilmansulun limitykset (4)
- huoneiston väliseinän liittyminen ulkoseinään jossa ilmansulku jatkuu yhtenäisenä väliseinän ohi (4)
- liittyminen rakenteen läpimenevään kannattajaan esim. alapaarteeseen (4)
- kahden eri materiaalin liitos (4)
- harkkorakenteiden tiivistys ohutrappaamalla molemmin puolin(4)
- RAK tulee arvioida toteutuuko ilmanvuotoluku alle 1 tehdyillä suunnitelmilla (4)
- märkätilojen vedeneristeen nostot erilaisiin pintoihin, läpiviennit, tulvakynnys, lattiakaivot sekä hanakulmarasian liitokset (7)

Sulkuihin perässä merkitty riskin numero