



## RAKENNUSTIETO >

# Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> [rakennustieto.fi/rk/palvelut](https://rakennustieto.fi/rk/palvelut)

### Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

# Loivat tuuletetut katot, pitkät lappeat

Vilho Pekkala, diplomi-insinööri  
Insinööri-toimisto Mikko Vahanen Oy  
vilho.pekkala@vahanen.com

2

## Johdanto

Matalalla tuuletusvälillä varustettujen yläpohjiin kosteusteknisessä toimivuudessa on todettu puutteellisuuksia, jotka ovat johtaneet home- ja lahovaurioitumisiin sekä pahimmissa tapauksissa myös veden vuotamiseen sisätiloihin. Puutteellisuuksia ja turmelmisia on jo tavanomaisissakin tapauksissa, mutta pitkien lappeiden yhteydessä selvästi enemmän.

Loivahkoja pitkälappeisia kattoja on melko paljon. Niitä on kauppakeskuksissa, liiketaloissa, kouluissa, päiväkodeissa, sairaaloissa, tuotantorakennuksissa jne. Suunnittelussa on yleensä otettu huomioon tuuletukselle tarpeelliset räystäsraot, korkeudeltaan ohjeiden mukainen tuuletusväli, on käytetty tarvittaessa alipainetuulettimia jne. Piirustuksia tarkastelemalla vesikaton ja yläpohjan muodostama kokonaisuus vaikuttaa ohjeiden mukaan suunnitellulta. Yleisesti esiintyvien pikku virheellisyksien lisäksi suuria oleellisia puutteellisuuksia ei välttämättä löydetä myöskään valmiista rakenteesta. Kuitenkin rakenne on voinut lähteä turmeltumaan. Tarkemmissa selvityksissä katon ja yläpohjan heikon toimivuuden syyt on yleensä pystytty paikallistamaan ja suunnittelemaan korjaukset.

Tämän artikkelin katoilla tarkoitetaan kevytrakenteisia yläpohjia, joissa on puurakenteita kantamassa vesikatetta, noin 10 cm:n tuuletusväli, yläpohja on vesikaton suuntainen, mineraalivillalämmöneristys, höyrynsulkuna on muovikalvo, sen alapuolella harvarimoitus sekä sisäpuolen kattopintana rakennuslevy tai puoli-ponttipaneeli. Vesikatteenä on tavallisesti epäjatkuva kate varustettuna aluskatteella tai ilman aluskatetta. Katemateriaaleina on useimmiten peltikate, tiilikate ja huopakate. Huopakattoratkaisuihin kuuluu myös tiiviillä katteella varustettuja, tuulettumisen kannalta täysin vaaka-suoria yläpohjia, joissa katteen alustalla on hyvin pienet kallistukset. Kattoluukkuja ei yleensä ole rakennettu, joten rakenteen vaivaton tarkasteleminen, esimerkiksi härmeen havainnointi, ei ole mahdollista.

Se, että yleensä tuulee yhdestä ja samasta suunnasta vaikuttaa myös tuuletusilman virtauksiin rakenteessa. Useissa katoissa tuuletusilman liikkeille on rakennesyistä vain yksi mahdollisuus palkkivälien muodostamia kanavia pitkin. Lievissä turmeltumistapauksissa on voitu todeta, että tuuletusilman tuloreunalla useiden metrien matkalla puurakenteet ovat täysin ”puhtaat”, sitten alkaa enenevästi esiintyä homepilkkuisuutta ja vastakkaiselle reunalle saavuttaessa tuuletusvälissä olevat puurakenteet ovat homeesta mustia. Pienehköillä suunnitteluratkaisujen ja työtapojen johdonmukaisilla parantamisilla useimpien tapauksen vaurioituminen olisi voitu kokonaan välttää. Kentälle olisikin saatava tietoa hyvistä toimivista ratkaisuista, mutta toisaalta myös vältettävistä, riskejä sisältävistä ratkaisuista.

Ilmatiiviyys käsitteenäkin vaikuttaa olevan uusi ja käytännön toiminnan tasolla huonosti tunnettu. Ei tiedetä, tarvitaanko ilmatiiviyttä ja jos tarvitaan, mitä kaikkea sen saavuttamiseksi pitäisi tehdä myös käytännössä. Kun yläpohjan alapinnan ilmatiiviyys saadaan onnistumaan hyvin, yläpohjan kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseen riittää sangen vähäinen tuuletus. Toistaiseksi rakennusten ulkovaipan sisäpinnan ilmatiiviyteen ei ole aina edes pyritty. Hämmennystä aiheuttaa koulukunta, joka tehotokkaasti julkisuutta saaden esittää, että ”pulosssa ei voi asua”, höyrynsulkua ei saa olla jne.

## Kattoselvityksiin perustuvia huomioita

Kattojen vaurioselvitysten yhteydessä on tullut esille kaikkea mahdollista, seuraavanlaisia asioita toistuvasti:

- Vesikatteenä on epäjatkuva kate, jonka läpi pääsee sade- tai sulamisvettä tietyissä olosuhteissa. Myös konesaumattu peltikate on epäjatkuva kate toisin kuin usein uskotaan. Kattaminen on ihmisen tekemää työtä, joten saumoissa on myös vuotokohtia. Peltikatteen pitävät yleensä kesäsaateet, mutta katolla syntyy

vedenpaineita mm. lumisohjon sisälle jopa koko katon alueella, mutta erityisesti jääpatojen vuoksi. Padotuksia syntyy sisätaiteisiin ja muiden lumen liukuesteiden taakse.

- Katemateriaaliin nähden on valittu liian loiva kattokaltevuus. Ongelmia on tullut heti uutena. Loivat kaltevuudet ovat tulleet muutiin, valtakunnallisista ohjeista löytyviä (liian rohkeita) alarajoja hipoen. Tiilikattoihin on kyllä asennettu aluskate, mutta sitä ei ole tehty toisinaan. Sangen loivista rivipeltikatoista ja poimulevykatoista puuttuu aluskate; tosin ne on tehty materiaaliakohtaisia ohjeita noudattaen.
- Bitumikalteattojen alla ei ole alushuopaa ja laatat on kiinnitetty hakasilla.
- Peltikatteen jalkakourut ovat johtaneet vuotamisiin, eikä aluskatetta ole käytetty. Riskinalaiset hakasaumat altistuvat seisovan veden paineelle nimenomaan loivilla kaltevuuksilla, ja sauma sijaitsee vaarallisesti yläpohjan tai seinän päällä toisin kuin jyrkemmällä kaltevuuksilla, jolloin se on räystäsalueella.
- Lumen liukuesteet ovat vuosien kuluessa lisääntyneet katoilla ja niitä sijoitetaan entistä riskialttiimpiin kohtiin, harjalta alemmas lappeelle. Liukuesteet ovat kasvattaneet padotusten suuruutta ja vaikutusaikaa. Tämäkin korostuu loivilla kaltevuuksilla.
- Aluskate puuttuu tilanteissa, joissa terveen järjen harkintaa käyttämällä se ilman muuta olisi tullut suunnitella ja asentaa.
- Aluskatteena on vesihöyrytiivis materiaali, mutta kateen ja aluskatteen välin tuuletusvuus on heikko ja se on johtanut kateen alustan vaurioitumiseen. Samanaikaisesti lämmöneristeen ja aluskatteen väli on kunnossa.
- Aluskatteen läpiviennit eivät ole johdonmukaisen vesitiiviitä; jos aluskatteelle pääsee vettä, se valuu läpiviennin juuresta rakenteeseen. Alareunalla aluskate on joissakin tapauksissa päätetty liian aikaisin, jolloin se juoksuuttaa vedet seinään.
- Aluskatteeksi on valittu mahdollisimman halpa materiaali.
- Yläpohjan tuuletus ei ole voinut alun perinkään toimia. Tuuletussuunnitelmaa ei ilmeisesti ole tehty lainkaan, koska sitä tehtäessä toimimattomat kohdat olisi mitä ilmeisimmin havaittu.
- Yläpohja on vesikaton suuntainen, kattopalkit muodostavat räystäältä toiselle harjan yli johtavia tuuletuskanavia ja pituussuuntainen harjakanava puuttuu. Kummallakin lappeella lämpenevä tuuletusilma pyrkii ylöspäin, muttei pääse minnekään. On syntynyt ”lämpötulppa” ja rakenne on kostunut. Vain reipas tuuli työntää tuuletusilman liikkeelle.
- Yläpohjan alapinta ei ole alkuunkaan ilmatiivis. Sisäilmaa pääsee vuotamaan yläpohjarakenteeseen ja myös päinvastoin, kulloisistakin painesuhteista riippuen. Tämä on erittäin

yleinen vika, eräs pahimmista koko rakennuskannan virheellisyyksistä. Kireä, rimojen varassa roikkuva muovi kannattaa lämmöneristysvilloitusta, muovin saumat vuotavat, muovin on syntynyt ja siihen on myös tahallaan tehty (sähköasennukset) paljon reikiä. Läpivientien juuria ei ole aina yrittettykään tiivistää. Puoliponttipaneeli on yleistynyt kattoverhouksena, joten siitäkään ei ole apua ilmatiivyyteen.

- Rakennustyön aikaista talvea ei ole hallittu, vaan yläpohja on päästetty kastumaan sisäpuolisesta kosteudesta. Mikrobikasvat ovat päässeet hyvään vauhtiin, jos talvi on ollut leuto.
- Seinän ja yläpohjan sauma on tavallinen ilmavuotokohta.
- Räystäsräjoista on tuuletusilman mukana päässyt pölylunta lämmöneristeen päälle. Se olisi voitu estää asentamalla rakoihin verkko.

## Kosteuslähteitä

Yläpohjan haitallisen kosteuden lähteitä on neljä: rakennusaikainen kosteus, kateen vuodot, sisäilmasta siirtyvä kosteus ja tuuletusilmasta tiivistyvä kosteus.

Rakennusaikasta kosteutta joutuu ja jää rakenteisiin silloin tällöin sadevetenä, lumena ja kastuneissa materiaaleissa, siinä määrin hankalat säälöt ovat maassamme. Jos rakenne on toimiva, pienehköt kosteusmäärät kuivuvat pois ehtimättä aiheuttaen haittaa.

Katevuodot saattavat olla niin pieniä tiikkuvuotoja, ettei niistä tule vettä sisälle näkyviin, mutta ne saattavat pitää puurakenteita kosteina liian pitkiä aikoja.

Sisäilmasta voi siirtyä yläpohjarakenteeseen kosteutta diffuusisesti höyrynsulun läpi tai ilmavirtauksen mukana. Vain kylmällä vuodenajalla on käytännön merkitystä, koska vain silloin rakenteessa tapahtuu vuotoilman jäähtymistä ja ylimääräisen kosteuden tiivistymistä. Jos sisäilman kosteuslisä on talvella ulkoilmaan verrattuna nolla, sisäilmasta ei periaatteessa voi syntyä haitallista kosteusvaikutusta diffuusion eikä ilmavuotojen kautta. Asunnoissa on yleensä kuitenkin jonkin suuruinen kosteuslisä, tavallisesti 1–3 g/m<sup>3</sup> ilmaa, mutta huomattavasti suurempiakin määriä on mitattu. Kun kosteutta tiivistyy, se tapahtuu kylmimpiin kohtiin eli lähinnä kateen tai aluskatteen alapintaan. Pakkasaikoina tiivistyvä kosteus jäätyy. Pitkän ajan kuluessa jään määrä kasvaa suureksi ja sulaessaan se aiheuttaa niin sanottuja vaelevuotoja. Yläpohjan kosteusteknisen toimivuuden kannalta sisäilmaa voidaan jakaa kahteen luokkaan: kostea (kostutettu tai kostunut) sisäilma ja kuiva sisäilma. Kosteaa sisäilmaa merkitsee aivan eri rasitusastoa virheen satuessa ja samalla eri lähtökohtaa yläpohjan suunnittelulle kuin kuiva sisäilma.

Tuuletusilmasta voi tiivistyä vettä katteen alapintaan, vaikka tuuletusilma ei olisi saanut ollenkaan lisäkosteutta rakennuksen sisäilmas- ta. Pilvettöminä öinä kate jäähtyy taivaallesätei- lyn vuoksi tyyppillisesti noin 6 °C ympäristöönsä kylmemmäksi. Tuuletusilma katteen alla jäähtyy myös, ja koska viileinä aikoina suhteellinen kosteus on jo valmiiksi korkea, se saavuttaa kas- tepiteen ja vettä tiivistyy katteen alapintaan. Tuuletusilma toimii rajattomana kosteudenläh- teenä. Monessa tapauksessa, etenkin poimule- vykokatoissa, joissa kylmää peltipintaa on paljon kokonaispinta-alasta, tämä on ainoa rakenteen kastumisen syy. Runsaasta tuuleuksesta voi siis olla haittaa.

## Ilmanvaihtolaitoksen vaikutus

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmällä voi olla oleellista merkitystä yläpohjan kosteustekni- seen toimivuuteen. Uusissa pientaloissa on yleis- tisesti sisäänpuhallus, poisto ja lämmöntalteenot- to. Järjestelmällä on mahdollista säätää paine- suhteita. Loivia pitkälappeisia kattoja on erityis- estisesti rakennuksissa, joissa on täysi koneelli- nen ilmanvaihto. Asuinkerrostaloissa ja van- hemmissa pientaloissa on tavallisimmin pelkkä koneellinen poisto, mikä tekee rakennuksesta alipaineisen ulkoilman suhteen. Ilmavuotokoh- dista virtaa silloin ilmaa sisälle päin, jolloin si- säilmaa ei pääse vuotamaan yläpohjan rakentei- siin. Ilmiön tehosta käyvät esimerkiksi uimahal- lit, joissa on kostea sisäilma, suhteellinen kos- teus talvella noin 45–55 %, eli tarjolla on rankka kosteusrasitus. Puurakenteiset allashallien katot eivät kuitenkaan ole potentiaalisista virheel- lisyyksistään huolimatta monessakaan tapauk- ssa paremmin vaurioituneet. Tutkittaessa ylä- pohjia ne ovat olleet samalla tavalla rakennettu- ja ja yhtä reikäisiä kuin samaan aikaan rakennet- tujen pientalojen yläpohjat. Ilmanvaihtolaitos on ilmeisesti vahingossa pelastanut katot, kun sisäänpuhalluksen suodattimet ovat vähitellen tukkeutuneet ulkoilman pölystä ja alun perin ta- sapainoon säädetty ilmanvaihtojärjestelmä on tehnyt sisätilat alipaineiseksi. Rakenteen kautta tulevan korvausilman terveellisyydestä ei ole ta- keita, joten menettelyä ei voi suositella.

Rakentamisen ajoittuminen kosteutta ylläpi- täviin vuodenaikoihin voi olla riski. Yläpohjaan voi ehtiä kehittymään homekasvuja, kun raken- nuksen sisäilma on rakennustyön aikana kostea ja läpivientä yläpohjaan on vielä aukki. Kun il- manvaihto saadaan toimimaan, haitallisia ainei- ta imetään vuotoilman mukana yläpohjasta si- sälle.

Painovoimainen ilmanvaihto on yleinen van- hemmissa pientaloissa. Se merkitsee kylmänä vuodenaikana, että sisäilma on ylipaineinen ylä- pohjan suhteen. Painovoimaisella ilmanvaiht- dolla varustetuissa rakennuksissa ilman vaihtu-

uus on tavallisesti heikko ja sitä myötä sisäil- man kosteustaso on korkeampi, etenkin sen ta- kia, koska enää ei osata poistaa kosteutta sään- nöllisellä ikkunatuuletuksella. Lämmin ilma on keveämpää ja pyrkii ylöspäin ns. savupiippuai- kutuksella ja sitä virtaa vuotokohdista yläpoh- jaan. Tällaisista yläpohjista on tavattu jopa kaut- taaltaan mustiksi homehtuneita puurakenteita. Yläpohjan puurakenteiden lahoamisen on estä- nyt alhainen lämpötila ja nopea kuivuminen ke- väällä. Sisäilman terveellisyyden kannalta tilan- ne muuttuu vakavaksi viimeistään silloin, kun esimerkiksi omistajavaihdoksen yhteydessä asennetaan koneellinen poisto ja yläpohjan epä- terveellisyyksiä ruvetaan imemään sisälle. Samoissa rakennuksissa on usein lisäksi alapoh- jissa, ulkoseinissä ja muualla mikrobivaurioitu- neita rakenteita, joiden kautta korvausilmaa tu- lee sisälle.

## Homeen kasvun edellytykset

Homeitiöitä on kaikkialla, ne kuuluvat normaali- ni elinympäristöömme. Kasvaakseen itiöistä homeet tarvitsevat sopivaa ravinnetta, sopivan lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja pH:n sekä riittävästi aikaa. Yläpohjissa kaikki ehdot voivat täytyä. Tärkein asia, johon voidaan vaikuttaa ja sillä estää homeen kasvu, on suhteellisen kos- teuden pitäminen riittävän alhaisena, alle 75–80 % yli +5 °C:n lämpötiloissa. Korkea suhteel- linen kosteus voidaan hyväksyä lyhyiksi ajan- jaksoiksi.

## Aluskate

Aluskatteella turvataan kattokokonaisuuden turvallinen toiminta. Käytännössä on paljon ti- lanteita, joissa epäjatkuva kate ei yksinään täytä tehtävänsä aivan kaikissa olosuhteissa, koska vettä voi työntyä katteen limityksistä ja pienistä rei'istä läpi jään ja sohjon padotusfilanteissa, joskus myös kesämyrskyillä. Useimmat aluska- temateriaalit kuten muovikudokset, Panssa- rialuskatteet ja huopakatteet ovat veshöyryti- viitä. Katteen ja aluskatteen välin kuivumisky- vystä on näitä aluskatemateriaaleja käytettäessä huolehdittava kunnolla.

Veshöyryä kohtalaisesti läpäiseviä aluskat- teita ovat vanhastaan olleet kovalevy ja EPDM- kumikate. Viime vuosina Suomen markkinoilla ovat yleistyneet diffuusioavoimet aluskatteet, joita esimerkiksi Keski-Euroopassa on käytetty paljon jo vuosikymmeniä. Ne ovat tiheäkuitu- tuotteita kuten vaatekassissa käytetty Gore- Tex. Aluskatteen käyttöä pitää olla pitempi kuin varsinaisen katteen käyttöä, koska alus- kate joutuu tosi koetukselle, kun varsinainen kate alkaa vanhetessaan pettä.

## Tuuletuksen esteet

Yläpohjarakenteen tuulettumista haittaavat tai estävät suuret kattoikkunat, sisä- ja ulkotaitteisiin syntyvät umpikotelot, katon harja, katon ta- soerot, suuret läpiviennit, lämmöneristeen asen- nusvirheet ja muut ilman virtauksen katkaisevat esteet. Kaikkiin niihin on valmiita ratkaisuja - ja ellei ole, voidaan keksiä uusia. Oleellista on tun- nistaa tuuletuksen esteet suunnittelussa, toteu- tuksessa ja valvonnassa. Katon ristiin tuuletu- misesta on etua, mutta ilmankin syntyy toimivia kattoja. Ohjeissa korostetaan määrätyn korkui- sen tuuletusvälin tarpeellisuutta. Oleellisinta on, että ilma pääsee oikeasti virtamaan tarkoi- tetulla tavalla. Harjakatoissa tarvitaan harjan suuntainen pituuskanava varmistamaan tuule- tuminen muulloinkin kuin riittävän kovan tuu- len vallitessa. Harjakanava on auki päätyräys- täisiin, ja pitkille harjoille voidaan asentaa ali- painetuulettimia. Aumakatot voidaan rinnastaa samaan vaikeusluokkaan kuin ilman harja- kanavaa olevat ”lämpötulpaliset” harjakatot. Niihin tarvitaan tuuletuspiippuja.

Kun käytetään matalia puuyläpohjarakentei- ta, puupalkit koteloiivat usein tuuletuksiltaan ja rajoittavat tuuletuksen toimi vuutta etenkin hanka- lien yksityiskohtien alueella. Sisä- ja ulkotaittei- den viereen syntyy helposti umpikoteloita, joten ne edellyttävät erikoistoimenpiteitä. Ne ovat jäl- leen hyvä sy ty tuuletussuunnitelman laatimisel- le. Pitkien pohjoissivun kattolappeiden tuuletus on osoittautunut joissakin oloissa huonosti toi- mivaksi, vaikka räystäsrat ovat ohjeiden mu- kaiset ja vaikka piirustuksessa on tuuletukselta osoittava nuoli. Katvealueita ei saa jäädä minne- kään, tuuletuksilma on pantava huuhtelemaan kaikki alueet. Tuuletussuunnitelman laatimisen yhteydessä käydään huolellisesti läpi katon kaikki kohdat.

## Suosittelavia muutoksia nykykäytäntöihin

Sekä katteen läpi että sisäilmasta tulevan kos- teuden määrä lisääntyy pitkissä lappeissa, mutta kosteutta poistavan tuuletuksen määrä pikem- min vähenee tavanomaisiin lapepituuksiin verrattuna. Hyvin toimiakseen pitkät lappeat edellyttävät tiiviimpää katetta, parempaa tiiviyt- tä sisäilman suhteen ja luotettavasti toimivaa tuuletusta.

Jo pienillä parannuksilla vallinneisiin käytän- töihin verrattuna virheellisyydet ja niistä johtu- vat ongelmat olisi mahdollista saada oleellisesti vähenemään. Muutokset tuottaisivat säästöjä pitkällä aikavälillä. Myös tavanomaisissa ka- toissa käytettyinä ne olisivat edullisia. Kustan- nusvaikutus toteutushetkellä olisi pieni, usein li- säkustannusta ei tulisi ollenkaan. Seuraavassa

on listattu joitakin käytännön kentältä tehtyihin havaintoihin pohjautuvia käsityksiä.

*Riskiarvion* laatiminen ja jatkuva riskiarvi- ointi suunnittelutyön osana koului virheellisyyk- siä vähemmäksi.

*Tietämys käyttöön.* Maassamme on aina ollut olemassa tietoa, jolla suurin osa rakenteiden tur- meltumisista olisi voitu välttää. Jokaisen ei tar- vitse osata kaikkea. Verkostoitumalla, eri- koisasiantuntijoita käyttämällä, riskiarvioita teettämällä jne. on mahdollista saada tieto käyt- töön ja vähitellen muuttaa ratkaisuja ja työta- poja turvallisemmiksi. Kaikilla tasoilla tarvitaan jatkuvaa koulutusta. Päästään pienin askelin eteenpäin.

*Laatutekijöille painoarvoa.* Halvimman hin- nan hakeminen jokaiseen mahdolliseen asiaan on vallannut alan, siitä on tullut kritiikitöntä us- konnonomaista käytäntöä, joka pitäisi murtaa. Sangen usein paljon parempi ratkaisu tai materi- aali ei ole merkittävästi kalliimpi kuin rajoitta- mattomassa hintakilpailussa tavanomaiseksi valikoitunut tekotapa.

*Höyrynsulku.* Koska kosteutta siirtyy myös vesihöyrynä materiaalien läpi, yläpohjan ala- pintaan on asennettava höyrynsulku.

*Rakenteen johdonmukainen kuivana pitämi- nen.* Rakenteisiin pääsevä kosteusrasitus täytyy pitää pienenä. Rakenteiden läpi ei saa tapahtua ilmavirtauksia. Talviaikaisen kosteuden pääsyn ja poistumiskyvyn suhteen on oltava kunnossa eli kosteuden pääsy on pidettävä vähäisenä. Höyrynsulku-ilmansulkukerroksen tai sen muo- dostavien rakennekerrosten ilmatiivyyden ja vesihöyryn kokonaisvastuksen on oltava suhtees- sa kosteutta poistavan tuuletuksen määrään. Pit- kissä lappeissa, joiden kosteustekninen toimi- vuus on ollut puutteellinen, tuuletus on yleensä ollut alkuosassa riittävä pitämään rakenteen kui- vana. Kun tuuletuksilmaan on tullut matkan var- rella lisää kosteutta, suhteellinen kosteus on noussut pitkiksi ajoiksi yli homehtumisrajan ja loppuosassa ilma on ollut jopa kylläinen kos- teudesta. Tilanteet voidaan uudisrakentamisessa muuttaa ja saada toimiviksi lähes ilman lisä- kustannuksia. Kosteuden pääsyä rakenteeseen vähennetään parantamalla sisäpuolen tiiviyttä, pienentämällä katteen vuotoja ja parantamalla kuivumiskykyä. Työnaikaiset kastumiset on saatava rajoitetuksi niin vähäisiksi, että ne kui- vuvat nopeasti.

*Rakennustyön aikana* kylmänä vuodenaikana yläpohjan on oltava koko ajan kauttaaltaan il- matiivis. Läpiviennit tiivistetään välittömästi.

*Tuuletussuunnitelman laatiminen* pitäisi muo- dostaa käytännöksi. Sen laatimisen yhteydessä asioita pohditaan järjestelmällisesti useasta nä- kökulmasta ja todennäköisesti havaitaan uhka- na olevia riskejä. Tuuletussuunnitelman pieni- muotoinen laatiminen ei ole suuri työ. Olisi hyvä käydä alalla keskusteluja siitä, missä laa-



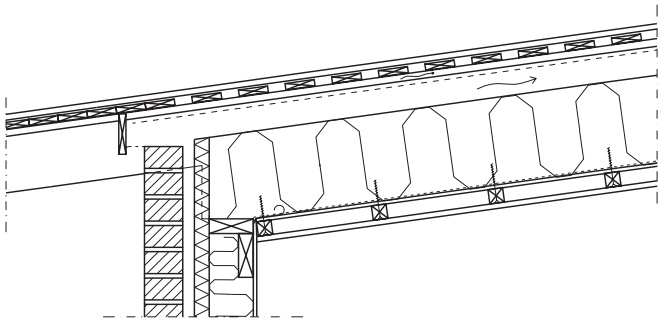
juudessa erilaisten tapausten tuuletussuunnitelma olisi tarpeellista tehdä, miten se tulisi dokumentoida jne. Kun hankkeeseen tehdään rakennusfysikaalinen suunnittelu, tuuletussuunnitelma on luontevimmin sen osa. Tuuletussuunnitelman pääperiaatteet on hyvä luonnostella jo asianomaisen rakennetyypin laadinnan yhteydessä ottaen huomioon myös hankalat kohdat. Rakennetyypit ja niiden perusteella korkomaailma päätetään ainakin pääkohdittain jo suunnittelun L2-luonnosvaiheessa. Rakennetyypin muuttaminen myöhemmin on yleensä hankalaa. Tällöin on usein jo aivan paljon muita lukkoon lyötyjä rajoittavia tekijöitä. Rakennetyypin laadinnan tulee perustua kokemukseen ja kohdekohtaiseen suunnitteluun, ei vanhan tyyppikokoelman kopioimiseen.

*Aluskatetta* käytettäessä tuuletetaan kunnolla erikseen kumpikin väli, aluskatteen yläpuoli ja alapuoli, ja yläpuolesta huolehditaan myös harjaliittymä. Diffuusioavoimien aluskatteiden vesihöyryn vastus vastaa yleensä 2 cm:n paksuista seisovaa ilmakerrosta, eli ne läpäisevät vesihöyryä erittäin hyvin. Niitä käytettäessä aluskatteen yläpuolen tuulettumiseen syntyneet puutteellisuudet eivät ole yhtä vakavia, koska kosteus pääsee kuivumaan aluskatteen läpi alaspäin varsinaiseen tuuletustilaan. Aluskatemateriaalia valittaessa vertaillaan teknistaloudellisesti sekä riskiarvion kautta myös diffuusioavoin materiaali. Kustannusero kalliiden ja halpojen aluskatteiden välillä pientalon yläpohjaa kohti on 100 euron luokkaa. Aluskatteeseen voi varsinkin korjaustöissä soveltaa joustavaa lähestymistä: sijoitetaan se varmistukseksi vain riskialueille. EPDM-kumi ja diffuusioavoimet aluskatteet ovat silloin soveliaita.

*Tuuletuksen toimiminen vain tuulen aiheuttamalla paine-eroilla.* Loivissa katoissa korkeusero on pieni, painovoimaista nostetta ei saada tuuletusilman liikuttajaksi ollenkaan tai vain vähän. On suositeltavaa hyödyntää painovoimaista tuuletusilman virtausta, ei ainoastaan tuulen aiheuttamien paine-erojen synnyttämää. Tyyнинä öinäkin tapahtuu silloin hieman tuuletumista. Tämän vuoksi tuuletusilmalle pitää järjestää poistumismahdollisuus katon ylimmästä kohdasta.

*Vaaka-suorissa katoissa* tuulen aiheuttamat paine-erot ovat ainoa tuuletusilmaa liikkeelle paneva voima. Yhdistetty tuuletus räystääraoista sisään ja vastakkaiselta puolelta alipainetuulettimista (yläpää niin ylös, että tuuli vaikuttaa siihen) ulos on merkittävästi parempi kuin pelkkiä räystäsrakojä käyttäen toteutettu tuuletus. Joissakin tapauksissa kokonaistilanne on luonnon voimilla hoidettuna niin epävarma, että on parempi hoitaa tuulettaminen koneellisesti puhaltimilla. Myös silloin kannattaa hyödyntää vallitsevan tuulen suunnan vaikutus.

*Tuuletuksen parantaminen* ei aina auta välttämään kostumista. Kylmänä aikana talvi-ilman kyllästysvajeus on vain luokkaa 0,3 g/m<sup>3</sup> ilmaa. Sen mahdollistama kosteuden poiskuljettaminen on todella vähäinen. Yläpohjan ilmapuotojen haitallisia vaikutuksia ei siis ole mahdollista korjata pelkästään tuuletusta parantamalla, vaan ilmapuodot on tukittava. Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta-ajat, häiriöt, painesuhteiden poikkeaminen suunnitelluista jne. vaikuttavat tuuletuksen tarpeeseen.



Kuva 1. Loivahkon tuuletetun yläpohjan rakenneleikkaus. Aluskatteen kumipiiri tuuletetaan erikseen. Lämmöneristettyä kantava rakennuslevy tekee käytännön ilmatiiviyden saavuttamisen mahdolliseksi höyrynsulkumuovien limitysten, kittauksen ja läpivientitiivisteiden avulla. Levyä ei tarvitse puhkoa, koska sähköasennukset mahtuvat sen alle. Laudoitus kattoverhouksena ei muodosta riskiä.

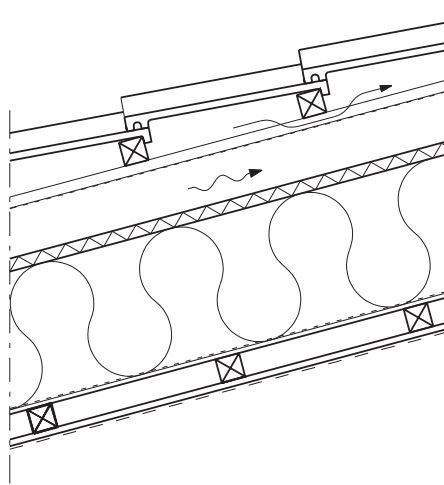
*Peltikatot paremmiksi.* Peltikatoissa on nyt luvattomasti paljon vikoja, mm. saumavuotoja. Peltikatekin on epäjatkuva kate, joka pitää kesäsateet mutta voi vuotaa padotustilanteessa. Nykykatot ovat monimuotoisia ja sisältävät paljon varusteita, jotka merkitsevät padotustilanteita. Saumojen tiiviyttä pitää parantaa ja sitä myös voidaan parantaa. On tuskin mahdollista tehdä jatkuvasti kilometreittäin paineellista vettä pitävää saamaa täysin virheettömästi. Senkin vuoksi pitäisi suhtautua ennakkoluulottomasti aluskatteeseen ja käyttää sitä paljon useammin kuin mihin on totuttu. Valtakunnallista ohjeistusta pitäisi parantaa, malliasiakirjoja olisi kehitettävä, liian loivat kaltevuudet olisi poistettava suosituksista ja jalkakourun käyttö olisi miinoitava vain museorakennuksiin.

*Peltikattojen jalkakourujen* ja loivan kattokaltevuuden riskit pitäisi tiedostaa. Hakasau-moihin on todettu kohdistuneen 10–20 cm korkea seisovan veden paine. Peltisaumojen risteyskohdat vuotavat lähes aina huolellisesti tehdystä tiivistämisestä huolimatta. Kaksinker-taisen paksun pystysauman taivutus hakasau-maan jättää tiivistämisaineesta huolimatta mah-dollisuuden tiheyeseen, jota pitkin paineen-alainen vesi voi tunkeutua saumaristeyksen läpi. Risteyskohtaa kiinni käännettäessä tiiviste-ainetta pitää puristaa saumaan ainakin kahdessa vaiheessa, jotta vedenpitävyys onnistuu.

*Bitumikatelaattojen* alle asennetaan aina alushuopa ja laatat kiinnitetään huopanauloilla, ei hakasilla.

*Kattoikkunat* ovat monen vuotamisen syy ja muun ongelman lähde. Hieman nollan alapuo-lella olevissa lämpötiloissa kattoikkunalle sata-va lumi sulaa vedeksi, valuu viereiselle kylmälle kätteelle jäätyen siihen ja aiheuttaen sulamisve-den padotuksen. Lisäksi katteeseen kiinni jääty-nyt paksu jäämassa rasittaa lämpöliikkeillään katetta. Jään lämpöliikekerroin on suuri. Pitkän kattoikkunan vieressä saattaa olla hoitosilta, joka tehostaa jäätyneen vaikutusta. Isot kat-toikkunat pitäisi varustaa omilla räystäskouruil-laan, joista sulamisvesi johdetaan vaarattomaan paikkaan.

*Mittaava valvonta, katselmuks*et ja mallityöt. Positiivishenkinen valvonta ja tarkastukset, mallitöiden käyttäminen jne. laadunhallintakei-not ovat hyvä keino vähentää riskejä. Pöytäkir-jan laatiminen ohjaa osapuolia pohtimaan asioi-ta perusteellisemmin. Ne ovat myös oppimis-prosessi jokaiselle osallistujalle. Lämpökame-rakuvaus on erinomainen keino paikallistaa sis-älle suuntautuvat ilmavuotokohdat, koska ne ovat ympäristöään kylmempiä. Savupillin avul-la voidaan tarkastaa liittymien toteutuslaatua ja löytää vuotokohdat korjattaviksi.



*Kuva 2. Uusimman ohjeistuksen rakennetyy-peissä lämmöneristeen alle on jo esitetty levy. RT 83-10796 vuodelta 2003.*

*Levytuote aina lämmöneristeen* alle. Tähän asti vallinnut tapa kannattaa lämmöneriste muo-vikalvolla on mahdollisesti peräisin lastulevy-ajalta. Silloin yläpohja sisälsi periaatteessa il-matiiviin levyn, mutta siitäkin tuli vuotava vii-meistelemättömien sähkörasioiden, läpivient-tien ja seinäliittymien vuoksi. Nykyisin puoli-ponttipaneeli on suosittu kattoverhous, joka asettaa rakenteen aivan eri valoon. Kuvassa 2 on vuonna 2003 julkaistun RT-kortin 83-10796 suosittelema ratkaisu. Rakennuslevy lämmö-neristettä kannattamassa on siinä yläpohjan ilma-tiiviyden perusta ja siten yläpohjan toimivuuden erittäin oleellinen osa. Kun kosteutta ei päästetä yläpohjaan, kuivana pysyminen varmistuu jo melko vähällä tuuletuksella. Rakennuslevyyn liitettäessä läpivientien ilmatiiviyksi saadaan luo-tettavaksi käyttämällä läpivientitiivisteitä tai tuototon leikattua levyä ja kittausta. Samoin syntyy edellytykset ulkoseinä- ja väliseinäliitty-mien kittaamiselle ja siten kontrolloidusti tii-viiksi tekemiselle. Rimat kantavat levyn ja rima-kerroksessa on tilaa sähköasennuksille putki-tuksineen. Levyä suositellaan käytettäväksi aina, vaikka suunnitteluhetkellä näkyvänä kat-toverhouksena olisi kipsilevy. Lisäkustannus on mitätön, eikä kaikki ole lisäkustannusta. Katto-verhous saattaa muuttua työn kestäessä tai myö-hemmin. Ilmankostuttimia käytetään nykyin, joskin aika vähän, mutta joskus ne saattavat taas tulla laajamittaiseen käyttöön.