

Joel Oksa

Ulkopuolisten vedeneristystöiden laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

26.3.2018

Tekijä Otsikko	Joel Oksa Ulkopuolisten vedeneristystöiden laadunvarmistus
Sivumäärä Aika	43 sivua + 3 liitettä 26.3.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen Projektinhallinta
Ohjaajat	Yliopettaja Hannu Hakkarainen Työpäällikkö Marko Haapalainen Laatuvastaava Satu Kangas
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:lle. Insinöörityön yhtenä tavoitteena oli tutkia loivien ja käännettyjen yläpohjarakenteiden rakennekerrosten ja vedeneristysten sekä vedeneristysten alustan laatuvaatimuksia. Insinöörityön toisena tavoitteena oli tuottaa tilaajayritykselle käännetyyn rakenteen vedeneristysten alustan tarkastuslomake, sekä listaus yleisistä virheistä, joita tehdään käännettyjen rakenteiden vedeneristyksessä ja miten ne tulisi suunnitella ja toteuttaa oikein. Kolmantena tavoitteena oli laatia kustannus- ja aikatauluvertailu vedeneristysmenetelmistä kumibitumikermien ja ruiskutettavien elastomeerien välillä.</p> <p>Työssä tutkittiin loivien yläpohjarakenteiden sekä käännettyjen yläpohjarakenteiden rakenteita, toteutusta sekä niiden laatuvaatimuksia. Insinöörityön lähdemateriaalina käytettiin loivien yläpohjarakenteiden vedeneristystä ja laatua käsittelevää kirjallisuutta ja internetjulkaisuja. Yleisimpiä virheitä, sekä ruiskutettavien elastomeerien ominaisuuksia ja laatuvaatimuksia selvitettiin toimihenkilöiden ja asiantuntijoiden haastatteluilla. Vedeneristysten alustan tarkastuslomake toteutettiin tutkimalla alustan laatuvaatimuksia, sekä vedeneristysten erityiskohtien toteutusta koskevia ohjeita ja kirjallisuutta. Listausta yleisimmistä virheistä ja niiden estämisestä toteutettiin ohjeiden ja standardien tutkimisella, sekä työmaakäyntien ja haastatteluiden perusteella. Kustannus- ja aikatauluvertailu toteutettiin tutkimalla kolmea pihakansirakennetta sekä niiden vedeneristysten toteutuneita kustannuksia.</p> <p>Insinöörityön yhtenä tuloksena saatiin kustannus- ja aikatauluvertailu, jossa vertailtiin eri vedeneristysmenetelmien, eristettävän alueen kokoa ja haastavuutta, sekä eristysolosuhteiden vaikutusta vedeneristysten kokonaiskustannuksiin ja aikatauluun. Toisena tuloksena saatiin alustan tarkastuslomake, jonka avulla tarkastetaan vedeneristysten erityiskohtien sijainti, alustan laatuvaatimukset, sekä suunnitelmien mukaisuus ennen vedeneristystöiden aloittamista. Listausta yleisimmistä virheistä ja niiden toteutuksesta oikein tuli liitteeksi alustan tarkastuslomakkeeseen.</p> <p>Työn tulosten avulla voidaan perustella oikea vedeneristystapa eristettävälle rakenteelle, sekä todentaa vedeneristysten alustan laatuvaatimusten täyttyminen vedeneristysurakoitsijalle alustan luovutuksen yhteydessä.</p>	
Avainsanat	loiva katto, käännetty rakenne, bitumi, elastomeeri

Author Title	Joel Oksa Quality Control in Exterior Waterproofing
Number of Pages Date	43 pages + 3 appendices 26 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructor(s)	Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer Marko Haapalainen, Construction Manager Satu Kangas, Quality Controller
<p>The Bachelor's thesis was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy. One purpose was to study the quality requirements of waterproofing and its base on low-pitched roofs and on inverted structures. The second purpose was to produce a checklist for the base of waterproofing and a list of common mistakes that are made in the planning and execution of waterproofing in inverted structures and how the planning and execution should be done. The third purpose was to conduct a cost and schedule comparison between two different waterproofing methods, waterproofing with SBS-Bitumen membranes and sprayable elastomers.</p> <p>The study was carried out by researching the structures, execution and quality requirements of low-pitched roofs and inverted structures. The source material was gathered from literature and internet based publications regarding the waterproofing and quality requirements on low-pitched roofs. Common mistakes made in waterproofing and the attributes of elastomers were clarified by interviewing foremen and experts. The checklist was carried out by researching the quality requirements of the base of waterproofing and of the special areas of waterproofing. The list of common mistakes made in waterproofing and how to avoid them was conducted by researching waterproofing standards and rules, and by interviews at worksite visits. The cost and schedule comparison was conducted by studying the costs of waterproofing on three different inverted structures.</p> <p>The outcomes of the study were: a cost and schedule comparison between two different waterproofing methods, a check list for the base of waterproofing on inverted structures and a list of typical mistakes made in waterproofing and how they should be avoided.</p> <p>The selection of the waterproofing method can be validated based on the results of the present study. The results can also be used to verify whether the quality requirements for the base of waterproofing have been fulfilled during the transference of the base for the waterproofing contractor.</p>	
Keywords	low-pitched roof, inverted structure, bitumen, elastomer

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Loivien yläpohjarakenteiden kateratkaisut	2
2.1	Bitumin käsitteitä	2
2.2	Modifioidut bitumikermi	4
2.2.1	Bitumikermikatteiden käyttöluokitus	5
2.2.2	Bitumikermien tuoteluokitus	5
2.3	Bitumikermien alusta	6
2.3.1	Betonialusta	7
2.3.2	Puualusta	7
2.3.3	Lämmöneristelevy alusta	8
2.4	Bitumikermien kiinnitys	9
2.4.1	Hitsaus	9
2.4.2	Liimaus	10
2.4.3	Mekaaninen kiinnitys	10
2.5	Nestemäiset vedeneristeet	11
2.5.1	Polyuretaanielastomeeri	11
2.5.2	Elastomeerin alusta	12
2.5.3	Alustan tartunta-ainekäsittely	13
2.5.4	Polyuretaanielastomeerin ruiskutus	14
2.5.5	Erityiskohtien teko elastomeerilla	15
3	Loiva katto	16
3.1	Kantava rakenne ja höyrynsulku	16
3.2	Lämmöneristys	18
3.2.1	Lämmöneristeen valinta	18
3.2.2	Lämmöneristys vedeneristykseen yläpuolella	19
3.2.3	Lämmöneristys vedeneristykseen alapuolella	19
3.3	Loivien kattojen erityiskohdat	20
3.3.1	Vedeneristykseen läpiviennit	20
3.3.2	Liikuntasaumamat	22
3.3.3	Kattokaivot	23
3.3.4	Sadevesiviemärit	24
3.3.5	Vedeneristykseen liittyminen pystypintoihin (ylösnostot)	25

3.3.6	Räystäät	27
4	Pihakannet, terassit ja parvekkeet	29
4.1	Lämmöneristetyt rakenteet	30
4.1.1	Käännetyn rakenteen vedeneristyksen alusta	30
4.1.2	Alustan laatuvaatimukset	31
4.2	Käännetyn rakenteen vedeneristys	33
4.2.1	Käännetyn rakenteen vedeneristyksen liittyminen seinään	34
4.2.2	Käännetyn rakenteen kaivo	36
4.2.3	Käännetyn rakenteen valmiin vedeneristyksen laadunvarmistus	37
4.2.4	Lämmöneristys	38
4.3	Kylmä rakenne	38
4.4	Terassi- ja parvekerakenteet	39
5	Vedeneristystöiden laadun varmistus	39
5.1	Suunnitelmakatselmus	39
5.2	Aloituspäätös ja alustan tarkastusdokumentti	40
5.3	Työnaikainen laadunvarmistus	40
5.4	Työn jälkeinen laadunvarmistus	41
6	Yhteenveto	42
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Kustannus- ja aikatauluvertailu (Luottamuksellinen)	
	Liite 2. Käännetyn rakenteen vedeneristyksen alustan tarkastuslomake (Luottamuksellinen)	
	Liite 3. Esimerkkejä käännetyn rakenteen vedeneristyksen alustan ja vedeneristyksen erityiskohdista toteutettuna/suunniteltuna oikein ja väärin (Luottamuksellinen)	

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehdään Skanska Talonrakennus Oy:lle. Skanska Talonrakennus Oy on osa Skanska Oy konsernia ja vastaa konsernin talonrakennus- ja talotekniikkapalveluista Suomessa. Skanska Talonrakennus Oy:n palveluihin kuuluu talonrakennus, talotekniikka sekä asuntoprojektikehitys. Skanska Oy:n liikevaihto vuonna 2016 oli 945,7 miljoonaa euroa ja henkilöstömäärä oli 2012. [4.]

Ulkopuolisella vedeneristyksellä tarkoitetaan rakennuksen ulkopuolista vedeneristystä. Rakennuksen ulkopuolisia vedeneristystöitä ovat muun muassa perustusten, parvekkeiden, vesikaton ja pihakansien vedeneristys: bitumikermeillä, siveltävillä, ruiskutettavilla ja telattavilla vedeneristeillä ja bitumilla. [3.]

Tämän insinööriyön tarkoitus on tutkia ulkopuolisten vedeneristysten laatuvaatimuksia loivilla ja käännettyillä yläpohjarakenteilla. Insinööriyö toteutetaan tutkimalla käännettyjen ja loivien yläpohjarakenteiden rakennekerroksia ja niiden laatuvaatimuksia. Lähde- materiaalina käytetään vedeneristystä ja laatua käsittelevää kirjallista materiaalia sekä internet lähteitä. Insinööriyötä varten haastatellaan Skanskan toimihenkilöitä, joilla on kokemusta yläpohjarakenteiden vedeneristysten puutteista ja ongelmista. Insinööriyön tavoitteena on tuottaa Skanska Talonrakennus Oy:lle vedeneristysten alustan tarkastuslomake vedeneristysurakoitsijan alustan vastaanottoa varten ennen vedeneristystöiden aloittamista. Insinööriyössä laaditaan myös kustannus- ja aikatauluvertailu kermieristeiden sekä ruiskutettavien elastomeerien välillä. Kaikki insinööriyössä aikaan saadut tulokset tullaan esittämään luottamuksellisina ja ne tulevat vain tilaajayrityksen käyttöön.

Insinööriyön sisältö on rajattu käsittelemään vain loivia yläpohjarakenteita ja niiden vedeneristystöitä. Kustannus- ja aikatauluvertailu elastomeerin ja kermien välillä sekä alustan tarkastuslomake tehdään vain käännettyjen parkkihalli- ja pihakansirakenteiden vedeneristysten osalta.

2 Loivien yläpohjarakenteiden kateratkaisut

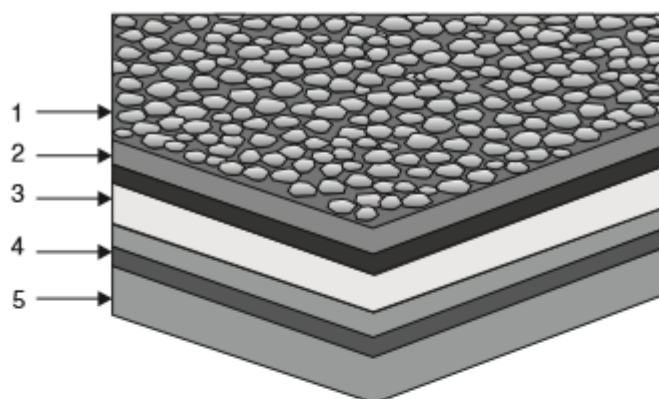
Loivilla katoilla (1:80<1:10) katemateriaalina käytetään yleisimmin modifioidusta bitumista valmistettuja bitumikermiä. Loivilla katoilla katteet ovat jatkuvia, mikä tarkoittaa sitä, että myös valitun katemateriaalin saumojen on kestävä vedenpainetta. Loivilla katoilla kateratkaisuun vaikuttaa valitun materiaalin käyttö- ja tuoteluokkavaatimus. Käyttöluokitus määrittää eri kermiyhdistelmät eri kattokaltevuuksille ja tuoteluokka määrittää kermeille minimivaatimukset niiden ominaisuuksiin perustuen. [1, s. 92; 2, s.29.]

Bitumikermien lisäksi loivilla yläpohjarakenteilla käytetään myös nestemäisiä vedeneristeitä, kuten polyuretaanielastomeerejä.

2.1 Bitumin käsitteitä

- Bitumi: Maaöljystä valmistettu, hiilivetyjä sisältävä tuote, joka on normaalilämpötilassa jähmeä tai puolijähmeä
- Bitumiliuos: Bitumista ja haihtuvasta liuotteesta valmistettu liuos. Voi sisältää täyte- ja lisäaineita. Laji ilmoitetaan kahdella luvulla, joista ensimmäinen tarkoittaa viskositeettia 50 °C:n lämpötilassa ja jälkimmäinen bitumin pehmenemispisteen lämpötilaa esim. BIL 105/85
- Kumibitumiliuos: Yksikomponenttinen ja elastinen tartunta-aine, jota käytetään varsinaisen kosteudeneristeen alla
- Kermi: Vedeneristystarkoitukseen käytettävä vettä läpäisemätön tuote, joka yksinään tai liitettynä toisiin samanlaisiin/vastaaviin tuotteisiin muodostaa yhtenäisen vedeneristyskerroksen
 - Aluskermi: Katteen ja vedeneristyksen alimpana kerroksena käytettävä kermi
 - Välikermi: Katteen kermikerrosten välissä oleva kermi
 - Pintakermi: Katteen päällimmäinen kermi, joka jää alttiiksi sään vaikutuksille ja UV-säteilylle.
- Bitumikermi (bitumi- ja modifioidut bitumikermi): Tukikerroksellisia vedeneristyskermejä, joissa eristävänä aineena toimii puhallettu tai modifioitu bitumi. Tukikerroksena toimii polyesteri tai lasikuitu. Modifiointiaineena SBS (kumibitumit) tai APP (muovibitumit)

- Hitsattava bitumikermi: Kermi, johon on valmistusvaiheessa lisätty kiinnittämi-
seen tarvittava bitumi. Kuumennetaan kiinnitettäessä liekillä tai kuumailmalla.
Hitsausbitumi voi olla modifioitua tai puhallettua bitumia
- Paineentasauskermi: Aluskermiksi tarkoitettu tuote, joka mahdollistaa kaasujen
paine-eron tasaantumisen.
- Jatkuva kate: Kate, jonka vesitiiveys säilyy myös vedenpaineen vaikutuksen alai-
sena.
- Laakerointikerros: Erottaa vedeneristyksen muista rakenteista ja estää vaaka-
suuntaisen liikkeen haitalliset vaikutukset rakenteen ja vedeneristyksen välillä.
- Modifioitu bitumi: Bitumimassa, joka sisältää bitumin tiettyjä ominaisuuksia pa-
rantavaa lisäainetta esim. SBS tai APP.
- Kumibitumi: Modifioitu bitumimassa, johon on lisätty bitumin venyvyyttä alhai-
sissa lämpötiloissa parantavia SBS-elastomeereja. Ilmaistaan kahdella luvulla
esim. KB 100/50, joista ensimmäinen ilmaisee bitumin pehmenemispistettä ja jäl-
kimmäinen tunkeumaa.
- Muovibitumi: Modifioitu bitumimassa, johon on lisätty bitumin korkeiden lämpöti-
lojen kestoa parantavia APP-elastomeereja.



- | | |
|--|---|
| <p>1. Liuskekivikerros</p> <ul style="list-style-type: none"> – kermin mekaaninen suoja – kermin suoja ultraviolettisäteilyä vastaan – antaa värin ja ulkonäön – vaikuttaa paloturvallisuuteen – liukkaudenesto; työ- ja huoltoturvallisuus | <p>3. tukikerros</p> <ul style="list-style-type: none"> – kermin runko – repäisylujuus – puhkaisulujuus – mekaaninen kestävyys, vetolujuus – joustavuus ja venymisominaisuudet |
| <p>2. bitumimassa</p> <ul style="list-style-type: none"> – vedeneristyskerros – joustavuus ja venymisominaisuudet – mekaaninen kestävyys – pitkäaikaiskestävyys | <p>4. bitumimassa</p> <ul style="list-style-type: none"> – vedeneristyskerros – joustavuus ja venymisominaisuudet – mekaaninen kestävyys |
| | <p>5. kiinnityspinta</p> <ul style="list-style-type: none"> – hitsattavassa kermessä kiinnitysbitumi – liimattavassa kermessä yleensä suoja-hiekka |

Kuva 1. Bitumikermien rakennekerrokset. [5]

2.2 Modifioidut bitumikermi

Modifioidut bitumikermi ovat ainoita Suomessa käytettävistä kermieristeistä loivilla katoilla. Modifioitu bitumi sisältää bitumia ja bitumin ominaisuuksia parantavia lisäaineita. Tällaisia bitumeja ovat esimerkiksi kumibitumi, johon on lisätty SBS-elastomeerejä. SBS-elastomeerin ansiosta bitumin venyvyys ja taivutettavuus paranevat oleellisesti alhaisissa lämpötiloissa. Toinen Suomessa käytetty modifioitubitumi on muovibitumi, johon on lisätty APP-elastomeereja, jotka parantavat bitumin korkeampien lämpötilojen kestoja. Muovibitumeja käytettiin Suomessa lähinnä 1990-luvulla ja sen käyttö on harventunut Suomessa SBS-bitumin myötä. [1, s. 92; 5, s.2.]

2.2.1 Bitumikermikatteiden käyttöluokitus

Loivien kattojen käyttöluokka määräytyy katon kaltevuuden mukaan kolmeen eri luokkaan: VE40, VE80 ja VE80R. Kaltevuudella tarkoitetaan katon lappeen kaltevuutta, huomioon ottaen käyttöoloissa rakenteen taipuman. Käyttöluokat kuvaavat katon minimikaltevuutta esim. jos katon kaltevuus on 1:40, sen vaatima käyttöluokka on tällöin VE40. Bitumikermien käyttöluokka taulukko määrittää kullekin kaltevuudelle hyväksyttävän katerakenteen bitumikermeillä. Jokaisessa käyttöluokassa on suositeltava välttää minimikaltevuuden käyttöä kermiyhdistelmää valittaessa.

Taulukko 1. Bitumikermien käyttöluokka. [2.]

Katerakenne	VE40 (1:40)	VE80 (1:80)	VE80R (1:80)
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

2.2.2 Bitumikermien tuoteluokitus

Bitumikermien tuoteluokitus määrittää kermille sen minimivaatimukset toiminnallisten ominaisuuksien mukaan.

Taulukko 2. Modifioitujen bitumikermien tuoteluokkavaatimukset. [2.]

	Tutkimus menetelmä	Vaatus	Yksikkö	Tuoteluokka		
				TL1 ¹⁾	TL 2	TL 3 ²⁾
Vetolujuus, 23 °C; pit.s./poikkis.	EN 12311-1	min	N/50 mm	800/600	600/400	400/300
Venymä, 23 °C; pit.s./poikkis.	EN 12311-1	min	%	15	25	20
Naulanvarren repäisyjujuus; pit.s./poikkis.	EN 12310-1	min	N	300	150	130
Puhkaisulujuus ³⁾ dynaaminen (isku), +23 °C	EN 12691 B	min	mm	1000		
Sauman vetolujuus ⁴⁾	EN 12317-1	min	N/50 mm	600		
Vesitiiveys ⁵⁾	EN 1928 B	min	kPa	500	300	200
Siroteen kiinnipysyvyys ⁶⁾	EN 12039	max	%	30	30	
Dimensiostabiliiteetti (pit.s.)	EN 1107	max/min	%	± 0,3	± 0,6	± 0,6
Lämmönkestävyys	EN 1110	min	°C	80	80	80
Taivutettavuus liimattava kermi, pinta ja pohja hitsattava kermi, pinta hitsattava kermi, pohja	EN 1109	max/max	°C/Ø mm °C/Ø mm °C/Ø mm	-25/30 -20/30 -10/30	-25/30 -20/30 -10/30	-20/30 -20/30 -10/30
Pitkäaikaiskestävyys ⁴⁾ lämmönkestävyys (vanhennuksen jälk.) taivutettavuus (vanhennuksen jälk.) liimattava kermi, pinta ja pohja hitsattava kermi, pinta hitsattava kermi, pohja	EN 1296 (EN 1110) (EN 1109)	– min max/max	°C °C/mm	80 -15/30 -10/30 -0/30	80 -15/30 -10/30 -0/30	80 -10/30 -10/30 +0/30
Nimellispaino ²⁾ ³⁾ liimattava pintakermi hitsattava pintakermi liimattava aluskermi hitsattava aluskermi	EN 1849-1	nimell.	g/m ² g/m ² g/m ² g/m ²	4500 5500 3500 4500	4000 5000 3000 4000	– ⁴⁾ – ⁴⁾ 2200 3200
Mitat pituus ja leveys ³⁾ suoruus	EN 1848-1	ilm. max	mm mm/10m	ilm. 20	ilm. 20	ilm. 20

2.3 Bitumikermien alusta

Vedeneristysten alustan rakenne on suunniteltava niin, etteivät alustan ja liittyvien rakenteiden (seinät, sokkelit, terassit yms.) liikkeet, vedeneristysten kutistuma sekä liikkeet tai pintarakenteiden jäätyminen vaurioita vedeneristettä. Vedeneristettä haittaavaa ja mahdollisesti vaurioittavaa liikettä aiheuttavat esimerkiksi: alustan taipuma, alustan kosteuden muutokset, alustan lämpötilamuutokset, lämmöneristeiden liikkeet (mikäli ve-

deneristuksen alustana toimii lämmöneristelevy), kosteuden ja lämpötilamuutosten aiheuttama vedeneristeen liike ja vedeneristuksen kutistuma. Kermi voidaan kiinnittää betonialustan lisäksi rakennuslevyihin, lauta-alustoihin ja lämmöneristyslevyihin. [1, s.104.]

Ennen vedeneristystöitä on varmistettava, että alustan laatuvaatimukset ja bitumikermien työstölämpötilat täyttyvät. Kumibitumien alin sallittu työstölämpötila on -20°C. Liuosten esim. tartuntasivelyn alin sallittu lämpötila on -20°C. Vedeneristystöitä ei saa tehdä vesi- eikä lumisateessa ilman sääsuojauksia. Alustan on oltava työstöhetkellä kuiva, tasainen ja puhdas. [3, s. 252.]

2.3.1 Betonialusta

Bitumikermien alustana loivissa yläpohjarakenteissa toimii yleensä paikallavalettu betonilaatta. Vedeneristuksen alustana toimivan betonipinnan on vastattava vähintään puuhierrettyä pintaa, siitä on poistettu tartuntaa heikentävä sementtiliima, alustan on oltava tasainen, puhdas ja kiinteä, eikä siinä saa olla rakoja tai yli 3 mm suurempia rakoja tai teräväreunaisia hammastuksia. Alustan on oltava riittävän jäykkä varsinkin liikennöidyillä pihakansilla, jotta alustan painumat eivät aiheuta vaurioita vedeneristykseen. Mikäli kantava rakenne (esim. käännetty rakenne) toimii vedeneristuksen alustana, on siihen suositeltavaa tehdä tarvittavat kallistukset jo valu vaiheessa. Mikäli kantava rakenne on toteutettu elementtilaatastona, vedeneristeelle tehdään laatan päälle kallistusvalu, jolla varmistetaan riittävä kaltevuus. [1, s.156-157; 6, s.3.]

2.3.2 Puualusta

Puualustoja käytetään loivilla vesikatoilla lähinnä tuulettuvissa räystäärakenteissa. Puualusta voi olla levy- tai lautarakenteinen. Puualustan on oltava notkumaton ja tasainen huolimatta siitä, onko alusta levy- tai lautarakenteinen. Levyalustaisissa rakenteissa alusta toteutetaan tukevasta, kosteuden ja homeen kestävästä rakennuslevystä. Levyjen saumat sijoitetaan tukien kohdalle ja tukia vastaan kohtisuorassa olevien saumojen tulee olla pontattuja, ellei reunojen hammastusta tai painumia olla estetty muulla tavalla. Levyissä ei saa muodostua ristisaumoja kosteuden ja lämmönvaihtelun aiheuttamien levylaajenemien takia.

Lauta-alustainen puualusta toteutetaan täysisärmäisestä enintään 95 mm leveästä raakaponttilaudasta. Käytettävän puutavaran on oltava C-laatuokkeista ja ilmakeivää eikä sen kosteus saa ylittää 20% sen kuivapainosta. Puu alustojen minimivahvuudet on esitetty taulukossa 3. [1, s104-106; 2, s. 22.]

Taulukko 3. Puualustojen minimivahvuudet

Tukiväli k/mm	Raakaponttilaudan paksuus mm	Vanerin paksuus mm
600	20	15
900	23	15
1200	28	19

2.3.3 Lämmöneristelevy alusta

Lämmöneristyslevy alustoissa lämmöneristemateriaali valitaan sen rasituskestävyyden mukaan. Loivilla yläpohjarakenteilla käytetään yleensä solumuovisia EPS, XPS, PUR tai PIR -eristelevyjä. Lämmöneristemateriaalin on kestävä ulkoisten rasitusten lisäksi myös rakennuksen käytön aiheuttamat lämpö- ja kosteusrasitukset koko rakenteen suunnitellun käyttöajan ajan. Lämmöneristeeseen ja koko rakenteeseen kohdistuvia rasituksia ovat muun muassa: käyttöolosuhteiden kosteusrasitukset (sisäilman lämpö-, kosteus- ja paineolosuhteet ja niissä tapahtuvat muutokset sekä vaikutus lämmöneristeeseen

kokoon puristumaan), työaikaiset ja käytön aikaiset kosteusrasitukset, käyttöolosuhteiden kuormitukset, työnaikaiset rasitukset keskeneräisen eristyksen päällä sekä vedeneristeen ja lämmöneristeen yhteistoiminta (kuormituksen jakautuminen ja muodonmuutokset katteessa ja lämmöneristekerroksessa)

Lämmöneristelevyt kiinnitetään alustaan mekaanisesti tuulen aiheuttamien imukuormien sekä rakenteeseen aiheuttamien voimien takia, sillä pintakerrosten paino ei välttämättä riitä pitämään lämmöneristelevyjä paikallaan. Levyt asennetaan niin, etteivät niiden saumat muodosta ristikuvioita ja että saumojen on limittyttävä 100 mm. Levyjen asennuksen jälkeen lämmöneriste suojataan välittömästi vedeneristekerroksella tai tilapäisellä sääsuojalla. [6, s.4.]

2.4 Bitumikermien kiinnitys

Bitumikermien kiinnitystapoja ovat hitsaus, liimaus, ja mekaaninen kiinnitys. Kiinnitystavan valintaan vaikuttaa käytettävä eristyskermi, vedeneristyksen alusta, sääolosuhteet, rakenteen asettamat vaatimukset sekä paloturvallisuus. Bitumikermi kiinnitetään alustaan aina kauttaaltaan, pois lukien rakenteet, joissa aluskermanä käytetään paineentasauskermiä. Valmiiseen vedeneristykseen ei saa ilmentyä painumia tai höyrypusseja. [6, s.7.]

2.4.1 Hitsaus

Bitumikermien hitsauksella tarkoitetaan hitsattavan kermin alapinnassa valmiina olevan kiinnitysbitumin (noin 1kg / m²) kuumentamista nestekaasupolttimella tai kuumailmalla. Kuumennettaessa kermin alapintaa, siinä oleva kiinnitysbitumi muuttuu nestemäiseksi. Bitumikermien kiinnitys hitsaamalla suoritetaan kuumentamalla kermin alapintaa samalla kun kermiä rullataan auki. Kermien kiinnitys alustaan kauttaaltaan hitsattaessa varmistetaan niin, että kermiä auki rullattaessa kiinnitysbitumi on nestemäistä koko kermin leveydeltä. Kermien väliset saumat kiinnitetään kauttaaltaan toisiinsa niin, että saumasta pursuaa tasaisesti kiinnitysbitumia (max 20mm). Kun aluskermanä käytetään paineentasauskermiä, kermi kiinnitetään siten, että kauttaaltaan kiinnitettävät aluskermikaistat

muodostavat hallitut paineen tasausalueet, joiden koko määritellään tarkoituksen mukaiseksi. Näin varmistetaan, ettei kermin vaurioituessa vesi pääse leviämään paineentasauserrosta pitkin koko eristettävälle alueelle. Aluskerminä käytetään paineentasauskermiä rakenteissa, joissa alusrakenteen yläpintaan muodostuva kosteus saattaa aiheuttaa höyrypusi-ilmiön kermeihin. [2, s.31.]

2.4.2 Liimaus

Bitumikermien liimauksella tarkoitetaan kermien kiinnittämistä alustaan sulatetulla bitumilla (puhallettu bitumi tai kumibitumi). Liimaus soveltuu käytettäväksi vain kumibitumin kohdalla, sillä muovibitumikermien pehmenemispiste on niin korkea, ettei liimausbitumi sulata kermin pintaa. Liimauksessa, sulaa liimausbitumia kaadetaan kannusta liimattavan kermin eteen samalla kun kermiä rullataan auki. Liimattaessa on varmistuttava siitä, että bitumia leviää tasaisesti (noin $1,5 \text{ kg/m}^2$) kermin ja alustan väliin. Kermin ja alustan väliin ei saa jäädä ilmarakkuloita tai kuivia kohtia. Liimattaessa kumibitumilla on oltava erityisen tarkkana siitä, että liimausbitumi lämmitetään oikeaan lämpötilaan ennen kiinnitystä. Kumibitumin minimi- ja maksimilämpötilan ero on hyvin pieni ($+200\text{--}220^\circ\text{C}$) mikä tarkoittaa liian vähän lämmitettynä sitä, että kumibitumin työstettävyyys ja liimautuvuus heikkenee. Liian korkeaan lämpötilaan kuumennettuna kumibitumin ominaisuudet heikkenevät oleellisesti. Puhalletulla bitumilla työstettävyyys lämpötila-alue on paljon suurempi ($+190\text{--}230^\circ\text{C}$), eikä sen työstettävyyys kärsi ylikuumennuksesta yhtä paljon kuin kumibitumilla. Tämän takia on suositeltavaa, että aluskermiä kiinnitettäessä liimaamalla, käytetään puhallettua bitumia. [2, s.31.]

2.4.3 Mekaaninen kiinnitys

Mekaanista kiinnitystä käytetään rakenteissa, jossa vedeneristykseen kohdistuu erilaisia rasituksia, kuten tuulikuormia, rakenteen liikkeitä ja kermin omia muodonmuutoksia. Mekaanisia kiinnityksiä käytetään vain aluskermin kohdalla. Mekaanisten kiinnikkeiden valintaan vaikuttaa kiinnitysalustan materiaali, kiinnitettävän kermin repäisylujuus sekä väliin jäävän lämmöneristeen puristuslujuus ja paksuus. Mekaanisia kiinnikkeitä käytetään lähinnä korkeiden vesikattojen kohdalla tuulen aiheuttaman imukuorman ja tuulenpaine-kuorman takia. Tuulen aiheuttama imukuorma on suurin katon nurkka-alueilla, jonka takia niissä käytetään enemmän kiinnikkeitä. Suositeltu kiinnikemäärä katoilla on 2 kiinni-

kettä/m² ellei tuulikuormalaskelma edellytä suurempaa kiinnikemäärää. Mekaaninen kiinnitys toteutetaan ns. piilokiinnityksenä alimman kermin läpi. Mekaanisesti kiinnitetyn sauman päälle tulevan kermin limityksen tulee peittää kiinnikkeet siten, että kermin reunan ja kiinnikkeen väliin jää vähintään 40 mm umpinaista, täysin kiinnitettyä saumaa. Tällä varmistetaan, että sauman kohdalla mahdollinen vedenpaine ei päästä vettä siirtymään kiinnikkeen kautta sisempiin rakenteisiin. [1, s.93; 2, s.31-32.]

2.5 Nestemäiset vedeneristeet

Loivissa vesikattorakenteissa ei yleensä käytetä muita kateratkaisuja kuin kermieristeitä. Muita kateratkaisuja ovat muun muassa nestemäisenä levitettävät bitumi- ja polymeeripohjaiset tuotteet kuten polyuretaanit, akryylit ja epoksit. Nestemäisten vedeneristeiden suurin etu on niiden saumattomuus ja työstönopeus. Tämän vuoksi nestemäisiä vedeneristeitä käytetään paljon käännettyissä rakenteissa, silta- ja pihakansirakenteissa, parvekkeissa sekä vesikattojen hankalissa erityiskohdissa. [1, s. 98.]

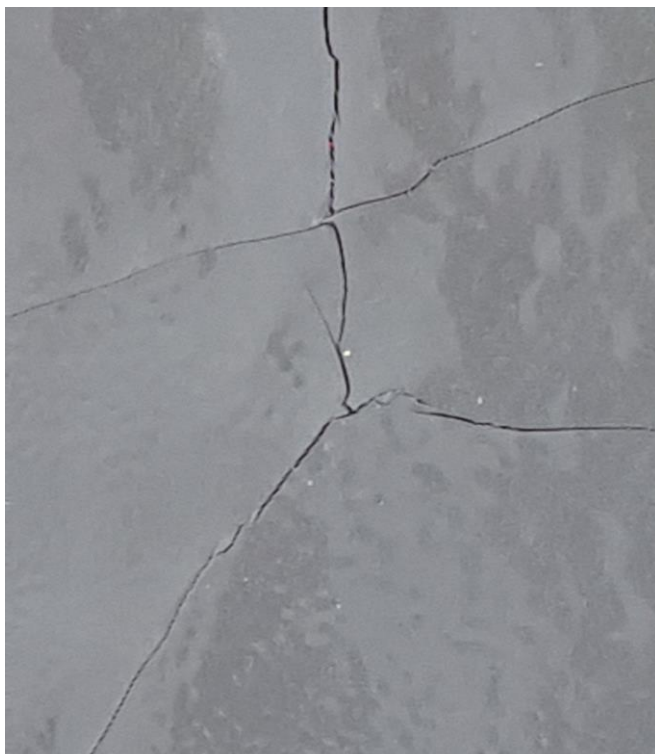
2.5.1 Polyuretaanielastomeeri

Suomessa nestemäisenä vedeneristeenä käytetään yleensä polyuretaanielastomeeria. Polyuretaanielastomeeria voidaan levittää käsin tai ruiskuttamalla tietokoneohjatulla matalapaineruiskulla. Polyuretaanielastomeerin alusta voi olla betonia, puuta, tai metallia. Elastomeeri tarttuu myös pintasiroteelliseen kumibitumikermiin. Kermeihin verrattuna elastomeerien suurin etu on siinä, että sillä saadaan tehtyä täysin saumaton vedeneristys huomattavasti nopeammin kuin bitumikermeillä. Elastomeerin halkeamien silloituskyky on huomattavasti bitumikermejä parempi sen kestoelastisuuden ansiosta, mikä tarkoittaa, että elastomeerin tartunta alustaan ja vedeneristyskyky ei heikkene alustan halkeamien johdosta. Myös hankalat erityiskohdat, kuten viemäreiden läpiviennit, ylösnostot ja liittymät muihin rakenteisiin voidaan toteuttaa nopeammin ja helpommin elastomeerilla, vaikka erityiskohtien minimi etäisyydet eivät toteutuisikaan. Myös koko rakenteen vedeneristys voidaan toteuttaa elastomeerilla. [12.]

2.5.2 Elastomeerin alusta

Kuten muissakin vedeneristemateriaaleissa, elastomeerin alustan merkitys on erittäin tärkeä. Mikäli alusta ei täytä vedeneristeen asettamia vaatimuksia, eriste ei tartu alustaan riittävän tiukasti, mikä johtaa pitkällä aikavälillä rakenteen vuotoihin, kun vesi pääsee alustan ja vedeneristeen väliin. Alustan on oltava tasainen ja sileä eikä siinä saa olla yli 3 mm hammastuksia. Alusta käsitellään ennen tartunta-aineen (primerin) ja elastomeerin levitystä hiekkapuhaltamalla, sinkopuhaltamalla tai hiomalla. Hionnan jälkeen alustasta puhdistetaan kaikki tartuntaa heikentävä pöly, lika ja öljy. Mikäli hiekk- tai sinkopuhalluksen jälkeen betonissa havaitaan suuria huokosia, ne tasoitetaan ja täytetään polymeeripitoisella pikatasoitteella huolellisesti. [1, s.164; 12.]

Ennen tartuntasivelyä ja elastomeerin levitystä on myös tärkeää tarkastaa tartuntasivelyn ja ruiskutustyön olosuhteet. Betonipinnan lämpötilan on oltava yli 8°C ja vähintään 3°C yli kastepisteen. Pinnoitettavan betonipinnan suhteellinen kosteus (RH) saa olla enintään 93%. Alustan kuivuuden varmistus ennen elastomeerin levitystä on ehdottoman tärkeää, sillä elastomeerin toinen komponentti, isosyanaatti reagoi erittäin herkästi veden kanssa (Katso kuva 2). Suhteellinen kosteus normaaleissa olosuhteissa saavute-



Kuva 2. Elastomeerissa halkeamia alustan kosteuden takia.

taan yleensä betonin kuivuttua valun jälkeen 2-3 viikkoa. Suhteellinen kosteus on kuitenkin suositeltavaa tarkastaa mittaamalla pinnasta otettavalla näytepalamenetelmällä. [1, s. 164.]

2.5.3 Alustan tartunta-ainekäsittely

Kun pinnoitettava alusta on hiottu, tasoitettu ja puhdistettu, pinnalle levitetään tartunta-aine. Tartunta-aineita on erilaisia (1- ja 2-komponenttisia) ja ne vaihtelevat riippuen käytettävästä elastomeerista ja alustan materiaalista. Tartunta-aineen eli primerin tehtävänä on sulkea pinnassa olevat huokokset ja sitoa pintaan mahdollisesti jäänyt pöly sekä lisätä elastomeerin kemiallista tarttuvuutta alustaan. Tartunta-aine levitetään pintaan telamalla ja sen levityksessä on huomioitava lyhyet työstöajat. [1, s.164.]

Tartunta-aineen valintaan vaikuttaa aina pinnoitettavan alustan materiaali. Betonille levitetään 2-komponenttinen epoksitartunta-aine, jonka päälle levitetään polyuretaani elastomeerin mekaanista tartuntaa parantavaa kvartsihiekkaa. Tartunta-aineen annetaan kuivua levitettynä noin 6-12 h riippuen tartunta-aineesta. Kvartsihiekan päälle voidaan tarvittaessa levittää 1-komponenttinen polyuretaanitartunta-aine, jonka kuivuttua noin tunnin verran, voidaan aloittaa elastomeerin ruiskutus. [1, s.164.]

Epoksi ja polyuretaanipohjaisten tartunta-aineiden lisäksi on olemassa 2-komponenttisia tartunta-aineita, jotka eivät vaadi kvartsihiekkää ollenkaan elastomeerin tartunnan parantamiseksi.



Kuva 3. 2-komponenttisen tartunta-aineen levitys ennen elastomeerin ruiskutusta.

2.5.4 Polyuretaanielastomeerin ruiskutus

Kun pinnoitettava alusta on tartunta-ainekäsitelty, sen päälle levitetään 2-komponenttinen polyuretaanielastomeeri tietokoneohjatulla matalapaineruiskulla. Tietokoneohjatun ruiskun tarkoitus on annostella elastomeerin raaka-ainekomponentit oikeassa suhteessa. Ennen varsinaista pinnoitusta, elastomeeria ruiskutetaan astiaan, jotta nähdään, onko aine kunnossa. Tämän jälkeen elastomeerista ruiskutetaan muoville koepala, joka otetaan talteen ja varsinainen ruiskutus voidaan aloittaa. [1, s.165.]

Ruiskutustyön edetessä seurataan jatkuvasti ruiskutetun kerroksen vahvuutta ottamalla siitä näytepaloja ja mittaamalla sen paksuutta esim. työntömitalla. Polyuretaanielastomeerin kerrosvahvuus vaihtelee 2 ja 4 mm välillä riippuen rakenneratkaisusta. Elastomeeri kuivuu ruiskutettaessa lähes välittömästi (n. 5-10 sekuntia), jonka ansiosta ylösnostot on kermeihin verrattuna paljon helpompi ja varmempi toteuttaa, sillä elastomeeri ei vuoda pystypinnoilla ruiskutuksen aikana. Mikäli eristettävää aluetta ei saada ruiskutettua yhdellä kerralla, primeria levitetään 100-200 mm jo ruiskutetun elastomeerin päälle seuraavalla ruiskutuskerralla. [1, s.165.]



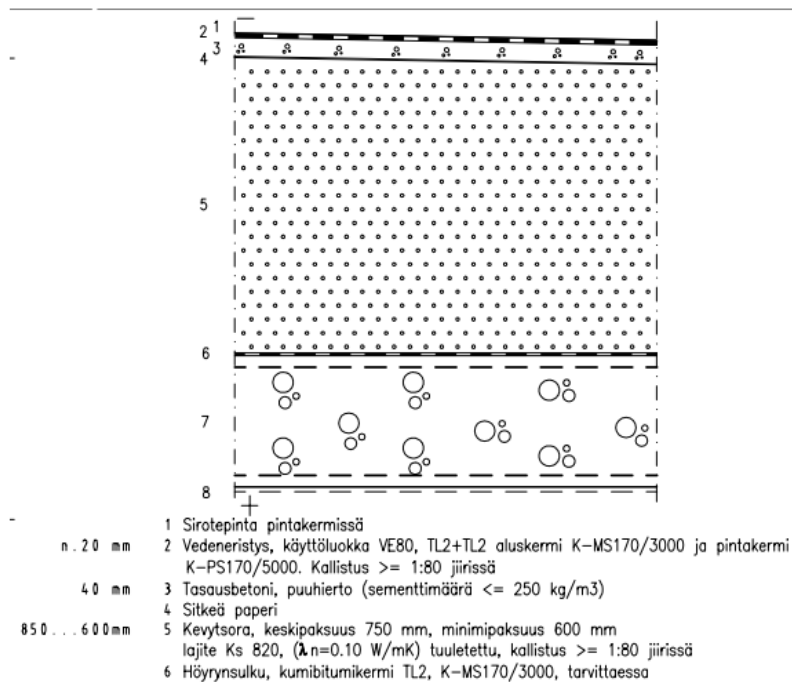
Kuva 4. Pihakannen vedeneristys ruiskuttamalla elastomeeria.

2.5.5 Erityiskohtien teko elastomeerilla

Vedeneristyksen läpiviennit toteutetaan elastomeerilla samalla periaatteella kuin kermeilläkin. Läpivientien kohdalla käytetään laipallisia ruostumattomia läpivientiputkia. Tämä ei välttämättä ole aina mahdollista, minkä vuoksi hankalissa läpivienneissä voidaan käyttää läpivientien tiivistämiseen elastomeeria. Myös ylösnostot voidaan tehdä elastomeerilla, vaikka suorat pinnat olisi eristetty kermeillä. Ylösnoston ja suoran pinnan liitoskohdassa tulee tällöin käyttää sirotepintaista kermiä, johon elastomeeri tarttuu myös ilman primeria. [1, s.165; 12.]

3 Loiva katto

Loivalla katolla tarkoitetaan yläpohja rakennetta, jonka kaltevuus on enintään 1:10 ja vähintään 1:80. Loivissa katoissa yläpohjarakenne koostuu kantavasta rakenteesta, ilmansulusta, höyrynsulusta, lämmöneristyksestä, vedeneristyksestä sekä toimivasta tuuletuksesta. Suomessa eniten käytetty loivan katon rakennetyyppi on kevytsorakatto (kuva 5).



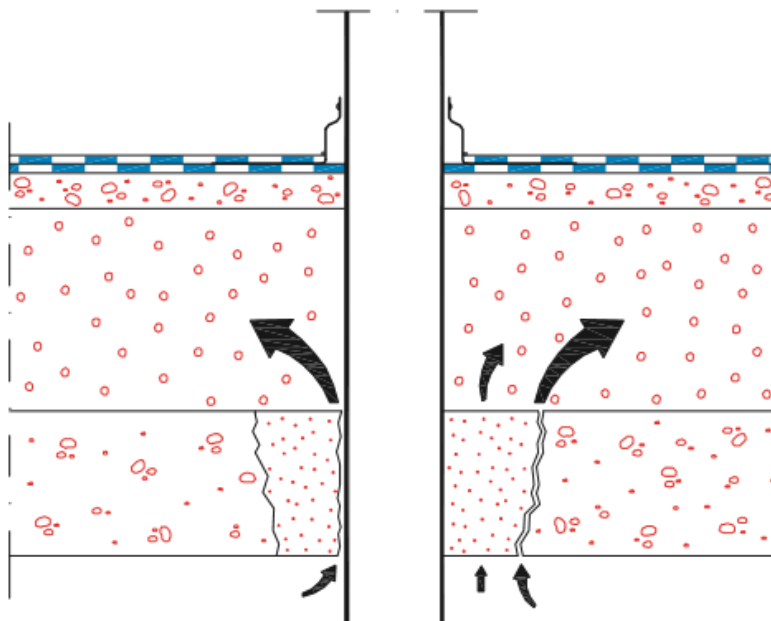
Kuva 5. Loivan kevytsorakaton rakennetyyppi

3.1 Kantava rakenne ja höyrynsulku

Loivan katon kantavana rakenteena toimii paikallavalettu betonilaatta, tai elementtilaatasto. Kantava rakenne toimii loivissa yläpohjarakenteissa höyrynsulun alustana. Alustana toimiva paikallavalettu betonilaatta on itsessään jo hyvin höyrytiivis, mutta laatan liittyminen muihin rakenteisiin, seinäelementtien liitokset ja kantavaan rakenteeseen tehtävät läpiviennit ovat paikkoja, joista sisäpuolinen kosteus pääsee konvektion vaikutuksesta rakenteen kylmälle puolelle. Tämän takia edellä mainittuihin kohtiin tulee aina

tehdä höyrynsulku kosteuden siirtymisen estämiseksi. Höyrynsulun asennuksen ongelmia paikallavaletuissa yläpohjissa ovat betonin pinnassa olevat hammastukset ja epätasaisuudet, jotka voivat vaurioittaa höyrynsulkua työn aikana, sekä lumikuormien painosta. Tämän takia jyrkkäreunaiset hammastukset ja epätasaisuudet tulee hioa tai tasoitaa ennen höyrynsulun asennusta. [2, s.15.]

Elementtirakenteinen kantava rakenteen liittyessä seinäelementteihin ovat taipumat yleensä hyvin suuret. Yläpohjarakenne taipuu talvisin lumikuorman alla ja kesäisin ulkoseinä kaareutuu ulospäin elementin ulkopinnan lämpölaajenemisen vaikutuksesta. Yläpohjan ja seinärakenteen höyrynsulun liitoksen on kestävä molempien kuormien aiheuttamat rasitukset vaurioitumatta. Vaihtoehtoisesti rakenteen liikkeet on estettävä rakenteellisilla ratkaisulla. Elementtirakenteisissa yläpohjarakenteissa TT- ja ontelolaatoissa ongelmia aiheuttavat vierekkäisten elementtien liian suuret hammastukset. Ontelolaattojen saumavalut ovat yleensä hyvin epätasaisia ja valun jäljiltä pinnalla on irtonta betonia ja kiviainesta, joka aiheuttaa riskin höyrynsulun tiiveydelle. TT-laattojen etu ontelolaattoihin nähden on niiden suuri koko, minkä johdosta saumojen määrä pienenee. Hammastusten lisäksi TT-laatoissa höyrynsulun tiiveyden riskin aiheuttavat saumoihin hitsattavat lattateräkset, jotka ovat usein vinossa ja terävät kulmat ylöspäin. [2, s.14-15.]



Kuva 6. Kantava rakenne ilman höyrynsulkua. [2]

3.2 Lämmöneristys

Loivissa yläpohjarakenteissa lämmöneristys on valittava niin, että voimassa olevat vaatimukset täyttyvät lämmöneristyskyvyn osalta. Lämmöneristys, ilman- ja höyrynsulku ja tuuletus vaikuttavat rakenteessa toisiinsa ja jos joku edellä mainituista ei toimi suunnitellusti, vaikuttaa se koko rakenteen toimivuuteen. Lämmöneristys voi toimia vedeneristysalusrakenteena tai lämmöneristys voi olla sijoitettuna vedeneristysalun yläpuolella. Lämmöneristysalun sijainnissa rakenteessa pitää ottaa huomioon tietyt vaatimukset. [1, s. 101..]

3.2.1 Lämmöneristeen valinta

Lämmöneristettä valittaessa tulee ottaa huomioon rakenteelle vaikuttavien rasitusten lisäksi seuraavat asiat.

- eristysalun rakenne
- kokoonpuristuman vaikutus lämmöneristeen liittyessä muihin kattorakenteisiin esim. räystäisiin, savunpoistoluukkuihin tai muihin kiinteisiin rakenteisiin
- käyttöolosuhteiden mukainen kosteusrasitus, sisäilmaston lämpö-, kosteus- ja paineolosuhteet ja niissä tapahtuvat muutokset
- höyryn- ja ilmansulun laatu ja varmuus
- työnaikaiset sekä käytön aikaiset kosteusrasitukset
- vedeneristeen ja lämmöneristeen yhteistoiminta, kuormien jakautuminen ja muodonmuutokset materiaaleissa
- katemateriaalin lujuus- ja venymäominaisuudet
- lämmöneristekerrosten määrä
- veden- ja lämmöneristeiden kiinnitysmenetelmät
- lämmöneristeen paloluokitus ja kattorakenteen paloluokitus
- eristysratkaisun neliöpaino rakennekuormitusten laskemista varten. [1, s.108-109.]

3.2.2 Lämmöneristys vedeneristyksen yläpuolella

Lämmöneristyksen ollessa vedeneristyksen yläpuolella puhutaan käännetyistä rakenteista. Käännettyä rakennetta käytetään yleensä pihakansi-, terassi-, viherkatto- ja parvekerakenteissa. Käännetyn rakenteen etuna vedeneristyksen kannalta on, että vedeneristys on suojassa pintarakenteiden aiheuttamilta mekaaniselta rasitukselta ja auringon UV-säteilyltä lämmöneristyksen alla. Käännettyssä rakenteessa lämmöneristys voi altistua jatkuvalle vedenpaineelle, joka asettaa valitulle lämmöneristeelle tietyt vaatimukset. Tämän takia myös vedenpoisto lämmöneristyksen alta on hyvin tärkeää. Käännetyn rakenteen lämmöneristys toteutetaan puolipontatuista, yleensä XPS-levyistä. XPS-levyt ovat suulakepuristamalla valmistettuja umpisoluisia polystyreenilevyjä, joiden solurakenne on hyvin tiivis ja vedenimu kyky erittäin alhainen. Lämmöneristys tulee suunnitella niin, että sen eristyskyky säilyy koko suunnitellun käyttöiän ajan. Lämmöneristekerroksen paksuutta suunniteltaessa on otettava huomioon eristeen kosteus sekä sade- ja sulamisvesien aiheuttamat lämpöhäviöt. [1, s.116-117.]

3.2.3 Lämmöneristys vedeneristyksen alapuolella

Lämmöneristyksen ollessa vedeneristyksen alapuolella, lämmöneriste toimii myös vedeneristyksen alustana. Tätä rakenneratkaisua käytetään yleensä loivissa vesikatoissa. Loivilla vesikatoilla lämmöneriste levyn valintaan vaikuttaa luvussa 3.2.1 luetellut asiat. Loiville katoille soveltuvia lämmöneristemateriaaleja ovat mineraalivilla, paisutettu polystyreeni (EPS), suulakepuristettu polystyreeni (XPS), polyuretaani (PUR/PIR), kevytsora ja solulasi. Lämmöneristemateriaalin valintaan vaikuttaa myös materiaalin lämmön kestävyys lämpöä tuottavien työmenetelmien kuten kuumabitumiliimauksen ja liekkihitsauksen takia. Kun lämmöneriste toimii vedeneristyksen alustana, lämmöneristelevyt tulee kiinnittää mekaanisin kiinnikkein (vähintään 4 kpl/levy) tiiviisti alustaansa työnaikaisten liikkeiden estämiseksi ja tuulikuormien aiheuttaman imukuorman takia. Levyt asennetaan limittäen vähintään 100 mm, ellei vähintään yksi eristekerros ole pontattu, eivätkä levyjen saumat saa muodostaa ristikuviota. Kun lämmöneristelevyt on saatu asennettua, ne tulee suojata välittömästi vedeneristekerroksella tai tilapäisesti päällä tehtävien töiden ja säärasituksia vastaan, jotta valumavedet eivät pääse lämmöneristekerroksen alle rakenteen lämpimälle puolelle. [1, s. 109-112.]

3.3 Loivien kattojen erityiskohdat

Loivissa yläpohjarakenteissa yksityiskohdat ovat tärkeässä roolissa vedeneristysten toimivuuden kannalta ja ne tulee suunnitella siten, että vedeneristystyöt voidaan aina tehdä luotettavasti. Tilanteet, joissa vedeneristyksessä on havaittu vuotoja, ovat lähes poikkeuksetta johtuneet väärin suunnitellusta ja/tai toteutetusta vedeneristysten erityiskohdista. Tällaisia erityiskohtia loivilla katoilla ovat vedeneristysten läpiviennit, kaivot, räystäät, liikuntasaumat, sekä vedeneristysten liittyminen pystypintoihin ja muihin rakenteisiin (ylös nostot). Skanskalla loivien yläpohjarakenteiden vedeneristyssuunnitelmat tarkastutetaan aina ulkopuolisella vedeneristykseen erikoistuneella konsultilla, joka käy läpi suunnitelmat ja kertoo niissä havaitsemansa puutteet. Suunnittelijat korjaavat puutteet vedeneristyssuunnitelmiin ennen toteutusta.

3.3.1 Vedeneristysten läpiviennit

Vedeneristysten lävistäviä ja läpivientejä tulisi välttää mahdollisimman paljon, mutta ne ovat jokaisessa yläpohjarakenteessa välttämättömiä erilaisten hormien, tarkastusluukkujen, poistoilmakanavien, kaivojen yms. takia. Läpivientikohdat on aina sijoitettava niin, etteivät ne osu katon sisätaiteisiin, eivätkä niin lähelle toisiaan tai pystyrakenteita, että vedeneristystyö vaikeutuu. Suositeltava minimietäisyys pystyrakenteista on 1 metri ja toisista läpivienneistä sekä epäjatkuvuuskohdista 500 mm. Lävistykset liitetään aina vedenpitävästi vedeneristykseen läpivientitiivisteiden avulla.

Kermeillä tehdyssä vedeneristysten lävistävissä putkissa käytetään kumisia 150 mm korkeita läpivientitiivisteitä, jotka kiristetään putken ympärille ruostumattomalla tai happonkestävällä kiristimellä. Läpivienneissä voidaan myös käyttää tehdasvalmisteisia koeristysmateriaalin kanssa yhteensopivia läpivientikappaleita. Vaihtoehtoisesti läpiviennit voidaan eristää käyttämällä elastomeeria.

Muissa läpivienneissä, esim. hormeissa ja tarkastusluukuissa vedeneristys nostetaan vähintään 300 mm valmiin kattopinnan yläpuolelle ja vähintään 100 mm katon padotuskorkeuden yläpuolelle. [1, s.121.]



Kuva 7. viemäriputken läpivienti käyttämällä läpivientitiivistettä.



Kuva 8. Viemäriputken läpiviennin vedeneristys käyttämällä elastomeeria.

3.3.2 Liikuntasaumat

Kuten vedeneristysten läpiviennit, myös liikuntasaumoja tulisi välttää. Normaaaleilla loivilla vesikatoilla liikuntasaumoja ei tarvitse tehdä kermikatteen omien venymisominaisuuksien ansiosta. Liikuntasaumoja joudutaan tekemään kuitenkin rakenteellisten liikuntasaumojen takia esimerkiksi parkkiahalleissa.

Mikäli vedeneristysten alustan liikkeet ovat vähäisiä verrattuna vedeneristysten venymisominaisuuksiin (varmuuskerroin $>5,0$), liikuntasauma voidaan tehdä jättämällä vedeneristys irti sauman kohdalta riittävän leveällä alueella. Tämä voidaan toteuttaa asettamalla liikuntasauman kohdalle esim. pintasirotteellinen kermi väärin päin, joka jätetään kiinnittämättä alustaan kuvan 9 mukaisesti. Liikuntasauman kohdan tulisi aina olla harjan kohdalla, jotta vesi ei pääse valumaan liikuntasauman yli. [2, s.36.]

Jos vedeneristysten alustan, alustassa olevan liikuntasauman tai vedeneristysten omat liikkeet ovat suurempia kuin ne muodonmuutokset, jotka se vaurioittamatta kestää, tehdään vedeneristykseen liikuntasauma esim. käyttämällä peltiprofiilia vedeneristysten liikuntasauman kohdalla kuvan 10 mukaisesti. [1, s.120-121.]



Kuva 9. Rakenteellinen liikuntasauma ennen vedeneristystä.



Kuva 10. Rakenteellinen liikuntasauma ennen vedeneristystä.

3.3.3 Kattokaivot

Loivilla katoilla, joissa vesien poisjohtaminen on suunniteltu sisäpuolisesti, käytetään kattokaivoja. Kaupunki-ilmastossa kattokaivoissa tulee käyttää haponkestävää materiaalia ympäristön aiheuttamia, mukaan lukien kemiallisia rasituksia vastaan. Tämä vaatimus täytetään käytännössä valmistamalla kaivot haponkestävästä teräksestä tai käyttöön soveltuvasta muovista. Muovisia kaivoja ei kuitenkaan ole suositeltavaa käyttää niiden heikon mekaanisen kestävyysvuoksi.

Kattokaivot, jotka rajoittuvat sisätilaan on varustettava riittävällä diffuusiotiiviillä lämmöneristyksellä kosteuden tiivistymisen estämiseksi. Kattokaivon ja yläpohjan liitoskohdan höyryn- ja ilmatiiviyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, minkä takia höyrynsulun ja vedeneristyksen on liityttävä kaivoon, sekä viemäriputken läpivientiin. Kattokaivoissa on oltava vähintään 150 mm leveä laippa, jonka avulla vedeneristys liitetään kaivoon joko kermillä hitsaten tai liimalla tai elastomeerilla. Kaivojen poistoputki tulee liittää höyrynsulun läpivientiin tiiviisti, sillä suljetussa tai huonosti tuulettuvissa rakenteissa tiivis liitos on rakenteen toimivuuden kannalta välttämätöntä. Kattokaivojen vedenpoistoputken ja viemäriin minimihalkaisija on yleensä 100 mm. Veden jäätyminen kattokaivoissa estetään varustamalla kattokaivot sähkövastuksin tai johtamalla niihin lämpöä rakennuksen sisätiloista.



Kuva 11. Kattokaivon leikkaus. [8]

Kattokaivot tulee sijoittaa aina vesikaton valuma-alueen alimpaan kohtaan. Alustaan tehdään kaivojen kohdalla loivareunainen syvennys niin, että vedeneristys voidaan kiinnittää laippaan tiiviisti. Kattokaivot on kiinnitettävä alustaan aina mekaanisesti. Kevytsorakatoilla kaivoille tehdään vanerista ja rimasta kehikko, joka varmistaa kaivon paikalla pysymisen painumisia vastaan.

Kattokaivojen lukumäärää ja sijoitusta suunniteltaessa on varmistettava aina kaivojen yhteistoiminnan mahdollisuus tukkeutumisen sattuessa. Tämän takia jokaisessa kaltevuuksia muodostavassa valuma-alueessa on vähintään yksi kaivo, jonka mahdollisesti tukkeutuessa vedet johdetaan johonkin muuhun kaivoon. Loivilla katoilla kattokaivot sijoitetaan siten, että vedenvirtausmatka on enintään 15 metriä. Kattokaivojen sijoitusta suunniteltaessa on myös varmistettava, että kaivo voidaan liittää luotettavasti vesikaton rakenteisiin ja vedeneristykseen. Kaivoja ei tulisi sijoittaa 1 metriä lähemmäs katon pystypintoja. [1, s.121-123.]

3.3.4 Sadevesiviemärit

Sadevesiviemäreiden mitoitus riippuu kattopinta-alojen ja kaivoon virtaavien vesimäärien mukaan. Viemärin halkaisijan on oltava yleensä suurempi kuin 100 mm, eikä sadevesiviemäri saa liittyä kiinteästi kaivoon. Poikkeuksena parvekkeiden ulkopuoliset syökytorvet, joissa on suositeltavaa käyttää 75 mm:n putkikokoa.

Kattokaivoihin liittyvät sadevesiviemäriputket lämmöneristetään ja lämmitetään jäätymisen estämiseksi tai viedään lämpimien tilojen kautta pois vesikatolta. Vaakasuoria viemäriputkivetoja tulisi välttää katon sisäpuolella veden seisomisen estämiseksi. Sadevesiviemärit lämmöneristetään ja varustetaan höyrynsululla lämpimissä tiloissa kosteuden tiivistymisen estämiseksi. [1, s.123.]

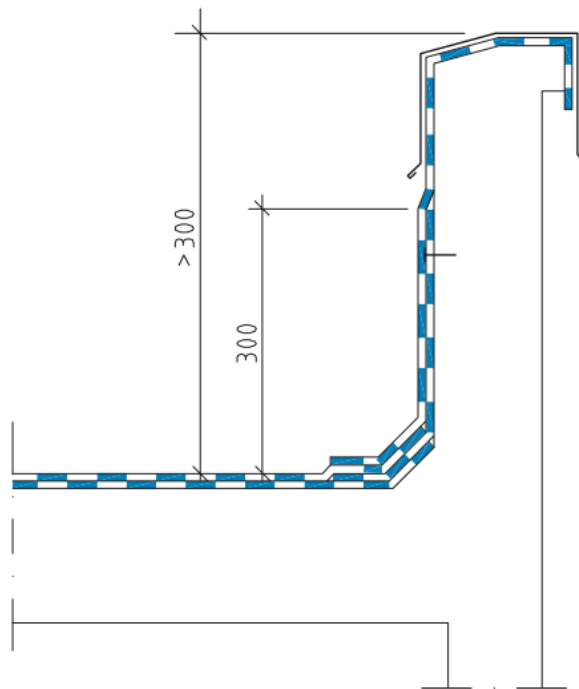
3.3.5 Vedeneristyksen liittyminen pystypintoihin (ylösnostot)

Vedeneristyksen on ulotuttava vesikattoon liittyvillä pystypinnoilla sekä lävistysten kohdalla ehjänä vähintään 300 mm valmista kattopintaa ylemmäksi ja vähintään 100 mm vesikaton padotuskorkeuden yläpuolelle. Seinien vierustoille sekä vesikaton porrastusten kohdalle kinostuu talviaikoina paljon lunta, joka voi aiheuttaa padotusvaaran. Tämä on otettava aina huomioon suunnittelussa ja tällöin ylösnostojen yläreunoja on nostettava korkeammalle (n. 100 mm korkeammalle kuin ylin oletettava vedenpinta).



Kuva 12. Savunpoistohormin vedeneristyksen ylösnosto kermeillä.

Bitumikermeillä tehtävät ylösnostot toteutetaan loivilla vesikatoilla aina erillisillä ylösnostokaistoilla kuvan 13 mukaisesti. Seinän ja laatan taitekohdassa eli holkassa käytetään kyllästetystä puusta valmistettua kolmiorimaa tai laastia loiventamaan alusrakenteen taiteutta. Kattopinnan kermit tulee nostaa holkassa noin 5 cm:n korkeuteen ja kermin kiinnitys holkassa varmistetaan mekaanisin kiinnikkein, jotta vältetään kermien kutistumisesta aiheutuva irtoaminen holkasta ja saumojen aukeaminen. Ylösnosto kiinnitetään pystypintaan kauttaaltaan bitumilla ja kiinnitys varmistetaan mekaanisesti kermin yläreunasta. Mikäli ylösnosto on korkea (yli 1 m) aluskermi on kiinnitettävä bitumiliimauksen lisäksi mekaanisesti vähintään 500 mm:n välein pysty- ja sivusuunnassa.

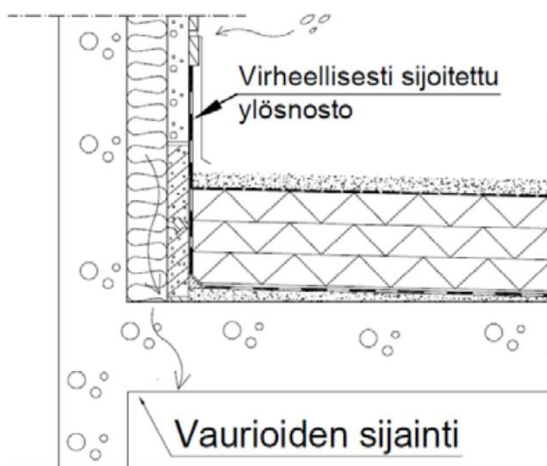


Kuva 13. Kermikatteen ylösnoston periaate. [2]

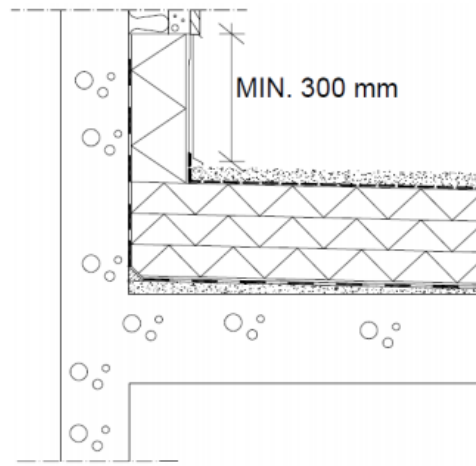
Kermeillä toteutetut ylösnostot ovat tyypillisimpiä vedeneristyksen vuotokohtia loivilla vesikatoilla sekä käännetyillä rakenteilla. Havaitut vuodot ovat johtuneet lähes poikkeuksetta väärin tehdyistä ylösnostoista, joissa ylösnostokaistoja ei ole kiinnitetty riittävän hyvin ja paineellinen vesi on päässyt vuotamaan rakenteen läpi kermien ylösnostojen saumoista.

Käännetyissä rakenteissa vedeneristyksen alustana toimiva laatta rajoittuu yleensä seinärakenteisiin. Tällöin vedeneristyksen ylösnosto tehdään ulkoseinän sisäkuoreen

(kuva15). Mikäli ylösnosto tehdäisiin suoraan seinän ulkopintaan (kuva 14), tiili- tai elementtiseinien saumat voivat päästää seinäpintaa pitkin valuvan veden vedeneristyksen taakse aiheuttaen kosteusvaurioita alapuolisiin rakenteisiin.



Kuva 14. Väärin. [13]



Kuva 15. Oikein. [13]

Kermien lisäksi ylösnostot voidaan tehdä käyttämällä pelkästään elastomeeria. Tällöin kermi kiinnitetään laatan ja seinärakenteen holkkaan asti ja ylösnosto tehdään elastomeerista täysin saumattomasti limittäen elastomeeri pintasiroteelliseen kermiin. Elastomeerin etu ylösnostoissa kermiin nähden on sen saumattomuudessa ja erittäin hyvästä tartunnasta alustaan. [1, s.123-124; 2, s. 35-36.]

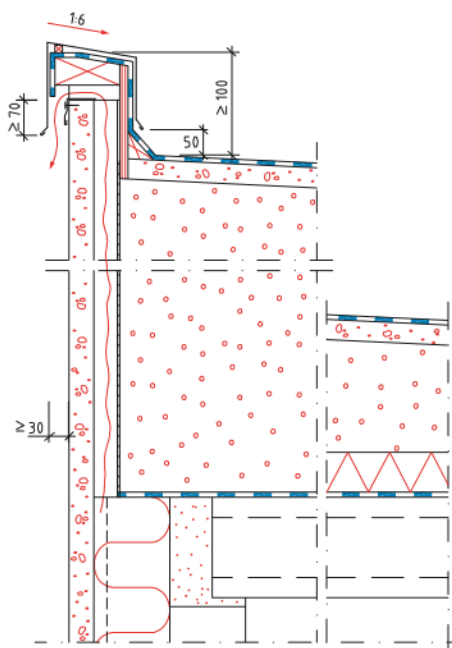
3.3.6 Räystäät

Loivilla vesikatoilla räystään tehtävänä on estää veden tunkeutuminen katto- ja seinärakenteisiin sekä järjestää katolle tarvittava tuuletus ja estää tuulen aiheuttamien ilmavirtausten seinän pintaa pitkin ylöspäin kuljettaman lumen ja sadeveden pääsy rakenteisiin. Loivilla, sisäänpäin kaatavilla katoilla räystäärakenne toteutetaan niin, että reunakorotus on vähintään 100 mm korkuinen ja vedeneristys muodostaa tulvakerman räystäälle johtaen mahdollisesti räystään yli tuluvan veden seinärakenteen ulkopuolelle. Loivilla katoilla, jossa vedenpoisto toimii sisäpuoleisesti, eli kattokaivojen kautta, räystäät tulee varustaa tarvittaessa ulosheittäjillä, jotka varmistavat poikkeusolosuhteissa kerääntyvän veden poisjohtamisen katolta.

Räystäät voidaan jakaa kolmeen luokkaan niiden leveyden perusteella: leveät räystäät (leveys ylin 400 mm), kapeat räystäät (leveys 50-400 mm) ja seinälinjan ulkopuolelle päättyvät räystäät (vain katon reunapellitys). Leveiden räystääiden on ulotuttava julkisivupinnan ulkopuolelle aina vähintään 400 mm.

Leveitä räystäitä käytetään rakennuksissa, joiden ulkoseinät ovat puurakenteisia tai joiden julkisivumateriaali on syytä suojata toistuvasta kastumisesta. Leveä räystäästyppi suojaa varsinkin matalampia rakennuksia tehokkaasti.

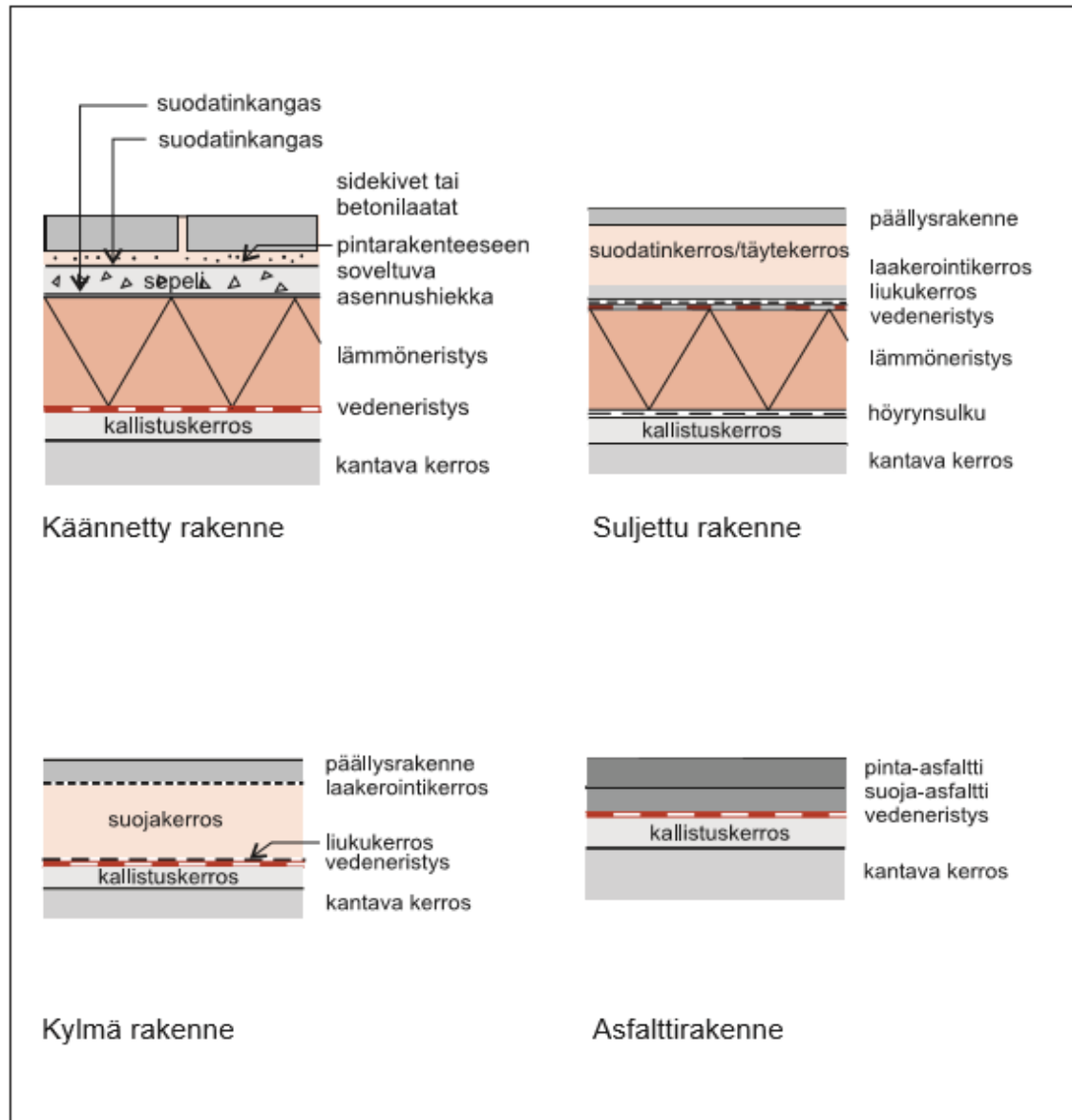
Kapeiden räystääiden suunnittelu ja toteutus vaativat erityistä huolellisuutta. Mikäli räystäässä on tuuletusrako, tippanokallinen räystääspelti on ulotettava vähintään 70 mm tuuletusraon alapuolelle sekä vähintään 30 mm julkisivupinnan ulkopuolelle. Myrskypellin käyttö on kapeissa räystäissä usein tarpeellista. Myrskypellin tarkoitus on estää tuulen aiheuttamien ilmavirtausten mukana kulkevan vesi- ja lumisateen pääsyä sisäpuolisiin rakenteisiin. Kapeita räystäitä käytetäänkin yleensä rakennuksissa, jotka ovat yli 3-kerroksisia, sijaitsevat rannikolla tai tuulisilla alueilla, tai rakennuksissa joiden julkisivu on suojattava voimakkaalta saderasitukselta. [1, s.125-126; 2, s. 36.]



Kuva 16. Kevytsovakaton kapea räystääs. [2]

4 Pihakannet, terassit ja parvekkeet

Pihakannet, terassit ja parvekkeet liittyvät usein kiinteästi rakennukseen ja vaativat sekä suunnittelijoilta että vedeneristystyön tekijöiltä erityistä huolellisuutta. Tässä luvussa käydään läpi rakennuksiin liittyvät lämmöneristetyt-, ja kylmät pihakansirakenteet sekä terassi ja parvekerakenteet (Katso kuva 17).



Kuva 17. Esimerkkejä liikennöidyn tason rakenteista. [10]

4.1 Lämmöneristetyt rakenteet

Lämmöneristetyt pihakansi- ja terassirakenteet voidaan toteuttaa joko käännettynä rakenteena tai suljettuna rakenteena.

Käännetyllä rakenteella tarkoitetaan rakennetta, jossa vedeneristys asennetaan suoraan kantavan rakenteen päälle. Kantavaan rakenteeseen voidaan tehdä vedenpoiston edellyttämät riittävät kallistukset jo valuvaiheessa, tai vaihtoehtoisesti kantavan rakenteen päälle tehdään kallistus valu, jolla saavutetaan riittävät kallistukset veden poisjohtamiseen. Lämmöneristys asennetaan vedeneristyksen päälle ja suojataan pintakerroksilla. Käännettyä rakennetta käytetään yleensä lämmöneristetyissä piha- ja kansirakenteissa. Etuna käännettyssä rakenteessa on se, että veden eristys on suojassa lämmöneristyksen ja pintarakenteiden alla liikenteen aiheuttamilta kuormilta ja säävaihteluiden aiheuttamilta rasituksilta. [1, s.156-157; 10, s. 3.]

Suljetulla rakenteella tarkoitetaan rakennetta, jossa vedeneristys taas on lämmöneristyksen yläpuolella. Lämmöneristyskerroksen päälle valetaan raudoitettu betonilaatta, jonka tarkoitus on jakaa pistemäiset kuormitukset laajemmalle alueelle lämmöneristykseen. Suljettu rakenne on riskialtis kosteusvaurioille, minkä takia se ei sovi pihakansien, parvekkeiden ja terassien rakenteeksi kuin poikkeustapauksissa. Koska suljettua rakennetta ei pystytä tuulettamaan, se vaatii todella hyvän erillisen ilman- ja höyrynsulun. Jos vedeneristys vaurioituu, kosteusvaurio pysyy piilevänä vuosia ja korjaustoimenpiteet ovat aina kalliita ja suuritöisiä. [1, s.159-160; 10, s.5.]

4.1.1 Käännetyn rakenteen vedeneristyksen alusta

Käännetyn rakenteen vedeneristyksen alustana toimii kansirakenteen kantava paikallavalettu massiivibetonilaatta tai elementtilaatta. Kun alusta toteutetaan paikallavalettuna, voidaan vedenpoiston vaatimat kaadot tehdä suoraan valun yhteydessä. Mikäli rakenne toteutetaan elementtilaatoista, elementtilaatan päälle valetaan raudoitettu pintalaatta, johon tarvittavat kallistukset tehdään. Kallistusvalun tai pintalaatan teossa on huomioitava, että käytettävä betoni on vettä johtamatonta. Jos valu toteutetaan esim. vettä johtavasta kevytsorabetonista, jonka viansietokyky on heikompi kuin betonilla, vedeneristyksen vaurioituessa kosteus pääsee laajenemaan suurelle alueelle pitäen kosteusvaurion piilevänä pitkiä aikoja. [1, s.156; 2, s.37.]

4.1.2 Alustan laatuvaatimukset

Vedeneristyksen alustan betonipinnan tulee olla mahdollisimman sileä ja tasainen. Betonipinnan on vastattava vähintään puuhierrettyä (suositus: teräshierrettyä) betonipintaa ja ennen vedeneristyksen asennusta siitä on poistettava kaikki epäpuhtaudet ja betonipinnan vetolujuutta ja tartuntaa heikentävä sementtiliima. Vetolujuutta ja tartuntaa heikentävä sementtiliima poistetaan alustasta hiomalla, sinkopuhaltamalla tai hiekkapuhaltamalla, sillä betonin pintakerroksen vetolujuuden on oltava vähintään 0,8 N/mm². Sementtiliiman poiston jälkeen alusta tulee puhdistaa mahdollisimman huolellisesti pölystä ja muista epäpuhtauksista imuroimalla tai paineilmapuhdistuksella.

Alustassa ei saa esiintyä yli 3 mm suuruisia hammastuksia tai rakoja. Mikäli valun tai sementtiliiman poiston jälkeen alustaan muodostuu suurempia kuin 3 mm hammastuksia ne on hiottava tasaiseksi tai tasattava vähintään kaltevuuteen 1:5 vedeneristyksen tartunnan varmistamiseksi. [1, s.157.]



Kuva 18. Alustan sementtiliiman poistoa sinkopuhaltamalla.



Kuva 19. Alusta sinkopuhalluksen jälkeen.

Alusta ei saa olla liian kostea. Vedeneristyksen alustan suhteellinen kosteus saa olla enintään RH 90%. Betonipinnan suhteellinen kosteus voidaan arvioida laskennallisesti tai mittaamalla. Laskennallisesti arvioitu suhteellinen kosteus on aina suuntaa antava, jonka takia on suositeltavaa, että suhteellinen kosteus arvioidaan mittaamalla. Käänteistyissä rakenteissa suhteellinen kosteus mitataan yleensä näytepalamenetelmällä lämpötila olosuhteiden epävakavuuden takia. Mikäli alusta on märkä tai liian kostea, se heikentää kermien tartuntaa alustaan oleellisesti. [1, s.162.]



Kuva 20. Kermi irronnut alustasta liian kosteuden vuoksi työstön aikana.

4.2 Käännetyn rakenteen vedeneristys

Käännetyn rakenteen vedeneristysenä käytetään VE 80 tai VE80R käyttöluokan mukaisia kermivedeneristysksiä tai ruiskutettavaa elastomeeria. Ennen vedeneristystöiden aloittamista alustan laatuvaatimukset (kosteus, pölyisyys, tasaisuus, kaadot, sääolosuhteet ja puhtaus) tarkastetaan. Eristettävä alue on rauhoitettava koko vedeneristystyön ajaksi siihen saakka, kunnes vedeneristyskerros on saatu suojattua lämmöneristyskerroksella. Näin vältetään alustan mahdollinen likaantuminen vedeneristystyön aikana sekä vedeneristyskerroksen ehjänä pysyminen. Kun alusta on tarkastettu, alustaan levitetään bitumiliuos (tartuntasively), jonka tarkoituksena on varmistaa kermien riittävä tartunta alustaan. Bitumiliuoksen levityksen jälkeen tartuntasivelyn annetaan kuivua noin vuorokauden verran ennen kermien kiinnitystä.



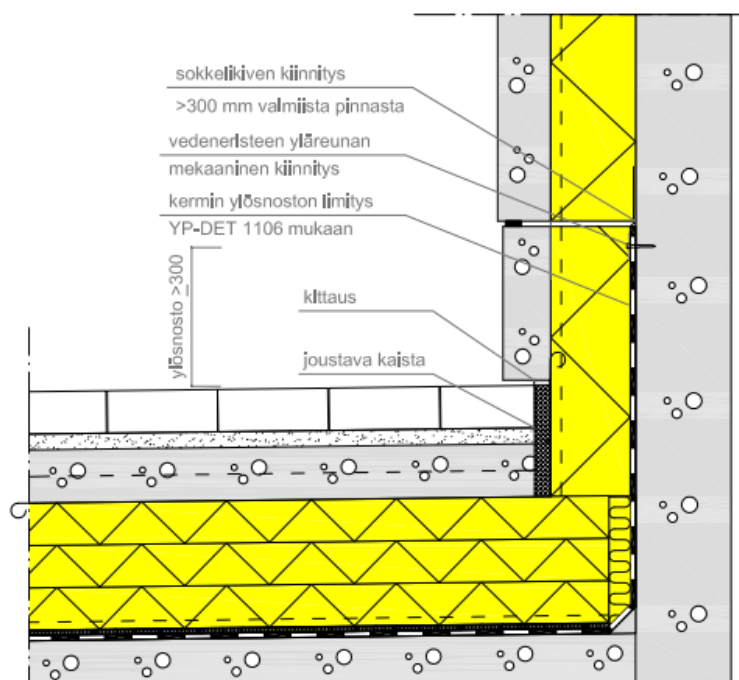
Kuva 21. Alusta käsiteltynä tartuntasivelyllä.

Bitumikermiä kiinnitetään käännettyssä rakenteessa aina kauttaaltaan alustaan hitsaten tai liimaten. Kauttaaltaan kiinnityksen etuna on, että päällysrakenteiden liikkeet eivät aiheuta repeämiä vedeneristykseen, jolloin vesi pääsisi leviämään vedeneristyskerroksen alla rakenteisiin tai liittyviin rakenteisiin. Kermejä kiinnitettäessä tulee välttää vastasaumoja,

sillä saumaan ja vedeneristeeseen kohdistuu aina sama vedenpaine limityksestä riippumatta. Saumat tulee sijoitella aina niin, että ne eivät muodosta virtausesteitä vedelle. Saumojen leveys sivusaumoissa on oltava vähintään 100 mm ja pystysaumoissa vähintään 150 mm. Aluskermi ja pintakermi asennetaan aina samansuuntaisesti, sillä ristiin asennettuina ne voivat aiheuttaa katteen poimuuntumisen. [1, s.157; 2, s.37-38.]

4.2.1 Käännetyn rakenteen vedeneristysten liittyminen seinään

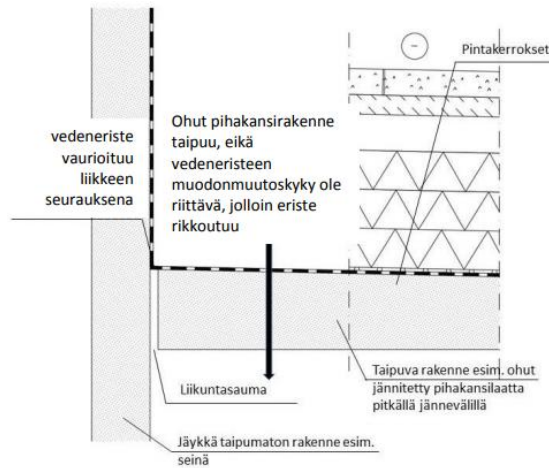
Käännettyillä katoilla vedeneristysten ylösnostot viedään vähintään 300 mm valmiin katopinnan yläpuolelle. Mikäli ylösnosto tehdään kannen liitoskohdassa rakennuksen lämmöneristettyyn seinään, kermit viedään lämmöneristuksen taakse ja kiinnitetään mekaanisesti kermin yläpinnasta seinän sisäkuoreen kuvan 22 mukaisesti. [2, s.38.]



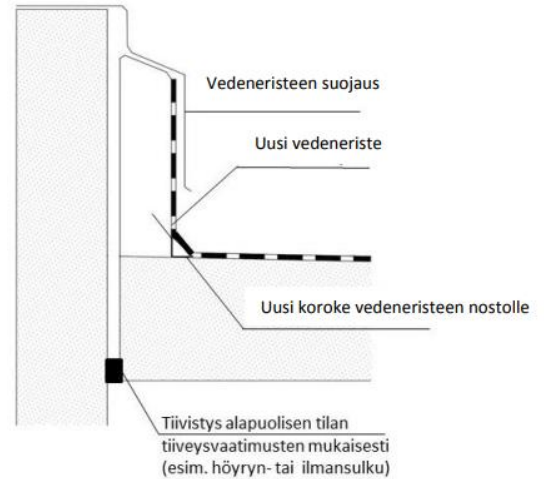
Kuva 22. Kermin ylösnosto lämmöneristettyyn seinään. [9]

Käännettyissä rakenteissa, joissa kattorakenteen ja seinän liitos muodostavat liikunta-sauman, seinälle tehdään erillinen taustarakenne ylösnostoa varten (kuva 24), joka kiinnitetään painuvaan yläpohjaan. Mikäli vedeneristys nostettaisiin suoraan painuvasta ylä-

pohjalaatasta liittyvään seinään (kuva 23), laatan painuman aiheuttama liike irrottasi vedeneristyksen alustastaan aiheuttaen vesivuotoja alempiin kerroksiin liikuntasauaman kautta.



Kuva 23. Väärin [13]



Kuva 24. Oikein [13]

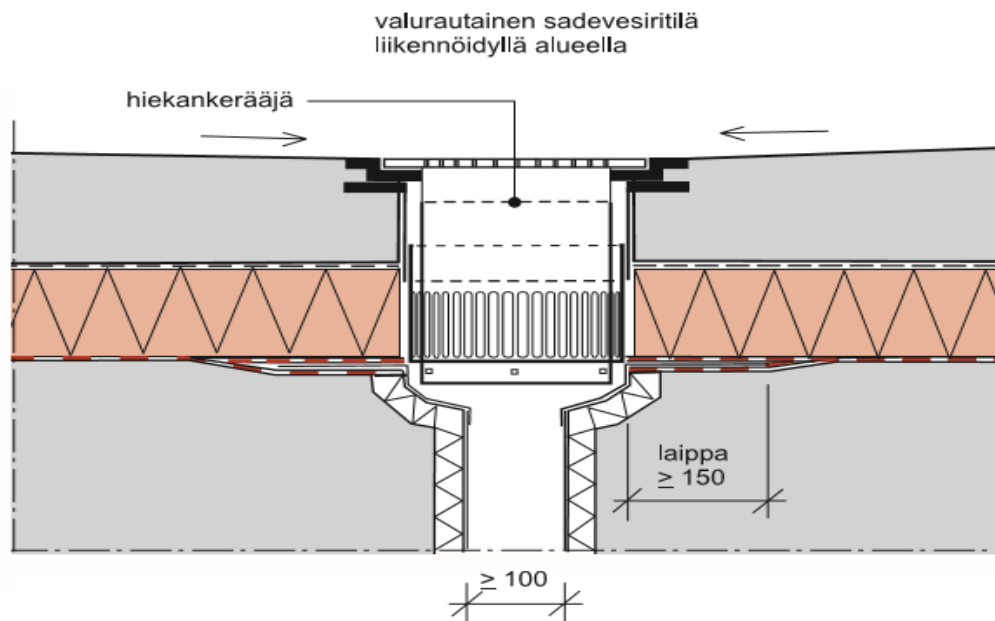
Kermien lisäksi käännetyn rakenteen vedeneristyksen ylösnostot voidaan tehdä käyttämällä pelkästään elastomeeria. Tällöin kermi kiinnitetään laatan ja seinärakenteen holkkaan asti ja ylösnosto tehdään elastomeerista täysin saumattomasti limittäen elastomeeri pintasirotteelliseen kermiin. Elastomeerin etu ylösnostoissa kermiin nähden on sen saumattomuudessa ja erittäin hyvästä kemiallisesta tartunnasta alustaan. [1, s.123-124; 2, s. 35-36.]



Kuva 25. Käännetyn rakenteen vedeneristyksen ylösnosto liittyvään seinärakenteeseen elastomeerilla.

4.2.2 Käännetyn rakenteen kaivo

Käännettyissä rakenteissa käytetään aina niihin erikseen suunniteltuja käännetyn rakenteen kaivoja. Vedeneristys liitetään kaivoon kaivossa olevan laipparakenteen avulla, johon kermi kiinnitetään laipan ylä- ja alapuolelle. Kaivon laipan yläpuolella on rei'itetty kaulus, joka nousee pintakerrosten pinnan tasalle. Vesi pääsee kauluksen reikien kautta kaivoon sekä rakenteen pintakerroksia pitkin, että vedeneristyskerrosta pitkin. Vedeneristyksen ja lämmöneristyksen väliin asennetaan salaojamatto, jota pitkin vedeneristekerrokseen päässyt vesi pääsee kaivoon. Käännetyn rakenteen kaivon on kestävä siihen kohdistuvat liikennekuormat vaurioitumatta. [1, s.157-158; 10, s.8.]



Kuva 26. Käännetyn rakenteen sadevesikaivo. [10]

4.2.3 Käännetyn rakenteen valmiin vedeneristysten laadunvarmistus

Kun vedeneristys on valmis, sen vedenpitävyys tulee aina testata käännettyissä rakenteissa vedenpainekokeella ennen päälle tulevia rakenteita. Vedenpainekoe suoritetaan valuttamalla testattavalle alueelle 100-300 mm vettä, joka vastaa vedenpainetta joka kohdistuu rakenteeseen todellisessa tilanteessa. Vedenpainekokeen aikana tarkastellaan mahdollisia vuotokohtia liittyvistä rakenteista ja alapuolisista rakenteista. Vedenpaineen annetaan vaikuttaa eristeeseen 12 h-3 vrk. Kun vedenpainekoe on tehty, vedeneristystä ei missään tapauksessa saa rasittaa mekaanisella rasituksella kuten ajoneuvoliikenteellä ennen päälle tulevien kerrosten asennusta. Vaihtoehtoisesti, jos kohde on erittäin vaikea, kantavaan rakenteeseen ja liittyviin rakenteisiin voidaan asentaa kosteuskanturit ennen vedeneristystä, jolloin voidaan seurata kriittisten kohtien kosteusmuutoksia tarkemmin. [1, s.157; 2, s.56.]

4.2.4 Lämmöneristys

Käännetyissä rakenteissa lämmöneristeen tehtävänä on pelkän lämmöneristyksen lisäksi suojata vedeneristystä pintakerrosten painon, sääolosuhteiden ja liikenteen aiheuttamilta mekaanisilta rasituksilta. Lämmöneristeenä käytetään riittävän puristuslujuuden ja alhaisen vedenimukyvyn omaavia umpisoluisia eristetuotteita esim. XPS-eristelevyjä. Eristelevyjen tulee olla puolipontattuja ja ne tulee latoa niin, etteivät ne muodosta päällekkäisiä saumoja. Eristelevyn valintaan vaikuttaa sen puristuslujuus. Eristelevyn lyhytaikaisen puristuslujuuden on oltava vähintään 300 kPa ja pitkäaikaisen puristuslujuuden vähintään 100 kPa. Levyjen tulee myös kestää veden jäätymisestä ja sulamisesta aiheutuvat rasitukset sekä sen on säilyttävä vettymättömänä koko rakenteen käyttöajan. Lämmöneriste erotetaan vedeneristyksestä salaojamatolla, jolla varmistetaan, ettei rakenteeseen synny padotustilanteita ja lämmöneristeet pysyvät kuivana. XPS-eristeiden lämmöneristävyysarvot on aina varmistettava kullekin tuotteelle ja paksuudelle erikseen, sillä ohuet levyt ovat lämmöneristävyysarvoiltaan parempia kuin paksummat. [2, s.37;10, s.4.]



Kuva 27. Käännetyn rakenteen lämmöneristys XPS-levyillä. [11]

4.3 Kylmä rakenne

Kylmällä rakenteella tarkoitetaan liikennöityä kansirakennetta, joka on lämmöneristämätön. Veden poiston vaatimat kallistukset tehdään samalla tavalla kuin käännetyissä ra-

kenteessä tai suljetussa rakenteessa, joko kantavalla rakenteella tai pintalaatalla. Vedeneristyskerroksen päälle tehdään käyttötarkoituksen mukaiset pintakerrokset betonista, asfaltista, hiekasta tai salaojakerroksesta. [1, s.155; 10, s.5.]

4.4 Terassi- ja parvekerakenteet

Lämmöneristetyt terassi- ja parvekerakenteet voidaan tehdä joko käännettynä rakenteena tai suljettuna rakenteena. Käännettynä rakenteena terassi suunnitellaan ja toteutetaan samalla tavalla kuin lämmöneristetyt liikennöidyt tasot ja pihakannet. Vaikka rakenteelle tulevat kuormitukset ovat huomattavasti pienempiä, kuin liikennöidyillä kansilla, terassi- ja parvekerakenteet liittyvät lähes aina asuintiloihin, jonka vuoksi niiden suunnittelu ja toteutus vaatii erityistä huolellisuutta. Mikäli vedeneristyksessä syntyy vaurioita ja vuotoja, vesi pääsee liittyvien rakenteiden kautta asuintiloihin, jolloin niiden korjaus on erittäin kallista ja hankalaa. [1, s.159.]

5 Vedeneristystöiden laadun varmistus

Loivat yläpohjarakenteet sekä lämmöneristetyt pihakansi- ja terassi rakenteet ovat suunnittelun ja toteutuksen kannalta haastavia rakenteita. Oikein suunniteltuna ja toteutettuna rakenne on pitkäikäinen, monipuolinen ja kestävä ratkaisu ja niiden käyttö tulevaisuudessa lisääntyy varsinkin pihakansirakenteiden osalta rakennettaessa asutuskeskuksia yhä pienemmille tonteille ja tiheimmille alueille. Tämän vuoksi rakenteiden laadunvarmistusprosessi on erittäin tärkeässä asemassa ennen rakenteiden toteutusta sekä sen aikana.

5.1 Suunnitelmakatselmus

Loivissa ja käännetyissä yläpohjarakenteissa pelkkä työnaikainen laadunvarmistus ei riitä toimivan lopputuloksen aikaansaamiseksi. Rakenteiden suunnittelussa tehdään usein virheitä tai suunnitelmissa on puutteita sekä ristiriitaisuuksia vedeneristuksen, erityiskohtien ja vedenpoiston toimivuuden osalta. Skanska Talonrakennuksen laadunvarmistusjärjestelmän osana on vedeneristysuunnitelmien erityistarkastelumenettely. Vedeneristysuunnitelmien erityistarkastelu tehdään ulkopuolisen suunnittelukonsultin toimesta, joka merkitsee vedeneristysuunnitelmiin mahdolliset puutteet, ristiriitaisuudet ja

virheet vedeneristysten, vedenpoiston sekä liittyvien rakenteiden kohdalta. Konsultin havainnoimat suunnittelupuutteet käydään läpi vedeneristys- ja vedenpoistorakenteiden tarkastelupalaverissa, jonka jälkeen suunnitelmat tarkastetaan ja korjataan suunnittelijoiden toimesta.

5.2 Aloituspalaveri ja alustan tarkastusdokumentti

Vedeneristystöistä tehdään tehtäväsuunnitelma, joka käydään läpi aloituspalaverissa. Aloituspalaverissa käydään läpi vedeneristysuunnitelmat ja vedeneristysten erityiskoh- tien toteutus sekä laatuvaatimukset. Tämän opinnäytetyön yhtenä tavoitteena on tehdä vedeneristysten alustan tarkastuslomake, jonka tarkoituksena on tarkastaa yhdessä ve- deneristysurakoitsijan kanssa eristettävän alueen alustan ja erityiskohtien laatuvaati- musten toteutuminen suunnitelmien ja ohjeiden mukaisesti ennen vedeneristysten asentamista. Tarkastusdokumentin tarkoituksena on alustan laadun todentamisen li- säksi näyttää toteen, että mahdollisissa katteen vuototilanteissa vuoto ei voi johtua ve- deneristysten alustan huonosta laadusta. Tarkastusdokumentti selkeyttää pääurakoitsi- jan ja vedeneristysurakoitsijan vastuita vedeneristystöiden aikana ja sen jälkeen.

5.3 Työnaikainen laadunvarmistus

Ennen töiden aloitusta varmistetaan, että vedeneristystöissä käytettävät materiaalit ovat ohjeiden, standardien ja suunnitelmien mukaisia. Eristettävä alue on rauhoitettava koko- naan vedeneristysurakoitsijan käyttöön, jolloin varmistetaan, että alusta säilyttää sille asetetut laatuvaatimukset myös eristystöiden aikana, eikä pääse esimerkiksi likaantu- maan tai vaurioitumaan muiden töiden johdosta. Vedeneristysten ylösnostoista ja eri- tyiskohdista olisi syytä tehdä mallit, sillä katteessa havaitut vuodot johtuvat usein väärin kermeillä tehdyistä ylösnostoista tai erityiskohdista.

Aluskermin kiinnitys alustaan varmistetaan kolmioviiltokokeella. Kolmioviiltokokeessa kermiin tehdään kaksi viiltoleikkausta siten, että ne muodostavat terävän kärjen. Kärjen kulmasta yritetään irrottaa palaa käsin. Jos pala irtaantuu helposti, ja siitä ei jää eristettä- välle pinnalle mitään ainesta, kermin kiinnittävää bitumia on lämmitetty liian vähän tai kiinnitysalusta ei ole ollut puhdas tai tarpeeksi kuiva. Viiltokokeen jälkeen irronneet ker-

mit uusitaan tai onnistuneen kokeen jälkeen irti revityn kolmion päälle kiinnitetään riittävän iso paikka samasta materiaalista. Kermien huono kiinnipysyvyys johtuu hyvin harvoin materiaalin virheellisyydestä. Suurin osa vedeneristysten puutteista johtuu puhtaasti suunnitteluvirheistä sekä asentajien tekemistä työvirheistä.

5.4 Työn jälkeinen laadunvarmistus

Kun vedeneristystyö on valmis, eriste tarkastetaan silmämääräisesti kiinnittäen huomiota erityisesti kermien saumoihin, kiinnitykseen ja ehjyyteen. Loivilla vesikatoilla silmämääräinen tarkastus on riittävä, mutta rakenteet, joissa vedeneristekerros jää piiloon pintarakenteiden alle (käännetty rakenne) testataan vedeneristysten vedenpitävyys vedenpainekeella (katso s. 35). Kun vedeneristekerroksen laatuvaatimukset on tarkastettu, on erittäin tärkeää, ettei vedeneristettä rasiteta mekaanisesti ennen pintarakenteiden asentamista. Mikäli eristettävää aluetta ei saada kokonaan eristettyä, valmis vedeneristys tulee suojata huolellisesti likaantumiselta ja mekaaniselta rasitukselta.



Kuva 28. Valmiin vedeneristysten huono suojaus johtanut kermien likaantumiseen.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä tutkittiin loivien ja käännettyjen yläpohjien rakenteita ja niiden laatuvaatimuksia, selvitettiin vedeneristyksen alustan ja vedeneristysmenetelmän vaikutusta koko rakenteen toimivuuteen ja vertailtiin kumibitumikermien ja ruiskutettavien elastomeerien ominaisuuksia, toimivuutta ja käyttöä käännettyjen rakenteiden vedeneristyksessä.

Insinööriyössä oli kolme tavoitetta. Ensimmäisenä tavoitteena oli tuottaa tilaajayritykselle kustannus- ja aikatauluvertailu käännetytyn rakenteen vedeneristyksestä kumibitumikermien ja ruiskutettavien elastomeerien välillä. Toisena tavoitteena oli tuottaa käännetytyn rakenteen vedeneristyksen alustan tarkastuslomake työvaihemestareiden käyttöön, jonka avulla tarkastetaan vedeneristyksen alustan laatuvaatimukset, vedeneristysuunnitelmat ja vedeneristyksen, sekä sen erityiskohtien toteutusmahdollisuudet suunnitelmien, standardien ja ohjeiden mukaisesti ennen vedeneristystöiden aloittamista. Kolmantena tavoitteena oli tuottaa kuvallinen listaus yleisimmistä virheistä käännettyjen rakenteiden vedeneristyksen erityiskohtien suunnitelmista ja toteutuksesta, sekä miten erityiskohdat tulee suunnitella ja toteuttaa oikein.

Kustannus- ja aikatauluvertailussa verrattiin keskenään kolmea eristystapaa. Ensimmäinen eristämistapa oli koko rakenteen ja erityiskohtien eristämistä kauttaaltaan kumibitumikermein. Toinen eristämistapa oli koko rakenteen ja erityiskohtien eristämistä ruiskutettavalla elastomeerilla. Kolmas eristämistapa oli eristää rakenteen vaakapinnat kumibitumikermein ja erityiskohtien vedeneristys elastomeerilla. Kustannus- ja aikatauluvertailussa otettiin myös kantaa eristettävän alueen koon, haastavuuden ja olosuhteiden vaikutuksesta eristämistavan valintaan, sekä kunkin eristämistavan hyviin ja huonoihin puoliin heijastettuna laatuun, kustannuksiin ja aikatauluun.

Kustannus- ja aikatauluvertailussa laskettiin asetetulle referenssikohteelle tekninen hinta sekä aikataulu kolmella eri eristysmenetelmällä optimaalisissa olosuhteissa. Laskennassa käytetyt lähtötiedot saatiin Skanska Talonrakennus Oy:n kausisopimuksista, toteutuneista kustannuksista ja aikatauluista sekä vertailemalla kolmen samantyyppisen käännetytyn rakenteen toteutuneita kustannuksia ja aikatauluja.

Käännetytyn rakenteen vedeneristyksen alustan tarkastuslomake toteutettiin taulukkomuotoisena listana, johon listattiin tarkastettavat kohdat vedeneristys suunnitelmista

sekä mitkä kohdat vedeneristyksen alustasta ja erityiskohdista tulee tarkastaa. Tarkastuslomakkeeseen listattiin kunkin tarkastuskohdan laatuvaatimukset ja toteutusperiaatteet ohjeiden ja standardien mukaisesti. Kuvallinen listaus vedeneristyksen alustasta ja erityiskohtien suunnitelmista ja toteutuksesta oikein ja väärin asetettiin tarkastuslomakkeen liitteeksi visualisoinnin ja ymmärtämisen helpottamiseksi. Tarkastuslomakkeen avulla työvaihemestari ja vedeneristysurakoitsija tarkastavat yhdessä vedeneristyksen alustan ja erityiskohtien suunnitelmien, laatuvaatimusten ja ohjeiden mukaisuuden ennen vedeneristystöiden aloittamista.

Insinööriyön tuloksia tullaan hyödyntämään jatkossa, kun aletaan suunnittelemaan ja toteuttamaan käännettyjen rakenteiden vedeneristystä. Kustannus- ja aikatauluvertailu tulee helpottamaan käytettävän eristämistavan valinnassa, kun tiedetään eristettävän alueen ja erityiskohtien sijainti sekä haastavuus ja toteutuksen aikaiset olosuhteet. Tarkastuslomake liitteineen tulee kuluvan kevään ja kesän aikana koekäyttöön Skanska Talonrakennuksen työmaalle ja se tulee edistämään vedeneristyksen alustan laatuvaatimusten toteutumista sekä alustan luovutusta vedeneristysurakoitsijan käyttöön.

Lähteet

- 1 RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet
- 2 Toimivat katot 2013, <http://www.kattoliitto.fi/index.phtml?s=222>, (luettu: 7.9.2017)
- 3 Rakennustöiden laatu 2017
- 4 Tietoa Skanskasta, <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>, luettu (7.9.2017)
- 5 RT 85-10799 Bitumikermikatteet perustietoja
- 6 RT 85-10851 Loivat Bitumikermikatot
- 7 RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus
- 8 Rakennustiedon verkkosivut, <http://www.rakennustieto.fi>, (luettu: 30.10.2017)
- 9 Kerabitin verkkosivut, <http://www.kerabit.fi/>, (luettu: 3.11.2017)
- 10 RT 85-10729 Liikkennöidyn tason vedeneristykset
- 11 Finnfoamin verkkosivut, <https://www.finnfoam.fi/>, (luettu: 10.11.2017)
- 12 Uretekin verkkosivut, <http://www.uretek.fi/yleista-elastomeerista.html>, (luettu: 7.9.2017)
- 13 Fise:n rakennusvirhepankki, <http://fise.fi/rakennusvirhepankki/virhekortisto/>, (luettu: 20.12.2017)

