

Hyvin eristetyn loivan katon toimivuus ja vaatimukset

Jyri Nieminen & Ilpo Kouhia

VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-5473-6 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5474-4 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1999

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT

puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT

tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland

phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennustekniikka, Rakennusfysiikka, talo- ja palotekniikka, Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT

puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 455 2408

VTT Byggnadsteknik, Byggnadsfysik, hus- och brandteknik, Värmemansgränden 3, PB 1804, 02044 VTT

tel. växel (09) 4561, fax (09) 455 2408

VTT Building Technology, Building Physics, Building Services and Fire Technology,

Lämpömiehenkuja 3, P.O.Box 1804, FIN-02044 VTT, Finland

phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 455 2408

Toimitus Leena Ukskoski

Libella Painopalvelu Oy, Espoo 1999

Nieminen, Jyrki & Kouhia, Ilpo. Hyvin eristetyn loivan katon toimivuus ja vaatimukset. Espoo 1999. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1979. 38 s. + liitt. 3 s.

Avainsanat roofs, sloped roofs, moisture barrier, requirements, performance, loading, strength, thermal insulation, ventilation, deformations

Tiivistelmä

Tutkimuksessa kehitettiin loivien kattojen varmuutta lisääviä toiminnallisia vaatimuksia sekä rakentamiseen liittyviä ohjeita ja toteutustapoja. Keskeiset aiheet olivat rakenteiden kuormituskestävyys sekä lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Tutkimuksessa tarkasteltiin mineraalivillaeristeisiä kattoja, joissa kermikate on kiinnitetty suoraan lämmöneristyksen pintaan.

Kattoa rasittavat rakentamisen ja käytön aikana katolla liikkuminen ja erilaiset huolto- ja korjaustoimenpiteet. Rakenteen toistuva kuormittaminen heikentää lämmöneristysalustan ja kermikatteen ominaisuuksia. Kuormituksen aiheuttamaa muodonmuutosta voidaan rajata valitsemalla lämmöneristysalusta eristysmateriaalin kimmo-ominaisuuksien perusteella. Suositeltava suurin sallittu muodonmuutos puristuskuormitustilanteessa on katetyypistä ja lämmöneristyspaksuudesta riippuen 10 - 15 mm tai korkeintaan 10 % eristyspaksuudesta.

Loivien kattojen tuulettamiseen käytetään uritettuja villarakenteita. Tuuletuksen tarkoituksena on varmistaa katon rakennuskosteuden kuivuminen ja pysyminen kuivana käytön aikana. Kuivuminen perustuu tuuletusilman lämpenemiseen tuuletusurassa, jolloin sen kyky kuljettaa kosteutta kasvaa. Tuuletus kasvattaa rakenteen lämpöhäviötä tuulettamattomaan rakenteeseen verrattuna. Tuuletusurien voidaan arvioida lisäävän katon kokonaislämpöhäviötä 0 - 5 % katon eristyspaksuudesta riippuen.

Erillisen höyrynsulkukerroksen (samalla ilmansulku) käyttöä kermikatteisessa rakenteessa voidaan pitää kylmä- ja pakkasvarastoja lukuun ottamatta suotavana rakenteiden pitkäaikaisen kestävyuden turvaamiseksi. Höyrynsulun asentaminen edellyttää suurta huolellisuutta, jotta höyrynsulun jatkosaumat ja liittyminen katon läpivienteihin saadaan tiiviiksi. Lämmöneristeet kiinnitetään kantavaan rakenteeseen yleensä pistemäisesti kiinnikkeillä. Siksi höyrynsulkumateriaalin tulee olla kestävä, jotta se ei repeile kiinnikeasennusten yhteydessä. Kun katon höyryn- ja ilmansulkukerros on kunnollisesti toimiva, katto voidaan tuulettaa esimerkiksi uritetun lämmöneristyskerroksen avulla. Tuuletus kuivattaa rakenteeseen höyryn- ja ilmansulun vähäisten puutteiden johdosta pääsevän kosteuden.

Alkusanat

Tutkimuksessa ‘Hyvin eristetyn loivan katon toimivuus ja vaatimukset’ kehitettiin loivien kattojen varmuutta lisääviä toiminnallisia vaatimuksia sekä rakentamiseen liittyviä ohjeita ja toteutustapoja. Tutkimuksessa tehtiin laajoja materiaalien ja rakenteiden kestävyteen liittyviä laboratoriokokeita sekä seurantatutkimuksia koekohteissa. Tutkimus käsitti rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan, vedeneristeiden kuormituskestävyyteen, katon vedenpoistojen toimintaan, lumikuormien vaikutuksiin ja viherpiharakentamiseen liittyviä selvityksiä.

Tutkimuksen rahoittivat Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), Paroc Eristeet Oy Ab, Rovakate Oy ja Kattoliitto ry. Tutkimuksen toteutuksesta vastasi VTT Rakennustekniikka. Hankkeessa tehtiin kaksi Rovaniemen ammattikorkeakoulun insinööriyötä.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKUSANAT	4
1. JOHDANTO	7
2. LOIVA KATTO.....	8
2.1 Nykykattojen kunto	8
2.2 Loivan katon lämmöneristys	8
3. LOIVAN KATON KUORMITUSKESTÄVYYS	10
3.1 Arviointimenetelmät ja vaatimukset	10
3.2 Katon kuormitus ja muodonmuutokset	11
3.2.1 Kuormitustilanteet	11
3.2.2 Muodonmuutos puristuskuormituksessa	11
3.2.3 Muodonmuutos taivutuskuormituksessa	16
3.2.4 Kuorman jakautuminen lämmöneristeessä	17
3.3 Lämmöneristysalustan ominaisuudet	20
3.3.1 Suositukset.....	20
3.3.2 Kenttäkokeet	22
4. LOIVAN KATON TOIMIVUUS JA KÄYTTÖIKÄ	24
4.1 Käyttöikämitoituksen perusteet.....	24
4.2 Loivan katon käyttöikään vaikuttavia tekijöitä	25
4.3 Loivan katon kosteustekniikka.....	28
4.3.1 Kattorakenteiden kastuminen	28
4.3.2 Loivan katon tuuletus	29
4.3.3 Höyrynsulun merkitys.....	32
5 YHTEENVETO.....	35
5.1 Loivan katon kuormituskestävyys.....	35
5.2 Lämpö- ja kosteustekninen toimivuus.....	36
LÄHDELUETTELO.....	38
LIITE 1. Kuormitusmuodonmuutoksen mittausmenetelmä	

1. Johdanto

Rakentamisen ympäristövaikutukset ovat rakennusalan kehittämiseen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä ja myös haasteita jo nyt. Rakennuksen ja sen eri osien käyttöikä on ympäristövaikutusten arvioinnin tärkein lähtökohta. Käyttöikään vaikuttavat toisaalta rakennuksen sekä sen rakenteiden ja niissä käytettyjen materiaalien kestävyys ja toimivuus ja toisaalta rakennuksen toiminnallinen, taloudellinen tai sijainnista johtuva vanhanai-kaistuminen. Myös teknisen käyttöiän kasvattaminen – rakenteiden toimivuuden ja kes-tävyyden varmistaminen – on yhä tärkeämpi etu rakennusviennissä.

Suomen rakentamismääräyskokoelman lämmöneristysmääräykset /1/ perustuvat raken-nusosien lämmönläpäisykertoimien suurimpiin sallittuihin arvoihin. Määräykset sallivat kompensatiolaskennan eli vaatimuksen ylityksen jonkin rakennusosan kohdalla, jos ylitys otetaan huomioon muiden rakenteiden parempana lämmöneristävyysnä. Usein tämä on johtanut siihen, että yläpohjan lämmöneristyspaksuutta kasvatetaan muissa rakennusosissa tehtävien lämmönläpäisykertoimien ylitysten takia. Paksujen lämmön-eristysten toimivuudesta ja vaikutuksista loivien kattojen vedeneristysten toimivuuteen ei ole pitkäaikaisia kokemuksia. Toiminnallisten vaatimusten sekä niiden toteamisen vaatimien menetelmien ja ohjeiden kehittäminen on siten käyttöiän kasvattamisen yksi edellytys.

Kosteus on valtaosassa rakennusten vaurioita joko pääasiallisena syynä tai osatekijänä. Siksi rakenteiden varmuuden lisääminen erilaisia kosteusrasituksia vastaan on olennai-sen tärkeää. Kattorakenteiden kastumisen riski rakennustöiden aikana on suuri. Raken-nustöiden aikaisesta suojauksesta huolimatta kosteutta voi joutua rakenteisiin vetenä, lumena tai materiaaleihin kuljetuksen, varastoinnin tai asennuksen aikana päässeenä kosteutena. Kosteus voidaan kuivattaa tuulettamalla, mistä on jo hyviä kokemuksia vii-me vuosien ajalta. Tuuletukselle ja sen vaikutukselle loivan katon lämpötalouteen ei kuitenkaan ole ohjearvoja. Myös tuuletuksen järjestelyjä ja vaatimuksia tulee yhä sel-vittää, jotta tuuletuksen ja samalla rakenteen toimivuus voidaan varmistaa.

Kosteutta voi päästä rakenteisiin myös sisäilmasta. Loivan katon toimivuuden edellytys tässä suhteessa on kunnollinen höyryn- ja ilmansulku lämmöneristyskerroksen alla. Höyrynsulun ja sen liitosrakenteiden vesihöyryn- ja ilmanpitävyys ja näiden ominai-suuksien pysyvyys ovat osoittautuneet käytännön ongelmiksi osittain siitä syystä, että erilaisten asennus- ja tiivistystapojen toimivuudesta ei ole riittävästi tietoa. Ongelmia on ollut esimerkiksi poimulevykatoissa, joissa rakenteiden taipumat voivat heikentää lii-tosten toimivuutta.

2. Loiva katto

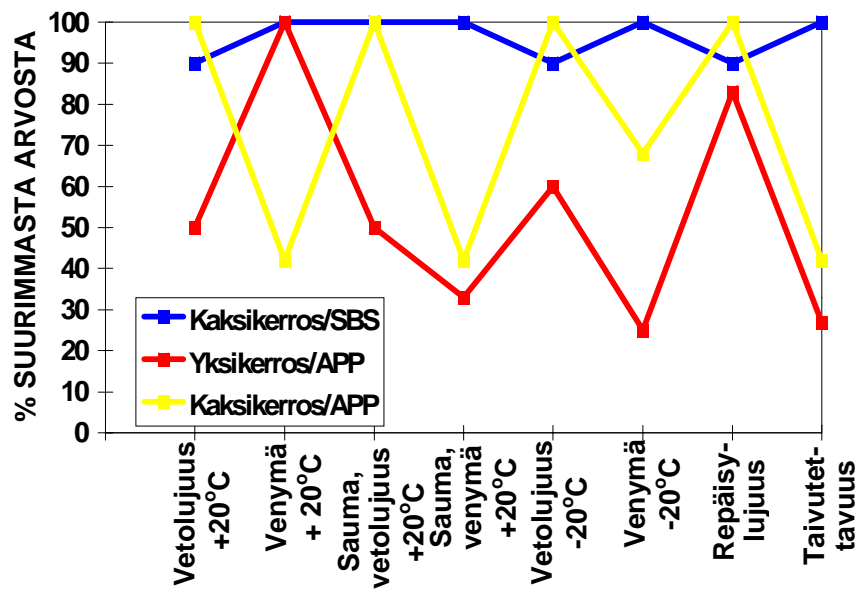
2.1 Nykykattojen kunto

Rantamäen /12/ tekemän kenttätutkimuksen tulosten mukaan pääasiassa 1980- ja 1990-luvuilla rakennettujen kattojen kunto oli kohtuullinen, kuva 1. APP-yksikerroskatteiden riskitekijäksi esitettiin katteen pieni vetolujuus ja saumojen vuotaminen. Katteen vetolujuus ja alustan jäykkyys ovat tärkeitä ominaisuuksia, kun lämmöneristyspaksuudet kasvavat. Kenttätutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella esitettiin, että esimerkiksi APP-kermeistä tehdyillä katoilla liikkumista tulisi rajoittaa alle +5 °C lämpötiloissa. Vastaavasti SBS-katteilla liikkumista tulisi rajoittaa alle -15 °C lämpötiloissa. Hittattuja kumibitumikermejä koskevia liikkumisrajoituksia ei nähty tarpeellisiksi.

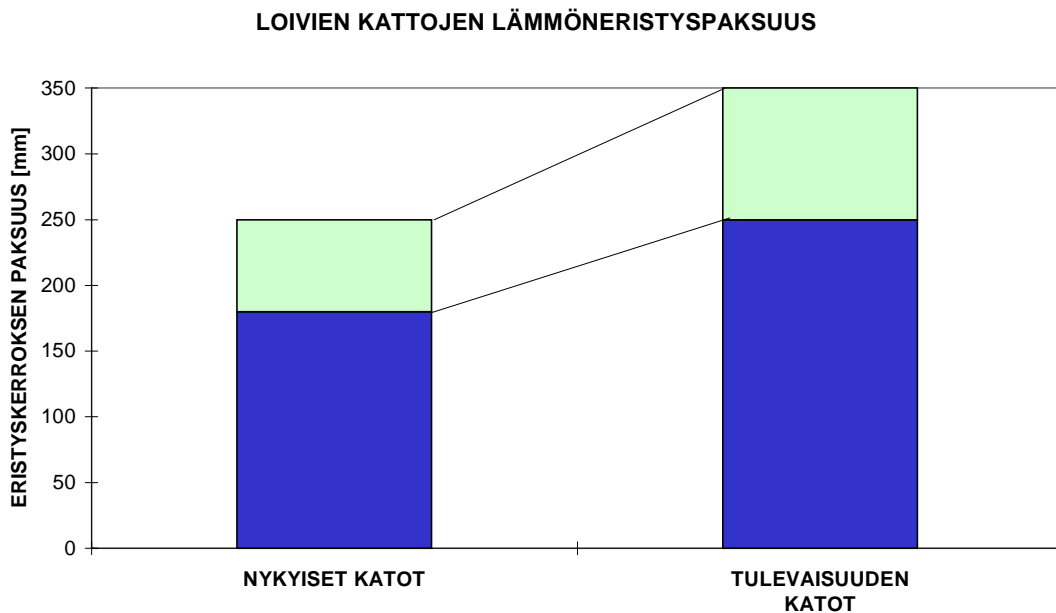
2.2 Loivan katon lämmöneristys

Kattoa koskeva lämmöneristysvaatimus on nykyisin 0,22 W/m²K. Rakennusten lämmöneristysmääräysten oletetaan kuitenkin tiukkenevan lähiaikoina. Vaatimukset kiristyvät noin 10 %. Yläpohjan lämmönläpäisykertoimeksi tulisi näin ollen 0,18 - 0,20 W/m²K.

Edellä mainittu katon nykyinen lämmöneristysvaatimus edellyttää loivan katon lämmöneristämistä 160 - 200 mm paksulla lämmöneristeellä. Käytännössä vaihteluväli on esitettyä suurempi. Kun otetaan huomioon kiristyvät vaatimukset ja se, että loivan katon eristäminen ja siten myös muiden rakennusosien lämmöneristykseen puutteiden kompensoiminen katon lämmöneristystä kasvattamalla on muihin rakennusosiin nähden helppoa, voidaan käytännön eristyspaksuuksien olettaa kasvavan useassa tapauksessa enemmän, kuin mitä pelkkä vaatimustason kiristyminen edellyttää, kuva 2. Samoin energiataloudellisten rakennusten yleistymisen kasvattaa kattojen eristyspaksuuksia.



Kuva 1. Kenttäkohteista otetuille näytteille tehtyjen kokeiden tulosten vertailu /12/. Parasta kateryhmien mitattua keskiarvo-ominaisuutta on merkitty sadalla.



Kuva 2. Yläpohjien lämmöneristykseen paksuus nyt ja arvio lähitulevaisuudessa tapahtuvista muutoksista.

3. Loivan katon kuormituskestävyys

3.1 Arviointimenetelmät ja vaatimukset

Lämmöneristysalustasta todetaan Kattoliiton Toimivat katot -ohjekirjassa /14/, että alustan kaikkien levyjen tulee olla riittävän jäykkiä, ja erityisesti pintakerroksen on oltava jäykkä. Levyjen ominaisuuksille ei kuitenkaan anneta vaatimuksia puristus- tai taivutuslujuuden suhteen.

Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeissa /11/ viitataan alustan ominaisuuksien koestusmenetelmään VTT2630 Jäykät mineraalivillat, askelkestävyys /15/ ja standardin ISO 8145 /6/ vaatimukseen. Edellinen koskee mineraalivilla-alustan kuormitusta dynaamisella kuormalla (10 kuormitusvaihdosta). ISO-standardissa annetaan alustan vaatimukset mm. puristusmuodonmuutoksen ja taivutuslujuuden suhteen, taulukko 1.

Taulukko 1. ISO 8145 -standardin vaatimuksia mineraalivilla-alustalle.

Vaatus	Raja-arvo	Selitys
Muodonmuutos - kuorma 0,2 kN - koekappale 0,1 x 0,1 m	- 10 %, +23 °C 24 h - max 5 %, +80 °C 24 h	Korotetun lämpötilan aiheuttama lisämuodonmuutos saa olla korkeintaan 5 %
Taivutusvastus - koekappale 0,3 x 0,15 m - taivutus 10 mm/min.	> 80 N	Taivutus eristyslevyn pituus- ja poikkisuuntiin

Ehdotuksessa eurooppalaiseksi standardiksi /10/, Pohjoismaisessa Nordtest-menetelmässä /9/ ja eurooppalaisessa ohje-ehdotuksessa (U.E.A.t.c.) /13/ esitetään mineraalivillatuotteiden kuormitusta koskevia testausmenetelmiä. Kahdessa viimeksi mainitussa on myös vaatimuksia katon eri osissa käytettävien tuotteiden muodonmuutokselle. Katto on jaettu käyttötarkoituksensa mukaan alueisiin, joissa käytettävien lämmöneristeiden muodonmuutos puristusrasituksen vaikutuksesta mitataan eri kuormilla.

Nordtest-menetelmässä ei esitetä vaatimuksia eristeen sallitulle muodonmuutokselle eri kuormitustapauksissa. Sen sijaan U.E.A.t.c:n mukaisessa testissä eristeen suurin sallittu muodonmuutos on eri osa-alueilla:

- Harvoin käytetyt toissijaiset rakenteet (luokka a): muodonmuutos >5 %, kun rasitus on 20 kPa.
- Liikkuminen huoltoa varten sallittu (luokka b): muodonmuutos ≤5 %, kun rasitus on 20 kPa.
- Kulkureitit (kävelen, luokka c): muodonmuutos ≤5 % kun rasitus on 40 kPa.
- Kevyesti liikennöitävät katot (kevyet kuljetus- tms. välineet, luokka d): muodonmuutos ≤5 % kun rasitus on 80 kPa.

Saksalaisessa DIN-standardissa /3/ annetaan katoissa kermikatteen alla olevalle mineraalivillaeristeelle 10 % muodonmuutosta vastaavan puristusjännityksen pienimmäksi sallituksi arvoksi 0,4 N/mm².

VTT Rakennustekniikassa käytetään kahta katteen alustan kuormitusmenetelmää alustan kelpoisuuden arvioimiseksi. VTT:n menetelmärekisterin ohjeella VTT 2630 /15/ testataan mineraalivilla-alustan ominaisuuksia dynaamisessa kuormitustilanteessa. Koekappaleta kuormitetaan 0,2 kN:n kuormalla (koekappaleen koko 0,1 m x 0,1 m x paksuus). Kuormitus toistetaan neljästi, ja koekappaleen muodonmuutos ei saa ylittää 10%:a.

Askelkuormituksen aiheuttaman muodonmuutoksen kenttämittausmenetelmän (liite 1) tarkoituksena on tutkia joko alustan ominaisuuksia tai alustan ja katteen toimintaa kokonaisuutena todellisia katolla esiintyviä kuormia vastaavassa tilanteessa. Menetelmällä voidaan kuormittaa kattoa 0,2 - 1,2 kN:n kuormalla (kuormitusala 0,1 x 0,1 m).

3.2 Katon kuormitus ja muodonmuutokset

3.2.1 Kuormitustilanteet

Kattoon voi kohdistua monenlaisia mekaanisia rasituksia, joiden vaikutukset riippuvat rakenteesta, kuormitustilanteesta ja kuormituksen jälkeisistä käyttöoloista ja -rasituksista. Suurelle osalle erilaisista rasitustilanteista ei ole olemassa yleisesti hyväksytyjä testaus- ja tutkimusmenetelmiä. Kattoa koskevissa standardeissa esitetään erilaisia katteen tai katteenalustan teknisten ominaisuuksien testausmenetelmiä, joita soveltamalla voidaan selvittää katon toimintaa kokonaisuutena ja näin päästä lähelle todellisia kuormitustilanteita.

Erilaisten rasitustekijöiden vaikutusta loivan katon lämmöneristyksen ja katteen toimivuuteen selvitettiin laboratorio- ja kenttäkokein, taulukko 2. Lähtökohtana oli rakenteen paksu lämmöneristyskerros. Kokeissa tarkasteltiin viiden mineraalivillaeristeen eri yhdistelmiä, kahta kermikatetyyppejä sekä katteiden ja eristyslevyjen erilaisia yhdistelmiä.

Koesarjoilla laboratoriossa pyrittiin selvittämään katon erilaisten rasitustilanteiden vaikutusta rakenteeseen. Kenttämittauksin arvioitiin tulosten vastaavuutta rakenteiden kuntoon käytännössä.

3.2.2 Muodonmuutos puristuskuormituksessa

Kattoa rasitetaan rakentamisen ja käytön aikana katolla liikkumisen, erilaisten huolto- ja korjaustoimenpiteiden, katolle nostettavien taakkojen ja kuormien johdosta. Nämä voidaan karkeasti jaotella katteen ja lämmöneristeen kertaluonteiseen ja toistuvaan kuormitukseen. Ensin mainittuihin kuuluvat katolle nostettavat kuormat (riittävä kuormaa jakava alusta) ja satunnainen liikkuminen katolla. Jälkimmäiseen kuuluu mm. tiettyjen kulkureittien käyttäminen, kuten eri kattotasojen väliset tikapuut ja käynti ilmanvaihtokonehuoneisiin.

Tutkittujen eristystuotteiden ISO 8145 -standardin mukaiset puristusmuodonmuutokset ovat alle 1 %:sta noin 5 %:iin, kuva 3. Kokonaiselle eristyslevylle tehdyn askelkokeen muodonmuutos oli vastaavasti 40 - 70 % standardikokeen muodonmuutoksesta. Kun askelkuormitusta kasvatetaan lähempänä käytäntöä olevia rasitusolosuhteita, saadaan

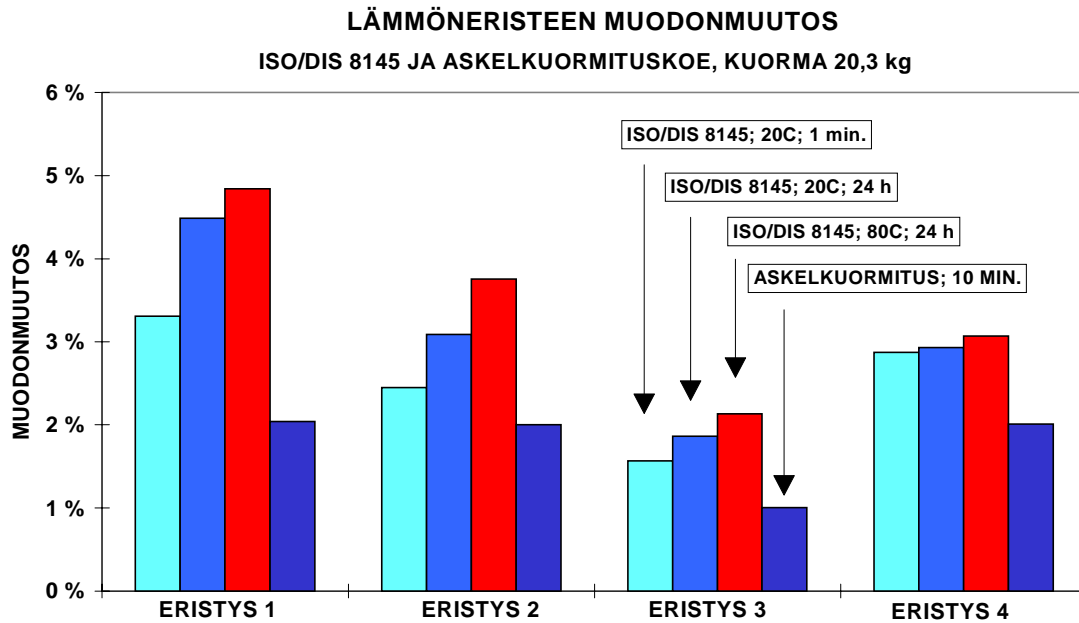
muodonmuutokseksi 5 - 15 % eristyspaksuudesta, kuva 4. Lämpötila vaikuttaa hieman muodonmuutoksen suuruuteen. Kuormituksen suuruus ja eristeen 1 vaurioituminen viittaisivat siihen, että kattamattomia rakenteita ei tulisi kuormittaa yli 1 kN:n askelkuormalla.

Taulukko 2. Laboratoriokokeet.

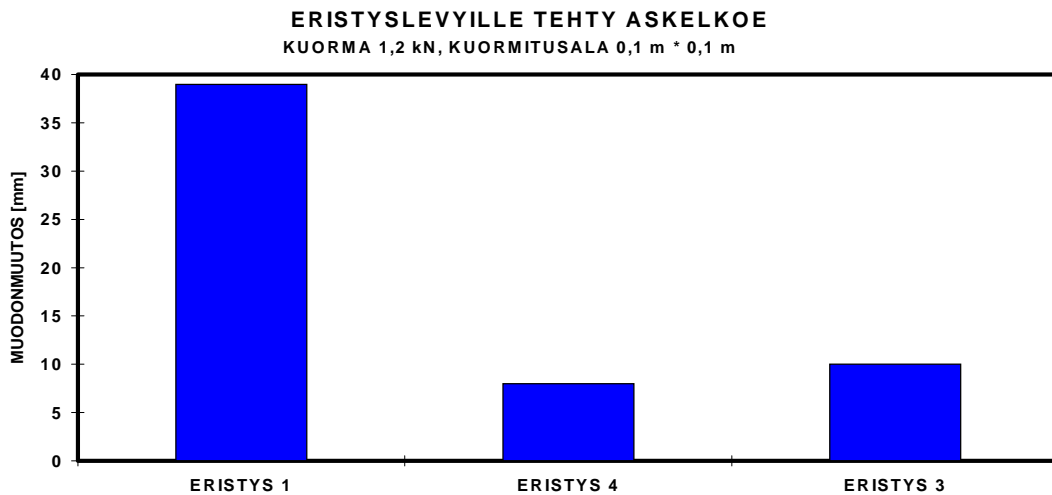
Standardi tai menetelmä	Koekappaleet
Kermin vetolujuus, venymä, taivutettavuus prEn 12311	- TL1, TL2 + TL2 ¹⁾ - 5 rinnakkaisnäytettä avaamattomista katerullista - TL2 + TL2: kiinnitys hitsaamalla
Lämmöneristeen taivutusmurtolujuus ja taipuma ISO 8145	- 5 rinnakkaisnäytettä ehjistä eristyslevyistä - 5 lämmöneristyslaatua - Koekappaleet standardin mukaan
Lämmöneristeen muodonmuutos: askelkoe (liite 1)	- Kokeet ehjille levyille +20 °C ja -20 °C lämpötilassa - 3 mittausta/levy, 0,2 - 1,2 kN:n vakiokuorma
Lämmöneristeen kimmokerroin	- 4 lämmöneristettä, 6 näytettä - Puristuskoe 1 mm/min - Koekappaleet 100 mm x 100 mm x paksuus.
Puristuskuormituksen jakautuminen lämmöneristeessä (vrt. kuva 11)	- 4 lämmöneristettä, 6 rinnakkaiskappaletta - Koekappaleet katkaistun pyramidin muotoisia, sivujen kulmat 20°, 25° ja 30° - Kuormituspinta-ala 100 mm x 100 mm - Kuormitusnopeus 1 mm/min 12 % muodonmuutokseen asti
Katettujen lämmöneristyslevyjen taivutuskoe: ISO 8145	- 5 koekappaletta, katteet TL1 ja TL2 + TL2 - Koekappaleet standardia soveltaen - Kerrokselliset koekappaleet sidottu päistään liukumisen estämiseksi
Katettujen lämmöneristyslevyjen muodonmuutos: askelkoe (liite 1)	- Katteet TL1 ja TL2 + TL2 - 3 mittausta/levy, lämpötilat +20 °C ja -20 °C - Kerrokselliset koekappaleet kiinnitetty lastulevyalustaan 4 kiinnikkeellä
Lämmöneristyslevyjen askelkokeissa käytettyjen kermien vetokokeet: prEN 12311	- 2 näytettä kuormituskohdasta veto huoneen lämpötilassa
Katetun lämmöneristeen dynaaminen kuormitus: muodonmuutos ennen ja jälkeen kuormituksen	- Koekatto 3 m x 6 m, 4 eristysvaihtoehtoa - Kuormitus: koehenkilön pudottautuminen katolle 410 mm korkeudelta 100 kertaa - Askelkoe 1,2 kN:n kuormalla
Kermin vetokoe dynaamisen kuormituksen jälkeen: prEN 12311	- 2 koekappaletta/kuormituskohta - Koekappaleet standardiehdotuksen mukaan

Kuvassa 5 on Toimivat katot -ohjeen /14/ tuoteluokan TL1 mukaisella yksikerroskatteella katettujen eristyslevyjen yhden askelkuormituksen jälkeen tehtyjen kermien vetolujuuskokeen tuloksia. Saaduissa tuloksissa ei ole suuria eroja, ja kaikki vetolujuudet olivat askelkokeen jälkeenkin kateratkaisujen mitoitusohjeiden mukaisia.

Rakenteen toistuva kuormittaminen vaikuttaa sen ominaisuuksiin. Dynaamisen kuormituksen seurauksena mineraalivilla-alusta pehmenee ja samalla katteen lujuusominaisuudet heikkenevät, kuvat 7 ja 8. Askelkokeella saatava muodonmuutos kasvoi eri eristysvaihtoehdoilla 30 - 40 % verrattuna vertailumittaukseen ennen dynaamista kuormitusta. Vastaavasti kateyhdistelmän vetolujuus heikkeni 20 - 30 % vertailukokeeseen verrattuna.

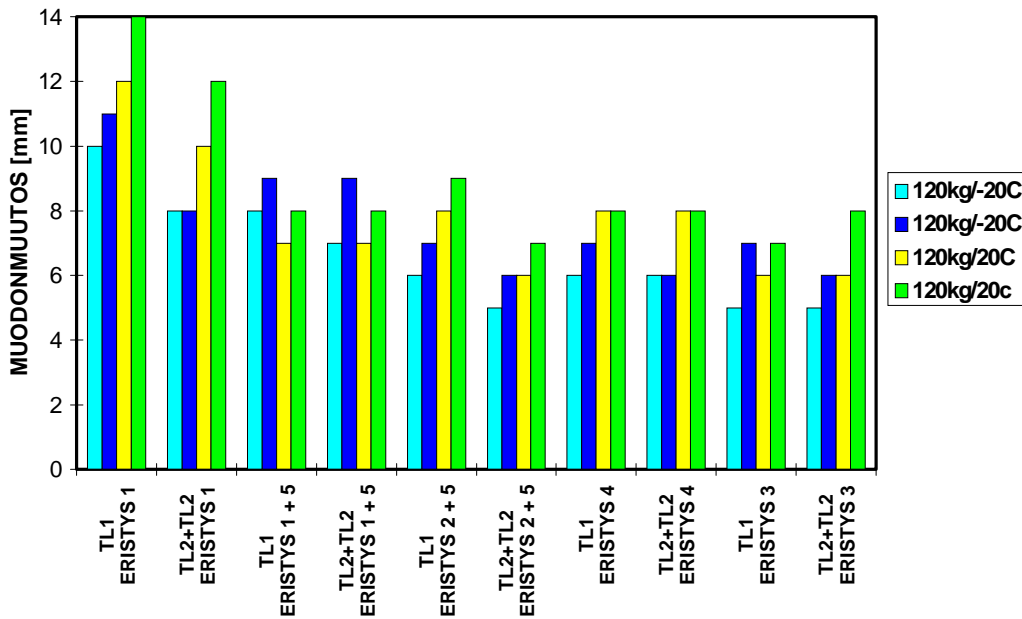


Kuva 3. Lämmöneristysten puristusmuodonmuutos eri tavoin mitattuna.



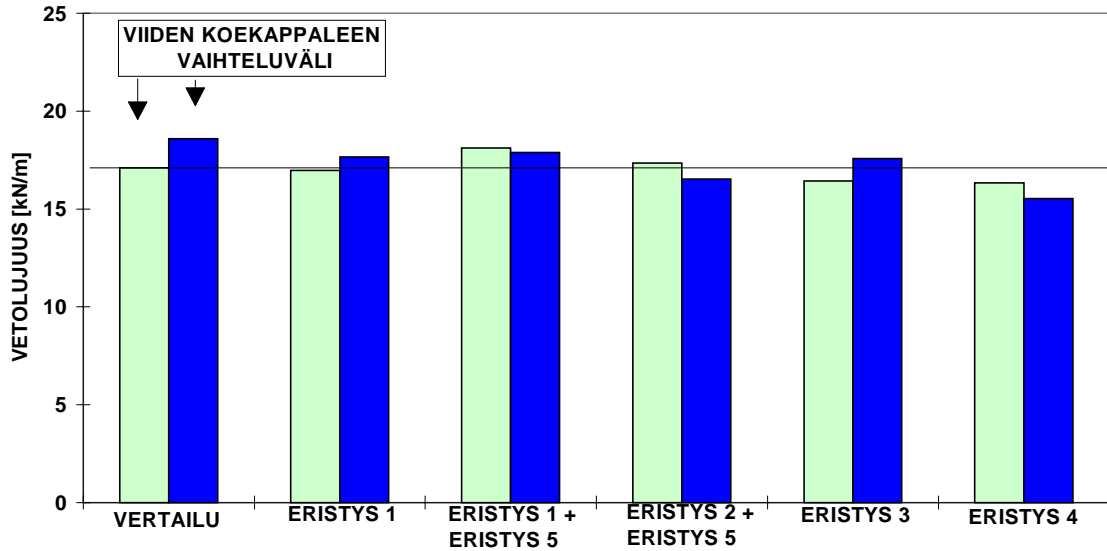
Kuva 4. Eristyslevyjen askelkoe. Levykoko on 600 mm x 1 200 mm ja kuormitusala 100 mm x 100 mm.

KATETTUIJEN ERISTYSLEVYJEN ASKELKOE

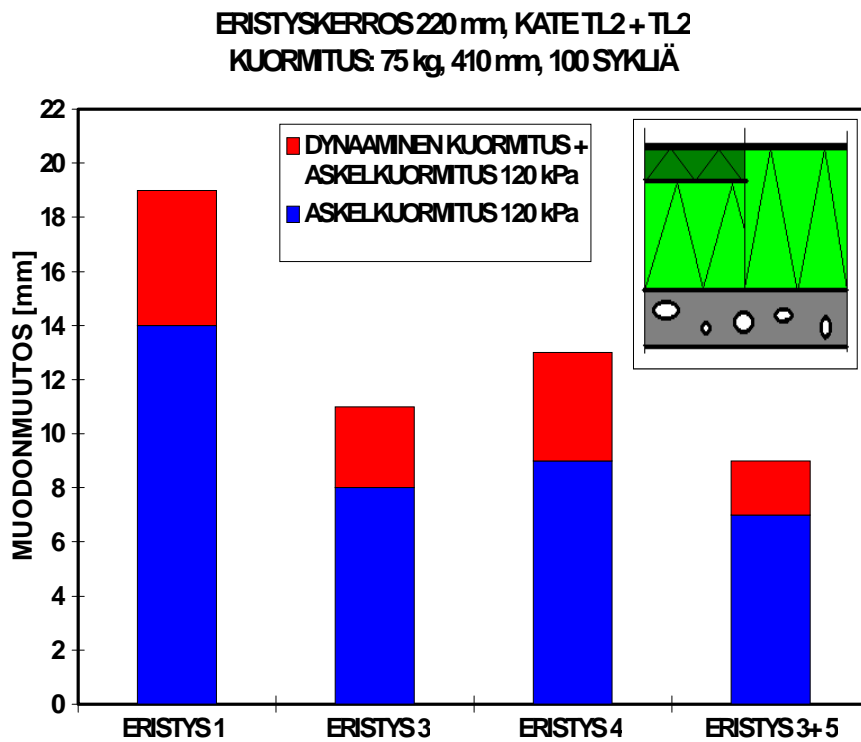


Kuva 5. Katettujen lämmöneristeiden askelkuormitus. Lämmöneristeen paksuus on 100 mm tai 120 mm (kahden eristeen yhdistelmä). Betonialustalle tehdyn 3 m x 6 m koerakenteen kuormitus kahdessa lämpötilassa kiinnikkeen vierestä ja kiinnikkeiden välistä.

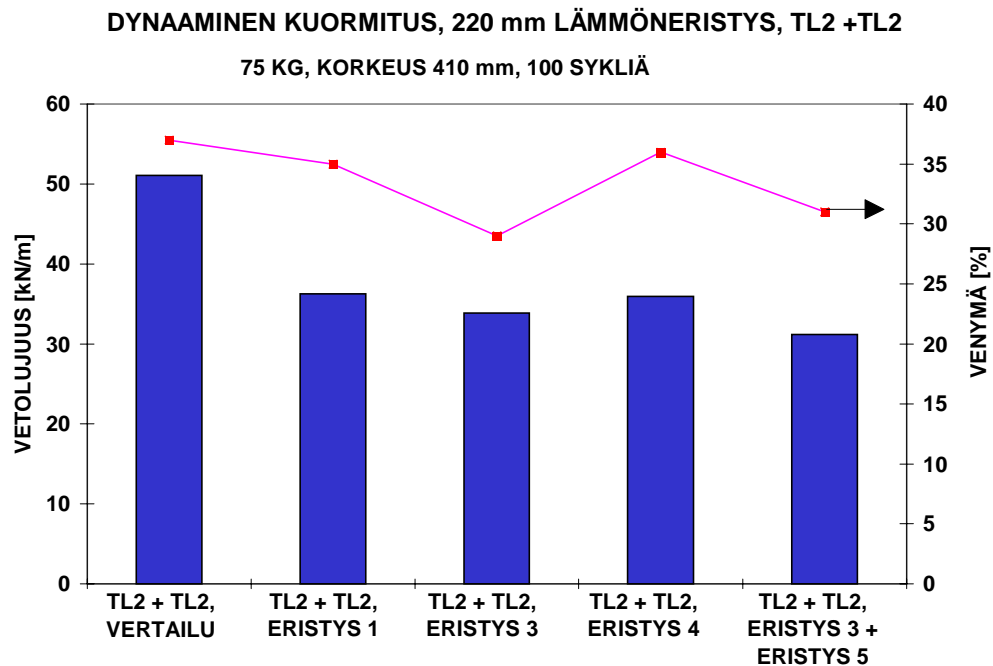
KERMIEN VETOKOKEET - TL1 VETO ASKELKUORMITUKSEN JÄLKEEN



Kuva 6. Kermien vetokokeet yhden askelkuormituskerran jälkeen. Vertailuna käytetään viiden kuormittamattoman koekappaleen vaihteluväliä.



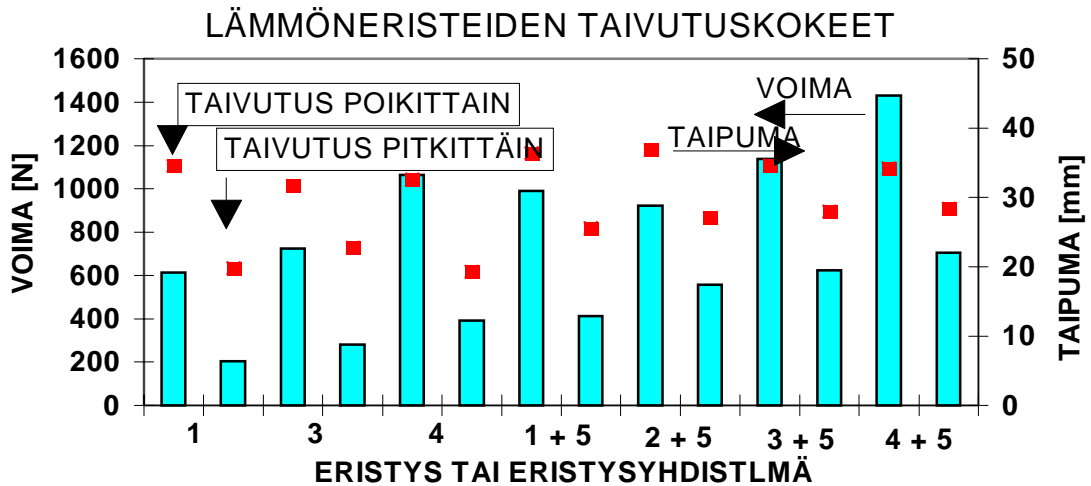
Kuva 7. Kuormitusvaihdosten vaikutus alustan ominaisuuksiin. Tuoteluokka TL2 mitoitussohjeen /14/ mukaan.



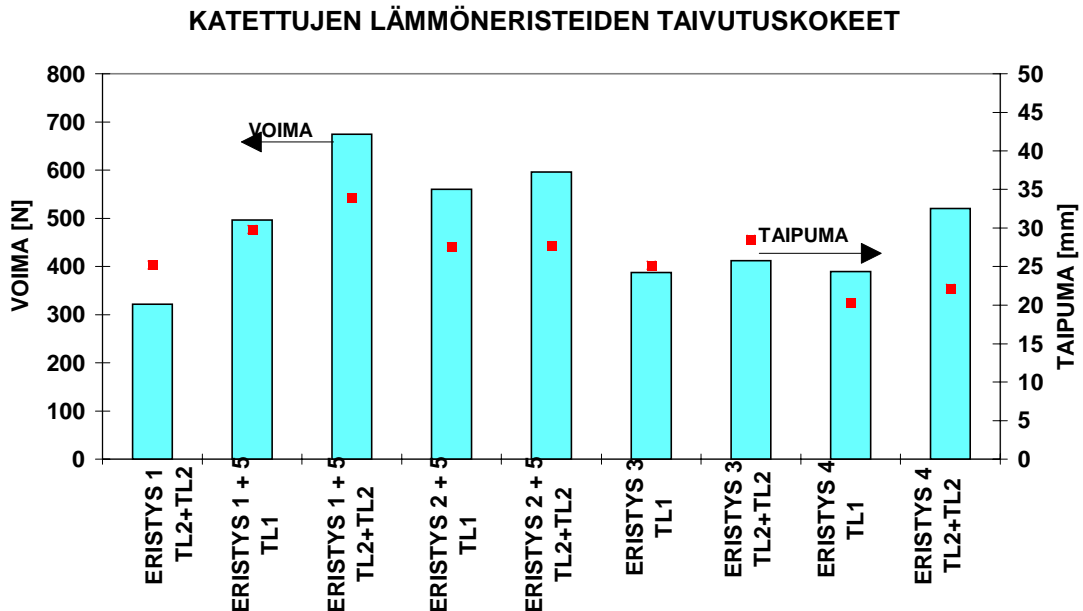
Kuva 8. Kateyhdistelmän TL2 + TL2 (K-MS + K-PS) vetolujuus ja venymä dynaamisen kuormituksen jälkeen.

3.2.3 Muodonmuutos taivutuskuormituksessa

Jäykät mineraalivillalevyt kestävät taivutusrasitusta varsin hyvin. Eristeille tehtyjen koekiden tulokset ovat 2 - 20-kertaisia standardin ISO 8145 vaatimuksiin nähden, kuva 9. Kate lisää rakenteen taivutusvastusta, kuva 10. Taivutuskokeiden perusteella standardin vaatimus 80 N ei aiheuttanut vielä millekään tutkituista tuotteista suurta taipumaa. Sen sijaan halkaisijaltaan 25 mm oleva taivutustanko upposi eristeen pintaan, ja painoi 10 - 15 mm syvän uran katettuun levyyn ilman, että taipumista juuri tapahtui.



Kuva 9. Lämmöneristeiden taivutuskokeet ISO 8145 -standardin mukaan.



Kuva 10. Katettujen koekappaleiden taivutuskokeet.

3.2.4 Kuorman jakautuminen lämmöneristeessä

Kermikatteeseen kohdistuva puristuskuormitus jakautuu mineraalivilla-alustaan kuormituskohtaa laajemmalle alueelle, kuva 11. Kuorman jakautuminen vaikuttaa puristusmuodonmuutoksen suuruuteen. Muodonmuutos riippuu myös eristysmateriaalin ja vedeneristeen ominaisuuksista. Vedeneristeen kimmokerroin ja jäykkyys vaikuttavat kuormituskohdan viereiseen painumaan. Mitä jäykempi kermipakka on, sitä laajemmalle alueelle kuormitus jakautuu. Kun kermi on kauttaaltaan liimattu alustaan, toimivat se ja lämmöneristyksen pintakerros yhdessä kuorman jakajina.

Kuorman jakautumista mineraalivilla-alustassa tutkittiin puristuskokeilla, joissa kuutioiden ja levymäisten koekappaleiden lisäksi oli katkaistun pyramidin muotoisia koekappaleita. Kuorman jakautumiskulmat määritettiin neljälle tilavuuspainoltaan ja kimm ominaisuuksiltaan erilaiselle tuotteelle. Tutkittuja lämmöneristeitä käytetään mineraalivillaeristeisissä katoissa siten, että raskainta tuotetta on ohuena kerroksena (20 mm) katealustana ja muita kolmea tuotetta katon varsinaisena lämmöneristeinä.

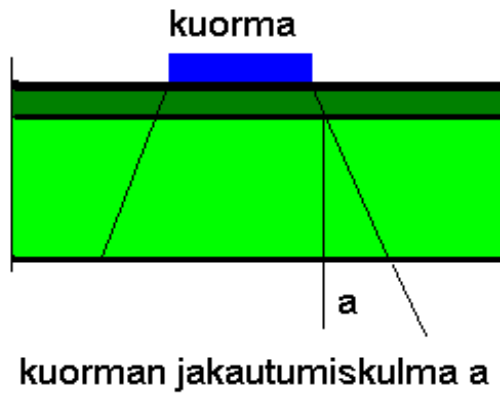
Kuorman jakautumiskulmaksi saatiin katealustalle noin 45° ja muille tuotteille 25 - 30°.

Pistemäisen kuorman vaikutusalue mitattiin laboratoriokokeiden yhteydessä sekä vertailumittauksissa kenttäkohteissa, kuva 12.

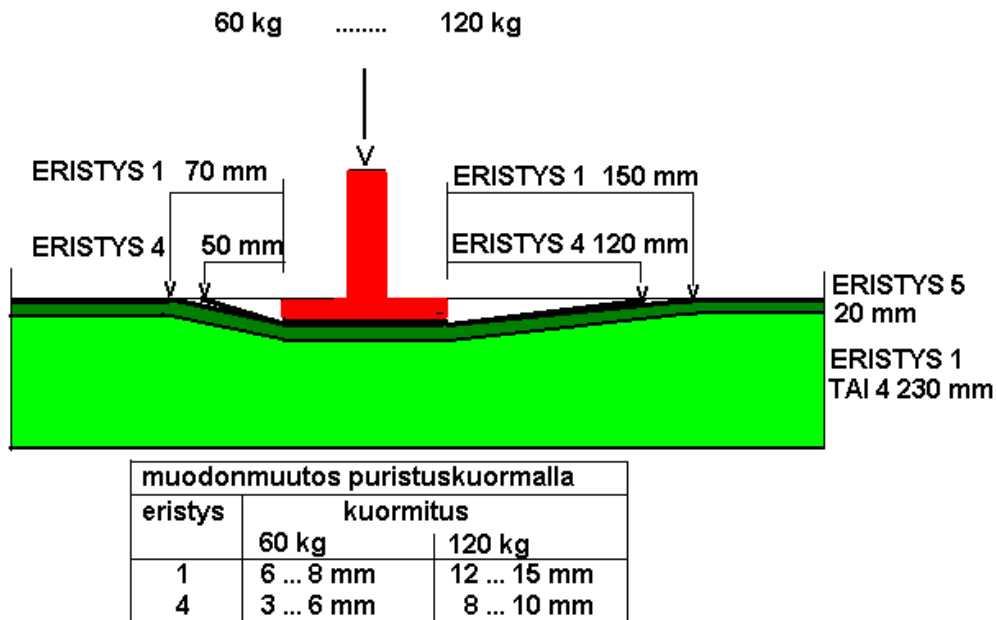
Jakautumiskulmaa voidaan käyttää puristuskuormituksen aiheuttaman muodonmuutoksen laskennalliseen arviointiin. Tarkastelussa tehtiin seuraavat oletukset:

- Kermin kuormitusta jakavaa vaikutusta ei oteta huomioon, vaan kuorman oletetaan kohdistuvan kermin alustalle.
- Painumasta johtuva kermin venyminen ja sen vaikutus painumaan otetaan huomioon kermin venymäominaisuuksien perusteella.
- Alustassa syntyvät pistemäisen kuormituksen aiheuttamat leikkausvoimat on sisällytetty kuorman jakautumiskulmaan, jolloin vastakkaissuuntaisina alustan leikkausvoimat ja kermin kuormaa jakava vaikutus kompensoivat toisiaan.
- Kermikatteen muodonmuutoksen kuormituskohdan vieressä oletetaan olevan kaksinivelinen, toisin sanoen kermi on vaakasuora taso kuormituskohdan alla ja kuormituksen vaikutusalueen ulkopuolella.

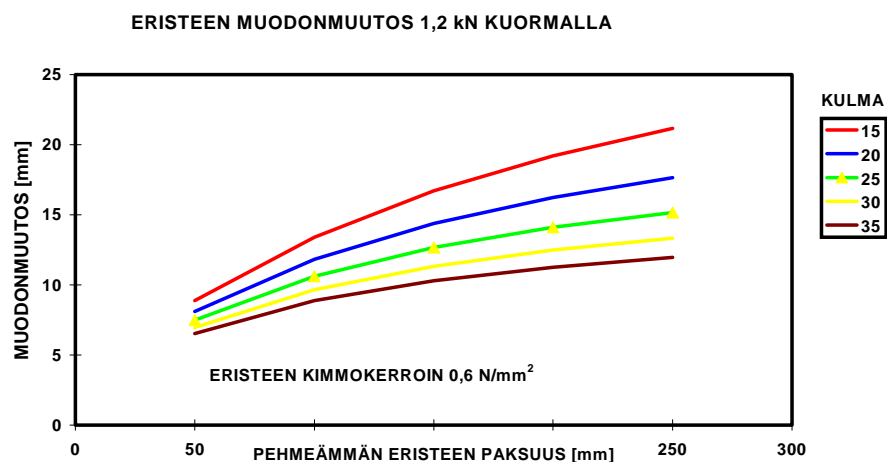
Kuvissa 13 ja 14 on laskennallisesti saatu kimmokertoimen ja kuorman jakautumiskulman vaikutus rakenteen muodonmuutokseen 1,2 kN:n kuormalla (kuormitusala 100 mm x 100 mm). Kun eristysmateriaalin kimmokerroin kaksinkertaistuu, pienenee 200 mm lämmöneristyksen (20 mm kova katteen aluslevy ja 200 mm pehmeämpi eriste) puristuskuorman aiheuttama muodonmuutos noin 40 %. Kuorman jakautumiskulman ja eristeiden kimmokertoimien tunteminen mahdollistavat muodonmuutoksen laskennallisen arvioinnin.



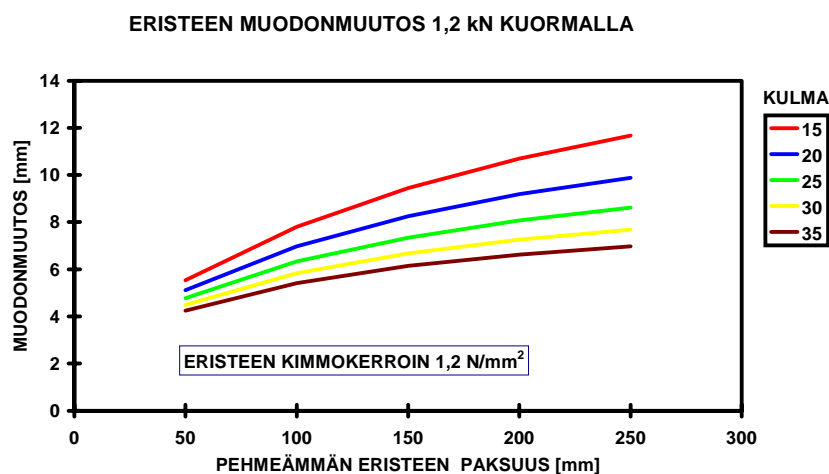
Kuva 11. Kuorman jakautumiskulma puristuskuormitustilanteessa.



Kuva 12. Pistemäisen kuorman vaikutusalue kenttämittauksen perusteella. Katon eri alueiden lämmöneristeinä olivat laboratoriokokeissa käytetyt eristystuotteet 1 ja 4. Katteen alustana eristystuote 5. Kattoa kuormitettiin 60 ja 120 kg:n kuormilla (0,6 ja 1,2 kN).

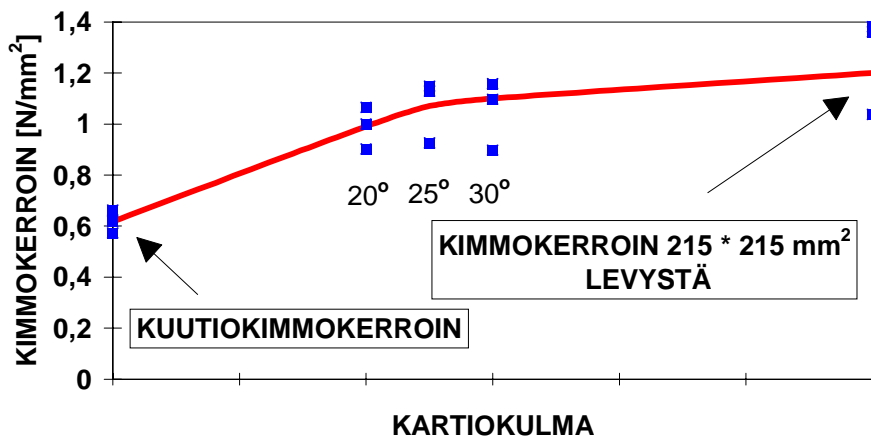


Kuva 13 Lämmöneristeen teoreettinen puristusmuodonmuutos, kun kahdesta osasta koostuvan lämmöneristyksen pehmeämmän eristeen kimmokerroin on 0,6 N/mm².



Kuva 14. Lämmöneristeen teoreettinen puristusmuodonmuutos, kun kahdesta osasta koostuvan lämmöneristyksen pehmeämmän eristeen kimmokerroin on 1,2 N/mm².

Kuorman jakautumista eristyskerroksessa tutkittiin kokeellisesti katkaistun pyramidin muotoisilla koekappaleilla. Tavoitteena oli selvittää, millä pyramidin sivun kulmalla kuorman ja muodonmuutoksen välinen suhde ei enää muutu. Koetulokset ovat kuvassa 15. Tulosten perusteella kuorman jakautumiskulman arvona voidaan käyttää joko eri tuotteille erikseen määritettyjä arvoja tai laskentavakiota, jonka arvona voidaan käyttää 25° kulmaa.



Kuva 15. Kuorman jakautumiskulman määrittämiskokeet yhdellä eristystuotteella. Kun kulma kasvaa yli 25°, näennäinen kimmokerroin ei enää kasva olennaisesti. Näennäinen kimmokerroin lasketaan katkaistun pyramidin muotoisen kappaleen puristuskokeen tuloksista.

3.3 Lämmöneristysalustan ominaisuudet

3.3.1 Suositukset

Tehtyjen kokeiden tulosten perusteella laadittiin ehdotus mineraalivilla-alustan ominaisuuksiksi. Lähtökohdaksi on jako katon eri alueiksi kuormitustilanteen mukaan. Ehdotuksessa tarkastellaan mineraalivilla-alustan ja vedeneristeen toimintaa yhdessä. Rakenteelle asetettavat suositukset riippuvat lämmöneristyskerroksen paksuudesta ja katteyhdistelmästä. Suositus koskee ensisijaisesti kattoja, joiden lämmöneristys muodostuu kahdesta tai useammasta nimellispainoltaan ja kimmo-ominaisuuksiltaan erilaisesta mineraalivillaeristeestä siten, että suurimman nimellispainon omaava eriste on ylimpänä rakenteessa katteen alustana.

Saatujen tulosten perusteella mineraalivilla-alusta pehmenee ja vedeneristykseen lujuusominaisuudet heikkenevät, kun katto joutuu jatkuvasti toistuvan kuormituksen alaiseksi. Kun katettuja koekappaleita taivutettiin vakionopeudella, upposi taivutustanko 10 - 15 mm syvyydelle eristeeseen ilman, että taipumista juuri tapahtui. Katettujen 100 mm ja 120 mm paksuisten eristeiden muodonmuutos 1,2 kN:n puristuskuormituksessa oli suurimmillaan noin 15 % paksuudesta. Kateratkaisu vaikutti hieman muodonmuutokseen, ja yksikerroskatteella muodonmuutos oli kaksikerroskatetta suurempaa.

Rantamäen tekemän kenttäkartoituksen /12/ perusteella loivien kattojen vedeneristykset olivat kohtuullisessa kunnossa. Kuitenkin APP-yksikerroskatteiden ominaisuudet olivat selvästi kahdesta kermikerroksesta tehtyjä SBS- ja APP-katteita heikompia. Kun otetaan lisäksi huomioon todellisen katon eristyskerroksen epähomogeenisuus (pienet ilmvälit ja vähäiset eristysvirheet), kuormitustilanteessa yksikerroskatteen saumoihin kohdistuva rasitus, lämmön- ja vedeneristeiden ominaisuuksien muuttuminen toistuvan kuormittamisen seurauksena sekä tulevaisuudessa rakennettavat nykyistä paksummilla eristeillä

varustettavat katot, voidaan lämmöneristyksen sallitulle muodonmuutokselle antaa suositusarvot, joiden ei tulisi katon normaalissa käytössä ylittyä. Suositukset riippuvat katetyypistä seuraavasti:

- yleinen suositus: 10 % ja 15 mm
- yksikerroskatteet: 10 % ja 10 mm.

Esitetyt suositukset suhteellisena ja absoluuttisena muodonmuutoksena ovat yhtä aikaa voimassa. Suositukset koskevat liikennöimättömiä mineraalivilla-alustaisia loivia kattoja.

Katteenalustan muodonmuutos voidaan joko mitata liitteessä 1 esitetyllä menetelmällä tai arvioida laskennallisesti eristysmateriaalien kimmokertoimen ja kuorman jakautumiskulman avulla. Lämpötila vaikuttaa jonkin verran puristusmuodonmuutokseen. Kylmällä ilmalla tehdyssä kenttämittauksessa tulosten luotettavuuden lisäämiseksi muodonmuutokseen lisätään seuraavat, mittausolosuhteista riippuvat toleranssit:

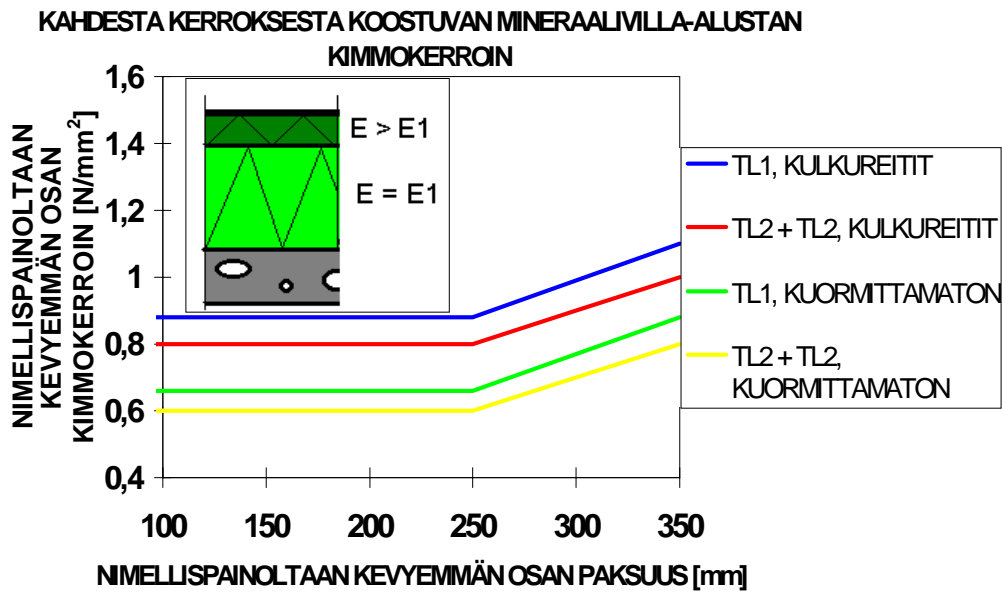
- +1 mm, kun $T_{\text{ilma}} < 5^{\circ}\text{C}$
- +2 mm, kun $T_{\text{ilma}} < -10^{\circ}\text{C}$

Lämmöneristykselle tai kahdesta eristyskerroksesta koostuvan lämmöneristyksen nimellispainoltaan kevyemmälle osalle voidaan antaa kimmokertoimen raja-arvot, joiden tavoitteena on rajata eristyskerroksen puristuskuormituksen aiheuttama muodonmuutos suurinta sallittua muodonmuutosta pienemmäksi. Kimmokerroin valittiin määrääväksi suureeksi siksi, että sen määrittäminen sopii jo nykyiseen eristystuotteiden normaaliin laadunvalvontaan.

Katteen alustana olevan mineraalivillan vaadittava kimmokerroin riippuu katon kuormitustilanteesta ja lämmöneristyskerroksen paksuudesta. Katto jaetaan seuraaviin toiminnallisesti erilaisiin osiin:

- Kuormittamaton osa: vain katon huoltoon tai tarkastukseen liittyvä liikkuminen sallittu
- Kulkureitit: katolla oleville erityistä huoltoa tai kunnossapitoa vaativille kohteille johtavat kulkureitit, joilla taakkojen ja kuormien siirtämiseen tarvittavien välineiden käyttö on sallittu. Taakkojen siirrossa on käytettävä erillistä kuormaa jakavaa alustaa (rakennuslevyt tms.).

Suositus kahdesta tai useammasta nimellispainoltaan erilaisesta eristeestä kootun alustan kimmokertoimeksi esitetään kuvassa 16. Katon eri osille esitetyissä kimmokertoimen suositusarvoissa on otettu huomioon kuorman jakautuminen eristyskerroksessa kuormituskohtaa laajemmalle alueelle. Mikäli eristyskerros koostuu nimellispainoltaan samanlaisista eristeistä, joiden kimmokerroin on alle $0,9 \text{ N/mm}^2$, korotetaan kuvan 16 suositusta 30 %:lla. Kimmokertoimen valintakriteerinä on alustan suurin sallittu muodonmuutos 1,2 kN:n kuormalla, liite 1.



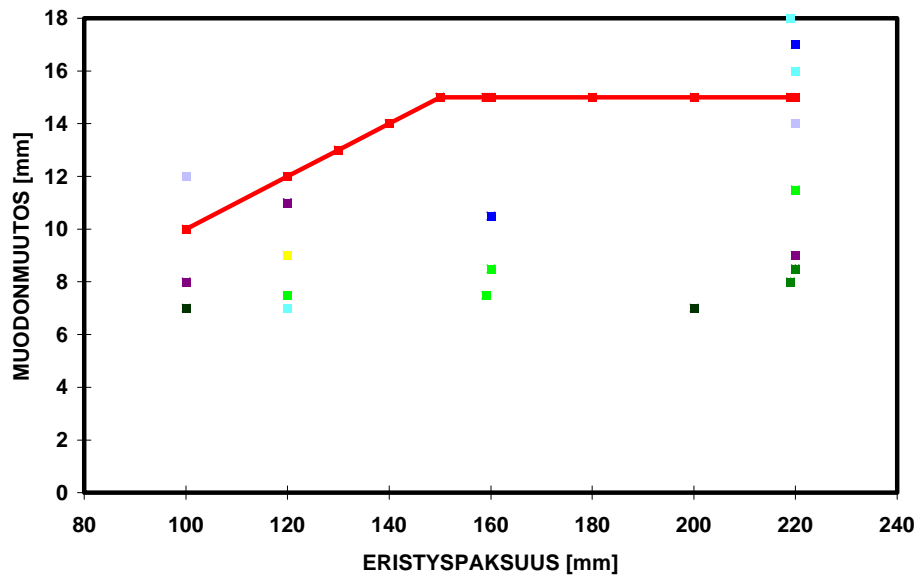
Kuva 16. Loivan katon mineraalivilla-alustan kimmokerroin E . Nimellispainoltaan samasuuruista eristyskerroksista koostuvan lämmöneristyksen kimmokerroin saadaan korottamalla kuvaajan perusteella saatavaa kerrointa 30%:lla. Korotus tehdään, jos eristeen kimmokerroin on alle $0,9 \text{ N/mm}^2$. TL1 ja TL2 viittaavat Toimivat katot -ohjeen /14 / tuoteluokkiin.

3.3.2 Kenttäkokeet

Kenttämittausten tarkoituksena oli selvittää nykyisin käytettävien eristystuotteiden soveltuvuutta edellisessä luvussa esitetyt suositukset täyttäviin kattoihin. Tutkitut kohteet sijaitsevat pääkaupunkiseudulla, Kuopiossa ja Rovaniemellä. Kaikki katot kuuluvat kuormittamattomiin kattoihin, joilla tulisi välttää liikkumista normaalia katon huoltoa lukuun ottamatta.

Kenttämittausten tulokset ovat kuvassa 17. Kuvassa on myös sallitun puristusmuodonmuutoksen rajakäyrä, kun katteena on TL2 + TL2 -kermiyhdistelmä. Tulosten perusteella pääosassa kattoja muodonmuutos $1,2 \text{ kN}$:n kuormalla on esitettyä suositusta pienempi. Loivien kattojen tavanomaiset eristysratkaisut näyttäisivät siten soveltuvan kuormittamattomien kattojen eristysratkaisuiksi aina $200 - 250 \text{ mm}$ kokonaiseristysvahvuuksiin saakka. Tulokset viittaavat myös siihen, että eristeen nimellistiheyttä (ja samalla kimmokerrointa) kasvattamalla eristysratkaisut soveltuvat myös kulkureittien ja kuormitettujen alueiden eristysratkaisuiksi. Kenttämittausten määrä on kuitenkin vielä pieni.

MUODONMUUTOKSEN KENTTÄMITTAUS



Kuva 17. Muodonmuutoksen kenttämittaukset. Yhtenäinen punainen viiva kuvaa suosituksen mukaista suurinta sallittua muodonmuutosta. Neliöt ovat kenttätutkimuksissa saatuja tuloksia, ja neliöiden värit kuvaavat eri eristystuotteita. Mittauksissa käytettiin liitteessä 1 esitettyä mittausmenetelmää.

4. Loivan katon toimivuus ja käyttöikä

4.1 Käyttöikämitoituksen perusteet

Rakenteiden ja rakennusmateriaalien käyttöiän ja kestävyuden merkitys rakentamisessa kasvaa. Rakennusten ja niiden eri osien käyttöikä on ympäristöä säästävän rakentamisen perustekijä. Euroopan Yhteisön (EU) rakennustuotedirektiivin /4/ mukaan rakennustuotteiden tulee täyttää olennaiset vaatimukset (mekaaninen lujuus ja vakavuus, paloturvallisuus, hygienia, terveys ja ympäristö, käyttöturvallisuus, meluntorjunta sekä energiatalous ja lämmöneristys) taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan. Eurocode 1:n (osa 1) /2/ mukaan säilyvyys on otettava huomioon rakenteen varmuuden ja käyttöönsoveltumisen suunnittelussa.

Käyttöikäsuunnittelulla tarkoitetaan suunnitteluratkaisujen, rakennustarvikkeiden ja materiaalien valintoja, jotka perustellaan käyttöikäsuunnittelun menetelmin ottaen huomioon asetetut käyttöikä- ja kustannustavoitteet sekä käyttöikään liittyvien vaatimusten siirtämistä suunnitteluasiakirjoihin urakoita ja hankintoja varten. Tavoiteikäsuunnittelun saavuttaminen tulee siis osoittaa rakennussuunnittelussa. Suunnittelijan on pystyttävä varmistamaan perinteisten suunnittelukriteerien (lujuus, varmuus, lämmöneristävyys, palonkesto yms.) lisäksi rakenteen suunnittelukäyttöikä ja sen saavuttamisen edellytykset. Rakenteet tulee mitoittaa siten, että rakenteiden laskennallinen käyttöikä vanhenemisen ja rakenteeseen kohdistuvien rasitusten aiheuttamasta ominaisuuksien heikkenemisestä huolimatta vastaa tavoiteikäsuunnittelua.

Kermikatteisten kattorakenteiden käyttöikämitoituksen periaatteita ei ole vielä kehitetty. Käyttöikäsuunnitteluun tarkoitettuja yleisiä menetelmiä on kolmea perustyyppiä, taulukko 3. Loivien kattorakenteiden käyttöikäsuunnittelu voi tapahtua ennakoitun käyttöiän periaatteella. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että rakenteen säilyvyyteen vaikuttavat ominaisuudet ja niiden merkitys pystytään selkeästi luokittelemaan ja, että niille voidaan antaa käyttöikäsuunnitteluun liittyviä vaatimuksia (vrt. kuormituskestävyys).

Käytännössä käyttöikäsuunnittelu voi perustua esitettyjen menettelytapojen yhdistelyyn. Esimerkiksi käyttöiän ennakointiin voidaan liittää erilaisia suojausvaatimuksia, joilla varmistetaan tuotteen osakomponenttien kelpoisuus koko käyttöiän ajan. Katoilla tämä voi tarkoittaa esimerkiksi kermin suojaamista singelillä kestävyuden parantamiseksi ja mahdollisen jään muodostuksen vaikutusten pienentämiseksi.

Ennakoidun käyttöiän menettelyyn liittyen suunnittelija yhdessä rakennuksen omistajan kanssa määrittelee koko rakennuksen ja sen eri osien käyttöiät. Rakenteet voivat olla joko vaihdettavia tai pysyviä. Kaikkien rakenneosien ei tarvitse kestää koko rakennuksen käyttöikäsuunnittelua. Suunnittelijan kannalta menettelyn tekee hankalaksi se, että rakennustuotteen valmistajan ilmoittamaa vertailukäyttöikäsuunnittelua tarkastellaan kohdekohtaisin ko. rakennusosan laatuun, ympäristöolosuhteisiin, käyttörasitukseen liittyvin tiedoin, taulukko 4. Laatutekijöinä arvioidaan silloin myös työn suorittajan mahdollisuuksia toteuttaa työ suunnitelmien mukaisesti.

Taulukko 3. Käyttöikäsuunnittelun menettelytavat.

Mitoitustapa	Periaate	Esimerkkejä sovellutuksista
Käyttöiän ennakointi	Suunnittelija korjaa rakennustuotteen valmistajan ilmoittamaa käyttöiän vertailuarvoa kohdekohtaisilla tiedoilla (esimerkiksi ympäristö- ja käyttöolosuhteet). Valmistajan antama käyttöikäennuste perustuu tuotteesta tehtyihin tutkimuksiin sekä käyttökokemuksiin.	Teräsohutlevyverhoilujen käyttöiän ennakointi
Suojausmenettely	Erilaisin suojaustoimenpitein varmistetaan, että materiaaleissa ei tapahdu merkittävää turmeltumista käyttöiän aikana.	Komposiittirakenteet, betonirakenteet
Käyttöikämitoitus	Materiaalien turmeltumisesta johtuva rakenteen toiminnallinen heikkeneminen voidaan ottaa huomioon laskennallisesti. Edellytyksenä on, että turmeltumismekanismit ovat riittävästi tunnettuja ja, että turmeltuminen tapahtuu ajan myötä hallitusti.	Maa- ja vesirakenteet, paalut

Taulukko 4. Ennakoidun käyttöiän muuntokertoimet.

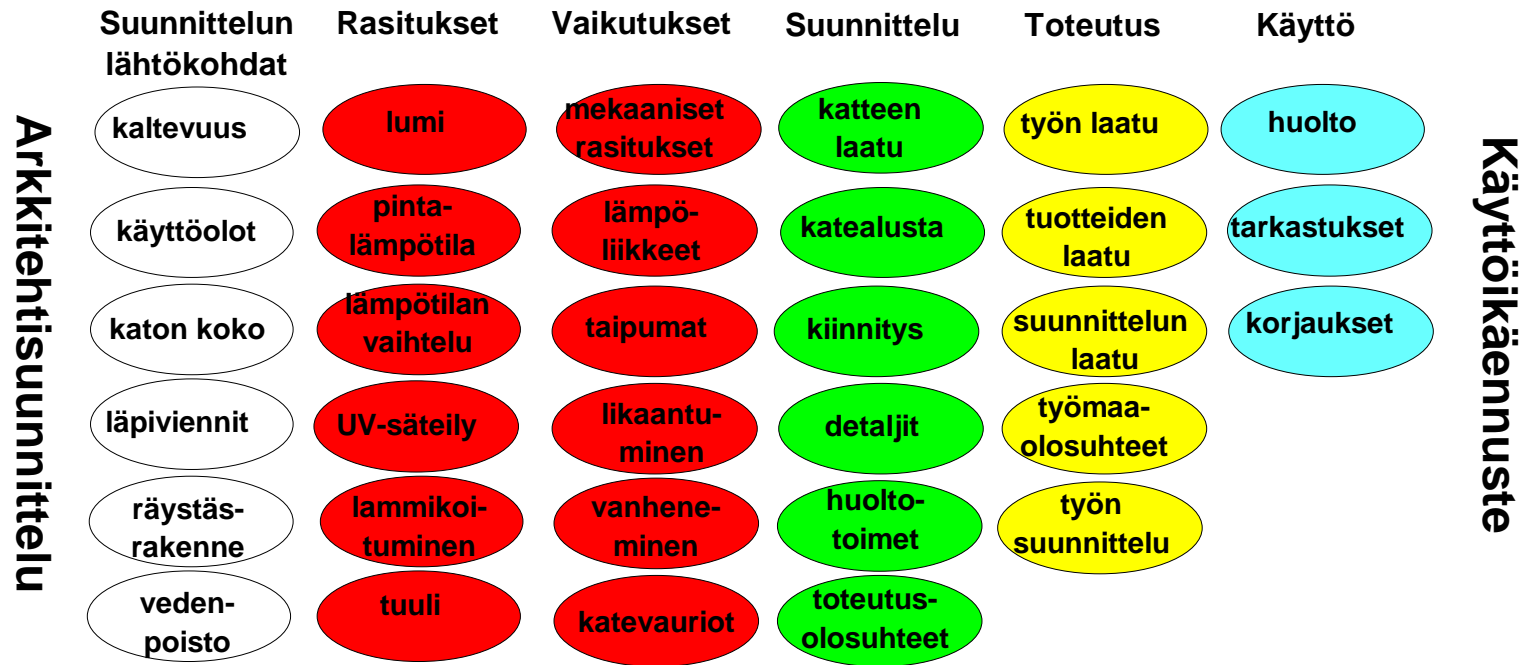
Kerroin	Olosuhteet		
Laatutekijät	A	Rakenneosan laatu	Valmistus, varastointi, kuljetus
	B	Suunnittelun laatu	Liitokset, muun rakenteen suojaus
	C	Työn laatu	Valvonta, ammattitaito, ilmasto-olot työn suorituksen aikana
Ympäristöolot	D	Sisäympäristö	Ympäristön aggressiivisuus, tuuletus, mahdollinen tiivistyminen
	E	Ulkoinen ympäristö	Rakennuksen korkeus, julkisivun ilmansuunta, mikroilmasto, liikenteen päästöt, säätekijät
Käyttö	F	Käyttöolot	Mekaaninen vaikutus, käyttäjäryhmä, kuluminen
	G	Huollon taso	Huollon laatu ja tiheys

4.2 Loivan katon käyttöikään vaikuttavia tekijöitä

Kattoliitto Ry:n Toimivat katot -ohjekirjassa /14/ esitetään bitumikermikatteiden tuote- ja käyttöluokat, joiden tarkoituksena on määrittellä vaatimukset tuotteiden teknisille ominaisuuksille sekä osoittaa, millaiset kermi- ja kermiyhdistelmät soveltuvat erilaisille

kattotyypeille. Luokitus on selkeä bitumikermikatteiden käyttöikäsuunnittelun lähtökohta.

Kuvaan 18 on koottu käyttöikäsuunnittelussa tarkasteltavia tekijöitä luettelonomaisesti, ja se on tarkoitettu vain alustavaksi yhteenvedoksi kermikaton käyttöikään vaikuttavista tekijöistä. Vesikattosuunnittelijan tulee tarkastella tehtäviä valintoja mahdollisimman monipuolisesti taloudellisen ja kestävä ratkaisun (kantava rakenne, lämmöneristys, vedeneristys, kiinnitystavat, detaljiratkaisut yms.) löytämiseksi. On myös huomattava, että eri tekijöiden keskinäiset riippuvuudet aiheuttavat sen, että yhden ominaisuuden optimointi voi olla jonkun muun kannalta haitallista.



Kuva 18. Loivan lämmöneristysalustalle tehdyn kermikaton käyttöikään vaikuttavia tekijöitä.

4.3 Loivan katon kosteustekniikka

4.3.1 Kattorakenteiden kastuminen

Kosteusvauriot ovat merkittävin rakenteiden käyttöikään ja korjaustarpeeseen vaikuttava tekijä. Vaurioihin ei yleensä ole yhtä selkeää syytä, vaan ne ovat useimmiten monen vaikuttavan tekijän summa. Kattorakenteen tai siinä käytettävien materiaalien kastumisen riski rakennustöiden aikana on suojaustoimenpiteistä huolimatta suuri. Rakentamisen aikainen ja sen jälkeinen rakennuskosteus voi olla rakenteen merkittävin kosteusrasitus. Rakenteet voivat kastua katevaurioiden vaikutuksesta huomattavasti enemmän kuin kattamistöiden aikaisen sateen vaikutuksesta, taulukko 5. Samoin eräiden lähinnä kallistusten tekemiseen tarkoitettujen materiaalien valmistuksen ja varastoinnin jälkeiset kosteuspitoisuudet voivat olla suuria.

Taulukko 5. Rakennusmateriaalien tyypillisiä rakennuskosteuksia kattamistyön allussa sekä kattamistyön tai käytön aikaisen kosteusrasituksen aiheuttamia katon kosteuslisiä.

Kosteuslähde	Materiaali ja kerrospaksuus tai mitat	Kosteuspitoisuus %	Kuivattava kosteus l/m ²
Kosteus työmaalla ennen katetöitä	Mineraalivilla 180 mm	0,3 - 3	0 - 0,5
	Kevytsorakallistus 0 - 200 mm	3 - 10	0 - 3
	Betoni 100 mm	3 - 7	1,5 - 3
	Kevytbetoni 300 mm	30 - 40	30 - 40
	Kevytbetonirouhekallistus 0 - 200 mm	30 - 40	15 - 20
	Puu (ulkovarasto) 50 x 100 mm	15 - 22	0 - 0,2 ^{*)}
Sade 0,5 - 2 mm katetöiden aikana	Mineraalivilla 180 mm	2,5 - 10	0,5 - 2
Katevaurio	Mineraalivilla 180 mm	20 - 150	4 - 30

^{*)} kuivattava kosteus l/m

Rakenteet tulee pyrkiä pitämään kuivina työn aikana, ja siksi työtavat ja -järjestys sekä tarvittavat suojaustoimenpiteet on syytä suunnitella kunnolla etukäteen. Silloin kattamistöiden aikainen sade kastelee lämmöneristeitä vain vähän. Työaikaiset sateet eivät poikkeusoloja lukuun ottamatta ole kovin merkittäviä varsinkaan, jos eristys- ja kattamistyö tehdään samassa vaiheessa. Mineraalivillalevyn pinta on jossain määrin vettä hylkivää, jolloin vesi valuu kaltevilla villapinnoilla. Suurin riski kastumisen kannalta on veden kertyminen villakerroksen alle holvin päälle, minkä johdosta eristys vettyy alastaan.

Suuret alkukosteudet merkitsevät kosteusriskiä. Rakennesuunnittelun tulisikin perustua suunnitteluun riskin varalle. Alkukosteudet eivät ole helposti mitoituksessa hallittavia, koska ne ovat luonteeltaan satunnaisia. Suunnittelun perusteeksi tulisikin ottaa kaikissa tilanteissa rakenteen kuivumisen varmistaminen. Suomen ilmastossa loivan katon tuu-

lettamista voidaan pitää kylmä- ja pakkasvarastojen kattoja lukuun ottamatta aina perusteltuna. Tuulettamisella varmistetaan rakenteen toimintavarmuus myös satunnaisia, vähäisiä kosteuskuormia vastaan.

4.3.2 Loivan katon tuuletus

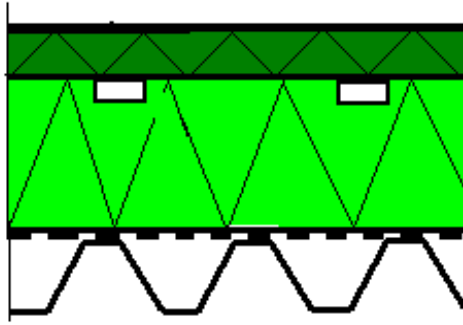
Loivien kattojen, joissa vedeneristys on kiinnitetty suoraan lämmöneristysalustaan, tuulettamiseen on perinteisesti käytetty alipainetuulettimia. Kostean rakenteen kuivuminen pelkkien alipainetuulettimien kautta on hidasta ja voi kestää jopa vuosikymmeniä /7/. 1980-luvulla otettiin käyttöön uritetut villarakenteet (kuva 19), joiden tarkoituksena oli tehostaa katon tuulettumista tuuletusurien kautta. Rakenteista saadut kokemukset /8/ ovat olleet varsin hyviä.

Tuuletusurat sijaitsevat eristysrakenteen yläosassa. Uritus ei vaikuta katteen kestävyys-teen. Katteen alustana olevan ohuen (usein 20 - 30 mm) eristyskerroksen jäykkyys estää kuormitetun katteen rikkoutumisen uran kohdalla. Uritetun villarakenteen kuivuminen perustuu tuuletusilman lämpenemiseen tuuletusurassa, jolloin sen kyky kuljettaa kosteutta kasvaa. Auringon lämmittämässä katossa ilman lämpötila urassa voi olla yli 50 °C.

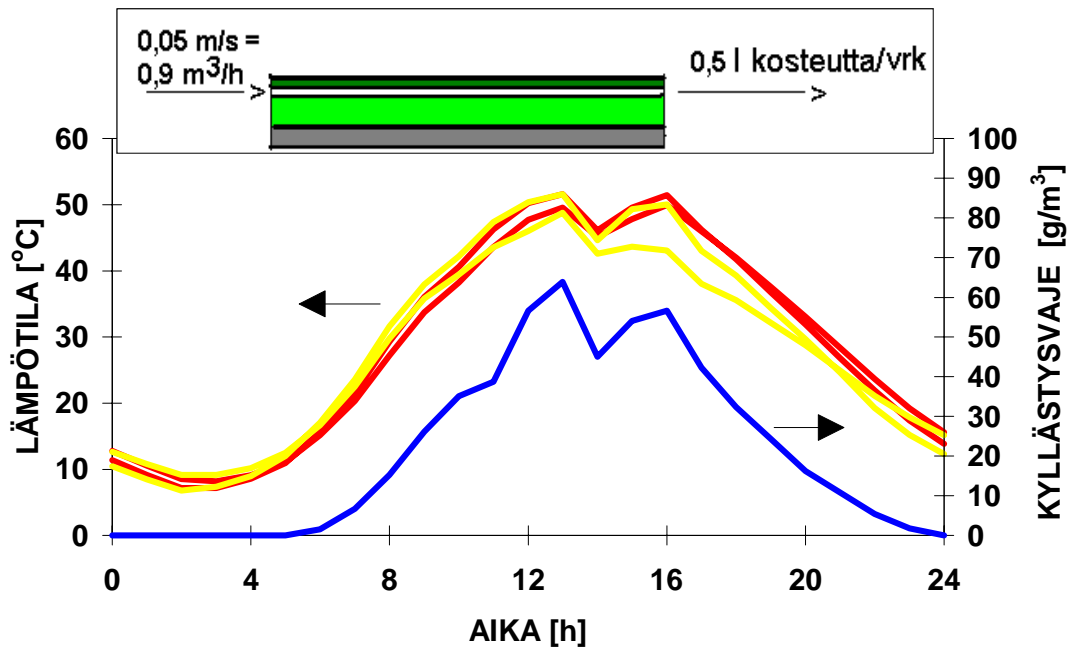
Kuvassa 20 on Rovakate Oy:n toimitalon katosta (kuva 21) tehtyjen mittausten perusteella esitetty tuuletusilman kuivatuspotentiaali yhden kesävuorokauden ajalta. Jos tuuletusilma pystyy sitomaan uran lämpötilassa olevan ilman kyllästyskosteuden ja ulkoilman kosteuden erotuksen eli kyllästysvajeen verran kosteutta katosta, kuivuu rakenteesta 0,5 litraa kosteutta yhden metrin levyiseltä kaistalta vuorokaudessa kuvan tuuletusilmavirralla.

Kuivumispotentiaali riippuu tuuletusilmamääristä. Kuvassa 22 on laskennallinen tarkastelu katon kuivumisesta eri tuuletusilmavirroilla Jyväskylän ilmastossa. Laskenta perustuu ulkoilman tunnittaisiin lämpötila-, pilvisuus- ja auringon säteilytietoihin. Ilmavirta urassa on oletettu vakioksi.

Urasta mitatut tuuletusilmavirran nopeudet ovat olleet 0,01 - 0,1 m/s. Tuuletus kasvattaa rakenteen lämpöhäviötä tuulettamattomaan rakenteeseen verrattuna lähinnä lähellä räystästä olevilla alueilla. Tehtyjen mittausten perusteella kuvan tuuletusjärjestelyjen (uran pinta-ala alle 0,001 m²) voidaan arvioida vaikuttavan katon kokonaislämpöhäviöön taulukossa 6 esitetyllä tavalla. Tuulettavan alueen koko on eri mittauksissa ollut 80 - 100 m². Tuulettavan alueen koon vaikutusta lämpöhäviöön ei ole vielä selvitetty. Tuuletuksen toimivuuden kannalta kokoa ei voida noin 100 m² suuruudesta juuri kasvattaa. Tuulettaminen edellyttää eristystyön hyvää laatutasoa, jotta eristysvirheet eivät vaikuta rakenteen lämpötekniseen toimivuuteen.



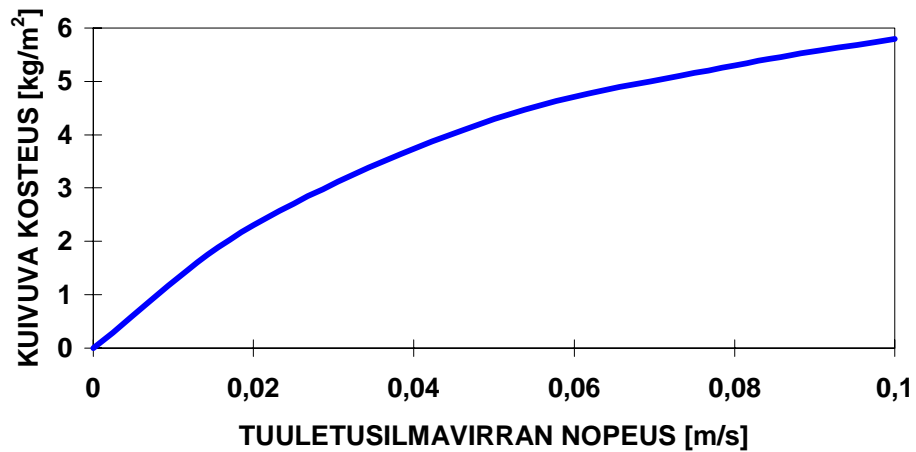
Kuva 19. Lämmöneristyskerroksen urien kautta tuuletettavan poimulevykaton periaate. Urien koko on tyypillisesti 20 - 30 x 30 - 50 mm ja väli 200 mm.



Kuva 20. Katon seurantamittauksiin perustuva arvio tuuletuksen kuivatuspotentiaalista yhden vuorokauden ajalta. Ilman lämpötila ja kyllästysvajaus urissa.



Kuva 21. Rovakate Oy:n toimitalon uritettujen lämmöneristeiden asennustyöt.



Kuva 22. Tuuletusilmavirran vaikutus katon kuivumiseen vuoden aikana Jyväskylän ilmastossa, kun tuuletus tapahtuu urien kautta räystäältä räystäälle 10 metriä leveässä katossa. Käyrä kuvaa optimiolosuhteissa tapahtuvaa kuivumista.

Taulukko 6. Uratuuletuksen vaikutus katon kokonaislämpöhäviöön. Tuuletettava alue suurempi kuin 80 m².

Eristyspaksuus d mm	Lämpöhäviön lisäys %
d < 200	5
200 < d < 250	3
250 < d < 300	2
d > 300	< 2

4.3.3 Höyrynsulun merkitys

Rakennusmateriaalien ja rakenteiden kosteus voi olla rakennuskosteutta eli valmistuksen jäljiltä materiaaliin jäänyttä kosteutta tai varastoinnin, kuljetuksen ja asennustöiden aikana rakenteisiin päässyttä kosteutta tai rakennuksen käytön aikana rakenteiden puutteellisen toimivuuden johdosta rakenteisiin kertyvää kosteutta.

Käytön aikainen kosteusrasitus riippuu ilmastosta, rakennuksen sijainnista (rannikko, sisämaa, korkeusasema), korkeudesta, muodosta sekä rakennevalinnoista (esimerkiksi harjakatto tai loiva katto, räystäät, tuuletus yms.), rakennuksen käyttötarkoituksesta ja sisäilmastosta. Kosteus kulkeutuu sisäilmasta rakenteisiin vesihöyryn osapaine-eron aiheuttamana vesihöyryn diffuusiona tai ilmavirtausten mukana. Höyrynsululla tarkoitetaan ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen vesihöyryn diffuusio rakenteeseen.

Kostea sisäilma voi virrata rakenteeseen sisäpuolisen ylipaineen vaikutuksesta. Koneellinen poistoilmanvaihto ei yksinään riitä ylläpitämään rakennuksessa alipainetta. Käytännössä tilapäistä ja paikallista sisäilman ylipaineisuutta esiintyy lähes poikkeuksetta kaikissa rakennuksissa. Ilman ulosvuoto aiheuttaa erityisesti kylmänä vuodenaikana voimakasta kosteuden kerääntymistä rakenteen kylmiin materiaalikerroksiin. Ilmansululla tarkoitetaan ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle. Höyrynsulku toimii useimmiten myös rakenteen ilmansulkuna. Betoniholvien tai vastaavien ilmanpitävyys voi perustua myös tiiviisiin saumavaluihin ja läpivientien, rakennusosien liitosten tai kattoikkunoiden huolelliseen tiivistämiseen.

Loiva, tuulettamaton kattorakenne voi toimia siten, että se kostuu sisäilman kosteuden vaikutuksesta talvella ja kuivuu sisäilmaan kesällä auringon lämmön vaikutuksesta. Kosteus ei silloin aiheuta välitöntä kosteusvauriota, mikä ilmenisi esimerkiksi vuotoina sisälle.

Kosteuden vaikutukset rakenteisiin ja materiaaleihin riippuvat materiaalien ja rakenteiden kosteudenkestävyydestä ja kuivumisominaisuuksista. Ulosvirtaavan ilman sisältämän kosteuden tai rakenteeseen diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteuden ei välttämättä tarvitse tiivistyä, vaan kosteus voi kerääntyä materiaaliin kondenssitilannetta (100 % RH) alemmissa kosteuksissa absorboitumalla materiaalin sorptio-ominaisuuksilla.

sien mukaisesti. Pitkäaikainen 80 % suhteellisen kosteuden tasapainotilaa vastaava kosteustaso ja 0 °C:ta korkeampi lämpötila riittävät aiheuttamaan homeen kasvua useimmissa puupohjaisissa rakennusmateriaaleissa. Vastaavasti edellä mainitut olosuhteet muodostavat metallien korroosion kannalta kriittiset olosuhteet (ns. metallien märkeäika, ISO 9223 /5/). Korroosion etenemisen kannalta oleellinen on se aika, jonka edellä mainitut olosuhteet vaikuttavat metallin pinnalla.

Höyryn- ja ilmansulun merkitystä selvitettiin suppealla kenttäselvityksellä. Poimulevyalustaisia kattorakenteita avattiin, ja rakenteiden kunto tutkittiin. Tutkimuskohteiksi valittiin kahdeksan 15 - 25 vuotta vanhaa kattoa, joissa ei ole saatujen tietojen mukaan havaittu vesivuotoja tai muita kosteusvaurioita. Kolmessa katoista ei ollut erillistä höyrynsulkukerrosta.

Kesällä tehtyjen tarkastusten aikana katot olivat kuivia. 1970-luvulla lämmöneristeiden kiinnittämiseen käytettiin sinkitystä tai suojamaalattua ohutlevystä taiteltuja liuskoja. Kuvassa 23 on esimerkki höyrynsuluttomasta rakenteesta. Lämmöneristeen kiinnikkeen pinnassa on havaittavissa selvää sinkin korroosiota, mikä kertoo olosuhteiden lämmöneristyskerroksessa olleen korroosion alkamisen ja etenemisen kannalta suotuisia.



Kuva 23. Lämmöneristeen kiinnike ilman höyrynsulkua tehdyssä poimulevykatossa.

Standardin ISO 9223 mukaan metallien korroosion kannalta haitalliset ympäristöolosuhteet voidaan määritellä metallien märkäajan ja ilman sisältämien korroosion eteneeseen vaikuttavien epäpuhtauksien perusteella. Luokitus antaa suoraan korroosionopeuden eri olosuhteissa. Jos esimerkkikatossa oletetaan olevan märkäaikakriteerien mukaiset olosuhteet alle 2 500 tuntia vuodessa, saadaan luokituksen perusteella sinkin korroosionopeudeksi 0,5 - 2 µm (mikrometriä) vuodessa. Silloin ohutlevyjen tyypillisen 20 µm:n sinkkikerroksen käyttöikä olisi noin 10 - 40 vuotta. Tehtyjen havaintojen perusteella sinkkikerroksen korroosio oli selvästi havaittavaa, eli standardiin perustuva sinkkikerroksen käyttöikäoletus olisi lähellä katon ikää tarkastushetkellä.

Erillisen höyrynsulkukerroksen käyttöä kermikatteisessa rakenteessa voidaan edellisen esimerkin perustella pitää suotavana. Höyrynsulun asentaminen edellyttää suurta huolellisuutta, jotta höyrynsulun jatkosaumat ja liittyminen katon läpivienteihin saadaan tiiviiksi. Lämmöneristeet kiinnitetään kantavaan rakenteeseen yleensä pistemäisesti kiinnikkeillä. Siksi höyrynsulkumateriaalin tulee olla kestävä, jotta se ei repeile kiinnikeasennusten yhteydessä. Kun katon höyry- ja ilmansulkukerros on kunnollisesti toimiva, katto voidaan tuulettaa esimerkiksi uritetun lämmöneristyskerroksen avulla. Tuuletus kuivattaa rakenteeseen höyry- ja ilmansulun vähäisten puutteiden johdosta pääsevän kosteuden.

5 Yhteenveto

5.1 Loivan katon kuormituskestävyys

Tutkimuksessa 'Hyvin eristetyn loivan katon toimivuus ja vaatimukset' kehitettiin loivien kattojen varmuutta lisääviä toiminnallisia vaatimuksia sekä rakentamiseen liittyviä ohjeita ja toteutustapoja. Materiaalien ja rakenteiden kestävyyttä ja toimivuutta tarkasteltiin laboratoriokokein ja seurantatutkimuksin koekohteissa. Tutkimuksessa keskityttiin loivan katon lämmöneristyksen ja vedeneristyksen toimintaan kokonaisuutena. Keskeiset aiheet olivat rakenteiden kuormituskestävyys sekä lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Lisäksi selvitettiin katon vedenpoistojen toimintaa, lumikuormien vaikutuksia ja viherpiharakentamista.

Kattoa rasittavat rakentamisen ja käytön aikana katolla liikkuminen, erilaiset huolto- ja korjaustoimenpiteet sekä katolle nostettavat taakat ja kuormat. Kun katon lämmöneristyskerroksen paksuus kasvaa, kasvaa myös kuormituksen aiheuttama muodonmuutos lämmöneristysalustassa. Samalla yhä enemmän katon kuormituksesta kohdistuu katteen vetorasituksena. Jotta rasitus ei kasva liialliseksi katon pitkäaikaisen kestävyuden kannalta, on alustan ominaisuuksia parannettava lämmöneristyskerroksen paksuuden mukaan.

Rakenteen toistuva kuormittaminen heikentää lämmöneristysalustan ja kermikatteen ominaisuuksia. Loivan katon katteen ja lämmöneristysalustan toiminnallisia ominaisuuksia arvioitiin todellisia rasiutilanteita varten. Alustaan kohdistuvan puristuskuorman aiheuttamalle muodonmuutokselle voidaan antaa katetyypin mukaan suurinta sallittua muodonmuutosta koskevat suositusarvot:

- yksikerroskate: 10 % ja 10 mm
- monikerroskate: 10 % ja 15 mm.

Suhteellisen ja absoluuttisen muodonmuutoksen suositusarvot ovat yhtä aikaa voimassa molemmilla katetyypeillä. Absoluuttisen muodonmuutoksen suuruuden määrittämiseksi kehitettiin kenttämittaukseen soveltuva menetelmä, jossa vedeneristettä kuormitetaan 1,2 kN kuormalla (kuormitusala 100 x 100 mm²).

Jotta muodonmuutoksen suositusarvot eivät ylittyisi, laadittiin ehdotus mineraalivillalustan ominaisuuksiksi. Lämmöneristysalustan kelpoisuus riippuu eristysmateriaalin kimmokertoimesta, joka saadaan määritettyä normaalin laadunvalvonnan yhteydessä tehtävillä puristuskokeilla. Suositus koskee ensisijaisesti kattoja, joiden lämmöneristys muodostuu kahdesta tai useammasta nimellispainoltaan ja kimmo-ominaisuuksiltaan erilaisesta mineraalivillaeristeestä siten, että suurimman nimellispainon omaava eriste on ylimpänä rakenteessa katteen alustana. Katto jaetaan kahteen toiminnallisesti erilaiseen osaan:

- Kuormittamaton osa: vain katon huoltoon tai tarkastukseen liittyvä liikkuminen on sallittu.
- Kulkureitit: katolla oleville erityistä huoltoa tai kunnossapitoa vaativille kohteille johtavat kulkureitit, joilla taakkojen ja kuormien siirtämiseen tarvittavien välineiden käyttö on sallittu. Taakkojen siirrossa on käytettävä erillistä kuormaa jakavaa alustaa (rakennuslevyt tms.).

Katon eri osille esitetyissä kimmokertoimen suositusarvoissa on otettu huomioon kuorman jakautuminen eristyskerroksessa kuormituskohtaa laajemmalle alueelle. Kimmokertoimen suositusarvo on rakenteesta ja kuormitusluokasta (kuormitettu tai kuormittamaton) riippuva vakio (0,6 - 0,9 N/mm²) 250 mm eristyspaksuuteen saakka. Paksumilla eristyksillä suosituskimmokerroin kasvaa lineaarisesti. Mikäli eristyskerros koostuu nimellispainoltaan samanlaisista eristeistä, joiden kimmokerroin on alle 0,9 N/mm², korotetaan suositusta 30 %:lla. Kimmokertoimen valintakriteerinä on alustan suurin sallittu muodonmuutos 1,2 kN:n kuormalla.

Nykyisin yleisimmin käytettävät mineraalivillaeristeet täyttävät suosituksen 250 mm eristyspaksuuteen saakka.

5.2 Lämpö- ja kosteustekninen toimivuus

Loivien kattojen, joissa vedeneristys on kiinnitetty suoraan lämmöneristysalustaan, tuulettamiseen on perinteisesti käytetty alipainetuulettimia. Kostean rakenteen kuivuminen pelkkien alipainetuulettimien kautta on hidasta ja voi kestää jopa vuosikymmeniä. 1980-luvulla otettiin käyttöön uritetut villarakenteet, joiden tarkoituksena on tehostaa katon tuulettumista tuuletusurien kautta.

Uritetun villarakenteen kuivuminen perustuu tuuletusilman lämpenemiseen tuuletusurassa, jolloin sen kyky kuljettaa kosteutta kasvaa. Auringon lämmittämässä katossa ilman lämpötila urassa voi olla yli 50 °C. Tuuletusilma pystyy aurinkoisen kesäpäivän aikana kuivattamaan kosteutta katosta 0,5 l yhden metrin levyiseltä kaistalta keskimääräisellä tuuletusilmavirralla.

Kuivumispotentiaali riippuu tuuletusilmamäärästä. Urasta mitatut tuuletusilmavirran nopeudet ovat olleet 0,01 - 0,1 m/s. Tuuletus kasvattaa rakenteen lämpöhäviötä tuulettamattomaan rakenteeseen verrattuna lähinnä lähellä räystästä olevilla alueilla. Tuuletusjärjestelyjen (uran pinta-ala alle 0,001 m²) voidaan arvioida lisäävän katon kokonaislämpöhäviötä 0 - 5 % katon eristyspaksuudesta riippuen. Tuulettaminen edellyttää eristystyön hyvää laatutasoa, jotta eristysvirheet eivät vaikuta rakenteen lämpötekniiseen toimivuuteen.

Rakenteiden käytön aikainen kosteusrasitus riippuu ilmastosta, rakennuksen sijainnista, korkeudesta, muodosta sekä rakennevalinnoista, rakennuksen käyttötarkoituksesta ja sisäilmastosta. Kosteus kulkeutuu sisäilmasta rakenteisiin vesihöyryn osapaine-eron aiheuttamana vesihöyryn diffuusiona tai ilmapvirtausten mukana. Kostean sisäilma voi virrata rakenteeseen sisäpuolisen ylipaineen vaikutuksesta. Koneellinen poistoilmanvaihto ei yksinään riitä ylläpitämään rakennuksessa alipainetta. Käytännössä tilapäistä ja paikallista sisäilman ylipaineisuutta esiintyy lähes poikkeuksetta kaikissa rakennuksissa.

Loiva, tuulettamaton kattorakenne voi toimia siten, että se kostuu sisäilman kosteuden vaikutuksesta talvella ja kuivuu sisäilmaan kesällä auringon lämmön vaikutuksesta. Kosteus ei silloin välttämättä aiheuta välitöntä kosteusvauriota, mikä ilmenisi esimerkiksi vuotoina sisälle.

Kosteuden vaikutukset rakenteisiin ja materiaaleihin riippuvat materiaalien ja rakenteiden kosteudenkestävyydestä ja kuivumisominaisuuksista. Pitkäaikainen 80 % suhteellisen kosteuden tasapainotilaa vastaava kosteustaso ja 0 °C:ta korkeampi lämpötila riittävät aiheuttamaan homeen kasvua useimmissa puupohjaisissa rakennusmateriaaleissa. Vastaavasti edellä mainitut olosuhteet muodostavat metallien korroosion kannalta kriittiset olosuhteet (ns. metallien märkäaika, ISO 9223). Korroosion etenemisen kannalta olennainen on se aika, jonka edellä mainitut olosuhteet vaikuttavat metallin pinnalla. Toisin sanoen rakenne voi vaurioitua kosteuden vaikutuksesta, vaikka rakenteessa ei olisikaan kosteutta vetenä.

Erillisen höyrynsulkukerroksen (samalla ilmansulku) käyttöä kermikatteisessa rakenteessa voidaan pitää kylmä- ja pakkasvarastoja lukuun ottamatta suotavana rakenteiden pitkäaikaisen kestävyuden turvaamiseksi. Höyrynsulun asentaminen edellyttää suurta huolellisuutta, jotta höyrynsulun jatkosaumat ja liittyminen katon läpivienteihin saadaan tiiviiksi. Lämmöneristeet kiinnitetään kantavaan rakenteeseen yleensä pistemäisesti kiinnikkeillä. Siksi höyrynsulkumateriaalin tulee olla kestävä, jotta se ei repeile kiinnikeasennusten yhteydessä. Kun katon höyryn- ja ilmansulkukerros on kunnollisesti toimiva, katto voidaan tuulettaa esimerkiksi uritetun lämmöneristyskerroksen avulla. Tuuletus kuivattaa rakenteeseen höyryn- ja ilmansulun vähäisten puutteiden johdosta pääsevän kosteuden.

Lähdeluettelo

1. C3. Lämmöneristys määräykset. Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-20553. Ympäristöministeriö, 1985. 3 s.
2. CEN/TC250. Eurocode 1: Basis of Design and Actions on Structures. Part 1: Basis of Design. ENV 1991 - 1. 1993. 76 s.
3. DIN 18165. Faserdämmstoffe für das Bauwesen. Dämmstoffe für die Wärmedämmung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. 1991. 10 s.
4. Euroopan yhteisöjen neuvoston direktiivi rakennusalan tuotteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. 1988. 89/106/ETY, muutokset 93/63/ETY.
5. ISO 9223. Corrosion of Metals and Alloys. Corrosivity of Atmospheres. Classification. International Organization of Standardization ISO, 1992. 13 p.
6. ISO/DIS 8145. Thermal insulation – Mineral fibre board for overdeck insulation of roofs – Specification. International Organization of Standardization ISO, 1987. 23 p.
7. Kauppi A., Nieminen, J., Saarimaa, J. Mineraalivillaeristeisten tasakattojen toimivuus ja korjausmenetelmät. Espoo 1987. VTT Tiedotteita 671. 67 s. + liitt. 47 s.
8. Nieminen, J. Yläpohjarakenteiden lisäeristäminen ja kuivatus. Espoo 1988. VTT Tiedotteita 869. 97 s. + liitt. 50 s.
9. Nordtest-remiss Nr 758-88. Insulation materials as underlay for roofing materials. Nortest 1988. 7 p.
10. prEN 1605. Thermal insulating products for building applications - Determination of deformation under specified compressive load and temperature conditions. Final draft prEn 1605. European Committee for Standardisation CEN, 1996. 10 p.
11. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. RIL 107. Suomen rakennusinsinööriliitto r.y. RIL, 1989. 75 s.
12. Rantamäki, J. Modifioitujen bitumikatteiden pitkäaikaiskestävyys. Kenttä- ja laboriotutkimukset. Espoo 1995. VTT Tiedotteita 1662. 33 s.
13. Technical guidelines for the assessment of thermal insulation systems intended for supporting waterproof coverings on flat and sloping roofs. European Union of Agreement U.E.A.t.c. 1992. 7th Draft. 61 p.
14. Toimivat katot. Kattoliitto Ry, 1996. 32 s.
15. VTT 2630. Jäykät mineraalivillat, askelkestävyys. Menetelmäkuvaus. 3 s.

Kuormitusmuodonmuutoksen mittausmenetelmä

Yleistä

Menetelmän tarkoitus

Kermikatteilla vedeneristettyjen jäykkien mineraalivillatuotteiden ja tuoteyhdistelmien puristuskuormituksen aiheuttaman muodonmuutoksen tutkiminen laboratorio- tai kenttäolosuhteissa.

Menetelmän soveltaminen

Menetelmä soveltuu loivien kattojen vedeneristysten ja niiden alla käytettävien jäykkien mineraalivillalevyjen tai tuoteyhdistelmien askel- ja puristuskuormituksen aiheuttaman suurimman sallitun muodonmuutoksen tutkimiseen.

Viitteet

ISO 8145 Thermal insulation – Mineral fibre board for overdeck insulation of roofs – Specification.

Määritelmät

- Puristuskuorma kN
- Kuormitusalue 0,1 m x 0,1 m
- Muodonmuutos
 - P₁ 0,2 kN kuormalla
 - P₂ 1,2 kN kuormalla

Näytteet

Laboratoriomääritys tehdään jäykään rakennuslevyalustaan kiinnitetyistä eristyslevyistä kootulle rakenteelle. Vedeneristys kiinnitetään halutulla tavalla. Kenttä-mittauksen tai laboratoriokoekappaleen tunnistetiedot ovat:

- lämmöneristystuotteen tai -tuoteyhdistelmän tyyppi tai tyypit
- kaikkien lämmöneristystuotteiden tilavuuspaino ja kerrospaksuus
- lämmöneristeiden kiinnitystapa
- kate tai kateyhdistelmä ja kiinnitystapa.

Menetelmä

Periaate

Kuormituslevyllä (100 x 100 mm) kuormitetaan joko olemassa olevaa kattorakennetta tai laboratoriomääritystä varten tehtyä koekappaletta. Kuorman aiheuttama muodonmuutos mitataan.

Laite

Kuormituslaite (kuva 1) on kolmen tai neljän tukivarren varaan vapaasti laakeroitu, pystysuoraan asennettu tanko, johon on kiinnitetty pallonivelellä kuormituslevy. Tangon tulee voida liikkua pystysuorassa suunnassa vapaasti. Tukivarsien nivelöityjen tallojen keskinäisen etäisyyden tulee olla vähintään 1,2 m. Kuormitus tapahtuu 20 kg painojen tms. avulla.



Kuva 1. Kuormituskestävyyden mittalaite.

Laboratoriokoekappaleet

Koekappaleet laboratoriomäärityksiin ovat 1,2 x 1,2 m katettuja lämmöneristyslevyjä, joiden alustana on jäykkä rakennuslevy. Kiinnikkeiden kohdat tulee merkitä selvästi katteen pintaan.

Määritysolosuhteet

Kenttämääritysten aikana ilman ja katteen pinnan lämpötilan tulee olla +5 °C tai korkeampi mutta kuitenkin alle 50 °C. Laboratoriomääritys tehdään huoneenlämpötilassa.

Koemenettely

Tutkittavaa rakennetta kuormitetaan viidestä kohdasta. Kuormitus tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen määrittäminen tapahtuu 0,2 kN kuormalla. Muodonmuutos P_1 mitataan minuutin kuluttua painon lisäyksestä. Kuormaa lisätään tasaisesti 1,2 kN:iin. Muodonmuutos P_2 mitataan minuutin kuluttua täyden kuormansaavuttamisen jälkeen. Ilman ja katteen pinnan lämpötilat mitataan.

Raportointi

Selostuksessa mainitaan koekappaleen tai kohteen tunnistetiedot, ilman ja katteen pinnan lämpötilat, muodonmuutokset P_1 ja P_2 . Lämmöneristystuotteiden ISO 8145-standardin mukainen puristusmuodonmuutos ilmoitetaan vertailutietona.

Selostuksessa mainitaan lisäksi mittauspäivä ja kellonaika, mittaaja tai mittaajat sekä mittauskohta piirroksen tai muun selitteen avulla. Selostukseen liitetään mittauspöytäkirja, jonka allekirjoittaa mittauksen suorittaja tai suorittajat.