

Roope Sell

Kattorakenteiden tuuletus- ja kosteusongelmien korjaaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

19.08.2013

Tekijä(t) Otsikko	Roope Sell Kattorakenteiden tuuletus- ja kosteusongelmien korjaaminen
Sivumäärä Aika	43 sivua + 2 liitettä 19.08.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Osastopäällikkö Jari Marttinen Rakennusfysiikan yliopettaja Kari Suvanto
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy:lle. Yrityksen tietokannassa on satoja kattorakenteiden vuoto- ja ongelmatapauksia, erityisesti runsaslumisilta talvilta. Tuuletus- ja kosteusongelmat ovat näistä yleisimpiä. Tämän työn tavoitteena oli löytää yleisimmät kattorakenteisiin liittyvät ongelmat, niiden aiheuttajat sekä korjausratkaisut. Työ tehtiin perehtymällä erityisesti kattorakenteisiin ja rakennusfysiikkaan liittyvään kirjallisuuteen sekä yrityksen tekemiin kuntotutkimuksiin.</p> <p>Työssä tutkittiin erilaisia kerrostalojen kattorakenteita ja rakenteiden osia. Työssä tutkittiin myös kattorakenteisiin liittyviä rakennusfysikaalisia ilmiöitä ja toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Työssä otettiin lisäksi kantaa, mitä rakennesuunnittelijan tulisi ottaa huomioon ja mitä tavoitteita suunnittelulle asetetaan. Lopuksi tutkittiin yleisimpiä kattorakenteiden ongelmien aiheuttajia ja niihin sopivia korjausratkaisuja.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin yleisiä ohjeita ja tärkeitä seikkoja kattorakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen liittyen. Tutkimuksissa saatiin myös kartoitettua yleisimmät kattorakenteisiin liittyvät ongelmat ja ongelmien aiheuttajat. Lopuksi työssä pohdittiin yleisimpiin ongelmiin korjausratkaisuja esimerkkikuvien avulla.</p> <p>Saatujen tulosten perusteella useimmat kattorakenteiden ongelmat johtuvat tuuletuksen puutteellisuudesta, vesikatevuodoista, sekä höyrynsulun ja läpivientien epätiivyydestä. Tämän työn tutkimustulokset toimivat rakennesuunnittelijalle ja kuntotutkijalle lisäohjeena siitä, mitä kattorakenteiden suunnittelussa ja tutkimuksissa tulee erityisesti huomioida.</p>	
Avainsanat	katto, vesikate, yläpohja, tuuletus, kosteus

Author(s) Title	Roope Sell Repairing Ventilation and Moisture Problems in Roof Structures
Number of Pages Date	43 pages + 2 appendices 19 August 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Jari Marttinen, Head of Department Kari Suvanto, Principal Lecturer
<p>This thesis was made for Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy. The company has hundreds of problem cases in their database in the area of roofs structures and roofing leaks. These problems occur especially during snowy winters. Ventilation and moisture problems are the most common problems. The aim of this study was to determine the most common problems in roof structures. The aim was also to examine what causes these problems and how to repair them. This research was done by studying literature in the field of roof structures and building physics. Also the company's internal condition surveys were explored.</p> <p>In this thesis, different kinds of roof structures and parts of it were studied. Different kinds of building- physical phenomena and factors that affect the functions of roof structures were also studied. This thesis also took a stand on what the structural engineer should consider and what objectives are set for the design of a roof. In conclusion, the most common problems in roof structures and repair methods were studied.</p> <p>As a result of the research, the most important factors in designing and building roofs were determined. Also the most common problems and causes were determined. Lastly, repair solutions for most common problems were presented and demonstrated with pictures and drawings.</p> <p>On the basis of the results it can be said that most problems in roof structures are caused by inadequate ventilation, roofing leaks, leaky entries and vapour barriers. The results of this thesis will provide additional information for structural designer on what things should be paid attention to designing a roof. Also, a condition surveyor can benefit from the results of this thesis on what things should be paid particular attention to in a survey.</p>	
Keywords	roof, roofing, ventilation, moisture

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Loivat katot	2
2.1	Loivien kattojen rakenteet	3
3	Jyrkät katot	4
3.1	Yleisimmät rakennetyypit	5
4	Yläpohja	6
4.1	Tuulettuvat yläpohjat	7
4.2	Lämmöneristys	8
4.3	Ilman- ja höyrinsulku	10
5	Vesikatetyypit	11
5.1	Aluskate	12
5.2	Kermikatot	14
5.3	Jyrkät bitumikatot	14
5.4	Tiilikatot	15
5.5	Metallikatot	16
6	Yläpohjan rakennusfysiikka	17
6.1	Kosteus	17
6.2	Sisäilman kosteuslisä	19
6.3	Diffuusio	19
6.4	Konvektio	20
6.5	Lämmön siirtyminen	21
6.6	Tuuletus	21

7	Kattorakenteiden kosteus- ja lämpötekkinen suunnittelu	24
7.1	Suunnittelun peruseriaatteen	24
7.2	Huomioitavaa kattorakenteiden suunnittelussa	25
7.3	Kattorakenteita koskevat määräykset ja ohjeet	27
8	Kattorakenteiden yleisimmät ongelmat	28
8.1	Ongelmien toteaminen	28
8.2	Tuuletuksen riittämättömyys	29
8.3	Läpiviennit ja liitokset	30
8.4	Katevuodot ja vedenpoiston ongelmat	33
8.5	Suunnittelu- ja toteutusvirheet	34
9	Korjausratkaisut	36
9.1	Tuuletuksen parantaminen	36
9.2	Lisälämmöneristys	38
9.3	Tiiveyden parantaminen	39
9.4	Vedenpoiston parantaminen	39
9.5	Koneellinen tuuletus	40
9.6	Peltikaton esimerkkikorjaus	40
10	Yhteenveto	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkkikohteen yläpohjan alkuperäinen rakenne	
	Liite 2. Esimerkkikohteen yläpohjan korjattu rakenne	

1 Johdanto

Katto on rakennuksen ylin osa ja sen tarkoituksena on suojata rakennusta ja sen käyttäjiä auringolta, sateelta sekä muilta säiden vaihteluilta. Rakenteellisesti katto voidaan jakaa kahteen eri osaan: vesikatto sekä yläpohja. Vesikaton tarkoituksena on estää veden ja lumen pääsy rakennuksen sisälle sekä ohjata sadevedet pois katolta. Yläpohja puolestaan toimii kantavana sekä jäykistävänä rakenteena ja sisältää yleensä myös eristekerroksen. [1, s. 6.]

Tämä insinööri työ tehdään Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy:lle. Suomessa varsinkin runsaslumisina talvina on hyvin yleiseksi ongelmaksi muodostunut kattovuodot ja yläpohjien kosteusongelmat. Kosteus saattaa kulkeutua yläpohjan kautta asuntoihin sekä aiheuttaa puurakenteisiin ja eristeisiin home- ja lahovaurioita. Riittävän aktiivisella kattorakenteiden kunnon silmälläpidolla suuremmilta vaurioilta vältyttäisiin. Myös korjaussuunnittelun ja toteutuksen laatuun on syytä kiinnittää huomiota parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy:n tietokannassa on satoja vesikaton ongelmatapauksia pelkästään kahdelta viimeiseltä runsaslumiselta talvelta. Yritys tekee sekä kuntotutkimuksia että korjaussuunnittelua ja siten tämä insinööri työ tulee toimimaan lisäohjeena tai työkaluna sekä kuntotutkijoille, että korjaussuunnittelijalle siitä, mihin tulee erityisesti kattorakenteissa kiinnittää huomiota. Insinööri työn pääpaino on korjausrakentamisessa. Tämän insinööri työn tavoitteena on tutkia pääasiassa kerrostalojen kattojen ja yläpohjien yleisimpiä kosteus- ja tuuletusongelmia ja pohtia niihin korjausratkaisuja.

2 Loivat katot

Loiviin kattoihin luetaan yleisesti ne katot, joiden kattokaltevuus on 1:10 tai pienempi. Raja-arvona pidetään kaltevuutta 1:80, jota loivempia kattoja ei tulisi missään tilanteessa suunnitella. Tällä varmistetaan sadevesien kulkeminen kattokaivoihin ja lammikointumisen estäminen katolla. Loivat katot on yleisesti suunniteltu sisäpuolisella vedenpoistolla eli kattokaivoilla, joista vesi kulkeutuu putkia pitkin kunnalliseen sadevesijärjestelmään. Loivien kattojen vesikate, läpiviennit, liitokset ja muut yksityiskohdat tulee suunnitella siten, että ne kestävät vedenpainetta. Eli loiva katto tulee olla erittäin tiivis ja sen materiaaleille ja tarvikkeille asetetaan huomattavasti korkeammat vaatimukset kuin jyrkille katoille. [1, s. 7.]

Kuvassa 1 on saneerattu perinteinen loiva kumibitumikermikatto Helsingin Tapulikaupungissa. Kuvan kattotyyppi on hyvin tyypillinen lähiöiden sekä erityisesti rakennusbuumin eli 1970- ja 1980-luvulla aikana rakennetuille rakennuksille.



Kuva 1. Yleiskuvaa loivalta katolta [2].

Suomen kerrostalokannasta suuri osa on rakennettu loivilla katoilla. Osasyynä tähän on luonnollisesti arkkitehtoniset seikat, mutta loivilla katoilla on myös monia etuja kuten rakentamisen helppous, edullisuus sekä työturvallisuus. Toisaalta esimerkiksi Helsingin keskustassa rakennuskannasta merkittävä osa ei ole rakennettu loivilla katoilla. Tähän vaikutti tietenkin eri aikakausien tyypilliset arkkitehtoniset tyyliuunnat. Tämän lisäksi vasta 1960-luvun jälkeen alettiin rakentaa suuremmalla volyymillä kerrostaloihin loivia kattoja kun elementtirakentaminen alkoi yleistyä. [1.]

2.1 Loivien kattojen rakenteet

Loiva katto koostuu pääpiirteissään vesieristyksestä ja yläpohjarakenteesta. Vesieristykseen tavallisimmin käytetty materiaali on kumibitumikermi. Yläpohjarakenteeseen luetaan kantava rakenne, höyryn- ja ilmansulku sekä lämmöneriste, joita käsitellään myöhemmin tässä työssä. [1.]

Loivan katon vedeneristyksen alusta on aina oltava kiinteä ja mahdollisimman tasainen sekä rakenteen tulee olla riittävän jäykkä estämään liiallisia muodonmuutoksia, jotka saattavat aiheuttaa vesikatteeseen halkeamia ja vedenpoiston hidastumista. [1.]

Loiva katto voidaan tehdä puualustalla, jolloin alusta tehdään homesuojatusta vanerista tai maksimissaan 95 mm leveästä raakaponttilaudasta. Alustaa kiinnitettäessä on otettava huomioon riittävän luja kiinnitys, joka on yleensä raakaponttilaudalla 70 mm kuumasinkityt naulat ja vanerilla paksuudesta riippuen valmistajan ohjeiden mukaiset ruuvit. Taulukossa 1 on määritelty raakaponttilaudoitettun tai vanerialustan minimipaksuudet Suomen olosuhteisiin 2,0 kN/m² lumikuormalla ja 1 kN pistekuormalla. [1.]

Taulukko 1. Puualustojen minimipaksuudet [1, s. 22].

Kattotuolien väli [mm]	Laudan min. paksuus [mm]	Vanerin min. paksuus [mm]
600	20	15
900	23	15
1200	28	19

Suunnittelijan tulee suosituksista huolimatta aina omaa harkintaa käyttäen valita tapauskohtaisesti rakennuksen kattoon sopiva alusta ja sen paksuus.

Toinen varsinkin nykyään hyvin yleisesti käytettävä loivan katon rakennetyyppi on betonilaatan, esimerkiksi ontelolaatan päälle suoraan asennettu lämmöneristys, joka toimii siten myös vedeneristyksen alustana. Lämmöneristeiden tulee siis kestää lumesta ja pistekuormasta aiheutuvaa puristusta. Lisäksi tämäntyyppisessä rakenteessa tulee vedeneristyksen asennuksessa ja kunnossapidossa olla erityisen huolellinen, sillä pienikin vuotokohta voi johtaa lämmöneristeiden kastumiseen. Vaikka lämmöneristelevyt on uritettu tuuletuksen vuoksi, ei se välttämättä riitä kuivattamaan reiän läpi kulkeutuvaa kosteutta. [1.]

Kolmas yleisimmin käytetty loivan katon rakennetyyppi on kevytsorakatto, joka voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: ilman lämmöneristettä ja lämmöneristeen kanssa. Ilman lämmöneristettä kevytsorakerroksen ja koko katon paksuus kasvaa huomattavasti. Tavallisimmin kantavan rakenteen päälle asennetaan puristusta kestävä eristekerros esimerkiksi XPS- tai EPS-polystyreenieristeitä, jonka päälle laitetaan kevytsoraa jolla tehdään myös kallistukset. Kevytsoran päälle valetaan ohut ja suhteellisen pienilujuuksinen betonilaatta, jonka päälle asennetaan lopullinen vedeneriste. Betonilaatan tulee olla pienilujuuksinen siitä syystä, että se kestää paremmin muodonmuutoksia halkeilematta kuin suurilujuuksinen laatta. [1.]

3 Jyrkät katot

Jyrkän katon kaltevuus on yleisesti ottaen 1:10 tai jyrkempi, mutta jyrkkiin kattoihin voidaan myös lukea 1:20 tai sitä jyrkemmät katot. Tämä johtuu siitä, että joissain tapauksissa käytetään jyrkkien kattojen rakenteita, vaikka kaltevuus olisikin vain 1:20. Näissä tapauksissa suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota vedeneristyksen riittävään vesitiiveyteen. Jyrkillä katoilla käytetään epäjatkuvia katteita eli katteiden saumat eivät kestä vedenpainetta ja vesi tulee ohjata pois katolta ulkoista vedenpoistoa pitkin. Epäjatkuvat katteet on yksi syy miksi jyrkillä katoilla käytetään aluskatteita. Aluskatteen käytöllä varmistutaan myös mahdollisten saumojen läpi kulkeutuvan veden poistumisesta muualle kuin rakenteisiin. [1, s. 61.]

Kuvassa 2 on Helsingin keskustassa sijaitsevan rakennuksen vastikään saneerattu jyrkkä rivipeltikate. Kuvassa oleva kattotyyppi on hyvin tyypillinen Helsingin keskustan rakennuksille.



Kuva 2. Yleiskuvaa jyrkästä rivipeltikatosta [2].

Katon näkyvyys julkisivussa korostuu huomattavasti kun kyseessä on jyrkkä katto. Tällöin rakennuksen näkyvästä osuudesta saattaa jyrkkä katto olla jopa puolet. Tästä syystä arkkitehdit ovat suosineet jyrkkiä kattoja, sillä niistä saadaan huomattavasti näyttävämpiä ja monimuotoisempia kuin loivista katoista. [1, s. 62.]

3.1 Yleisimmät rakennetyypit

Jyrkät katot tehdään yleisesti ottaen puurakenteisina ja tuuletettuina rakenteina. Suurimpina eroina loivaan kattoon on jyrkissä katoissa käytettävä aluskate sekä yleisesti ottaen hyvin tuulettuva rakenne. Varsinkin kerrostaloissa on usein yläpohjassa lämmöneristekerroksen päällä ullakkotila eli tällöin tuuletustila on hyvin suuri. [1, s. 63.]

Jyrkkien kattojen rakenteisiin vaikuttaa monet asiat ja siksi niiden suunnittelussa tulee olla erityisen huolellinen, jotta kokonaisuudesta tulee toimiva. Katemateriaalin valinta on tärkein suunnitteluun vaikuttava tekijä ja siihen vaikuttaa ainakin seuraavat asiat:

- ulkonäkö
- katon kaltevuus
- käyttöikä
- hinta
- rakennuslupan tarve [1, s. 62].

Lisäksi suunnittelijan tulee kiinnittää erityisesti huomiota tuuletuksen riittävyteen. Erityisesti korjausrakentamisessa tulee harkita, tarvitaanko tuuletuksen parantamiseen johtavia rakenteellisia muutoksia. Korjausrakentamisessa katemateriaalin vaihto saattaa edellyttää rakennuslupaa ja suunnittelijan tulee huomioida tämä seikka.

Yleisimpiä jyrkkien kattojen katemateriaaleja ovat:

- bitumilaattakate
- kattotiili
- saumattu metallikate
- pystysaumakate
- profiilipelti [1, s. 64].

Mikäli kattoa korjattaessa päädytään katemateriaalin vaihtoon, on suunnittelijan huomioitava myös alustan vaatimukset eri katemateriaaleille. Lisäksi käytettäessä aluskatetta on huomioitava myös aluskatteen riittävä tuuletus kosteusvaurioiden minimoimiseksi.

4 Yläpohja

Yläpohja muodostuu eri elementeistä yhdeksi kokonaisuudeksi. Niitä ovat kantavat rakenteet, lämmöneristys sekä ilman- ja höyrynsulku. Yläpohjat voidaan jakaa kahteen eri päätyyppiin: tuulettuviin ja tuulettumattomiin yläpohjiin. Tuulettumaton yläpohja on harvinaisempi eikä sitä käsitellä tässä insinööriyössä.

4.1 Tuulettuvat yläpohjat

Tuulettuvassa yläpohjassa huone- tai ulkoilma-peräinen kosteus siirretään ulos rakennuksesta tuuletuksen avulla. Tuuletus tapahtuu poikkeuksetta lämmöneristeen kylmällä puolella. Etenkin vanhoissa kerrostaloissa ullakko toimii usein tuulettutilana eli tuulettutila on lämmöneristeen ja vesikatteen välissä. Erityisesti suurissa rakennuksissa tuuletus voidaan myös hoitaa tuulettuvilla lämmöneristekerroksilla, jolloin lämmöneristeessä kulkee tuuletusurat. Erityistä huomiota tulee kiinnittää tiiviiseen höyrynsulkuun, joka estää tehokkaasti huoneperäisen kosteuden pääsyä yläpohjaan. [1.]

Kuvassa 3 on Helsingin keskustassa sijaitsevan kerrostalon käyttöullakolla varustettu tuulettu yläpohjatila. Yläpohja on puurakenteinen ja tila toimii myös varastona. On hyvinkin yleistä, että yläpohja toimii käyttöullakkona joko juuri varastona tai pyykin-kuivauspaikkana.



Kuva 3. Ullakkorakenteinen yläpohjatila [2].

Luonnollinen tuuletus eli savupiippuilmio yläpohjaan hoidetaan tekemällä korvausilma-aukot mahdollisimman alas ja poistoilma-aukot mahdollisimman ylös yläpohjatilassa. Täten lämmön vaikutuksesta aiheutuva ilman liike saa aikaan luonnollisen ilmanvaihdon. [1, s. 12.]

Hyvä tuuletus on erittäin merkittävä tekijä yläpohjan oikean toiminnan perustana. Kun yläpohja tuulettuu hyvin, siirtyy ylimääräinen kosteus eristeistä sekä muista yläpohjarakenteista ulkoilmaan eikä kosteusvaurioita pääse syntymään. Tällöin esimerkiksi peltikatteeseen kondensoitunut vesi poistuu, kun rakenne lämpenee talven jälkeen. Myös jääpuikkojen muodostuminen räystäällä vähenee merkittävästi. Taulukossa 2 on esitetty hyvin tuulettuvan yläpohjan ohjeellisia arvoja tuuletusvälistä sekä ilmanotto- ja poistaukoista. [3; 1, s. 12.]

Taulukko 2. Hyvin tuulettuvan yläpohjan ohjeellisia mittoja [1, s. 12].

Katon kaltevuus	min. tuuletusväli	ilmanottoaukot promillea/katto-m²	ilmanpoistaukot promillea/katto-m²
1:40 tai loivempi	300 mm	2,5	2,5
1:40-1:10	200 mm	2,5	2,5
>1:10	100 mm	2,0	2,0

Huomioitavaa on erityisesti korjausrakentamisessa se, että vaikka tuulettua parannettaisiin vastaamaan ohjearvoja, tulee yläpohjarakenteen olla ilmatiivis. Eli tuulettuun parantamisella ei voida kompensoida huonoa ilmatiiveyttä, tällöin rakenne ei vain yksinkertaisesti toimi oikein. Eli ilmansulun tulee olla ehdottoman pitävä, jotta lämpö ei pääse karkaamaan huonetiloista yläpohjaan. Myös erilaiset läpiviennit tulee tiivistää huolella. [4, s. 102.]

4.2 Lämmöneristys

Lämmöneristyspaksuuden ja materiaalin valinta on tärkeä osa onnistunutta korjaussuunnitelmaa. Lämmöneristemateriaalin valinta riippuu halutuista ominaisuuksista ja käyttökohteesta. Mikäli vedeneristys asennetaan suoraan lämmöneristeen päälle tai yläpohjassa on käyttöullakko, tulee lämmöneristeen kestää kuormaa ja tällöin valitaan kova lämmöneriste. Jos taas vedeneristys on suoraan ylimmän asuinkerroksen päällä,

voidaan käyttää pehmeää villaa. Huomattavaa on myös palomääräysten noudattaminen. Korjausrakentamisessa saneerattujen osioiden paloluokka tulee rakenteen iästä riippumatta täyttää nykyiset palomääräykset. [1.]

Yläpohjan lisälämmöneristys on korjausrakentamisessa hyvin suosittua ja ainoa kustannustehokas lisäeristystapa, jonka takaisinmaksuaika ei ole kohtuuttoman pitkä. Kuvassa 4 on jyrkän kuitusementtikatteen alaräystä. Rakennuksen yläpohjaan on puhallettu noin 150-200 mm lisää puukuitueristettä.



Kuva 4. Lisälämmöneristetty yläpohja hyvin tuulettuvalla alaräystäällä [2].

Erityistä huomiota lisälämmöneristyksessä on kiinnitettävä yläpohjan tuuletukseen. Jyrkät katot tuulettuvat pääosin ala- ja päätyräystäiltä. Tästä syystä erityisesti alaräystään tuuletus saattaa huonontua merkittävästi lisälämmöneristyksen johdosta, jos tuuletusaukot tukkeutuvat. On siis aina varmistuttava tuuletuksen riittävydestä myös lisälämmöneristyksen jälkeen. Usein saatetaan toteuttaa lisälämmöneristys ilman minikäänlaista huomiota tuuletuksen merkittävään huonontamiseen. Tällöin saatetaan asettaa yläpohjan puu- ja muut rakenteet alttiiksi kosteusvaurioille. [3.]

4.3 Ilman- ja höyrynsulku

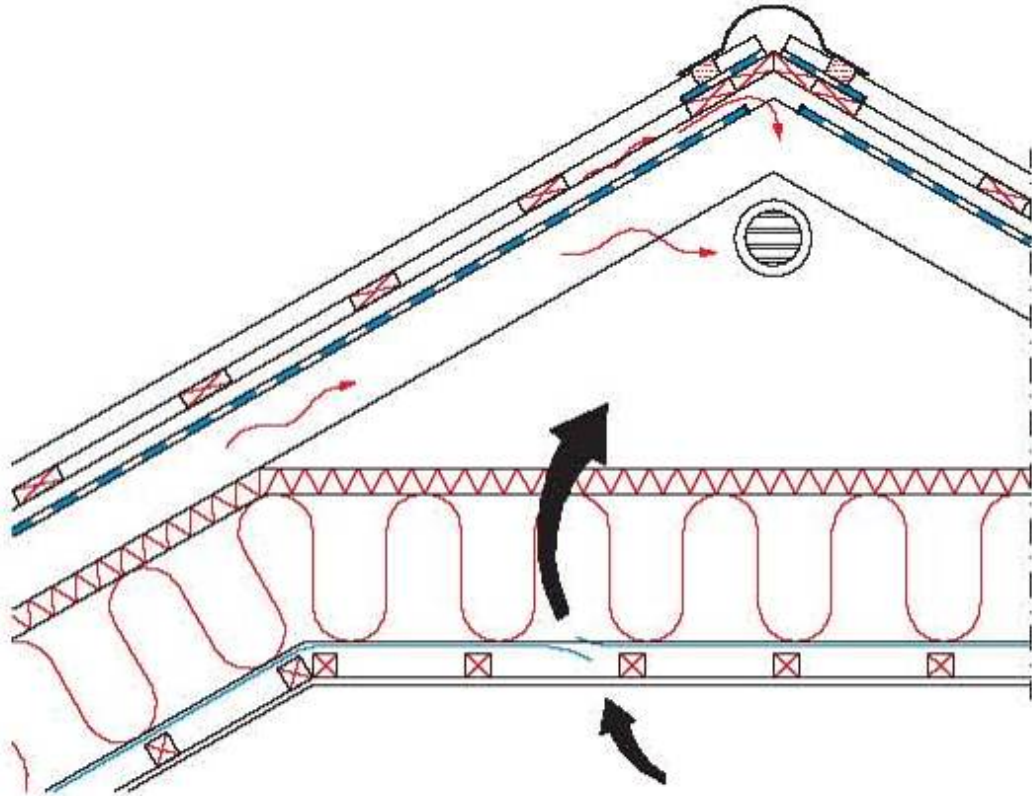
Ilmansulun päätehtävä on estää rakennuksen vaipan läpi kulkeutuvat epäedulliset ilmavirtaukset ja siten estää haitallisten kaasujen ja partikkeleiden kuten mikrobien ja homeen kulkeutuminen sisätiloihin. Myös talvella sisäänpäin kulkeutuvan kylmän ilmavirran estäminen sisältyy ilmansulun tehtäviin. Mikäli kylmää ilmavirtaa kulkeutuu rakenteen rajapintoihin, voi syntyä homeelle tai mikrobeille otolliset kasvuolosuhteet. Ilmansulun yhteys energiankulutukseen on merkittävä, sillä ilmansulku estää lämpimän ilman virtaamisen huoneilmasta vaipparakenteiden kylmälle puolelle. [4, s. 27-28.]

Ilmansulku sijoitetaan aina lämmöneristeen lämpimälle puolelle jolloin estetään vesihöyryn pääseminen rakenteen kylmälle puolelle. Puurakenteisissa yläpohjissa ilmansulku sijoitetaan kantavan rakenteen alapuolelle, jolloin se saadaan tuettua riittävän lämmöneristeiden aiheuttamaa painumista vastaan. Ilmansulussa on kiinnitettävä erityistä huomiota huolelliseen asennukseen, tasaiseen asennusalustaan ja tiivistettävyyteen. On myös huomioitava se, että ilmansulun tulee pysyä toimintakykyisenä koko rakenteen käyttöikä. [4, s. 101.]

Höyrynsulun tehtävä on estää sisäilmasta ulospäin kulkeutuvaa vesihöyryn diffuusiota, joka aiheuttaa eristeiden kostumista ja sitä kautta mahdollisesti tapahtuvaa homehtumista. Höyrynsulun, kuten myös ilmansulun, tulee olla yhtenäinen ja ehdottoman tiivis kerros, jonka vesihöyrynvastus on riittävä. Vesihöyrynvastus Z_p ilmoitetaan nykyisin vesihöyryn osapaine-eroon perustuvana yksikkönä (m^2sPa/kg). Kosteusluokan 2 rakennuksen eli asuinrakennuksen yläpohjarakenteen vaatimus höyrynsulun vesihöyryvastukselle on $15 \cdot 10^9 m^2sPa/kg$. [4, s. 27-31.]

Ilman- ja höyrynsulku on yleisesti ottaen yksi ja sama rakennekerros. Eli useimmiten käytetyt muovikalvo sekä bitumikermi toimivat sekä ilman- että höyrynsulkuna. Tästä syystä käytännössä ilman- ja höyrynsulusta käytetään pelkästään nimitystä höyrynsulku.

Kuvassa 5 on esitetty vuotavan höyrynsulun ilmavirtausta asuinrakennuksen yläpohjaan. Mikäli ulkoilman lämpötila on $0\text{ }^\circ\text{C}$, suhteellinen kosteus RH on 80 % ja sisällä $+20\text{ }^\circ\text{C}$ sekä RH 50 %, kulkeutuu sisätilasta rakenteeseen 1 mm raosta 360 g vettä päivässä 1 m pituussuuntaista rakoa kohti. Kun taas oikein tiivistetyn rakenteen läpi kulkeutuu noin 1 g vettä päivässä neliötä kohti. [1, s. 16.]



Kuva 5. Vuotava höyrynsulku [1, s. 16].

Höyrynsulun merkitystä yläpohjan toimintaan ei voi korostaa liikaa. Kuten aiemmasta esimerkistä voi todeta, pienenkin reiän tai epätiiveytskohdan läpi kulkeutuu huomattava määrä kosteutta ja lämmintä ilmaa. Pienikin reikä tai epätiiveytskohta voi siis johtaa kosteusvaurioon sekä lämmitysenergian kulutuksen kasvuun.

5 Vesikatetyypit

Vesikatetyypit voidaan jakaa jyrkkien ja loivien kattojen materiaaleihin. Nykyisin loivissa katoissa käytetään lähes poikkeuksetta kermikatteita. Jyrkkien kattojen materiaalin valinnassa tulee huomioida minimikaltevuudet, alustalle ja aluskatteelle asetetut vaatimukset. Taulukossa 3 on esitetty eri vesikatetyyppien, alustojen ja materiaalien minimikaltevuudet. Taulukossa (AKK) tarkoitetaan kiinteälle alustalle asennettua aluskatetta ja (AKV) vapaasti kattotuolien väliin asennettua aluskatetta. [4, s. 132.]

Taulukko 3. Katetyyppien yhdistelmien minimikattokaltevuuksia [4, s. 132].

Materiaalit	Minimikaltevuus
Bitumikatteet: Kolmiorimakate, perinteinen ilman aluskermiä Kolmiorimakate, aluskermillä (AKK) Kattolaattakate, aluskermillä (AKK) Tiivissaumakate	1:3 1:10 1:5 1:10-1:80
Metallikatteet: Muotolevykate, aluskatteella (AKV) Poimulevykate, aluskatteella (AKV) Pystysaumakate, aluskatteella (AKV) Saumattu teräskate, umpilaudoitus ja aluskermi (AKK) Saumattu teräskate, aluskatteella (AKV) Saumattu teräskate, ilman aluskatetta	1:4 1:4-1:6 1:6 1:10 1:7 1:3
Tiilikatteet: Betonikattotiilet, aluskatteella (AKV) Betonikattotiilet, umpilaudoitus ja aluskermi (AKK) Savikattotiilet, aluskatteella (AKV) Savikattotiilet, umpilaudoitus ja aluskermi (AKK)	1:4 1:5 1:3 1:4
Muut katteet: Aaltolevykatteet, aluskatteella (AKV)	1:4

Näitä minimikaltevuussuosituksia sekä rakenneyhdistelmiä tulee noudattaa myös korjausrakentamisessa. Jos kattosaneerauksessa vanha rakenne on vastoin näitä ohjeita, tulee se suunnitella vastaamaan nykymääräyksiä ja suosituksia. Huomioitavaa on myös noudattaa valmistajan ilmoittamia minimikaltevuuksia, jotka saattavat olla eriävät taulukon suositusten kanssa.

5.1 Aluskate

Jyrkissä katoissa käytetään useimmiten epäjatkuvia katteita eli ne eivät kestä vedenpainetta. Tästä johtuen käytetään vesikatteen lisäksi aluskatetta varmistamaan vedeneristyksen tiiveys. Aluskatetta ei tosin tarvitse käyttää, mikäli kyseessä on 1:3 tai jyrkempi metallikate, jonka alle on tehty riittävä ruodelaudoitus. [4, s. 128.]

Aluskatteet jaetaan siis kahteen pääluokkaan: vapaasti ilman aluslaudoitusta asennettaviin (AKV) sekä kiinteälle alustalle umpilaudoituksen tai vaneroinnin päälle asennettaviin (AKK). Nämä on jaettu vielä kahteen tuoteluokkaan 1 ja 2. Taulukossa 4 on esitetty eri katemateriaalien soveltuvuutta eri aluskatteelle. [1, s. 64.]

Taulukko 4. Jyrkkien kattojen aluskatteen soveltuvuus eri katetyypille [1, s 64].

Kate	Vapaasti asennettava aluskate (AKV1 tai AKV2)	Kiinteälle alustalle asennettava aluskate (AKK1 tai AKK2)
Bitumikattolaatta	-	X
Kattotiili	X	X
Saumattu metallikate	X	X
Pystysaumakate	X	X
Profiilipelti	X	X

Vapaasti asennettavat aluskatteet jaetaan käyttötavan mukaan tiiviisiin sekä vesihöyryä läpäiseviin. Tiivis aluskate sitoo vedeneristyksen alapuolista kosteutta siten, ettei se kondensoidu aluskatteen alapintaan ja tipu sieltä rakenteisiin. Tästä käytetään nimitystä antikondenssipinta. Vesihöyryä läpäisevä aluskate ei sido ollenkaan kosteutta eikä sen alapintaan missään tilanteessa tiivisty haitallista määrää kosteutta. [1, s. 64.]

Vapaasti asennettavan aluskatteen asennuksessa tulee jättää riittävä 20-30 mm pystysuuntainen liikkumavara, jottei aluskate repeile liiallisesta kireydestä johtuen. Eli aluskatteen alapinta on kattoristikoiden välissä tällöin 20-30 mm alempana kuin ristikon yläpinta. Lisäksi on huomioitava, että yleisimmät aluskatteet eivät kestä UV-säteilyä tai mekaanista pistekuormamaista rasitusta. Aluskatteen asennuksen jälkeen tulee siis mahdollisimman pian asentaa varsinainen vesikate. [1.]

Aluskatteen ja lämmöneristeen välin sekä aluskatteen ja vesikatteen välin tulee aina tuulettua ulkoilmaan asti. Poikkeuksena on diffuusioavoin aluskate, joka päästää vesihöyryä läpi eli sitä voidaan käyttää suoraan lämmöneristeen päälle asennettuna. Aluskatteen ja vesikatteen välin pitää kuitenkin tuulettua hyvin ja se hoidetaan riittäväillä aluskatteen päälle asennetuilla tuuletusrimoilla. Rimojen tulisi olla yli 30 mm korkeita ja ne asennetaan kattotuolien suuntaisesti suoraan aluskatteen päälle. [1, s. 84; 4.]

5.2 Kermikatot

Bitumikermit ovat Suomen olosuhteisiin hyvin sopivia ja lähes yksinomaan käytettyjä loivien kattojen katemateriaaleja. Nykyisin käytetään modifioituja bitumikermejä, lähinnä SBS-kumibitumikermejä. [4, s. 92-93.]

Bitumikermit on jaettu kolmeen eri käyttöluokkaan: VE40, VE80 sekä VE80R. Käyttöluokan numero ilmaisee katon minimikaltevuutta. VE80R on erikoisempi käyttöluokka, jota käytetään vaikeasti jälkikäteen korjattavissa paikoissa kuten pihatasoilla. Lisäksi kermit on jaettu kolmeen eri tuoteluokkaan (TL) niiden ominaisuuksien perusteella. Nykyisin on myös huomioitava se, että kaikkien käytettävien kermien tulee olla CE-merkittyjä. Taulukossa 5 on esitetty eri käyttöluokkien vaatimat katerakenteet. [4, s. 92-93.]

Taulukko 5. Eri käyttöluokkien vaatimat tuoteluokkayhdistelmät [4, s. 93].

Katerakenne	VE40	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

Bitumikermit kiinnitetään joko kuumentamalla hitsaten, mekaanisesti huopanauloilla tai liimaten kuumabitumilla. Yleensä bitumiliimauksen lisäksi käytetään varmistuksena mekaanista kiinnitystä. Käytettäviä bitumiliimoja ovat puhallettu bitumi sekä kumibitumi. Suunnittelijan tehtävänä on esittää suunnitelmissa käytettävän liimausbitumin tyyppi. Lisäksi tulee aina noudattaa myös valmistajan ohjeita. [4, s. 94-95.]

5.3 Jyrkät bitumikatot

Jyrkkiin bitumikattoihin luetaan bitumikattolaatat, tiivissaumakatteet sekä kolmiorimakatteet. Niiden minimikaltevuudet on esitetty taulukossa 3. Alusrakenteena tulee olla umpilaudoitus tai vanerialusta. Alustan puutavaran minimivahvuudet ovat samat kuin loivilla katoilla, joten alustan paksuudet voidaan mitoittaa taulukon 1 mukaisesti. Bitu-

mikatteiden hyviin puoliin voidaan lukea suhteellisen helppo asennus ja katon äänettömyys sateella. [1, s. 68; 4.]

Jyrkät bitumikatteet vaativat aina aluskatteen käyttöä, lukuun ottamatta 1:3 tai jyrkempää kolmiorimakatetta. Aluskermin tulee täyttää vähintään AKK2 tuoteluokan vaatimukset, ellei kyseessä ole vaativa monimuotoinen katto, jolloin tulee käyttää AKK1 tuoteluokan aluskermiä. [4, s. 135.]

5.4 Tiilikatot

Tiilikattoja on kahta eri päätyyppiä: perinteikkäämpi savitiilikate sekä betonitiilikate. Tiilikattoja ei yleisesti ottaen käytetä suurissa rakennuksissa vaan pääosin rivi- ja omakotitaloissa. Betoni- tai savitiilikaton miinuspuolia ovat hitaampi asennettavuus sekä korkeampi hinta. Kuvassa 6 on Espoossa sijaitsevan rivitaloyhtiön tyypillinen betonitiilikatto. [4, s. 148.]



Kuva 6. Yleiskuvaa tiilikatolta [2].

Tiilikaton etuihin voidaan lukea pitkä käyttöikä, katon hiljaisuus sateella sekä ulkonäkö. Tiilikatolla tulee myös taulukon 4 mukaisesti käyttää aluskatetta ja minimikaltevuudet myös korjauskohteissa tulee olla taulukon 3 mukaisia. Lisäksi tiilikatolla tulee tiilten alla olla kattoruoteet sekä tiilten minimilimitys on tehtävä kaltevuuden mukaan valmistajien suositusten mukaisesti. [4, s. 149.]

5.5 Metallikatot

Metallikatteet valmistetaan nykyisin pääosin kuumasinkitystä teräslevystä. Sinkkikerroksen vahvuus on vakiintunut arvoon 275 g/m^2 . Sinkkikerroksen päällä käytetään pinnoitteena yleensä maalia, mutta myös bitumipohjaisia aineita voidaan käyttää. Lisäksi voidaan metallikatteena käyttää alumiinia, kuparia tai ruostumatonta terästä, jotka kestävät huomattavasti paremmin korroosiota eivätkä täten tarvitse välttämättä erillistä pinnoitetta. Metallikatteet jaotellaan kolmeen eri luokkaan: profiilipeltikate, pystysaumakate ja saumattu teräskate. [1, s. 78; 4, s. 141.]

Profiilipeltikatteisiin luetaan poimulevykatteet ja muotolevykatteet. Poimulevykatteet ovat yhteen suuntaan poimutettuja ja muotolevykatteet moneen suuntaan muotoiltuja katteita. Molemmissa muotoilut ovat säännönmukaisia. [4, s. 141]

Saumatut metallikatteet eli yleisesti rivipeltikate tai konesaumakate ovat sileitä metallikatteita, jotka liitetään toisiinsa pysty- tai hakasaumoin [4, s. 141].

Pystysaumakate on myös säännönmukaista profiilipeltilevyä, jonka pituussuuntaiset reunat taivutetaan ylöspäin saumamuotoon. Saumoja on erilaisia valmistajasta ja mallista riippuen. Esimerkiksi erilaisilla kiinnitysosilla lukittavia tai jopa itselukkiutuvia saumoja on olemassa. Pystysaumakatteen etuihin luetaan sen suhteellisen helppo asennus, sillä yleensä ei tarvita erikoistyökaluja. [4, s. 141.]

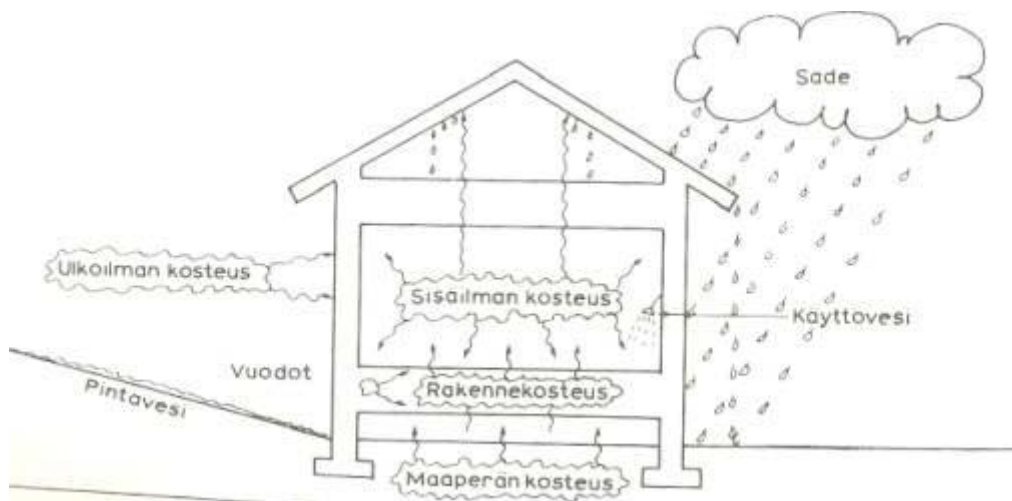
Metallikatteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon metalliin liittyvät ominaisuudet. Metallikatto on suunniteltava niin, ettei liittyvät rakenteet tai itse kate vaurioidu lämpöliikkeiden johdosta. Lisäksi esimerkiksi kiinnikkeiden valinnassa on huomioitava sähkökemiallinen korroosio, ettei kate ala ensimmäisenä ruostumaan. Näiden lisäksi voidaan kattokaltevuuksille noudattaa taulukossa 3 annettuja minimikaltevuuksien arvoja. [4, s. 141-142.]

6 Yläpohjan rakennusfysiikka

6.1 Kosteus

Rakennuksella on useita eri kosteuslähteitä, joista rakenteisiin tulee kosteutta. Kuvassa 7 on esitetty koko rakennuksen kosteuslähteet, joista yläpohjalle merkittävimpiä ovat:

- sisäilman kosteus
- sade
- tuulen mukana kulkeutuva vesi ja lumi
- lumi ja jää katon pinnalla
- ulkoilman kosteus [5, s. 63].



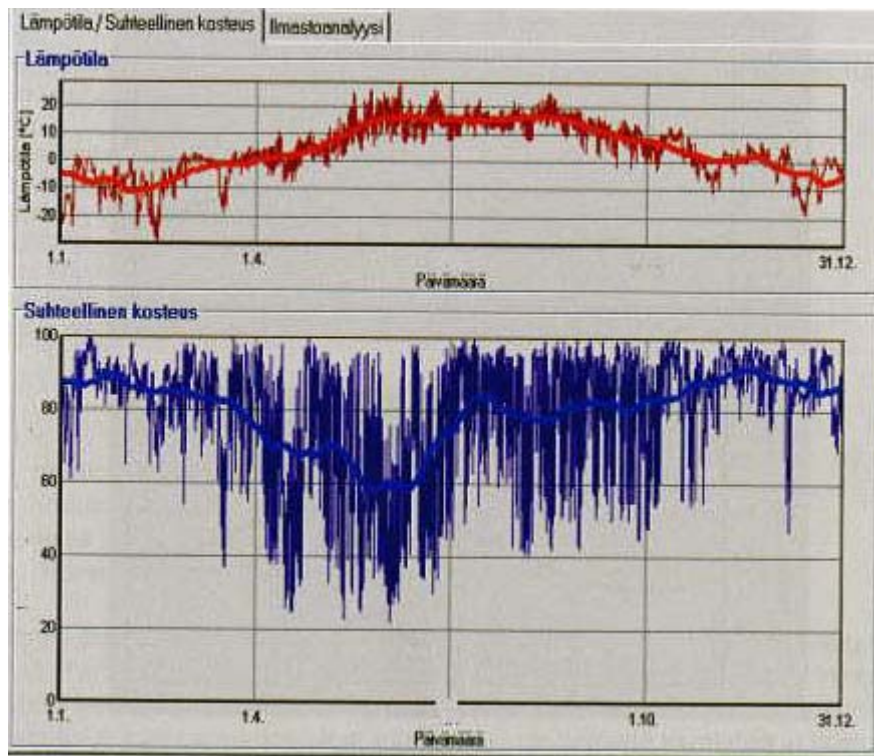
Kuva 7. Rakennuksen kosteuslähteet [5, s. 63].

Ulko- ja sisäilman suhteellista kosteutta merkitään tunnuksella RH (*relative humidity*). Se tarkoittaa ilman vesihöyrypitoisuuden (g/m^3) suhdetta ilman kyllästyskosteuteen eli suurimpaan mahdolliseen ilman sisältämään kosteusmäärään. Mitä suurempi RH on, sitä enemmän ilmassa on kosteutta tietyssä lämpötilassa. Kun RH:n arvo on 100 % alkaa kosteus tiivistymään höyrystä nesteeksi. Talvella kosteuden tiivistyminen rakenteisiin on todennäköisempää kuin kesällä. [5, s. 60.]

Sadeveden kulkeutuminen rakenteisiin riippuu hyvin pitkälti rakennuksen sijainnista. Ilmavirtausten mukana voi kulkeutua kosteutta myös ylöspäin räystäiden tuuletusraoista. Kosteus voi myös liikkua seinän tuuletusrakoja pitkin ylöspäin yläpohjaan. [5, s. 64.]

Lumi ja jää muodostavat kattopinnalla sulaessaan kosteuslisän yläpohjarakenteisiin, mikäli kate ei ole ehdottoman tiivis. Siksi sulamisaikana on oltava erityisen tarkka mahdollisille kosteusvaurioille yläpohjarakenteissa.

Ulkoilmassa oleva kosteus kulkeutuu rakenteisiin ja tiivistyy yleensä ulko- tai tuuletusvälipintoihin. Lisäksi on mahdollista, että vesihöyry sitoutuu hygroskooppisesti tiettyihin materiaaleihin, jotka voivat imeä ilmasta kosteutta. Kuvassa 8 on esitetty ulkoilman lämpötiloja sekä suhteellista kosteutta Helsingissä. [5, s. 65.]



Kuva 8. Ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus Helsingissä [5, s. 65].

Kuten kuvasta 8 on havaittavissa, ulkoilman kosteus vaihtelee Suomessa merkittävästi. Tästä johtuen käsin tehdyissä kosteuslaskelmissa tulee käyttää kriittisimpiä arvoja.

6.2 Sisäilman kosteuslisä

Rakennuksen käyttäjät ja käyttöön liittyvät toiminnot tuovat rakennuksiin kosteuslisän, josta johtuu sisä- ja ulkoilman välille vesihöyrypitoisuusero. Kosteuslisä (g/m^3 tai kg/m^3) tarkoittaa sitä, kuinka paljon sisäilmassa on enemmän vesihöyrypitoisuutta kuin ulkoilmassa. Kosteuslisää voidaan myös tarkastella vesihöyryn osapaine-erona, jonka yksikkö on Pascal. Talvikuukausina tavallisen asuinrakennuksen kosteuslisän mitoitussarvo on $5 \text{ g}/\text{m}^3$ [4, s. 23-24.]

Sisäilmassa oleva kosteuslisä on suurimmillaan kylminä talvikuukausina, jolloin kosteus pyrkii kulkemaan diffuusiolla rakennuksen vaipan läpi kohti kylmempää ulkoilmaa tai kylmempiä rakenneosia. Mitä kylmempää ilma on, sitä vähemmän siihen mahtuu kosteutta. Tästä syystä kosteutta voi tiivistyä esimerkiksi peltikatteen alapintaan. Tästäkin syystä höyrünsulun ehdoton tiiveys on ensiarvoisen tärkeää, sillä se estää sisäilman kosteuslisän pääsyä rakenteisiin. Lisäksi lämmin ilma nousee ylöspäin, mistä johtuen yläpohja on rakennuksen vaipan osista herkin lämpö- ja kosteusvuodoille. Kesäisin kosteuslisä on pienempi, sillä ulkoilma on lämpimämpää, joten siihen mahtuu enemmän kosteutta ja sisäilman sekä ulkoilman välinen lämpötilaero on pienempi. Tästä syystä kosteus ei myöskään tiivisty niin herkästi rakenteiden pintaan. Kesäisin rakenteet myös kuivuvat, mikäli ne toimivat oikein. [4, s. 23.]

6.3 Diffuusio

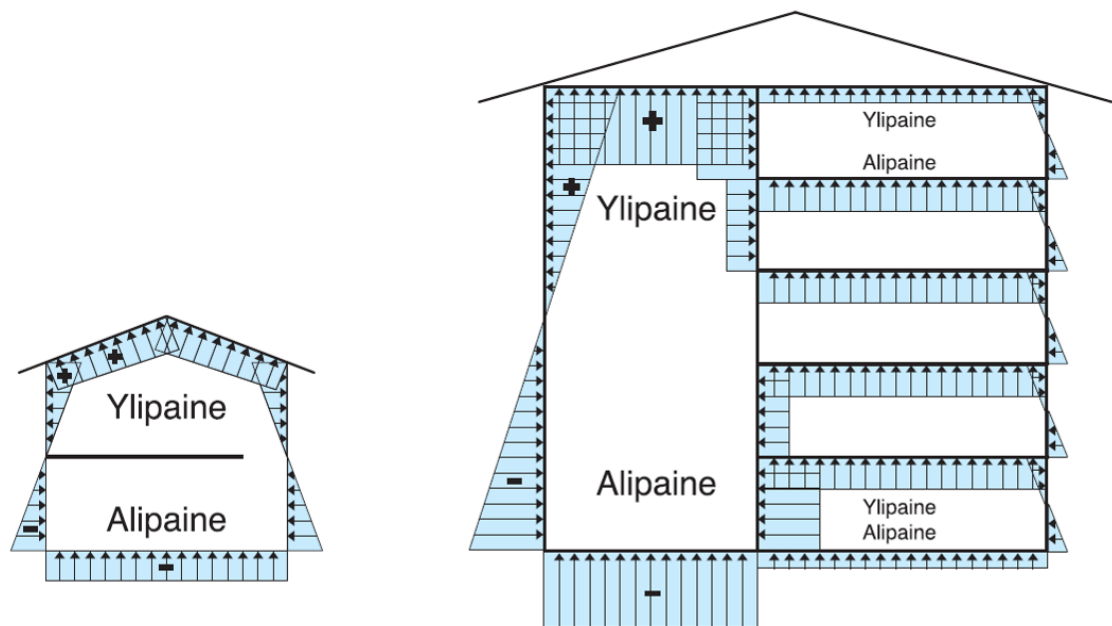
Ilman vesihöyrypitoisuuksien ero sisä- ja ulkotiloissa johtaa kosteuden siirtymiseen rakenteen läpi diffuusiolla. Ilma vesihöyrypitoisuus pyrkii siis luonnollisesti tasoittumaan, vaikka välissä on rakenne, mistä johtuen kosteutta siirtyy rakenteen läpi. Sisäilman kosteuslisä etenkin aiheuttaa diffuusiota. Vesihöyryn läpäisevyys rakenteen läpi riippuu siinä olevien rakennekerrosten vesihöyryn vastuksesta, jota ilmaistaan suureella Z_p ($10^9 \text{ m}^2 \text{ s} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$). [6, s. 55.]

Diffuusion haitallisia vaikutuksia pyritään myös estämään riittävän tiiviillä rakenteella. Etenkin höyrünsulku on merkittävässä roolissa, sillä höyrünsulun vesihöyrynvastus Z_p on erittäin suuri, eli se estää hyvin kosteuden siirtymistä diffuusiona sisäilmasta yläpohjarakenteisiin.

6.4 Konvektio

Konvektio tarkoittaa vesihöyryn siirtymistä ilmavirtausten mukana. Konvektiossa vesihöyryä siirtyy rakenteiden läpi ilmanpaine-erojen vuoksi. Ilmanpaine-eroja aiheuttavat tuuli, lämpötilaerot sisä- ja ulkotiloissa sekä mahdolliset puhaltimet. Haitallisin konvektion muoto on kosteuden siirtyminen rakojen ja reikien läpi. Erityisesti epätiivisiin höyrynsulun läpi voi virrata merkittäviä määriä kosteutta konvektiona. [6, s. 57.]

Talvella ulkoilman tiheys kasvaa sisäilmaan verrattuna aiheuttaen alipainetta rakennuksen alaosiin. Rakennuksen vaippa ei ole koskaan täysin ilmatiivis, mistä johtuen ilmanpaine-erot pyrkii tasoittumaan korkeussuunnassa kuvan 9 mukaisesti siten, että ylempänä on ylipainetta ja alempana alipainetta. Neutraaliakseli sijaitsee korkeusase- man puolivälissä, mikäli rakennuksessa ei ole suurempia ilmavuotoja. Normaalioloissa tuulioloista ja ilmanvaihdosta riippuen neutraaliakselin paikka vaihtelee. [4, s. 26.]



Kuva 9. Lämpötilaeron aiheuttamat paine-erot rakennuksessa talvella [4, s. 26].

Konvektion suunta riippuu siis siitä, onko rakennekohta yli- vai alipaineinen. Yläpohjaan kohdistuu yleensä ylipainetta, mistä johtuen höyrynsulun ehdoton tiiveys on erityisen tärkeää. Yläpohjassa olevat lämpötilaeroista johtuvat paine-erot ovat samat kuin seinän yläosassa eli jyrkissä katoissa harjan kohdalla paine-ero on suurimmillaan. [4, s. 27.]

6.5 Lämmön siirtyminen

Lämmön siirtyminen voi tapahtua kolmella eri tavalla: johtumalla, säteilemällä tai konvektion kautta. Lämmön johtumisessa lämpöenergia liikkuu materiaalia pitkin. Lämpötilaero pyrkii aina tasoittumaan, mistä johtuen käytetään rakenteiden välillä lämmöneristettä, joka estää lämmön johtumista ulkoa sisälle ja toisinpäin. Tästä syystä esimerkiksi yläpohjan lämpötilan tulisi olla mahdollisimman lähellä ulkoilman lämpötilaa, jotta talvela vesikate ei lämpene ja sulata lunta aiheuttaen kosteusvaurioita rakenteisiin sekä jääpuikkoja räystäälle. [6, s. 12.]

Lämmön siirtyminen säteilyllä johtuu energian siirtymisestä sähkömagneettisten aallokkeiden välityksellä. Esimerkiksi kesällä betoniseinä voi lämmitä niin paljon, että se säteilee sisätiloihin lämpöä. Kattorakenteissa lämmön siirtyminen säteilyllä ei ole kovinkaan merkittävä tekijä. [6, s. 12.]

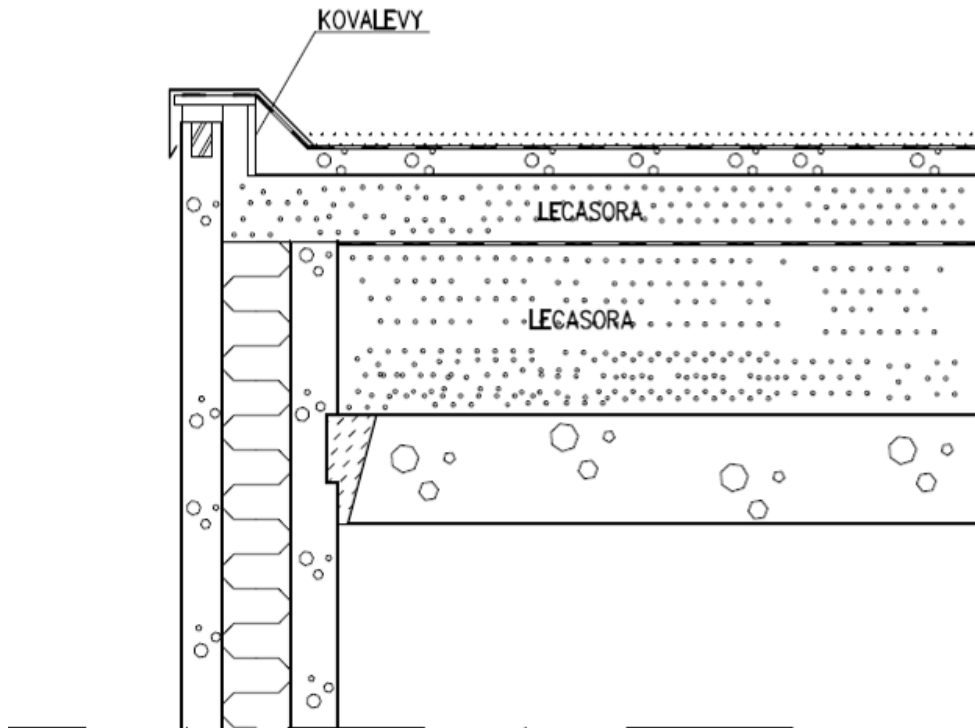
Kuten aiemmin mainittu, kosteuden siirtyminen yläpohjassa konvektion avulla voi olla hyvinkin suurta, ellei höyrynsulku ole tiivis. Konvektiossa ilmavirtausten mukana siirtyy myös lämpöä, jolloin lämpöhäviöt voivat olla epätiivisiin höyrynsulun takia hyvinkin merkittävät. [6, s. 13.]

6.6 Tuuletus

Yläpohjarakenteiden tuuletus on yleensä hoidettu tuuletusväleillä tai erillisellä yläpohjatilalla. Tuuletus perustuu ilma-aukkojen korkeuseroon eli savupiippuilmistöön. Rakenteiden tuuletuksen päämääränä on poistaa konvektion tai diffuusion kautta tulevaa kosteutta ja siksi tuuletusrakojen tulee olla yhteydessä ulkoilmaan. Lisäksi pienet vesikatteen vuodot ja rakennuskosteus poistetaan tuuletuksen avulla. Jos ilmarat ovat ummessa, kiertää ilma vain rakenteen sisällä eikä kosteus poistu aiheuttaen kosteusvaurioita. Ulkoilman lämpötilalla ja tuuletusraon lämpötilalla on ratkaiseva vaikutus tuuletuksen toimintaan. Mikäli sisään virtaava on kylmempää kuin itse tuuletusrako, toimii rakenne oikein eli rakenteet kuivuvat. Mikäli taas sisään virtaava ilma on lämpimämpää kuin tuuletusrako, on kosteuden tiivistyminen mahdollista tuuletusraon pinnoille. [6, s. 82.]

Yleisesti kerrostaloissa käytettävän kevytsorakaton tuuletus tapahtuu räystäältä sekä alipainetuulettimien avulla. Varsinaista ilmatilaa ei siis ole, mutta ilma virtaa kevytsoran

välissä riittävästi, kunhan alipainetuulettimien määrä on riittävä. Kuvassa 10 on hyvin tyypillinen kevytsorakaton leikkauskuva. Katto tuulettuu räystäspellin ja seinän välistä kevytsoratilaan. Yleisesti räystäiden ympäri tulisi kiertää vähintään 30 mm leveä tuuletusrako. [4, s. 103.]

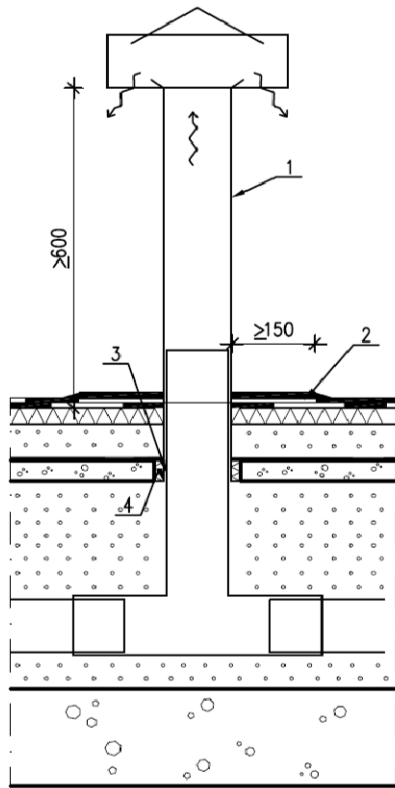


Kuva 10. Räystäältä tuulettuva kevytsorakatto [2].

Jos kuvan katossa olisi käytetty erillistä lämmöneristettä, tulisi eristeiden pinnassa olla tuuletusurat, jotka johtavat ilmapirran räystäiden kautta ulkoilmaan. Lisäksi harjalla katon korkeimmalla kohdalla tuuletusurat yhdistetään kokoojakanavilla, joiden kohdalla tulee olla riittävä määrä alipainetuulettimia. Yhtenäinen tuuletusväli on silti suositeltavampaa kuin tuuletusurilla varustetut lämmöneristeet. [7, s. 4.]

Jos harjan rakennuksen harjan pituus ylittää 15 m, ei päätyräystäille sijoitetut ilmaukot yleensä riitä tuulettamaan yläpohjaa. Lisäksi tarvitaan alipainetuulettimia, jotta varmistetaan koko rakenteen riittävästä tuuletuksesta. Alipainetuulettimien riittävä määrä on karkeasti yksi 110-160 mm halkaisijaltaan oleva tuuletin 15 m harjapituutta kohti. Niitä voidaan myös käyttää jos kattokannattajat tai katon korkoerot katkaisevat tuuletusvälin. Tällöin tulee näissä tuulettumattomissa kohdissa käyttää alipainetuuletinta.

Alipainetuuletin nimensä mukaan poistaa yläpohjasta ilmaa ja ilman mukana kosteutta alipaineen avulla. Kuvassa 11 on esitetty alipainetuulettimen asennus kevytsorakatolle.



Kuva 11. Alipainetuuletin kevytsorakatolla [2].

Yläpohjan tuuletus perustuu savupiippuilmioön: kun ilma lämpenee tuuletusvälissä, se kevenee ja nousee ylöspäin. Tästä syystä poistoaukot tulee sijoittaa mahdollisimman ylös ja ilmanottoaukot mahdollisimman alas. Aukkojen korkeusero tulisi olla minimissään 500 mm. Ohjeelliset tuuletusvälit sekä ilmanotto ja -poistoaukot voidaan mitoittaa taulukon 2 (s. 8) mukaan. [7, s. 14.]

Talvella suhteellinen kosteus on merkittävästi korkeampi kuin kesällä, mutta auringon lämmittäessä kattoa lämpenee tuuletusväli riittävästi kosteuden poistamiseksi. Loivilla katoilla ei välttämättä voida sijoittaa tuuletusilman ottoaukkoja riittävän alas suhteessa poistoaukkoihin. Tällöin tuuletuksessa auttaa tuulesta johtuvat paine-erot. Tuulenpaineen aiheuttamaa paine-eroa ei itsessään oteta huomioon tuuletukselta suunniteltaessa. Tärkeintä yläpohjan tuuletuksessa on varmistuminen siitä, että katto tuulettuu kauttaaltaan eikä tuulettumattomia paikkoja jää. [7, s. 14.]

Mikäli kattorakenteen vesikatteena käytetään esimerkiksi peltikatetta, on otettava huomioon myös aluskatteen yläpinnan riittävä tuuletus. Talvisin selkeinä öinä kate voi olla huomattavasti kylmempi kuin ulkoilma, jolloin ulkoilmasta voi tiivistyä kosteutta katteen alapintaan. Tämä kondensoitunut vesi voi tippua aluskatteen päälle tai valua katteen pintaa pitkin ja aiheuttaa kosteusvaurioita puurakenteisiin. Kiinteän alustan (laudoitus tai vaneri) käyttö vähentää riskiä, sillä ne voivat sitoa kosteutta itseensä. Aluskatteen ja sen alustan väliin tulee tehdä tuuletusrimoista riittävä, minimissään 22 mm tuuletusrako jolloin varmistutaan myös aluskatteen riittävästä tuuletuksesta. Suositeltava tuuletusriman korkeus on 30-50 mm. [7, s. 14-15.]

Pitkillä harjoilla ilman korvaus- ja poistoaukkojen välit voivat olla hyvin pitkät, jolloin tuuletusilman kyllästysvajaus täyttyy ennen sen ulospääsyä eli se ei voi sitoa enää kosteutta. Tuuletusilman poistoaukon tai alipainetuulettimen läheisyydessä voi tällöin tapahtua rakenteiden kostumista. Yleensä kosteus tiivistyy poistoaukkojen sisäpintoihin ja valuu sitä kautta rakenteisiin. Tällöin esimerkiksi alipainetuulettimen alle voidaan asentaa erilliset kondenssiveden keräysastiat. [7, s. 15.]

7 Kattorakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen suunnittelu

7.1 Suunnittelun peruseriaatteen

Kattorakenteiden, kuten koko rakennuksen suunnittelussa perustana tulisi olla terveellinen ja turvallinen asuminen tai käyttö. Rakennusta tai sen korjausta suunniteltaessa tulisi aina ottaa huomioon myös lämpö- ja kosteustekniset eli rakennusfysikaaliset asiat. Oikeilla rakenne- ja liitosratkaisuilla minimoidaan kosteus- ja homeriskit sekä tataan asumisen laatu. Kokonaisuus vaikuttaa luonnollisesti myös energiankulutukseen, sisäilmaan, käyttöikään sekä rakennuskustannuksiin. Mikäli rakennesuunnittelija kokee, ettei hänen pätevyytensä riitä ottamaan huomioon näitä asioita, on suositeltavaa tarkistuttaa suunnitelmat A-vaativuusluokan rakennusfysiikan suunnittelussa omaavalla henkilöllä. Toisaalta on suositeltavaa käyttää hyväksi todettuja perusratkaisuja, joiden toimivuutta on helppo arvioida. Uutta rakenneratkaisua käytettäessä on tarpeen olla huolellinen rakennusfysikaalisissa tarkasteluissa. Tavanomaista ratkaisua käytettäessä voidaan nojata aiempiin käyttökokemuksiin ja jättää tarkastelut vähemmälle. [7, s. 1.]

Rakennusta tai sen osia suunnitellessa on myös noudatettava määräyksiä ja vaatimuksia joita ovat:

- rakenteiden vakaus ja lujuus
- käyttöturvallisuus
- paloturvallisuus
- lämmöneristys
- energiatehokkuus
- ääneneristävyys [7, s. 1].

Etenkin korjauskohteessa on hyvä miettiä etukäteen, miten rakentaminen tullaan hoitamaan työmaalla. Eli tuotantotekniset ratkaisut tulisi olla jo käytettävissä ennen rakennusurakan aloittamista. Ongelmien ratkaiseminen työmaavaiheessa on sekä kallista että aikataulullisesti hidastavaa toimintaa. Suunnitelmat tulee laatia riittävällä tarkkuudella, jotta ne voidaan toteuttaa työmaalla ilman ongelmia. Lisäksi tulee vaatia tiettyjä tarkastuksia ja laatua kriittisimmillä vaiheilla kuten esimerkiksi höyrynsulun asennuksesta. Näin varmistutaan lopputuloksen laadusta ja rakennus- tai korjaushankkeen onnistumisesta. [7, s. 1-2.]

Eri suunnittelualojen suunnittelijoiden tulee olla riittävän tiiviissä yhteistyössä, jotta suunnitelmiin ei jää ristiriitaisuuksia esimerkiksi läpivientien osalta. Lisäksi projektinjohdajan tai pääsuunnittelijan on huolehdittava siitä, että kaikki tarpeelliset asiat on esitetty suunnitelmissa. [7, s. 1.]

7.2 Huomioitavaa kattorakenteiden suunnittelussa

Tärkeimpänä tekijänä yläpohja- ja kattorakenteiden suunnittelussa on luonnollisesti suunnitella rakenteet, jotka pitävät ulkoiset rasitukset kuten lumen, veden rakennuksen ulkopuolella sekä suojaa lämmöltä ja kylmyydeltä. Vesikatteen tiiveydestä varmistutaan valitsemalla oikeat rakenteet oikeisiin kohteisiin.

Tärkeimpiä asioita suunnittelun alkaessa on huomioida rakennuksen sijainti, koko ja käyttö. Kuten aiemmin mainittu, sisäilman kosteuslisä riippuu täysin rakennuksen käyttötarkoituksesta ja henkilömääristä. Sisäilman kosteuden nousu diffuusiona tai konvek-

tiona yläpohjaan on estettävä riittävän tiiviillä yläpohjarakenteella. Korjauskohteessa suunnittelun alkaessa on hyvä miettiä tarkkaan käytettävä katemateriaali. Isoissa bitumi- sekä peltikatoissa vaihtaminen ei yleensä ole perusteltua. Jos kyseessä on pienempi kohde, voidaan esimerkiksi tiilikate vaihtaa peltiseksi tai toisinpäin, mikäli asukasenemmistö sitä kannattaa. Katemateriaalin vaihdossa on huomioitava kolme tärkeää seikkaa: rakennusluvan mahdollinen tarve, alustan sopivuus uudelle katemateriaalille sekä yläpohjan toiminta uudella rakenteella. [7, s. 3.]

Rakennuksen sijainti vaikuttaa tuuli- ja sadeoloihin. Suomessa ankaraa sade- ja tuulirasitusta on esimerkiksi Helsingin keskustassa meren läheisyydessä olevilla rakennuksilla. Kova tuuli vaikuttaa rakennuksen paine-eroihin ja sitä kautta lämmöneristyksen toimintaan, tuulettumiseen sekä veden ja lumen kulkeutumiseen yläpohjarakenteisiin. [7, s. 3.]

Rakennuksen sijainti vaikuttaa siihen, millaiset lämpötilat ulkona vallitsee: Lapissa on keskimäärin kylmempää kuin Etelä-Suomessa. Lämpötilaerot ulko- ja sisätiloissa vaikuttavat kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin kuten myös rakenteiden kuivumiseen. Lämpötilaerot vaikuttavat myös esimerkiksi metallikattojen lämpölaajenemiseen ja pakovoimiin. Sijainti vaikuttaa myös lumikuorman määrään ja sitä kautta kantavien rakenteiden valintaan. Lisäksi rakennuksen korkeus ja ilmanvaihto vaikuttavat yläpohjan toimintaan. Myös pienet detaljit kuten myrskypellin käyttö on huomioitava ilman rasitusoloista riippuen. [7, s. 3.]

Etenkin kattorakenteita suunniteltaessa liitoksia, läpivientejä ja muita huomioitavia erityiskohtia on paljon. Näissä erityiskohdissa tulee varmistua siitä, että rakenne on yhtenäinen ja tiivis. Läpiviennit ovat varmasti yksi suurimmista ongelmien aiheuttajista yläpohjarakenteissa. Läpivienneissä, kuten kattokaivoissa, kattopollareissa sekä kouruisissa tulisi aina käyttää valmiita liitososia. Räystäältä tuulettuvassa yläpohjarakenteessa tulee myös varmistua eristekerroksen riittävästä tuulensuojauksesta. Eristeen päällä voidaan käyttää erillisiä tuulenojaimia, jotta eriste ei liiku eikä rasitu sisäisestä konvektiosta. [7, s. 2.]

Huomioitavaa kattorakenteiden suunnittelussa on myös liitos ulkoseinään ja muihin rakenteisiin. Kylmäsillat tulisi minimoida, sillä ne saattavat lisätä kosteutta kondensoidessaan vettä. Rakenteiden ja eristekerrosten tulisi olla jatkuvia, jotta rakenteet yhdessä kokonaisuutena toimisivat mahdollisimman hyvin. [7, s. 4.]

7.3 Kattorakenteita koskevat määräykset ja ohjeet

Kattorakenteita suunniteltaessa on tiedettävä, mitä määräyksiä tulee noudattaa. Maan- käyttö- ja rakennuslaissa on määritelty rakentamisessa noudatettavat vaatimukset ja määräykset. Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMk) sisältää ohjeita ja määräyksiä lähinnä uudisrakentamisesta. Niitä tulee noudattaa soveltaen mahdollisuuksien mukaan myös korjausrakentamisessa. Rakennusmääräyskokoelma sisältää seitsemän pääotsikkoa ja jokaisen pääotsikon alla on useampi alaotsikko eli RakMk:n osa. Kattorakenteisiin liittyviä tärkeitä RakMk osia ovat erityisesti: C2 (1998) Kosteus, määräykset ja ohjeet, C4 (2012) lämmöneristys sekä E1 (2008) Rakennusten paloturvallisuus. [8.]

Kattorakenteiden suunnittelussa tulee noudattaa RakMk E1 osan palomääräyksiä sekä ottaa huomioon rakennusmateriaalien valinnassa niille asetettujen paloluokkien täyttäminen. Lisäksi suunnittelijalle hyödyllinen ohje lämmöneristykseen liittyvissä laskelmissa on RakMk C4, joka paneutuu syvemmälle rakennusfysikaalisiin laskuihin.

Rakennusmateriaalien valinnassa tulee myös huomioida 1.7.2013 voimaan tullut CE-merkintälaki. Kaikki rakennusaineet ja -materiaalit tulee olla CE-merkittyjä mikäli niille on olemassa yhtenäinen eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennusmateriaalin valmistaja on selvittänyt tuotteen ominaisuudet sekä laadunvalvonnan vaatimukset CE-merkinnän saamiseksi. Asia on hankala ja lain tulkitsemista tehdään rakennusvalvontavirastoissakin, mutta tärkeintä on huolehtia itse omalta osaltaan lain noudattamisesta mahdollisimman hyvin. [9.]

Lisäksi kattorakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa on hyvä noudattaa muita luotettavia rakennusalan ohjeita ja julkaisuja. Tällaisia ovat esimerkiksi Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n tekemät ohjeet. Hyvä uusi RIL:n julkaisu, jossa on paljon asiaa liittyen kattorakenteisiin on RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Näiden lisäksi on olemassa RT-kortteja, joissa on ohjeet jonkin tietyn rakennusmateriaalin tai tuotteen asennukseen tai käyttöön. RT-korteista on myös apua rakennesuunnittelijalle jos jonkin rakennusmateriaalin työtapaa ei ole täysin tuttu, voi työselostukseen kirjoittaa työmaalle ohjeistusta RT-kortin perusteella.

8 Kattorakenteiden yleisimmät ongelmat

8.1 Ongelmien toteaminen

Kattorakenteiden ongelmat voidaan todeta joko asukkaiden tai käyttäjien huomioiden perusteella tai erikseen tehdyllä kuntotutkimuksella. Mikäli asukkaat tai käyttäjät huomaavat esimerkiksi veden valuvan yläpohjasta ylimpään kerrokseen, on ryhdyttävä kiireesti toimenpiteisiin. Tällöin kattorakenteiden huolto on laiminlyöty ja yläpohja on vaarassa kosteusvaurioille. Lisäksi jääpuikot räystäillä talviaikaan kielivät ongelmista. Tavoiteltava tilanne on se, että ongelmat todetaan riittävän ajoissa, jotta laajempia turhia vaurioita ei pääse syntymään. Rakennuksen kuntoa tulisi säännöllisesti valvoa ja tehdä tarpeelliset huoltotoimenpiteet kuten autollekin tehdään. Liian usein rakennukset tai niiden osat päästetään niin huonoon kuntoon, että joudutaan suorittamaan laajamittaisempia korjauksia, jota ennakkoivilla toimenpiteillä ei olisi tarvinnut tehdä. [3.]

Vesikaton kuntoa tulisi tarkastella 5-10 vuoden välein kuntotutkimuksella. Kuntotutkimus on kuntotutkijan tekemä arvio kattorakenteiden kunnosta ja korjaustarpeesta. Vesikaton kuntotutkimuksessa tarkastetaan seuraavat asiat:

- katteen mekaaniset vauriot
- kattorakenteiden liittymien kittisaumojen kunto
- katteen saumat
- läpivientien tiiveys ja kunto
- ylösnostojen kunto ja riittävyys
- räystäsrakenteet ja pellitykset
- vedenpoiston toimivuus
- yläpohjan kunto ja tuuletuksen riittävyyden arvioiminen
- yläpohjan lämmöneristyksen riittävyyden arvioiminen
- rakenteiden ja vaurioiden valokuvaaminen. [3.]

Kuntotutkimuksen teettää asuinkerrostaloihin yleensä isännöitsijä. Hyvä isännöitsijä teettää kohteisiinsa sopivin väliajoin kuntotutkimuksia, vaikka ongelmia ei vielä olisi havaittavissa. Näin voidaan myös varautua rahallisesti tulevaan korjaustarpeeseen.

Kuntotutkimus maksaa keskimäärin yhdestä viiteen tuhatta euroa riippuen rakennuksen koosta, tutkimuksen laajuudesta ja haastavuudesta. Hinta saattaa tuntua suurelta, mutta tutkimuksen teettämällä voidaan välttyä suuriltakin korjauskustannuksilta kun ongelmat havaitaan riittävän ajoissa. [3.]

8.2 Tuuletuksen riittämättömyys

Puutteellinen tuuletus on yleinen ongelma erityisesti vanhemmissa jyrkissä katoissa. Tuuletus on usein hoidettu alaräystäältä, joka voi jo lähtökohtaisesti olla riittämätöntä. Ajan saatossa jälkikäteen tehdyillä korjauksilla voidaan huonontaa tuuletusta, esimerkiksi räystäspellityksellä tai lisälämmöneristyksellä voidaan vahingossa tukkia tuuletusaukkoja. Riittämätön tuuletus aiheuttaa sen, ettei yläpohjassa oleva kosteus pääse luonnollisesti poistumaan, jolloin se jää eristeisiin ja puurakenteisiin. Kuvassa 12 on esimerkki tällaisesta tilanteesta. Kohde on Helsingissä sijaitsevan kerrostalo ja suurimpana ongelmana on ummessa oleva alaräystä.



Kuva 12. Heikosti tuulettuva alaräystä [2].

Alaräystäään huonon tuuletuksen vuoksi myös puurakenteet ovat tässä kohteessa kärsineet hieman kosteusvaurioista, sillä riittämätön tuuletus ei ole poistanut niissä olevaa kosteutta. Kevytsora- ja lämmöneristealustaisissa katoissa tuuletus jää helposti riittämättömäksi joko alaräystäään raoista, alipainetuulettimista vähyydestä tai uritetuista lämmöneristeistä johtuen. Riittämätön tuuletus on suhteellisen helppo arvioida, mutta vaikeampi korjata.

Yläpohjarakenteen puutteellinen tuuletus voi siis johtua seuraavista seikoista:

- tuuletusaukkoja liian vähän tai ne ovat alimitoitettuja
- ilma-aukkojen korkeuserot liian pienet
- liian matala tuuletustila (minimissään 100 mm)
- yläpohja ei tuuleteta kauttaaltaan esim. jiiressä tai harjalla
- alaräystäään pellitys tukkii tuuletusreittiä
- lisäeristys tukkii tuuletusreittiä. [5.]

Kosteus on pahin vaurioiden aiheuttajista rakenteissa. Huonosti tuulettuva yläpohja on hyvin riskialtis rakenne. Puurakenteet voivat kärsiä kosteudesta siten, että kantavuus heikkenee. Eristeet taas ovat alttiina mikrobi- ja homeongelmille. Riittämätön tuuletus kannattaa hoitaa kuntoon katon saneerauksen yhteydessä. Hätäapuna voidaan käyttää esimerkiksi puhallinta, joka keinotekoisesti parantaa tuuletusta ennen kuin katon saneeraus saadaan käyntiin. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä ylimääräisiä väliaikaisia tuuletusreikiä alaräystäään kohdalle.

8.3 Läpiviennit ja liitokset

Liitokset ja läpiviennit ovat paikkoja, jotka ovat herkkiä työvirheille ja sitä kautta potentiaalisia kosteusvaurion riskipaikkoja. Tyypillisiä riskikohtia liitoksissa ovat esimerkiksi pulpettikatoissa tai loivissa katoissa tasolta lähtevän seinärakenteen liitoskohta. Näissä kohdissa ylösnostot ja liitosrakenteet tulee tehdä huolella ja riittävän ylös jotta esimerkiksi patoutunut vesi ei pääse rakenteiden sisään. Ylösnostojen minimikorkeus on 300 mm kun katto liittyy seinäpintaan. Loivalla katolla räystäään korkeus tulee olla minimissään 100 mm ja vedeneristys tulee aina ulottua räystäään yli ulkoseinäpinnan ulkopuolelle asti.

Läpiviennit ovat kattorakenteen kuluviimpia osia. Nykyisin läpiviennit tehdään valmiilla EPDM-kumista valmistetuilla läpivientikappaleilla. Auringon säteilystä ja lämmönvaihteluista johtuen läpivientikappaleet kovettuvat ja halkeilevat ajan saatossa jolloin niistä saattaa valua vettä yläpohjaan. Läpiviennit ovat lisäksi erittäin herkkiä työvirheille ja niitä tehtäessä tulisi olla erityisen huolellinen. Kuvassa 13 on kovettunut ja vuotava tuuletusputken läpivientikappale bitumikatolla. Myös läpiviennin viereinen bitumikaistale on kovettunut eikä siten ole enää vesitiivis.



Kuva 13. Vuotava tuuletusputken läpivienti bitumikatolla [2].

Kuvan 13 kohteessa oli vettä valunut ylimmän kerroksen sisäkattoon asti ja yhtenä todennäköisimmistä syistä tähän oli juurikin epätiivit läpivientien tiivistyskappaleet. Vesi valuu ensin eristeisiin aiheuttaen niihin kosteusriskin ja sitä kautta yhä alaspäin.

Usein erilaisissa läpivienneissä kuten putkissa tai kattoikkunoissa tiivistykseen ei käytetä valmiita läpivientitarvikkeita vaan tiivistys tehdään kittaamalla tai elastisella massalla. Kuvassa 14 on ilmanvaihtoputki, jonka tiivistys on ajan saatossa kulahtanut ja nyt liitoksesta pääsee vettä seinärakenteeseen.



Kuva 14. Ilmanvaihtoputken puutteellinen tiivistys [2].

Kaikki putket, jotka kulkevat yläpohjan läpi, tulee aina eristää. Eristämätön putki voi olla kylmempi kuin yläpohja, jolloin siihen saattaa kondensoitua kosteutta, joka valuu putkea pitkin eristeisiin. Kuvassa 15 on tyypillinen viemärin tuuletusputki, jota ei ole eristetty. Lisäksi aluskatetta ei ole tiivistetty millään tavalla läpivientiin.

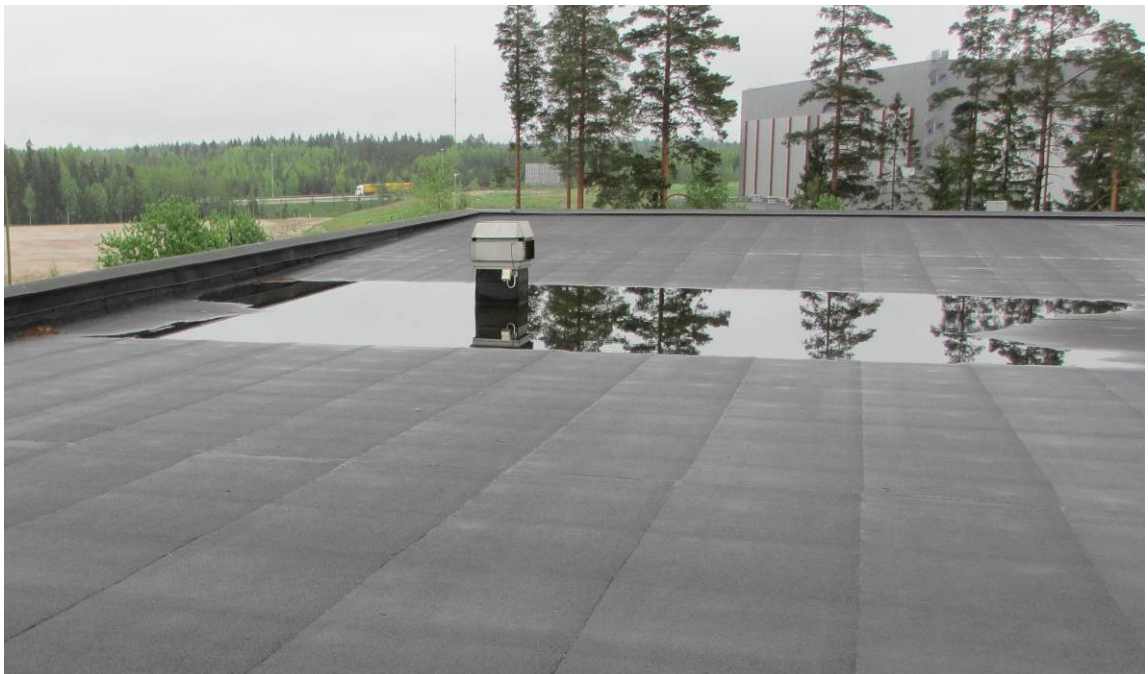


Kuva 15. Eristämätön tuuletusputki [2].

Kaikki yläpohjan läpi tulevat läpiviennit tulee lisäksi tiivistää huolellisesti höyrynsulkuun. Vuotava höyrynsulku läpäisee konvektion avulla ylimääräistä kosteutta ja lämpöä yläpohjaan. Vuotava höyrynsulku johtaa helposti kosteusvaurioihin ja kohonneisiin lämmityskustannuksiin. Höyrynsulkua tiivistäessä läpivientiin ei riitä pelkkä teippi vaan myös tässä tapauksessa on käytettävä valmiita tiivistyslaippoja tai tarvikkeita, jotka soveltuvat kyseiselle tuotteelle. Lisäksi käytettäessä aluskatetta on myös kaikki aluskatteen läpi kulkevat läpiviennit tiivistettävä huolellisesti.

8.4 Katevuodot ja vedenpoiston ongelmat

Vesikatteen vuotaminen yläpohjarakenteisiin voi suurina määrinä olla todella haitallista. Vesikatevuodot johtuvat usein epätiivistä saumoista. Vuotavia saumoja voi olla esimerkiksi bitumikermikatteissa tai peltikatteissa. Etenkin loivalla katolla, jos vesi pääsee lammikoitumaan, on riski että vesi vuotaa saumoista yläpohjaan. Kuvassa 16 on teollisuusrakennuksen bitumikatto, jonka kattokaivot olivat tukossa, jolloin vesi pääsi lammikoitumaan runsaasti. Mikäli kyseisen kohteen vesikatteen saumat olisivat olleet epätiivittä, olisi kuvassa oleva vesimäärä voinut aiheuttaa vakavia kosteusvaurioita. Kattokaivojen puhdistus onkin tärkeä huoltotoimenpide vesikatolla. [5.]



Kuva 16. Veden lammikoitumista loivalla katolla [2].

Katevuotoja ja lammikoitumista voi myös tapahtua, mikäli kallistukset ovat riittämättömät. Lisäksi väärin mitoitettu kattokaivojen määrä ja kantavien rakenteiden taipumat voivat aiheuttaa lammikoitumista. Sateen jälkeen oikein toimivalla loivalla katolla saisi olla maksimissaan 15 mm syviä lätäköitä. [1, s. 43.]

Myös liian matala räystäskorkeus, puutteelliset pellitykset ja vedeneristeen riittämätön ylösnosto voivat olla potentiaalisia kosteusvaurion aiheuttajia. Lumenpoiston yhteydessä tapahtuu usein työvirheitä jolloin vesikatteeseen saatetaan hakata reikiä. Lämpöliikkeet, katolla tapahtuva toiminta tai puutteellinen vesikatteen kiinnitys voivat myös aiheuttaa katteen repeytymistä ja johtaa vuotamiseen.

Talvisin katoilla tapahtuu lumen sulamista, mikäli yläpohja ei toimi oikein. Yläpohjan lämpötila on tällöin huomattavasti korkeampi kuin ulkoilman, jolloin ylös nouseva lämmin ilma lämmittää vesikatetta ja sulattaa sen päällä olevaa lunta. Sulanut lumi voi aiheuttaa vedenpainetta, jota esimerkiksi peltikattoja ei suunnitella kestävänsä, jolloin vettä saattaa vuotaa yläpohjaan. Viitteitä väärin toimivasta kattorakenteesta antaa talvisin räystäälle ilmestyvät jääpuikot. Sulava lumi valuu kattoa pitkin räystäälle ja jäätyy siihen puikoksi.

8.5 Suunnittelu- ja toteutusvirheet

Kattorakenteiden toimintaan liittyvät ongelmat saattavat johtua myös suunnittelu- tai toteutusvirheestä. Yleisesti ottaen nykyään tunnetaan kattorakenteiden toimintaa paljon paremmin kuin aikaisemmin. Lisäksi materiaalit ovat kehittyneet tiiviimmiksi ja pitkäikäisemmiksi. Suurin osa rakennuskannasta on kuitenkin vuosikymmeniä sitten suunniteltuja ja rakennettuja, joten niiden korjaamisessa tulisi ottaa huomioon silloiset suunnitteluperusteet ja materiaalit.

Rakenteiden suunnittelussa puutteita on eniten tuuletuksessa. Riittävän tuuletuksen järjestäminen on ensiarvoisen tärkeää ja korjausta suunniteltaessa tulisikin varmistua rakenteiden riittävästä tuuleuksesta ja kosteuden poistosta. Erityisesti vinot sisäkatot ovat usein suunniteltu vain 50 mm tuuletilalla, joka voi käytännössä olla lähellä nolaa rakenteiden taipumien ja aluskatteen painuman johdosta. [3.]

Muita mahdollisia puutteita suunnittelussa ovat:

- myrskypellin puuttuminen
- väärät kallistukset
- väärä alusta tai aluskate
- kattokaivojen vähyys
- vedenpoiston puutteet. [10.]

Kattoa saneerauksen yhteydessä yllä mainitut seikat voidaan suhteellisen helposti korjata. Suunnittelijan on hyvä harkita aina katteen uusimisen lisäksi mahdollisia parannustoimenpiteitä katon mahdollisimman hyvän toiminnan ja pitkän käyttöiän saavuttamiseksi.

Rakennusaikaisia virheitä tapahtuu huomattavasti enemmän kuin suunnitteluvirheitä. Työmaalla rakennusmiehet eivät välttämättä edes ymmärrä, miten tärkeää on esimerkiksi höyrynsulun tai läpivientien tiiveys. Tästä johtuen työvaiheet saatetaan tehdä hutiloiden ja lopputulos ei siten ole toivottu.

Työmaan virheillä saatetaan myös tietämättä vaikuttaa yläpohjan rakennusfysikaaliseen toimintaan merkittävästi. Alla olevassa kuvassa 17 on alaräystään pellitys tukkinut täysin suunnitellun tuuletusraon jolloin yläpohjan tuuletus jää vajaavaiseksi.



Kuva 17. Tukossa oleva alaräystään tuuletusrako

Rakennusaikaista kosteutta voi päästä rakenteisiin, mikäli katon suojaus ei ole työmaavaiheessa riittävää. Kattoa rakentaessa tai korjattaessa tulisikin pyrkiä saamaan yläpohjalle suoja esimerkiksi aluskatteesta mahdollisimman nopeasti. Toisaalta on huomioitava, että aluskate ei saisi altistua pitkiä aikoja auringon UV-säteilylle ja siihen saattaa tulla repeämiä mikäli sen päällä kävellään huolimattomasti.

9 Korjausratkaisut

Kattorakenteita korjattaessa ei yleensä kannata keskittyä vain yhden osion parantamiseen, vaan on ajateltava rakenteiden toimintaa kokonaisuutena. Kun suunnitellaan korjausta, on otettava huomioon vedenpoiston, tuuletuksen sekä lämmöneristyksen toiminta. Kattoremonttiin lähdetään yleensä kun itse vesikate on käyttökänsä päässä. Kuitenkin kun rakenteet ovat auki, on hyvä mahdollisuus parantaa koko katon toimintaa. Seuraavissa luvuissa 9.1-9.6 käydään läpi korjaustoimenpiteitä ja asioita, joita on suositeltava tehdä kattoremonttia suunniteltaessa.

9.1 Tuuletuksen parantaminen

Katon tuuletus voidaan todeta puutteelliseksi joko rakenneselvityksessä, tai kuntotutkimuksessa tehdyissä havainnoissa. Tuuletuksen parantaminen on yleisesti ottaen suhteellisen raskas toimenpide joka kannattaa tehdä vesikatteen uusimisen yhteydessä. Kuten aiemmin mainittu, tuuletus voi olla puutteellinen alaräystään tuuletusvälistä, ilmanotto ja -poistoaukoista tai alipainetuulettimien vähyydestä johtuen.

Tuuletuksen parantamista suunniteltaessa on huomioitava katon tuulettuminen kauttaaltaan: pelkkien alipainetuulettimien lisääminen ei välttämättä riitä. Loivilla katoilla tuuletus tapahtuu räystäältä ja alipainetuulettimista ja tuuletuksen riittävyys on kiinnitettävä erityisesti huomiota. Myös työmaavaiheessa on varmistuttava siitä, että esimerkiksi räystäspellityksen yhteydessä ei tukita tuuletusreikää, kuten kuvan 17 kohteessa on tapahtunut.

Jyrkällä, erityisesti ullakkorakenteisella yläpohjalla varustetulla katolla on tuuletuksen lisääminen huomattavasti helpompaa kuin loivalla katolla. Silti on otettava huomioon yläpohjan mahdolliset kosteuslisät, mikäli ei voida olettaa höyrynsulkua tiiviiksi. Lisäksi

mikäli ullakkorakenteista yläpohjaa käytetään esimerkiksi pyykkien kuivatukseen, on siitäkin aiheutuva kosteuslisä huomioitava. Yläpohjan tuuletuksessa suunnittelun perustana voidaan käyttää taulukossa 2 (s. 8) annettuja arvoja.

Usein jyrkän katon tuuletuksen puutteet johtuvat alaräystään tuuletuksen riittämättömyydestä. Kuvassa 18 on rivipeltikaton alaräystä, jonka tuuletukselta on parannettu kattovasojen päälle asennettavilla kiiloilla. Kyseessä on sama Helsingissä sijaitseva rakennus kuin kuvassa 2 (s. 5).



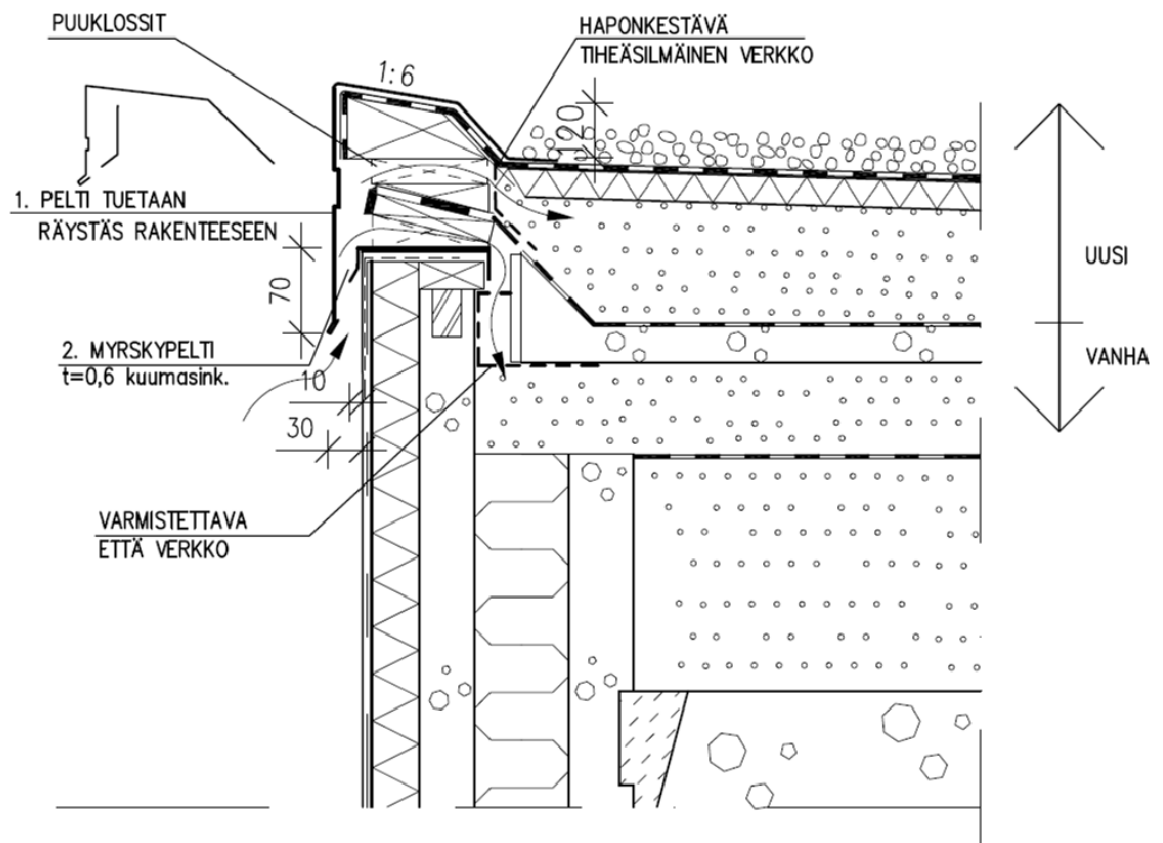
Kuva 18. Alaräystään tuuletukselta parannettu korjauksen yhteydessä [2].

Ennen korjausta kyseisen kohteen alaräystä oli lähes ummessa, tuuletus oli todettu puutteelliseksi ja laudoituksessa oli havaittavissa merkkejä kosteusvauriosta. Jälkikarakastuksen yhteydessä todettiin, että tuuletuksen lisääminen korjasi aiemmat ongelmat. Kaikkiin kohteisiin kuvan kaltainen korjaus ei tietenkään onnistu. Mikäli kiilojen lisääminen on rakenneteknisesti mahdollista, on se hyvin yksinkertainen ja kustannustehokas tapa tuuletuksen parantamiseksi kattoremontin yhteydessä. Räystäsdetaljia suunniteltaessa on kuitenkin huomioitava korkeusaseman muutos.

9.2 Lisälämmöneristys

Lisälämmöneristys on erittäin hyvä ja kustannustehokas tapa rakennuksen energiatalouden parantamiseen. Kattoremontin yhteydessä tulisi aina pohtia onko lisälämmöneristys tarpeellista tai mahdollista. Yleisesti ottaen erillisellä yläpohjalla varustetulle katolle voidaan helposti lisätä villaa joko levyinä tai puhaltamalla. Muille kattotyypeille lisälämmöneristys on yleensä suotavaa ja suhteellisen helposti toteutettavissa kattoremontin yhteydessä. Lisälämmöneristys kuitenkin muuttaa yläpohjan olosuhteita otollisemmaksi homeen kasvulle. Lisäksi aluskatteena tulee käyttää tuotetta joka ei ole herkkä homehtumaan. [11, s. 59.]

Kuvassa 19 on parannettu kevytsorakaton rakenne. Kyseessä on saman kohteen parannettu vesikaton leikkaus mikä kuvassa 10 (s. 22) on esitetty.



Kuva 19. Parannettu kevytsorakaton rakenne [2].

Kyseisen kohteen rakennetta voidaan kutsua hybridi-rakenteeksi, sillä siinä yhdistyy lämmöneristyslevyalustan sekä kevytsorakaton rakenteita. Varsinainen lisälämmöneristyksen määrä ei ole kovinkaan merkittävä, sillä lisäeristettä on 30 mm:n paksuinen kova eriste sekä jonkin verran kevytsoraa. Työteknisesti katon korjaus helpottuu kuitenkin merkittävästi, sillä vanhaa kermiä ei tarvitse purkaa eikä uutta pintalaattaa valaa. Lisäksi kova lämmöneriste toimii hyvin uuden kermin alustana ja sen avulla on helpompi tehdä vaadittavat kallistukset. Myös räystäsrakennetta on parannettu tekemällä siihen vaadittavat kallistukset ja lisäämällä myrskypeltti. Myrskypellin lisääminen on erittäin tärkeä yksityiskohta, sillä kohde sijaitsee Helsingissä meren läheisyydessä. Räystäsrakenteesta tuulettuu sekä vanha että uusi rakennekerros. Lisäksi katolle asennetaan tarvittava määrä alipainetuulettimia.

9.3 Tiiveyden parantaminen

Kattorakenteiden tiiveyden parantamisella tarkoitetaan höyrynsulun, läpivientien sekä varsinaisen vesikatteen tiiveyden parantamista. Mikäli yläpohjassa on havaittavissa merkittäviä höyrynsulun vuodosta johtuvia kosteusvaurioita, voidaan höyrynsulkua yrittää tiivistää läpivientien sekä ongelmapaikkojen kohdilta. Kuitenkin koko höyrynsulun uusiminen vaatii hyvin paljon purkamista eikä se yleensä ole kannattavaa. Tarvittavat paikkailut kannattaa kuitenkin mahdollisuuksien mukaan tehdä.

Vesikatteen tiiveyttä voidaan parantaa läpivientikappaleiden uusimisella sekä vuoto-kohtien paikkaamisella. Kuten luvussa 8.3 on käsitelty, läpiviennit ovat vesikaton kulu-vimpia osia ja niitä uusimalla voidaan pidentää katon elinkaarta. Mikäli vesikatteella on käyttöikä vielä jäljellä, on perusteltua tehdä vain paikallisia korjauksia ennen koko katteen uusimista. Vesikatteen paikkaamisella voidaan tarkoittaa katetyypistä riippuen esimerkiksi haljenneiden kattotiilien vaihtamista, peltikatteen saumojen ja reikien tiivistämistä tai bitumikermikatolle asennettavia paikkoja. Korjaustoimenpiteet on aina suoritettava tapauskohtaisesti kuntotutkijan tai korjaussuunnittelijan suositusten mukaisesti.

9.4 Vedenpoiston parantaminen

Jyrkillä katoilla vedenpoisto on harvemmin ongelma kuin loivilla katoilla. Jyrkillä katoilla tulee kuitenkin varmistua räystäskourujen puhtaudesta, tiiveydestä sekä kaadoista.

Yleisempi ongelma on kuitenkin loivan katon vedenpoiston ongelmat, kuten luvussa 8.4 on käsitelty. Ongelmien syynä voi olla kaatopuutteet tai kattokaivojen vähyys. Näitä ongelmia ei voida korjata kuin muun kattoremontin yhteydessä. Kaadoissa tulee noudattaa taulukoissa 3 ja 5 annettuja arvoja sekä rakenteita. Kattokaivojen maksimi valumamatka tulisi olla 15 m ja määrä 1 kattokaivo/150-200 m² kun kaivon halkaisija on yli 100 mm. [1, s. 34.]

9.5 Koneellinen tuuletus

Asunto-osakeyhtiöissä kattoremontin aloittamiseen voi ongelmien havaitsemisen jälkeen mennä helposti jopa vuosi. Kattovuodon tai puutteellisen tuuletuksen aiheuttama rakenteiden kastuminen voi aiheuttaa sisäilmaongelmia ja oireilua asukkaissa. Suurimmat katevuodot voidaan paikata, mutta tämäkään ei välttämättä riitä poistamaan ongelmaa. Varsinainen kattoremontin suunnittelu tulee tällaisessa tilanteessa aloittaa välittömästi. Hätäratkaisuna olosuhteiden parantamiseen voidaan käyttää koneellista tuuletusta kosteuden poistamiseen yläpohjasta ja sitä kautta rakenteiden kuivatukseen. Yläpohjaan siis sijoitetaan koosta riippuen yksi tai useampi sähkökäyttöinen puhallin, joka mahdollisesti myös kerää kosteutta. Mahdolliselle vedenpoistoletkulle tulee luonnollisesti tehdä reitti ulos, jotta koneeseen kertynyt kosteus ohjataan hallitusti pois yläpohjasta. Koneellinen tuuletus on harvemmin käytetty, mutta joissain tapauksissa toimiva hätäapu ennen kuin kattoremontti ehtii alkaa.

9.6 Peltikaton esimerkkikorjaus

Tässä luvussa käsitellään jyrkän peltikaton parannustoimenpiteitä korjauksen yhteydessä. Esimerkkikohde on vuonna 1995 valmistunut Helsingissä sijaitseva kerrostalo. Talon seinät ovat sandwich elementtejä, katon kantavana rakenteena toimii ontelolaa-tasto ja vesikatteenä konesaumattu peltikatto. Suurimpia ongelmia olivat tuuletuksen puutteellisuus aluskatteen painumien ja liian matalan tuuletustilan johdosta, aluskatteen repeämät, peltikatteen toteutusvirheet sekä aluskatteen läpivientien puutteet. Kuntotutkimuksessa todettiin, että paikalliset korjaukset eivät riitä takaamaan katon toimintaa vaan suosituksena oli koko katteen uusiminen ja rakenteen parantaminen tuuletuksen osalta. [3.]

Liitteessä 1 on esitetty kohteen alkuperäinen yläpohjarakenne. Rakenteen tuuletusrako 50 mm on liian matala nykysuositukseen nähden. Aluskatteen painumien johdosta tuuletusrako oli osittain lähes ummessa. Aluskatteena käytetty panssari-aluskate ei ole ominaisuuksiltaan läheskään yhtä hyvä kuin nykyiset aluskatteet. Lisäksi vedenpoisto ei ole paras mahdollinen räystäskourujen puuttumisen johdosta. Myöskään myrskypeltejä ei oltu asennettu.

Korjatussa rakenteessa (liite 2) on huomioitu kaikki nämä puutteet ja ongelmat. Tuuletusrako on kasvatettu nykysuosituksia vastaavaan arvoon 100 mm ja alaräystään tuuletusrako on määritelty minimissään 30 mm leveäksi. Alaräystään tuuletusrakoon on lisätty myös hyönteisverkko, jotta tuuletusraon tukkeutumisen riski minimoidaan jatkossa. Myös myrskypeltti on lisätty, sillä rakennus sijaitsee tuulisella paikalla joten sen käyttö on hyvin perusteltua. Aluskatteena käytetään nykyaikaista vapaasti asennettavaa katetta (AKV) jota jatketaan suositusten mukaisesti 200 mm seinälinjan yli. Aluskatteen tuuletusta on parannettu vaihtamalla aluskatteen korokerimat 30 mm korkeiksi ja vesikatteen tuuletusta vaihtamalla umpilaudoitu ruoteisiin. Vedenpoisto hoidetaan ohjatusti räystäskouruja pitkin. Näiden lisäksi samalla parannetaan energiataloutta kasvattamalla eristepaksuutta 50 mm jolloin U-arvo paranee arvosta $0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{k}$ arvoon $0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{k}$.

Työmaavaiheessa varmistetaan korjaustoimenpiteiden onnistuminen riittävällä valvonnalla. Erityisesti läpivientien tiivistys ja aluskatteen asennus ovat kriittisiä työvaiheita. Näillä toimenpiteillä saavutetaan uuden katon käyttöikäksi jopa 60 vuotta ja huoltotoimenpiteitä suositellaan tehtäväksi 10–15 vuoden välein. [3.]

10 Yhteenveto

Suomen rakennuskanta on erityisesti pääkaupunkiseudulla jatkuvasti ikääntyvää ja korjauksen tarpeessa. Vesikatto on tärkeä osa julkisivua ja koko rakennuksen toimintaa ja siksi sen kunnosta tulisi huolehtia hyvin. Jatkuvasti kiristyvät energiamääräykset asettavat lisää vaatimuksia erityisesti yläpohjan toiminnalle. Huolellisella suunnittelulla ja testauksilla varmistutaan kattorakenteiden oikeasta toiminnasta. Tulevaisuudessa myös korjaussuunnittelussa tulee parantaa rakennuksen energiataloutta ja siksi on tärkeää, että suunnitellaan toimivia rakenteita eristepaksuuksien kasvaessa.

Tässä työssä käsiteltiin aluksi erilaisia katto- ja yläpohjatyypppejä. Tämän jälkeen siirryttiin käsittelemään yläpohjan eri osia ja vesikatetyyppejä. Aiheisiin sisällytettiin myös ohjeita ja suosituksia nykyaikaisten kattorakenteiden vaatimuksista. Perustietojen jälkeen käsiteltiin syvällisemmin yläpohjan rakennusfysiikkaa: miten yläpohja toimii ja mihin toiminta perustuu. Seuraavaksi käsittelyyn otettiin lyhyesti rakennesuunnittelijalle asetettuja vaatimuksia ja ohjeita siitä, mitä tulee erityisesti kattorakenteita suunniteltaessa ottaa huomioon. Viimeisissä kappaleissa käytiin läpi yleisimpiä kattorakenteisiin liittyviä ongelmia, niiden aiheuttajia sekä yleisimpiä korjausratkaisuja esimerkkien avulla.

Työ onnistui mielestäni erittäin hyvin ja uskon, että siitä on apua etenkin aloittelevalle rakennesuunnittelijalle tai kuntotutkijalle. Työn rakenne ja sisältö muovautuivat lopulta hieman erilaiseksi mitä aluksi oli ajateltu, mutta lopputulos on varmasti kattavampi ja kokonaisuutena onnistuneempi. Joihinkin asioihin olisi voinut paneutua vielä syvällisemmin, mutta mielestäni sain näihin raameihin sisällytettyä riittävästi ja tärkeää asiaa.

Tuloksena saatiin käsiteltyä yleisimmät kattorakenteisiin liittyvät ongelmat ja niiden aiheuttajat. Lisäksi apuna käytetyt kuvat ja esimerkkikohteet antavat mielestäni hyvän lisän työlle. Lopuksi annetut korjausratkaisut antavat hyvät lähtökohdat rakennesuunnittelijalle katon korjaussuunnitteluun sekä kuntotutkijalle toimenpide-ehdotuksiin. Kaikki rakennukset ja kohteet ovat toki erilaisia, mutta annettuja korjausratkaisuja voidaan käyttää soveltaen useimpiin kohteisiin.


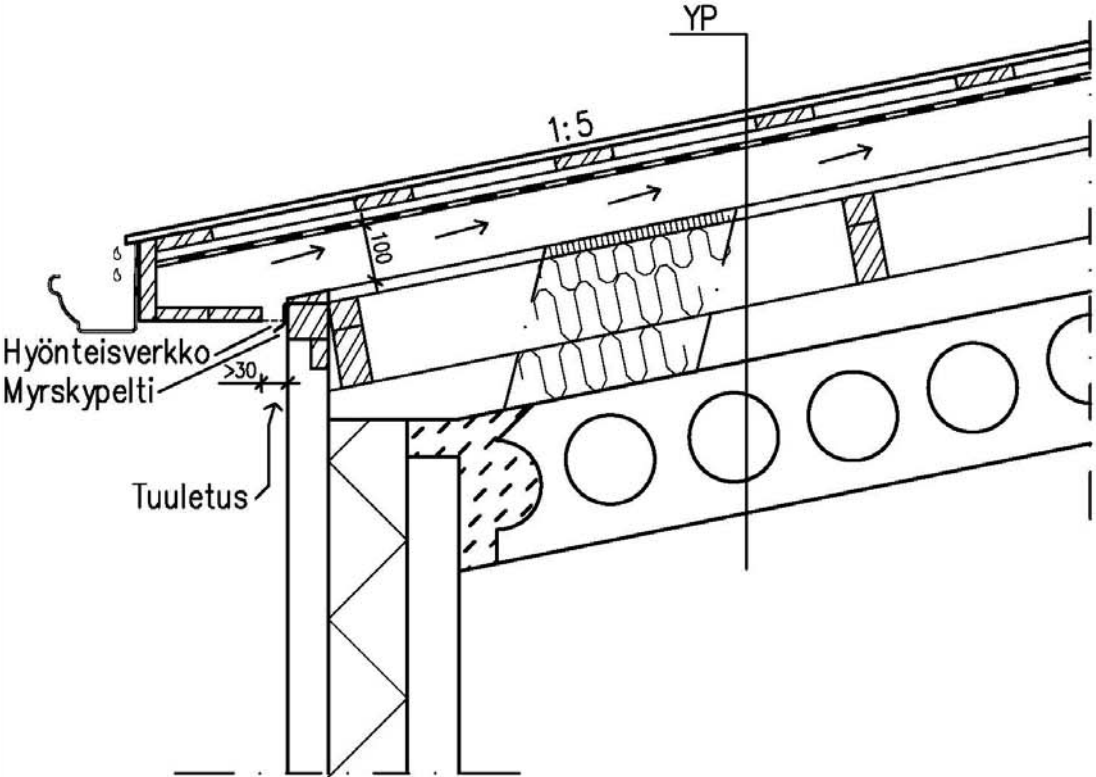
Lähteet

- 1 Toimivat katot 2013. Verkkodokumentti. Kattoliitto. <http://www.kattoliitto.fi/files/504/Toimivat_Katot_2013_reduced_size_.pdf> Luettu 15.5.2013.
- 2 Roope Sell.
- 3 Suvanen, Santtu. Kuntotutkija, RI, Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy, Vantaa. Keskustelu 6.6.2013.
- 4 RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 2012. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry. Saarijärven Offset Oy.
- 5 RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry. Saarijärven Offset Oy.
- 6 Björkholtz, Dick. 1987. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- 7 RIL 255-2013 (luonnos). Luku 8 rakennusratkaisujen rakennusfysikaalinen toiminta / Matti Pentti. 22.3.2013. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry.
- 8 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma> Luettu 1.8.2013.
- 9 CE-merkintä. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuot_ehyvaksynta/CEmerkinta> Luettu 2.8.2013.
- 10 Rajala, Jari. Rakennesuunnittelija, RI, Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy, Vantaa. Keskustelu 3.8.2013.
- 11 Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. 2012. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Esimerkkikohteen yläpohjan alkuperäinen rakenne

Rakennuskohde As Oy Esimerkki Esimerkkikatu 1 00100 Helsinki	Suun.	Muutos	Suunn.da	Mittakaava	Koodi
	RS				
Raksystems Anticimex Ins.tsto Oy Vetotie 3 A, 01610 Vantaa Puh. 0207 495 555 Fax. 0207 495 600	Pvm	Pvm	RAK	1:10	YP 1 (V)
	10.08.2013				
Piirustuksen sisältö YLÄPOHJAN VANHA RAKENNE					
<p>Yläpohjarakenne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konesaumattu peltikate - 22x100 laudoitus - 22 mm korkeat rimat - Panssari-aluskate - 85x50 koolaus + tuuletusrako - Ristiin koolaus 100x50 k900 + mineraalivilla 230 mm - Ontelolaatta 265 <p>U-arvo: 0,20 W/m² k</p>					

Esimerkkikohteen yläpohjan korjattu rakenne

Rakennuskohde As Oy Esimerkki Esimerkkikatu 1 00100 Helsinki	Suun. RS	Muutos	Suunn.dia	Mittakaava	Koodi
Raksystems Anticimex Ins.tsto Oy Vetotie 3 A, 01610 Vantaa Puh. 0207 495 555 Fax. 0207 495 600	Pvm 10.08.2013	Pvm	RAK	1:10	YP 1 (U)
		Piirustuksen sisältö YLÄPOHJA KORJATTU RAKENNE			
					
Yläpohjarakenne:					
<ul style="list-style-type: none"> - Konesaumattu peltikate - 22x100 ruoteet - 30 mm korkeat rimat - Aluskate (AKV) - 85x50+75x50 koolaus + tuuletusrako - Ristiin koolaus 100x50+50x50 k900 + mineraalivilla 280 mm - Ontelolaatta 265 					
U-arvo: 0,15 W/m ² k					