



Betonirakenteisen asuinkerros- talon kosteustekninen toiminta

Ulkopuoliset kosteusrasitukset ja vedeneristeet

Henri Mäkinen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma

MÄKINEN, HENRI:

Betonirakenteisen asuinkerrostalon kosteustekninen toiminta
Ulkopuoliset kosteusrasitukset ja vedeneristeet

Opinnäytetyö 102 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2022

Opinnäytetyössä tutkittiin betonirakenteisen asuinkerrostalon kosteusteknistä toimintaa. Työssä selvitettiin rakennukseen vaikuttavia ulkopuolisia kosteusrasituksia, kosteuden siirtymämuotoja sekä vedeneristyksiä. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa ohjekortteja, joiden avulla suunnittelijat tunnistavat kosteustekniset rasitukset ja osaavat suunnitella rakenteet kosteusteknisesti toimiviksi. Tutkimus tehtiin kirjallisuus tutkimuksena.

Työn alussa käsiteltiin asuinrakennukseen ulkopuolelta vaikuttavia kosteusrasituksia sekä kosteuden siirtymistä rakenteissa. Rakennuksen ulkopuolella käytettäviin vedeneristeisiin luotiin yleiskatsaus, mutta ohjeiden yhteydessä työtä rajattiin vain bitumikermieristeisiin. Työssä selvitettiin mitä kaikkea ulkopuolisten vedeneristeiden suunnittelussa tulee huomioida. Ja lopuksi luotiin vielä tarkentavia ohjeita eri asioiden suunnitteluun.

Työn tarkoituksena oli tuottaa A-Insinöörit Oy:n käyttöön lyhyitä ohjekortteja, joiden avulla suunnittelijat tunnistavat ulkopuolisia kosteusrasituksia sekä osaavat suunnitella kosteusteknisesti toimivia rakenteita. Työn tuloksena saatiin toteutettua salaojien rakenneohje sekä pihakansien suunnitteluohje.

Omalta osaltani toivon tämän työn, sekä sen yhteydessä tuotettujen ohjeiden olevan hyödyllinen muille suunnittelijoille ja lisäävän kosteusteknisen suunnittelun osaamista.

Asiasanat: kosteustekninen toiminta, ulkopuoliset kosteusrasitukset, vedeneristeet

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Construction Engineering

MÄKINEN, HENRI:

Moisture technical functioning of a concrete residential building
External moisture stresses and waterproofing

Master's thesis 102 pages, appendices 19 pages
May 2022

In the thesis, the moisture technical operation of a concrete residential apartment building was studied. The work examined the external moisture stresses affecting the building, the forms of moisture transition and waterproofing. The purpose of the study was to produce instruction cards that enable designers to identify moisture technical stresses and to be able to design structures to function in terms of moisture technology. The study was conducted as a literature study.

At the beginning of the work, the moisture stresses affecting the outside of a residential building and the transfer of moisture in the structures were studied. An overview was given for waterproofing used outside the building, but in the context of the guidelines, the work was limited to bitumen insulations. The work explored things to consider when designing external waterproofing, and finally, more detailed guidelines for planning special issues were created.

The purpose of the work was to produce short instruction cards for the use of A-Insinöörin Oy, with which designers can identify external moisture stresses and know how to design structures that function in terms of moisture technology. As a result of the work, the construction instructions for the drains and the design instructions for the yard decks were implemented.

For my part, I hope that this work, as well as the instructions produced in it, will be useful to other designers and increase the knowledge of moisture engineering design.

Key words: moisture technical functioning, external moisture stresses, waterproofing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
	1.1 Tavoite ja tarkoitus	6
	1.2 Taustaa	6
	1.3 Ajankohtaisuus.....	7
	1.4 Rajaukset	7
	1.5 Tutkimusmenetelmät.....	8
2	RAKENNUKSEN ERI OSIIN ULKOPUOLELTA KOHDISTUVAT KOSTEUSRASITUKSET	9
3	KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA.....	13
	3.1 Veden painovoimainen siirtyminen.....	13
	3.2 Veden kapillaarinen siirtyminen.....	14
	3.3 Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla	16
	3.4 Vesihöyryn ja veden siirtyminen ilmavirtauksien mukana	17
4	RAKENNUKSEN ULKOPUOLELLA KÄYTETTÄVÄT VEDENERISTEET 19	
	4.1 Jatkuvat vedeneristeet	19
	4.1.1 Bitumikermit.....	20
	4.1.2 PVC-Kermit.....	23
	4.1.3 Muut vedeneristeet	25
	4.2 Epäjatkuvat vedeneristeet.....	27
	4.3 Betonin lisäaineet.....	27
	4.4 Pellitykset.....	28
	4.5 Tiivistykset ja elastiset saumamassat	29
5	RAKENNUKSEN ULKOPUOLISTEN VEDENERISTEIDEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT	32
	5.1 Kosteusteknisen suunnittelun laajuus ja tarkasteluprosessi.....	32
	5.2 Mikrobikasvustot rakenteiden pinnoilla.....	35
	5.3 Perustukset ja maanvastaiset lattiarakenteet.....	38
	5.4 Kellarinseinät ja maanvastaiset seinärakenteet	42
	5.5 Vedenpaineen alaiset rakenteet.....	44
	5.6 Julkisivurakenteet.....	45
	5.7 Vesikattorakenteet	46
	5.8 Kansirakenteet	50
	5.9 Liikuntasaumat.....	52
6	OHJEKORTIT SUUNNITTELUN TUEKSI.....	55
	6.1 Salaojien rakenneohje.....	55
	6.2 Kellarin seinät.....	55

6.3 Vedenpainerakenteet	60
6.4 Julkisivurakenteet.....	61
6.4.1 US1, Sandwich elementti	62
6.4.2 US2, Muurattu seinärakenne.....	68
6.5 Vesikattorakenteet	71
6.6 Kansirakenteet	76
6.7 Liikuntasaumat.....	77
7 YHTEENVETO.....	78
LÄHTEET	79
LIITTEET.....	82
Liite 1. (6 sivua). Salaoituksen rakenneohje (SALAINEN).....	82
Liite 2. (12 sivua). Pihakannet – suunnitteluohje (SALAINEN).....	83

1 JOHDANTO

1.1 Tavoite ja tarkoitus

Opinnäytetyö tehdään Tampereen ammattikoreakoulun rakentamisen ylempään koulutusohjelmaan, A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kehitysprojektina. Työn tavoitteena on selvittää betonirakenteisen asuinkerrostalon ulkovaippaan vaikuttavia kosteusrasituksia, kuinka kosteus liikkuu rakenteissa ja miten eri rasituksilta rakenteita tulee suojata. Kun tunnetaan rasitukset, tiedostetaan mahdolliset riskipaikat rakenneosittain ja osataan suojata rakenteita kosteusteknisesti tarvittavilta osin, saavutetaan onnistunut lopputulos eli kosteusteknisesti toimiva rakennus.

Tarkoituksena on tuottaa A-Insinöörien suunnittelijoiden käyttöön yksinkertaisia ohjekortteja, joiden avulla suunnittelija pystyy tunnistamaan rasitukset, paikallistamaan kohteen mahdolliset riskipaikat sekä suunnittelemaan rakenteet kosteusteknisesti toimiviksi. Rakennusten kosteustekninen suunnittelu on tärkeää, sillä toimimattomat rakenteet voivat aiheuttaa rakenteellista ja esteettistä vaurioitumista, käyttöiän lyhenemistä sekä sisäilmaongelmia. Lisäksi rakenteiden korjaaminen jälkikäteen kosteusteknisesti toimiviksi on useimmiten todella hankalaa ja kallista.

1.2 Taustaa

Rakennuksen kosteustekninen suunnittelu on tärkeä osa rakennuksen suunnitteluprosessia. Kosteusteknisen suunnittelun epäonnistuminen johtaa helposti rakennuksen käyttöiän lyhentymiseen, rakenteellisiin vaurioihin sekä sisäilmaongelmiin. Rakennuksen kosteustekninen ja rakennusfysikaalinen suunnittelu on osa rakennesuunnittelun tehtäväsisältöä. Kosteusteknistä suunnittelua vaaditaan nykyisin enenevässä määrin ja suunnittelijoiden tehtäväksi tulee entistä enemmän yksityiskohtaista suunnittelua esimerkiksi vedeneristeiden osalta. Rakennusten kosteustekninen suunnittelu on haastavaa ja siinä onkin viime vuosina havaittu jonkin verran haasteita. Ohjekortit suunnittelijoiden tueksi ovat omiaan helpottamaan suunnittelupöydällä olevia haasteita.

Rakentamisen laatu RALA ry on pyrkinyt omalta osaltaan ohjaamaan rakennusten kosteusteknistä suunnittelua ja toteutusta parempaan suuntaan. RALA ry on luonut Kuivaketju10 järjestelmän, joka perustuu riskilistoihin. Nimensä mukaisesti riskilistoja on 10 ja jokaisen alle on kerätty erilaisia todentamistehtäviä eri suunnittelualoille, valvojille ja urakoitsijoille. Todentamistehtävien avulla pyritään huomiomaan oleellisimpia asioita suunnittelussa, valvonnassa ja toteutuksessa. Tämän työn jäsentelyssä on käytetty hyväksi vastaavaa rakenneosien jäsentelytapaa kuin kuivaketju10.

1.3 Ajankohtaisuus

Sisäilmaongelmista, hometaloista, vuotavista uusista rakennuksista ja muista aihepiiriin sopivista asioista voidaan lukea lehdistä lähes viikoittain. Otsikoina on kalliita oikeudenkäyntejä, kalliita korjauksia ja muuta vastaavaa. Pelkästään tämä riittää mielestäni toteamaan aiheen ajankohtaisuuden.

Nykyisin rakennetaan paljon vesistöjen läheisyyteen. Tämä aiheuttaa sen, että perustusten ja kellareiden kanssa ollaan hyvin nopeasti tekemisissä pohjaveden kanssa. Pohjaveden pinnan alapuolelle rakentamisessa ollaan tekemisissä paineellisen pohjaveden kanssa, joka aiheuttaa suunnitteluun ja toteutukseen omanlaisiaan haasteita.

Oma kokemukseni aiheesta on, että suuri osa ongelmista aiheutuu puutteellisesta tai ohjeiden vastaisesta toteutuksesta. Näitä asioita voidaan toki pyrkiä ennalta ehkäisemään kehittämällä suunnitelmia ja suunnittelua entisestään. Työmaatoteutukselle jää kuitenkin kaikesta huolimatta vastuu siitä, että rakenteet toteutetaan suunnitelmien mukaan. Osaava ja ammattitaitoinen työmaaorganisaatio ovat siis avainasemassa hankkeen onnistumisen kannalta.

1.4 Rajaukset

Aihepiiri on hyvin laaja ja työ lähtee helposti leviämään. Aihepiiri on kuitenkin tarkoitus ymmärtää riittävän kattavasti, jotta pystytään suunnittelemaan toimivia rakenteita. Otsikon mukaisesti työssä tarkastellaan vain tavanomaisten betoni-

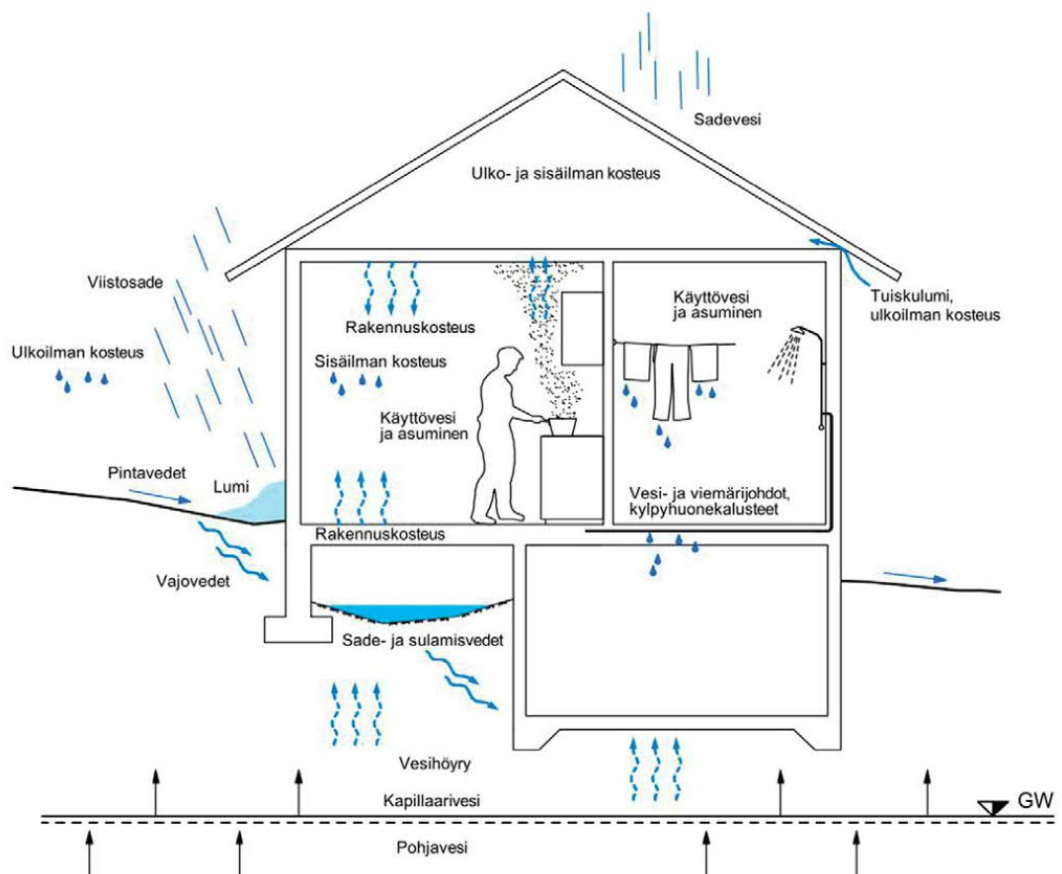
rakenteisten asuinkerrostalojen runkoja ja niissä esiintyviä rakenneosia. Erilaisiin vedeneristeisiin ja vedeneristysjärjestelmiin luodaan yleiskatsaus, mutta ohjekorteissa käsitellään vain yleisimpiä bitumikermieristeillä toteutettavia ratkaisuja. Työ rajataan käsittelemään vain rakennuksen ulkopuolisia kosteusrasituk-
sia sekä vedeneristystä.

1.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä on käytetty kirjallisuusselvitystä, joka perustuu pääasiassa rakennusalan eri yhdistysten julkaisuihin, maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä ympäristöministeriön julkaisemiin asetuksiin ja ohjeisiin. Rakennusalan yhdistyksillä tarkoitan erityisesti Suomen Rakennusinsinöörien liiton RIL:n julkaisuja, Rakennustietosäätiö RTS:n julkaisemia RT-kortteja sekä Kattoliitto ry:n julkaisuja.

2 RAKENNUKSEN ERI OSIIN ULKOPUOLELTA KOHDISTUVAT KOSTEUSRASITUKSET

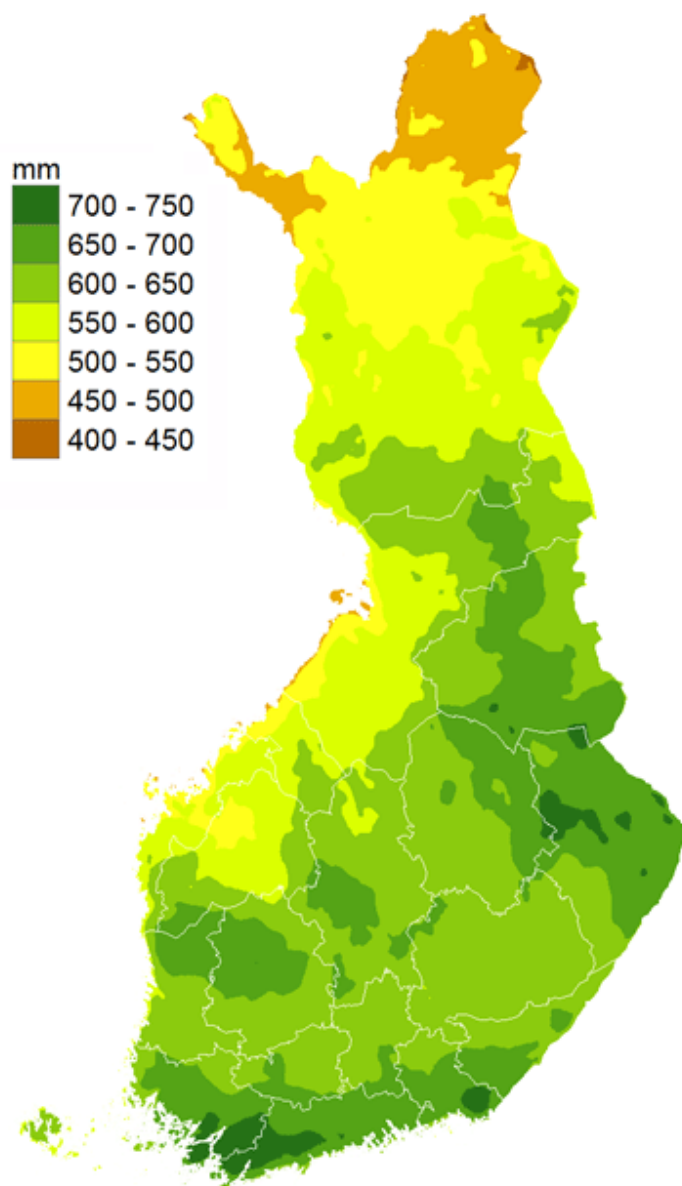
Yksi tärkeimmästä rakennuksen ulkovaipan tehtävistä on suojata rakennuksen sisätiloja ulkopuolisilta kosteuslähteiltä. Toisaalta ulkovaipan uloimpien osien tehtävänä on myös suojata kantavia rakenteita, niin että ne pystyvät toimimaan koko rakennuksen suunnitellun käyttöiän ajan. Suomalainen ilmasto ja sen neljä vuodenaikaa aiheuttavat rakennukselle erilaisia kosteusrasituksia eri vuodenaikoina. Rakennukseen ulkopuolelta kohdistuvia rasituksia ovat sadevesi, yhdessä tuulen kanssa myös viistosade, pintavedet ja keväisin myös sulamisvesien rasitus, maaperän kosteusrasitus sekä ulkoilman kosteus. Rakennukseen vaikuttavia kosteuslähteitä on esitetty havainnollisesti kuvassa 1. (RIL255-1-2014, s.39)



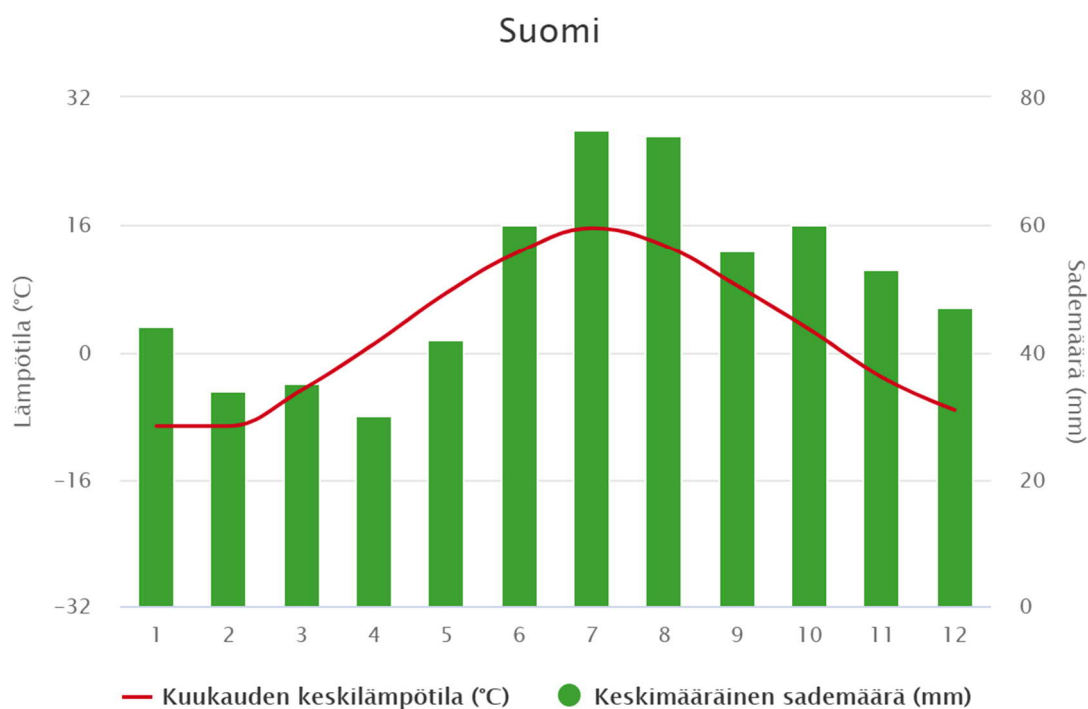
KUVA 1. Rakennusta rasittavia kosteuslähteitä (RIL255-1-2014, s.39)

Merkittävin ja voimakkain rakennuksen ulkopuolisista kosteusrasituksista on sade. Sade voi tulla taivaalta missä tahansa veden olomuodossa tai jopa niiden yhdistelmänä. Suomessa sataa vuosittain keskimäärin noin 600 mm vettä. Kuvassa 2 on esitetty vuosittainen sademäärä Suomen eri alueilla mittausjakson

keskiarvona. Kuvasta voidaan havaita, että eteläisessä suomessa sade määrät ovat huomattavasti suurempia kuin pohjoisessa. Kuviossa 1 on esitetty keskimääräinen sademäärä kuukausittain mittausjakson keskiarvona. Tästä kuviosta nähdään, että suurimmat sateet Suomessa ajoittuu loppukesään / alkusyksyyn. Heinä-elokuussa vettä voi tulla myös kertaheitolla runsaasti, heinäkuun vuorokausi sade ennätys on jopa 198,4 mm ja elokuun 150,8 mm (Ilmatieteenlaitos.fi/sade-ennatyksia).



KUVA 2. Keskimääräinen vuosisade 1981–2010. (Ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot)



Ilmatieteen laitos

KUVIO 1. Suomen keskimääräinen lämpötila ja sademäärä kuukausittain (ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot)

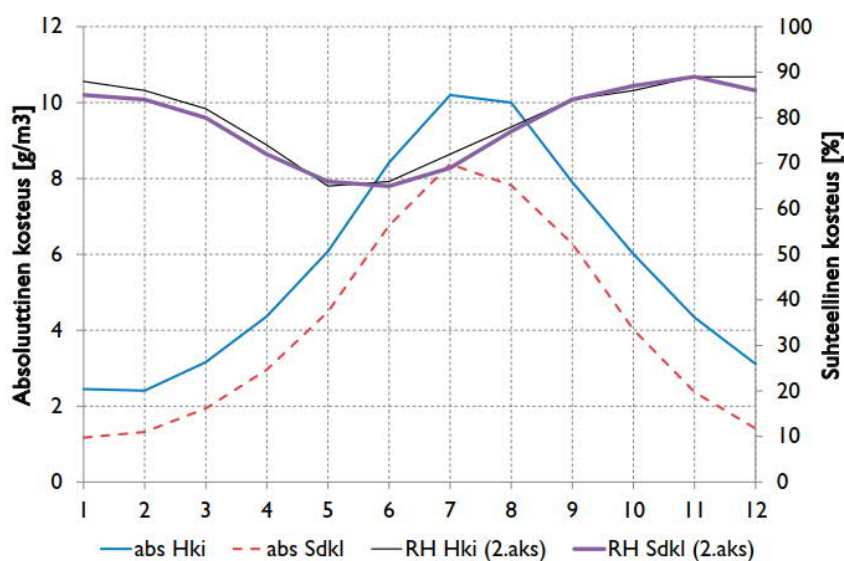
Painovoiman vaikutuksesta sadepisarat tulevat suoraan alaspäin, mutta tuulen vaikutuksesta vesipisarat liikkuvat vaakasuunnassa ja rasittavat myös rakennuksen pystypintoja. Voimakas tuuli voi kuljettaa vettä julkisivun pystypinnoilla myös ylöspäin. Lisäksi se on omiaan painamaan vettä rakenteiden sisään kaikista julkisivun epäjatkuvuuskohdista. Lämpötilan ollessa pakkasen puolella sade tulee pääosin lumena. Tuuli kuljettaa myös lunta vaakasuunnassa ja voi kuljettaa sitä myös ylöspäin julkisivupinnoilla. Etenkin korkeiden rakennusten räystäälle voi muodostua tuulen vaikutuksesta pyörteitä, jonka vaikutuksesta lunta voi päästä esimerkiksi ilmaraoista yläpohjaan varsinaisen vesikatteen alapuolisiin tiloihin. Siellä sulaessaan lumi muodostaa kosteusrasituksen paikkaan, johon sitä ei haluta.

Maahan päätynyttä virtaavaa sadevedettä kutsutaan pintavedeksi. Maanpintojen kallistukset rakennuksen ympärillä on suunniteltava niin, ettei pintavedet pääse valumaan rakennusten seinustoille ja näin rasittamaan rakenteita. Maanpinnan kallistus pois päin rakennuksesta on tärkeä myös siksi, että keväisin seinustalla olevien lumien sulamisvedet ohjautuvat pois rakennuksen reunoilta. Ongelmia voi aiheutua erityisesti sellaisissa rakennuksissa, joissa lattia on ympäröivän maanpinnan alapuolella, eli rinneratkaisuissa ja kellarillisissa rakennuksissa.

Maaperän kosteusrasitus on ulkopuolisista kosteusrasituksista pitkäkestoisin. Maaperä saa kosteutensa maahan imeytyvistä pintavesistä eli vajovesistä sekä pohjavedestä. Pohjavesi taas muodostuu maahan imeytyneistä vajovesistä. Pohjavesi sijaitsee aina jossain korkeudessa maanpinnan alapuolella, yleensä rakennuksen perustustason alapuolella. Maan kapillaarisuuden ansiosta maaperän ilmahuokosten suhteellinen kosteus on käytännössä aina lähes 100 %. Tämä tarkoittaa sitä, että maanvastaisia rakenteita rasittaa kosteusrasitus jatkuvasti.

Joskus rakennuksia joudutaan rakentamaan myös pohjaveden pinnan alapuolelle. Pohjaveden pinnalla vedenpaine vastaa ilmanpainetta. Pohjaveden pinnan alapuolella hydrostaattinen paine kuitenkin kasvaa ja on suurempi kuin ilmanpaine. Tästä aiheutuva rasitus on rakenteille todella merkityksellinen ja se on aina otettava huomioon suunnittelussa tarkalla detaljitason suunnittelulla.

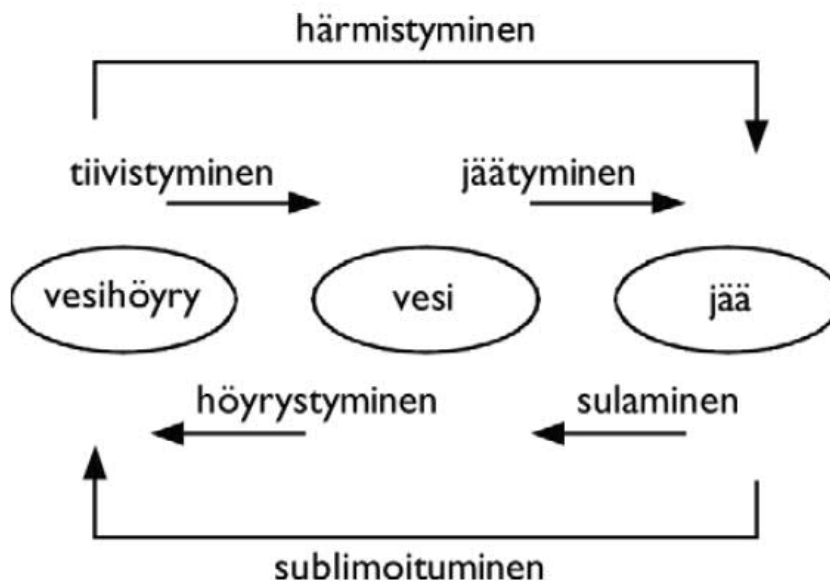
Rakennuksia ympäröivä ulkoilmakin vaikuttaa rakenteisiin joka suunnasta rakennuksen ulkopuolelta. Rakenteiden kosteuspitoisuus vaihtelee ilman kosteuspitoisuuden vaihdellessa, koska rakennusmateriaalien hygroskooppinen tasapainokosteus muodostuu ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden mukaan. Ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelee talviaikana 80–90 % välillä ja kesäaikaan 60–80 % välillä. Kosteusmääränä tämä tarkoittaa taviaikaan alimmillaan 1–3 g/m³ ja kesällä 9–11 g/m³. Edellä esitetyt lukuarvot ovat luettavissa myös kuvaajana kuviossa 2.



KUVIO 2. Suhteellinen kosteus ja absoluuttinen kosteus kuukausikeskiarvona Helsingissä ja Sodankylässä. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, s.109)

3 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA

Vesi esiintyy rakennuksissa kolmessa eri olomuodossaan, vesihöyrynä, vetenä ja jäänä. Olomuotoaan vesi muuttaa lämpötilasta riippuen rakenteissa ja niiden pinnoilla. Vesihöyry tiivistyy vedeksi ja jäätyy edelleen jääksi. Toisin päin jää sulaa vedeksi ja haihtuu edelleen vesihöyryksi. Ääriolosuhteissa vesihöyry voi härmistyä suoraan jääksi tai jää voi sublimoitua suoraan vesihöyryksi. Veden olomuotojen muutoksia kuvataan myös kuviossa 3. (Ympäristöopas 2016, s.101)



KUVIO 3. Veden olomuodonmuutokset (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, s.101)

3.1 Veden painovoimainen siirtyminen

Luonnossa tapahtuva veden kierto on hyvä palauttaa mieleen, kun aletaan miettimään veden painovoimaista siirtymistä ja sitä kautta aiheutuvaa kosteusra-
situsta rakennukselle. Yksinkertaistettuna vesi haihtuu ilmaan valtameristä, kul-
keutuu ilman mukana mantereelle ja tulee sitten sateena takaisin alas ilmasta.
Osa sadevesistä valuu pintavalumana takaisin vesistöihin ja osa imeytyy maape-
rään ja kulkeutuu pohjavetenä takaisin meriin. Haihduntaa tapahtuu lisäksi myös
muista vesistöistä sekä kasvillisuudesta, esimerkiksi metsistä.

Painovoimaisesti vesi siirtyy luonnollisesti ylhäältä alaspäin. Vinoilla pinnoilla tapahtuu tietenkin myös vaakasuuntaista siirtymistä, mutta pääsuunta on aina alaspäin johtuen maan vetovoimasta. Kapillaaristen materiaalien kohdalla painovoimalla ei ole useinkaan suurta merkitystä kosteuden siirtymisen suhteen, koska kapillaarivoimat ovat usein painovoimaa suurempia. Karkearakeisissa maa-aineissa veden painovoimainen siirtyminen on kuitenkin mahdollista huolimatta siitä, että maa-aines itsessään olisikin kapillaarisesti vettä imevää. (Sisäilmäyhdistys ry, kosteuden siirtyminen, veden painovoimainen siirtyminen)

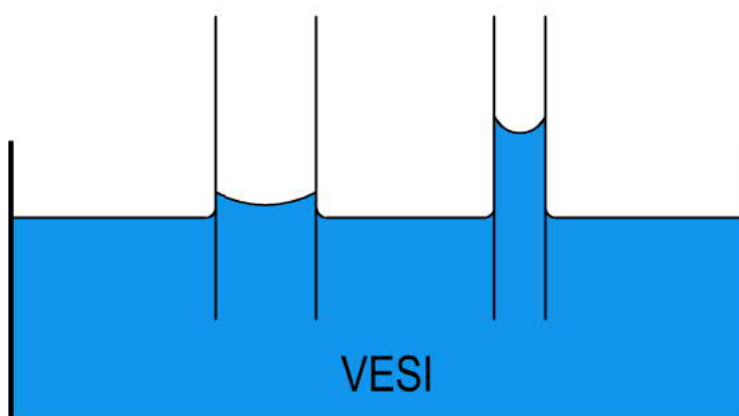
Pelkästään painovoimainen saderasitus kohdistuu rakennuksen kattamattomille tasorakenteille sekä katoille. Yhdessä tuulen kanssa muodostuva viistosade rasittaa myös julkisivun pystypintoja, tästä ilmiöstä on kerrottu enemmän kappaleessa 2.4. Veden painovoimainen siirtyminen aiheuttaa rakennuksille vesimäärältään selvästi suurimman kosteusrasituksen. Tästä syystä esimerkiksi vesikaton tiiviys muodostuu erittäin tärkeäksi rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus julkaisussa on erittäin havainnollinen esimerkki vesikaton tiiveyden tärkeydestä. Esimerkissä 2 cm vedenpaine aiheuttaa 1 cm² reiästä noin 30–40 g/s vesivuodon! Eli mikäli vettä vain riittää reiästä kulkeutuu n.2 litraa vettä minuutissa.

Vesivirtaa myös maan pinnalla niin kutsuttuna pintavetenä painovoimaisesti. Maanpinnan muotoilu pois päin rakennuksesta on tärkeää, ettei sade- ja sulamisvesiä johdeta suoraan päin rakenteita. Maan pinnan läpi imeytyviä vesiä kutsutaan vajovesiksi. Rakennusten reunalla seinän tai sokkelin vierustäyttö tulisi tehdä jostain karkeasta maalajista, jotta vajovesi kulkeutuu painovoimaisesti esimerkiksi salaojiin, kuitenkin pois rasittamasta maanvastaisia rakenteita.

3.2 Veden kapillaarinen siirtyminen

Kapillaari-ilmiö esitetään fysiikassa veden nousuna pienissä putkissa ympäröivän vedenpinnan yläpuolelle. Veden sisäiset voimat ovat pienemmät, kuin putken ja veden väliset voimat. Tämä mahdollistaa vesipinnan nousun lasiputken sisällä. Lasiputken ja veden välisen adheesion ansiosta veden pinta pyrkii kaareutumaan

putken reunoja pitkin ylöspäin. Veden pintavastus taas pyrkii tasaamaan vesipintaa suoraksi. Näiden voimien avulla vesipinta pääsee nousemaan putkessa ylöspäin, kunnes vesipatsaan paino ylittää näiden voimien summan. Veden nousukorkeus on suoraan verrannollinen putken halkaisijaan. Jos putken halkaisija pienenee $1/5$ osaan, vesipatsaan korkeus viisinkertaistuu. Vesipatsaan sisällä vaikuttaa alipaine, joka kasvaa suoraviivaisesti veden tilavuuspainon mukaan. Paineen neutraalitaso on vapaassa vesipinnassa ja suurimmillaan paine on vesipatsaan pinnassa. Kuvassa 3 on havainnollistettu vedennousua lasiputkessa. (Raimo Jääskeläinen, Geotekniikan perusteet, s.38)

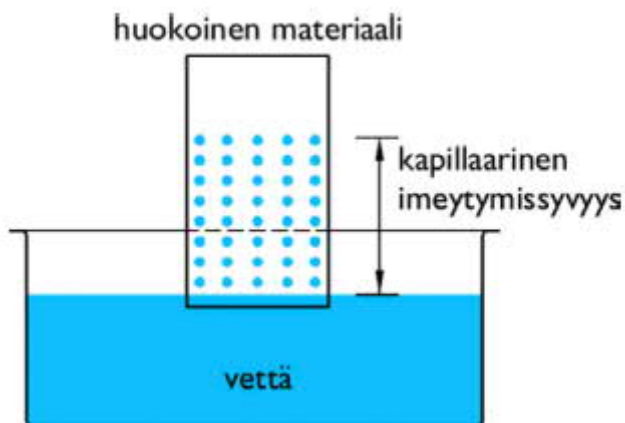


KUVA 3. Kapillaari-ilmiö lasiputkessa

Vastaava ilmiö tapahtuu myös maa-aineen pienissä huokosissa. Huokosten koko on verrannollinen maa-aineen raekokoon. Ilmiö toimii vastaavasti, mitä pienemmät huokokset sitä suurempi nousukorkeus ja toisin päin. Kapillaarinen nousukorkeus vaihtelee maalajien välillä valtavasti. Joissain savi lajeissa nousukorkeuden sanotaan olevan jopa yli satametriä, kun taas soralajeilla puhutaan muutamista millimetreistä. Luonnon maa-aines ei ole koskaan täysin tasarakeista, vaan sekaan mahtuu aina pienempiä rakeita, jotka täyttävät suurempien rakeiden tyhjätiloja muodostaen ahtaita kapillaarikäytäviä. (Raimo Jääskeläinen, Geotekniikan perusteet, s.38)

Myös huokoisissa rakennusmateriaaleissa esiintyy kapillaari-ilmiötä. Huokoiseen materiaaliin vettä imeytyy kapillaarisesti, mikäli se on kosketuksissa vapaaseen vedenpintaan. Näissä materiaaleissa vesi etenee vaaka- ja pystysuunnassa kapillaarivoimien aiheuttaman huokosalipaineen avulla. Kuten jo edellä on kuvattu,

myös materiaalien osalta huokosalipaineen suuruuteen vaikuttaa huokosen koko siten, että mitä pienempi on huokonen, sitä suurempi on paine ja näin parempi imukyky. Toisin sanoen mitä pienempiä huokosia materiaalissa on, sitä korkeammalle vesi voi kapillaarisesti imeytyä. Kuvassa 4 on kuvattu huokoisen materiaalin kapillaarista nousukorkeutta. (Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, s.111–112)



KUVA 4. Veden kapillaarinen imeytyminen (Ympäristöopas 2016, Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, s.111)

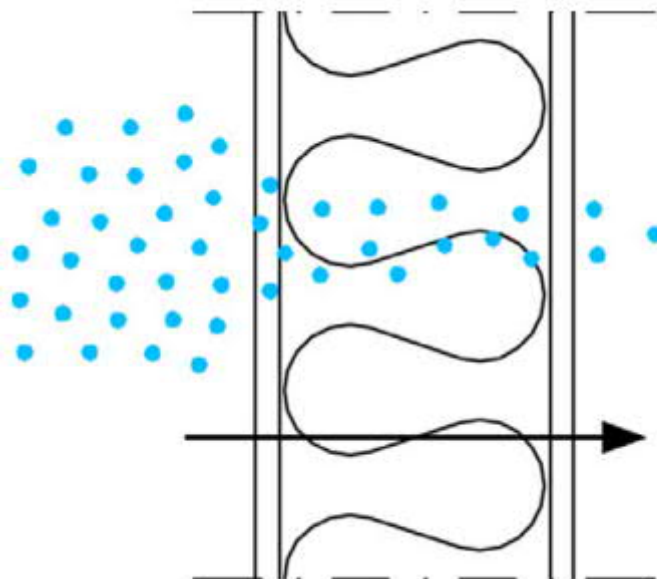
Tekniikan tohtori Ralf Lindberg on verrannut rakentajainkalenterin artikkelissaan, Rakennusmateriaalien käyttäytyminen ja maanvastaiset rakenteet, 200 mm paksun betonilaatan läpi kapillaarisesti imeytyvän veden imeytymisvauhtia sekä diffuusiiovauhtia. Kapillaarisesti siirtyvän veden imeytymisvauhti on $120 \text{ g/m}^2\text{h}$, kun taas diffuusiiovauhti on $0,16 \text{ g/m}^2\text{h}$. Diffuusiolla siirtyvä kosteus määrä on toisin sanoen täysin merkityksetön kapillaarisuuden rinnalla.

3.3 Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla

Vesihöyryn diffuusiolla tarkoitetaan kaasuseoksessa vakiopaineessa tapahtuvaa vesihöyrymolekyylin liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen vesihöyrypitoisuus tai vesihöyryn osapaine-eroja (Rakentajainkalenteri 2009, s.378). Vesihöyryn siirtymistä diffuusiolla siis tapahtuu, kun kahden tilan välillä vallitsee vesihöyryn osapaineen ero. Vesihöyryn paine pyrkii ajan mittaan tasaantumaan tilojen välillä ja tästä syystä vesihöyryä siirtyy aina suuremmasta paineesta pienempään. Vesihöyryn siirtymistä diffuusiolla voi tapahtua rakennuksen sisällä eri ti-

lojen välillä, mutta myös rakennuksen ulkovaipan yli. Rakennuksen sisällä vallitseva vesihöyrynpaine pyrkii siis tasaantumaan ulkoilman vesihöyrynpaineen kanssa.

Kuvassa 5, on pyritty havainnollistamaan vesihöyrynpainetta. Kuvan siniset pallukat kuvaavat vesihöyrynpainetta ja nuolen suunta diffuusiovirran suuntaa. Rakennuksen sisäilman vesihöyrynpainetta muodostuu ulkoilman vesihöyrynpainetasta sekä rakennuksen sisäpuolisesta kosteuslähtöstä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että lähes aina sisätilan vesihöyrynpainetta on suurempi kuin ulkoilman. Tästä johtuen diffuusion suunta on useimmiten sisältä ulos päin.



KUVA 5. Vesihöyrynpainetta diffuusio (Ympäristöopas 2016, Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, s.113)

3.4 Vesihöyrynpainetta ja veden siirtyminen ilmavirtauksien mukana

Ilmassa olevaa kosteutta siirtyy aina ilmavirtojen mukana vesihöyrynpainettä. Ilmavirran mukana siirtyvää vesihöyrynpainettä kutsutaan kosteuskonvektioksi. Voimakkaat ilmavirtaukset kuten tuuli saavat myös vesipisarot liikkumaan vaakasuunnassa, eli aiheuttavat niin kutsutun viistosateen.

Ilmanpaine-erot pyrkivät tasoittumaan rakenteiden yli siten, että ilmaa siirtyy suuremmasta paineesta pienempään. Tämän siirtyvän ilmavirran mukana kulkeutuvaa kosteutta kutsutaan kosteuskonvektioksi. Ilma pyrkii siirtymään huokoisten

materiaalien ja rakojen läpi. Konvektiolla siirtyvä kosteus määrä on huomattavasti suurempi kuin diffuusiolla siirtyvä kosteus määrä. Haitallisia ilmavirtauksia rakenteiden yli pyritään estämään rakenteen lämpimällä puolella olevalla ilmansulku-kerroksella.

Tuuli muodostaa voimakkaan ilmavirtauksen, joka saa ilmassa olevat vesipisarat liikkumaan vaakasuunnassa. Tästä aiheutuu viistosade, joka rasittaa julkisivujen pystypintoja. Tuulen ja sateen yhteysvaikutus korostuu korkeiden rakennusten yläosissa, tämä aiheuttaa julkisivun yläosiin voimakasta kosteusrasitusta. Tuuli voi muodostaa julkisivupintaan myös painovoimaa voimakkaamman virtauksen siten, että julkisivun pinnalla oleva vapaa vesi kulkeutuukin painovoiman vastaisesti ylöspäin. Rakennuksen maantieteellinen sijainti vaikuttaa oleellisesti siihen, kuinka suuri saderasitus rakennukseen vaikuttaa. Meren ja isojen vesistöjen rannoilla sekä muuten avoimilla paikoilla voimakkaat tuuliolosuhteet yhdistettynä saderasitukseen aiheuttavat rakenteille tavanomaista suurempia kosteusrasituksia.

4 RAKENNUKSEN ULKOPUOLELLA KÄYTETTÄVÄT VEDENERISTEET

Betonirakenteisten asuinkerrostalojen osalta kumibitumikermit ovat yleisimmin käytössä olevia jatkuvia vedeneristeitä. Tästä syystä tässä työssä keskitytään kosteusrasitusten torjuntaan vain kumibitumikermein. Tässä kappaleessa luodaan kuitenkin lyhyt katsaus myös muihin olemassa oleviin eristejärjestelmiin ja materiaaleihin.

Erilaisten vedeneristysjärjestelmien lisäksi rakennukseen vaikuttavia kosteusrasituksia voidaan hallita esim. salaojituksella, kapillaarikatkoilla, pitkillä räystäillä ynnä muilla toimenpiteillä.

4.1 Jatkuvat vedeneristeet

Jatkuvalla vedeneristeellä tarkoitetaan yleisesti sellaisia vedeneristeitä, jotka ovat vesitiiviitä myös vedenpaineen alaisena. Jatkuvia vedeneristeitä käytetään talorakenteissa lähtökohtaisesti vesikatoilla, kansirakenteissa, kellarin seinissä, vedenpainerakenteissa sekä tietyissä tilanteissa myös parvekkeilla. Kellarin seinissä on mahdollista käyttää myös epäjatkuvia vedeneristeitä, mutta kokemuksiini perustuen itse suosittelisin aina käyttämään kellarin seinissäkin jatkuvia vedeneristeitä.

Jatkuvista vedeneristeistä varmasti eniten Suomessa käytetään bitumikermejä. Nykyisin käytetään vain modifioiduista bitumeista valmistettuja bitumikermejä, pääasiassa SBS-kumibitumikermejä. Bitumikermien lisäksi vedeneristys voidaan toteuttaa myös muovi- tai kumikermeillä sekä erilaisilla ruiskutettavilla tuotteilla. Eri materiaaleista valmistettuja tuotteita ei saa käyttää yhdessä eikä liittää toisiinsa ilman, että niiden yhteensopivuus on testattu tai muulla luotettavalla tavalla varmistettu.

Vedeneristystöiden yhteydessä tehtäviin tiivistyksiin käytetään erilaisia elastisia saumamassoja. Massoilla toteutettavia tiivistyksiä tehtäessä on aina varmistettava käytetyn massan ja vedeneristeen yhteensopivuus, mikäli ne ovat kosketuksessa toisiinsa. Esimerkiksi silikoni ja bitumi hylkivät toisiaan ajansaatossa, mutta tuoreeltaan sauma voi näyttää aivan tiiviiltä.

4.1.1 Bitumikermi

Suomessa käytetään pääasiallisesti katemateriaalina tuoteluokkavaatimukset täyttävää modifioitua bitumikermiä. Tavallisin käytettävä modifiointiaine on SBS-kumi, joka lisää bitumin kylmänkesto-ominaisuuksia ja tekee massasta elastisen. Modifiointiaineesta johtuen Suomessa käytetään käytännössä siis kumibitumikermejä. Etelä-Euroopassa käytetään vielä modifiointiaineena jonkin verran myös APP-muovia, joka taas parantaa bitumin lämmönkesto-ominaisuuksia.

Bitumikermikatteet on jaoteltu kolmeen eri käyttöluokkaan kattokaltevuuden perusteella. Luokat ovat VE40, VE80 ja VE80R. Luokat kuvaavat vesikaton minimikaltevuutta, joka on käyttöluokassa VE40 1:40 ja VE80 1:80. Käyttöluokan minimikaltevuutta olisi kuitenkin suotavaa välttää. VE80R on rajuin vedeneritysluokka ja siinä R kirjain kuvaa sanaa raskas. VE80R luokkaa käytetään loivilla viherkatoilla sekä pihakansilla, joilla esiintyy esimerkiksi ajoneuvoliikennettä. Mikäli kattokaltevuus on loivempi kuin 1:40, voidaan vedeneristys toteuttaa yksikerroskatteena, yhdellä kermikerroksella. Kattoliitto kuitenkin suosittelee yksikerroskatteiden minimikaltevuudeksi 1:20. Loivemmilla katoilla käytetään kaksikerroskatetta, jossa kermikerroksia asennetaan päällekkäin kaksi kappaletta ja kermi kiinnitetään toisiinsa. Kermikerrosten saumat sijoitellaan eri kohtiin, jolloin vuotoriski vaurioitilanteessa saadaan minimoiduksi ja toisaalta kestävyysominaisuudet tällä tavoin paranevat. VE80R luokan katteet ovat kaikki vähintään kolmikerroskatteita ja joillain viherkatoilla kermikerroksia saatetaan tarvita jopa 4 kerrosta.

Käyttöluokan lisäksi erilaiset bitumikermi jaotellaan myös tuoteluokkiin ominaisuuksiensa perusteella. Tuoteluokkia on kolme TL1, TL2 ja TL3. Eri kermiyhdistelmävaihtoehdot määritellään käyttöluokituksella kattokaltevuuden mukaan. Kate- ja tuoteluokituksen lisäksi kermien valinnassa huomioidaan myös paloluokitus. Taulukossa 1 on esitettyä kermiyhdistelmiä käyttöluokittain. Tuoteluokituksella määritellään kermeille minivaatimukset toiminnallisten vaatimusten mukaan. Eri tuoteluokkien minimivaatimuksia on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 1. Bitumikermien käyttöluokat (RIL 107-2012, taulukko 5.1.)

Katerakenne	VE 40	VE80	VE80R
TL1	X		
TL3 + TL2	X		
TL2 + TL2	X	X	
TL2 + TL1	X	X	
TL2 + TL2 + TL2	X	X	X
TL2 + TL2 + TL1	X	X	X

- Mikäli katteessa on eri tuoteluokan kermejä, suositellaan pintakermiksi ominaisuuksiltaan parempaa kermiä. Perustellusta syistä järjestystä voidaan muuttaa.
- Mineraalivilla-alustalla aluskermiksi suositellaan TL2-tuoteluokan kermiä (tuotteen puhkaisu- ja repäisylujuuden tulee olla riittävä asennuksen askelkuormia ja tuulikuormien aiheuttamaa kiinnikkeiden repäisyrasitusta vastaan).
- Kevyesti liikennöidyillä, vain henkilöliikenteen kuormittamilla, terasseilla ja parvekkeilla voidaan vedeneristys mitoittaa käyttöluokkaan VE80, mikäli rakenne on helposti tarkastettavissa/avattavissa.
- Pihatasoilla, joissa on ajoneuvoliikennettä ja/tai ne ovat myöhemmin vaikeasti korjattavia, tulee käyttää käyttöluokan VE80R katerakennettä (luku 6).
- Liikennöityjä tasoja, terassi- yms. rakenteita käsitellään luvussa 6.

TAULUKKO 2. Modifioitujen bitumikermien tuoteluokkavaatimukset (RIL 107-2012, taulukko 5.2.)

	Tutkimusmenetelmä	Vaatimus	Yksikkö	Tuoteluokka		
				TL 1 ¹⁾	TL 2	TL 3 ⁹⁾
Vetolujuus, pit.s./poikkis., 23 °C	EN 12311-1	min	N/50 mm	800/600	600/400	400/300
Venyä, pit.s./poikkis., 23 °C	EN 12311-1	min	%	15	25	20
Naulanvarren repäisylujuus; pit.s./poikkis., 23 °C	EN 12310-1	min	N	300	150	130
Puhkaisulujuus, dynaaminen (isku), 23 °C ⁶⁾	EN 12691 B	min	mm	1000		
Sauman vetolujuus, 23 °C ⁶⁾	EN 12317-1	min	N/50 mm	600		
Vesitiiviyys, 23 °C ⁷⁾	EN 1928 B	min	kPa	500	300	200
Sirotteen kiinnipysyvyys ⁸⁾	EN 12039	max	%	30	30	
Dimensio-stabiilitiivisyys, pit.s.	EN 1107	max/min	%	± 0,3	± 0,6	± 0,6
Lämmönkestävyys	EN 1110	min	°C	80	80	80
Taivutettavuus	EN 1109	max/max				
liimattava kermi, pinta ja pohja			°C/Ø mm	-25/30	-25/30	-20/30
hitsattava kermi, pinta			°C/Ø mm	-20/30	-20/30	-15/30
hitsattava kermi, pohja			°C/Ø mm	-10/30	-10/30	-10/30
Pitkäaikaiskestävyys ^{4) 8)}	EN 1296					
lämmönkestävyys (vanhennuksen jälk.)	(EN 1110)	min	°C	80	80	80
taivutettavuus (vanhennuksen jälk.)	(EN 1109)	max/max	°C/mm			
liimattava kermi, pinta ja pohja				-15/30	-15/30	-10/30
hitsattava kermi, pinta				-10/30	-10/30	-10/30
hitsattava kermi, pohja				0/30	0/30	0/30
Nimellispaino ^{2) 5)}	EN 1849-1	nimell.				
liimattava pintakermi			g/m ²	4500	4000	— ⁹⁾
hitsattava pintakermi			g/m ²	5500	5000	— ⁹⁾
liimattava aluskermi			g/m ²	3500	3000	2200
hitsattava aluskermi			g/m ²	4500	4000	3200
Mitat	EN 1848-1					
pituus ja leveys 3)		ilm.	mm	ilm.	ilm.	ilm.
suoruus		max	mm/10 m	20	20	20

¹⁾ TL 1 -luokan kermejä käytetään yleensä yksikermitteinä, jonka vuoksi niillä on muita tuoteluokkia suurempi lujuus- ja stabiilitiivisyysvaatimus. TL 1 -luokan tuotteita voidaan käyttää myös osana kaksi- tai kolmikermitteä (VE80 tai VE80R).

²⁾ Nimellispainon minimivaatimuksella varmistetaan kermien työstettävyyttä ja vesitiivyyttä. Arvoista voidaan poiketa, mikäli ennakkokokein, työnäyttein tai muilla hyväksyttävillä menetelmillä osoitetaan tuotteen työstettävyyttä ja vesitiivyyttä. Muut luokkavaatimukset ovat tällöinkin voimassa.

³⁾ Tuotteen valmistaja/toimittaja ilmoittaa tuotteen mitat.

⁴⁾ Tuote vanhennetaan 70 °C:n uunissa 12 viikkoa, jonka jälkeen tuotteen ominaisuudet määritetään.

⁵⁾ Tuotteen valmistaja/toimittaja ilmoittaa tuotteen nimellispainon (MDV). Sallitaan enintään -5 %:n poikkeama (toleranssi) ilmoitetusta arvosta.

⁶⁾ Koskee ainoastaan yksikermitteitä.

⁷⁾ Määritys tehdään yhden tunnin kokeena menetelmästä poiketen.

⁸⁾ Koskee ainoastaan pintakermejä.

⁹⁾ Käytetään vain aluskermeinä.

Bitumikermien kiinnittämiseen on kolme vaihtoehtoa. Kermit voidaan kiinnittää alustaan joko hitsaamalla, liimaamalla tai mekaanisesti. Hitsaaminen tässä asiayhteydessä tarkoittaa sitä, että kermin pohjassa on valmiiksi kiinnitysbitumia, joka sulatetaan kuumentamalla kermiä. Kauttaaltaan hitsattavien kermien alapinnassa on oltava riittävästi kiinnitysbitumia, yleensä noin 1 kg/m². Paineentasauskermeissä liimausbitumia on vähemmän, yleensä noin 25 % alapinnasta.

Liimaamisella tarkoitetaan sitä, että erillisessä lämpömittarilla varustetussa bitumikeittimessä sulatetaan liimausbitumia, joka levitetään alustalle saman aikaisesti kermin kanssa. Liimausbitumina käytetään yleensä puhallettua tai modifioitua SBS-kumibitumia. Käyttölämpötila puhalletulla bitumilla on noin +190-230 °C ja kumibitumilla +200–220 °C. Kumibitumin haasteena on erittäin kapea käyttölämpötilaväli sekä se, että ylikuumennettaessa sen ominaisuudet kärsivät ja toisaalta liian vähän lämmitettäessä sen työstettävyyden ja liimaantuvuuden kärsivät. Puhalletun bitumin käyttölämpötila on laajempi eikä sen ominaisuudet kärsi yllämittämisestä yhtä herkästi kuin kumibitumin. Siitä syystä normaaliolosuhteissa tulisi liimaamiseen käyttää aina puhallettua bitumia.

Mekaanisesti kiinnittämisessä käytetään erilaisia mekaanisia kiinnikkeitä riippuen alustasta, kiinnitettävän kermin repäisylujuudesta sekä mahdollisesti väliin jäävän eristekerroksen paksuudesta ja puristuslujuudesta. Vedeneristyksiin kohdistuu erilaisia rasituksia kuten esimerkiksi tuulikuormia ja rakenteiden liikkeitä, joita vastaan kermejä on kiinnitettävä mekaanisesti. Katoilla tuulen imukuorma on usein mitoittavampi kuin tuulen painekuorma. Imukuormat ovat selvästi suurempia katon reuna-alueilla kuin keskellä ja siksi kiinnikemäärätkin määritellään erikseen reuna- ja keskialueille. Jos kermien alla on painuvia eristeitä kuten mineraalivillaa, on kiinnikkeiden oltava riittävän joustavia, jotta ne painuvat kuormituksen alla eivätkä näin rasita kermiä. Suunnittelijan tehtävänä on määritellä kuinka paljon ja minkälaisia kiinnikkeitä käytetään edellä mainitut rasitukset huomioiden. Mekaanisia kiinnikkeitä käytetään aina myös kauttaaltaan kovaan alustaan kuten betoniin liimattavilla tai hitsattavilla katoilla vähintäänkin ylösnostojen yläreunoissa. Ylösnostoissa kermit kiinnitetään alustaan riittävän tiheästi yleensä 150–500 mm välein. Kattokiinnikkeet on jaoteltu kolmeen eri käyttöluokkaan korrosiokestävyyden perusteella. Käyttöluokat ovat K, KL ja KLA. Pohjoismaissa

käytetään käytännössä vain rajuimman korroosiluokan KLA mukaisia kiinnikkeitä. Ilmastorasitusluokan C3 kiinnikkeet täyttävät korroosiluokan KLA mukaiset vaatimukset.

Kiinnittämistapa valitaan aina ottaen huomioon käyttötarkoitus, käytettävä kermi, kiinnitysalusta, sääolosuhteet ja tietenkin myös paloturvallisuus. Bitumikermejä on käytetty Suomessa kauan ja yleisesti erittäin paljon. Tämän takia niistä on huomattavan paljon käyttökokemusta ja näin niitä voidaan myös pitää melko helppona ja turvallisena valintana vedeneristeeksi.

4.1.2 PVC-Kermit

PVC-katteet ovat aina yksikerroskatteita. Kuten muillakin yksikerroskatteilla, myös PVC-katteilla katon minimikaltevuus on 1:40. Jiirien pohjalla minimikaltevuus on 1:60, jolloin tulee käyttää vähintään 3 m:n leveydellä vähintään 1,5 mm:n PVC-katetta. Kate voidaan asentaa niin kaareville, kalteville kuin pystysuorillekin pinnoille.

Kuten muutkin kermikatteet, myös PVC-katteet tehdään tuulettuviksi. PVC, eli polymeeri, polyvinylkloridi kuuluu kestopuovien ryhmään. Kun sitä lämmitetään, se muuttuu muotoiltavaksi ja jäykistyy jälleen jäähtyessään. Kestomuovit ovat hitsattavissa kuumalla ilmalla.

PVC-katteissa käytetään tukikerroksena lasihuopaa tai polyesteriverkkoa. PVC-katteen on ominaisuuksiltaan täytettävä taulukossa 3 esitetyt vaatimukset. Polyesteriverkolla vahvistetut katteet kiinnitetään yleensä saumastaan mekaanisesti ja hitsataan saumat kuumailmahitsauksella. Lasihuopavahvisteista katetta ei kiinnitetä mekaanisesti, vaan se asennetaan joko irrallisena tai liimattuna alustaansa. Irralleen asennettaessa katteen päälle asennetaan painokerros valmistajan ohjeiden mukaisesti. Painokerroksena voidaan käyttää esimerkiksi betoni-laattoja tai singeliä. Kermisaumojen minimilimitys leveys on 120 mm ja hitsaus-sauman leveytenä käytetään 40 mm. Mikäli käytetään 2 m leveitä kermejä kasvatetaan minimilimitys 130 mm. Tehdasvalmisteisten suurkermien osalta limitykseksi riittää hitsausauman leveys eli 40 mm.

Laadun varmistustoimenpiteenä katteesta otetaan saumanäytteet aina työvuoron alussa sekä olosuhteiden vaihtuessa. Haastavissa olosuhteissa saumanäyte otetaan muutenkin noin 200 metrin välein. Saumanäytteessä on oltava kiinnittynyttä saumaa ainakin 30 mm:n leveydeltä ja sen on täytettävä vetolujuusvaatimukset.

Vesikate voidaan asentaa erilaisille alustoille ja jotkin alustat saattavat tarvita irrotus- / erotuskerroksen katteen ja alustan väliin. Erotuskerros voidaan toteuttaa erillisenä erotuskerroksena tai se voi olla myös mukana katteeseen laminoituna. Jos PVC-kate asennetaan bitumipohjaisten tai polystyreenipohjaisten tuotteiden päälle, on aina käytettävä riittävän paksua erotuskerrosta esimerkiksi suodatin-kangasta. Erotuskerroksella estetään tuotteen ominaisuuksien ennen aikainen heikentyminen.

PVC-kate vaatii huolto vastaavasti kuin muutkin kermikatteen. Suositeltava tarkastusväli on noin puolivuotta.

TAULUKKO 3. PVC-kermien laatuvaatimukset (RIL 107-2012, taulukko 5.4.)

	Tutkimusmenetelmä	Vaatimus	Yksikkö	EN vaatimukset	PVC-TUOTTEET	
					Luokka 1 PVC 1	Luokka 2 ¹⁾ PVC 2
Vedenkestävyys, 23 °C	EN 1928 B	min	kPa	10 kPa	10/lapaisee	10/lapaisee
Vetolujuus, pit.s/poikkis., 23 °C	EN 12311-2	min	N/50 mm	MLV ⁴⁾	750	500
Venymä, pit.s./poikkis., 23 °C	EN 12311-2	min	%	MLV	15	15
Sauman vetolujuus, 23 °C	EN 12317-2	min	N/50 mm	MLV	750	500
Puhkaisulujuus, staattinen, 23 °C	EN 12730	min	kg	MLV	20	20
Puhkaisulujuus, dynaaminen, 23 °C	EN 12691	min	mm	MLV	600	400
Repaisylujuus, 23 °C	EN 12310-2	min	N	MLV	180	180
Dimensio-stabiilitteetti	EN 1107-2	max/min	%	MLV	0,5	0,5
Taijutettavuus	EN 495-5	max	°C/Ø mm	MLV	-30	-30
Vesihöyrynvastus, 23 °C (vesihöyryn diffuusiovastuskerroin μ)	EN 1931			MDV	ilmoitetaan	ilmoitetaan
Vanhennus ulkonäkö	EN 1297	luokka			taso 0	taso 0
Nimellispaino m ² -paino ²⁾ paksuus ²⁾	EN 1849-2	nimell. ilm. min	g/m ² mm	MDV MDV	ilmoitetaan 1,5	ilmoitetaan 1,2
Mitat pituus ja leveys ³⁾ suoruus	EN 1848-2	ilm. max	mm mm/10 m	MDV 50	ilmoitetaan 50	ilmoitetaan 50

¹⁾ Mikäli katon sisätaite on loivempi kuin 1:40, sisätaiteessa on käytettävä PVC1-luokan muovikermejä. Sisätaite ei saa olla loivempi kuin 1:60.

²⁾ Valmistaja ilmoittaa tuotteen paksuuden ja neliöpainon (MDV). Paksuuden ja/tai neliöpainon toleranssi pitää olla -5 %:n ja +10 %:n välissä ilmoitetusta arvosta.

³⁾ Tuotteen valmistaja tai toimittaja ilmoittaa tuotteen mitat (MDV). Tuotteen pituus saa poiketa -0 %/+5 % ja leveys -0,5 %/+1 % ilmoitetusta arvosta.

⁴⁾ MLV = tuotteen valmistajan tai toimittajan ilmoittama raja-arvo.

4.1.3 Muut vedeneristeet

RIL 107-2012 julkaisussa sivulla 98 todetaan, että ”Suomessa saatujen kokemusten pohjalta ei normaaleihin loiviin vesikattoihin suositella muita kuin kermieristyksiä.” Vastaavaa kokemusta löytyy nopealla otannalla myös meiltä A-In-

sinööreiltä, mutta puhutaan pääasiassa bitumikermeistä. Koska kokemukset nestemäisistä vedeneristeistä eivät ole parhaita mahdollisia, en keskity myöskään niiden tuotteiden esittelyyn tämän työn puitteissa kovin laajasti.

Vastaavia tuote- ja käyttöluokituksia kuin bitumikermi- ja PVC-katteille ei ole olemassa muille vedeneritysjärjestelmille. Mikäli tällaisia tuotteita käytetään, on materiaali / tuotetoimittajalta syytä selvittää vastaavat ominaisuudet heti suunnittelun alkuvaiheessa ja pyytää riittävästi olemassa olevia kohdereferenssejä. Erilaiset vahvikkeelliset ja vahvikkeettomat nestemäisenä levitettävät elastomeerivedeneristeet nousevat keskusteluun aika ajoin varsinkin parkkihallien ja pihakansien yhteydessä. Tällaiset nestemäiset vedeneristeet voivat olla joko bitumi tai elastomeeri pohjaisia esimerkkinä polyuretaanit, akryylit, epoksit jne. Tällaiset tuotteet ruiskutetaan vedeneristettävään pintaan nestemäisenä, tuote kuivuu ja kovettuu nopeasti muodostaen yhtenäisen ja saumattoman vedenerityspinnan. Levitystavan ansiosta tällaisia tuotteita halutaan usein käyttää ahtaissa ja monimuotoisissa paikoissa. Toki myös isolle pinnalle nestemäisen tuotteen levitys on nopeampaa kuin perinteisempien bitumikermien. Nestemäisten tuotteiden asennus vaatii kuitenkin erityisosaamista sekä hyvät asennusolosuhteet. Pihakansilla haastetta olosuhteisiin luo kesällä auringon paahde ja talvella pakkanen.

Tuotteiden maksimi murtovenymät ovat ruiskutettavilla tuotteilla usein satoja prosentteja, mikä puoltaa niiden käyttöä myös liikuntasauvojen ja liittymien kohdalla. Kuivakalvopaksuudet, asennusolosuhteet ja koko kokonaisuuden hallinta yksityiskohtineen ovat aivan ratkaisevassa asemassa tällaisen rakenteen toteutuksessa. Kun kaikki asiat onnistuvat lopputuloksena saavutetaan varmasti hyviä rakenteita. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että aika usein jokin asia ei kuitenkaan mene suunnitellusti ja siitä aiheutuu myöhemmin ongelmia. Korjauskohteina saattaa olla vain muutaman vuoden vanhoja rakenteita, joissa kalvopaksuudet eivät esimerkiksi täytä niille asetettuja vaatimuksia tai tuote voi olla kokonaan irti alustastaan, vaikka sen pitäisi olla kauttaaltaan siinä kiinni. Koska kokemuspohja nestemäisiin vedeneristeisiin on mikä on, ei niitä käsitellä tässä työssä tämän enempää.

4.2 Epäjatkuvat vedeneristeet

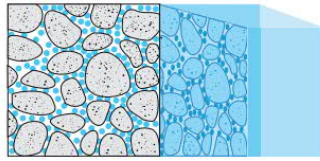
Epäjatkuvat vedeneristeet ovat päin vastaisia kuin jatkuvat. Eli ne ovat sellaisia vedeneristeitä, joissa voi olla tiivistämättömiä limisaumoja tai sillä tavoin tiiviistettyjä saumoja, että ne eivät ole kuitenkaan vesitiiviitä vedenpaineen alaisena. Perusmuurilevy, jota käytetään usein kellarittoman rakennuksen sokkeleiden suojana, on yksi hyvä esimerkki epäjatkuvasta vedeneristeestä. Jyrkillä katoilla voidaan myös käyttää epäjatkuvia vedeneristeitä rakennuksen vesikattona. Esimerkkinä vaikkapa tiili- ja peltikatot ja useimmiten myös niiden aluskatteet.

4.3 Betonin lisäaineet

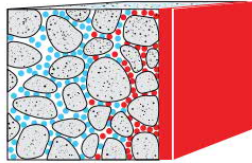
Betonimassassa voidaan käyttää erilaisia lisäaineita, joilla muokataan valmiin betonirakenteen ominaisuuksia. Lisäaineita voidaan lisätä suoraan betonimassaan tai levittää valmiin betonirakenteen pinnalle laastimaisina massoina. Lisäaineilla ja niiden kemiallisella koostumuksella pyritään vaikuttamaan betonirakenteen kapillaarihuokosiin. Kapillaarihuokokset pyritään kristallisoimaan, eli täyttämään kemiallisilla kiteillä, jolloin vedenläpäisy ja imukyky heikentyy. Aineet parantavat myös halkeamien korjautuvuutta, eli vastaavaa kristallisoitumista tapahtuu myös saumoissa.

Tällaisia lisäaineita käytetään usein esimerkiksi hissimontuissa ja anturoiden yläpinnassa rakenteellisen kapillaarikatkon toteutukseen. Lisäaineita voidaan käyttää hyvin myös kellarin seinissä vedeneristeiden sijaan, mutta tämä on kuitenkin oman kokemukseni mukaan harvinaisempaa. Lisäaineiden valmistajia löytyy markkinoilta nykyisin jonkin verran. Muutamia itselle tutuimpia ovat Xypex, Vandex ja Velosit. Kuvassa 6 on esitettyä Vandex Super tuotteen esitteestä, havainnollistava kuva tuotteen toiminnasta. Tuote siis tunkeutuu betonirakenteen kapillaarihuokosiin, muodostaen kapillaarihuokoseen kemiallisen kideverkon ja sulkee näin betonin luontaisen kapillaarisysteemin.

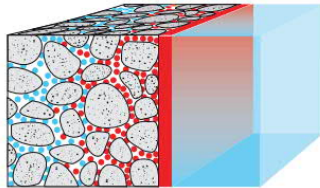
Vandex syvävaikutteinen vedentiivistys



Betoni on kapillaarisesti kyllästynyt



VANDEX SUPER tunkeutuu betoniin ja sulkee kapillaarisysteemin



Betoni on vesitiivis, mutta hengittävä

KUVA 6. Betonirakenteen tiivistys Vandex Super tuotteella. (Vandex Super esite)

4.4 Pellitykset

Rakennuksissa käytetään paljon erilaisia suojapellityksiä sekä julkisivuissa, että vesikatoilla. Osa pellityksistä suunnitellaan estämään sadevesien johtumista rakenteisiin ja osalla suojellaan rakennuksen varsinaisia vedeneristyksiä. Pellitykset ovat usein näkyvillä ja ovat näin ollen osa rakennuksen arkkitehtuuria. Arkkitehdin tehtävänä onkin suunnitella osaltaan suojapellitykset arkkitehtonisesti näyttäviksi, sekä yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa samalla myös teknisesti toimiviksi. Pellityksiä suunniteltaessa huomioidaan riittävä mitoitus, oikea muoto, pellin ja kiinnityksen riittävä lujuus mekaanisia rasituksia vastaan, lämpöliikkeet, korroosion kestävyys, materiaalien yhteensopivuus sekä huollettavuus. Rakennusten suojapellityksiä on käsitelty kattavasti RT-kortissa 80–11202.

Julkisivupellityksiä suunniteltaessa on huomioitava myös viistosaderasituksen voimakkuus sekä pellityksien mahdollisesti julkisivulle aiheuttama roiskerasitus. Pellityksiä ei saa suunnitella ja toteuttaa niin, että ne aiheuttaisivat tiettyyn kohtaan keskitetyn kosteus- tai sadevesirasituksen. Yleensä vaakapinnat ja viistopinnat suojataan pellityksillä tai muilla vedeneristeillä. Julkisivupellitysten vähimmäiskaltevuus on 1:3. Pellitykset ulotetaan ulos seinäpinnasta vähintään 30 mm ja ne varustetaan aina tippanokalla. Korkeissa rakennuksissa ja erityisen tuulisilla

paikoilla pellitysten alla on syytä käyttää niin kutsuttuja myrskypeltejä, tiivistysnauhaa tai elastista massausta, joilla estetään julkisivupinnalla ylöspäin nousevan veden johtuminen rakenteen sisään.

Pellityksissä voidaan käyttää eri materiaaleja, joiden avulla saadaan luotua esimerkiksi arkkitehtonisesti erilaisia kokonaisuuksia. Pellityksiä voidaan tehdä kuumasinkitystä teräspellistä, maalipinnoitetusta ja kuumasinkitystä teräspellistä, kuparipellistä, messinkipellistä, sinkkipellistä, alumiinipellistä sekä ruostumattomasta teräspellistä. Suositeltavat peltien minimipaksuudet vaihtelevat hieman materiaalien, alustan, sijainnin ja käyttökohteen mukaan. Yleisimmin julkisivupellityksissä käytetään maalipinnoitettua ja kuumasinkittyä teräspeltiä. Sen minimipaksuus on 0,5 mm, mutta yleisesti käytetään kuitenkin vähintään 0,6 mm peltiä.

Eryteisesti vesikatolla käytettävien pellitysten suunnittelussa tulee huomioida tuulen paine ja imu sekä riittävät liikevarat. Kaikissa, mutta eritoten vaakapintojen kiinnitysruuveissa on oltava joustava ja säänkestävä tiiviste. Räystäspellitysten minimi kaltevuus on 1:6 ja ne tulee kallistaa vesikaton suuntaan. Korroosion kestävyydeltään vesikaton pellitysten kiinnitysruuvi on vastattava luokkaa KLA.

4.5 Tiivistykset ja elastiset saumamassat

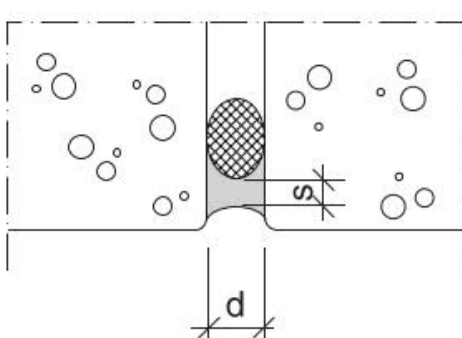
Rakennuksissa käytetään elastisia tiivistysmassoja monenlaisiin tiivistyksiin. Betonielementtijulkisivuissa elementtien saumat tiivistetään saumamassalla, ettei vesi pääse seinärakenteen sisään. Ikkunat ja ovet viimeistellään tiivistämällä saumat massalla ulkokuoren ja karmin välillä. Massauksia käytetään myös muun muassa pellitysten tiivistämiseen ja liimaamiseen. Tiivistämällä saumoja elastisilla saumamassoilla, estetään sadeveden ajautuminen rakenteiden sisään. Tiivistämisessä on kuitenkin huomioitava, että sauman taakse jäävän rakenteen on päästävä tuulettumaan riittävästi. Julkisivujen tai ikkunoiden tiivistämisen yhteydessä taustaraketeen tuuletus hoidetaan varustamalla saumat tuuletusputkilla tai -koteloilla riittävän tiheästi.

Elastisen saumamassan toimivuus perustuu sauman oikeanlaiseen muotoon ja paksuuteen suhteessa sauman leveyteen. Sauman on oltava reunoiltaan riittä-

vän leveä, jotta massan ja saumattavan materiaalin väliin saadaan riittävä tarunta aikaiseksi. Toisaalta sauman on oltava keskeltä riittävän ohut, jotta se pysyy riittävän elastisena. Sauman heikoin kohta olisikin hyvä olla nimenomaan sauman keskellä, jolloin venymäkyvyn ylityttyä rikkoutunut sauma huomataan ja voidaan tehdä korjaavat toimenpiteet. Mikäli sauma on keskeltä liian paksu, saattaa se irrota reunastaan ennen hajoamista ja näin sauman ratkeaminen saattaa jäädä piiloon pidemmäksi aikaa. Saumojen muodonmuutoskyky pyritään kuitenkin suunnittelemaan sellaiseksi, että saumat kestävät ratkeamatta. Sauman oikeanlainen muoto saadaan aikaiseksi asentamalla sauman taakse umpisoluinen saumanauha. Saumanauhan tulisi olla noin 20 % paksumpi kuin itse sauma, jolloin nauha tiivistää sauman ja antaa elastiselle massalle paremman muodon. Sauman leveys vaikuttaa tarvittavaan sauman paksuuteen. Esimerkiksi elementtien välisissä saumauksissa elementtien pituus taas määrittelee sauman tarpeellisen leveyden. Taulukossa 4 on esitetty malliksi elementtien välisten saumojen leveyden ja paksuuden suhdetta toisiinsa.

TAULUKKO 4. Saumamassakerroksen suositeltava paksuus (RT 82-10980, Kiviaineisten elementtjulkisivujen saumat, taulukko 2.)

Saumamassakerroksen leveys d (mm)	Saumausmassakerroksen paksuus s (mm)
8...12	4...7
13...20	5...8
21...29	6...9
≥ 30	9...12



Mikäli ikkunoita ja ovia tiivistetään elastisilla massoilla sekä ulkoa että sisältä, tulee kiinnittää huomiota sauman oikeaoppiseen kosteustekniseen toimivuuteen. Kuten yleisesti muutenkin myös ikkunoiden ja ovien saumojen tiiviyden on kasvettava ulkoa sisälle päin mentäessä. Tämä seikka on huomioitava sekä saumaustuotteiden valinnassa, että mahdollisen väliin jäävän ilmatilan tuuletuksessa. Yleisperiaatteena voidaan pitää, että sisäpinnassa käytetään vesihöyrytiiviä massauksia ja ulkopinnassa vesihöyryavoimia.

Erilaisiin saumauksiin on valittava aina tilanteen mukainen saumamassa. Sisätiloissa tulisi aina käyttää M1 luokiteltuja tuotteita, mutta rakennuksen ulkopuolella voidaan käyttää, myös esimerkiksi bitumipohjaisia massoja, jolle ei M1 luokitusta löydy. Saumamassat ovat ominaisuuksiltaan erilaisia, joten sama massa ei käy joka paikkaan. Massat voivat pohjautua esimerkiksi bitumiin, silikoniin tai uretaanin ja tämä luonnollisesti vaikuttaa massan ominaisuuksiin. Saumauksia ja tiivistyksiä suunniteltaessa ja toteutettaessa on noudatettava aina valitun massan valmistajan antamia ohjeistuksia. Hyvä on myös muistaa, että elastisella saumamassalla ei ole tarkoituksen mukaista peittää tai yrittää korjata virheitä vaan viimeistellä hyvin suunniteltu ja toteutettu liitos. Massojen tekninen käyttöikä vaihtelee tuotteesta riippuen yleensä 10–20 vuoden välillä, joten massauksia ei ole syytä suunnitella paikkoihin, joissa niiden vaihtaminen ei tuolla aikavälillä ole mahdollista.

5 RAKENNUKSEN ULKOPUOLISTEN VEDENERISTEIDEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT

Yleisesti rakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa tulee tarkastella sekä rakenteiden toimintaa, että niiden vaikutusta sisäilman olosuhteisiin. Ilmastomuutos sekä koko ajan kiristyvät energiamääräykset, heikentävät rakenteiden kuivumiskykyä, joka lisää homeen kasvun edellytyksiä rakenteiden pinnoilla. Rakennusratkaisujen suunnittelussa ja materiaalivalinnoissa tulee pyrkiä vähentämään mikrobikasvun edellytyksiä rakenteiden pinnoilla. Ulkovaipan sisäpinnan tiiveyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota sekä suunnittelussa että toteutuksessa, jotta haitallista kosteutta ja ilmavirtojen mukana kulkevia epäpuhtauksia ei pääse siirtymään rakenteen läpi. (RIL255-1-2014, s.36)

Suunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava rakennukset niin, että ne täyttävät rakennusten kosteustekniselle toimivuudelle asetetut tekniset vaatimukset. Kun suunnittelussa noudatetaan annettuja ohjeistuksia, hyväksi havaittuja ja tunnettuja rakennusratkaisuja sekä hyvää rakentamistapaa, niin olennaiset vaatimukset useimmiten täyttyvät. Yleisesti suunnittelussa huomioitavia kohtia on esitetty ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2020. Ohjeistusta rakennusten kosteustekniseen suunnitteluun löytyy hyvin rakennusalan eri yhdistysten julkaisuista. Kuivaketju10 -toimintamallissa on nimensä mukaisesti esitetty hankkeen 10 suurinta riskiä, jotka tarkennetaan aina kohde kotaisesti. (Kosteudenhallinta.fi)

5.1 Kosteusteknisen suunnittelun laajuus ja tarkasteluprosessi

Kosteusteknisen suunnittelun laajuuden määrittämiseksi, kohteet jaotellaan kosteusriskiluokkiin. Kosteusriskiluokat ovat normaali kuten tavanomaiset asuin- ja liikerakennukset, normaalia vaativampi esimerkiksi koulut ja päiväkodit sekä erittäin vaativa kuten esimerkiksi uimahallit. Kosteusriskiluokat ja niistä esimerkkejä on esitetty Taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Kosteusriskiluokat ja erimerkkejä (RIL 255-1-2014, s.37)

Hankkeen vaativuus	Kosteusriskiluokka	Esimerkkejä
Erittäin vaativa	3	Rakennukset, joissa on suuri kosteusrasitus (mm. uimahallit, kostutetut tilat, pakkasvarastot) tai ovat muuten kosteudenhallinnan suunnittelun, toteutuksen, ylläpidon tai käytön kannalta erittäin vaativia.
Normaalia vaativampi	2	Normaalia vaativammat asuin-, liike- ja toimistorakennukset. Koulut ja päiväkodit.
Normaali	1	Tavanomaiset asuin-, liike- ja toimistorakennuksia (normaalimenettely) Rakennukset, joissa on ihmisiä vain satunnaisesti tai rakennuksen suunniteltu käyttökä elinkaari on normaalia lyhyempi (kevennetty normaalimenettely).

Riskiluokan 3 rakennukset rajautuvat tämän työn ulkopuolelle, mutta käydään hieman läpi mitä riskiluokissa 1 ja 2 on tarpeen suunnitella. Kosteudenhallinnan normaalimenettelyssä rakennesuunnitelmien osalta noudatetaan Taulukossa 6 esitetyn RF1 sarakkeen suunnitelmien perustasoa, sekä kohteen laajuudesta riippuen tarvittavilta osin sarakkeen RF2 tarkennetun suunnittelun asioita. Tämän lisäksi rakennesuunnitelmien on oltava hankkeen luonteeseen nähden riittävän kattavat. Lisäksi suunnittelijalla on oltava oma sisäinen laadunvarmistus- ja asiakirjojen tarkastusmenettely. Vastaavan rakennesuunnittelijan tehtävänä on varmistaa hankkeen eri osapuolien laatimien rakennesuunnitelmien yhteensopivuus myös rakennusfysikaalisessa mielessä. (RIL 250-2020, kappale 2.9.2)

TAULUKKO 6. Kosteusriskiluokkien mukaiset suunnittelutehtävät (RIL 250-2020, s39)

RF3	RF2	RF1
Analyysipohjainen suunnittelu	Tarkennettu suunnittelu	Suunnittelun perustaso
<ul style="list-style-type: none"> - Luokkien RF1 ja RF2 mukaiset tehtävät - Rakennerratkaisujen analyysipohjainen tutkiminen - Epästationääriset laskelmat ja analyysit aina tarvittaessa rakennerratkaisun toimivuuden ja kestävyysden sitä edellyttäessä - Rakennustekniikan ja talotekniikan yhteensopivuuden ja toimivuuden analysointi yhteistyössä talotekniikan suunnittelijan kanssa - Uusista rakenne- ja järjestelmäratkaisuista esitetään kattavat laboratoriomittaus tulokset ja toimivuus-tarkastelut - Rakennustyönaikaisista vaatimuksista ja työn suorituksesta sekä olosuhteiden hallinnasta tarvittaessa erillissuunnitelmat, työn toteutus esitetään rakennepiirustuksissa tarvittaessa työvaiheittain, tarvittavan koulutusaineiston laadinta - Kriittisistä rakenne- ja järjestelmäratkaisuista on esitetty yksityiskohtaiset käytön, huollon ja uusimisen toimenpiteet ja ajoitukset 	<ul style="list-style-type: none"> - Luokan RF1 tehtävät - Rakenneosakohtaiset riskiarviot, joissa tarkistetaan rakenneosaan liittyvät kosteustekniset rasitustekijät käyttäen apuna mm. toimintapiirroksia ja laskennallisia tarkasteluja - Kastepiste-, kosteudenkertymä- ja kuivumislas-kelmat aina rakennerratkaisun kestävyysden ja toimivuuden sitä edellyttäessä - Rakennerratkaisujen muodonmuutostarkastelut aina rakennerratkaisun kestävyysden ja toimivuuden sitä edellyttäessä - Rakennuksen ja rakenteiden toimintapiirroksot ja räjäytyskuvat tarvittaessa - Tarvittaessa osallistuminen rakenteiden kosteudenvilvontajärjestelmän suunnitteluun - Rakennustyönaikaisen lämpötilan ja kosteuden hallinnan suunnittelun lähtökohdat ja vaatimukset, rakenteiden kuivatussuunnitelmat tarvittavilta osin 	<ul style="list-style-type: none"> - U-arvolaskelmat - Rakennerratkaisujen tarkistus rakennusmääräysten, hyvää rakennustapaa ohjaavien ohjeiden, tuoteohjeiden sekä todennettavien referenssikohteiden perusteella. Suunnittelija kirjaa tehdyt tarkistukset sekä vahvistaa tarkistuksen al-lekirjoituksin. Tarkistuksessa käytetään apuna tarkistuslistamenettelyä - Suunnitteluasiakirjoista tulee selvittää vähintään rakenteiden lämmön-, kosteuden- ja vedeneristeiden tuoteluokka, tuotetyyppi tai tuotenimi sekä liitosten ja läpivientien toteutus mm. höyryn/ilmansulkujen ja vedeneristysten osalta - Rakennustyönaikaisen sääsuojauksen vaatimukset sekä tarvittaessa periaatteet ja ohjeet kohteen luonteen ja materiaalien perusteella tarvittaessa työvaiheittain - Käyttöä ja huoltoa koskevat ohjeet

Jotta rakennuksen kosteusteknisessä suunnittelussa tulee huomioitua kaikki oleelliset asiat tarvittavassa laajuudessaan, on suunnittelussa hyvä noudattaa tietyn tyyppistä tarkasteluprosessia. Kosteusteknisessä suunnittelussa huomioitavia asioita on lueteltu esimerkiksi RIL 255-1-2014 kirjassa sivulla 36 melko laajastikin. Seuraavana on kuvattuna yksinkertainen rakennuksen kosteusteknisen suunnittelun tarkasteluprosessi:

1. Rasitukset

- Selvitetään rakennetta rasittavat kosteuslähteet / rasitukset
- Huomioidaan eri kosteuden siirtymismuodot

2. Arvioidaan kosteuden siirtyminen ja sitoutuminen
 - tarvittaessa laskennallinen tarkastelu
 - tarvittaessa huomioidaan myös vuodenajat, säävaihtelut, sekä muut olosuhdetekijät
3. Rakennusratkaisun valinta
 - estää mahdollisimman hyvin kosteuden pääsyä rakenteeseen ja sisätiloihin
 - sallii rakenteessa olevan ylimääräisen kosteuden poistua riittävän nopeasti
 - kestää mahdollisen lämpö ja kosteusrasituksen vähintään suunnitellun käyttöajan ajan, huomioiden erilaisten rakenteiden vaurioitumistavat
 - toimii myös liitoskohdissa
4. Toimivan rakennevalinnan perustelut
 - kokemusperäinen tieto
 - yleisesti hyväksytty ohjeistus
 - laskennallinen tarkastelu
 - kokeellinen testaus

5.2 Mikrobikasvustot rakenteiden pinnoilla

Kosteus- ja homeongelmat ovat suurimpia rakentamisen laatuongelmia. Homeen kasvua rakenteiden pinnoilla ei pystytä kokonaan estämään, mutta rakenteet on suunniteltava ja toteutettava niin, ettei homeesta aiheudu ongelmia sisäilmalle eikä myöskään esteettisiä ongelmia rakenteille.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa asunnon ja muun oleskelutilan terveellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta, 545/2015, 20 § Mikrobit on annettu seuraava määräys:

Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua.

Uusien rakennusten vaipparakenteet on siis suunniteltava siten, ettei niissä esiinny mikrobikasvustoa rakenteiden sisäpinnoilla, sisäpuolisissa rakenteissa, lämmöneristeissä eikä ylipäänsä sellaisissa paikoissa, joista mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet voisivat päästä helposti sisäilmaan. Poikkeuksen tähän tekevät maanvastaiset rakenteet sekä ulkoilmaan rajoittuvat lämmöneristekerrokset. Tämä lienee luonnollistakin, sillä maaperässä ja ulkoilman olosuhteissa mikrobikasvustoa ilmaantuu muutenkin. (RIL 250-2020)

Ulkovaipparakenteiden homehtumisriskiä ja kosteuden kondensoitumisriskiä voidaan tarvittaessa tarkastella laskentaohjelmien ja suomalaisen homemallin avulla. Laskentaohjelmilla tarkastellaan rakenteen lämpötilaa ja suhteellista kosteutta rakenteen kriittisissä rajapinnoissa. Tarkastelu tehdään vuoden ajanjaksolla ulko- ja sisäilman mitoittavissa olosuhteissa. Saatujen tietojen perusteella rakenteelle voidaan määrittää homemallin mukaan homeindeksi. Homeindeksi vaihtelee 0 ja 6 välillä, jossa 0 tarkoittaa ei kasvua ja 6 tarkoittaa erittäin runsasta kasvua. Taulukossa 7 on selitettyä kaikki homeindeksin arvot. (RIL 250-2020, s120)

TAULUKKO 7. Suomalaisen homemallin homeindeksi taulukko ([Suomalainen homemalli | Rakennusfysiikka | Tampereen korkeakouluuyhteisö \(tuni.fi\)](#))

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

TAULUKKO 8. Rakennusmateriaalien jakautuminen eri homehtumisherkkyyssuokkiin. ([Suomalainen homemalli | Rakennusfysiikka | Tampereen korkeakoulu-yhteisö \(tuni.fi\)](#))

Homehtumisherkkyyssuokka		Rakennusmateriaalit
HHL1	Hyvin herkkä	Karkeasahattu ja mitallistettu puutavara (mänty, kuusi ja lehtipuut), höylätty mänty, koivuvaneri, käsittelemätön huokoinen puukuitulevy, kartonkipintainen kipsilevy
HHL2	Herkkä	Höylätty kuusi, paperipohjaiset bitumoidut/käsitellyt tuotteet ja kalvot, puupohjaiset liimatut levyt, havuvaneri, bitumoitu/käsitelty huokoinen kuitulevy
HHL3	Kohtalaisen herkkä	Mineraalivillat, muovipohjaiset materiaalit, kevytbetoni, kevytsorabetoni, karbonatisoitunut vanha betoni, sementtipohjaiset tuotteet, tiilet, kuitusementtilevy, lasikuitupintainen kipsilevy
HHL4	Kestävä	Lasi ja metallit, alkalinen uusi betoni, tehokkaita homesuoja-aineita sisältävät materiaalit

- Joidenkin yllä olevassa taulukossa esitettyjen materiaalien, kuten esim. erilaisten muovipohjaisten materiaalien ja tiilien kuulumista esitettyyn homehtumisherkkyyssuokkaan ei ole varmistettu kokeiden avulla.
- Jotkut materiaalit voivat kuulua myös kahteen eri homehtumisherkkyyssuokkaan, kuten kevytbetoni, jossa homehtuminen lähtee liikkeelle luokan HHL2 mukaan, mutta homehtuminen jää luokan HHL3 tasolle.

TAULUKKO 9. Homehtumisherkkyyssuokkaa vastaava homeen taantumaluokka. ([Suomalainen homemalli | Rakennusfysiikka | Tampereen korkeakoulu-yhteisö \(tuni.fi\)](#))

Homehtumis-herkkyyssuokka	Homeen taantumaluokka
HHL1	HTL2 Merkittävä taantuma
HHL2	HTL3 Kohtalainen taantuma
HHL3	HTL4 Vähäinen taantuma
HHL4	HTL4 Vähäinen taantuma

5.3 Perustukset ja maanvastaiset lattiarakenteet

Perustusten ja maanvastaisten lattiarakenteiden pitkäkestoisin kosteusrasitus on maaperän kosteusrasitus. Rakenteet tulee suunnitella ja toteuttaa siten, ettei maaperän kosteus pääse siirtymään kapillaarisesti tai diffuusiolla maaperästä rakenteisiin. Lattiarakenteiden tulee olla erityisen tiiviitä, jotta maaperän kaasut kuten radon ja maaperän mikrobit aineenvaihdunta tuotteineen eivät pääse tunkutumaan rakenteeseen ja sen läpi sisäilmaan.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta käsitellään perustuksia ja maanvastaisia lattia rakenteita luvuissa 4 ja 5. Vastavia asioita täydennetään ympäristöministeriön ohjeessa luvuissa 2.4 ja 2.5.

Ympäristöministeriön asetuksessa (782/2017) 17 § Rakennuspohjan salaojitus, määrätään seuraavaa:

Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava rakennuspohjan salaojitus vedenkapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittävällä etäisyydellä rakennuksen alapohjasta sekä perustusten kuivatusvesien johtamiseksi pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. Rakennuspohja voidaan jättää salaojittamatta, jos erityissuunnittelija on varmistunut perustamis- ja pohjaolosuhdeselvityksen perusteella, että perusmaan vedenläpäisykyky ja pohjaveden korkeus eivät ole omiaan aiheuttamaan haittaa rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle.

Rakennuspohjan kuivatus suunnitellaan siten, että ylimääräinen kosteus saadaan johdettua hallitusti pois rakennuksen alta. Perusmaan kaivuupinnan tulee kaataa pois rakennuksen alta, esimerkiksi salaojiin. Salaojajärjestelmä tulee suunnitella niin, että tarkastuskaivoja on huoltoa ja tarkistuksia ajatellen riittävästi. Kunnossapitoa varten tarkastuskaivoja on hyvä olla jokaisessa verkoston nurkkapisteessä ja suorilla osuuksilla maksimi tarkastuskaivovälinä pidetään 20 metriä. Huoltonäkökulmasta johtuen salaojaputkiston minimi kokona rakennusten salaojittamisessa käytetään DN 100 mm. Salaojaputkiston kaltevuuden tulisi olla kaikkialla vähintään 1:100, mutta tarvittaessa sitä voidaan loiventaa perusmuurin ulkopuolisilla linjoilla 1:200. Salaojaputkisto tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle anturoita. Salaojan yläpinnan tulee kuitenkin aina olla anturan alapinnan alapuolella. Maanvaraisten anturoiden kohdalla on salaojien sijoittelussa huomioitava, ettei maaperän kantavuutta anturoiden alla heikennetä. Tästä syystä salaojat on sijoitettava anturan alaulkonurkasta katsottuna kaltevuudessa 1:2 alaspäin lähtevän leikkausviivan yläpuolelle.

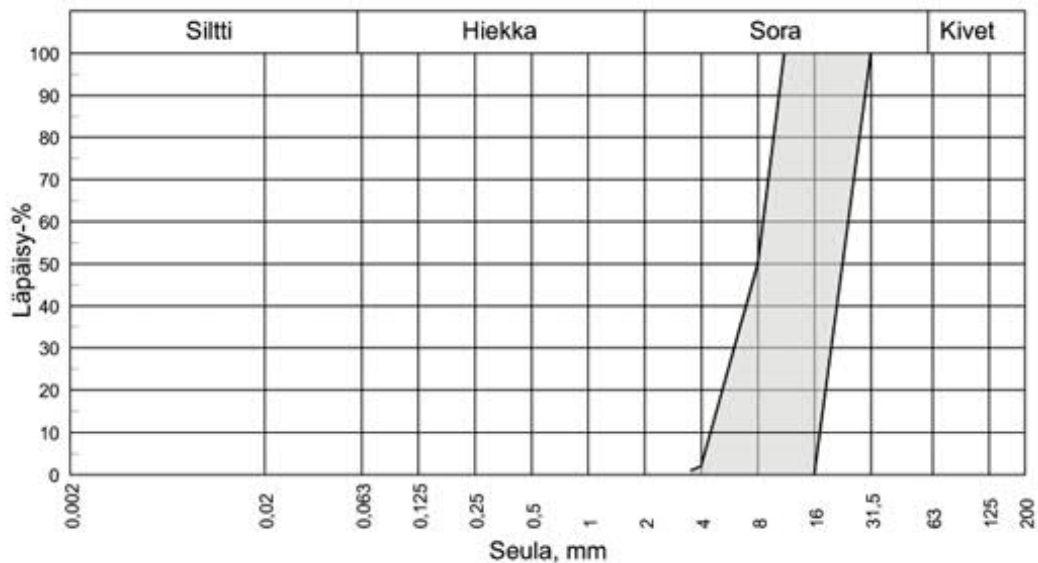
Maanvastaisesta alapohjasta määrätään Ympäristöministeriön asetuksessa 782/2017 18 § seuraavaa:

Maanvastaisen alapohjan lattian yläpinnan on oltava vähintään 0,3 metriä rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella lukuun ottamatta osittain tai kokonaan maanpinnan alapuolella olevien tilojen lattioita. Jos lattian yläpinta on erityisestä syystä viereiseen maanpintaan verrattuna alempana kuin 0,3 metriä maanpinnan yläpuolella, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtävänsä mukaisesti kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen.

Määräysten mukaan rakennuksen alapohja on siis suunniteltava ja toteutettava vähintään 300 mm rakennuksen ympärillä vallitsevaa maanpintaa ylemmäs. Tästä voidaan kuitenkin poiketa erikoistapauksissa, kuten rinneratkaisuissa tai huomioitaessa liikuntaesteisyys. Kellarillisissa rakennuksissa tämä ei tietenkään toteudu, joten silloin suunnittelijan on kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden suunnitteluun. Mikäli mahdollista ensimmäinen maantasokerros on näissäkin tapauksissa hyvä nostaa vähintään 300 mm maanpinnan yläpuolelle. Pysäköintilaitosten päällä olevien kansipihojen kohdalla noudatetaan vesikatoille annettuja ohjeistuksia ja suunnittelussa huomioidaan vedeneristeiden nostojen riittävästä korkeudesta valmiin pinnan yläpuolelle.

Lattiarakenteiden alle suunnitellaan kapillaarikatkokerros, jonka paksuus maa-aineisena on vähintään 200 mm. Kapillaarinen katkaisu saadaan aikaiseksi, kun maakerroksen paksuus on suurempi kuin tunnetun kiviaineksen kapillaarinen vedennousukorkeus. Kuviossa 5 on esitetty maa-aineisen kapillaarikatkokerroksen rakeisuuskäyrä. Kapillaarikatkokerroksen on oltava yhteydessä salaojiin, jotta kerroksessa mahdollisesti oleva ylimääräinen vesi saadaan johdettua hallitusti pois rakennuksen alta. Mikäli salaojalinjoja on tarve tehdä myös rakennuksen lattian alle, on salaojan yläpuolella oltava vähintään 400 mm kapillaarikatkokerros. Käytettäessä maanvaraisia anturoita ei anturoiden alle useinkaan haluta tehdä kapillaarikatkokerrosta maa-aineisena, johtuen kapillaarisoran hieman huonosta tiivistymisestä. Tällaisissa tilanteissa suunnitellaan vedenpoistoputket joko anturoiden läpi tai anturoiden ali. Jos kapillaarikatkokerrosta ei saada tehtyä anturoiden alle maa-aineisena, on se tehtävä anturan yläpintaan rakenteellisesti.

Lattian alapuolisena kapillaarikatkokerroksena voidaan käyttää kiviaineksen sijasta myös salaojitettuja eristelevyjä. Nämä ovat kuitenkin perusrakentamisessa hintansa puolesta vähemmän käytettyjä tuotteita.



Seula, mm	4	8	11,2	16	31,5
Vähintään...enintään, %	0...2	0...50	0...100	0...100	100

KUVIO 5. Kapillaarikatko kerroksen rakeisuuskäyrä. (RIL 126-2020, s.90 kuva 5.5a.)

Maaperän suhteellinen kosteus on käytännössä lähes aina hyvin lähellä 100 %. Maaperän lämpötila pyrkii tasaantumaan muutaman vuoden käytön jälkeen lähelle sisäpuolista lämpötilaa. Tästä aiheutuu paine-ero lattian yli ja diffuusion suunta on maaperästä huoneilmaan. Tilannetta voidaan jonkin verran parantaa esimerkiksi tiiviimmällä lämmöneristeellä kuten XPS:llä. Tämä on kuitenkin otettava suunnittelussa huomioon etenkin valittaessa lattian pinnoitteita.

Maaperässä on otolliset olosuhteet myös mikrobien kasvun kannalta. Normien mukaisesti mikrobien kasvu sallitaan maanvastaisten lämmöneristeiden ulkopinnoilla. Tämä on varmasti aivan perusteltua, sillä myös maaperässä itsessään esiintyy mikrobikasvustoa. Suunnittelussa on kiinnitettävä erityisesti huomiota läpivientien ja liitosten suunnitteluun, jotta maaperän kaasut ja mikrobit eivät pääse niiden kautta tunkeutumaan huoneilmaan.

5.4 Kellarinseinät ja maanvastaiset seinärakenteet

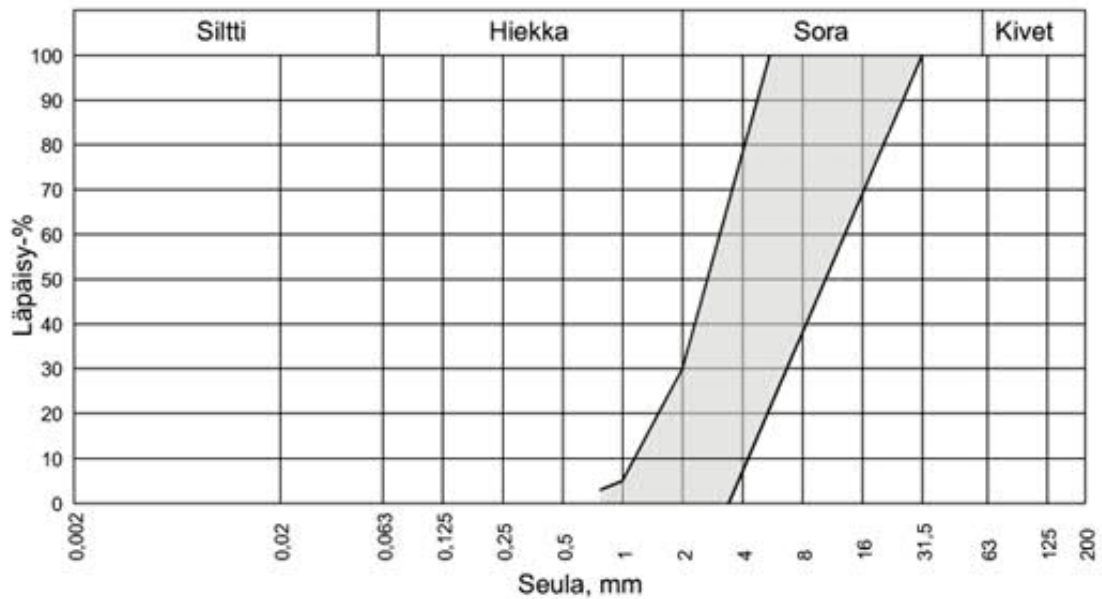
Maanvastaisia seinärakenteita rasittaa vastaavat rasitukset kuin perustuksia ja maanvastaisia lattiarakenteitakin. Maaperän kosteus ei saa siirtyä myöskään seinärakenteiden läpi kapillaarisesti eikä diffuusiolla. Maanvastaisia seinärakenteita rasittaa myös painovoimaisesti maahan imeytyvät vajovedet.

Hulevesien poisjohtamisesta määrätään asetuksessa (782/2017) 16 § Hulevesien poisjohtaminen seuraavaa:

Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava maanpinnan kuivatus ja hulevesien hallinta siten, että hulevedet johdetaan pois rakennuksen vierestä hulevesijärjestelmän avulla.

Pinnan läpi imeytyvien vajovesien aiheuttamaa rasitusta rakenteille pyritään minimoimaan maanpinnan kallistuksilla. Maan pinnat on kallistettava rakennuksesta poispäin vähintään 1:20 kaltevuuteen 3 metrin matkalta ulkoseinästä. Näin saadaan johdettua osa sade- ja sulamisvesiä pois rakennuksen viereltä rakenteita rasittamasta.

Seinärakenteen ulkopuolelle suunnitellaan ja toteutetaan hyvin vettä läpäisevä salaojakerros, joka johtaa seinän vierustalta imeytyneet pintavedet salaojiin. Salaoja kerroksen leveys maa-aineisena on oltava vähintään 200 mm. Kuten lattioidenkin alla, myös seinän vieressä on mahdollista käyttää salaojitettua lämmönerityslevyä tarvittaessa. Rakennuksen ulkopuolisen salaojituserroksen kiivaineksen rakeisuuskäyrä on esitetty kuviossa 6.



Seula, mm	1	2	4	5,6	8	16	31,5
Vähintään...enintään, %	0...5	0...30	7...78	20...100	38...100	69...100	100

KUVIO 6. Perusmuurin ulkopuolisen salaojakerroksen rakeisuuskäyrä. (RIL 126-2020, s.91 kuva 5.5b.)

Ympäristöministeriön asetuksessa (782/2017) pykälässä 21 § Maanvastaisen seinärakenteet annetaan seuraava määräys:

Maanvastaisen ulkoseinän rakenteen on estettävä ympäröivän maan kosteuden sekä hulevesien haitallinen tunkeutuminen seinärakenteeseen vedeneristyksellä tai vedenpaineen eristyksellä taikka rakenteellisesti hallitulla vedenpoistolla, joka mahdollistaa kellarin seinän kuivumisen ulospäin. Vedeneristyksen tai vedenpaineen eristyksen on oltava maanvastaisen ulkoseinärakenteen ulkopinnassa tai ulkopuolisen, maata vasten olevan lämmöneristyksen sisäpuolella.

Kellarin seinien ulkopinnassa maanvastaisen lämmöneristeen sisäpuolella tulee käyttää veden eristettä, jolla estetään maankosteuden sekä pinta- ja sulamisvesien siirtyminen rakenteeseen. Joskus kellarin seinissä näkee käytettävän sandwich elementtejä, mutta tämä ei ole suositeltavaa eikä nykytiedon valossa hyvän rakentamistavan mukaista. Kellarin seinärakenteena tulee käyttää sisäkuori elementtiä, joka ensin vedeneristetään ja sen jälkeen lämmöneristetään ulkopuolelta työmaalla.

Kellarin seinissä voidaan normaaleissa olosuhteissa, joissa rakennuksen vierustytön ja rakennuspohjan kuivatus toimii salaojituksella, käyttää epäjatkuvia vedeneristeitä kuten perusmuurilevyä kunhan seinän kuivuminen ulospäin on varmistettu. Itse kuitenkin suosittelemme käyttämään kellarin seinissä aina jatkuvia vedeneristeitä kuten kumibitumikermejä. Kellarin seinät suositellaan toteuttamaan ulkopuolisella maanvastaisella lämmöneristyksellä, jotta rakenteen lämpötila on mahdollisimman suuri ja kosteuspitoisuus mahdollisimman alhainen. Vedeneriste olisi suositeltavaa nostaa vähintään 300 mm ympäröivän maanpinnan yläpuolelle

Kun kellarin seinissä käytetään jatkuvia vedeneristeitä, on niiden tartunta alustansa varmistettava. Alustasta on poistettava kaikki tartuntaa heikentävät pintakerrokset, pinnan on oltava riittävän kuiva ja pinta on käsiteltävä vedeneristeen vaatimalla pohjakäsittelyllä.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää myös seinien osalla läpivientien ja liitosten toteuttamiseen. Vedeneristettävissä pinnoissa ei tulisi olla kulmia eikä mutkia. Talotekniikan vaatimille läpivienneille on suositeltavaa käyttää valmiita läpivientiosia etenkin hankalasti korjattavissa paikoissa.

5.5 Vedenpaineen alaiset rakenteet

Vedenpaineen alaisista rakenteista määrätään asetuksessa (782/2017) 23 § Vedenpaineen alaiset rakenteet seuraavasti:

Vedenpaineen alaisten rakenteiden on kestävä jatkuvan vedenpaineen vaikutus rakenteen suunnitellun käyttöajan ajan. Tällaisissa rakenteissa on oltava vedenpaineeneristys, joka estää ulkopuolisen veden haitallisen tunkeutumisen rakenteeseen.

Vedenpaineen alaisten rakenteiden suunnittelu ja toteutus on huomattavasti haasteellisempaa, kun vain maanvastaisten rakenteiden. Suunnittelussa on otettava huomioon erityisen tarkasti työsaumojen, liikuntasaumojen sekä mahdollisten läpivientien vesitiivis toteutustapa. Kaikista liitoksista ja työsaumoista ei välttämättä saada kerralla vesitiiviitä, joten myös jälkitiivistyksiin on hyvä varautua jo

suunnitteluvaiheessa. Vesitiiviiden rakenteiden onnistunut toteutus vaatii huomattavan määrän yksityiskohtaista suunnittelua sekä useiden eri tahojen saumantonta yhteistyötä.

5.6 Julkisivurakenteet

Julkisivurakenteita on käsitelty ympäristöministeriön asetuksessa (782/2017) momenteissa 24 § ja 25 §. Momentissa 24 § Ulkoseinän rakenteet määrätään seuraavaa:

Ulkoseinän ja sen eri kerrosten on muodostettava kokonaisuus, joka estää veden haitallisen kulkeutumisen rakenteiden sisään. Ulkoseinän ja sen eri kerrosten sekä ulkoseinään liittyvien rakenteiden ja ulkoseinän liitosten vesihöyrynvastuksen ja ilmatiiviiden on oltava sellainen, ettei seinän kosteuspitoisuus sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi muodostu rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitalliseksi. Jos rakenteessa on käytetty ilmansulkua tai höyrynsulkua, on saumojen reunojen ja läpivientikohden oltava tiiviitä.

Ulkoseinän kerroksineen tulee siis muodostaa kokonaisuus, joka estää haitallisen veden kulkeutumisen rakenteeseen. Ulkoseinän ulko-osaa pitkin valuva vesi ei saa johtua rakenteen sisään vaan rakenne on suunniteltava liitoksineen vedenpitäväksi. Mikäli ulkoseinässä on erillinen ulkoverhous, tulee tausta tuulettaa ja vuotovedet johtaa ulos rakenteesta. Ulkoseinärakenteen eri kerrokset on suunniteltava siten että niiden vesihöyrynvastus kasvaa ulkoa sisälle päin tultaessa.

Asetuksen (782/2017) momentissa 25 § Ulkoverhous, käsitellään vielä ulkoverhousta hieman tarkemmin:

Seinärakenteen ulkoverhouksen taakse ei saa joutua vettä tai ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden ja kosteuden on päästävä poistumaan rakenteita vahingoittamatta. Ulkoverhouksen taustan on oltava tuulettuva, ellei kosteus pääse muutoin poistumaan.

Ulkoverhous tulee suunnitella aina mahdollisimman tiiviiksi kuitenkin niin, että mahdollisesti verhouksen taakse päässyt vesi pystyy poistumaan rakenteesta

haittaa aiheuttamatta. Jos ulkoverhouksen kuivumista ei ole varmistettu muutoin, on julkisivuverhouksen takana oltava tuuletusväli. Joillain julkisivuilla, kuten levytai laattajulkisivuilla ja muuratuilla julkisivuilla iso osa viistosateesta pääsee tunkeutumaan verhouksen taakse. Tällöin kosteudesta syntyvä haitta estetään vuotovesien hallitulla poisjohtamisella rakenteesta sekä riittävällä rakenteen tuuletuksella. Esimerkiksi tiilimuuratun julkisivun takana on oltava vähintään 30 mm ilmarako. Tuuletusvälissä veden ohjaukseen käytetyt rakenteet eivät saa johtaa vettä rakenteeseen, eivätkä saa aiheuttaa haittaa rakenteen kuivumiselle. Tuuletusvälin sisäpinta on suunniteltava mahdollisimman vesitiiviiksi, jotta verhouksen taakse päässyt vesi ei pääse tunkeutumaan syvemmälle rakenteeseen. Tuuletusvälin sisäpinnan olisi suotavaa olla aina vähintään roiskevesitiivis, koska verhouksen taakse pääsee lähtökohtaisesti aina vettä rakenteen elinkaaren aikana. Jos tuuletusvälin ulkopinnassa käytetään erillistä niin sanottua sadetakkirakennetta, on sen estettävä veden haitallinen siirtyminen rakenteeseen kuitenkin aiheuttamatta haittaa rakenteen kuivumiselle. Myös sadetakkirakenteen tausta tulee yleensä tuulettaa. Myrskypeltejä tai vastaavia tuotteita on käytettävä aina kun veden nousu julkisivupinnalla on mahdollista. Käytännössä niiden käyttö on nykypäivänä enemmän sääntö kuin poikkeus.

Betonijulkisivuja niihin kohdistuvia rasituksia sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia on käsitelty kattavasti muun muassa Arttu Lehtosen rakentamisen ylemmän tutkinto-ohjelman opinnäytetyössä, Ilmastonmuutoksen rakennusfysikaaliset vaikutukset, Julkisivurakenteiden suunnittelu. Betonijulkisivuja suunnitellessa Artun Lehtosen työstä saa hyvää tarkentavaa tietoa suunnittelun tueksi.

5.7 Vesikattorakenteet

Vesikattorakenteiden suunnittelua ja toteutusta sekä käytettävien tuotteiden kelpoisuutta säätelee Suomessa maankäyttö- ja rakennuslaki. Määräysten lisäksi suunnittelua helpottamaan on olemassa melko paljon vapaaehtoista ohjeistusta, joka nykyisin määrittelee hyvin pitkälti hyvän rakentamistavan. Ohjeistusta löytyy sekä yleisellä tasolla että melko tarkasti kattotyypeittäinkin. Vapaaehtoisia suosituksiaan ja apua suunnitteluun tarjoaa muun muassa Kattoliitto, RT-kortit sekä RIL julkaisut.

Määräystasolla vesikattorakenteita käsitellään ympäristöministeriön asetuksessa (782/2017) kahdessa momentissa. Momentissa 26 § Veden poisjohtaminen vesikatolta määrätään seuraavasti:

Veden on poistuttava vesikatolta rakennusta vahingoittamatta. Vesikatolla on rakenteineen ja liitoksineen oltava katteelle sopiva kaltevuus ja tiiviys veden poisjohtamiseksi.

Ja momentissa 27 § Yläpohjarakenteet määrätään:

Yläpohjan kerrosten ja katon tuuletuksen on estettävä vesihöyryn diffuusiosta tai ilmanvirtauksista johtuva, haittaa aiheuttava kosteuden kertyminen yläpohjarakenteeseen. Jos rakenteessa on käytetty ilmansulkua tai höyrynsulkua, on saumojen, reunojen ja läpivientikohden oltava tiiviitä.

Vesikaton tärkein tehtävä on siis mahdollistaa veden poistuminen vesikatolta rakennusta tai rakenteita vaurioittamatta. Erilaisia vesikattorakenteita on melko paljon. Ne eroavat toisistaan muodon, rakenteen ja pintamateriaalien osalta. Perinteinen harjakatto pitkällä räystäällä on varmasti rakennusfysikaalisessa mielessä parhaita ratkaisuja vesikatoksi. Se on yleensä melko jyrkkä, jolloin vesi ei jää katteen pinnalle makaamaan ja sen avulla johdetaan sadevedet suoraan rakennuksen ulkopuolelle. Lisäksi pitkät räystäät vielä suojelevat rakennuksen julkisivun yläosia viistosateelta. Tämä on kuitenkin asuinkerrostalorakentamisessa aika harvinainen kattomuoto. Oman kokemuksen mukaan useimmin käytetään sisäänpäin viemäroityä tasakattoa, jonka lämmöneristekerros toteutetaan leca-soralla. Pienemmillä alueilla vaikkapa IV-konehuoneiden katoilla saatetaan käyttää villakattoa. Myös erilaiset kattopihat eli terassit tai viherkatot ovat yleistyneet valtavasti. Ne toteutetaan lähes poikkeuksetta käännettynä kattorakenteena, eli rakenteena, jossa vedeneriste jää lämmöneristekerroksen alapuolelle. Käsitellään tämän työn puitteissa kuitenkin vain yleisimmin asuinkerrostaloissa toistuvia kattorakenteita.

Sisäänpäin viemäroityjen tasakattojen suunnittelusta löytyy hyvää ohjeistusta kattoliiton Toimivat katot 2019 julkaisussa, Leca-sorakattojen suunnittelu ohjeesta sekä RT-korteista ja RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Vesikaton toimivuuden kannalta kaikkein oleellisinta on, että vesikate ei vuoda ja että kaadot ovat riittävät vedenjohtamiseksi kaivoihin. Sisäpuolisen

vedenpoiston kanssa täytyy aina huomioida tulvareitit, eli minne vesi johdetaan silloin, jos kaivo tukkeutuu. Yleensä vesikatolla on useampia kaivoja ja todellisuudessa on epätodennäköistä, että kaikki tukkeutuvat saman aikaisesti, joten periaatteessa vesi saadaan ohjattua aina viereisen kaivon kautta pois vesikatolta. Jokaisessa kaatokentässä on kuitenkin syytä olla tulvareitti myös vesikaton / rakennuksen ulkopuolelle. Tämä siksi, että kaikki kaivot voivat todennäköisyydestä huolimatta tukkeutua saman aikaisesti ja toisekseen siksi, että huoltomies ja asukkaatkin ymmärtävät kaivon olevan tukossa, mikäli sadesäällä vettä valuu rakennuksen ulkopuolelle. Tulvareitti asemoidaan kattopinnan korkeimmalle kohdalle, jotta vesi ensisijaisesti ohjautuu kaivoihin ja vasta kaivon tukkeutuessa rakennuksen ulkopuolelle.

Vesikaton kaadot on oltava riittävät ja pohjan tasainen, jotta vesi kulkeutuu sujuvasti kaivoille, eikä ala muodostumaan lammikoiksi vesikatolle. Ehdoton minimikaltevuus myös jireissä on 1:80, mutta suositeltavaa olisi käyttää jirien minimikaltevuutena 1:60. Kaivot toteutetaan hieman, noin 20 mm, muuta kattopintaa alemmaksi.

Suunnittelun kannalta oleellisimpia suunniteltavia paikkoja ovat luonnollisesti kaikki epäjatkuvuuskohdat sekä muut erikoispaikat kuten räystäät, liittymät pystyrakenteisiin, jne. Vaikka vesikaton läpivientejä tulee välttää, ei niistä päästä kokonaan eroon. Vesikatteen läpi tulee väkisin erillaisia tuuletusputkia, turvavarusteita kuten pollareita ja mahdollisesti myös muita välttämättömiä läpivientejä. Läpivientejä ei tule suunnitella vesikaton sisätaiteisiin eli jireihin vaan mielellään aina kaatojen korkeimpiin kohtiin vuotorisikin minimoimiseksi. Läpivientejä ei sovi myöskään sijoittaa liian lähelle muita pystypintoja, kuten nostoja tai räystäsrakenteita jotta läpivientien tiivis toteutus on mahdollista. RIL107-2012 mukaan, suositeltu minimietäisyys pystypinnoista on metri ja toisistaan sekä muista epäjatkuvuuskohdista puolimetriä.

Pystypinnoissa eli ylösnostoissa ja rintapellityksissä on huomioitava vedeneristeen noston riittävä korkeus sekä rintapellityksen oikea muoto, vahvuus ja kiinnitys. Vaaka- ja pystypintojen välissä on hyvä käyttää kolmion muotoista niin sanottua holkkalista. Vaakapinnan kermit käännetään holkkalistan päälle ja alin

kermi kiinnitetään siihen mekaanisesti huopanauloin. Kiinnitys holkkalistaan tehdään, jotta kermi eivät kutistuessaan irtoa holkasta ja sitä myöden saumat aukea. Pystynostot tehdään kermikatteilla aina erillisillä pystynostokaistoilla, jotka limitetään vaaka kermien kanssa vähintään 150 mm. Pystynostoissa kermi tulee ulottaa ehjänä vähintään 300 mm valmiin kattopinnan yläpuolelle ja 100 mm padotuskorkeuden yläpuolelle. Pystynostot kiinnitetään yläreunastaan mekaanisesti taustarakenteeseen. Pystynostojen päälle asennetaan usein vedeneristeiden suojaksi pellitys, jota kutsutaan rintapellitykseksi. Rintapelti kiinnitetään yläpäästään vedeneristeen yläpuolelta mekaanisesti pystyrakenteeseen ja tiivistetään sen pintaan vesitiiviiksi. Rintapellitystä ei saa alapäästään ulottaa katteen pintaan asti, ettei suojapellityksellä vahingossa vaurioiteta varsinaisia vedeneristeitä. Kokemukseni perusteella leca-sorakatoilla pintalaatan alla on oltava mekaaninen tuki aina pystynostojen ja räystäiden ympärillä, ettei vedeneriste repeä noston juuresta soran mahdollisen painumisen seurauksena.

Räystäärakenteet vaativat pellityksineen myös huolellista suunnittelua. Rakennuksen suojapellityksiä on käsitelty muun muassa RT- kortissa 80–11202. Räystäään muodon määrittelee usein arkkitehti, mutta rakennesuunnittelijan on syytä osata ohjata arkkitehtia tarvittaessa. Ohjeiden mukaan tasakattoisen rakennuksen räystäään on ulotuttava vähintään 100 mm valmiin vesikattopinnan yläpuolelle ja sen tulisi kaataa sisäänpäin vähintään kaltevuudella 1:6. Räystäärakenteen on myös ulotuttava riittävän kauas julkisivupinnasta, hieman riippuen tuulettuuko vesikattorakenne räystäään alta vai ei. Seinärakenteen yläpäässä on aina huomioitava myrskypellitykset, jottei tuuli paina vettä julkisivupintaa pitkin eristetilaan. Erietyisesti korkeiden rakennusten kohdalla on suunniteltava tarkasti, voidaanko vesikattorakennetta tuulettaa räystäään alta lainkaan vai onko ennemmin käytettävä alipainetuulettimia. Korkean rakennuksen räystäällä saattaa esiintyä niin suuria ilmavirtauksia yläpohjarakenteeseen, että esimerkiksi lumisella säällä rakenteen sisään voi kertyä huomattavia määriä lunta, joka sitten sulaessaan aiheuttaa kosteusvaurioita.

Viherkatot ovat näyttävän näköisiä, lisäävät asumisviihtyvyyttä sekä ovat tärkeä osa nykyisin vaadittavan viherkertoimen saavuttamista ahtailla keskustan tonteilla. Viherkerroin on kaavoituksen menetelmä lisätä kaupunkivihreää sekä hu-

levesien luonnollista hallintaa. Viherkerroin kuvaa tontin vihertehokkuutta, eli vihreän määrää suhteessa tontin tai korttelin pinta-alaan. Viherkaton kasvit vaativat luonnollisesti riittävän kostean kasvualustan kasvaakseen ja kuivien säiden varalta viherkatoille voidaankin joutua suunnittelemaan kastelujärjestelmiä. Tämä mielestäni sotii hieman vesikaton perusajatusta vastaan, mutta muutoksen maailmassa tällaisiakin rakenteita toteutetaan enenevässä määrin. Viherkatot toteutetaan lähes poikkeuksetta käännettyinä kattorakenteina, jolloin vedeneristeet jäävät lämmöneristeiden alle lämpimään pintaan. Viherkatossa ajatuksena on, että kasvien kasvukerros sitoo ja näin olleen viivyyttää sadeveden ohjautumista sadevesiviemäriverkostoon. Kaadot ja rakenteet tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että vesi hakeutuu kaivoille mahdollisimman korkealla rakenteessa. Mieluiten tietenkin jo rakenteen pinnassa, mutta viimeistään kasvukerroksen alapuolisessa rakenteessa, joka on useimmiten betoninen suojalaatta. Vedeneristeiden ja lämmöneristeiden väliin asennetaan salaojamatto, jotta kaikkien rakennekerrosten läpi kulkeutunut vesi pääsee viimeistään vedeneristeiden päällä kulkeutumaan vapaasti kaivolle ja sitä kautta sadevesiviemärijärjestelmään. Kattokaltevuuksien suhteen pätee samat vaatimukset ja ohjeistukset kuin tasakatoillekin, mutta vedeneristysluokka on viherkatoilla VE80R. Ylin pinta kermi on näissä tapauksissa toteutettava aina juurisuojatulla kermillä. Kasvualustoja ei tule ulottaa koskaan kiinni pystyrakenteisiin tai räystäisiin vaan niiden vierustoille jätetään aina noin 300–500 mm leveät sepelikaistat. Viherkattojen kannattaisi mielestäni olla muoltaan hyvin selkeitä, jotta mahdollisia riskipaikkoja kuten liitoksia, nostoja ja niiden nurkkia olisi mahdollisimman vähän. Viherkattojen suunnitteluun löytyy myös hyvää ohjeistusta jo edellä mainituista lähteistä sekä vain viherkattoja käsittelevistä RT-kortteista RT 85-11203 ja RT 85-11205 ja niiden lisäksi esimerkiksi eri katevalmistajien verkkosivuilta.

5.8 Kansirakenteet

Kosteusteknisesti ajateltuna kansirakenteita koskevat samat määräykset kuin vesikattorakenteitakin. Kansirakenteet toteutetaan pääosin käännettyinä kattorakenteina, joissa kantavan rakenteen muodostavat useimmiten joko esijännitetyt elementtilaatat kuten ontelolaatat tai jälkijännitetty massiivibetonilaatta. Kantavan rakenteen päälle joudutaan usein valamaan kaadot erikseen ja jos kaatovalun

paksuus meinaa paikoin olla kovin suuri, voidaan kaatovalussa käyttää raudoitusta tai kuitubetonia halkeilun rajoittamiseksi. Joka tapauksessa vedeneristeen alustana toimii yhtenäinen ja tiivis betonipinta johon vedeneristeet kiinnitetään kauttaaltaan. Betonialustan vetolujuudelle, pinnan tasaisuudelle sekä pinnan käsittelylle ennen vedeneristystyötä on annettu tarkempia ohjeita muun muassa RIL107-2012 kirjassa. Kansirakenteet eroavat muista viherkatoista lähinnä laajempina kokonaisuuksina ja niillä voi myös olla huomattavan paljon suurempia kuormituksia kuten pelastusteitä.

Kansirakenteet ovat tyypillisesti sen verran suuria, että ne joudutaan usein jakamaan pienempiin osiin rakenteellisin liikuntasaumoin. Liikuntasaumot on suunniteltava sijainniltaan sellaisiin paikkoihin, että niiden kosteustekninen rasitus on mahdollisimman pieni. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että liikuntasaumot pyritään sijoittelemaan kansirakenteessa kaatojen korkeimpiin kohtiin. Liikuntasauvoja käsitellään tarkemmin tämän työn seuraavassa kappaleessa 5.9.

Kannen kaadot suunnitellaan ja toteutetaan siten, että niin kutsutut kaatokentät pysyvät hallitun kokoisina eikä veden valumamatkat muodostu ylipitkiksi. Veden valuma pituuden tulisi jäädä pääsääntöisesti alle 15 metriin. Tästä voi mielestäni kuitenkin hieman poiketa, jos poikkeamisella pystytään välttymään useammalta läpivienniltä. Joskus on nimittäin mahdollista toteuttaa kansia kokonaan ilman rakenteellisia vedenpoistokaivoja, jos kansi on esimerkiksi riittävän kapea kaatamaan vedet rakenteen ulkopuolelle. Jos tämä on mahdollista, ei mielestäni ole järkevää tehdä kannesta niin kutsuttua kaukaloa johon vettä kerätään.

Kaikki vedeneristeiden epäjatkuvuuskohdat, kuten läpiviennit ja liikuntasaumot sekä kaikki muut poikkeavat asiat kuten nostot ja liittymät ovat kannen tiiveyden kannalta oleellisimpia asioita. Siksi tällaisten asioiden yksityiskohtaiseen ja tarkkaan suunnitteluun on keskityttävä suunnittelussa parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Vedeneristeitä lävistäviä sähkö- tai LVI-putki lävistyksiä pitää pyrkiä välttämään. Jos mahdollista ne olisi hyvä toteuttaa esimerkiksi turvallisemmin seinäläpivienteinä, mutta tämä ei tietenkään aina ole mahdollista. Mikäli näitä läpivientejä on kuitenkin kanteen tehtävä, käytetään niissä tarkoitukseen soveltuvia läpivientikappaleita. Läpivientikappaleissa on oltava vedeneristelaippa, joka limitetään vedeneristeiden väliin. Suurempien läpivientien, kuten

vaikkapa savunpoistokuilun kohdalla noudatetaan vastaavia ohjeita kuin seinänostojenkin osalta. Ylösnostoja sekä läpivientien sijoittelua käsiteltiin jo edellisessä kappaleessa 5.7 vesikattorakenteet ja samat asiat pätevät myös kansirakenteilla. Oviaukkojen sekä muidenkin alle 300 mm valmiista pinnasta ulottuvien aukkojen liittymät vedeneristeisiin on suunniteltava erikseen vesitiiviiksi. Oviaukkojen ei tule koskaan ulottua kannen padotuskorkeuden alapuolelle.

Kaivoina kansirakenteilla ja myös muilla käännytyillä katoilla tulee aina käyttää laipallisia niin sanottuja käännetyn katon kaivoja. Tällaisessa kaivossa viemäriyhteen päässä on kiinteä metallinen laippa, joka limitetään vedeneristekerrosten väliin. Kaivoon kerätään vettä vedeneristekerroksesta, suojalaatan päältä sekä lopullisen rakenteen pinnasta. Kaivot on varustettava myös sulanapitokaapelilla, jotta vedenpoisto toimii myös talviaikana. Perustelluista syistä esimerkiksi istutus alueilla voidaan jättää pintakeruu pois ja korvata se umpinaisella kannella. Joka tapauksessa kaivot täytyy ulottaa pintaan asti huollettavuuden takia.

Kiteytettynä vielä edellä mainittua, suunnittelun kannalta on oleellista keskittyä kaikkiin vedeneristeiden epäjatkuvuuskohtiin sekä muihin erikoispaikkoihin. Kokemusten perusteella hallit kuitenkin harvemmin vuotavat jostain muualta kuin erikoispaikan kohdalta. RIL 107-2012, käsittelee vedeneristystöitä ja niiden suunnittelua niin kattavasti, että oman näkemykseni mukaan kyseinen julkaisu tulisi olla kaikkien tämän kaltaisia rakenteita suunnittelevien suunnittelijoiden saatavilla.

5.9 Liikuntasauamat

Tarvittavien liikuntasauamojen määrittämisestä rakenteissa on kohtuullisen vähän mitään ohjeistusta olemassa Suomessa. Monessa lähteessä talorakenteiden osalta todetaan vain, ettei kutistumasta ja lämpötilan vaikutuksesta tapahtuvia muodon muutoksia ole tarpeen huomioida, mikäli rakennus tai rakenne varustetaan liikuntasauamalla. RIL 202-2011/by61 kirjan kappaleessa 2.3.3, on annettu rakenteille liikuntasauamaväliden enimmäispituuksia seuraavasti:

Lämmitettyjen rakenteiden osien pituus on yleensä korkeintaan 25 m (paikallavalettu rakenne) tai 40 m (elementtirakenne), kylmissä rakenteissa vastaavat arvot ovat 13 m ja 20 m.

Talorakenteiden osalta harvoin joudutaan vesikatoilla miettimään liikuntasauvoja, mutta mikäli rakennuksessa rakenteellinen liikuntasauma on, jaetaan myös vesikate samasta kohdasta. Enemmän liikuntasauvoja tarvitaan kuitenkin parkkihallien / pihakansien osalta, koska niiden kohdalla puhutaan usein kylmistä rakenteista ja toisaalta myös laajuudeltaan suuremmista kokonaisuuksista. Jälkijännitetyjen kansien osalta liikuntasaumavälit määritellään erikseen usein punossuunnittelijan toimesta, mutta niiden kohdalla puhutaan huomattavasti pidemmistä liikuntasaumaväleistä kuin elementtirakenteisen tai betoniteräksillä raudoitettun paikallavalurakenteen osalta. Vedeneristeiden tarvittavia liikevaroja ja näin myös betonirakenteiden liikuntasaumajakoja arvioitaessa, voidaan käyttää yksinkertaista lämpöliikkeen kaavaa, koska betonin ja betoniteräksen lämpölaajenemiskertoimet ovat samat. Tällä päästään varmasti riittävään tarkkuuteen huomioitaessa vedeneristeiden tarvittavaa muodonmuutoskykyä.

Liikuntasauvojen sijoittelussa on otettava huomioon liittyvät rakenteet sekä kaatokentät. Liikuntasaumat tulee sijoittaa kaatokenttien korkeimpiin kohtiin ja sellaisiin paikkoihin, joissa ei ole paineellista vettä. Tämä voi joissain tapauksissa lisätä kannelle tarvittavaa kaivomäärää, mutta siitäkään huolimatta vesiä ei saa koskaan kaataa liikuntasauvojen yli. Tarvittaessa liikuntasaumat nostetaan reilusi ylös vaakapinnasta, jotta vältytään paineellisen veden vaikutukselta. Joka tapauksessa liikuntasauvojen kohdalle on hyvä tehdä vielä pieni harjanne, jolla pyritään entisestään pienentämään liikuntasauman kohdalla vaikuttavaa kosteusrasitusta. Liikuntasauman kohdalla kermi on irrotettava alustastaan riittävän pitkältä matkalta, jotta se pystyy venymään riittävästi murtumatta rakenteiden eläessä. Vedeneristeiden venymän mitoituksessa varmuuskertoimenä käytetään vähintään arvoa 5,0.

Pysäköintilaitokset ja niiden päällä olevat pihakannet liittyvät lähes poikkeuksetta ympäröiviin rakennuksiin. Lämpöeristetyissä seinissä vedeneristeet nostetaan lämmöneristeen taakse lämpimälle puolelle, joka toimii usein myös rakennuksen kantavan rakenteena. Jos kuitenkin kannen ja rakennuksen välissä kulkee liikuntasauma, kannattaa kylmän rakenteen puolelle tehdä paikallavalunosto, jota vasten vedeneristeet nostetaan ja vasta noston yläreunasta vedeneriste vie lämmön eristeen taakse. Näin saadaan liikuntasauma nostettua vaakapinnasta hieman ylemmäs, jolloin saumassa vaikuttava kosteusrasitus

pienenee merkittävästi. Lisäksi on huomioitava, että kylmä kansirakenne ja lämmin rakennus elävät lämpötilan muutoksen vaikutuksesta eri tavalla. Nämä lämpöliikkeestä aiheutuvat rasitukset tulee ottaa huomioon suunnittelussa sauman kummassakin suunnassa. Eli kansirakenne voi kutistua ja irrota rakennuksesta kauemmas, jolloin vedeneristeet venyvät, toisaalta myös sauman suuntaisesti kansirakenne voi kutistua ja laajentua, joka aiheuttaa myös venymää vedeneristeisiin.

6 OHJEKORTIT SUUNNITTELUN TUEKSI

6.1 Salaojien rakenneohje

Rakennuksen salaojitussuunnittelun tueksi on tämän työn puitteissa laadittu A-Insinöörien suunnittelijoiden käyttöön salaojituksen rakenneohje. Ohjeen laatimissa pyrittiin huomiomaan sen käyttökelpoisuus mahdollisimman monelle jopa suoraan, mutta toisaalta myös helppo muokattavuus, jotta jokainen voi helposti muokkaamalla saada omaan kohteeseensa sopivan rakenneohjeen käytettäväksi.

Rakenneohjeessa esitetään salaojien rakentamisen kannalta oleellisia asioita ja ohje täyttää vaatimukset, joita esimerkiksi kuivaketju10 -toimintamallissa edellytetään. Rakenneohjetta tehdessä on käytetty apuna rakennuspohjan kuivatusta käsittelevää julkaisua RIL 126-2020, talonrakennushankkeiden maarakenteiden yleisiä laatuvaatimuksia käsittelevää MaaRYL 2021/1 sekä pienissä määrin kaivojen kansistojen osalta standardia SFS-EN 124-1. Rakenneohjeessa esitetään käytettävien tuotteiden vaatimukset salaojaputkiston, kaivojen ja niiden kansistojen osalta. Ohjeessa esitetään salaojitukseen käytettävät maamateriaalit rakeisuuskäyrineen ja käydään läpi, missä mitäkin materiaalia käytetään. Ohjeessa käydään myös läpi, kuinka salaojaputkistot tulee asentaa ja kuinka kaivot tulee perustaa. Lisäksi on vielä kuvin havainnollistettu ohjeita, jotta kaikki tärkeät asiat olisivat mahdollisimman yksiselitteisesti ilmaistuna. Laadittu salaojituksen rakenneohje on tämän työn liitteenä.

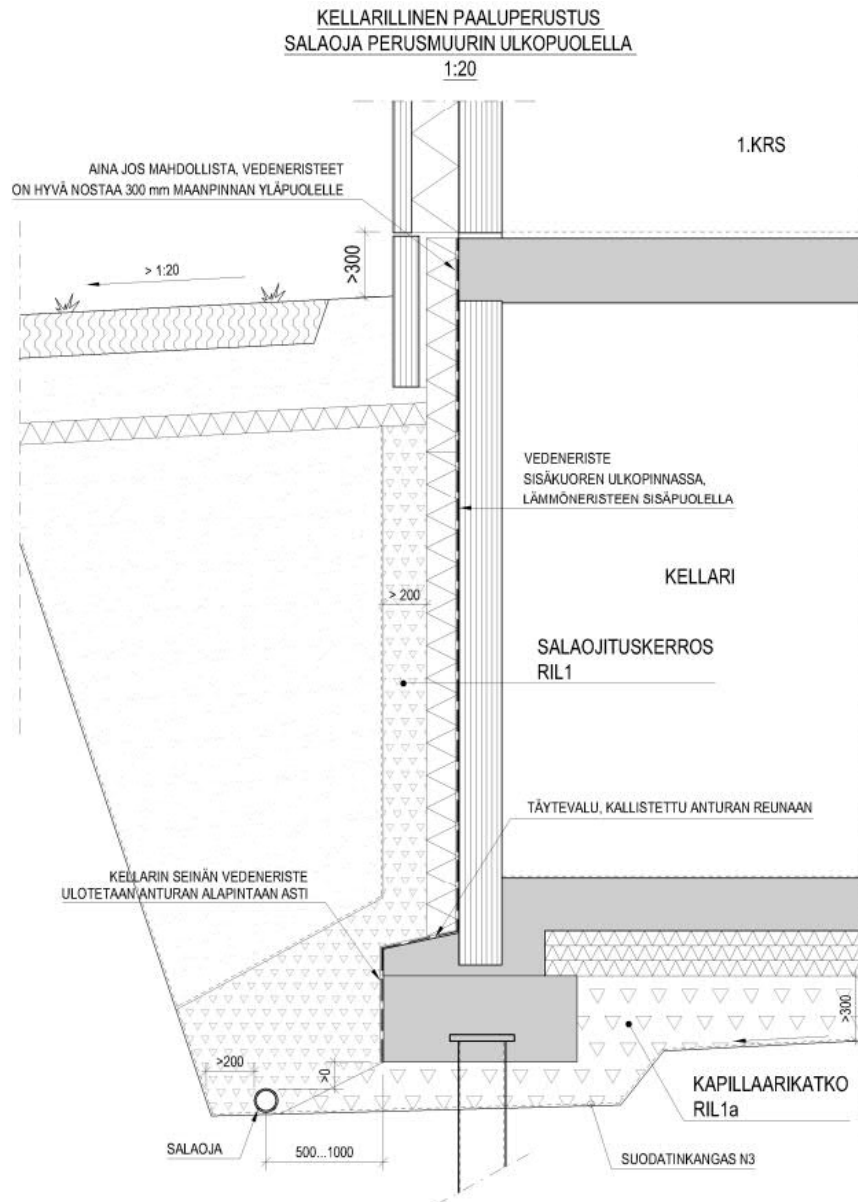
6.2 Kellarin seinät

Kellarin seinärakenteiden suunnittelusta ei varsinaista ohjekorttia suunnittelun tueksi tehdä tämän työn puitteissa. Käsitellään tässä työssä kuitenkin muutamia tärkeäksi kokemiani asioita, joita suunnittelussa on hyvä huomioida.

Ensimmäisenä tulee selvittää suunnittelun lähtötietoja, jotta tiedetään, minkälaista rakennetta ollaan suunnittelemassa. Erittäin oleellista on selvittää pohjavedenpinnan taso, jonka perusteella tiedetään, tullaanko suunnittelemaan veden-

paineen alaisia rakenteita vai ihan normaalia kellarin seinää, jonka takana vaikuttaa maakosteus ja vajovedet. Tämän työn osalta tässä kappaleessa käsitellään rakenteita, jotka sijaitsevat pohjavedenpinnan yläpuolella. Mikäli pohjavedenpinnan taso sijaitsee perustuskorkeuteen nähden sen verran ylhäällä, ettei anturan alle saada toteutettua kapillaarikatkerrosta maarakentein, tulee kapillaarikatko toteuttaa rakenteellisin keinoin anturan yläpintaan, anturan ja seinärakenteen väliin. Rakenteellinen kapillaarikatko voidaan toteuttaa anturan yläpintaan levittämällä siihen esimerkiksi sementtipohjainen kristallisoituva vedeneristyslaasti. Tuotteena tähän soveltuu esimerkiksi Vandex Super.

Kellarin ja 1.kerroksen korkeusaseman tarkistaminen suhteessa ympäröivään maanpintaan on hyvä tehdä heti alkuun. Korkeusaseman määrittäminen on lähtökohtaisesti arkkitehdille kuuluva työ, mutta kokemus on osoittanut, että arkkitehtiäkin on hyvä ohjata tietyissä asioissa hankkeen alusta alkaen, jotta suunnittelussa saavutetaan paras mahdollinen lopputulos. Rakennusta ympäröivän lopullisen luonnollisen maanpinnan korkeuden tulee olla vähintään 300 mm 1. kerroksen lattia tason alapuolella. Rakennusta ympäröivän maanpinnan materiaalin, pinnantasauksen ja täyttömateriaalien perusteella valitaan myös heti alkuun yhteistyössä pohjarakennesuunnittelijan kanssa oikea salaojitusmateriaali seinärakenteen ulkopuolelle. Kuvassa 7 on havainnollistettu kellarin seinärakenteessa huomioitavia asioita.



KUVA 7. Leikkaus kellarillisesta rakenteesta

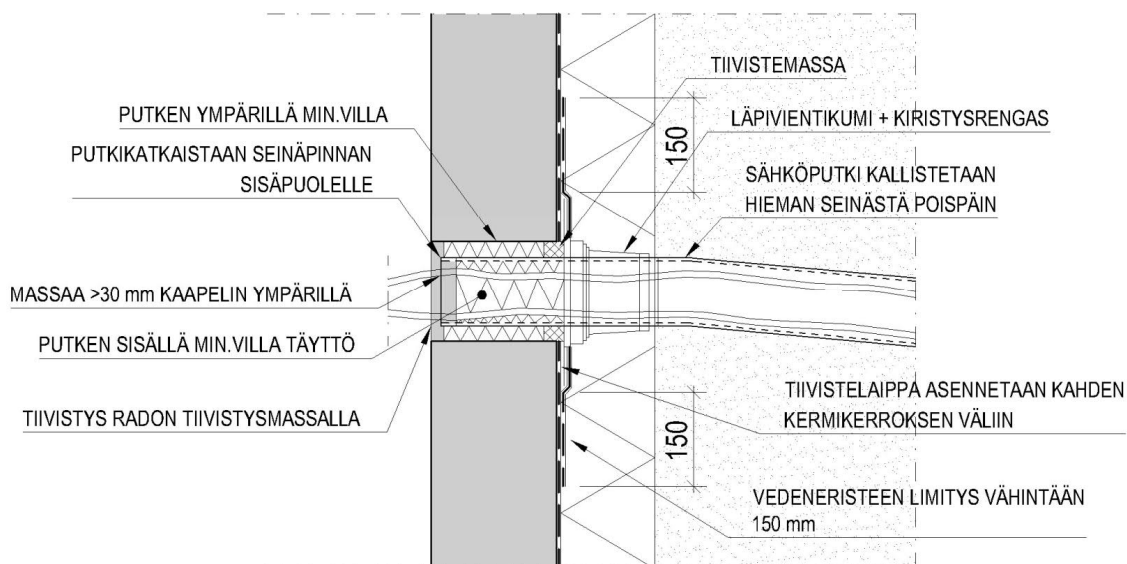
Kellarin seinien vedeneristys on mahdollista hoitaa jatkuvilla vedeneristeillä, vesitiiviillä betonirakenteella, betonin lisäaineilla tai vain hallitulla vedenpoistolla, joka sallii rakenteen kuivumisen ulospäin. Omaan kokemukseeni pohjautuen suosittelen käyttämään kellarin seinissä aina jatkuvaa vedeneristettä esimerkiksi kumibitumikermiä. Vedeneristeen tulee olla seinärakenteen ulkopinnassa, maanvastaisen lämmöneristekerroksen sisäpuolella. Tämä tarkoittaa sitä, että sandwich-elementtiä ei ole suositeltavaa käyttää kellarin seinärakenteena. Kyseisessä rakenteessa vedeneriste jää rakenteen ulkopintaan lämmöneristekerroksen ulkopuolelle, jolloin rakenteen kosteustekninen toiminta on olosuhteista riippuen hieman haasteellista. Käsitykseni mukaan tällainen rakenne ei myöskään

ole hyvän rakentamistavan mukainen. Siitä huolimatta tämän tyyppistä rakennetta on käytetty kellarin seinärakenteena vuosikymmenten ajan ja vielä tänäkin päivänä tulee vastaan kohteita, joissa kyseinen rakennetyyppi on suunniteltu kellarin seinään. Nykyisin kellarin seinärakenteena on suositeltavaa käyttää sisäkuorielementtiä, jonka ulkopintaan asennetaan työmaalla ensin vedeneriste ja sen jälkeen lämmöneriste. Tämän jälkeen näkyvän sokkelin osuus voidaan toteuttaa kuorielementillä, joka on kannateltu sisäkuoresata tai suoraan perustuksista.

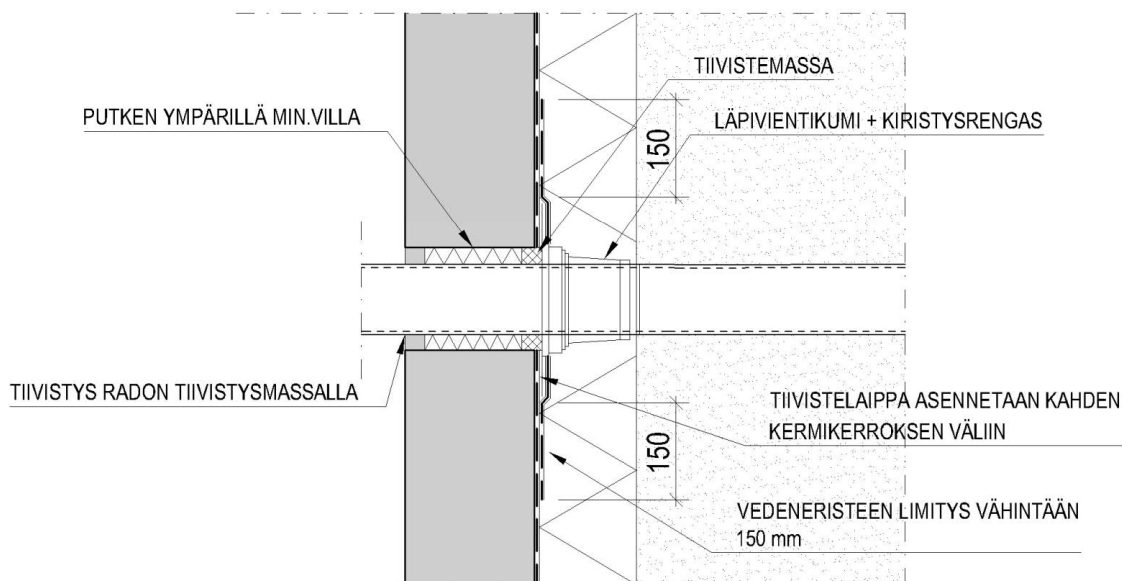
Vedeneristeen alusta on oltava kunnossa ennen vedeneristeen asentamista seinän pintaan. Elementtirakenteisen seinän pintakäsittelyksi kannattaakin määrittellä jo tehtaalla esimerkiksi hiekkapuhallus tai korkeapainepesu, jotta työmaalla pohjatöihin ei kulu määrättömästi aikaa. Ennen kumibitumikermin asennusta alusta vielä käsitellään tuotetoimittajan ohjeiden mukaan tartunta-aineella, jotta varsinaisen vedeneristeen tartunta alustaan on paras mahdollinen. Bitumikermin tartunta-aineena käytetään useimmiten kumibitumiliuosta. Vedeneristeet ulotetaan anturan alapinnasta vähintään maanpinnan tasoon, mutta mikäli on vain mahdollista kannattaa vedeneriste nostaa vähintään 300 mm valmiin maanpinnan yläpuolelle.

Läpiviennit kuten kaikki muutkin vedeneristeiden epäjatkuvuuskohtat ovat aina suurimpia vuotoriskipaikkoja ja siksi niiden suunnitteluun kannattaakin kiinnittää erityistä huomiota. Yleisesti voisi ajatella niin, että mitä hankalammassa paikassa korjauksen kannalta läpivienti on, sitä huolellisemmin se kannattaa heti alkuun suunnitella. Läpivientien suunnittelussa huomiota tulee kiinnittää sekä tiiveyteen kosteutta vastaan, että myös maaperän kaasuja kuten radonia vastaan. Läpivienteihin on olemassa valmiita läpivienti kappaleita, joita on mahdollista käyttää seinän läpivienneissä. Yhtenä esimerkkinä tällaisten läpivientiosien valmistaja on esimerkiksi Roxtec. Peruskohteissa näiden osien ongelmaksi saattaa kuitenkin koitua melko kallis hinta. Perustelluissa tilanteissa ja vedenpainerakenteissa osa on kuitenkin erittäin pätevä ja maksaa varmasti itsensä takaisin puuttuvien korjauskustannusten muodossa. Perustapauksissa seinärakenteiden lävistyksissä voidaan mielestäni kuitenkin käyttää kustannustehokkaampia läpivienti kappaleita, kuten vastaavanlaisia läpivientikumeja kuin mitä vesikatoillakin käytetään.

Läpivientikumeja käytettäessä on kuitenkin huomioitava kumin suojaus esimerkiksi lämmöneristeellä mekaaniselta rasitukselta. Läpiviennin radontiiveys on helppointa huomioida tiivistämällä läpivienti elastisella radontiivistysmassalla suoraan sisäkuoren sisäpintaan. Kellarin seinän läpivientejä on havainnollistettu kuvissa 8 ja 9.



KUVA 8. Kaapeliläpiviennin tiivistys kellarin seinärakenteeseen



KUVA 9. Putkiläpiviennin tiivistäminen kellarin seinärakenteeseen

Kellarin seinän lämmöneristeet asennetaan maata vasten vedeneristeiden ulkopuolelle. Yleisimmin eristeenä käytetään EPS tai XPS eristeitä. Lämmöneristeet kiinnitetään vedeneristeiden päälle kuumabitumilla liimaten. Uretaanivaahdolla lämmöneristeitä ei saa liimata bitumikermien päälle. Tietyissä tapauksissa, joissa

lämmöneristekerroksen ulkopuolelle ei enää mahdu riittävän suurta salaojakerrosta maarakentein, voidaan käyttää myös salaojitukseen soveltuvia eristelevyjä. Peruskohteissa tällaisia eristeitä on kuitenkin hyvä välttää korkean hinnan takia.

6.3 Vedenpainerakenteet

Vedenpainerakenteet on toteutettava lähestulkoon poikkeuksetta massiivisina teräsbetonirakenteina. Vesitiiviin rakenteen toteutukseen on muutamia erityyppisiä vaihtoehtoja. Erilaisia ratkaisuja on markkinoilla olemassa melko paljonkin, joka antaa suunnittelijalle mahdollisuuden valita kohteeseen juuri sopiva vaihtoehto.

Vesitiiviys voidaan toteuttaa erilaisilla rakenteen ulkopuolelle asennettavilla vedeneristyskermi ratkaisuilla. Esimerkiksi Sikalta löytyy järeät vedeneristyskermit SikaProof A järjestelmä. Tämä järjestelmä antaa suojan sekä korkeaa vedenpainetta vastaan että myös kemikaaleja sisältävää pohjavettä vastaan, kuten sulfaatteja ja klorideja sisältävää pohjavettä vastaa. Lisäksi kermit on suunniteltu kestämaan sekä staattisia että dynaamisia kuormituksia, joten kermejä voidaan käyttää myös maanjäristysalueilla.

Vesitiivisbetoni on toinen vaihtoehto. Betonirakenne on vesitiivis, kun standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti testattu veden tunkeutumissyvyys betonissa jää alle 100 mm. Vesitiivisbetoni itsessään saadaan aikaan hyvinkin helposti, mutta vesitiivis betonirakenne vaatiikin hieman enemmän suunnittelua. Raudoitussuunnittelulla huomioidaan rakenteen halkeilu mahdollisimman pieneksi ja pienellä vesisementtisuhteella vähennetään kutistumasta aiheutuvaa halkeilua sekä vähennetään valmiissa rakenteessa olevien kapillaarihuokosten määrää. Raudoitus on suunniteltava siten, että rakenteen halkeamaleveys rajoitetaan alle 0,1 mm. Betonin vesisementtisuhte tulisi olla jopa alle 0,4. Hyvä ja luotettava tapa toteuttaa vesitiivistä betonia on käyttää erivalmistajien betonin lisäaineita. Nämä lisäaineet tukkivat betonin kapillaarihuokokset ja muodostavat tällä tavoin rakenteesta vesitiiviin.

Betonirakenteiden työsaumat, liikuntasauamat ja mahdolliset läpiviennit ovat varmasti suurin haaste vesitiiviiden rakenteiden suunnittelussa. Betonilla on taipu-

mus kutistua kuivuessaan, vaikka vesisementtisuhdekin olisi mahdollisimman alhainen. Tämän takia työsaumoissa on syytä käyttää paisuvia saumanauhoja sekä saumoihin kannattaa jättää valmiiksi riittävästi injektioletkuja jälkisaumausta ja tiivistystä varten.

Liikuntasauvoja varten on olemassa eri toimittajilla vesitiiviitä liikuntasaumalaitteita. Näitäkin varten on usein hyvä jättää liikuntasauvan molemmin puolin injektioletkut valmiiksi rakenteeseen mahdollista jälkitiivistystä silmällä pitäen.

Läpivientejä vesitiiviistä rakenteista on syytä vältellä, mutta mikäli niitä joudutaan toteuttamaan, on siihenkin olemassa valmiita tuotteita, joilla läpiviennit voidaan toteuttaa esimerkiksi Roxtec:llä.

Vedenpaineen alaiset rakenteet muodostavat itsessään niin suuren kokonaisuuden, että se sopisi laajuutensa puolesta itsessään opinnäytetyön aiheeksi. Tässä työssä ei käsitellä vedenpaineen alaisia rakenteita kuitenkaan tätä pintaraapaisua enempää, koska nämä ovat hyvin harvinaisia rakenteita jokapäiväisessä asuntorakentamisessa.

6.4 Julkisivurakenteet

Julkisivuissa kosteusteknisesti suurimmat riskipaikat muodostavat, kuten muissakin rakenteissa epäjatkuvuuskohdat. Julkisivuihin tulee suhteellisen paljon erilaisia läpivientejä kuten ikkunoita, ovia, sekä erilaisia ilmastointi ja sähkö läpivientejä. Lisäksi julkisivuista löytyy jonkin verran saumoja ja mahdollisesti myös rakenteellisia läpivientejä esimerkiksi erilaisille kannatuksille. Kaikkien läpivientien suunnitteluun ja tiivistykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, ettei niiden kautta pääse tunkeutumaan rakenteen sisään sinne kuulumatonta vettä.

Ikkunat ja ovet asennetaan niille varattuihin aukkoihin ja tiivistetään rakenteeseen siten, että kokonaisuus muodostaa lämpö- ja kosteusteknisesti toimivan kokonaisuuden. Ikkunoiden ja ovien tiivistämistapa vaihtelee hieman rakenteesta ja rakennuspaikasta riippuen. Rakenteen tuuletus, kosteustekninen toiminta sekä kaikkien läpivientien tiivistykset ovat erilaisia eri rakennetyypeillä. Käsitellään tässä yhteydessä malliksi kahta erilaista rakennetyyppiä, jotka ovat melko yleisiä

asuinkerrostalon rakentamisessa. Käsiteltävät rakennetyypit ovat perinteinen sandwich elementti, eli betoninen sisäkuori eristeenä uritettu kovamineraalivilla sekä betoninen ulkokuori, toinen käsiteltävä tyyppi on paikalla muurattu julkisivu, jossa on betoninen sisäkuori, PIR lämmöneriste, ilmarako / tuuletusväli sekä paikallamuuraus.

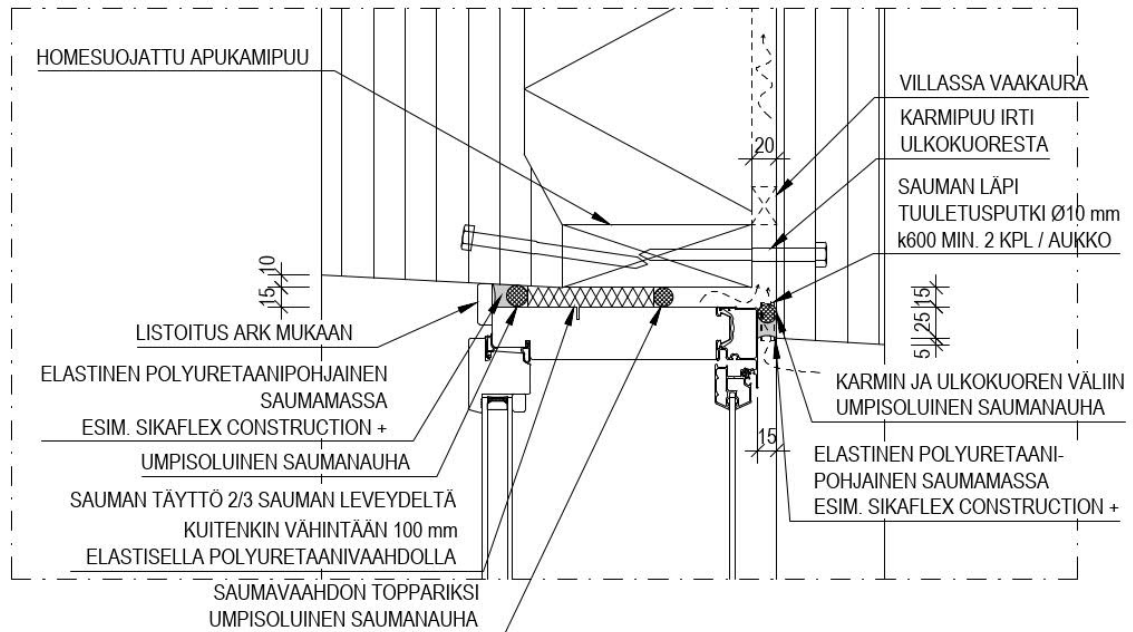
6.4.1 US1, Sandwich elementti

Sandwich elementissä käytetään tyypillisesti kovaa mineraalivilla eristettä, joka on ulkopinnaltaan pystyyn uritettu. Urat on suojattu kankaalla, jotta ne eivät täyty betonista elementin valmistusvaiheessa. Villan ylä- ja alareunassa on lisäksi ns. kokoojaurat, eli vaakaurat, jotka yhdistävät kaikki pystyurat toisiinsa. Elementtejä asennettaessa on huolehdittava, että tuuletusurat pysyvät yhtenäisinä ja auki myös elementtien välillä. Saumoihin tulevilla asennusvillakaistoilla ei saa missään tapauksessa tukkia elementtien tuuletusuria, jotta valmiin rakenteen tuuletus toimii suunnitellusti.

Kun rakennuksen runko on saatu valmiiksi ja elementit asennettua, kaikkien elementtien väliset saumat saumataan elastisella saumamassalla. Elementtisaumojen välinen etäisyys toisistaan määrittää tarvittavan sauman leveyden. Sauman leveyden perusteella taas määritetään tarvittava sauman paksuus. Jotta saumasta saadaan halutun muotoinen ja paksuinen asennetaan elementtien saumaan suunnitellulle syvyydelle ensin umpisoluinen saumanauha, jonka jälkeen saumat saumataan elastisella saumamassalla. Jotta elementin tuuletus toimii suunnitellulla tavalla, on sauman läpi asennettava joko tuuletusputkia tai tuuletuskoteloita. Tuuletusputket asennetaan tyypillisesti jokaiseen elementtien väliseen ristisaumaan sekä lisäksi vaakasaumoihin noin kahden metrin välein.

Ikkunat ja ovet tiivistetään rakenteeseen niin, että syntyy sekä lämpö- että kosteusteknisesti toimiva kokonaisuus. Hyvän rakentamistavan mukaan rakenteet suunnitellaan aina niin, että rakennekerrosten tiiveys kasvaa ulkoa sisälle päin siirryttäessä. Vastaavalla tavalla on suunniteltava myös saumat ja muut tiivistykset rakenteessa. Ikkuna- ja ovirakenteissa mahdollisesti olevan kosteuden on päästävä kuivumaan ulospäin. Jos ikkunan tiivistykseen käytetään polyuretaanivaahtoa, ei saumaa saa edellä esitetystä syystä johtuen täyttää kokonaan.

Karmi on suositeltu tiivistettäväksi 2/3 syvyydeltä kuitenkin vähintään 100 mm matkalta. Jotta vaahto saadaan pursotettua vain halutulle ja suunnitellulle karmien leveydelle, on saumassa hyvä käyttää topparina saumanauhaa tai vaikkapa viltilikettä. Vaahdotuksen sisäpuolelle asennetaan umpisoluihin saumanauha ja ikkuna tiivistetään rakenteeseen polyuretaanipohjaisella elastisella saumamassalla. Kuvassa 10 on havainnollistettu edelle esitettyjä asioita pystyleikkauksessa ja kuvassa 11 vastaavia asioita on esitetty vaakaleikkauksessa.

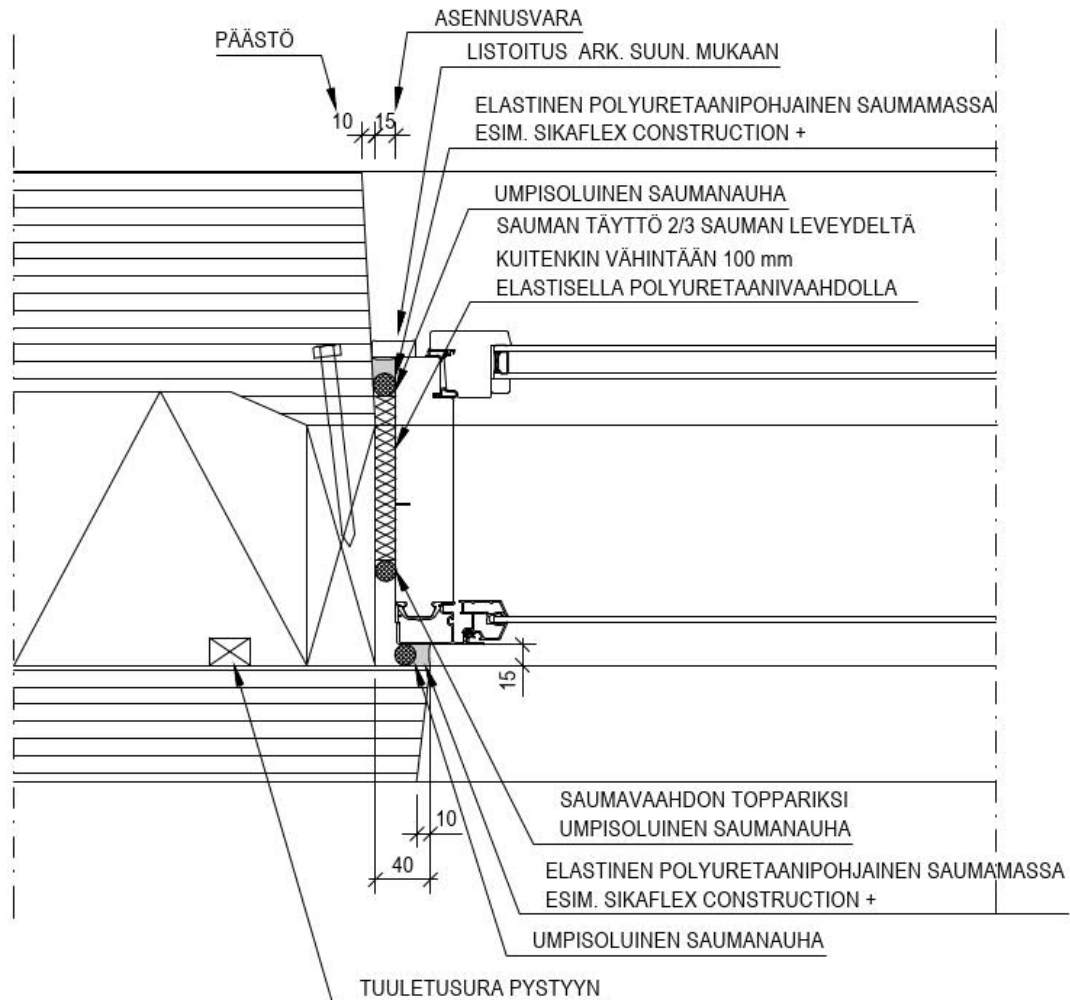


KUVA 10. Ikkunan tiivistys SW elementti rakenteeseen, pystyleikkaus ikkunan yläreuna

Ulkopuolinen sadevesi, viistosade tai tuulen mukana karmia pitkin ylöspäin kulkeutuva vesi, ei saa johtua rakenteen sisään aukon reunoilta. Jotta ikkunat saadaan tiivistettyä rakenteeseen kunnolla, on ikkuna aukot hyvä suunnitella niin, että ulkokuoren aukko on ikkunan karmia pienempi. Näin ikkunan ja ulkokuoren väliin jää rako, jota vasten ikkuna on helppo tiivistää rakenteeseen. Rakenteen tuuletuksen on tiiveydestä huolimatta toimittava myös aukkojen kohdalla. Tämän takia sauman läpi asennetaan tuuletusputket, joiden sisähalkaisijan on hyvä olla vähintään 10 mm. Tuuletusputket asennetaan noin 600 mm välein, kuitenkin vähintään kaksi tuuletusputkea yhtä aukkoa kohden.

Puista apukarmia käytettäessä, on puu ehdottomasti oltava homesuojattua. Tuuletuksen varmistamiseksi puu olisi hyvä jättää ulkokuoresta irti noin 20–25 mm.

Jos tämä on jostain syystä tuotantoteknisesti mahdotonta, on villassa oltava vaakaura aukon päällä ja puun läpi on porattava tuuletusputket villan vaakauraan. Kosteusteknisesti huomattavasti varmempi ratkaisu on kuitenkin jättää apukarmin pui irti ulkokuoresta.

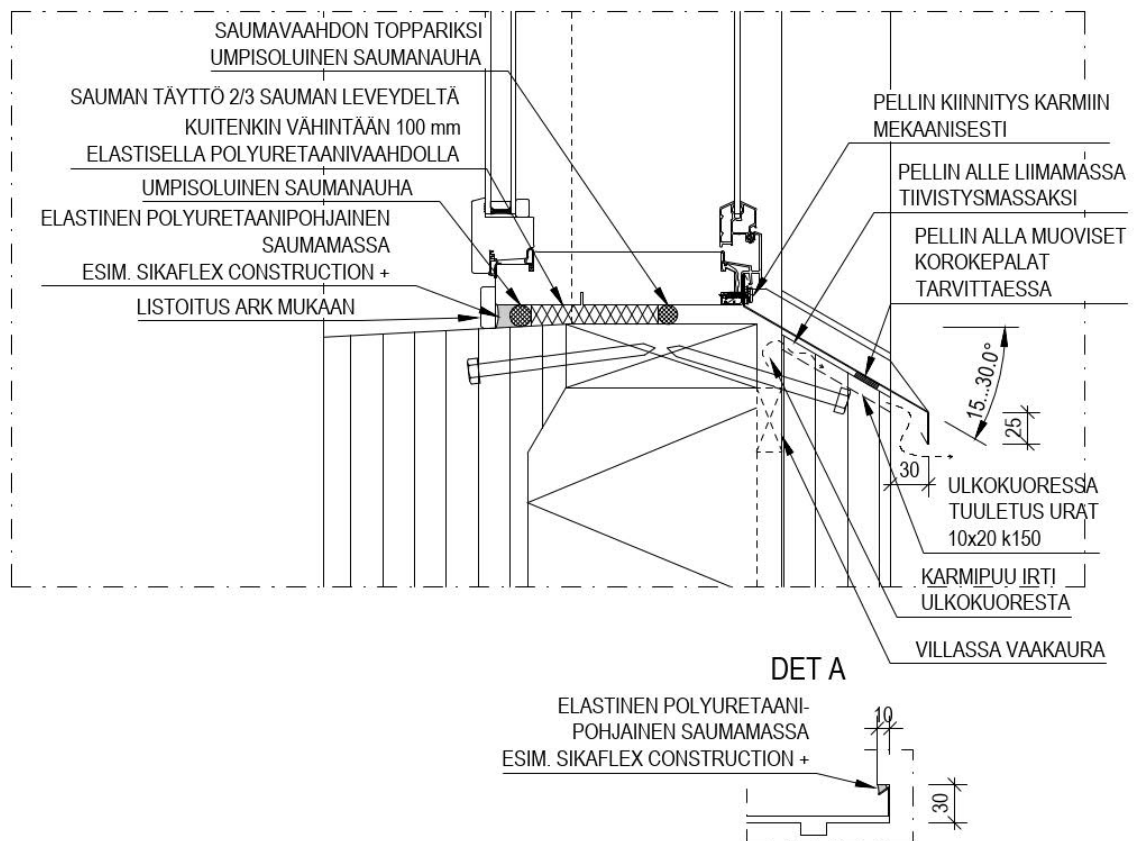


KUVA 11. Ikkunan tiivistys Sandwich elementti rakenteeseen, vaakaleikkaus

Ikkunan alapuolella on huomioitava lisäksi pellitykset ja huolehdittava siitä, että ne tulevat tiivistetyksi kunnolla rakenteeseen. Ulkokuori suunnitellaan valmiiksi oikeaan kaltevuuteen, jotta pellitysten asentaminen on mahdollisimman yksinkertaista. Pellityksen kaltevuus suositellaan olevan välillä $15^\circ - 30^\circ$, tämä on keskeisesti ulkonäköön liittyvä asia ja kuuluu siksi myös arkkitehdin määriteltäväksi. Pellin alle ulkokuoreen suunnitellaan lähtökohtaisesti tuuletusuritus, jotta elementin tuuletus mahdollistetaan. Erittäin tuulisilla paikoilla korkeissa rakennuksissa on syytä miettiä myrskypellin tarvetta myös ikkunapeltien alla. Jos myrskypeltiä

päädytään käyttämään, on myös tuuletus mietittävä tarkemmin uudelleen esimerkiksi myrskypellin ja varsinaisen ikkunapellin välistä.

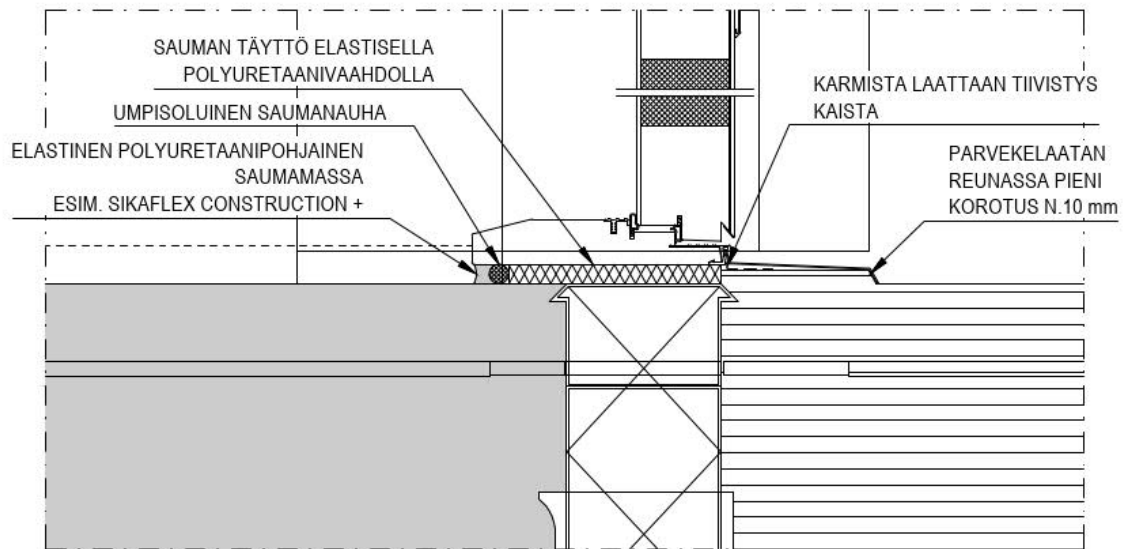
Pellityksissä on hyvä käyttää vähintään 0,6 mm muovipinnoitettua teräsohuelle-
vyä. Pelti kiinnitetään mekaanisesti tiivisteellisillä ruuveilla ikkunan karmiin. Ruu-
vien välinen etäisyys toisistaan korkeintaan 500 mm, kaikki pellit on kiinnitettävä
kuitenkin vähintään kahdella ruuvilla. Aukon sivuilla ulkokuoressa on syytä olla
urat peltiä ja sen tiivistystä varten. Kuvassa 12 on esitetty leikkaus ikkunan ala-
pään liitoksesta seinärakenteeseen.



KUVA 12. Ikkunan tiivistys SW elementti rakenteeseen, pystyleikkaus ikkunan alareuna

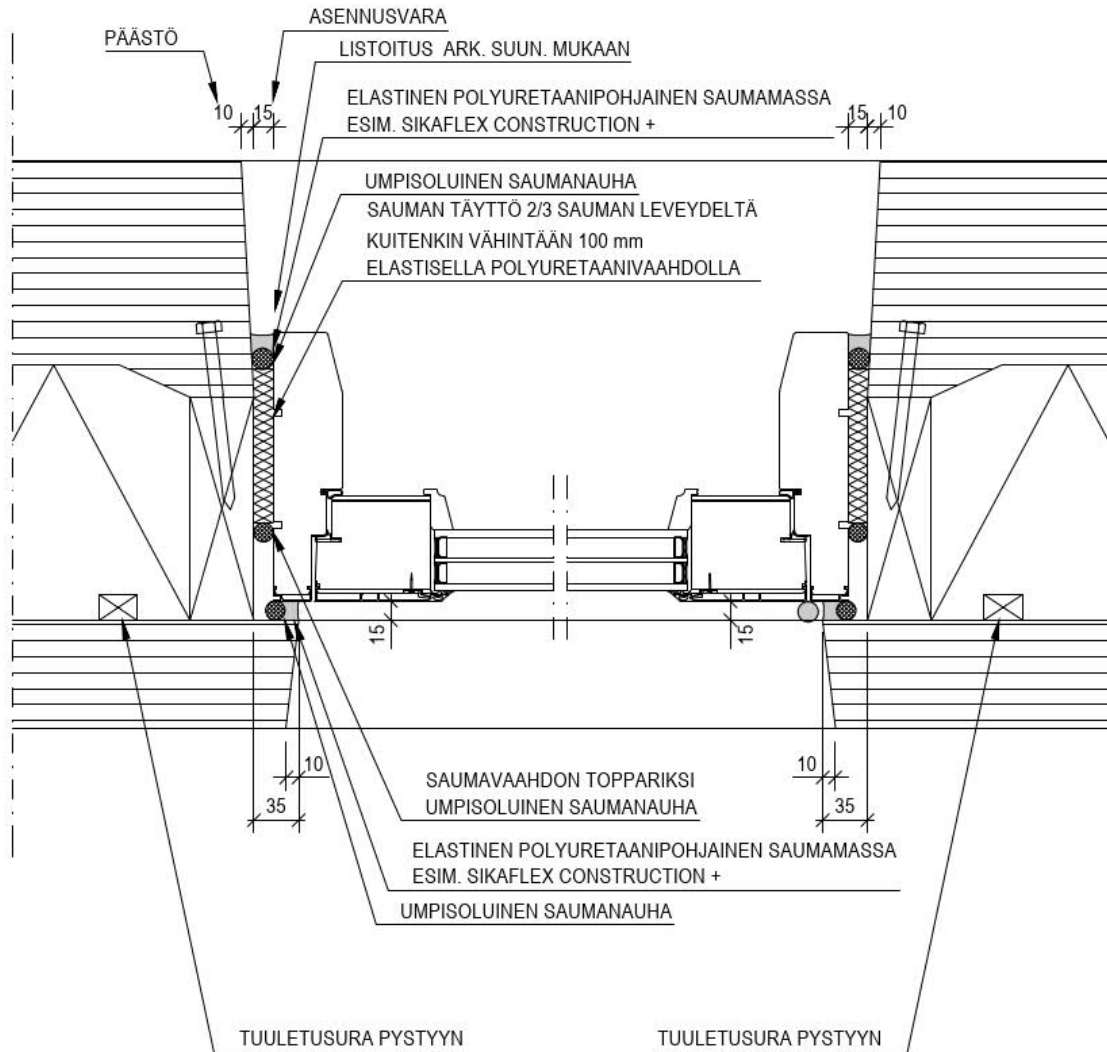
Ovien tiivistysperiaate on vastaavanlainen kuin ikkunoillakin. Ovet eroavat kuitenkin ikkunoista siinä, että ne aukeavat useimmiten ulospäin ja niiden yhteyteen liittyy usein ulkopuolinen vaakarakenne. Oven yhteyteen liittyvä vaakarakenne on yleisimmin parveke. Parvekkeet ovat nykyisin useimmiten lasitettuja, joka vähentää huomattavasti kosteusrasitusta parvekkeen kohdalla olevilta läpivienneiltä, ovilta ja ikkunoilta. Jos mahdollista parvekelaattaan olisi kuitenkin hyvä tehdä

oven kohdalle pieni korotus muun laatan pinnasta etenkin ulokeparvekkeen tapauksessa, ettei työn aikanakaan laatan päällä oleva vesi pääse kulkeutumaan rakenteen sisään esim. villatilaan. Karmin ja laatan väli on vielä syytä tiivistää esimerkiksi tiivistenauhalla, kermikaistalla tai vastaavalla ettei parvekkeella oleva vesi pääse missään olosuhteissa tunkeutumaan rakenteen sisään vaan pysyy parvekkeella ja poistuu sieltä suunniteltua reittiä pitkin. Kuvassa 13 on havainnollistettu asiaa leikkauksen muodossa.



KUVA 13. Parvekeoven tiivistys, alareuna

Ulospäin aukeavien ovien kanssa on oltava tarkkana, jotta ulkokuoresta tehdään tiivistyksen helpottamiseksi mahdollisimman pieni suhteessa karmiin, mutta kuitenkin niin, että mahdollistetaan oven aukeaminen ulospäin. Parvekeovien sarana puolella ulkokuorta ei aina saada tuotua ristiin karmin kanssa, johtuen saranoiden sijoittelusta suhteessa karmiin. Saranoiden sijoittelu karmirakenteessa on valmistaja kohtainen, joten oven saranapuolen päästöt on suunniteltava aina kohdekohtaisesti, jotta vältetään ongelmilta työmaalla ovien asennusvaiheessa. Kuvassa 14 vaakaleikkaus oven kohdalta, joka havainnollistaa edellä olevaa sanallista selitystä aiheesta.



KUVA 14. Parvekeoven tiivistys SW-elementti rakenteeseen, vaakaleikkaus

Nykyisin hyvinkin usein asuinkerrostaloissa käytetään huoneistokohtaista ilmanvaihtoa. Tämä lisää IV-läpivientien määrää julkisivuissa valtavasti, kun jokaisen huoneiston kohdalle tulee tyypillisesti sekä tulo, että poistoilmaa varten läpivienti. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakenteen läpi tuodaan ilmanvaihtokanava, joka liitetään julkisivuun kiinnitettävään päätelaitteeseen. Kun ilmanvaihtokanava tuodaan ulkoseinärakenteen läpi, on se hyvä kallistaa hieman ulospäin, jotta mahdolliset kondenssi- ja vuotovedet valuvat ulospäin eikä rakenteen sisään. Lisäksi päätelaitteiden tiivistykseen tulee kiinnittää huomiota. Päätelaitteiden ja ulkokuoren väliin on kauttaaltaan laitettava liima- ja tiivistemassa. Vuotoriskiä saattaisi myös hieman pienentää, jos päätelaitteen kohdalle pystyisi tekemään pienen syvennyksen elementin ulkokuoreen.

6.4.2 US2, Muurattu seinärakenne

Muuratussa seinärakenteessa voidaan käyttää sekä villaeristeitä että erityyppisiä muovieristeitä. Lähtökohtaisesti villaeristeet ovat toimineet ajansaatossa paremmin palotilanteessa ja mahdollistaneet rakenteensa ansiosta rakenteen kuivumisen ulospäin. Rakennepaksuus halutaan kuitenkin nykyisin yhä useammin mahdollisimman pieneksi, joka ajaa helposti käyttämään eristeenä PUR ja PIR eristeitä. Eristeteollisuuden kehitystyö etenkin muovipohjaisten eristeiden palo-ominaisuuksien kehityksessä on mahdollistanut muovipohjaisten eristeiden käytön korkeissakin rakennuksissa. Tämän työn esimerkkirakennetyypissä on käytetty Kingspanin Kooltherm K15 eristettä, joka on diffuusio avoin eriste mahdollistaen rakenteen kuivumisen ulospäin. Kyseisellä eristeellä on myös hyvät palo-ominaisuudet, jotka mahdollistavat sen käytön myös korkeissa rakennuksissa.

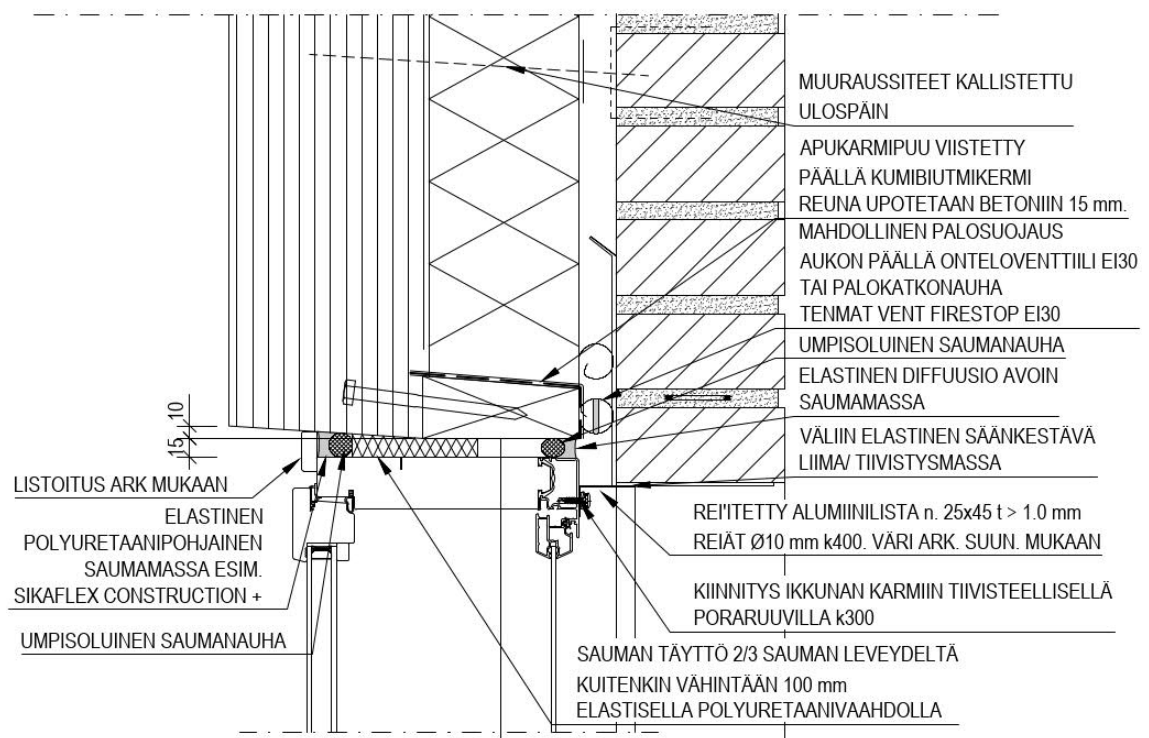
Kostealla ja sateisella säällä muuraus on lähtökohtaisesti lähes yhtä märkä niin sisä- kuin ulkopuoleltakin. Tämä tarkoittaa sitä, että muurauksen takana voi tietyllä säällä olla hyvinkin kosteaa ja muurauksen takapinta voi tihkua vettä viistosateisella ilmalla. Julkisivumuuraus ei muutenkaan ole täysin tiivis vaan siinä voi esiintyä aukkoja, joiden kautta vettä voi ajautua muurauksen taakse. Tästä syystä julkisivun takana muurauksen ja eristeen välissä on oltava kunnon tuuletusrako, jotta julkisivupinnan takana olevalla kosteudella on mahdollisuus kuivua. Määräysten mukaan tuuletusraon paksuus on oltava vähintään 30 mm, mutta suositeltavaa olisi käyttää vähintään 40 mm tuuletusrakoa.

Jotta lopullisen rakenteen tuuletus toimii suunnitellulla tavalla, ei tuuletusväli saa tukkeentua laastipurseilla tai muullakaan materiaalilla muuraustyön aikana. Hyvä tapa huolehtia tästä on jättää esimerkiksi joka kolmas alimman rivin tiili muuramatta ja muurata ne vasta lopuksi. Näin muuraustyön edetessä mahdollisesti tipuva laasti voidaan poistaa tuuletusvälin alareunasta ennen viimeisten tiilien muuraamista. Tuuletus muurauksen takana hoidetaan usein jättämällä alimmasta tai toiseksi alimmasta rivistä joka toinen tai kolmas pystysauma saumamatta.

Muurauksen taakse mahdollisesti päässyt vesi on johdettava hallitusti pois rakenteesta muurauksen alareunassa sekä aukkojen päällä. Muurauksen alareunasta

ja aukkojen päältä vesi pääsee poistumaan hallitusti tuuletusrakojen kautta ulos rakenteesta. Jotta vettä ei pääse hallitsemattomasti johtumaan rakenteen sisään, on kaikki läpiviennit tiiliteet mukaan lukien hyvä kallistaa hieman ulospäin. Ikkunan yläpuolinen apukarmi viistetään yläreunastaan niin, että se kallistaa ulospäin ja apukarmipuun päälle asennetaan bitumikermikaista, jotta mahdollinen eristeti-
lassa oleva vesi johtuu hallitusti ulos rakenteesta eikä kastele apukarmipuuta eikä myöskään varsinaista ikkunan karmia.

Ikkunat ja ovet tiivistetään myös tähän seinärakenteeseen vastaavia periaatteita noudattaen kuin sandwich elementteihin. Lopputuloksena syntyy yhtä lailla hyvän rakentamistavan mukainen kosteusteknisesti toimiva kokonaisuus, jossa rakenteen tiiveys kasvaa ulkoa sisälle päin mentäessä. Ikkunan yläpään tiivistys seinärakenteeseen on esitetty kuvassa 15.

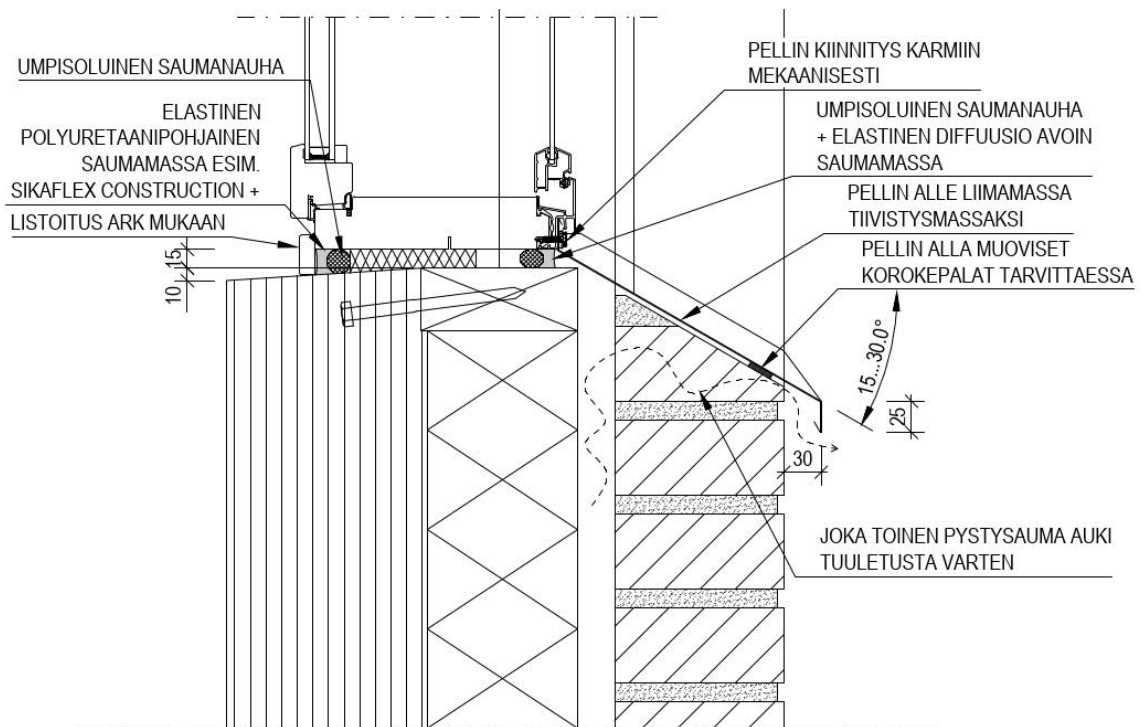


KUVA 15. Ikkunan tiivistys muurattu seinärakenne, pystyleikkaus yläpää

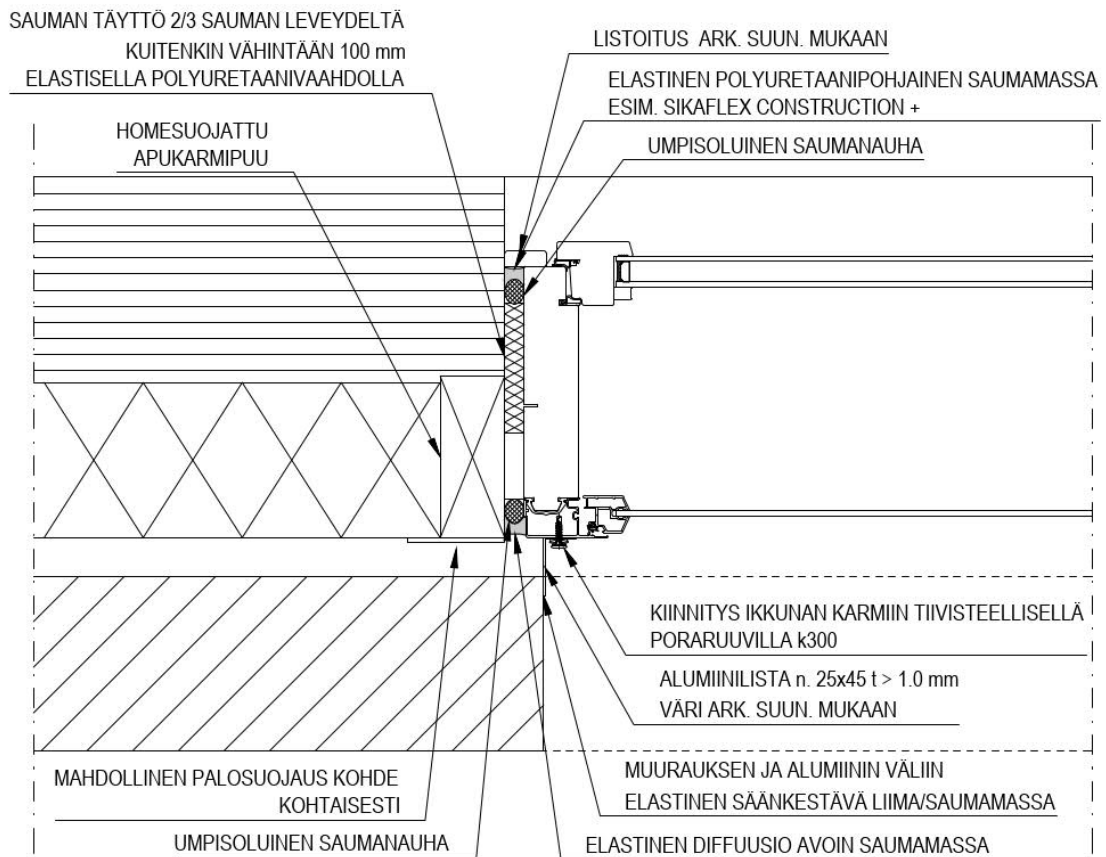
Ikkuna ja oviaukkojen ympäriltä vesi ei saa tänäkään rakenteen sisään johtua hallitsemattomasti. Koska muurauksen takana on kunnollinen tuuletusrako, ei tämä rakenne ole julkisivun tiivistyksen suhteen yhtä herkkä kuin jokin muu rakenne. Veden tunkeutuminen aukkojen ympäriltä rakenteen sisään estetään

usein vain pellityksellä tai alumiinilistalla, joka tiivistetään massalla sekä muuraukseen että ikkunan karmiin. Jotta tuuletus toimii myös aukon kohdalla, käytetään aukon yläreunassa rei'itettyä pelti- tai alumiini listaa.

Ikkunan alapuoliset pellitykset suunnitellaan vastaavin pelisäännöin kuin sandwich-elementti rakenteeseenkin. Ikkunapellin alle tehdään tuki pellin kanssa samaan kaltevuuteen, joko tiilestä leikkaamalla tai sitten suoraan laastilla. Etenkin leveiden ikkunoiden kohdalla pellin alta on hyvä jättää joka toinen muurauksen pystysauma auki, jotta rakenteen tuuletus ei pellityksen takia esty. Kapeiden ikkunoiden kohdalla tuuletus varmasti tapahtuu myös sivusuunnassa ikkunan ohi, joten tuuletusrakojen tarpeen voi arvioida tapauskohtaisesti. Ikkunan alapellin reunanostot tiivistetään muuraukseen tiivistysmassalla ja aukon reunassa oleva pystylista tuodaan reunanoston päälle. Jos mahdollista voidaan myös muuraukseen tehdä uraus peltiä varten, jolloin tiiveys ei jää pelkän massan varaan. Ikkunan alareunan tiivistystä on esitetty pystyleikkauksessa kuvassa 16 ja ikkunan vaakaleikkausta ja liittymää pysty pintaan kuvassa 17.



KUVA 16. Ikkunan tiivistys muurattu seinärakenne, pystyleikkaus alapää



KUVA 17. Ikkunan tiivistys muurattu seinärakenne, vaakaleikkaus

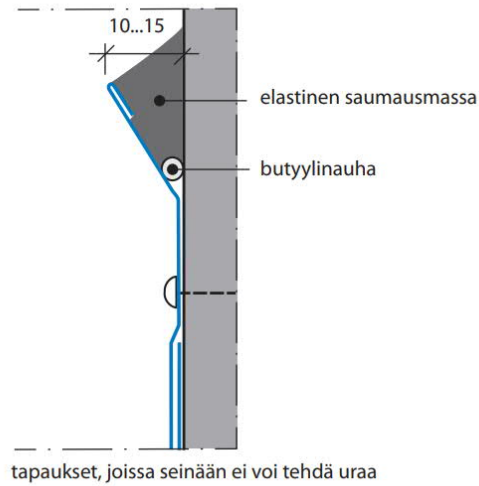
Muuratussa rakenteessa ovien tiivistäminen ei oikeastaan poikkea lainkaan ikkunan tiivistyksestä. Muurauksen kohdalla on harvoin parvekkeita, mutta maantassossa toki jokin vaakapinta usein liittyy oven alareunaan. Tällaiset paikat on hyvä suunnitella aina tapauskohtaisesti pitäen kirkkaana mielessä aivan perusasiat.

6.5 Vesikattorakenteet

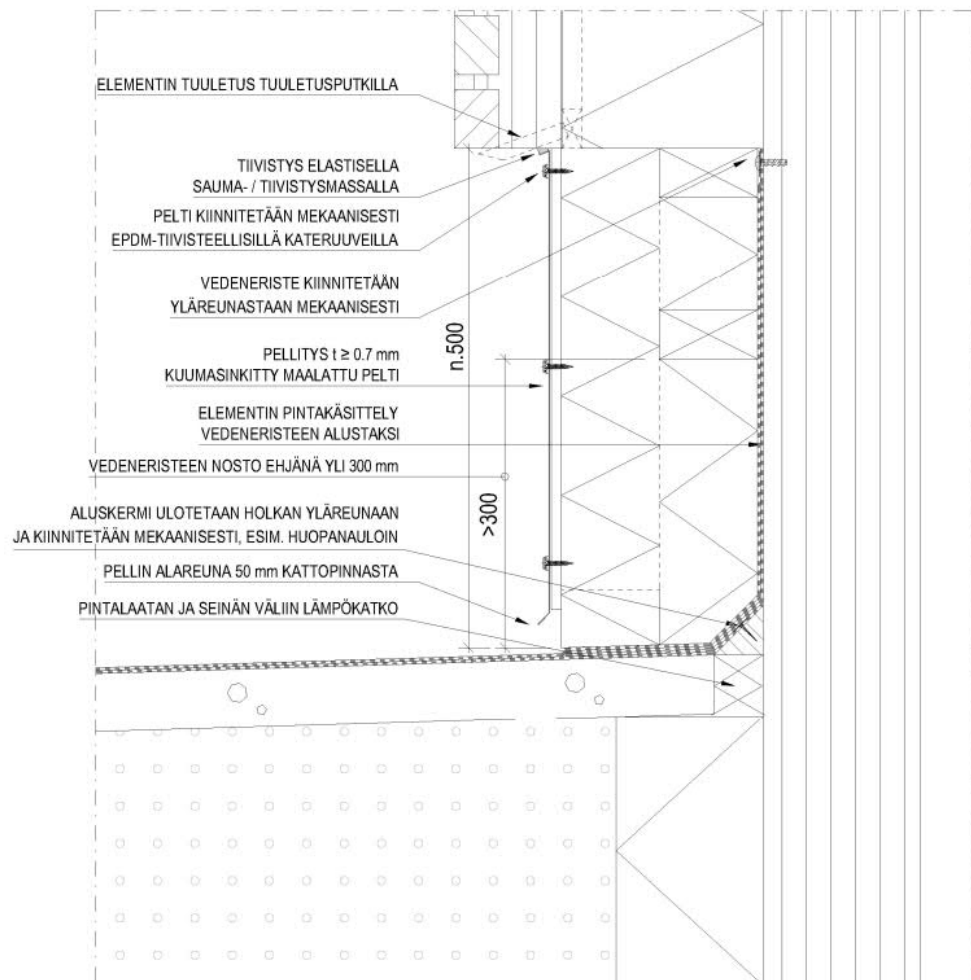
Vesikattojen suunnitteluun löytyy hyvää valtakunnallista ohjeistusta muun muassa RT-korteista sekä kattoliiton Toimivat katot 2019 julkaisusta. Eniten ongelmia nykyisillä vesikatoilla esiintyy laajoilla villakatoilla, joissa on heikot kaadot ja ajansaatossa on syntynyt painaumuksia pintavillaan, joka sitten kerää vettä lammi-koiksi vesikaton päälle. Asuinrakennuksissa villakatto on kuitenkin harvinaisempi rakennetyyppi etenkin hyvin laajana kokonaisuutena. Itse koen, että varsinaisen vesikaton suunnitteluun on olemassa valmista ohjeistusta melko hyvin. Jätän tämän työn puitteissa käsittelemättä perusasiat tuuletuksen suunnitteluun ja vesi-

katteen valintaan liittyen ja keskityn sisäänpäin viemäröidyn loivan bitumikemika-
ton räystääs- ja rintapellityksiin. Räystäiden ja pellitysten suunnittelussa ilmenee
jonkin verran haasteita, pääasiassa niin että ne jäävät herkästi suunnittelematta.

Rakennusten vesikatot rajoittuvat nykyisin harvoin vain yhteen tasoon. Tästä
syystä vesikattorakenteet ja niiden vedeneristeet liittyvät usein ylempien kerros-
ten seinien pystypintoihin. Vesikattopinnan ja pystypinnan väliseen nurkkaan
asennetaan noin 50x50 mm holkkalista, jonka yli vedeneristeet asennetaan. Ve-
sikattopinnan bitumikermit ulotetaan tyypillisesti holkkalistan yläreunaan ja alus-
kermi kiinnitetään siihen mekaanisesti, esimerkiksi huopanauloin. Pystynostot
tehdään erillisillä pystynostokaistoilla, jotka limitetään vaakapinnan eristeiden
kanssa vähintään 150 mm. Ehjän vedeneristeen noston korkeus on oltava vähin-
tään 300 mm vesikattopinnan yläpuolella sekä vähintään 100 mm vesikaton pa-
dotuskorkeuden yläpuolelle. Pystynostokaistat kiinnitetään yläreunastaan me-
kaanisesti taustarakenteeseen. Seinäpintaa vasten tehtävissä pystynostoissa
vedeneristeet tulee nostaa lämpimän sisäkuoren ulkopintaa vasten. Vedeneris-
teiden pystynostojen suojaksi asennetaan tyypillisesti pellitykset. Tällaista pel-
litystä kutsutaan rintapellitykseksi. Yleisesti pellityksissä käytetään kuumasinkittyä
maalattua peltiä, jonka paksuudeksi itse suosittelen vähintään 0,7 mm. Mikäli pel-
litys jää kuvan 19 mukaisesti ulkokuoren sisäpuolelle, voidaan pellin yläreunaan
tehdä tippanokka ja tiivistää ulkokuoren ja pellin väli elastisella tiivistysmassalla.
Jos pellitys nostetaan sileää betonipintaa vasten, voidaan seinään tehdä ura, jo-
hon pellitys voidaan tiivistää massalla. Mikäli edellä mainitut vaihtoehdot eivät ole
mahdollisia vaan joudutaan tiivistämään pelti suoraan seinää vasten, taitetaan
pellin yläreuna ulospäin ja tiivistetään pellin ja seinärakenteen väli elastisella ti-
ivistysmassalla, tällainen tiivistys esitetty kuvassa 18. Pellitys kiinnitetään joka ta-
pauksessa yläreunastaan EPDM-kumitiivisteellisellä kiinnikkeellä. Pellityksen
alareunaa ei saa ulottaa aivan kiinni vesikattopintaan, ettei pelti vain paina katetta
miltään osin ja näin pääse hajottamaan itse vedeneristettä. Pellin alareuna taite-
taan ulospäin ja pelti lopetetaan noin 50 mm holkkalistan yläpuolelle. Rintapelli-
tyksen jatkokset tehdään pääosin limitysjatkoksina, käyttäen limityspituutena vä-
hintään 100 mm. Edellä selitetyt asiat on esitetty havainnollisemmin kuvan muo-
dossa kuvassa 19.



KUVA 18. Pellin päättäminen (RT 80-11202 Rakennuksen suojapellitykset, s.10 kuva 15)



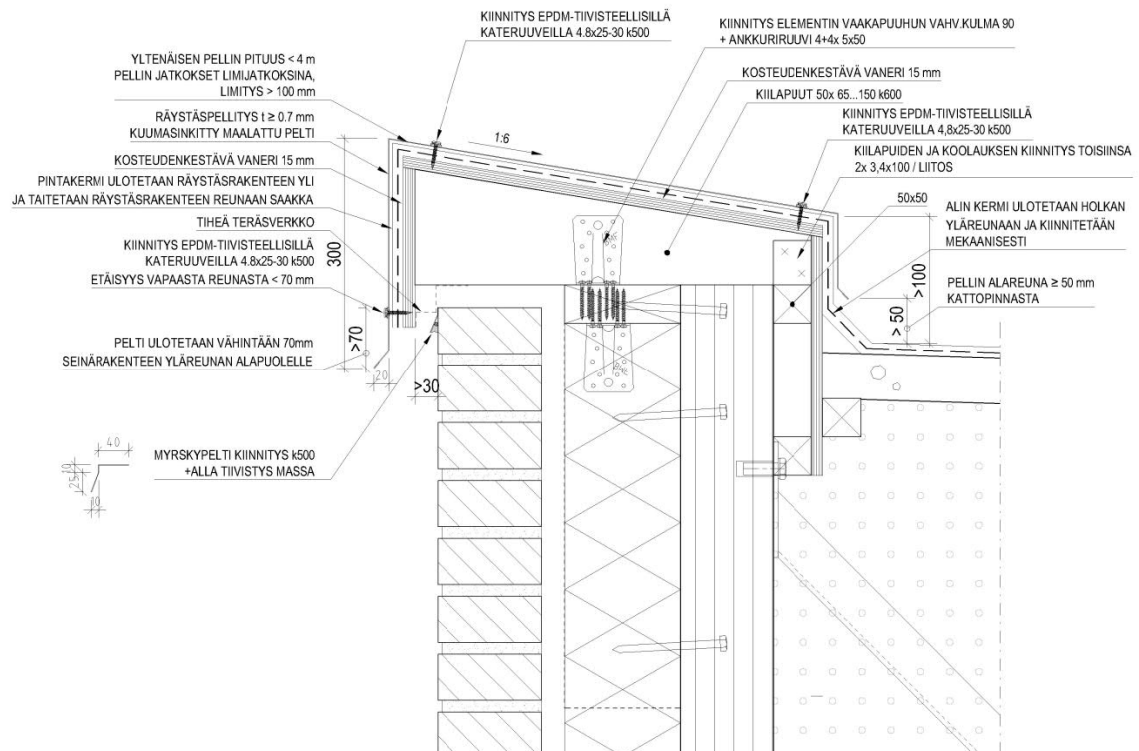
KUVA 19. Vedeneristeen nosto seinärakenteen kylkeen, sekä rintapellitys

Räystäään muotoiluun löytyy ohjeistusta niin kattoliiton ohjeista kuin RT-korteista-kin. Loppupeleissä räystäään muotoilu ja pellitykset liittyvät oleellisesti myös ulko-näköön ja ovat näin myös arkkitehtoninen asia. Lähtökohtaisesti tasakattoisen talon räystäspellitykset tulee kaataa vesikaton suuntaan 1:6 ja sen tulee nousta vähintään 100 mm vesikattopinnan yläpuolelle. Räystäään muoto ja alusrakenne tehdään tyypillisesti työmaalla vesikattotöiden yhteydessä puusta ja vanerista, mutta markkinoilta löytyy myös pellistä tehtyjä valmiita räystäas elementtejä. Pää-asia on, että räystäään alusrakenteesta saadaan riittävän tukeva ja oikean muo-toinen vedeneristeen kiinnitysalusta. Räystäään rakenne vaihtelee hieman sen mukaan, onko kyseessä tuulettuva vai tuulettumaton räystääs. Mikäli räystääs on tuuletettu, tulee ulkoseinän ulkopinnan ja räystäsrakenteen väliin jättää vähintään 30 mm rako, jotta ilmankierto ja sitä kautta tuuletus mahdollistetaan. Oma näke-mykseni on, että räystäään leveys kannattaa kuitenkin pitää koko rakennuksessa samana, jolloin pellitykset ja räystäsrakenteen ulkonäkö pysyvät yhtenäisenä.

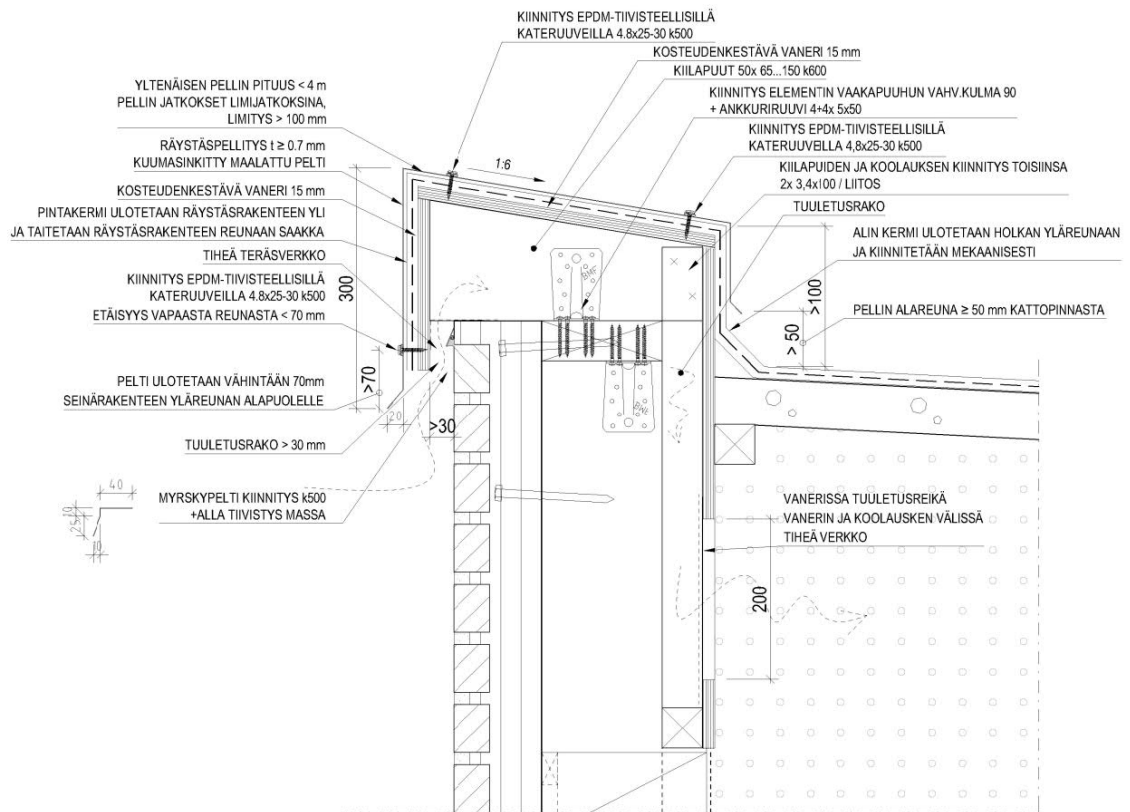
Vesikattopinnan ja räystäään pystynoston väliin asennetaan holkkalista samoin, kuin aina muutenkin vedeneristeen nostojen yhteydessä. Myös tässä tapauk-sessa vesikatteen aluskermit nostetaan holkkalistan yläreunaan ja kiinnitetään siihen mekaanisesti. Pintakermi ulotetaan koko räystäsrakenteen yli aivan räys-tään uloimpaan reunaan saakka. Tasakaton jokaisesta kaatokentästä tulisi jär-jestää tulvareitti vesikaton ulkopuolelle. Mikäli räystäsrakenne on hyvin matala, tehdään räystäääseen noin 50–100 mm leveä aukko / painanne, josta vesi pääsee purkautumaan kaivon tukkeutuessa. Tulvareitin kohta on suunniteltava niin, ettei sen kautta pääse johtumaan vettä rakenteisiin vaan vesi ohjautuu reilusti seinän ulkopuolelle. Mikäli kohteessa on reilummin korotettu räystääs, voidaan ylivuotoon käyttää metallista ulosheittäjää. Esimerkiksi Peltitarvike Oy valmistaa tähän tar-koitukseen soveltuvia ulosheittäjiä, joista löytyy myös vedeneriteiden limitykseen soveltuvat laipparakenteet.

Räystäään pellityksissä käytetään tyypillisesti kuumasinkittyä ja maalattua teräs peltiä. RT-kortin mukaan käytettävän pellin paksuus on oltava vähintään 0,5 mm, mutta oman näkemykseni mukaan olisi hyvä käyttää varsinkin korkeammissa ra-kennuksissa vähintään 0,7 mm peltiä. Yksittäisen pellin pituuden tulee olla alle 4 metriä. Jatkoksina käytetään limitysjatkosta ja limitys pituutena vähintään 100 mm. Räystäspelti muotoillaan räystäään mittojen mukaisesti ja molempiin päihin

tehdään tippanokka, joka ulotetaan vähintään 20 mm päähän räystäslaudan reunasta ja vähintään 50 mm etäisyydelle kivirakenteisesta julkisivupinnasta. Vesikaton puolella pellin reuna ei saa olla missään kosketuksissa vedeneristeen kanssa, jottei se vahingossa vaurioita vesikatetta. Tästä syystä tippanokka on syytä jättää korkeussuunnassa vähintään 50 mm etäisyydelle vesikattopinnasta. Ulkopuolella pellitys tulisi ulottaa tuulettuvan räystään osalta vähintään 70 mm tuuletusvälin alapinnan alapuolelle. Tähän hyvä nyrkkisääntö on ulottaa pellitys aina vähintään 70 mm alemmas kuin seinän ulkokuoren tai muurauksen yläreuna. Pellin kiinnittämiseen alusrakenteeseen tulee käyttää EPDM-kumitiivisteellisiä kiinnikkeitä, käytännössä kateruuveja. Pelti tulee kiinnittää vähintään 100 mm etäisyydeltä tuulen vaikutukselle vapaasta reunasta. Mikäli kiinnityspiste jää etäämmälle, täytyy pellin alle laittaa tueksi vahvat peltikaistat tai lattaraudat. Sopiva kiinnike väli on 500–800 mm riippuen rakennuspaikan olosuhteista. Itse suosittelen käyttämään kiinnikevälinä 500 mm. Leveä räystäsrakenne on hyvä kiinnittää reunojen lisäksi myös keskeltä, esimerkiksi räystäsrakenteen korkeimmalta kohdalta. Kuvassa 20 on esitettyä esimerkkisuunnitelma muuratun seinärakenteen yhteydessä olevasta tuulettumattomasta räystäsrakenteesta. Kuvassa 21 on puolestaan esitettyä esimerkkisuunnitelma SW-elementin yhteydessä olevasta tuulettuvasta seinärakenteesta.



KUVA 20. Tuulettumaton räystäsrakenne muuratussa seinärakenteessa



KUVA 21. Tuulettuva räystäsrakenne SW-elementtirakenteessa.

6.6 Kansirakenteet

Kansirakenteiden osalta tämän työn yhteydessä on laadittu pihakansien suunnitteluohje, jonka avulla suunnittelijat pystyvät huomioimaan oleellimmat ja kriittisimmät asiat kansien suunnittelussa rakenteiden kosteusteknisestä näkökulmasta katsottuna. Ohjeessa käsitellään tällä erää vain elementti- tai paikallavalu kansia, mutta ei kuitenkaan jälkijännitettä kansia.

Ohjeessa käsitellään liikuntasauvoja, kaivoja, kaatoja, läpivientejä sekä vedeneristettävän alustan vaatimuksia ja toteutusta. Kaivojen ja kaatojen suunnittelua on käsitelty, jotta jokainen osaa suunnitella kaadot oikein ja että kaivot ovat tyyppiltään oikeanlaisia ja että niitä on riittävästi. Tarkemmin ohjeessa on käsitelty kaivojen ympäristän suunnittelua sekä kaivon liittämistä vedeneristeisiin. Läpivientien tekemistä pihakansille tulisi lähtökohtaisesti välttää kokonaan, mutta mikäli niitä kuitenkin joudutaan toteuttamaan, opastaa ohje, kuinka ne tulee toteuttaa. Vedeneristeiden alustan käsittelyä, vaatimuksia ja varsinaisen vedeneristystyön toteutusta on myös käsitelty ohjeessa jonkin verran. Jokaisella suunnitteli-

jalla olisi hyvä olla käsitys siitä, kuinka kaikki työvaiheet toteutetaan ja mitä vaatimuksia niille esitetään. Onnistuneen rakenteen kannalta on erityisen tärkeää, että alusta on kunnossa ja vedeneristeet pysyvät siinä kiinni koko suunnitellun käyttöajan ajan. Ohje on työn liitteenä.

6.7 Liikuntasaumamat

Edellisessä kappaleessa 6.6 kansirakenteet, mainitussa pihakansien suunnitteluohjeessa käsitellään myös liikuntasauvoja melko kattavasti. Ohjeen liikuntasaumakappale on jaettu kolmeen osaan, jotka ovat liikuntasauaman mitoitus, liikuntasauvojen sijoitus sekä liikuntasauvojen toteutus. Ensimmäisessä osiossa lähdetään liikkeelle kylmän elementti- tai pehmeillä teräksillä toteutetun paikallavalurakenteen sopivan liikuntasau mavälin suunnittelusta. Jälkijännitetyt kansirakenteet rajattiin ulkopuolelle jännevoimasta johtuvan erilaisen käyttäytymisen vuoksi. Valmista ohjeistusta rakenteen liikuntasau mavälien suunnitteluun on erittäin niukasti olemassa talopuolella. Itse lähdin arvioimaan yksinkertaisesti lineaarisen lämpöliikkeen kaavalla rakenteessa tapahtuvaa lämpöliikettä ja sen avulla arvioin rakenteen maksimi kokoja. 50°C lämpötila erolla rakenteen liikkeet pysyvät melko pitkälle hallittavan oloisissa suuruusluokissa.

Vedeneristeiden mitoituksessa on kuitenkin käytettävä vähintään viisinkertaista varmuutta. Tämä johtaa isoilla jännemitoilla herkästi siihen, että vedeneristeiltä vaaditaan melko suurta muodonmuutoskykyä. Ohjeessa käydään läpi, kuinka rakenteen mitat vaikuttavat liikuntasauvoissa vedeneristeiden mitoitukseen. Ohjeen perusteella suunnittelijan pitäisi osata valita kohteeseensa sopiva jännemitta sekä suunnitella valitun jännemitan mukaiset liikuntasaumamat vedeneristeiden osalta siten, että ne toimivat kuten kuuluu.

Liikuntasauvojen sijoitteluosiossa käydään läpi, kuinka liikuntasaumamat tulisi kannelle sijoitella. Liikuntasauvojen sijoittelu vaikuttaa oleellisesti myös kaatojen suunnitteluun. Liikuntasaumamat tulee toteuttaa kannen korkeimmille kohdille, eikä niiden yli tule johtaa vesiä missään tilanteissa. Sijoittelun lisäksi käsitellään myös liikuntasauvojen toteutusta niin kansirakenteen keskellä laattojen välillä kuin myös kylmän kansirakenteen ja lämpimän rakennuksen välissä.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja ajoittain haastavaakin, mutta oman ymmärryksen lisääntyminen antoi voimaa ja motivaatiota työn tekemiseen. Lisäksi minua innosti ajatus siitä, että voin tällä tavoin auttaa työyhteisössäni muita suunnittelijoita, jotka työssään suunnittelevat betonirakenteisia asuinkerrostaloja. Tämän työn avulla heidän on ehkä helpompaa huomioida ulkopuoliset kosteusrasitukset ja suunnitella entistä paremmin hyviä ja toimivia vedeneristeitä asuinkerrostaloihin.

Betonirakenteisen asuinkerrostalon ulkopuoliset kosteusrasitukset sekä vedeneristeiden suunnittelu on kokonaisuudessaan iso ja monimutkainen kokonaisuus. Kaikkien tähän liittyvien asioiden hallitseminen ei ole helppoa, eikä mitenkään itsestään selvää. Kokemus onkin osoittanut, että näiden asioiden suunnittelussa ja huomioon ottamisessa voi esiintyä erilaisia haasteita.

Tämän kokonaisuuden ymmärtäminen on erityisen tärkeää, jotta saadaan suunniteltua ja toteutettua terveellisiä ja turvallisia rakennuksia, joita ei ole tarpeen korjailta jatkuvasti. Tällä työllä onnistuin mielestäni luomaan kattavan kuvan siitä, minkälaisia asioita suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennusfysiikan näkökulmasta, ennen kaikkea ulkopuolisia kosteusrasituksia ajatellen.

Tämän työn puitteissa on tehty A-Insinöörit Oy:n käyttöön salaojituksen rakenneohje ja pihakansien suunnitteluohje. Työtä tehdessä olen havainnut, ettei vedeneriesteisiin ja kosteustekniseen suunnitteluun liittyvää tietoa voi olla kenelläkään liikaa, joten tietoa ja tietoisuutta olisi hyvä lisätä esimerkiksi sisäisen koulutuksen tai tietoiskujen tavoin. Työn puitteissa tehdyt ohjeet vastaavat myös osaltaan kaikkien suunnittelijoiden tietotaidon lisäämiseen ja varmistamiseen.

Lopuksi haluan vielä kiittää A-Insinöörit Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö sekä kärsivällisyydestä, vaikka tekeminen venyikin ajateltu pidemmälle. Lisäksi haluan kiittää työni ohjaajia Timo Vuolletta ja Sami Musakkaa sekä koulun puolelta ohjaavaa opettajaa Pekka Väisälää. Kiitos kaikille hyvistä ja kannustavista kommentteista.

LÄHTEET

LAIT JA ASETUKSET

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

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

STANDARDIT

SFS-EN 12390-8:2019 Kovettuneen betonin testaus. Osa 8: Paineellisen veden tunkeumasyvyyys.

SFS-EN 124-1:2016 Hulevesi- ja viemärikaivojen kansistot ajoneuvo- ja jalankulualueille. Osa 1: Määritelmät, luokitus, yleissuunnittelu, suoritusvaatimukset ja testimenetelmät

KIRJALLISUUS

Rakennusten kosteustekninen toimivuus. Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Ympäristöministeriö 2020.

RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristys ohjeet.

RIL 126-2020 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus

RIL 202-2011/by61 Betonirakenteiden suunnitteluohje

RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen.

RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, Helsinki 2014.

RT 82-10980 Kiviaineisten elementtjulkisivujen saumat. Rakennustietosäätiö RTS, 2009.

RT 80-11115 Täydentävät ohut- ja muotolevyrakenteet, yleisiä ohjeita. Rakennustietosäätiö RTS, 2013.

RT 80-11202 Rakennuksen suojapellitykset. Rakennustietosäätiö RTS, 2016.

RT 85-11203 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, periaatteet. Rakennustietosäätiö RTS, 2016

RT 85-11205 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, rakenteet. Rakennustietosäätiö RTS, 2016

RT 103277. Syyskuu 2020. Liikennöidyn tason vedeneristykset. Rakennustietosäätiö RTS, 2020.

RT 103313 Loivat bitumikermikatot, Rakennustietosäätiö RTS, 2020.

RT 103274 Yläpohjat, perustietoja, Rakennustietosäätiö RTS, 2020.

BY68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016

Raimo Jääskeläinen, Geotekniikan perusteet, 2.painos, 2009

Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Toimivat katot 2019, Kattoliitto ry

MaaRYL 2021/1. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennushankkeissa käytettävät maa-, pohja- ja kalliorakennustöiden sekä piha-alueiden päällysrakenteiden ja yhdyskuntateknisten järjestelmien rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. RTS Rakennustietosäätiö, 2021.

Ralf Lindberg, Rakentajainkalenterin artikkeli, Rakennusmateriaalien käyttäytyminen ja maanvastaiset rakenteet, 2005.

OPINNÄYTETYÖT

Lehtonen Arttu, YAMK opinnäytetyö, 2020. Ilmastonmuutokset rakennusfysiikkaaliset vaikutukset, Julkisivurakenteiden suunnittelu.

VERKKOSIVUT

RALA-Kuivaketju10, www.kk10.rala.fi

Ilmatieteenlaitos.fi

[Suomalainen homemalli | Rakennusfysiikka | Tampereen korkeakouluyhteisö \(tuni.fi\)](http://Suomalainen%20homemalli%20|%20Rakennusfysiikka%20|%20Tampereen%20korkeakouluyhteis%C3%B6%20(tuni.fi))

[https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/alainen homemalli | Rakennusfysiikka | Tampereen korkeakouluyhteisö \(tuni.fi\)](https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/alainen-homemalli%20|%20Rakennusfysiikka%20|%20Tampereen%20korkeakouluyhteis%C3%B6%20(tuni.fi))

www.sisailmayhdistys.fi

www.kosteudenhallinta.fi

www.elementtisuunnittelu.fi

www.roxtec.com/fi/

<https://fin.sika.com>

TUOTE-ESITTEET

Vandex Super tuote-esite. Luettu ja tulostettu 21.5.2022.

https://www.muottikolmio.fi/wp-content/uploads/2016/03/Vandex-Super_esite.pdf

LIITTEET

Liite 1. (6 sivua). Salaojituksen rakenneohje (SALAINEN)

Liite 2. (12 sivua). Pihakannet – suunnitteluohje (SALAINEN)