



RAKENTEELLINEN ENERGIATEHOKKUUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

Opas

Tuomo Ojanen
Esa Nykänen
Kari Hemmilä

Tiivistelmä

Tässä oppaassa esitetään asuinrakennusten rakenteiden korjausrakentamisessa huomioon otettavia asioita. Tavoitteena on selkeyttää korjausten yhteydessä tehtävän rakenteellisen energiatehokkuuden parantamisen hyötyjä. Rakennuksen passiivista energiatehokkuutta (rakenteet, ikkunat, ovet) voidaan useissa tapauksissa parantaa huomattavasti enemmän, kuin mitä määräykset edellyttävät. Tavoitteena on esittää hyvän lämmöneristystason korjausten hyödyt, jotka näkyvät mm. asumisviihtyisyytenä, pitkäaikaisessa energiansäästössä ja voivat vaikuttaa kiinteistön arvon pysyvyyteen.

Oppaassa käydään läpi energiatehokkuuden kehittymistä ja vaatimuksia, markkinoilla olevia lämmöneristeitä ja hyvän lämmöneristystason etuja. Korjaushankkeen eteneminen ja eri vaiheiden edellyttämät toimet kuvataan tyypillisen taloyhtiön kannalta, jossa ulkopuolinen asiantuntija-apu on erityisesti tarpeen. Opas esittää korjaushankkeessa huomioon otettavia asioita, kuten riittävä suunnittelu-aika, tarvittavat taustatiedot, viranomaismääräykset, lisäselvitysten teettäminen ja valvojan kiinnittäminen hankkeeseen.

Rakennuksen toimivuus esitetään kokonaisuutena, johon eri osatekijät vaikuttavat. Hyvän korjausrakentamisen periaatteena on, että tehtävien korjausten tulee mahdollistaa ja edesauttaa tulevia, muiden rakennusosien tai järjestelmien korjauksia. Lähtökohtana suunnittelussa tulisi olla rakennuksen hyvään sisäympäristöön ja energiatehokkuuteen tähtäävä lopputulos, vaikka osakorjaukset tyypillisesti tehdään tarpeen mukaan vaiheittain. Korjausrakentamisen ratkaisut ovat aina tapauskohtaisia, eikä tässä oppaassa siksi esitetä yleistettyjä kannattavuustarkasteluja.

Alkusanat

Tämän oppaan tarkoituksena on kuvata asuinrakennusten korjausrakentamisen rakenteellisen energiatehokkuuden parantamisen hyötyjä, huomioon otettavia seikkoja ja muutamia käytännön korjausesimerkkejä. Rakenteellisella energiatehokkuudella tarkoitetaan rakennuksen ulkovaipan (yläpohja, ulkoseinät, alapohjat, ikkunat ja ovet) ratkaisuja, joita on tässä oppaassa käsitelty korjausrakentamisen kannalta. Lähtökohtana on olemassa olevan rakennuksen korjaustarve. Korjauksessa on usein mahdollisuus parantaa olennaisesti rakennusosan energiatehokkuutta rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden ja sisäilman olosuhteiden kannalta turvallisesti. Korjauksen tavoitetaso voidaan tällöin asettaa määräysten minimivaatimuksia paremmalle tasolle.

Korjausrakentamisen lähtökohtana on tyypillisesti rakenteen vaurio tai sen toimivuuden heikentyminen. Korjatun rakenteen toimivuus on varmistettava huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella. Tässä oppaassa käydään läpi korjausrakentamisen kulkua suunnittelusta toteutukseen ja esitetään korjausesimerkkejä.

Oppaassa esitetyt korjausesimerkit perustuvat yritysten toimittamaan aineistoon.

Oppaan materiaali on kerätty olemassa olevista ohjeista, tutkimusjulkaisuista ja asiantuntijoilta. Olemassa oleva rakennus asettaa reunaehdot korjausrakentamiselle; ratkaisujen soveltuvuus tulee selvittää aina tapauskohtaisesti. Opas pyrkii antamaan näkemyksen rakenteellisesta korjausrakentamisesta ja sen hyvän energiatehokkuuden varmistamisesta korjausten yhteydessä.

Työ tehtiin Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ssä. Projektipäällikkönä oli Tuomo Ojanen, projektiryhmään kuuluivat erikoistutkijat Esa Nykänen ja Kari Hemmilä.

Oppaan taitosta ja kuvien viimeistelystä vastasivat Kimmo Lylykangas ja Jari Kiuru.

Työ aloitettiin 14.3.2016 ja se valmistui keväällä 2017.

Työtä ohjasi projektin johtoryhmä, johon kuuluivat:

Jyrki Kauppinen (puheenjohtaja)

Ari Ilomäki

Aila Janatuinen

Tuuli Kunnas

Jussi Jokinen (varalla Kimmo Huttunen)

Asso Erävuoma

Pasi Käkelä (varalla Antti Viitanen)

Pasi Typpö

Tapio Kilpeläinen

Timo Nissinen.

Työn rahoittivat ympäristöministeriö, Rakennustuoteteollisuus RTT ry ja Puutuoteteollisuus ry.

Hankkeessa pidettiin sen sisältöä ja tavoitteita tarkentava työpaja 4.5.2016. Siihen osallistuivat VTT:n projektiryhmän lisäksi: Jyrki Kauppinen, Pekka Kalliomäki, Ari Ilomäki, Aila Janatuinen, Tuuli Kunnas, Antti Viitanen, Jussi Jokinen, Asso Erävuoma, Jouni Eronen, Timo Nissinen, Jorma Tiiri, Hannu Saarinen, Hannu Sipilä, Jyrki Jaskari, Peter Ström, Leif Wirtanen, Susanna Tykkä, Keijo Kovanen ja Ulla Soitinaho.

Kiitämme hankkeen rahoittajia, sen johtoryhmää hankkeen aktiivisesta ohjauksesta, sidosryhmän yrityksiä käytännön esimerkkikohteiden tiedoista, työpajaan osallistuneita saamastamme arvokkaasta palautteesta sekä taitosta vastanneita oppaan laadukkaasta lopputoteutuksesta.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Alkusanat	4
1. Johdanto	8
2. Rakennusvaipan energiatehokas korjaaminen	12
2.1 Lähtökohta	12
2.2 Lämmitysenergian käyttö erilaisissa rakennuksissa	13
2.3 Tekninen kehitys	18
2.3.1 Lämmönläpäisykerroin (U-arvo)	19
2.3.2 Markkinoille vakiintuneet lämmöneristeet	20
2.3.3 Uudet lämmöneristetuotteet	20
2.3.4 Esivalmistetut rakennejärjestelmät	21
2.3.5 Uudet ikkunat	23
2.3.6 Varjostus	23
2.3.7 Tekninen kehitys - Yhteenveto	23
3. Korjausrakentamishankkeen hyödyt	24
3.1 Sisäympäristö	26
3.2 Korjaustoimenpiteiden käyttöikä	27
3.3 Kiinteistön arvo	28
3.4 Käyttömukavuus	29
3.5 Säästöt	29
3.6 Välilliset säästöt	30
4. Korjausrakentamishankkeen eteneminen	32
4.1 Lähtökohdat korjaushankkeelle	32
4.1.1 Vaurio tai tekninen käyttöikä	33
4.2 Selvitykset	35
4.2.1 Kuntoarvio ja -tutkimus	36
4.2.2 Lämpökamerakuvaus ja rakennuksen ilmanpitävyyden määrittäminen	40
4.2.3 Asbestikartoitus	42
4.3 Korjausjärjestys	45
4.4 Remontin suunnittelu ja valvonta	46
4.5 Viranomaisohjaus	49
4.6 Aikataulutus	49
4.7 Korjaustoimenpiteiden käyttöikä	50

4.8 Korjauksen onnistumisen varmistaminen	51	6.4 Ikkunat	100
4.8.1 Rakentamisen aikainen kosteuden hallinta	51	6.4.1 Ikkunatyypit	100
4.8.2 Materiaalien yhteensopivuus	56	6.4.2 Ikkunoiden merkitys korjauksessa	103
5. Rakennuksen kokonaistoimivuus	58	6.4.3 Aurinkosuojaus, varjostusratkaisut	104
5.1 Hyvä sisäympäristö	58	6.4.4 Ikkunaratkaisut	110
5.2 Rakennusvaippa	60	6.4.5 Parhaat käytännöt	114
5.2.1 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus	60	6.4.6 Korjausesimerkki – Ikkunoiden ja ilmanvaihdon korjaus	115
5.3 Ilmanvaihdon varmistaminen suunnittelussa ja toteutuksessa	61	6.4.7 Korjausesimerkki – Ilmanvaihdon nykyaikaistaminen ikkunoiden vaihdon yhteydessä	120
5.4 Auringonsäteilyn huomioon ottaminen	62	6.5 Ovet	122
5.5 Lämmitysjärjestelmä	63	6.5.1 Ovityypit	122
5.6 Langattomien puhelinten ja datayhteyksien toimivuus	63	6.5.2 Ovien merkitys korjauksessa	123
6. Rakennuksen ulkovaipan korjaus	66	6.5.3 Aurinkosuojaus, varjostusratkaisut	123
6.1 Ulkoseinä	66	6.5.4 Oviratkaisut	123
6.1.1 Ulkoseinätyypit	66	6.5.5 Parhaat käytännöt	124
6.1.2 Ulkoseinän merkitys korjauksessa	74	6.6 Ulkovaipan ilmatiiveys ja sateenpitävyys	124
6.1.3 Rakenteen tuuletus	74	6.6.1 Eri rakennusosien ja liitosten ilmanpitävyys	126
6.1.4 Ulkoseinän korjausratkaisut	74	6.6.2 Eri rakennusosien ja liitosten sateenpitävyys	127
6.1.5 Korjausesimerkki 1 – Julkisivukorjaus EPS -eristerappauksella	75	6.6.3 Tuuletusvälin merkitys	127
6.1.6 Korjausesimerkki 2 - Tapiolan koulun ja lukion peruskorjaus	78	6.6.4 Ilmanpitävyyden merkitys korjauksessa	128
6.1.7 Korjausesimerkki 3 – Katajanokan kerrostalojen julkisivukorjaus	82	6.6.5 Ilman- ja sateenpitävyyteen liittyvät korjausratkaisut	128
6.1.8 Korjausesimerkki 4 – Tuulettuva julkisivu betonisandwich-rakenteen päälle	84	7. Säästöä ylläpidon ja järjestelmien säädön avulla	130
6.1.9 Korjausesimerkki 5 – Suojelukohteen julkisivukorjaus	88	7.1 Käyttö- ja huolto-ohje	130
6.2 Yläpohja	91	7.2 Suunnitelmallinen kiinteistönpito	130
6.2.1 Yläpohjatyypit	91	7.3 Ilmanvaihdon toimivuuden varmistaminen ja säätö	131
6.2.2 Yläpohjan merkitys korjauksessa	93	7.4 Lämmitysjärjestelmän säätö ja tasapainotus	131
6.2.3 Yläpohjan korjausratkaisut	94	8. Yhteenveto	132
6.2.4 Laskennallinen esimerkki - Yläpohjan lisäeristäminen selluvillalla	94	Kirjallisuutta	134
6.2.5 Korjausesimerkki – Yläpohjan uusi lämmöneriste	96	Liitteet	141
6.3 Alapohja	98	Liite A: Kiinteistön arvon laskenta	142
6.3.1 Alapohjatyypit	98	Liite B: Korjausrakenteita	146
6.3.2 Alapohjan merkitys korjauksessa	99	Liite C: Ikkunat ja ovet	173
6.3.3 Ryömintätilan tuuletus	99		
6.3.4 Alapohjan korjausratkaisut	99		

1. Johdanto

Rakennuksen korjausten yhteydessä voidaan merkittävästi parantaa rakennuksen sisäilmastoa ja energiatehokkuutta. Rakenteiden lämmöneristystasojen parantaminen korjauksessa on helppo tapa lisätä rakennuksen energiatehokkuutta ja asumismukavuutta. Samalla sisäilman lämpöiihtyisyys paranee, kun kylmien pintojen ja hallitsemattomien ilmavuotojen aiheuttamaa vetoa voidaan vähentää.

Toimivuuden kannalta passiiviset energiansäästömenetelmät, kuten rakenteiden hyvä lämmöneristystaso tai jäähdytystarvetta lisäävän auringon säteilyn pienentäminen varjostamalla tai ikkunapinnoitteilla, ovat hyviä ratkaisuja. Ne eivät vaadi toimiakseen erityistä säätöä tai ylimääräistä huoltoa, ja ne toimivat jatkuvasti koko korjatun rakenteen elinkaaren ajan parantaen sisäilman lämpöiihtyisyyttä ja pienentäen lämpöhäviöitä. Myös korjausrakentamisessa koko rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen perustuu hyvin lämmöneristettyihin ja ilmanpitäviin rakenteisiin.

Rakennuksen korjaus- ja muutostöitä koskevat, energiatehokkuuden parantamiseen samassa yhteydessä liittyvät vaatimukset (YM asetus 4/13) esittävät minimitason energiatehokkuuden parantamiselle. Useimmissa tapauksissa on järkevää pyrkiä minimitasoa parempaan tasoon johtaviin ratkaisuihin.

Uudisrakentamisessa rakennusosakohtaiset U-arvon vertailuarvovaatimukset ovat uusimman asetusluonnoksen mukaan:

- | | | |
|---|------|---------------------|
| • (lämmöneristetyille) seinille | 0,17 | W/m ² K |
| • yläpohjalle ja ulkoilmaan rajoittuvalle alapohjalle | 0,09 | W/m ² K |
| • ryömintätilaan rajoittuvalle alapohjalle | 0,17 | W/m ² K |
| • maata vasten olevalle rakennusosalle | 0,16 | W/m ² K |
| • sekä ikkunoille ja oville | 1,0 | W/m ² K. |

Nämä arvot on tarkoitettu käytettäväksi vertailuluvun (E-luku) laskennassa.

Eräänä hyvänä tavoitetasona korjausrakentamisessa voidaan pitää Rakenteellinen energiatehokkuus -oppaassa (Lylykangas & al. 2016) tarkastelluille uudisrakennuksille esitettyjä arvoja:

- | | | |
|-------------|-----------|--------------------------------|
| • yläpohjat | 0,07 | W/m ² K, |
| • seinät | 0,12–0,14 | W/m ² K |
| • alapohjat | 0,10 | W/m ² K, ja lisäksi |
| • ikkunat | 0,7 | W/m ² K. |

Samoja arvoja on käytetty vaihtoehtoisena osoittamistapana 16.2.2017 tekniseen notifiointiin lähetetyssä uudisrakentamista koskevassa ympäristöministeriön asetusluonnoksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.

Korjausrakentaminen ja rakenteiden lämmöneristystason parantaminen ei ole käytännössä mahdollista kaikkien rakenteiden osalta. Siksi on sitäkin tärkeämpää pitää tavoitteena hyvä energiatehokkuus niissä korjauksissa, joissa tämä on mahdollista.

Usein huomattavasti määräyksissä esitettyä parempi lämmöneristystaso voi olla mahdollinen toteuttaa ja myös perusteltua tehdä käyttömukavuuden, energiansäästön ja rakennuksen tulevien korjausten vuoksi. Hyvin lämmöneristetty rakennus antaa toimivan pohjan tuleville taloteknisten järjestelmien päivityksille ja kokonaisuuden energiatehokkaalle toimivuudelle. Hyvin lämpöä pitävän rakennuksen lämmitysjärjestelmät voidaan mitoittaa aiempaa pienemmälle tehontarpeelle, mikä säästää tulevilla laitekustannuksissa. Sama pätee rakennuskohtaisen uusiutuvan energian järjestelmien mitoituksessa.

Hyvä lämmöneristystaso ei aiheuta kosteusongelmia tai lisää niiden esiintymistä uudisrakentamisessa eikä myöskään korjausrakentamisessa, kun korjauksen suunnittelussa ja toteutuksessa otetaan huomioon olemassa olevan rakenteen lähtötilanne ja sen edellyttämät korjaukset. Uudisrakentamisessa materiaalikerrosten ominaisuudet tunnetaan ja lisäksi alkukosteudet ovat oikein toteutetuissa uudisrakennuksissa hallittuja ja tunnettuja. Korjausrakentamisen lähtökohtana on olemassa oleva rakenne.

Korjausrakentamisessa haasteena on olemassa olevan rakennuksen tilanteen riittävän hyvä tunteminen. Tämä edellyttää muun muassa aiemmin tehtyjen korjausten ja muutosten sekä niiden vaikutusten kartoitusta rakennuksen toiminnan kannalta. Korjaukseen ryhdytään yleensä jonkin toiminnallisen puutteen, vian tai vaurion takia. Tämän syyn ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittäminen on ensimmäinen tehtävä korjauksen suunnittelussa. Vasta kun mahdolliset viat ja niiden aiheuttamat vauriot tunnetaan, voidaan suunnitella niiden edellyttämä korjaus ja samalla rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen. Pelkkä lisäeristys ja uusittu pintaverhous ei poista rakenteessa esiintyviä ongelmia. Esimerkiksi yläpohjan riittävä ilma- ja höyrytiiviys sekä yläpohjaontelon tuulettuvuus on varmistettava ja siihen on valittava tarkoituksenmukaiset korjaus- ja lisäeristämistavat, jotta korjatun rakenteen kosteustekninen toimivuus on turvallinen.

Joissain tapauksissa yhteen rakennusosaan tehty korjaukset voivat heikentää muiden rakennusosien, järjestelmien tai koko rakennuksen toimintaa. Tästä syystä vaikutukset rakennuksen toimintaan kokonaisuutena on selvitettävä aivan hankkeen alussa. Erityisesti pitää varmistaa ilmanvaihdon riittävyys korjauksen jälkeen. Kaikissa korjauksissa pitää arvioida niiden vaikutukset rakennuksen toimintaan kokonaisuutena sekä muiden rakenneosien ja järjestelmien tuleviin korjauksiin. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on syytä määrittää haluamansa radiosignaalin taso suunnittelun alussa. Suunnittelussa on otettava huomioon ulkovaipan ääneneristävyyden pysyminen vähintään alkuperäisellä tasolla. Ääneneristävyyttä pystytään haluttaessa myös parantamaan. Kokonaisuuden hallinta edellyttää suunnitelmallisuutta korjauksissa ja niiden keskinäisessä aikataulutuksessa. Kokonaisuuden hallinta edellyttää suunnitelmallisuutta korjauksissa ja niiden keskinäisessä aikataulutuksessa.

Tässä oppaassa on tarkoitus tuoda esille niitä asioita, joita rakennuksen korjaaminen hyvälle energiatehokkuuden tasolle edellyttää. Tässä tuodaan esiin niitä julkaistuja tutkimuksia ja selvityksiä, joiden avulla voidaan päästä hyvään korjausrakentamisen lopputulokseen. Oppaan tarkoitus on antaa ideoita ja kertoa mahdollisuuksista minimitasoa parempiin ratkaisuihin. Korjaukseen valittavat ratkaisut on aina suunniteltava kohdekohtaisesti korjattavan rakennuksen ominaisuudet huomioon ottaen.

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset määrittävät yleisesti tunnustetun hyvän rakennustavan. Korjausrakentamisen kannalta merkittävä parannus on vuonna 2016 ilmestynyt KorjausRYL:n ensimmäinen osa. KorjausRYL määrittää yleiset laatuvaatimukset ensimmäistä kertaa myös korjausrakentamiseen.

Laatu muodostuu alkukartoitukseen perustuvasta hyvästä suunnittelusta, suunnitelmien mukaisesta toteutuksesta ja valvonnasta. Valvojan roolina on varmistaa toteutuksessa tilauksen mukainen laatu, ja valvoja voi toimia taloyhtiön yhtenä edustajana hankkeen aikana. Valvojan valintaan kannattaa kiinnittää erityistä huomiota.

Rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan suunnittelussa kannattaa käyttää Kuivaketju 10:n (<http://kuivaketju10.fi/>) ohjeistusta. Kuivaketju 10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Toimintamalli sisältää riskilistan ja -todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla on tavoitteena välttää yli 80 % kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.

Eri ajankohdille tyypillisten rakennusten rakenteiden korjausratkaisusta on tehty käytännönläheisiä julkaisuja ja niiden sisältöä on soveltuvien osien otettu mukaan tähän oppaaseen.

Korjausrakentamisen haasteista huolimatta korjauksissa olisi hyvä pyrkiä mahdollisimman energiatehokkaaseen lopputulokseen. Kun korjauskohteen haasteet ja korjaustarpeet on selvitetty, on energiatehokkuuden merkittäväkin parantaminen samassa yhteydessä usein suhteellisen helppoa. Panostamalla ensin rakenteiden korjaukseen riittävän energiatehokkaiksi, saadaan hyvä pohja koko rakennuksen energiatehokkuuden parantamiselle. Esimerkiksi julkisivun käyttöikä saattaa olla uusimisen jälkeen 50–100 vuotta ja hyvä lämmönpitävyys säästää lämmitysenergiaa koko sen ajan.

2. Rakennusvaipan energiatehokas korjaaminen

2.1 Lähtökohta

Suomen rakentamismääräyskokoelma sai ensimmäiset vain korjausrakentamista koskevat määräykset vuonna 2013. Asetuksella säädettiin minimivaatimuksista energiatehokkuuden parantamiselle luvanvaraisen korjaus- ja muutostyön yhteydessä.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaan jäsenvaltioiden on lisäksi julkisen sektorin esimerkki huomioon ottaen kehitettävä toimintatapoja ja toteutettava toimenpiteitä, kuten asetettava tavoitteita edistääkseen kunnostettavien rakennusten muuntamista lähes nollaenergiarakennuksiksi.

Koska olemassa oleva rakennuskanta on rakennettu eri vuosikymmenillä, niin se on ominaisuuksiltaan hyvin erilaista, ja tästä syystä osassa rakennuskantaa on mahdollista tehdä merkittävästi minimivaatimustasoa parempia ratkaisuja myös energiankulutuksen hillitsemiseksi. Korjausrakentaminen on yhä monimutkaisempaa ja vaativampaa, ja siitä syystä sen keskiössä on suunnittelijoiden ja rakennuttajien osaaminen.

Laadukkaat ratkaisut vähentävät energiankulutusta ja lisäävät asumismukavuutta, mutta se edellyttää, että kiinteistöä osataan tarkastella kokonaisuutena. Rakennuttajien on osattava edellyttää suunnittelijalta, urakoitsijalta ja valvojalta korjausrakentamisen hyvää osaamista. Energiatehokkuutta parannetaan vain silloin, kun joka tapauksessa korjataan tai uusitaan jokin rakennusosa tai tekninen järjestelmä. Energiatehokkuuden parantamisen kustannuksiksi (marginaalikustannus) lasketaan vain se lisäys, joka aiheutuu energiatehokkuuden parantamisesta. Korjausten yleisyys vastaa Suomessa vallitsevaa korjauskäytäntöä eli korjauksiin ryhdytään vasta, kun siihen on pakottava tarve.

Korjaustöiden suunnittelun yhteydessä tehty valinnat vaikuttavat useita vuosikymmeniä esimerkiksi rakennuksen energiankulutukseen sekä ylläpidon muihin kustannuksiin. Energiatehokkuutta parantavat toimet lisäävät rakennuksen käyttöikää, parantavat käyttömukavuutta ja niillä voi olla vaikutusta myös rakennuksen arvon pysyvyyteen. Tarkoituksenmukaisesti korjattu rakennus kuluttaa vähemmän energiaa, mikä pienentää asumis- ja käyttökustannuksia.

Suunnittelua kannustetaan siihen suuntaan, että ensin tulisivat käyttöön pitkävaikutteiset passiiviset lämmitys- ja jäähdytysenergian säästöön liittyvät toimenpiteet. Korjaushankkeen suunnittelussa suunnittelun etenemisjärjestyksen tulisi mahdollisuuksien mukaan edetä lämpöhäviöiden ja jäähdytystarpeen pienentämisestä sähkönkäytön tehostamiseen, ilmaisenenergioiden hyödyntämiseen, kulutuksen ohjaukseen ja näyttöön ja lopuksi energiamuodon valintaan.

Jäähdytystarpeen pienentäminen on tärkeää myös Suomessa. Passiiviset ratkaisut, kuten esimerkiksi aurinkosuojaus, vähentävät jäähdytyksen tarvetta. Kotimainen valmistus tarjoaa ratkaisuja ja tekniikkaa, joka toimii myös Suomen olosuhteissa. On perusteltua kannustaa myös tämän teknologian käyttöönottoon, jotta se yleistyisi. Passiivisten keinojen hyvä puoli on niiden käyttökustannusten mataluus. Passiivisten keinojen käyttöön ei aina tarvita lainkaan energiaa.

Minimitasoa parempaan tasoon tehtävät korjaukset nostavat korjausten investointikustannuksia korjaushankkeen laajuudesta ja luonteesta riippuen. Korjausrakentamisen suunnittelu ja toteutus lisäävät korjausrakentamisen arvoa sekä lisäävät energiatehokkuuteen vaikuttavien rakennustuotteiden ja järjestelmien kysyntää. Korjausrakentamisella on myös työllistävää vaikutusta.

Esimerkiksi energiatehokkaaseen korjaamiseen erikoistuneet suunnittelutoimistot ja rakennusliikkeet saavat lisää liiketoimintamahdollisuuksia korjausrakentamisen määrän ja laadun kehittyessä. Tämä voi edistää yritysten kilpailukykyä myös Euroopan markkinoilla. Energiakorjaustoimintaa voivat edistää energiakorjausten suunnitteluosaaminen ja korjausrakentamiseen räätälöidyt tuotteet lämmöneristämiseen sekä ilmanvaihtoon ja lämmöntalteenottoon. Tästä yhtenä esimerkkinä voidaan mainita huoneistokohtaiset ilmanvaihtoratkaisut myös olemassa oleviin rakennuksiin.

Teknisten järjestelmien toimivuus on pidettävä mielessä myös silloin, kun tehdään muita energiatehokkuutta parantavia toimia. Jos taloa tiivistetään tai eristystä lisätään, on tärkeää varmistaa, että lämmitys ja ilmanvaihto toimivat oikein remontin jälkeenkin. Muutoksien suunnittelun yhteydessä on aina katsottava, että kokonaisuus toimii myös muutosten toteuttamisen jälkeen.

2.2 Lämmitysenergian käyttö erilaisissa rakennuksissa

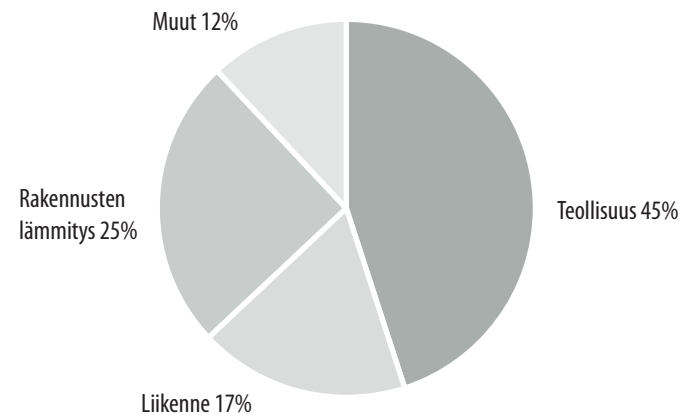
Rakennusten lämmitykseen kuluu noin 25 % Suomen energiasta.

Rakennuksissa käytetään noin 38 % kaikesta energiasta sisältäen rakentamisen, käytön ja ylläpidon (Sitra 2010). Rakennusten lämmitykseen on laskettu mukaan asuin- ja palvelurakennusten, maatalouden rakennusten sekä teollisuuden rakennusten lämmitykseen käytetty ostoenergia. Ostoenergia pitää sisällään lämmitykseen käytetyt polttoaineet, kaukolämmityksen ja sähkölämmityksen. Lämpöpumppujen osalta mukaan on laskettu lämpöpumppujen kuluttama sähköenergia.

Rakennusten sähkökäytössä mukana ovat tilastoidut kotitalouksien, kiinteistöjen ja oma-asuntojen sähkönkulutukset. Palveluiden ja julkisen kulutuksen osalta on tehty oletus, että tilastoidusta kulutuksesta 90 % kuluu rakennuksissa ja loppu 10 % on muuta kulutusta, esimerkiksi katu- ja tievalaistusta. Teollisuuden sähkönkulutuksesta rakennuksiin on kohdistettu lämmityssähkön lisäksi kiinteistösähkön osuus, jonka on arvioitu olevan 5 % teollisuuden kokonaissähkökulutuksesta.

Rakentamiseen kuuluvat rakennustoiminnan tilastoitu polttoainekäyttö ja sähkönkulutus sekä arvio rakennusmateriaalien valmistuksen kulutuksesta. Rakentamisen ja rakennusmateriaalien energiankulutuksen osuus on epävarma, mutta sitä voitaneen pitää suuntaa-antavana. Rakennusten lämmitykseen käytettiin 25 % energiasta Suomessa vuonna 2015 (kuva 1, Tilastokeskus 2016).

Kuva 1. Energian loppukäyttö sektoreittain 2015* (Tilastokeskus 2016/1)



Laskennallisten tarkastelujen (NeZeR 2016) perusteella energiansäästöpotentiaali lähes nollaenergiatason korjauksella on 60–90 % ja perinteisellä korjauksella 20–45 %. Lähes nollaenergiatason korjaus pienensi rakennuksen elinkaaren aikaisia kasvihuonepäästöjä 60–90 % ja perinteinen korjaus 20–50 %. Energiatehokkaassa korjauksessa keskeisiä tekijöitä ovat hyvä lisäeristys, energiatehokkaat ikkunat, ilmatiiviyden parantaminen, koneellinen ilmastointi tehokkaalla lämmön talteenotolla ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen. Korjausrakentamisen osuus kaikesta rakentamisesta on Rakennusteollisuus ry:n mukaan jo yli 50 %. Peruskorjausten yhteydessä energiatehokkuuden parantaminen olisi usein mahdollista tehdä määräysten tasoa paremmaksi, mikä toisi etuja rakennuksen elinkaaren aikana. Esimerkiksi hyvän energiatason rakenneratkaisut voivat energiansäästön lisäksi parantaa tulevien järjestelmämuutosten soveltuvuutta kokonaisuuteen.

Tilastojen mukaan asuinrakennusten lämmitykseen kului vuonna 2014 energiaa 56 TWh. Lämmityksen yleisin energialähde oli kaukolämpö, jota kulutettiin 18 TWh. Seuraavaksi eniten kulutettiin puuta (15 TWh) ja sähköä (13 TWh). Näiden kolmen suurimman energialähteen osuus oli 83 % asuinrakennusten lämmitysenergian kulutuksesta. Kulutuksessa on huomioitu päälämmitysjärjestelmän energiankulutus ja sitä täydentävien muiden lämmitysmuotojen energiankulutus, mukaan lukien käyttöveden lämmitys ja saunat.

Taulukossa 1 on esitetty asumisen jaoteltua energiankulutusta 2010...2014 (Tilastokeskus 2016/2).

Olemassa olevassa asuinrakennuskannassa rakennusvaipan lämpöhäviöiden aiheuttama energiankulutus vastaa lähes 60 %:a koko lämmitysenergian kulutuksesta. Ilmanvaihto on suurin yksittäinen energian kuluttaja ja rakennusosista ulkoseinät seuraavaksi suurin. Ulkoseinien osuus rakennusvaipan häviöistä on yli 40 % (Hemmilä, Saarni 2002).

Kuva 2 esittää rakennuksen energian tuoton ja eri järjestelmien aiheuttamat lämpöhäviöt eräissä esimerkkitaapauksessa.

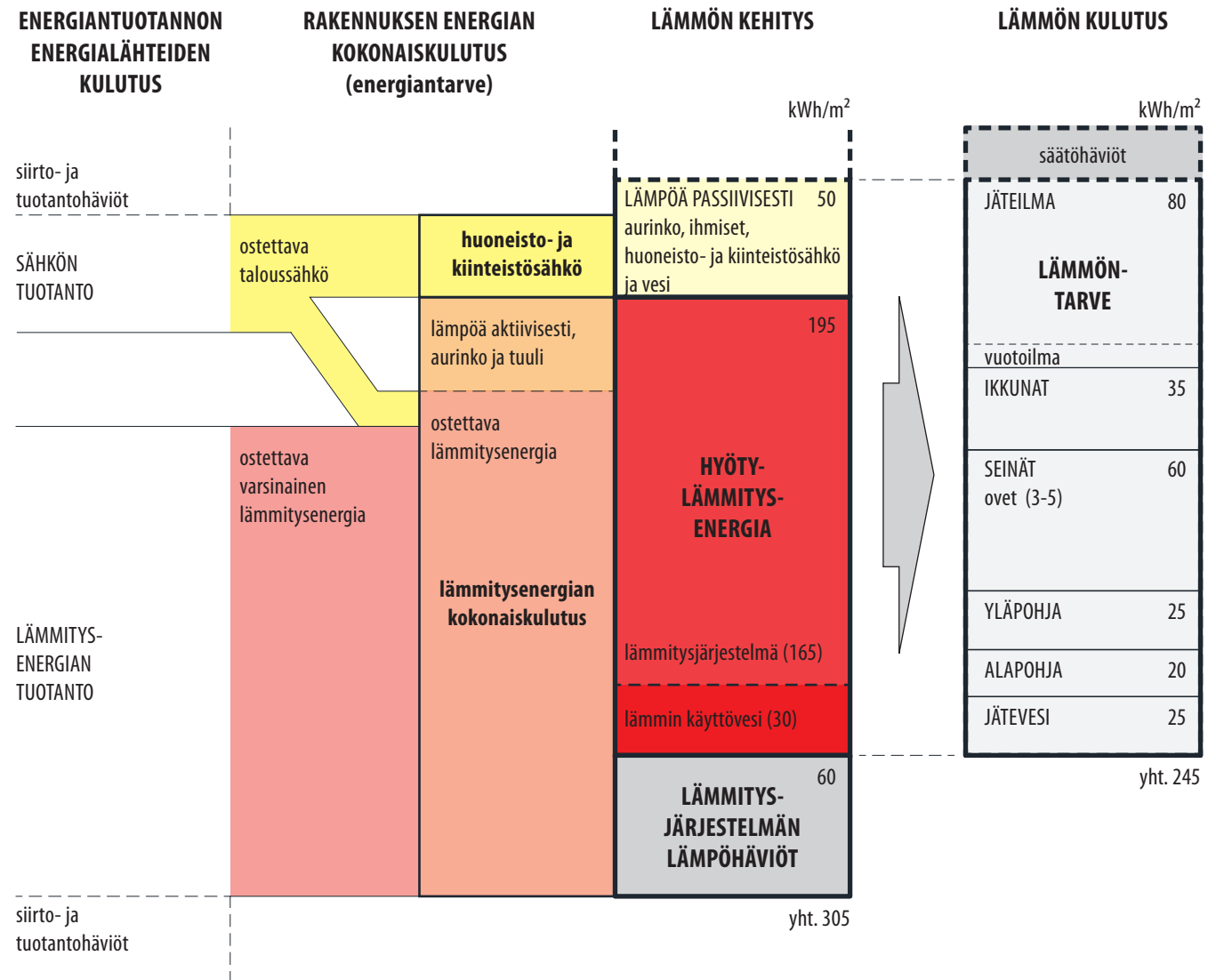
Rakennuksen energiantarpeen laskentaohje esitetään ympäristöministeriön ohjeessa (YM 2013) sekä energiatodistusoppaan liitteessä (YM 2012).

Taulukossa 2 esitetään eri vuosikymmenillä rakennettujen rakennusten energiankulutusta jaettuna lämmitykseen, talotekniikkaan, lämpimään veteen ja kotitaloussähköön kulutuksen.

Asumisen energiankulutus vuosina 2010–2014, GWh

	2010	2011	2012	2013	2014
Asuinrakennusten lämmitys	61 167	53 874	58 480	55 370	55 576
Varsinaiset asuinrakennukset yhteensä	58 233	51 258	55 677	52 733	52 909
• Erilliset pientalot	34 987	30 991	33 572	31 548	32 083
• Rivi- ja ketjutilat	6 054	5 344	5 807	5 569	5 508
• Asuinkerrostalot	17 192	14 923	16 298	15 616	15 318
Vapaa-ajan asuinrakennukset	2 934	2 616	2 803	2 637	2 667
Kotitalouslaitteet	9 087	8 315	8 850	8 389	8 043
• Valaistus	2 702	2 482	2 349	2 115	1 919
• Ruoan valmistus	826	799	714	697	689
• Muut sähkölaitteet	5 559	5 034	5 787	5 577	5 435
Asuminen yhteensä	70 254	62 189	67 330	63 759	63 619
 Asuinrakennusten lämmityksestä					
• Saunojen lämmitys	2 880	2 871	2 894	2 902	2 919
• Käyttöveden lämmitys	9 522	9 584	9 658	9 727	9 784

Taulukko 1. Asuinrakennusten energiankulutus (Tilastokeskus 2016).



Kuva 2. Rakennuksen energiantarve ja -käyttö (EKOREM 2005).

Rakennusten energiankulutus:		Paljonko eri aikakausina rakennetut talot kuluttavat nyt?				
Kulutus	→1960	1960 →	1970 →	1980 →	2003 →	Ekotalot
Energia hyvän sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen, kWh/m ² vuodessa						
Lämmitys	160- 180	160- 200	120 - 160	100 - 140	80 - 120	40 - 60
Laitteistojen sähkönkulutus, kWh/m ² vuodessa						
Talotekniikka	20 - 30	20 - 30	20 - 40	20 - 40	10 - 30	10 - 30
Asukkaiden energiankulutus, kWh/m ² vuodessa						
Lämmin vesi	20 - 60	20 - 60	20 - 60	20 - 60	20 - 50	20 - 40
Kotitaloussähkö	20 - 40	20 - 40	20- 40	20 - 40	20 - 40	20 - 30
Yhteensä, kWh/m ² vuodessa						
Asuminen	220 - 310	220 - 330	180 300	160 - 280	130 - 240	90 - 160

Taulukko 2. Eri vuosikymmenillä rakennettujen rakennusten energiankulutuksia (Tuomaala 2008).

2.3 Tekninen kehitys

Hyvä lämmöneristys on perusedellytys pienelle energiankulutukselle.

Rakentamismääräysten vaikutus rakentamisen tekniseen kehitykseen ja laatuun on selkeä. Perinteisiin ratkaisuihin pohjautuvia tekniikoita on menestyksellisesti sovellettu esimerkiksi uudisrakentamisessa vaadittujen ilmapuotolukujen täyttämiseksi. Ilmatiiviysvaatimuksen kautta esimerkiksi perinteisen höyrynsulun asentamisen laatu on tullut varmistetuksi, koska nämä vaatimukset edellyttävät riittävää laatua rakenteiden suunnittelussa ja erityisesti toteutuksessa.

Pyrittäessä lopputuloksessa lähes nollaenergiatason rakennukseen, tulee rakenteiden lämmönläpäisykertoimien (U-arvot) olla pienet ja ulkovaipan mahdollisimman ilmatiivis. Lämmöneristeen lämmönjohtavuus vaikuttaa tarvittavaan eristepaksuuteen. Lämmöneristeitä kehitetään jatkuvasti paremmiksi ja markkinoille vakiintuneiden tuotteiden valikoima kattaa hyvin eri sovellutukset.

Rakennusten lämmöneristämisen tulevaisuuden kehitysnäkymiä on käyty läpi julkaisussa (Ojanen et al. 2014). Uusien eristetuotteiden tekninen kehitys tähtää tyypillisesti muihin kuin rakentamisen sovellutuksiin. Esimerkiksi ns. supereristeiden sovellutuskohde löytyvät avaruus- ja ilmailuteollisuudesta. Kun uusien tuotteiden tuotantotavat kehittyvät ja valmistuskustannukset alenevat, voidaan tuotteita tuoda rakentamiseen, aluksi erityiskohteissa ja vähitellen korvaamaan nykyisin tavanomaisia lämmöneristeitä.

Seuraavassa esitetään lyhyt katsaus rakenteen lämmönläpäisykertoimeen (U-arvoon), tiivistetty kooste joistain markkinoilla jo vahvasti olevista rakennusten lämmöneristeistä sekä kehittyvistä tuotteista ja järjestelmistä. Uudis- tai korjausrakentamistapauksiin ei ole olemassa yhtä oikeaa ratkaisua tai tuotetta. Valinta on tehtävä tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen kokonaistoimivuus ja sen asettamat rajoitukset ja vaatimukset sekä mm. tuotteiden pitkäaikaistoimivuus käyttöoloissa.

2.3.1 Lämmönläpäisykerroin (U-arvo)

Rakenteiden lämmönläpäisykerroin eli U-arvo kuvaa rakenteen läpi vakio-olosuhteissa siirtyvää lämpövirtaa rakenteen osapinta-alan ja sen yli vallitsevan lämpötilaeron suhteen. U-arvon yksikkö on W/m^2K . Mitä pienempi U-arvo on, sitä vähemmän sen kautta siirtyy lämpöä samalla lämpötilaerolla. U-arvon määrittäminen tehdään vakio-olosuhteissa, joten rakenteen massa ei vaikuta tähän. Myöskään auringon säteily tai ilmavirtaukset rakenteen läpi eivät kuulu U-arvon määrittelyyn. U-arvon laskennassa käytetään kuitenkin lämmöneristeen läpäiseville raoille korjauskerrointa kuvaamaan raon U-arvoa heikentävää vaikutusta. U-arvo on käyttökelpoinen suure vertailtaessa eri rakenteiden lämmöneristävyttä. Oppaan liitteissä B–E esitetään tuotekortteja, joissa U-arvot on laskettu esimerkitapauksille. Liitteiden tiedot perustuvat yritysten toimittamaan materiaaliin.

Lämmönläpäisykerroin U [W/m^2K] on rakenteen kokonaislämmönvastuksen RT käänteisluku:

$$U = 1 / RT \quad (1)$$

Kokonaislämmönvastuksen RT [m^2K/W] laskenta on kuvattu standardissa SFS-EN ISO 6946. Laskennassa otetaan huomioon mm. eri kerrosten epähomogeenisuus, pintavastukset ja erilaiset korjaustekijät, kuten kiinnikkeiden kylmäsilta-vaikutukset ja ilmaraot. Yhden materiaalikerroksen lämmönvastus saadaan kerroksen paksuuden d [m] ja sen lämmönjohtavuuden λ [W/mK] suunnitteluarvon avulla:

$$R = d/\lambda \quad (2)$$

Lämmöneristekerros on tyypillisesti rakenteen paksuimpia kerroksia ja lämmöneristeen lämmönjohtavuus vaikuttaa ratkaisevasti kerroksen lämpövastukseen. Seuraavassa on lueteltu tyypillisten lämmöneristemateriaalien lämmönjohtavuus-tasoja.

2.3.2 Markkinoille vakiintuneet lämmöneristeet

Kuitumaiset, ilmatäytteiset lämmöneristeet sitovat ilman paikoilleen ja kuidut rajoittavat säteilylämmönsiirtoa eristeen läpi. Tällaisten eristeiden lämmönjohtavuuden minimiarvo on käytännössä noin $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Lasi- ja kivivillapohjaiset tuotteet valmistetaan sitomalla raaka-aineesta tuotettuja kuituja sideaineen avulla yhteen. Näiden tuotteiden lämmönjohtavuus on alueella $0,031\text{--}0,040 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Puukuituisten lämmöneristeiden lämmönjohtavuus on alueella $0,037\text{--}0,050 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Orgaaninen perusmateriaali on usein kierrätettyä paperia, ja myös puukuitumassaa tai sellukuitua käytetään.

Solupolystyreenituotteet (EPS) valmistetaan sintraamalla polystyreenihelmiä yhteen paisutuksessa, jolloin tuloksena on osittain avojuokoinen materiaali: helmet ovat umpinaisia ja niiden välitilat ovat tuotteen sintraantumisasteesta riippuen osittain avoimia. Tavallisten (valkoiset) EPS-tuotteiden lämmönjohtavuus on tasoa $0,033\text{--}0,039 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja grafiittia sisältävillä EPS-raaka-aineilla (harmaa EPS) saavutetaan tasot $0,030\text{--}0,031 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Suulakepuristetussa polystyreenilämmöneristeessä (XPS) on suljettu ja yhtenäinen ilmatäyteinen solurakenne. Sen ilmoitetut lämmönjohtavuudet ovat $0,033\text{--}0,040 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

PU-eristeet pohjautuvat polyuretaaniin (PUR) tai polyisosyanuraattiin (PIR). Niissä suljettujen solujen määrä on yli 90 % ja eristävyyttä parantaa ilmaa heikommin lämpöä johtava täytekaasu. Valmiiden levyjäisten tuotteiden lämmönjohtavuudet ovat alueella $0,022\text{--}0,030 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Alumiini- ja muovilaminaattipintaiset tuotteet ovat ilmaa ja kosteutta läpäisemättömiä.

Fenoli-eristeet (PF) ovat muovipohjaisia tuotteita, jotka koostuvat umpisoluisesta vaahdosta. Solut sisältävät ilmaa heikommin lämpöä johtavaa täytekaasua. Umpinaisten solujen välitila on osittain avoin. Eristeen molemmilla puolilla on laminaatit, joista tyypillisesti molemmat tai vähintään toinen on diffuusioavoin. Fenoli-eristeiden lämmönjohtavuudet ovat alueella $0,018\text{--}0,023 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

2.3.3 Uudet lämmöneristetuotteet

Tavanomaisten, rakentamiseen tyypillisesti käytettyjen lämmöneristeiden lisäksi on olemassa kapean sovellutusalueen erityistuotteita, joiden merkitys tavanomaisessa korjausrakentamisessa on vähäinen. Joillain näistä voidaan saavuttaa tavanomaisia tuotteita parempi lämmöneristävyys (vakuumipaneelit, aerogeelit) ja niitä käytetään erityiskohteissa, joissa tilanpuutteen takia pyritään mahdollisimman ohuisiin eristekerroksiin.

Markkinoilla on erilaisia lämpöä heijastavia pinnoitteita, joilla pyritään vaikuttamaan rakenteen ulkopinnan säteilylämmönsiirtoon. Näiden pinnoitteiden käytöstä ei juuri ole hyötyä rakennesovellutuksissa Suomen ilmastossa ja lämmöneristystasoilla.

2.3.4 Esivalmistetut rakennejärjestelmät

Esivalmistettuja, korjausrakentamiseen käytettäviä rakennejärjestelmiä ovat yksinkertaisimmillaan esivalmistetut, eristetyt julkisivurakenteet tai rakenneosat. Näiden etuna on työmaa-ajan nopeutuminen ja elementtien tehdasmainen tuotanto, jolla päästään paikalla tehtävää eristystyötä yhtenäisempään laatutasoon. Tällaisia ovat esimerkiksi pientalon esivalmistetut korjauselementit ja kerrostalon julkisivun korjausjärjestelmä.

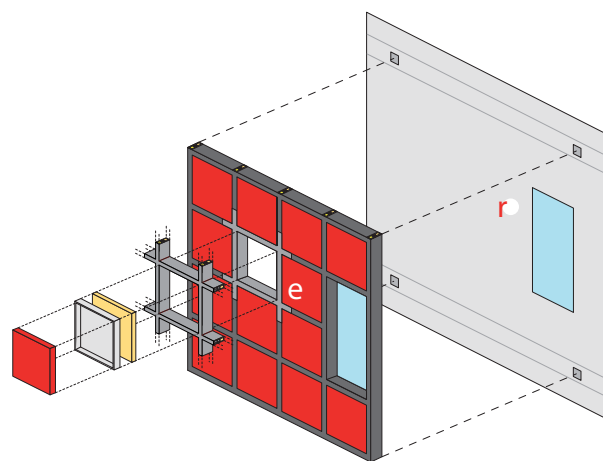
Erityisesti korjauskohteessa käytettävän työajan pienentäminen on tärkeä tavoite. Käytössä olevien rakennusten korjaustyömaa-ajan minimointi ja elementtien asennusjärjestelmien kehitys tyypillisesti pienentävät kokonaiskustannuksia, kun remontti ei edellytä pitkiä katkoja rakennuksen normaaliin käyttöön. Samalla voidaan minimoida rakennusvirheitä, kun elementit valmistetaan tehtaalla kuivissa ja valvotuissa olosuhteissa. Nopea paikalle asennus vähentää lisäksi asennuksen aikaista rakenteiden kastumisriskiä.

Monitoimiset rakennusvaippajärjestelmät ovat eräs kehityksen suunta, mutta ne eivät ole vielä laajassa käytössä. Nämä järjestelmät yhdistävät lämmön- ja sähköntuoton, luonnonvalon hyödyntämisen ja erilaisten funktionaalisten toimintojen yhdistelmiä, joiden soveltaminen edellyttää koko rakennuksen ja sen muiden järjestelmien yhteensovittamista näiden julkisivujärjestelmien kanssa.

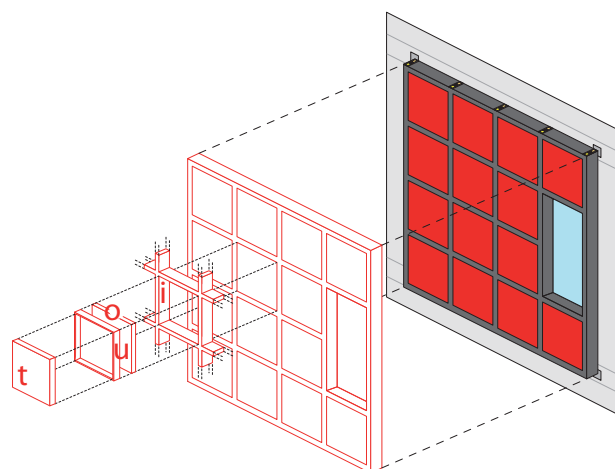
Esimerkkinä rakenteiden korjausjärjestelmien kehitystyöstä on MeeFS EU-hankkeessa (Multifunctional Energy Efficient Façade System for Building Retrofitting across Europe) kehitetty rakennusvaipan korjausjärjestelmä (kuva 3), jossa voidaan hyödyntää erilaisia esivalmistettuja moduuleita.

Esivalmistettujen korjausrakennejärjestelmien edut

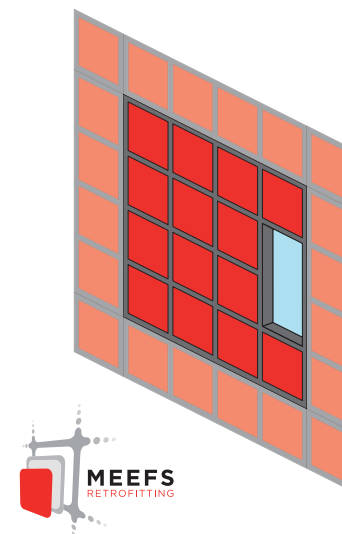
- Lyhyt työmaa-aika
- Lyhyt häiriö asukkaille / tilojen käyttäjille
- Elementtien laadun varmistus tehtaalla
- Korjausrakenteen rakenteiden kosteusolojen nykyistä parempi hallinta
- Erilaisia valinnaisia ominaisuuksia
- Muunneltavuus on mahdollista
- Huolto ja korjaus helpottuvat.



e Multifunctional panel
r Existing facade



t Technological unit
u Structural module
i Structural panel
o Thermal Insulation
t + u Technological module
t + u + i Multifunctional panel



Kuva 3. Meefs –hankkeessa kehitetty julki-
sivun korjausjärjestelmän periaate (Meefs).

2.3.5 Uudet ikkunat

Ikkunoiden lämmöneristävyys on parantunut merkittävästi viimeisen 20 vuoden aikana. Ikkunoiden lasirakenne koostui kahdesta tavallisesta lasista aina 1970-luvun alkuun asti. Tämän jälkeen siirryttiin käyttämään 3 lasisia ikkunoita. Lämmöneristävyys parani edelleen, kun osa lasista korvattiin selektiivilaseilla ja eristyslaseit täytettiin ilman asemesta Argon-kaasulla. Nykyisissä parhaiten lämpöä eristävissä ikkunoissa on 3–4 lasia, joista vähintään 2 on selektiivilaseja.

Uusiin ikkunoihin on mahdollista saada sellaisia ominaisuuksia, joita vanhoissa ikkunoissa ei ole. Näitä ovat muun muassa itsestään puhdistuva ulkopinnan lasi, auringon lämpösäteilyä torjuva lasi ja ulkoilman kosteuden tiivistymistä ikkunan ulkopintaan ehkäisevä lasi. Nykyisillä lasilla voidaan myös vaimentaa huonetilaan ikkunan läpi tulevaa ääntä sekä parantaa henkilöiden ja omaisuuden turvaa.

2.3.6 Varjostus

Rakennusten ikkunoiden aurinkoenergian läpäisyominaisuuksiin joudutaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota rakennuksen ikkunoita valittaessa. Lasirakenteen aurinkoenergian suuri kokonaisläpäisysuhde (g-arvo, joka kuvaa kuinka paljon ikkunan ulkopintaan kohdistuvasta auringon säteilytehosta pääsee ikkunan läpi lämmittämään sisätilaa) lisää auringonsäteilyn aiheuttamaa lämpökuormaa ja voi kasvattaa rakennuksen jäähdytystarvetta kesällä. Läpäisysuhteen pienentäminen taas vähentää auringon lämmön hyödyntämistä lämmityksessä talvella. Auringon lämpösäteilyn torjumiseksi on sekä lasi- että varjostusteknisiä ratkaisuja. Varjostusta on käsitelty tarkemmin luvussa 6.4.3.

2.3.7 Tekninen kehitys - Yhteenveto

Korjausrakentamisen ratkaisuissa kehityksen painopisteen tulisi olla kokonaisuuden hallinnassa osaoptimoinnin sijaan. Pelkkä lämmöneristemateriaali tai -tuote ei ole yksinään ratkaisu energiatehokkaaseen rakentamiseen. Toimivimmat kestävän rakentamisen ratkaisut voivat olla yhdistelmiä eri toimivuusominaisuuksien tuotteista. Tarvitaan koko rakennuksen toimivuuden ymmärtämistä ja tämän huomioon ottamista suunnittelusta toteutukseen ja ylläpitoon. Rakennuksen riittävä ilmanpitävyys (ilmanpitävyyden määrittäminen luvussa 4.2) on edellytys rakennuksen ilmanvaihdon sekä sisä- ja ulkoilman välisen paine-eron hallinnalle sekä rakenteiden kosteustekniselle toimivuudelle (luvut 5.3 ja 6.6). Korjausrakentamisen eri vaiheiden hyvä suunnittelu on korjauksen onnistumisen perusedellytys.

3. Korjausrakentamishankkeen hyödyt

Rakennus on kokonaisuus.

Rakennuksen tulee tuottaa käyttäjilleen terveelliset, turvalliset, toimivat, hyvät ja tuottavat olosuhteet energiatehokkaasti. Nämä tavoitteet pätevät myös korjausrakentamisessa. Rakennus on rakenteiden, taloteknisten järjestelmien, laitteiden ja tilojen käyttäjien muodostama kokonaisuus. Hyvin toimiva ja energiatehokas rakennusvaippa on välttämätön pohja rakennuksen muiden järjestelmien ja sen kokonaisuuden toimivuuden kannalta. Hyvään energiatehokkuuteen ei Suomen ilmastossa voida päästä pelkästään laitetekniikan avulla.

Korjausrakentamisen tavoitteena on hyvin lämmöneristetty rakennus, jossa ilmanvaihto on riittävä. Rakenteiden tulee olla kosteusteknisesti toimivia. Rakennuksen ilmanvaihdon tulee olla tiloitain riittävä ja sisäilman hyvälaatuista. Rakenteiden, tarkoituksenmukaisesti valittujen uusien ikkunoiden ja niiden varjostusratkaisujen avulla voidaan tehokkaasti estää liika auringon säteilykuormitus ja sen aiheuttama sisäilman lämpeneminen liian korkeaksi.

Hyvin lämmöneristetty, ilmanpitävyydeltään riittävä ja kosteusteknisesti toimiva rakennusvaippa (ylä- ja alapohjan sekä seinien ja niihin kuuluvien ikkunoiden ja ovien muodostama kokonaisuus) on perusedellytys koko rakennuksen elinkaar- aikaiselle energiatehokkuudelle, se mahdollistaa toimivuuden nykyisten ja uusien taloteknisten järjestelmien kanssa. Tuloksena ovat sisäpintojen tasaiset lämpötilatasot, mikä parantaa lämpöviihtyisyyttä.

Rakennuksen riittävä ilmatiiviys on perusedellytys ilmanvaihdon hallintaan ja vedottomuuteen. Tämä on otettava huomioon jo rakenteiden korjausten yhteydessä. Korjatun rakennuksen ilmanvaihto ei voi perustua rakenteiden satunnaiseen hataruuteen, vaan se on usein varmistettava tilakohtaisesti erillisin korvausilmaelimin. Painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan parantaa asentamalla rakennukseen koneellinen ilmanpoisto, mutta sen soveltuvuus on syytä erikseen varmistaa. Painovoimainen ilmanvaihto on haastava, sillä sen toimivuus riippuu tuulesta ja lämpötilaoloista, eikä sillä voida varmistaa tasaista ilmanvaihtoa eri tiloihin. Lisäksi painovoimainen ilmanvaihto edellyttää tilojen käyttäjiltä ymmärrystä toimivuuden perusteista ja viitseliäisyyttä esimerkiksi korvaus- ja poistoilmaventtiilien tarpeenmukaiseen säätöön käsin.

Usein vanhan rakennuksen ilmanvaihto ei ole kaikilta osin tai kaikissa tilanteissa riittävä ja korjauksen tavoitteena on parantaa tilanne myös tältä osin. Rakennusvaipan ilmanpitävyys on edellytys ilmanvaihdon hallintaan ja sisäilman pitämiseen pääsääntöisesti lievästi alipaineisena (0–10 Pa). Sisäilman alipaineisuus estää kostean sisäilman pitkäaikaiset vuodot rakenteiden kautta ulos. Pitkäaikaisen ylipaineen aiheuttamat ilmavuodot johtavat kosteuden kerääntymiseen rakenteisiin, mahdolliseen homeen kasvuun ja edelleen sisäilmaongelmiin.

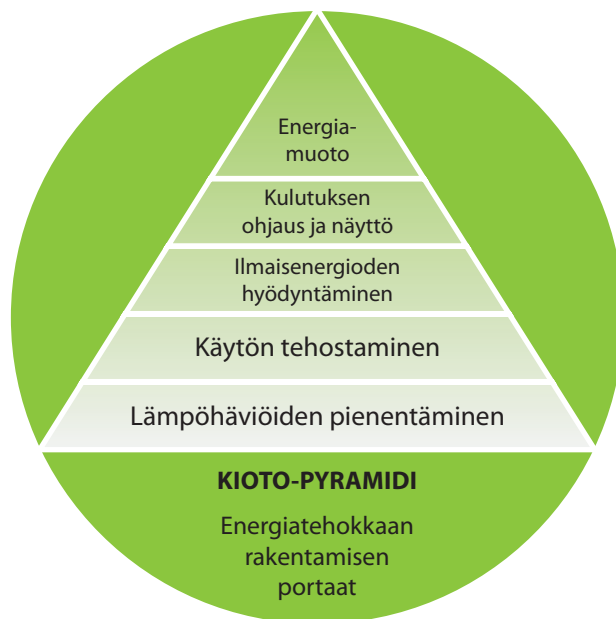
Epätiiviit rakenteet ja liian suuri alipaine voivat aiheuttaa epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan. Ilmatiiviydestä sekä ilmanvaihdon ja painesuhteiden hallinnasta on kerrottu enemmän luvussa 6.6.

Hyvin lämmöneristetyin rakennuksen tasaiset sisäpinnan lämpötilat auttavat viihtyisien olojen ylläpidossa. Tällöin lämmönjakolaitteisto, kuten lämpöpatterit, voivat olla pienempiä ja niiden sijoittelu helpompaa kuin heikosti lämmöneristetyssä rakennuksessa. Kylmien pintojen aiheuttama vedontunne on vähäisempää hyvin eristetyissä kuin lämpöä tuhlaavissa rakennuksissa. Hyvin lämmöneristetyin ja hyvillä ikkunoilla ja ovilla varustetun rakennuksen rakennusvaihe edesauttaa lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiä tuottamaan hyvän sisäympäristön.

Hyvin lämmöneristetyin rakennuksen (rakenteet, ikkunat, ovet) tarvitsemat lämmitystekot ja mahdollinen jäähdytystehon tarve pysyvät pieninä, jolloin tarvittava laitekapasiteetti on myös usein pienempi kuin heikkomman energiatehokkuuden rakennuksessa. Esimerkiksi lisättäessä uusiutuvia energialähteitä, voidaan tulla toimeen pienemmällä laitekapasiteetilla kuin heikosti eristetyin ulkovaipan tapauksissa. Uusiutuvien energioiden usein rajallinen tuotto kattaa hyvin eristetyissä rakennuksissa pidempään rakennuksen energiatarpeen kuin heikommin eristetyissä.

Häiriötilanteissa, esimerkiksi energianjakelun häiriötilanteissa, sisäilman olosuhteet pysyvät viihtyisinä pidempään, kun lämpöhäviöt rakenteiden kautta ovat pienet.

YK:n ilmastopöytäkirjasta täsmentävä Kioton pöytäkirja astui voimaan vuonna 2005. Siinä julkistettu sopimus esittää Kioton pyramidin (kuva 4) energiatehokkaan rakentamisen suunnittelumallina. Pohja energiatehokkuudelle saadaan panostamalla ensin lämpöhäviöiden pienentämiseen. Rakennuksen passiivista energiatehokkuutta voidaan parantaa rakenteiden lisälämmöneristämällä sekä uusilla, tarkoituksenmukaisilla ikkunoilla ja ovilla.



Kuva 4. Kioton pyramidi esittää keinot energiatehokkuuden parantamiseksi. Tärkeimmän pohjan kehitykselle antavat lämpöhäviöiden pienentämiseen tähtäävät muutokset, ts. rakennuksen rakennusvaiheen lämmöneristys.

3.1 Sisäympäristö

Hyvän sisäympäristön ylläpito on rakennuksen perustehtävä.

Hyvin lämmöneristetyissä rakennuksissa rakenteiden sisäpintojen lämpötilat ovat tasaiset ja lähellä sisäilman lämpötilaa. Tämä pienentää matalien pintalämpötilojen aiheuttamaa vedon tunnetta ja parantaa termistä viihtyisyyttä huonetiloissa.

Viihtyisyysolojen ylläpito heikosti lämmöneristetyssä rakennuksessa edellyttää korkeaa sisäilman lämpötilaa, jolla kompensoidaan kylmien pintojen aiheuttama vedon tunne. Lämpöpatterit ovat tyypillisesti suuremmat, niiden pintalämpötilat korkeammat ja sijoittelu vaativampaa kuin mitä hyvin lämmöneristetyssä rakennuksessa tarvitaan. Viihtyisyyden edellyttämä korkea sisäilman lämpötilataso kasvattaa energiankulutusta vielä siitä, mitä rakennuksen johtumishäviöt U-arvojen mukaan olisivat.

Rakenteiden sisäpintojen lämpötilojen ollessa lähellä sisäilman tasoa, on rakenteiden sisäpinnan kondenssiriski hyvin pieni, ts. hyvä eristystaso parantaa rakenteiden sisäpuolen osien kosteusturvallisuutta.

Ilmanvaihdon riittävä toimivuus on varmistettava korjauksessa. Jos ilmanvaihto on ollut huono, esimerkiksi korvausilma-reitit on remontissa tiivistetty, tulee ilmanvaihto saattaa vähintään rakentamisajankohdan vaatimusten mukaiselle tasolle. Jos rakennuksessa on pelkkä poistoilmanvaihto, on korvausilman saanti varmistettava erillisin korvausilmaventtiilein. Parantunut ilmanvaihto parantaa sisäilman laatua, mutta se voi aiheuttaa lisää vedon tunnetta, jollei korvausilmaventtiilien sijoittelua suunnitella huolella. Vedoton ilman sisäänotto on aina haaste erityisesti poistoilmajärjestelmissä, joissa lämmön talteenotolla ei esilämmitetä tuloilmaa.

Häiriötilanteissa, esimerkiksi energianjakelun häiriötilanteissa, sisäilman olosuhteet pysyvät viihtyisinä pidempään, kun lämpöhäviöt rakenteiden kautta ovat pienet.

Kerrostalon asuntokohtainen, lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtolaite lisää käyttömukavuutta. Asunnon tarpeenmukainen ilmanvaihdon säätö on omilla järjestelmillä mahdollinen, mikä parantaa olennaisesti asumismukavuutta. Järjestelmää voidaan käyttää jo nykyään monissa kerrostalokohteissa. Julkisivun kautta tapahtuva ilman sisäänotto ja ulospuhallus on yleisesti ottaen mahdollinen ja sen edellytyksiä ollaan selkeyttämässä.

Sisäilman lämpötila tulisi pitää myös rakenteiden kannalta riittävänä. Pitkäaikainen sisälämpötilan pudotus esimerkiksi kerrostalon huoneistossa voi pienentää huoneiston kautta tapahtuvia lämpöhäviöitä. Tällöin lämpö siirtyy muista huoneistoista väliseinien ja -pohjien kautta alemman lämpötilatason tilaan. Paikallinen matala sisäilman lämpötila voi aiheuttaa ongelmia, esimerkiksi pintakondenssia rakenteisiin. Tarkkoja raja-arvoja sisäilman vähimmäislämpötiloille ei ole, ja ne ovat hyvin tapauskohtaisia.

Hyvän lämmöneristystason hyödyt

- Tasaiset ja lähellä huoneilman lämpötilaa olevat sisäpintojen lämpötilat vähentävät vedon tunnetta ja parantavat lämpöviihtyisyyttä
- Kylmien pintojen vaikutusta ei tarvitse kompensoida yllämmittämällä
- Viihtyisyys aiempaa alhaisemmalla sisäilman lämpötilatasolla
- Olojen pysyvyys häiriötilanteissa
- Rakenteiden sisäpuolisten osien kondenssiriski pienenee ja kosteusturvallisuus tältä osin parantuu
- Energiansäästöä passiivisesti
- Pohja muille energiansäästötoimille.

3.2 Korjaustoimenpiteiden käyttöikä

Korjattu rakennusosa vastaa käyttöikältään uutta.

Uuden ja korjatun rakennuksen ulkoseinien käyttöikä on tyypillisesti yli 50 vuotta. Tänä aikana talotekniset järjestelmät useimmiten uusitaan. Siten rakennuksen rakenteet tulisi korjata vastaamaan mahdollisimman hyvin myös tulevien järjestelmien vaatimuksia. Korjauksen suunnitteluvaiheessa tehtävät päätökset vaikuttavat koko rakennuksen tulevan käyttöiän ajan.

Rakennusvaipan energiatehokkuuden parantaminen mahdollisimman hyväksi on usein parempi ratkaisu kuin korjaus vaatimusten minimitason mukaisesti. Hyvin lämmöneristetty ulkovaippa soveltuu paremmin erilaisten tulevien taloteknisten järjestelmien pohjaksi kuin heikommin eristetty. Tarvittavat lämmitys- ja jäähdytystehot pysyvät pieninä, jolloin tarvittava laitekapasiteetti on myös usein pienempi kuin heikommalla energiatehokkuudella rakennuksessa. Esimerkiksi lisättäessä uusiutuvia energialähteitä, voidaan tulla toimeen pienemmällä laitekapasiteetilla kuin heikosti eristetyin ulkovaipan tapauksissa. Uusiutuvien energioiden usein rajallinen tuotto kattaa hyvin eristetyissä rakennuksissa pidempään rakennuksen energiatarpeen kuin heikommin eristetyissä.

3.3 Kiinteistön arvo

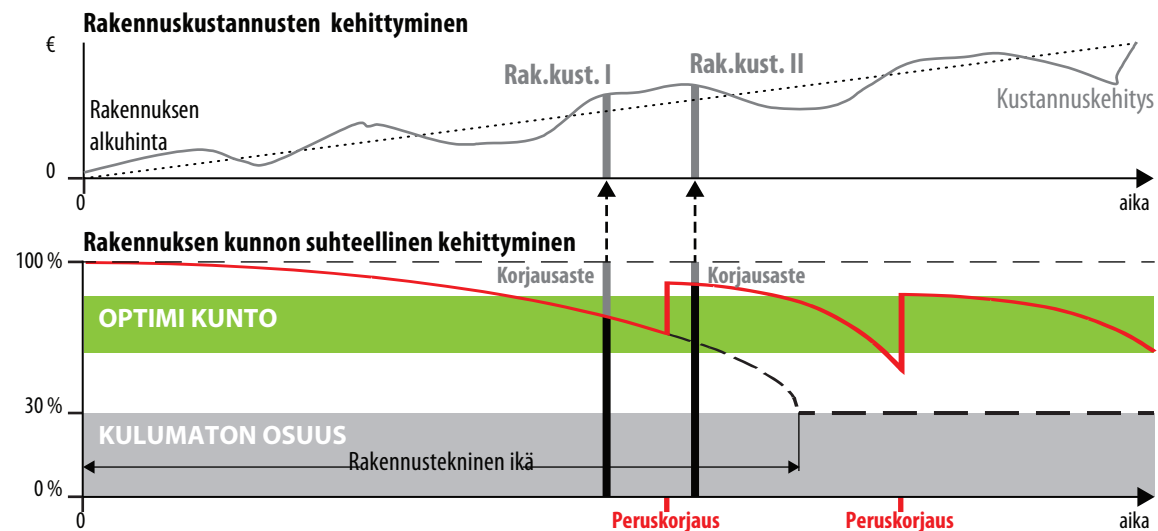
Kiinteistön arvoa voidaan ylläpitää korjaamalla suunnitelmallisesti.

Kiinteistön arvon säilyminen on monen tekijän summa. Kiinteistön arvo voidaan laskea puhtaasti teknisten osien käyttö-ikään ja korjaukseen perustuvalla logiikalla.

Usein tiedot kiinteistökannan arvosta ovat aiemmin perustuneet kirjanpitoarvoon, joka on yleensä merkittävästi alhaisempi kuin kiinteistöjen nykyarvo.

Kuva 5 perustuu Helsingin kaupungin kiinteistöviraston käyttämään laskentamenetelmään. Laskentamenetelmässä rakennusta tarkastellaan kokonaisuutena jossa rakennustekniseen nykyarvoon eri ajanhetkillä vaikuttavat rakennuksen alkuperäiset rakennuskustannukset, ikä sekä rakennukseen tehdyt korjausinvestoinnit. Rakennuksen arvon laskentamenetelmä on esitetty käsitteineen tarkemmin liitteessä A.

Rakennuksen nykyarvon määrittäminen



Kuva 5. Rakennuksen nykyarvon määrittäminen (Viljakainen 2004). Tarkemmin asiaa on käsitelty liitteessä A.

3.4 Käyttömukavuus

Käyttömukavuus on monen tekijän summa.

Käyttömukavuus liittyy usein toimiviin järjestelmiin. Uusien järjestelmien toimivuus voi olla ikkunoiden ja ovien hyvä avautuvuus ja lukittuvuus sekä niiden huollettavuus ja puhdistuksen helppous. Kestävien materiaalien käyttö vähentää huollon tarvetta.

Rakenteiden lämmöneristys on passiivinen rakenneosa, jonka toimivuus näkyy välillisenä esimerkiksi viihtyisyyssolojen aiempaa parempana pysyvyytenä. Hyvin lämmöneristetyt rakenteet mahdollistavat sisäilman olojen säädettävyyden helpommin kuin heikosti eristetyt. Esimerkiksi lämpötilan säätö korkeammalle tasolle vie vähemmän aikaa ja energiaa kuin heikosti eristetyn rakennuksen tapauksessa. Samoin lämmityslaitteiden kapasiteetti riittää paremmin eri tilanteiden kuorimitukseen.

Korjauksessa on otettava huomioon teknisten järjestelmien säädettävyyden käyttäjän tarpeiden mukaan. Ilmanvaihdon lisääminen esimerkiksi sisäisten lämpökuormien poistamiseksi on usein tarpeen. Samoin ikkunoiden varjostusratkaisujen toimivuus vaikuttaa sisäilman lämpöoloihin. Hyvin lämmöneristetyillä rakenteilla voidaan edesauttaa taloteknisten järjestelmien toimintaa.

3.5 Säästöt

Peruskorjauksen vaikutukset energiankulutukseen voi arvioida etukäteen.

Korjausrakentaminen kannattaa tehdä aina suunnitelmallisesti. Korjausrakentamiseen keskittynyt ympäristöministeriön ylläpitämä *korjaustieto.fi* sisältää asiantuntijoiden kokoamaa sisältöä, joka on tarkoitettu asukkaille, omistajille ja taloyhtiöille sekä kiinteistönhoidon ammattilaisille (kuva 6). Sivun kautta löytyy niin rakennusmateriaalien tietopankki kuin työkaluja. Työkalut ovat käytännöllisiä laskureita, muistilistoja ja muuta lisätietoa korjausrakentamisesta. Työkalut on jaoteltu selkeästi kattaen kiinteistönpidon, korjaushankkeet, energiatehokkuuden, kosteus- ja homevauriot sekä esteettömyyden.

Työkalulistalta löytyy esimerkiksi linkki energiatehokkuuskorjausten arviointityökaluun (E-PASS), jolla voi arvioida korjausten vaikutusta energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin tietyn tyyppiselle rakennukselle Suomessa. Laskennan taustalla on laaja tietokanta Suomen rakennuskannasta. Kuva 7 esittää kaappauksen E-PASS työkalun aloitussivulta.

3.6 Välilliset säästöt

Peruskorjauksen vaikutukset ovat muutakin kuin energiansäästöä.

Kiinteistön peruskorjauksella voi olla kiinteistön arvon muutoksen lisäksi muitakin vaikutuksia kuin, mitä kiinteistön arvolle voidaan välittömästi esittää esimerkiksi energiansäästön kautta. Peruskorjaus saattaa näkyä välillisinä säästöinä uusien rakenneosien huoltotarpeen vähentyessä. Esimerkiksi jos rakennuksen puukarmiset ikkunat vaihdetaan alumiinikarmisiin, muuttuu huoltotarve oleellisesti tuoden välillisiä säästöjä. Tämä näkyy kiinteistön huoltokustannuksissa huoltojakson pidentyessä aiemmasta. Vastaavasti julkisivumateriaalin tai pinnoitteen vaihtuminen voi muuttaa huoltovälejä ja teknistä käyttöikää.

Peruskorjauksessa on kiinnitettävä huomio tulevan huollon tarpeen lisäksi järjestelmien toimivuuden tarkastamisen vaiattomuuteen ja helppoon huollettavuuteen.

Laadukkailla materiaaleilla ja hyvällä työsuorituksella voidaan lisätä korjatun kohteen käyttöikää ja pienentää sen ylläpito- ja huoltokustannuksia.

Hyödyt:

- Rakennuksen arvon ylläpito
- Huollon helpottuminen
- Parantuneet sisäympäristön olosuhteet
- Viihtyisyyttä ja energiansäästöä koko tulevan elinkaaren ajan
- Valmiudet rakennuksen muiden järjestelmien korjaukseen energiatehokkaiksi
- Korjausketjun lopputuloksena on mahdollisuus lähes uutta vastaaviin ominaisuuksiin.

På svenska In English ym.fi syke.fi ara.fi Palaute Yhteystiedot Sivukartta

YMPARISTO .fi
Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu

Hae sivustolta Hae
Tarkenna hakua

Kartat ja tilastot Asiointi, luvat ja ympäristövaikutusten arviointi Alueellista ympäristötietoa

Vesi Meri Luonto Ilmasto ja ilma Kulutus ja tuotanto Elinympäristö ja kaavoitus **Rakentaminen** Asuminen

Korjaustieto

- Taloyhtiöt
- Pientalot
- Korjausneuvonta
- Rakennusmateriaalien tietopankki
- Työkalut

Etusivu > Rakentaminen > Korjaustieto

Tervetuloa korjaustiedon ääreen



Putkiremonttisuunnitelma työpöydällä © Kuva: YHÄ-kuvapankki/ Pentti Hokkanen

Ymparisto.fi/korjaustieto on ovi kotien ja kiinteistöjen kunnossapitoon ja korjaamiseen. Asiantuntijoiden kokoama sisältö on tarkoitettu asukkailla, omistajilla ja taloyhtiöille sekä kiinteistönhoidon ammattilaisille. Vinkit ja työkalut auttavat ylläpitämään terveellisiä, arvonsa säilyttäviä suomalaiskojeja. Tervetuloa!

Julkaistu 30.6.2016 klo 10.10, päivitetty 1.7.2016 klo 13.14

Kuva 6. Sivulta www.korjaustieto.fi löytyy esimerkiksi laskureita ja muistilistoja.

Energiatehokkuuskorjausten arviointityökalu - E-PASS

ENERGIATEHOKKUUSKORJAUSTEN ARVIOINTITYÖKALU

VTT:n kehittämä E-PASS työkalu on helpokäyttöinen korjaustoimenpiteiden kannattavuusarviointityökalu. Pääasiallisena kohderyhmänä on asuinrakennukset, mutta toimistorakennusten korjausratkaisuille löytyy myös vaihtoehtoja. Käyttäjän työtä on helpotettu mahdollisimman paljon, jotta rakennuksen nykytilan arviointi olisi suoraviivaista. Riittää, että käyttäjä tuntee muutaman rakennuksen avainsuuren (laajuus, rakennustyyppi, ikä yms.), minkä jälkeen rakennuksen energia-arvio ennen korjaustoimia voidaan laskea. Käyttäjälle on valmiiksi listattu tyypillisiä korjaustoimia, joiden valitsemisen jälkeen korjaustoimen tai -toimien vaikuttavuuden avaintunnusluvut (kWh/m², kgCO₂/m², energiakustannukset, takaisinmaksuaika) on nähtävissä.

E-PASS arviointityökaluun



Kuva 7. Energiatehokkuuskorjausten arviointityökalun (E-PASS) aloitussivu.

4. Korjausrakentamishankkeen eteneminen

”Kiinteistön kunnossapito on kiinteistön ylläpitoon kuuluva toiminta, jossa kohteen ominaisuudet pysytetään uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat ilman, että kohteen suhteellinen laatutaso olennaisesti muuttuu.” (KH90-00593)

Kiinteistön suunnitelmallinen kunnossapito

Kiinteistön hyvä hoito edellyttää PT-suunnitelman tekoa ja sen noudattamista. Kun käyttöikänsä päähän tulevia kohtia korjataan, voidaan pienin korjauksin pidentää peruskorjaustarpeen aikaväliä ja samalla rakennuksen toimivuus vastaa paremmin sille asetettuja tavoitteita. On usein kustannustehokkaampaa korjata suunnitellusti vaihteittain kuin viime hetkellä pakon edessä. Hyvin hoidettu kiinteistö on parempi käyttäjilleen, ja sen arvo säilyy heikosti hoidettua parempana koko elinkaaren ajan. Korjattaessa on järkevää pyrkiä valitsemaan energiatehokkuudeltaan mieluummin tulevia vaatimustasoja vastaava toteutus kuin nykyisen korjausrakentamisen edellyttämä minimitaso.

4.1 Lähtökohdat korjaushankkeelle

Energiatehokkuuden parantaminen on kannattavinta korjausten yhteydessä.

4.1.1 Vaurio tai tekninen käyttöikä

Korjaushankkeen lähtötilanne on yleensä teknisen käyttöiän päätyminen, vaurioituminen, vikaantuminen tai käyttäjien tarpeista johtuva rakennuksen ominaisuuksien parantaminen. Rakennuksen korjaushanke tulisi olla suunniteltua, jotta eri rakennusosien ikääntymisen tuomiin vaurioihin osataan varautua ajoissa. Korjaukset ovat osa kiinteistön suunnitelmallista kunnossapitoa. Rakennukseen voi myös tulla ennakoimattomia vaurioita, jotka käynnistävät korjaushankkeen. Lisäksi käynnistävänä tekijänä saattaa olla jokin muu tarve esimerkiksi paremman kiinteistön palvelutason, käytettävyyden tai arvon näkökulmasta.

Korjaustavan valinnan tulee perustua sekä rakennuksen kunnossapitosuunnitelmaan (PTS, joka sisältää mm. kiinteistönpiitoon kuuluvat ylläpito- ja korjaussuunnitelmat aikatauluineen), että usein myös julkisivun ja teknisten järjestelmien kuntoa tarkentavaan kuntotutkimukseen. Tähän tulisi sisältyä myös energiatehokkuuden parantamismahdollisuudet korjausten yhteydessä. Esimerkiksi julkisivujen osalta suunnitelma sisältää periaatepäätökset siitä, käytetäänkö julkisivut elinkaarensa loppuun ja uusitaan vasta, kun se on välttämätöntä.

Julkisivujen elinkaarta voidaan pidentää edellä mainitussa tapauksessa kohdennetuilla paikkakorjauksilla (Nieminen et al. 2013).

Peruskorjauksessa vanha julkisivupinta puretaan ja ulkoseinät rakennetaan lämmöneristyskerroksesta ulospäin kokonaan uudestaan. Vaihtoehtona on myös vanhan julkisivun lisälämmöneristäminen purkamatta vanhoja rakenteita. Lisälämmöneristysratkaisun edellytyksenä on se, että julkisivun kunto on riittävä, jotta se voidaan jättää paikalleen sellaisenaan tai käyttämällä mahdollisesti lisäksiinnikkeitä sisempiin rakennekerroksiin. Lisälämmöneristysvaihtoehdossa rakennuksen julkisivuun asennetaan uusi julkisivupinta. Lisälämmöneristysvaihtoehtoon liittyy usein myös ikkunoiden aseman siirto ulommas tai ikkunoiden vaihto. Rakennneosien liittymät, kuten ikkunoiden, ovien, rakennukseen liittyvien katosten ja parvekkeiden liittymät, joudutaan tekemään uudelleen, kun rakennepaksuudet muuttuvat alkuperäisistä. Samoin tämä voi johtaa tarpeeseen muuttaa katon räystäärakenteita.

Rakennustiedon julkaisema KH-kortisto on kokoelma tietokortteja, joissa on kiinteistönpidon ohjeita, säännöksiä ja tarvittavaa tietoa (<https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/kh.html>). Rakennustiedon KH korjaus -kokonaisuudesta löytyy ”asuntojen korjaushankkeen hankesuunnittelu” (KH 90-00593 2016), jossa kuvataan sekä tarveselvitys että hankesuunnittelu. Kuva 8 esittää kustannusten määräytymisen korjausrakentamisen eri vaiheissa. Kuvasta on pääteltävissä, että tarveselvityksen aikana määräytyy kustannuksista $\frac{2}{3}$ ja vastaavasti hankesuunnittelun loppuun mennessä määräytyy $\frac{3}{4}$ kustannuksista. Kuvan kautta on helppo nähdä sekä tarveselvityksen että hankesuunnittelun tärkeys korjausrakennushankkeessa. Hyvällä (alku)vaiheen suunnittelulla voidaan vaikuttaa olennaisesti hankkeen kokonaiskustannuksiin. Laadukkaiden toteutusten valinta tyypillisesti pienentää käytönaikaisia kustannuksia.

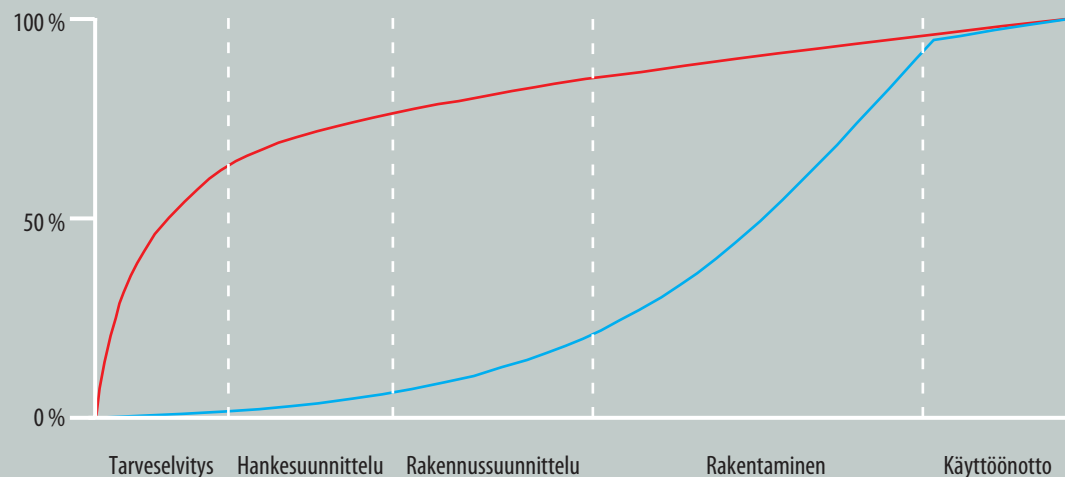
Tarveselvityksestä on todettu muun muassa seuraavaa (KH 90-00593 2016):

Asunto-osakeyhtiön hallituksen on huolehdittava ennen hankesuunnittelun aloittamista, että korjaushankkeiden valmistelutyöhön ja läpivientiin on varattu riittävästi aikaa.

- Kunnan tavoitteet asuinalueen kehittämiseksi ja alueen kaavoitustilanne on selvitetty.
- Kiinteistön korjaushistoriatiedot on selvitetty.
- Kuntoarvio sekä tarvittavat kunto- ja haitta-ainetutkimukset on tehty, jos niitä ei sisällytetä hankesuunnittelijan tehtäviin tai erillisiin toimeksiantoihin.
- Naapuriyhtiöiden kanssa on pohdittu yhteistyömahdollisuudet.
- Yhtiössä on selvitetty alustavalla riskikartoituksella rakennustyön turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevat tiedot.

Jo aluksi osakkaat ovat päättäneet yhdessä yhtiön strategiasta ja yhtiökokouksessa on tehty hankepääätös, jossa hallitus on saanut valtuudet hankkeen valmisteluun eli hankesuunnittelun aloittamiseen. Asukkaille ja osakkaille on tarvittaessa tehty tulevia toimenpiteitä koskeva kysely. Yhtiössä on yhdessä pohdittu, mitä toimenpiteitä on tarkoituksenmukaista tehdä samanaikaisesti ja mitä myöhemmin. Esim. Isännöintiliiton sivulta löytyy taloyhtiön strategian laadinnassa tarvittavaa tietoa (<https://www.isannointiliitto.fi/>).

Kuva 8. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeessa. On huomattava, että korjaushankkeen alkuvaiheen ratkaisulla vaikutetaan myös kiinteistön koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin. Rakennustiedon KH-korjauskokonaisuudesta löytyy ”asuntojen korjaushankkeen hankesuunnittelu” (KH 90-00593), jossa kuvataan sekä tarveselvitys että hankesuunnittelu.



4.2 Selvitykset

Korjaushanke tulee aina aloittaa riittävillä selvityksillä.

Hankesuunnitteluvaiheessa tarvitaan usein taustalle kuntotutkimuksia ja asukaskysely, jotta korjausvaihtoehdoille saadaan täsmälliset perusteet.

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (YMa 2016) -kirjan mukaan ympäristöministeriön asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä (Ya 216/2015) mukaan korjaus- tai muutostyön lähtötietona käytettäviin rakennuksen kunnosta laadittuihin selvityksiin on rakennushankkeen laatu ja laajuus huomioon ottaen riittävässä laajuudessa sisällytettävä tiedot seuraavista seikoista ja niihin mahdollisesti liittyvistä vaurioista:

1. rakenteiden kantavuus ja rakennuksen vakaus
2. rakennusosien kosteustasapaino ja muu rakennusfysikaalinen toimivuus
3. rakennuksen sisäilmaston terveellisyys
4. muut rakennuksen turvallisuuteen ja terveellisyyteen liittyvät seikat
5. käytetyt selvitysmenetelmät ja selvityksen laatijan tiedot
6. selostus rakennuksen ominaispiirteistä ja rakennushistoriallisesti merkittävistä seikoista
7. tiedot aiemmin tehdyistä korjaus- ja muutostöistä.

Tehtävien muutostöiden vaikutus rakennuksen toimintaan kokonaisuutena on selvitettävä.

Selvityksen aluksi tulisi käydä läpi kohteeseen liittyvät asiakirjat, joista selvitetään, mitä materiaaleja on käytetty ja esimerkiksi voisivatko ne sisältää asbestia.

Lähtötietoasiakirjoina tulisi mahdollisuuksien mukaan olla:

- kaikki työselitykset sekä tiedot tehdyistä korjauksista
- pääpiirustukset
- rakennepiirustukset
- LVIS-piirustukset
- muut urakka-asiakirjat.

Kartoitus voidaan teknisten järjestelmien mukaan jakaa neljään ryhmään:

- rakenteet
- lämmitys-, vesi- ja viemäriasennukset ja -laitteet
- ilmanvaihtoasennukset ja -laitteet
- sähköasennukset ja -laitteet.

Samat asiakirjat ovat tarpeen koko remontin suunnittelussa ja erikoisesti esimerkiksi asbestikartoituksessa.

4.2.1 Kuntoarvio ja -tutkimus

Kiinteistön kuntoarvio (KH-90-00495 2012) kertoo, miten kiinteistön eri osien kunto voidaan asettaa viiteen eri luokkaan perustuen teknisiin käyttöikiin ja arvioituun korjaustarpeeseen.

Kuntoarviolla tarkoitetaan kunnon selvittämistä pääasiassa aistienvaraisesti ja kokemusperäisesti sekä rakennetta ja materiaaleja rikkomattomin menetelmin. Kuntoarvio kattaa:

- kiinteistön tilat
- rakennusosat
- järjestelmät
- laitteet
- ulkoalueet.

Kuntoarvio tehdään ryhmätyönä, johon kuuluu rakennus-, LVI- ja sähkötekniikan asiantuntija. Kuntoarvio voidaan tehdä koko kiinteistölle tai jos tarpeita koko kiinteistön käsittävälle kuntoarviolle ei ole, myös jollekin tietylle rakennusosalle, rakenteelle, järjestelmälle tai laitteelle.

Kiinteistön ja asunnon kunnon selvitysmenetelmiä on kootusti esitetty KH kortissa (KH 90-40053 2007 (Taulukko 3)).

Kuntotutkimus on usein ainetta rikkovaa mutta antaa luetettavan kuvan kunkin tietyn rakennusosan tai materiaalin kunnosta.

Kuntotutkimuksessa asiantuntija tutkii lisälämmöneristettävän rakennusosan siten, että kyseisen osa-alueen kunto, vauriomekanismit, soveltuvat korjausmenetelmät ja korjausten suositeltava ajankohta saadaan selville riittävällä tarkkuudella korjausratkaisujen valitsemiseksi. Julkisivujen korjauksissa kuntotutkimus on syytä tehdä etenkin silloin, kun rakennuksen ulkovaippa aiotaan lisälämmöneristää.

Vaikka ulkoseinien lisälämmöneristysratkaisut tyypillisesti kiinnitetään ulkoseinän kantavaan rakenteeseen, kiinnitetään lisälämmöneristys joskus myös esimerkiksi betonisandwich-elementin ulkokuoreen. Jotta voidaan varmistua ratkaisun toimivuudesta, on ulkokuoren tekninen kunto ja soveltuvuus kiinnitysalustaksi selvitettävä kuntotutkimuksella.

Rakenteista on kuntotutkimuksen yhteydessä syytä tehdä kosteusmittauksia mahdollisten piilevien kosteusvaurioiden selvittämiseksi. Olemassa olevan rakenteen kosteudenmittauksen menetelmiä ovat pintakosteuden mittaukset, rakenteen suhteellisen kosteuden mittaus sekä näytepalojen ottaminen rakenteesta ja niiden kosteuspitoisuuden määrittäminen painoprosentteina kuivapainosta (KORMA 2015).

Kuntotutkijoiden pätevydet

Mittaajia ja asiantuntijoita, joiden ammatillinen pätevyys on tällä hetkellä osoitettavissa riippumattoman tahon suorittamalla arvioinnilla ovat mm:

- lämmitys-, vesi-, ja viemärijärjestelmien (LVV) kuntotutkijat
- IV-mittaajat
- kuntotutkijat (betonirakenteet, muuratut rakenteet)
- asbesti- ja haitta-aineasiantuntijat (AHA)
- rakennusten lämpökuvaajat
- rakennusten tiiveyden mittaajat
- rakenteiden kosteudenmittaajat (PKM)
- ympäristönäytteenottajat.

Pätevyyksien todentaminen

- Betonirakenteiden ja muurattujen rakenteiden kuntotutkijoiden sekä lämmitys-, vesi-, ja viemärijärjestelmien (LVV) kuntotutkijoiden pätevydet todentaa FISE Oy.
- IV-mittaajien pätevydet todentaa SuLVI.
- Haitta-aineasiantuntijoiden, lämpökuvaajien sekä tiiveyden- ja kosteudenmittaajien pätevydet todentaa henkilösertifoinnilla VTT.
- Ympäristönäytteenottajien pätevyyden todentaminen tapahtuu SYKE:n sertifoinnilla.

	Kohde	Tavoite	Menetelmät	Raportointi	Tekijät
Kuntoarvio	Asuinkiinteistöt Liikekiinteistöt Toimistokiinteistöt Palvelukiinteistöt Teollisuuskiinteistöt	Kiinteistön tilojen, rakennusosien, taloteknisten järjestelmien, hissien ja ulkoalueiden kunnon selvittäminen. Selvitys energiatehokkuudesta.	Aistienvaeriset, kokemusperäiset sekä rakennetta rikkomattomat menetelmät. Käyttäjien haastattelut. Energiatalouden selvitys.	Määrämuotoinen kirjallinen raportti, johon liitetään kunnossapitosuunnitelmaehdotus (PTS-ehdotus).	Työryhmä (rakennus- ja talotekniset asiantuntijat, hissiasiantuntijat) PKA, pätevyitynyt kuntoarvioija.
Kuntotutkimus	Asuinkiinteistöt Liikekiinteistöt Toimistokiinteistöt Palvelukiinteistöt Teollisuuskiinteistöt	Yksittäisen rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tarkempi tutkimus tavoitteena saada selville mahdollisen ongelman tai vaurion aiheuttaja.	Usein rakennetta rikkovia. Apuna käytetään mm. rakenteiden koestusta, näytteiden ottoa ja analysointia ja erilaisia mittauksia.	Kirjallinen raportti, johon liitetään toimenpide-ehdotus suunnittelun ja uusimisen tai korjaamisen lähtötiedoiksi.	Rakennus- ja talotekniset asiantuntijat, laboratoriot.
Kuntotarkastus asuntokaupan yhteydessä	Omakotitalot Osakehuoneistot	Tuottaa puolueetonta tietoa asuntokaupan osapuolille rakennuksen rakennusteknisestä kunnosta, korjaustarpeista, vaurio-, käyttöturvallisuus- ja terveysriskeistä sekä toimenpide-ehdotuksista.	Pääosin aistienvaeriset, kokemusperäiset sekä rakennetta rikkomattomat menetelmät. Käyttäjien haastattelu. Sisältää kosteusmittauksia ja vähäisiä rakenteiden avauksia.	Kirjallinen raportti (ei sisällä kunnossapitosuunnitelmaehdotusta, PTS-ehdotusta).	Rakennustekninen asiantuntija AKK, asuntokaupan kuntotarkastaja.
Kartoitus	Asuinkiinteistöt Liikekiinteistöt Toimistokiinteistöt Palvelukiinteistöt Teollisuuskiinteistöt	Yksittäisen ongelman tai vaurion syyn ja laajuuden selvittäminen.	Mittaukset mittalaitteilla, tarvittaessa laboratoriotutkimuksia.	Kirjallinen kartoitusraportti, jossa tarvittaessa piirustusliitteet ongelman esiintymisestä ja pitoisuuksista.	Kartoituksiin perehtyneet asiantuntijat PKM, pätevyitynyt kosteuden mittaaja.

Taulukko 3. Kiinteistön ja asunnon kunnon selvitysmenetelmiä (KH 40053 /2007).

4.2.2 Lämpökamerakuvaus ja rakennuksen ilmanpitävyyden määrittäminen

Rakennuksen toimivuuden selvityksessä on hyödyllistä tuntea rakennuksen ilmanpitävyys ja sen merkittävimmät ilmavuotokohdat sekä rakenteelliset kylmäsilat. Nämä ovat usein merkittäviä vetoisuuden aiheuttajia. Epäiltäessä rakennuksen vaipan olevan ilmanpitävyydeltään huono on ennen korjauksen suunnittelua suositeltavaa teettää rakennuksen ilmavuotoluvun mittausta ja lämpökamerakuvausta.

Rakennusvaipan ilmatiiviys vaikuttaa ilmanvaihdon hallintaan. Hatarissa, ilmaa vuotavissa rakenteissa esiintyy usein hallitsemattomia ilmavuotoja sisä- ja ulkoilman välillä. Nämä aiheuttavat vetoa, lisäävät energiankulutusta ja voivat aiheuttaa kosteuden kertymistä rakenteisiin sekä epäpuhtauksien kulkeutumista huonetilaan (tarkemmin luku 6.6).

Rakennuksen vaipan ilmanpitävyys määritetään mittauksella. Mittauksessa huonetilaan pyritään puhaltimen avulla tuottamaan 50 Pa:n paine-ero ulkoilmaan verrattuna. Mittaukset tehdään yleensä sekä ali- että ylipaineoloissa. Ilmavirta mitataan ja siitä lasketaan ilmavuotoluku (q_{50}), joka on vuotoilmavirta vaipan pinta-alaa ja aikayksikköä kohden ($\text{m}^3/(\text{h}/\text{m}^2)$). Mittauksissa saadaan selville vuodon kokonaismäärä sekä merkittävimmät ilmavuotokohdat. Mikäli mittaus tehdään kylmänä vuodenaikana, voidaan lämpökameran avulla löytää ilman sisäänvuotokohdat.

Lämpökamerakuvaus paljastaa rakenteen pinnan lämpötilaerot. Kylmäsiltojen aiheuttama paikallisesti heikompi lämmön-eristävyys voi johtaa paitsi kohonneisiin lämpöhäviöihin myös kosteusongelmiin rakenteen sisäpinnassa. Kun lämpökuvauksessa tehdään yhdessä painekokeen kanssa, voidaan tuloksista erottaa ilmavuotojen ja rakenteiden kylmäsiltojen aiheuttama paikallinen jäähtyminen. Merkittävimmät ilmavuotokohdat on pyrittävä tiivistämään ja rakenteelliset kylmäsiltojen kohdat voivat paljastaa rakenteen kohdan, jossa lämmöneristys ei toimi halutulla tavalla.

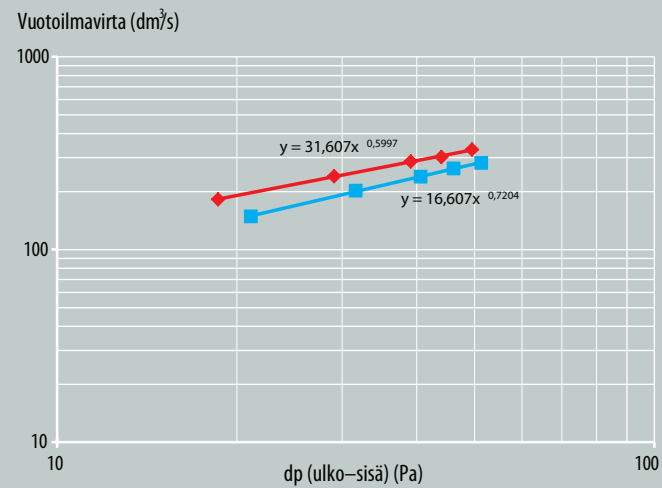
Uudisrakennuksessa rakennusvaipan ilmavuotoluku q_{50} saa olla rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan enintään $4 \text{ (m}^3/(\text{h}/\text{m}^2))$. Vanhoissa rakennuksissa ilmavuotoluku on usein tätä suurempi. Siirrettävällä laitteella voidaan mitata kerralla esimerkiksi pienehkön, ilmatiiviydeltään uutta vastaavan kerrostalon rappukäytävän ja siihen rajoittuvien asuntojen ilmatiiviys.

Kuva 9 esittää ilmatiiviyden mittauslaitteiston asennettuna huoneiston rappukäytävän oviaukkoon ja mittauskohteen vuotofunktiot ali- ja ylipainekokeissa.

Kuva 10 esittää rinnakkain valokuvan seinien ja katon välisestä liitoksesta sekä lämpökuvat samasta kohtaa ilman alipainetta ja 50 Pa:n alipainetilanteessa. Alipainetilanteessa sisälle vuotava ulkoilma jäähtyy paikoin katon sisäpintaa ja tämä näkyy kuvassa sinisenä alueena. Tässä tapauksessa seinä- ja kattorakenteissa ei ollut merkittäviä rakenteellisia kylmäsiltoja.



Kuva 9. Ilmatiiviiden mittauksessa käytettävä Blower Door -tiiviydmittauslaitteisto sijoitetaan huoneistojen mittauksessa yleensä rappukäytävän oviaukkoon (vasemmalla). Oikealla mittauksista saatava kohteen vuotofunktiio.



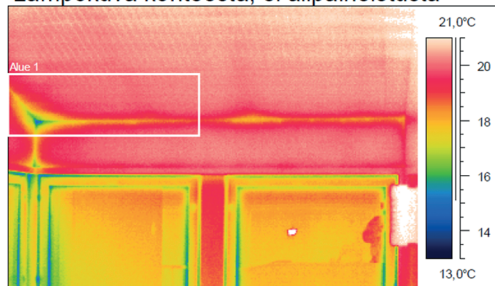
Kuva 10. Katon ja seinien välinen liitos. Ilmavuoto näkyy sinisenä, kun huonetilassa on 50 Pa:n alipaine ulkoilmaan nähden (Hekkanen et al. 2006).

Valokuva kohteesta



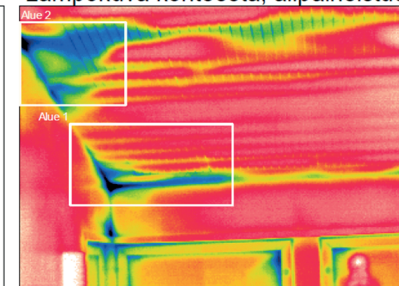
Ulkolämpötila	-2
Sisälämpötila	19
Paine-ero	Ei alip. ja -50 Pa
Tuuli	-
Pilvisyys	puolipilvinen

Lämpökuva kohteesta, ei alipaineistusta



Alue 1 : max	20,5 °C
Alue 1 : min	15,0 °C
Alue 1 : avg	19,5 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	0,81

Lämpökuva kohteesta, alipaineistus



Alue 1 : max	20,1 °C
Alue 1 : min	9,4 °C
Alue 1 : avg	18,2 °C
0.7-kriteerin lpt.	12,7 °C
Kriteeri (Alue 1)	

4.2.2 Asbestikartoitus

Vuoden 2016 alusta tuli voimaan laki (684/2015) eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista ja valtioneuvoston asetus (798/2015) asbestityön turvallisuudesta. Nämä korvaavat aiemman asbestilainsäädännön. Ennen vuotta 1994 rakennetuissa kiinteistöissä on käytetty asbestia sisältäviä materiaaleja, rakenteita ja laitteita. Kiinteistön omistaja vastaa siitä, että kiinteistöjen käyttö ja hoito voi tapahtua asbestin suhteen turvallisesti.

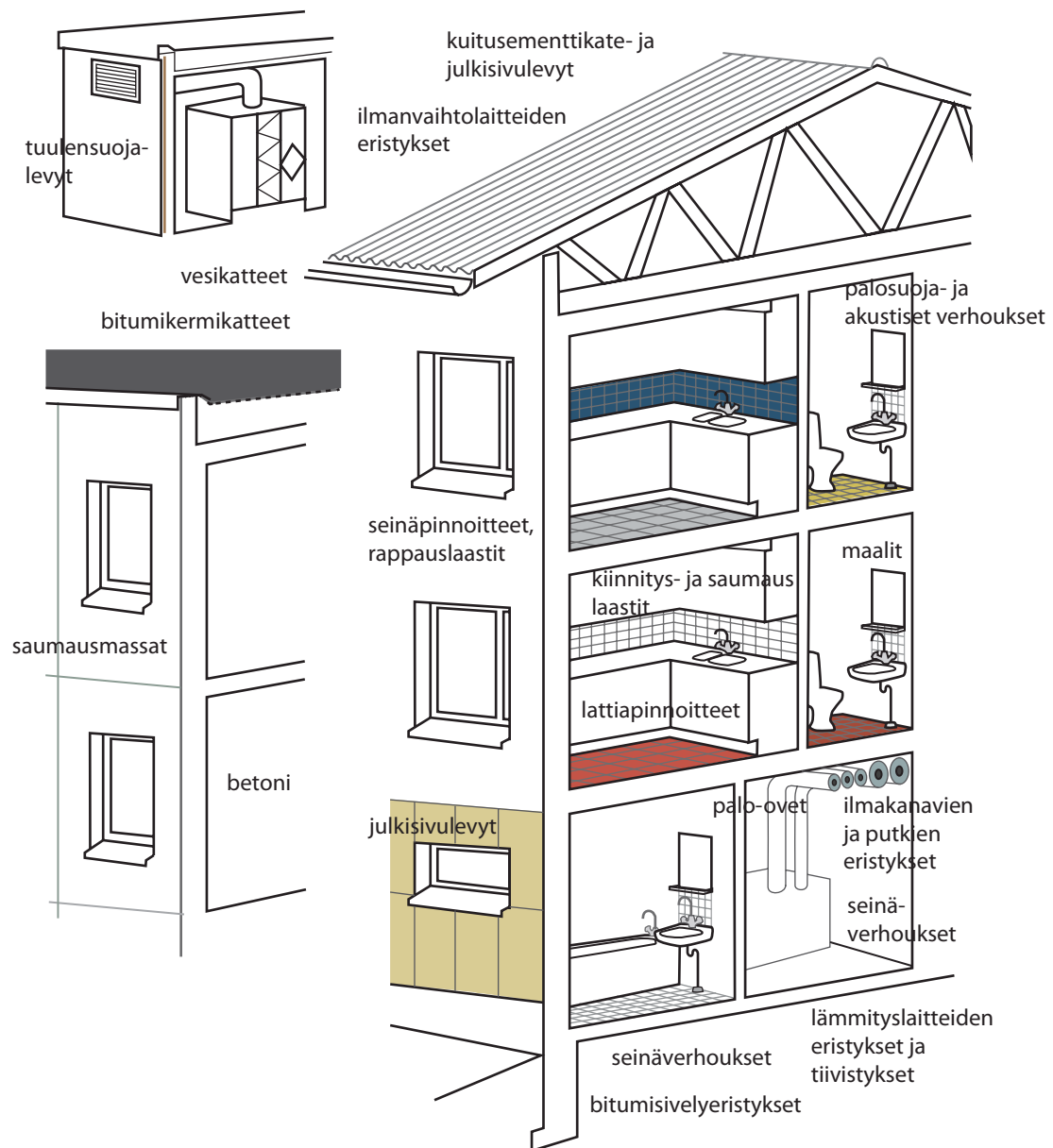
Asbestin käyttöä eri rakennuksen osissa on listattu kuvan muodossa eri ajanjaksoilla (kuva 11 ja kuva 12, KH 90-00181).

Asbestikartoituksesta kirjoitetaan raportti, joka määrittelee yksiselitteisesti, mitä on tutkittu sekä niiden pohjalta toimenpidesuositukset sekä kustannusarvion.

Asbestikartoitus ja -purku kuuluu aina teettää ammattilaisella. Asbestikartoituksen ohella rakennukselle voidaan tehdä yleisempi haitta-ainekartoitus.

Vuosikymmenet	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000...
Akustointi, palonsuojaus										
– ruiskutettuna										
– huokoisina levyinä										
Palonsuojaus, sähkölaitteet										
– pahvi, huopa, kartonki										
– palonsuojaus, tiivisteet										
– langat, punokset, nauhat, kankaat										
Eristysmassat										
– kattilat, putket, venttiilit										
Asbestisementti										
– vesi- ja viemäriputket										
– julkisivulevyt										
– kattolevyt										
– sisäverhouslevyt										
– ilmakeinavat										
Muovituotteet										
– lattialaatat										
– joustovinyylimatot										
– muovitapetit										
Bitumituotteet										
– katteet										
– liimat										
– emulsiot, kitit, maalit										
Muut tuotteet										
– magnesimassat										
– laattojen kiinnityslaastit										
– seinätaioitteet										
– julkisivumaalit										

Kuva 11. Asbestin käyttö rakentamisessa eri vuosina (KH 90-00618 2016).



Kuva 12. Asbestin käyttökohteita eri rakennusosissa eri vuosina (KH 90-00618 2016).

4.3 Korjausjärjestys

Korjausjärjestyksessä huomioitava reunaehdot ja kokonaistavoite.

Tässä tarkastelussa on lähtökohtana aina rakennusosakohtainen korjaus. Lähestymistapa asettaa vaatimukset korjattavan rakennusosan energiatehokkuuden parantamiselle, mutta samalla on syytä pitää mielessä kokonaistavoite, johon eri rakennusosien ja -järjestelmien tulevien korjausten on tarkoitus johtaa.

Eri järjestelmien soveltuvuus toimimaan kokonaisuutena ratkaisee lopputuloksen onnistumisen energiatehokkuuden osalta. Vielä tärkeämpää on varmistaa eri osakorjausten vaikutus rakennuksen muuhun toimintaan, erityisesti siihen, että sisäympäristön olosuhteet pysyvät hyvinä rakennuksen käyttäjien ja rakenteiden kannalta. Periaatteessa mitään korjausta rakennukseen ei tulisi tehdä ilman, että samalla varmistetaan toimenpiteen vaikutus rakennuksen toimintaan kokonaisuutena.

Tyypillisesti rakennusta korjataan siinä järjestyksessä, joka on määritetty PT -suunnitelmassa. Poikkeamia suunnitelmiin voi tulla esimerkiksi akuuttien vaurioiden takia tai kun tarkennetaan suunnitelman loppupään korjausten tärkeysjärjestystä.

Olennaista korjausjärjestyksessä on varmistaa, että kulloinkin tehtävä korjaus edesauttaa myös tulevia muita korjauksia. Lopullisena tavoitteena on käyttömukavuuden ja asumiskustannusten kannalta hyvin toimiva rakennus, jonka energiatehokkuus on hyvä.

Eri osakorjausten yhteydessä tulee arvioida rakennuksen toimivuus kokonaisuutena korjauksen jälkeen sekä korjausten asettamat vaatimukset muille rakenteille ja järjestelmille.

Esimerkiksi suunniteltaessa seinien korjaustapaa, vaikuttaa päätös lämmöneristystasosta seinien paksuuksiin, mikä voi edellyttää muutoksia katon räystäsrakenteissa tai nykyisten ja mahdollisesti uusittavien ikkunoiden sijoitteluun rakennuksen vaipassa. Salaojaremontin yhteydessä on samalla mahdollista parantaa perustusten lämmöneristystä ja routaeristystä. Eri tekijöiden keskinäiset vaikutukset on otettava huomioon arvioitaessa korjauksen tekotapaa ja korjausjärjestystä. Joskus järjestystä on syytä muuttaa tai yhdistää useampia korjauskohteita samaan remonttiin, jotta kokonaisuus saadaan mahdollisimman toimivaksi. Samalla kerralla tehdyt korjaukset voivat kokonaiskustannuksiltaan tulla edullisemmiksi kuin erikseen tehtyinä.

4.4 Remontin suunnittelu ja valvonta

Suunnitelmien toteutus on aina valvottava.

Asuntoyhtiön korjaushankkeen kulku on monivaiheinen prosessi, joka sisältää hankkeeseen valmistautumista päätöksentekoiheen sekä loppuvaiheessa jälkiseurantaa. Asuntoyhtiön korjaushankkeen kulku on esitetty kuvassa 13 (KH 90-00466 2010). Esimerkiksi asuntoyhtiön yhtiökokousten päätökset hankkeen toteutustavasta ja investoinnista, suunnittelijan, urakoitsijoiden ja valvojan kilpailutus sekä valinta vievät aikaa ja vaativat useita kokouksia ja asian valmistelua niihin (kts. kpl 4.1). Omakotitaloissa päätöksenteko on nopeampaa, mutta edellyttää onnistuakseen silti vastaavaa valmistelua.

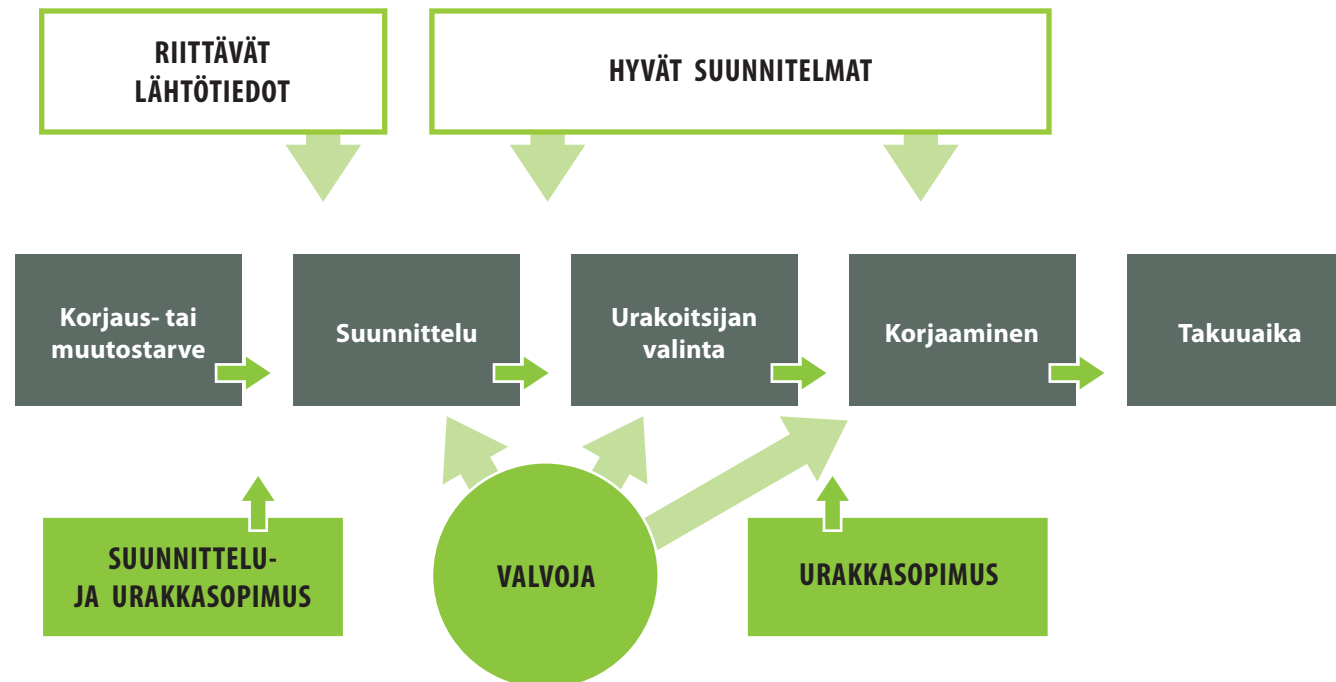
Isännöitsijä yleensä valvoo sopimuksen noudattamista, teknisen työn valvoja teknistä toteutusta.

Valvoja on hyvä ottaa mukaan jo suunnitteluvaiheessa ainakin suurissa remonteissa. Tällöin valvoja olisi mukana valitsemassa suunnittelijaa ja urakoitsijaa. Esimerkiksi FISEn sivuilta löytyy valvoja (www.fise.fi).

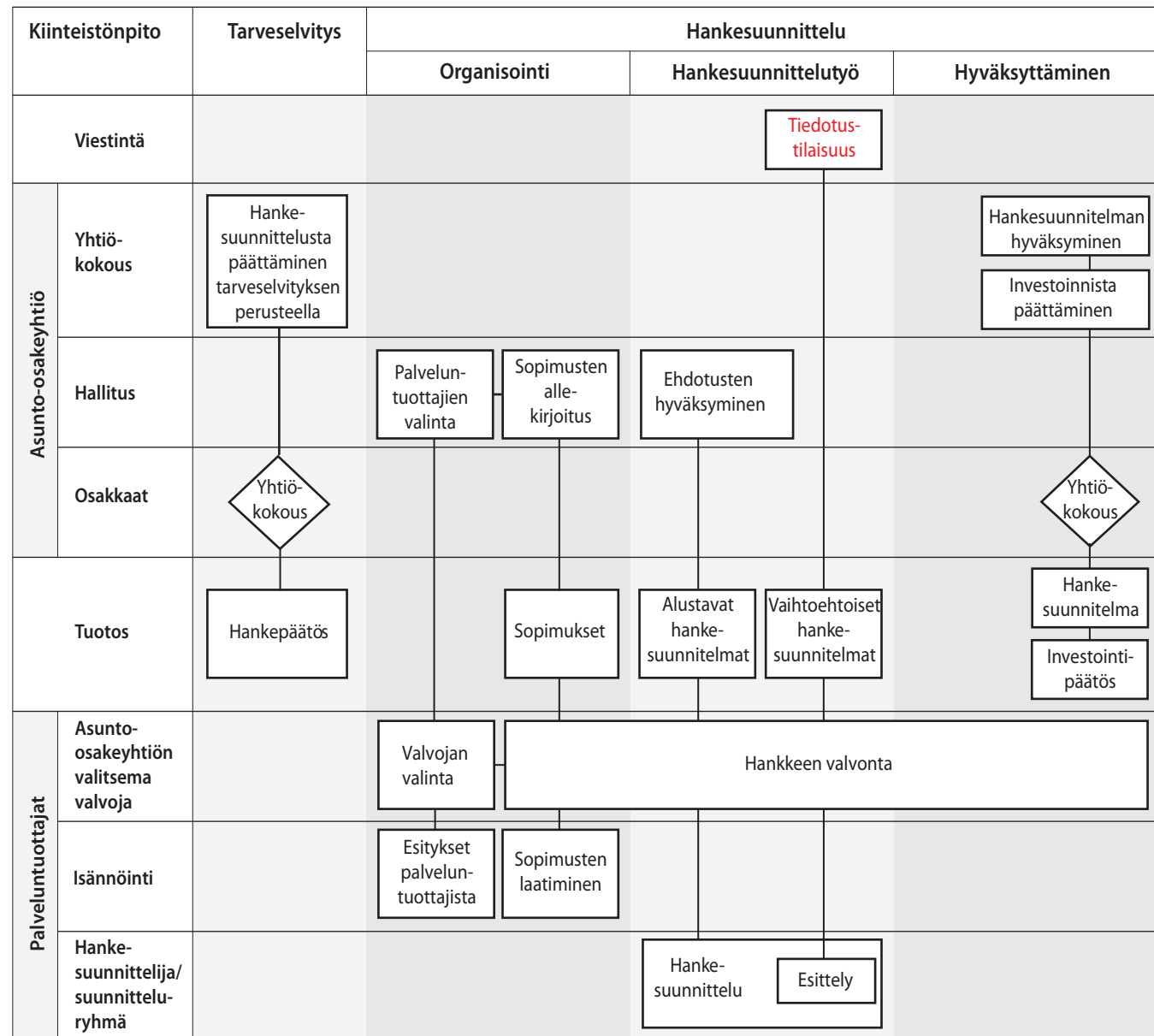


Kuva 13. Asuntoyhtiön korjaushankkeen kulku (kuten KH 90-00466 2010).

Korjaustyön hankinta edellyttää tarvittavien selvitysten teettämistä, jotta korjaustyön laajuus voidaan arvioida ja työlle asettaa tavoitteet. Korjaustyön organisointi riippuu valitusta työn toimitustavasta. Kerrostalon ilmastomuutos – KIMU -projektissa (Kimu 2011) tarkasteltiin korjaushankkeen toteutustapoja asunto-osaakeyhtiöiden kannalta. Yleensä taloyhtiöiden korjaushankkeet toteutetaan pääurakkamuotoisina, jolloin taloyhtiö siirtää vastuun hankkeen tehtävien suorittamisesta urakoitsijalle toteutussuunnittelun jälkeen. Tällöin suunnittelu ja rakentaminen ostetaan erillisillä sopimuksilla. Pääurakkamuodon heikkoutena on muun muassa sen monivaiheisuus, joka altistaa korjaushankkeen useille riskeille. Pääurakkamuotoisessa toteutustavassa suunnittelija ei yleensä tiedä tulevaa urakoitsijaa eikä voi hyödyntää urakoitsijan kustannustietoutta ja tuotantotapoja. Pääurakkamuodon etuna on kuitenkin urakkamuodon tunnettuus muihin urakamuotoihin verrattuna. Korjaushankkeen toteutustapa eli urakkamuoto määräytyy yleensä sen perusteella, siirtääkö rakennuttaja hankkeen tehtävien suoritusvastuun urakoitsijalle hankesuunnitteluvaiheessa, sen jälkeen vai toteutussuunnittelun jälkeen. Kuva 14 esittää periaatepiirroksena (Kiinteistöliitto 2011) pääurakkamuotoisen hankkeen periaatteelliset vaiheet. Laadukas tarjouspyyntö tuottaa laadukkaita tarjouksia.



Kuva 14. Esimerkki pääurakkamuotoisesta hankkeesta, jossa suunnittelu ja urakointi hankitaan erillisillä sopimuksilla.



Kuva 15. Esimerkki asunto-osakeyhtiön korjaushankkeen hankesuunnittelun osapuolien tehtävistä eri vaiheissa (mukaillen KH 90-00593 2016).

4.5 Viranomaisohjaus

Korjausrakentamiseen kohdistuu useita vaatimuksia.

Rakentamismääräysten ja rakennuslain lisäksi rakennukselle kohdistuu eri kaupungeissa omia ohjeita. Kunnalliset ohjeet saa selville kysymällä rakennusvalvonnasta. Useilla Suomen kunnilla on myös rakennusvalvonnan nettisivut, joista löytyy paikkakuntaa koskeva ohjeistus ja kaavamääräykset.

Suunnittelijan otettava huomioon:

- Kaupunkijulkisivun vaatimukset
- Asemakaavan ja rakennussuojelun vaatimukset
- Melualueet
- Muut viranomaisvaatimukset.

4.6 Aikataulutus

Varaa riittävästi aikaa!

Korjausrakentamishankkeelle tulee varata riittävästi aikaa, ei ainoastaan rakentamiseen vaan koko päätöksentekoprosessiin. Tätä on esitetty hankesuunnittelukappaleessa 4.4.

Kuva 16. Hankesuunnittelu on osa rakennushanketta (Kuten KH 90-00593 2016).



4.7 Korjaustoimenpiteiden käyttöikä

Korjatun rakennuksen käyttöikä voi alkaa alusta.

Ohjekortissa Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset (RT 18-19022, 2008) esitetään eri rakennuksen osille käyttöikäarvioita eri rasitusluokissa sekä huolto- ja tarkastusvälejä.

Esimerkki 1 Tiiliverhouksen oletetaan kestävän rakennuksen eliniän rasitusluokassa 1 ja 2 mutta vain 50 vuotta rasitusluokassa 3. Tämä edellyttää tarkistusta 5 vuoden välein ja saumojen korjausta 25 vuoden välein.

Esimerkki 2 Pinnoittamattomalle julkisivubetonille esitetään 30, 40 tai 50 vuoden käyttöikää kun tarkastusväli on 5 vuotta ja saumojen uusiminen 15 vuoden välein.

Mikäli korjauksen yhteydessä uusitaan esimerkiksi julkisivumateriaali tai ikkunoita, käytetään korjauksessa uusituille osille RT 18-19022 2008 taulukkoa niin teknisen käyttöiän kuin huoltotarpeenkin osalta. Esimerkiksi ikkunapuitteiden vaihtuminen puusta alumiiniin pienentää huoltotarvetta oleellisesti.

4.8 Korjauksen onnistumisen varmistaminen

Varmista kuivaketju ja materiaalien sopivuus!

4.8.1 Rakentamisen aikainen kosteuden hallinta

Seuraavassa esitetään korjaustyömaan kosteudenhallinnan peruseriaatteet (Nieminen et al. 2013, Kuivaketju10).

Kuivaketju10 on toimintamalli, jolla pyritään estämään kosteusvaurioiden syntyminen kaikissa rakennusprosessin eri vaiheissa. Ajatuksena on riskilistan ja todentamisohjeen avulla esittää rakennusprosessin kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 % kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista. Suunnittelutyön aikana arkkitehti-, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelijat tarkentavat Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen kyseisen hankkeen erityispiirteisiin, millä varmistetaan kosteusriskien kokonaisvaltainen hallitseminen.

Jos Kuivaketju10 -toimintamallia päätetään seurata, kiinnitetään hankkeeseen kosteuskoordinaattori. Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa sovitaan toimintamallin noudattamisesta. Ohessa riskilista, jota voi soveltaa uudis- ja korjausrakentamisessa.

Kuivaketju10:n riskilista

1. Rakennuksen ulkopuolinen vesi voi vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita
2. Sadeveden tunkeutuminen
3. Vesikatteen ja aluskatteen vuodot
4. Ilmansulun vuodot ja kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin
5. Väärin mitoitettu tai säädetty ilmanvaihto
6. Putkirikot
7. Märkätilan huono toteutus
8. Betonin päällystäminen ennen sen riittävää kuivumista
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen
10. Huono ylläpito ja huolto.

Seuraavassa esitetään lisälämmöneristystyömaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisen peruseriaatteen. Samassa yhteydessä suunnitellaan myös sää- ja olosuhdesuojaus sekä materiaalien suojaus kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana (Nieminen et al. 2013).

Kosteudenhallintasuunnitelma on oleellinen osa projektin laadunvarmistusta (ks. esim. RATU S-1232, 2013 Rakennustyömaan sääsuojauksen). Suojauksen tavoitetaso on oltava osa tarjouspyyntöasiakirjoja. Suunnitelmassa määritetään urakoitsijan toimenpiteet ja seurantatavat, joilla hallitaan korjausrakentamisen kosteusriskejä. Rakennustyömaan kosteuden hallinnan tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa että korjattavat rakenteet pysyvät kuivina tai kuivuvat tavoitekosteustilaansa ilman aikatauluviivytyksiä sekä vähentää rakenteiden kuivatustarvetta ja materiaalihukkaa.

Kosteudenhallinta koostuu ennakkosuunnittelusta, työmaan toimenpiteistä, dokumentoinnista ja valvonnasta.

Kosteudenhallintasuunnitelma on pääurakoitsijan laatima projektikohtainen suunnitelma. Sivu-urakoitsijat ovat velvollisia osallistumaan suunnitelman laatimiseen. Suunnitelmaan tulee sisällyttää ainakin seuraavat asiat:

1. Kosteusriskien kartoitus
2. Kosteusmittausuunnitelma
3. Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu
4. Kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta.

Kosteusriskien kartoituksessa tarkastetaan kohteen rakennus- ja rakennesuunnitelmat ja kartoitetaan kosteusteknisesti kriittiset rakenteet, tuotteet ja materiaalit. Tavoitteena on selvittää, onko kohteessa sellaisia rakenneratkaisuja, joilla on vaikutusta lisälämmöneristystyön toteutukseen ja mahdollisiin kosteusriskeihin. Samalla voidaan eliminoida mahdolliset rakennusfysikaaliset suunnitteluvirheet. Kosteudenhallintasuunnitelmassa yleisesti huomioitavia kohtia ovat (Kuva 17) muun muassa:

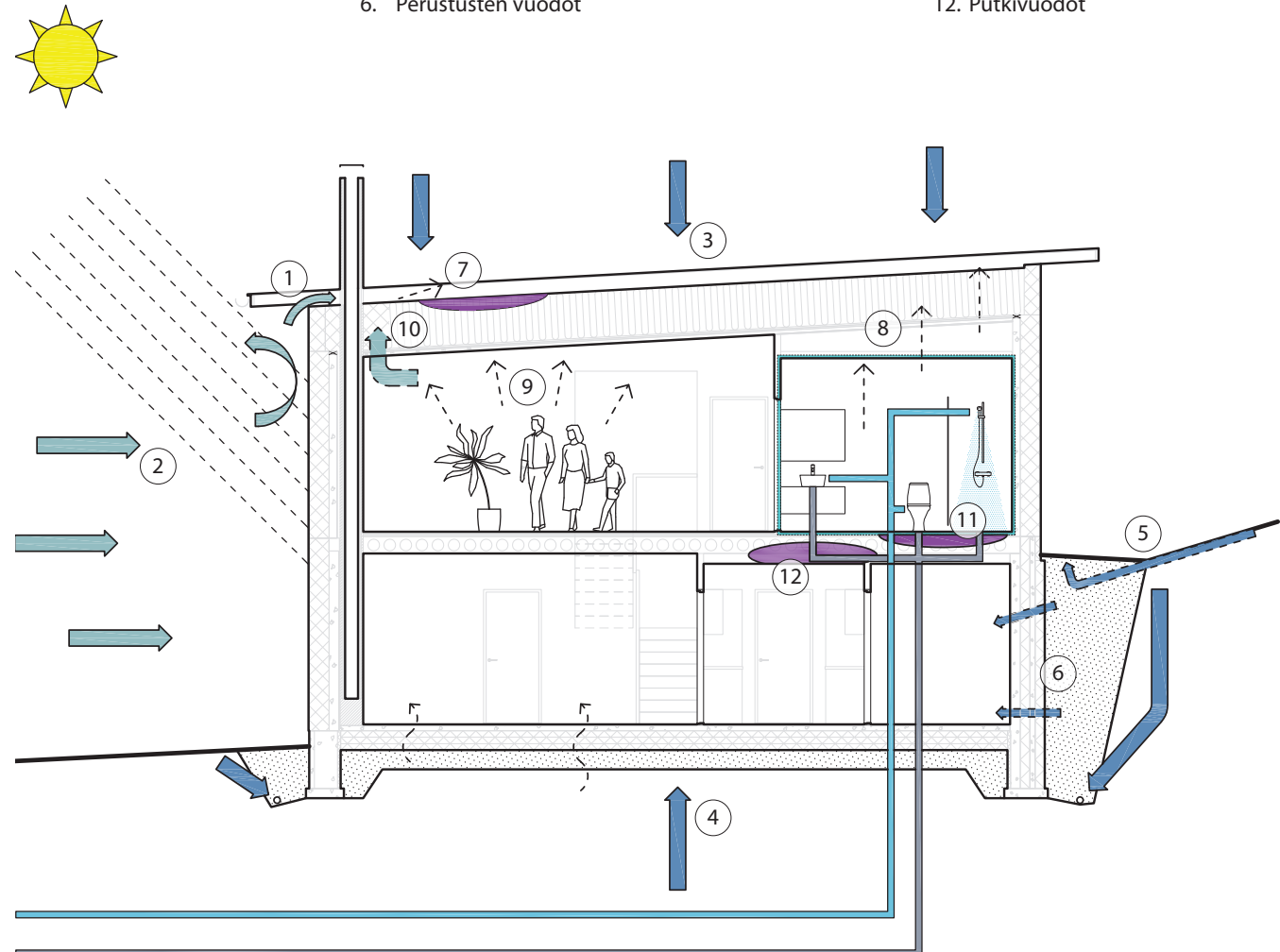
- Pintavesien ohjaaminen ja poisjohtaminen
- Salaojitus
- Perustusrakenteet
- Alapohjarakenteet
- Maanpaineseinät
- Julkisivut ja niiden detaljirakenteet
- Parvekkeiden rakennedetaljit ja liitokset
- Vesikatot, rännit
- Pihakannet
- Märkätilat
- Vesijohdot ja viemärit.

Rakennesuunnitelmien tavoitteena on estää liiallisen kosteuden pääsy rakenteisiin. Suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon myös ylimääräisen kosteuden poistumistiet ja rakenteiden kuivattamisen mahdollisuus. Kartoituksessa kootaan luettelo kosteusteknisesti kriittisistä ja riskialttiista rakenteista, joiden suunnitteluun ja toteutukseen työmaalla voi liittyä kosteusteknisiä ongelmia tai joissa myöhemmin on riski kosteusvaurioiden synnylle.

Rakennusmateriaalit ja rakenteet voivat sisältää rakennuskosteutta eli valmistuksen jäljiltä materiaaliin jäänyttä kosteutta. Materiaalien kosteustaso ei kuitenkaan saa kasvaa varastoinnin, kuljetuksen ja asennustöiden aikana.

Tarvittaessa liika alkukosteus on kuivattava ennen korjausta. Jos liika kosteus on aiheuttanut vaurioita, on vauriot ja niihin johtaneet syyt korjattava. Kastuessaan materiaalien kosteus voi huomattavasti ylittää turvallisen tason. Hetkellinen kastuminen ei välttämättä johda materiaalin vaurioitumiseen. Liika kosteus tulee kuivata materiaaleista ennen rakenteen korjausta, ja jos niihin on syntynyt pysyviä vaurioita tai homeen kasvua, on materiaalit vaihdettava. Korjatun rakenteen kuivumiskyvyn tulee vastata jäljellä olevan ylimääräisen kosteuden ja rakenteen kautta sisäilmasta tulevan kosteuden edellyttämää kuivumiskykyä.

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Ilmavirtausten kuljettama vesi ja lumi | 7. Kondenssi pintoihin |
| 2. Viistosade ja veden tunkeutuminen rakenteisiin | 8. Vesihöyryn diffuusio |
| 3. Kattovuodot | 9. Sisäilman kosteuskuormat |
| 4. Maaperän kosteus, kapillaarikatko ei toimi | 10. Ilmavuotojen kuljettama kosteus |
| 5. Valumavedet | 11. Vedeneristyksen vaurio |
| 6. Perustusten vuodot | 12. Putkivuodot |



Kuva 17. Rakennukseen kohdistuvat kosteusrasitukset.

Kosteuden vaikutukset rakenteisiin ja materiaaleihin riippuvat materiaalien ja rakenteiden kosteudenkestävyydestä ja kuivumisominaisuuksista. Suurimmasta osasta rakenteita normaali rakennuskosteus kuivuu aiheuttamatta rakenteelle tai sen ympäristölle ongelmia. Lisäksi on muistettava, että osassa materiaaleja on aina ylimääräistä alkukosteutta, joka voidaan kuivata rakenteista haittaa aiheuttamatta ottamalla huomioon rakenteen pintakerrokset, riittävät kuivausajat ja olosuhteet. Tällaisia ylimääräistä kosteutta sisältäviä materiaaleja ovat esimerkiksi betoni ja ruiskupuhallettu puukuitueriste.

Kosteudenmittaussuunnitelman tarkoituksena on varmistaa, että korjattavaan tai säilytettävään rakenteeseen ei jää haitallista kosteutta. Suunnitelmassa esitetään mittausaikataulu ja mittauspisteet. Kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee myös esittää hyväksyttävät kosteustasot ja mittausmenetelmä.

Työmaalla olevat rakennusmateriaalit tulee suojata asianmukaisesti myös maakosteudelta, kuten esimerkiksi huolehtimalla riittävästä tuuletuksesta ja eristämällä rakennusmateriaalit maasta, jotta kosteus ei pääse nousemaan maasta rakennusmateriaaleihin.

Työmaaosuhteiden hallinnan suunnittelun tarkoituksena on määritellä toimenpiteet, joilla estetään rakenteiden ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen kastuminen sekä luodaan kohteeseen optimaaliset olosuhteet alkuperäisten rakenteiden kuivattamiseksi. Kosteudenhallinta edellyttää rakenteiden ja materiaalien sääsuojauksen toteutusta ja tarvittaessa rakenteiden kuivatuksen järjestämistä ja kuivatuksen onnistumisen todentamista ennen rakenteiden pinnoitusta.

Jos rakennuksessa on ollut kosteusvaurioita tai kosteustasot ovat tunnetusti korkeat, tulee niiden syyt selvittää ja poistaa ja kuivata rakenteet korjauksen edellyttämään tasoon.

Kosteudenhallinnan organisointi, seuranta ja valvonta ovat osa pääurakoitsijan laadunvarmistussuunnitelmaa. Sopimusasiakirjoissa sovitaan eri osapuolten tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta. Kosteudenhallinta perustuu rakennuksesta tehtyyn kosteusriskien kartoitukseen sekä korjauskohteessa käytettävien tuoteratkaisujen asentamisesta annettuihin ohjeisiin suositeltavine asennusolosuhteineen. Kosteudenhallinta edellyttää dokumentointia poikkeusolosuhteista, vesivahingoista, kosteudenmittausten tuloksista sekä poikkeamista työmaa-aikataulusta ja tehdyistä suunnitelmista. Eri-tyisen tärkeää on työmaan henkilökunnan ohjeistus ja perehdyttäminen vesivahingon varalta: miten toimia heti kun havaitaan vesivahinko tai sen riski, esimerkiksi puute sääsuojauksessa.

Korjausrakentaminen on toteutettavissa ilman kosteusongelmia

- Valvoja otetaan mukaan jo suunnitteluvaiheessa
- Vastuu rakentamisaikaisen kosteudenhallinnan valvonnasta ulkoistetaan suunnittelijalle tai valvojalle
- Kosteudenhallintasuunnitelman toteutuksen vastuuhenkilön nimeäminen toteutukseen osallistuvasta organisaatiosta
- Kuivaketju10:n periaatteiden noudattaminen
- Kuljetus, varastointi, asennus, suojaus, kuivumisen varmistus.

4.8.2 Materiaalien yhteensopivuus

Kahden, keskenään yhteensopimattoman materiaalin ollessa kosketuksissa suoraan tai väliaineen kautta toisiinsa, jompikumpi tai molemmat materiaalit voivat turmeltua ja lisäksi materiaaleista mahdollisesti vapautuvat aineet voivat vaurioittaa myös muita materiaaleja. Ongelmia eri materiaalien välillä voi aiheutua esimerkiksi:

- kemiallisesti
- sähkökemiallisesti
- kosteusteknisesti
- lämpölaajenemisen perusteella.

Kemiallinen yhteensopimattomuus aiheutuu siitä, että materiaalissa olevat ainesosat reagoivat kemiallisesti toisen materiaalin kanssa. Esimerkkinä tällaisesta on saumausmassan pehmittimen reagoiminen toisen materiaalin tai sen maalipinnan kanssa. Tätä ainesosaa voi myös siirtyä toiseen materiaaliin, jolloin kyseessä on migraatio. Lopputuloksena on yleensä molempien materiaalien vaurioituminen tai ainakin ominaisuuksien heikkeneminen.

Sähkökemiallinen yhteensopimattomuus johtuu erilaisten metallien sähkökemiallisista ominaisuuksista tai metallin joutumisesta syövyttävään ympäristöön. Tyypillinen esimerkki on raudan ruostuminen joutuessaan hapettavaan ympäristöön. Kun kaksi metallia on kosketuksissa toisiinsa, rajapinnassa voi tapahtua epäjalomman metallin syöpymistä. Syöpyminen edellyttää kosteutta rajapinnassa. Kuivissa olosuhteissa, kuten asuinhuoneissa, syöpyminen on erittäin hidasta.

Kosteustekninen yhteensopimattomuus johtuu tyypillisesti materiaalien erilaisista kapillaarisista ominaisuuksista sekä tasapainokosteuksien ja kriittisten kosteuspitoisuuksien eroista. Materiaali, jonka kapillaarinen nousukorkeus on suurempi, imee kosteutta siihen kosketuksissa olevasta materiaalista, jonka kapillaarinen nousukorkeus on pienempi. Liiallinen kosteus voi aiheuttaa materiaalissa mm. lahoa, homehtumista ja pakkasvaurioita. Tyypillinen tällainen materiaalipari, joiden ei pitäisi olla kosteissa oloissa suorassa kosketuksissa keskenään, on betoni ja puutavara. Betoniin kosketuksissa oleva puutavara saattaa imeä niin paljon kosteutta, että se homehtuu tai lahoaa. Mikäli puutavara ja betoni ovat kosketuksissa, kosteuden siirtymistä voidaan estää näiden väliin tulevilla vedeneristysmateriaaleilla. Betonisokkelin ja seinän alajuoksu-puun välillä käytetään vedeneristykseenä tyypillisesti bitumihuopakaistaa.

Myös seinän julkisivupinnoitteilla ja alusrakenteilla voi olla yhteensopivuusongelmia, jotka aiheuttavat pinnoitteessa tai alusrakenteessa pakkasvaurioita.

Materiaalien kostuminen ja kuivuminen aiheuttaa erityisesti orgaanisissa rakennusmateriaaleissa (esimerkiksi puutavara ja puupohjaiset tuotteet) kosteusliikkeitä, jotka voivat rasittaa näihin materiaaleihin kosketuksissa olevia muita materiaaleja ja kiinnikkeitä.

Lämpöliikkeiden aiheuttama yhteensopimattomuus toisiinsa eli kiinteästi yhteydessä olevien materiaalien erilainen lämpeneminen ja lämpölaajeneminen voi aiheuttaa materiaalien tai rakennusosien muodonmuutoksia tai rikkoutumista. Ongelma on suurin, jos eri materiaalien lämpöpitenemiskertoimilla on suuri ero. Tyypillisesti muovipohjaisilla materiaaleilla on noin kymmenkertainen lämpölaajenemiskerroin muihin materiaaleihin verrattuna. Liitos lämpölaajenemiskertoimiltaan hyvin erilaisten materiaalien välillä tulee olla sellainen, että se mahdollistaa lämpöliikkeet, jos materiaalit joutuvat alttiiksi suurille lämpötilavaihteluille.

5. Rakennuksen kokonaistoimivuus

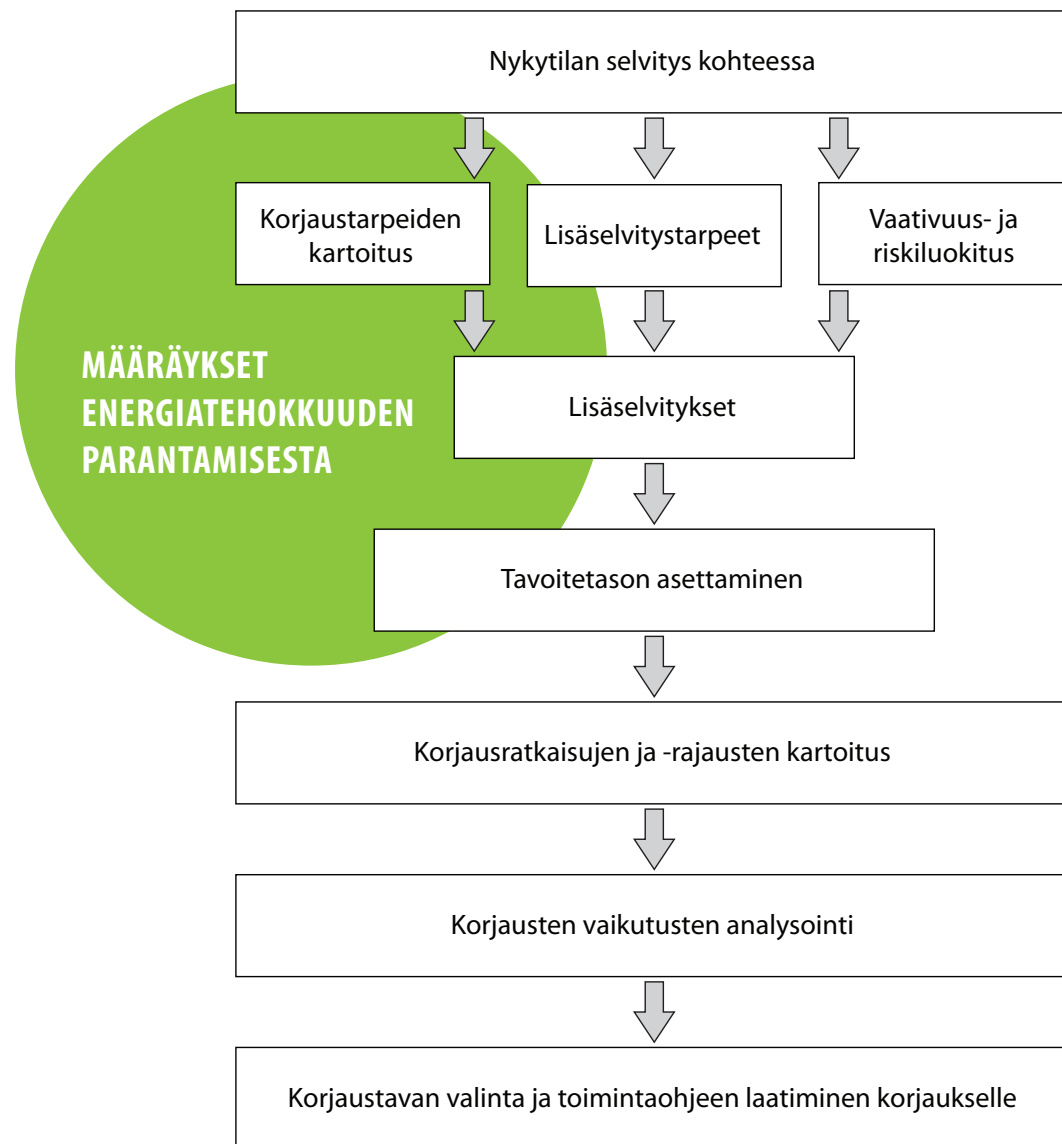
Kaikissa korjauksissa on otettava huomioon rakennuksen kokonaistoimivuus. Tällä tarkoitetaan rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien muodostaman kokonaisuuden toimivuutta ja niiden tuottaman sisäympäristön laatua. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä. Tavoitteena on parantaa rakennuksen rakenteiden ja järjestelmien toimivuutta. Energiatohokkuuden parantaminen merkitsee aiempaa parempia olosuhteita, jotka tuotetaan aiempaa pienemmällä energiamäärällä.

5.1 Hyvä sisäympäristö

Toimiva rakennus takaa terveellisen ja turvallisen sisäympäristön.

Hyvästä sisäympäristöstä, sen terveydellisistä oloista ja rakennukseen liittyvistä kuntotutkimuksista on tehty kattava julkaisu (toim. Pitkäranta 2016). Rakennusten sekä asuin- ja työtilojen terveydellisistä oloista säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999, MRL), terveydensuojelulaissa (763/1994, Tsl) ja työturvallisuuslaissa (738/2002) sekä lakien nojalla annetuissa asetuksissa ja määräyksissä ja näitä selventävissä alemmissa ohjeissa. Julkaisussa korostetaan asiantuntijoiden merkitystä sisäympäristön ongelmien syiden selvityksessä ja korjausten suunnittelussa. Lisäksi julkaisussa on kattavasti esitetty kunto- ja sisäilmatutkimusten menetelmät, niiden soveltuvuus eri tapauksiin ja niiden tekijöiltä edellytettävä osaaminen.

Olennaista on määrittää rakennuksen kunto ennen remonttia: Mitä ongelmia on esiintynyt, ja onko niiden syyt selvitetty riittävän hyvin. Usein lähtötilanteen selvitys edellyttää uusien kuntotutkimusten teettämistä rakenteille ja järjestelmille sekä mahdollisia sisäilmaselvityksiä. Vasta kun lähtötilanne on riittävän hyvin selvillä, voidaan rakennuksen korjauksessa edetä turvallisesti ja tehdä tarvittavat korjaukset. Kuva 17 esittää korjaushankeen etenemisen (Ojanen et al. 2013) suunnitteluvaiheessa.



**KRIITTISET
TEKIJÄT**

Kuva 18. Korjaushankkeen onnistumisen edellytys on riittävän tarkan alkuselvityksen tekeminen korjattavasta kohteesta (Ojanen et al. 2013).

5.2 Rakennusvaippa

Rakennusvaippa on enemmän kuin pelkkä kuori.

Rakenteiden lisäeristäminen korjauksen yhteydessä tuo parantuneen energiatehokkuuden lisäksi muita hyötyjä. Rakenteiden sisäpintojen lämpötilat pysyvät aiempaa lähempänä sisäilman lämpötilaa, mikä parantaa termistä viihtyisyyttä. Korjatut rakenteet ovat tyypillisesti vanhoja ilmatiiviimmät, mikä vähentää hallitsematonta vetoa rakenteiden kautta. Uudet, yhtenäiset materiaalikerrokset ja vähentyneet ilmavuotoreitit parantavat rakenteen akustisia ominaisuuksia, rakenteiden kyky vaimentaa ääntä parantuu.

Rakenteiden muutostyöt mahdollistavat koko rakennuksen yleisilmeen parantamisen. Uusitut julkisivut ja ikkunat, ikkunoiden sijoittelu syvyys suunnassa, katto- ja räystäsrakenteet, värit, ulkovalaistus jne. vaikuttavat koko rakennuksen ulkonäköön. Tämä mahdollisuus olisi hyödynnettävä samoin kuin energiatehokkuuden parantaminen. Usein on hyvä käyttää asiantuntija-apua varmistamaan hyvin suunniteltu lopputulos, vaikka eri osien korjaukset tehtäisiinkin eri aikoina. Rakennuksen ulkonäöllä on vaikutusta kiinteistön arvoon ja sen kunto viestii hyvästä kiinteistön ylläpidosta.

5.2.1 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus

Korjausrakentamisessa suunnittelu lähtee olemassa olevasta rakenteesta, eikä kaikkiin tapauksiin yleispäteviä korjaustapoja voida esittää. Luvun 6 tapaukset kuvaavat tyypillisesti hyviksi havaittuja rakenteiden lisälämmöneristysten periaateratkaisuja. Niiden soveltuvuus on aina erikseen selvítettävä tapauskohtaisesti. Tämän selvityksessä ja korjauksen suunnittelussa tarvitaan asiantuntija-apua.

Tässä esitetään muutamia hyväksi havaittuja kosteusteknisen toimivuuden periaatteita.

Ulkopuolinen lisäeristys parantaa rakenteen sisäpuolisten kerrosten kosteusteknistä toimintaa, pienentää vanhan rakenteen kylmäsiltojen merkitystä, tasoittaa sisäpinnan lämpötilatasoja ja samalla uusi ulkokerros suojaa vanhaa rakenneosaa sään rasituksilta. Edellytyksenä on mm. rakenteen uuden ulkokerroksen riittävä kuivumiskyky.

Rakenteen tuuletus parantaa kosteuden poistumista rakenteesta. Tuuletus ei ole kaikissa tapauksissa välttämätön. Kosteustekninen toimivuus riippuu rakenteen eri kerrosten ominaisuuksista, mm. vesihöyryn läpäisevyydestä ja siitä aiheutuvista kosteusvirroista.

Hyvä lämmöneristystaso ei aiheuta kosteusongelmia (Vainio & Nippala 2016). Tarkastelun otokseen oli kerätty tiedot 431 kosteusvauriosta. Tarkasteluaineistosta ei löytynyt yhtään tapausta, jossa rakennuksen hyvä lämmöneristystaso olisi aiheuttanut kosteusvaurion tai myötävaikuttanut sen syntyyn. Kosteusongelmien syyt ovat rakenteen muissa ominaisuuksissa, eikä hyvä lämmöneristystaso olennaisesti pienennä esimerkiksi rakenteen kuivumiskykyä (Ojanen et al. 2016). Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden ei pidä perustua lämpöhäviöihin rakenteen läpi.

Korjausrakentamisessa on kuitenkin kiinnitettävä erityinen huomio korjattavan rakenteen tilanteeseen ja ominaisuuksiin. Jos rakenteen ilman- tai vesihöyrynläpäisevyys aiheuttaa suuria kosteuskuormia rakenteeseen, tai se on kastunut, on nämä asiat korjattava ennen muita korjauksia. Lisäeristäminen ei ole ratkaisu muista syistä johtuviin kosteusongelmiin.

5.3 Ilmanvaihdon varmistaminen suunnittelussa ja toteutuksessa

Ilmanvaihto on aina varmistettava.

Rakennuksen eri osissa on aina oltava käyttötarkoituksen mukainen ilmanvaihto. Erityisesti korjausten yhteydessä rakenteiden ilmatiiviys yleensä parantuu ilman erityisiä toimenpiteitä. Tämä ilmatiiveyden lisääntyminen ei välttämättä ole riittävä takaamaan hallittuja paineoloja ja ilmanvaihtoa. Ilmatiiveyden parantamiseksi on usein tehtävä suunnitelmallista eri rakenneosien ja niiden detaljien tiiveyden parantamista.

Joka tapauksessa ilmatiiveyden muutos vaikuttaa paineoloihin ja ilmanvaihtoon rakennuksessa. Siksi on aina varmistettava, että kaikkiin huonetiloihin saadaan riittävä korvausilmamäärä. Usein on syytä asentaa erilliset korvausilmaventtiilit, joilla tämä voidaan varmistaa ja parantaa korvausilman vedotonta virtausta sisäilmaan. Uusissa ikkunoissa voi korvausilmaventtiilit olla valmiina tai niihin voi liittyä muita ilmanvaihtoratkaisuja. Tulo- ja poistoilmajärjestelmien asennuksen yhteydessä urakkaan on aina sisällytettävä ilmamäärien säädettyjen arvojen todentaminen mittaamalla suunnitelmien mukaisiksi.

5.4 Auringonsäteilyn huomioon ottaminen

Auringonsäteily on rakennusten suurin lämpökuorma.

Rakennusten sisälle tulee auringon lämpöä ikkunoiden ja muiden lasirakenteiden kautta lämpösäteilynä ja muiden rakennusosien läpi johtumalla. Heikosti lämmöneristetyillä rakennusosilla, kuten yläpohja- ja seinärakenteilla, voi myös olla merkittävä vaikutus huonetilojen kesäaikaiseen liikalämpenemiseen erityisesti pientaloissa.

Lämpö tulee ikkunoiden läpi välittömästi sisään auringon paistaessa, mutta seinä- ja kattorakenteiden läpi se tulee viiveellä. Viive on sitä suurempi, mitä suurempi on rakenteiden lämpökapasiteetti (massiivisuus). Lämmöneristetyillä puurakenteilla lämpökapasiteetti on tyypillisesti pienin, ja kivi- tai betonirakenteilla kapasiteetti on suurin.

Rakenteiden lämmöneristävyys vaikuttaa seinien ja katon läpi tulevan lämpöenergian määrään, joten hyvin eristetyillä rakenteilla voidaan vähentää liikalämpenemistä. Koska lämpöä tulee huonetilaan myös ulkoseinien ja yläpohjan kautta, sitä ei kuitenkaan voi jättää ottamatta huomioon huonetilojen tuuletuksen ja jäähdytyksen suunnittelussa. Seinä- ja kattorakenteiden kautta tuleva energia jakautuu pidemmälle ajalle kuin auringonpaiste, minkä vuoksi niiden kautta lämpöä tulee pidempään kuin ikkunoiden kautta. Viive rakenteiden läpi tapahtuvassa lämmönsiirrossa ulkoa sisätilaan päin pienentää jäähdytystarpeen kapasiteettia, mikä voi olla hyödyllinen lämmityskaudella: Ikkunoiden kautta saadaan päivän aikana lämpöä ja rakenteiden kautta viiveellä myöhemmin, kun aurinko ei enää suoraan lämmitä.

Ikkunoiden kautta tulevaa auringonsäteilyä voi torjua erilaisilla varjostusratkaisuilla ja kaihtimilla, joita on käsitelty tarkemmin luvussa "6.4.3 Aurinkosuojaus, varjostusratkaisut". Muun rakennusvaipan läpi tulevaa lämpöä pystytään torjumaan vain rakennusosien lämmöneristävyttä parantamalla.

Huonetilojen liikalämpenemistä voidaan ikkunoiden aurinkosuojauksen ja hyvin lämmöneristettyjen rakenteiden lisäksi vähentää tai estää ilmanvaihtoa tai tuuletuksa tehostamalla tai käyttämällä huonetilan jäähdytystä. Liikalämpenemiseen vaikuttavat lisäksi sisäiset kuormat laitteista ja valaistuksesta. Energiatehokkaat laite- ja valaistusratkaisut pienentävät olennaisesti sisäisiä kuormia. Luonnonvalon hyödyntäminen vähentää lisävalaistustarvetta.

Haasteena on yhdistää luonnonvalon hyödyntäminen, suojauksen liialta auringon säteilyenergialta lämmityskauden ulkopuolella ja kuitenkin käyttää aurinkoa passiivisesti lämmityskauden aikana lämmitystarpeen pienentämiseen. Ideaalista ratkaisua tähän ei ole, mutta luvussa 6.4.3 käsitellään esimerkiksi aktiivisia varjostusratkaisuja, joilla voidaan parantaa rakennuksen toimintaa eri olosuhteissa.

5.5 Lämmitysjärjestelmä

Ota huomioon pienentynyt lämmitystarve.

Rakenteiden lämmöneristystason parantaminen vaikuttaa rakennuksen lämmöntarpeeseen. Rakennuksen ja sen tilojen lämmitystarpeen määrittämisessä on otettava huomioon tarpeenmukainen ilmanvaihto, mikä saattaa olla suurempi kuin aiemmin toteutunut. Rakenteiden ja ilmanvaihtomäärien perusteella voidaan määrittää muuttunut lämmitystarve. On mahdollista, että koko järjestelmän kapasiteettitarve pienenee, mutta tilakohtaiset tarpeet muuttuvat.

Lämmitysjärjestelmältä edellytettävä kokonaiskapasiteetti ja lämmönjako, sen asetusarvot, säätö yms. voivat muuttua paljon, kun rakennusvaipan lämmöneristystä parannetaan. Tyypillisesti tarvittava kokonaiskapasiteetti ja huonekohtaisesti tarvittava lämmitystarve alenee. Tämä vaatii lämmönjakojärjestelmän perusasetusten uusimista, jotta pienentynyt energiantarve saadaan hyödynnettyä mahdollisimman hyvin.

Jos lämmitysjärjestelmää uusitaan rakenteellisten korjausten jälkeen, voi hyvin lämmöneristetyt rakennuksen lämmityksen tarve vähentyä huomattavasti, mikä tuo merkittäviä säästöjä järjestelmän remontin yhteydessä.

5.6 Langattomien puhelimien ja datayhteyksien toimivuus

Selvitä vaikutukset radiosignaalin kuuluvuuteen suunnittelun yhteydessä.

Korjauksen mahdolliset vaikutukset matkapuhelimien toimivuuteen ja radiosignaalin kuuluvuuteen sekä myös matkapuhelinten toivottu palvelutaso on syytä varmistaa etukäteen korjausta suunniteltaessa. Palveluja ja toimivuustasoja pohdittaessa voidaan hyödyntää myös korjattavan rakennuksen puhelin/dataverkkokaapelointeja.

Radiosignaalin kuuluvuuteen rakennuksessa vaikuttavat monet tekijät, kuten esimerkiksi linkkiasemien sijainti suhteessa rakennukseen, rakennuksen eri julkisivuihin ja rakennuksen aukkoihin, radiosignaalin taajuus, rakennuksen massoitus, muodot ja ikkunat, ympärillä olevat muut rakennukset ja maastoesteet sekä rakenteiden materiaalivalinnat. Tässä asiaa käsitellään rakennusvaipan kannalta.

Rakennusvaippa vaimentaa sisältä ulos ja ulkoa sisälle tapahtuvaa radioliikennettä. Massiivisuus ja metalliosat lisäävät vaimennusta, samoin signaalin lähetystaajuuden kasvaminen. Mitä alaisempi taajuus, sitä paremmin se läpäisee rakennuksen ulkovaipan rakenteita. Esimerkiksi tavanomaisiin radiolähetysten taajuuksiin nähden matkapuhelimien lähetystaajuus on 10–20 -kertainen. Lisäksi radiolähettimien tehot ovat lisäksi monikymmenkertaisia matkapuhelimien vastaaviin verrattuna, joten radiota voi kuunnella sielläkin, missä matkapuhelin toimii huonosti.

Matkapuhelimien kuuluvuuden ongelmia voi esiintyä erilaisissa tapauksissa. Ongelmia voi olla rakennuksissa, joiden vaipassa on käytetty laajalti voimakkaasti radiosignaaleja vaimentavia materiaaleja. Radiosignaalin kulkua vaimentavat paksu tiilinen tai betoninen ulkoseinä, metallipintainen lämmöneriste, ulkorappauksen metallinen verkko, alumiiniset ja selektiivilasiset ikkunat sekä metallinen vesikate. Kuuluvuusongelmia voi esiintyä kaikissa talotyypeissä, jos niiden ulkovaipassa ei ole riittävää reittiä radiosignaaleille ja tukiasema sijaitsee etäällä tai alueella on vain yksi tukiasema, joka sijaitsee epäedullisesti rakennukseen nähden. Rakennusten geometrialla on vaikutusta eli ongelmia voi olla runkosyvyydeltään laajoissa rakennuksissa, joissa on paljon jakavia rakenteita tai vähän aukotusta. Energiatehokkaiden ikkunoiden selektiivilaseissa on ohut metalli- tai metallioksidinen pinnoitekerros. Vanhoissa ikkunoissa lasit ovat pinnoittamattomia, joten ikkunoiden vaihto uusiin voi heikentää matkapuhelimien kuuluvuutta, jos myös muut rakennusosat läpäisevät huonosti radioaaltoja.

Korjauksen yhteydessä seinärakenteiden signaalinvaimennukseen voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoin tai tekemällä rakenteisiin alueita, jotka läpäisevät muita osia paremmin signaalia. Esimerkiksi ikkunan aukkoon voidaan sijoittaa radioaaltoja hyvin läpäisevä osa.

Matkapuhelimien toimivuutta rakennuksen sisällä on käsitelty tarkemmin seuraavissa julkaisuissa:

- Matkaviestinkuuluvuus rakennuksissa. RT 80-11252. 8 s. 2017.
- Matkaviestinverkon kuuluvuusongelmat matalaenergiarakennuksissa. Työryhmän raportti. www.lvm.fi/-/matkaviestinverkon-kuuluvuusongelmat-matalaenergiarakennuksissa-tyoryhman-raportti-810991
- Opas matkapuhelinverkkojen sisätilakuuluvuudesta. 2015. www.viestintavirasto.fi/attachments/Opas_matkapuhelinverkkojen_sisatilakuuluvuudesta_2015_11.pdf
- Suunnitteluohje. Matkapuhelimien kuuluvuus sisätiloissa – Energiatehokas uudis- ja korjausrakentaminen. www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/suunnitteluohje_matkapuhelimien_kuuluvuus.pdf

6. Rakennuksen ulkovaipan korjaus

Julkaisuissa (Nieminen et al. 2013 sekä Nieminen ja Virta 2016) esitetään 1950–70 -lukujen kerros- ja pientalojen eräiden tyyppillisten rakenneratkaisujen lisälämmöneristämisen periaatteet. Esitykset rajoittuvat ulkopuolelta tapahtuvaan lisälämmöneristämiseen. Esitetyt ratkaisut ovat periaateratkaisuja, jotka ovat toimivia monessa tapauksessa, mutta korjausratkaisun toimivuus eri kohteissa on kuitenkin aina erikseen varmistettava asiantuntijan kanssa. Mitään yleispäteviä, kaikissa tapauksissa toimivia korjausratkaisuja ei siis voida esittää.

Seuraavassa esitetään joitakin hyviksi havaittuja rakenteiden lisälämmöneristysten periaateratkaisuja. Monet ratkaisut on esitetty havainnollisesti Niemisen ja Virran (2016) julkaisussa. Luvuissa 6.1–6.5 tarkastellaan rakennuksen vaipan lämmöneristävyyden parantamista ja luvussa 6.6 ilman- ja sateenpitävyyttä eri rakennusosien liitosten osalta.

Tekstissä esitetään yritysten toimittamaa materiaalia esimerkkeinä korjaustavoista ja niiden vaikutuksista. Tiedot perustuvat pelkästään yrityksiltä saatuun aineistoon, eikä VTT ole todentanut esitettyjen säästöjen toteutumista tai muutakaan kohteisiin liittyvää tietoa. Samoin oppaan liitteissä B – E esitetyt tuotetiedot perustuvat yritysten toimittamaan aineistoon.

Korjausesimerkkeihin on lisätty soveltuvin osin yhteismitallisen, lämmitystarvelukuun perustuva arvio rakenteen remontin vaikutuksesta rakenteen vuotuisiin lämpöhäviöihin. Arvio perustuu kohteen sijainnin perusteella määritettyyn vuosien 1981–2010 keskimääräisten ulkolämpötilojen ja +17°C:n sisäilman lämpötilan perusteella laskettuun lämmitystarvelukuun. Tämän sisälämpötilan ylittävä taso tuotetaan oletuksen perusteella sisäisistä ilmaiskuormista, joten niiden osalta lämpöhäviöitä ei kohdisteta lämmitykseen.

6.1 Ulkoseinä

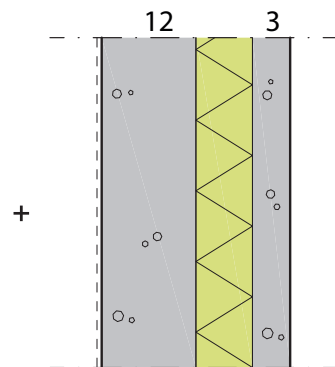
Lisälämmöneristys voidaan toteuttaa monin eri tavoin.

6.1.1 Ulkoseinätyypit

Kerrostalojen pääasialliset seinärakenteet tarkastelukaudella olivat betonisandwich-rakenne ja tiilimuurattu rakenne ja pientaloissa esimerkkirakenteeksi on valittu sahanpurueristeinen seinä (Nieminen et al. 2013).

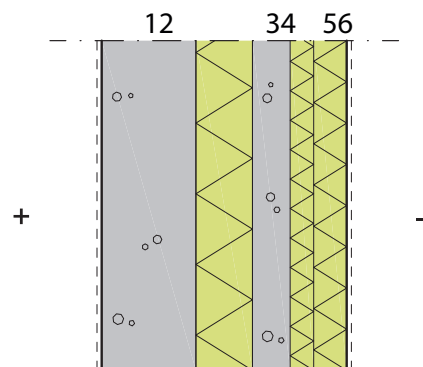
Betonisandwich-rakenteen lisäeristys

Korjauksessa vanha rakenne voidaan eristää ulkoapäin tai sen ulkokuori ja lämmöneristekerros puretaan ja vanhan sisäkuoren ulkopuolelle asennetaan uusi lämmöneristekerros (kuva 19).



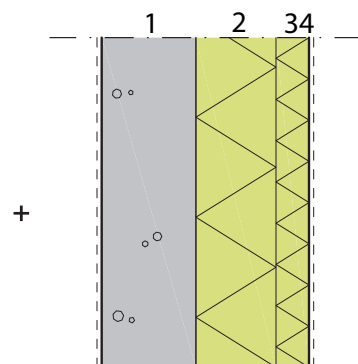
1	teräsbetonisisäkuori	200
2	lämmöneristys	120
3	teräsbetoniulkokuori	80

$$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$



1	teräsbetonisisäkuori	200
2	lämmöneristys	120
3	teräsbetoniulkokuori	80
4	lisälämmöneristys	50
5	rappauslevy	70
6	ohutrappaus	

$$U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$



1	teräsbetonisisäkuori	200
2	lämmöneristys	170
3	rappauslevy	70
4	ohutrappaus	

$$U = 0,13\text{--}0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Kuva 19. Yllä vanha korjattava betonisandwich-rakenne, keskellä ulkopuolelta lisäeristetty rakenne ja alla tapaus, jossa vanha ulkokuori ja eristys on poistettu ennen korjausta.

Eristerappaustapauksissa on tarkastelujen perusteella (Nieminen et al. 2013) ohutrappaus hyvä suojata kapillaarista veden tunkeutumista hidastavalla kerroksella, jos rappauksen omat ominaisuudet eivät ole tähän riittävät. Kolmikerrosrappausten erilaiset kerrokset rajoittavat yleensä kapillaarista kosteudensiirtoa riittävästi.

Kun korjauksessa poistetaan ulkokuori ja vanha eriste, joudutaan sisäkuoren ulkopintaa usein tasoittamaan. Pinnan tasointu saattaa edellyttää paikallista piikkausta ja tasoitusta ja usein tarvitaan lisäksi erillinen pehmeästä lämmöneristeestä tehtävä tasoituskerros uuden lämmöneristeen ja tasoitetun sisäkuoren väliin. Kuva 20 esittää seinää, jonka ulkokuori on purettu ja kuva 21 sen sisäkuoren ulkopinnasta.



Kuva 20. Betonisandwichseinä, josta ulkokuori on osittain purettu (kuva Kimmo Lyykangas).



Kuva 21. Sisempi betonikuori edellyttää usein tasoittamista ennen kuin uudet lämmöneristeet voidaan asentaa (kuva Kimmo Lylykangas).

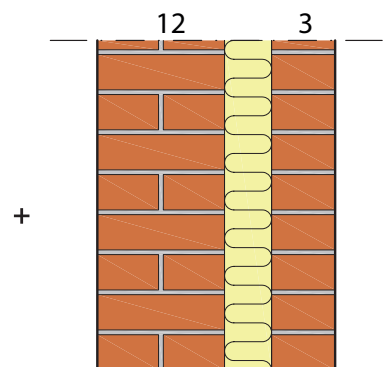
Tiiliseinän lisäeristys

Kuva 22 esittää korjattavan muuratun tiiliseinän ja kaksi erilaista korjaustapaa.

Tiilirakenteiden tapauksessa lämmöneristeen ulkopintaan tulevan rappauksen tulee olla riittävän hyvin vesihöyryä läpäisevä, jotta tiilimuurauksesta tuleva kosteus voi kuivua rakenteesta haittaa aiheuttamatta. Tässä tapauksessa tuuletettu rakenne parantaa kosteusteknistä toimivuutta. Tuuletus parantaa rakenteen kuivumiskykyä ja rajoittaa sadeveden tunkeutumista eristekerrokseen.

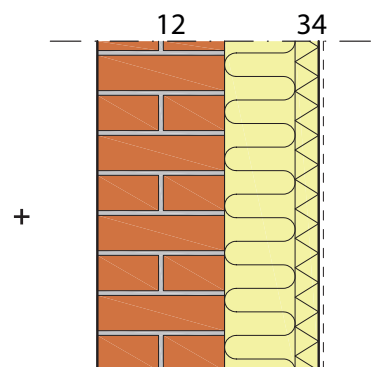
Esitettyjen tulosten perusteella kosteusteknisesti mahdollisimman turvallinen tuuletettu julkisivuratkaisu on sellainen, jossa julkisivuverhous katkaisee tehokkaasti säärasituksen, eikä siihen sitoudu merkittäviä määriä kosteutta, joka tulisi kuivata pois tuuletuksen avulla. Toimintavarmuutta parantaa, jos tuuletusraon viereiset materiaalit ovat mahdollisimman hyvin homehtumista vastustavia.

Erityisesti tiilirakenteiden tapauksessa on varmistettava, että rakenteen alkukosteus on riittävän alhainen (alle 80 % RH tasapainotilaa vastaava) ennen ulkopuolisen korjauksen tekemistä. Nopea kosteudensiirto tiilirakenteesta eristerappaukseen voi johtaa kosteuden pitkäaikaisiin, korkeisiin tasoihin eristeen ja rappauksen rajapinnalla.



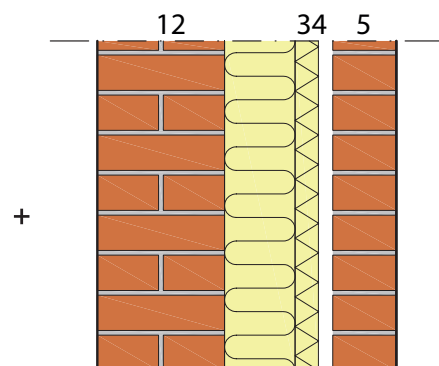
1	1-kiven tiiliseinä	270
2	lämmöneristys	100
3	tiiliverhous	135

$$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$



1	1-kiven tiiliseinä	270
2	lämmöneristys	150
3	rappauslevy	50
4	ohutrappaus	

$$U = 0,13-0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$



1	1-kiven tiiliseinä	270
2	lämmöneristys	150
3	tuulensulku	50
4	tuuletusrako	30
5	tiiliverhous	135

$$U = 0,13-0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Kuva 22. Yllä vanha korjattava lämmöneristetty ½-kiven tiiliseinä, keskellä tuuletumaton lisälämmöneristetty tiiliseinä, josta ulkoverhous ja vanha eriste on purettu ja korvattu uudella eristeellä ja ohutrappauksella. Alla on tapaus, jossa vanha julkisivu on purettu ja lisälämmöneristetty rakenne on verhottu uudella tuuletetulla tiilijulkisivulla.

Sahanpurueristeinen pientalon ulkoseinä

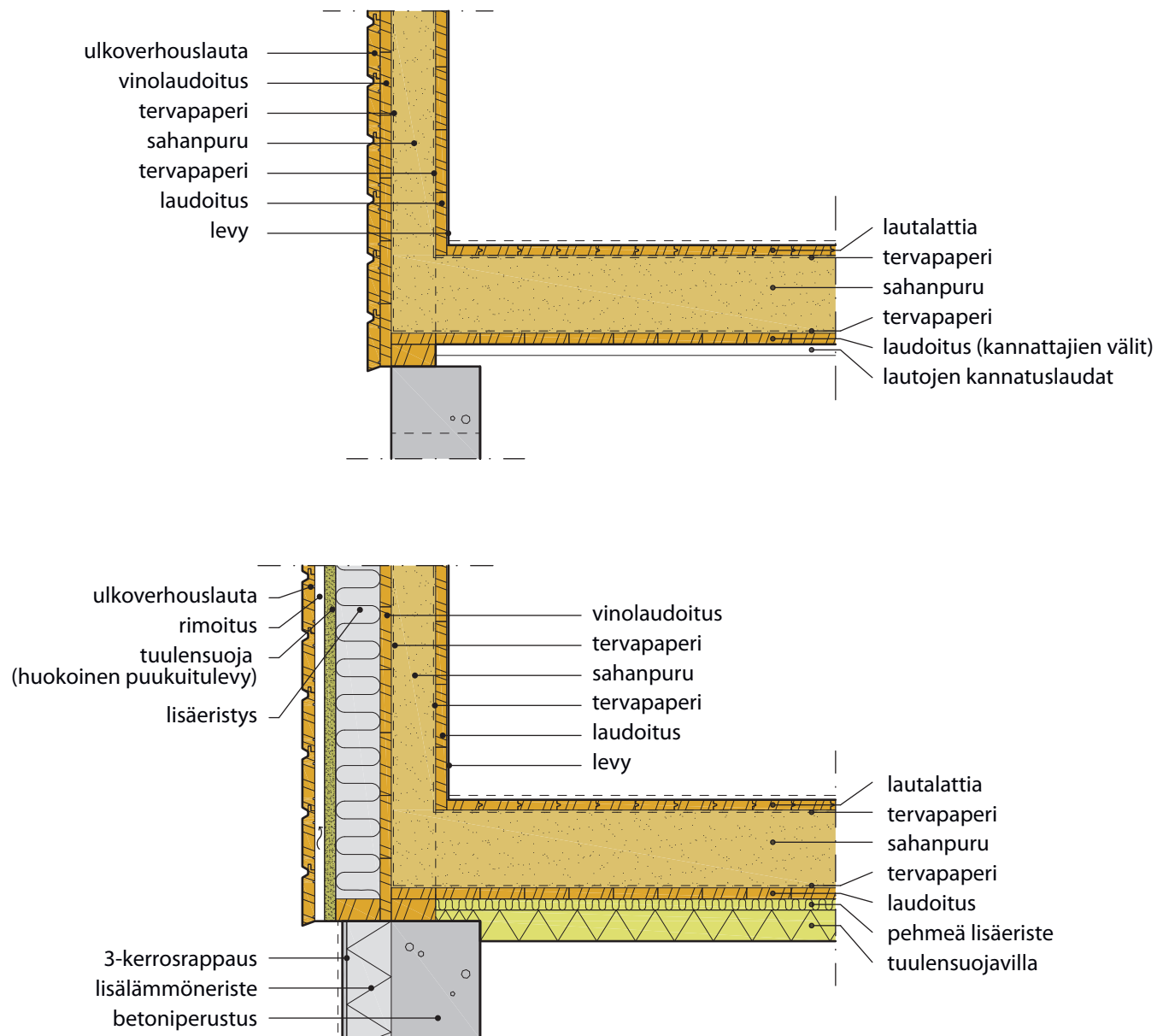
Vanha seinärakenne on tuulettamaton, vinolaudoitettu rakenne, jossa on ilmansulkuna tervapaperi molemmin puolin eristekerrosta. Alapohjan rakenne on periaatteessa vastaava.

Korjausratkaisuna (kuva 23) esitetään tuuletettu, hyvin vesihöyryä läpäisevällä lämmöneristeellä lisäeristetty seinärakenne. Tässä tapauksessa alapohjaa parannetaan eristämällä se ryömintätilan kautta tuulensuojavillan avulla. Korjaustapa edellyttää, että alkuperäinen rakenne on riittävän hyvässä kunnossa. Jos tuulettuva alapohja on niin likaantunut tai siinä on kosteusongelmia tai muita vaurioita, se voidaan joutua purkamaan kokonaan ja rakentamaan uudelleen.

Korjatuilla rakenteilla julkisivun sisäpuolisia kriittisiä kohtia ovat tuuletusrako, tuulensuojan sisäpinta ja vanhan rakenteen purukerroksen ja tervapaperin rajapinta. Suurin riski liittyy sisäpinnan vesihöyryn läpäisyominaisuuksiin. Jos sisäpuoli läpäisee hyvin kosteutta, tulee uuden tuulensuojan olla hyvin kosteutta läpäisevä. Tarkasteluissa rakenteeseen ei muodostunut kosteusteknisen toimivuuden kannalta kriittisiä olosuhteita mihinkään kohtaan rakennetta.

Kosteusteknisen toimivuuden kannalta rakenteen ulkopuolinen lämmöneristys voisi olla huomattavasti paksumpikin, jos se rakenteellisesti on muuten mahdollista toteuttaa. Tällöin vanhan ja uuden rakenteen välinen rajapinta on mahdollisimman lähellä sisäilman oloja, jolloin riski korkeisiin kosteuspitoisuuksiin tällä pinnalla pienenee. Samalla ulkopuolen lisäeristyksellä voidaan parantaa rakenteen ilmatiiviyttä. Tuuletus varmistaa kosteuden poistumisen rakenteesta.

Samoin alapohjan lisälämmöneristäminen hyvin vesihöyryä läpäisevällä lämmöneristeellä tuuletustilan puolelta parantaa vanhan rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Tuuletusrakoon päin olevien pintojen tulee kestää niihin mahdollisesti kohdistuva kosteusrasitus. Käytettäessä puuta heikommin homehtuvia materiaaleja, parantuu rakenteen turvallisuus homeen kasvua vastaan.



Kuva 23. Yllä vanhan sahanpurueristeisen pientalon seinä- ja lattiarakenne ja alla samojen rakenteiden korjaustapaukset.

6.1.2 Ulkoseinän merkitys korjauksessa

Ulkoseinien kokonaispinta-ala on merkittävä osa rakennuksen ulkovaipasta. Ulkoseinien lisälämmöneristysten merkitys korostuu erityisesti kerrostalojen remonteissa, joissa seinien suhteellinen ala on suuri ylä- ja alapohjiin verrattuna.

Ulkoseinien lisälämmöneristys vaikuttaa usein rakennuksen kokonaispaksuuteen, millä on vaikutusta mm. ikkunoiden sijoitteluun seinän syvyys suunnassa, räystäspituuteen ja perustuksiin. Muut rakenteet voivat myös rajoittaa korjausratkaisuja tai niiden tulevat korjaukset on suunniteltava seinien korjausratkaisut huomioiden. Myös eri korjausten ajoitus on suunniteltava kokonaisuuden kannalta sopivaksi, jotta eri rakenneosien yhteensopivuus voidaan varmistaa.

6.1.3 Rakenteen tuuletus

Seinärakenteiden tuuletus parantaa rakenteiden kosteusteknistä toimintaa verrattuna tuulettamattomiin rakenteisiin. Aiemmin tuuletettuja rakenteita ei pitäisi korjauksessa muuttaa tuulettamattomiksi ilman tarkkaa selvitystä rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta.

Tuuletettu ilmarakenteiden välissä parantaa rakenteen sateensuojausta. Tuuletusväli estää sadeveden kapillaarisen siirtymisen rakenteen runkoon ja lämmöneristeeseen. Hyvin suunniteltu rakenne ohjaa tuuletusväliin päässeeseen veteen ulos rakenteesta niin, ettei se siirry tukirakenteiden kautta sisäänpäin. Samalla tuuletusrakaisu suojaaa rakennetta auringon säteilykuormilta, ja auringon lämmittävä vaikutus edistää kosteuden tuulettumista rakenteesta.

Olennaista on tuuletusvälin yhtenäisyys niin, ettei seinään jää tuuletukselta suljettuja katvealueita. Esimerkiksi ikkunaukotuksen ala- ja yläpuolisten osien tuuletus on varmistettava.

6.1.4 Ulkoseinän korjausratkaisut

Ulkoseinän korjausratkaisuja esitetään yritysten toimittamaan materiaaliin perustuvassa liitteessä B.

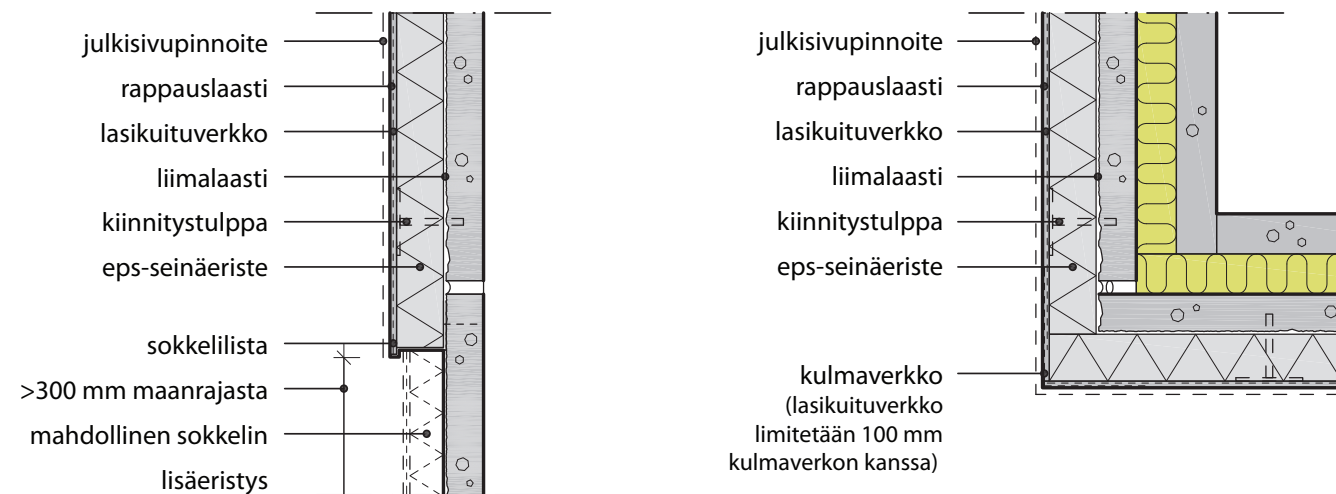
6.1.5 Korjausesimerkki 1 – Julkisivukorjaus EPS -eristerappauksella

Oulun Kaukovainiossa on vuonna 2015 tehty julkisivuremontti kolmeen 8-kerroksiseen asuinkerrostaloon. Talot olivat valmistuneet v. 1978. Niissä oli kirjahyllyrunko, parvekkeet omina kokonaisuuksina tuplatorneittain, betonisandwich-elementti 60 mm+60 mm+60 mm, harjapintainen maalattu betoni.

Korjauksessa julkisivu pestiin, lisälämmöneristettiin EPS:llä ja rapattiin ohutrappauksella. Eristerapattua julkisivua oli yhteensä 4700 m². Lisäeristysten paksuus oli pääosin 100 mm, alimman kerroksen kellariseinissä 50 mm ja joissain kohdin muualla 70 mm. Kuva 24 esittää käytetyt rakenneratkaisut ja kuva 25 esittää rakennuksen sen korjausvaiheessa.

Annettujen tietojen mukaan julkisivukorjauksen tuomat säästöt lämmityskuluissa olivat merkittäviä. Remontin jälkeen toteutunut lämmitysenergian vuosikustannus oli 20.580 €. Ilmoitettu vuotuinen lämmitysenergian vuosikustannus ennen remonttia oli noin 27.000 €.

Talon asukkaat ovat olleet erityisen tyytyväisiä uusiin parvekkeisiin sekä etusivun katokseen ja sen väriin. Myös eheä julkisivu (ei saumoja) on saanut kiitoksia.



Kuva 24. Ohjeellinen periaatekuva rakenteen lisäeristämiskäytännöistä, joita on sovellettu kohteessa. Vasemmalla sokkeliliitos ja oikealla seinän ulkonurkka. Kuvat Thermisol Oy:n rakennekuvapankista.

Esimerkkiratkaisu 1 ja sen tiedot perustuvat Thermisol Oy:n toimittamaan materiaaliin.

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä

Oulussa oleva kohde. Alkuperäisen seinän $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja korjatun 100 mm:n lisäeristeellä $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kun käytetään yhteismitallista $+17^\circ\text{C}$:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa lämmitystarvelukua 5057°Cd , saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$$Q' = 5057^\circ\text{Cd} * 24 \text{ h/d} * (0,45 - 0,20) \text{ W/m}^2\text{K} = 30,3 \text{ kWh/m}^2.$$



Kuvat 25–27. Oulun Kaukovainion asuin-
kerrostalon julkisivun korjaus tehtiin EPS-
lämmöneristeillä ja ohutrappauksella (ku-
vat Thermisol Oy/Tapio Kilpeläinen).



6.1.6 Korjausesimerkki 2 - Tapiolan koulun ja lukion peruskorjaus

Tapiolan koulu ja lukio on 1958–60 valmistunut, arkkitehti Jorma Järven suunnittelema, yksikerroksinen betonirakenteinen rakennus, jota ensimmäisen kerran on laajennettu 1967–68 (arkkitehti Heikki Koskelon suunnitelmien mukaan) ja seuraavan kerran 1986–1988 (arkkitehtien Pirjo Kantolan ja Arno Savelan suunnitelmien pohjalta).

Tapiolan koulurakennuksen peruskorjaus ja rakennus alkoi joulukuussa 2013. Ennen korjaustöiden alkamista koulu ehti olla kolme vuotta tyhjiään homeongelmien vuoksi. Osa henkilökunnasta ja oppilaista oli oireillut tiloissa, ja rakennuksessa todettiin mikrobivaurioita ja sisäilmaongelmia. Korjaus valmistui kesällä 2016. Peruskorjattava ala oli 6 200 ja uudelleen rakennettava ala 4 100 m², minkä lisäksi tehtiin 600 m²:n laajennus.

Korjauksessa kaupunkikuvallisesti merkittävän rakennuksen muoto on säilytetty, mutta rakenteet ja tekniikka on kokonaan uusittu. Korkeasta korjausasteesta huolimatta rakennus päätettiin säilyttää, koska se on tärkeä osa alkuperäistä Tapiolaa. Peruskorjaushankkeessa koulun alkuperäinen, arkkitehtonisesti arvokas liikunta-juhlasaliosa ja muun muassa auditorion ja ruokasalin sisältävä laajennusosa peruskorjattiin, muut osat purettiin ja rakennettiin uudelleen / [http://www.espoo.fi/fi-FI/Tapiolan_koulun_ja_lukion_peruskorjaus_h\(76876\)/](http://www.espoo.fi/fi-FI/Tapiolan_koulun_ja_lukion_peruskorjaus_h(76876)/). Remontin kokonaisbudjetti oli noin 32 miljoonaa euroa.

Uudelleen rakennettavien osien julkisivuissa on kunnioitettu vanhoja malleja ja pinnoitettu ne rappaamalla vanhan julkisivun mukaiseksi. Ikkunat ovat vanhojen ikkunoiden kaltaisia.

Peruskorjattavien osien rapatut julkisivut on purettu ja ulkoseinät eristetty uudelleen. Julkisivut on pinnoitettu rappaamalla vanhan julkisivun mukaiseksi. Vanhat vesikattorakenteet on purettu ja tehty uudet yläpohjan puurakenteet olemassa olevan betoniholvin päältä. Laajennuksena toteutetaan viisi ilmanvaihtokonehuonetta. Rakennusosien alle on sijoitettu maanalaisia tekniikkatunneleita.

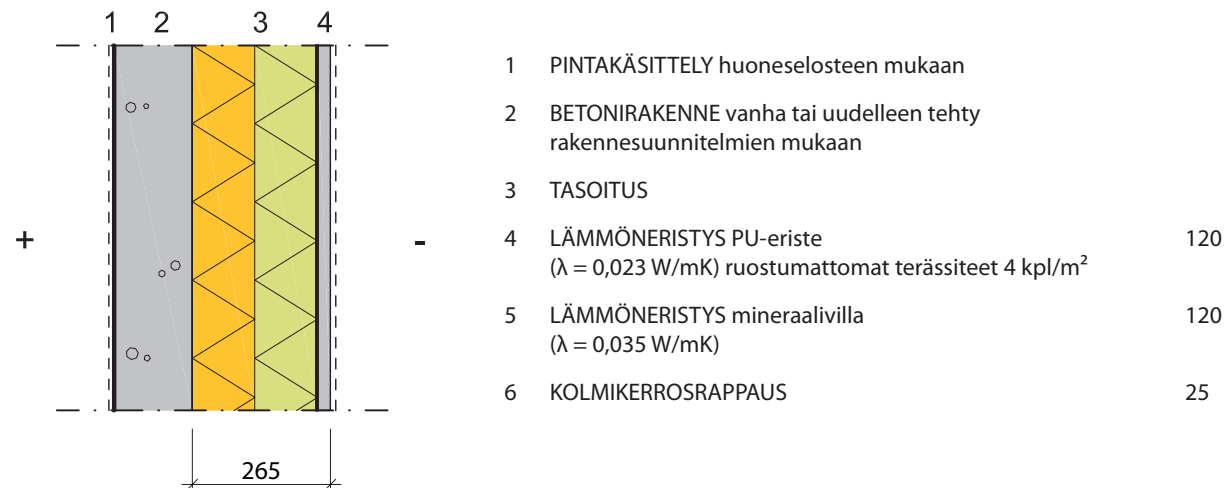
Ulkoseinärakenteiden korjauksessa poistettiin rapattu 150 mm:n kevytbetoniharkkomuuraus ja 120 mm:n mineraalivillakerros. Uudessa rakenteessa lämmöneristeenä oli sisimpänä alumiinikalvopintainen 120 mm PIR-levytys ja sen ulkopuolella 120 mm kivivillakerros, jonka pintaan tuli kolmikerrosrappaus. Vanhan rakenteen lämmönläpäisykerroin $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ parani tasolle $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ (kuva 28 ja kuva 29).

Korjatussa seinärakenteessa hyödynnettiin kahden erityyppisen lämmöneristeen parhaita ominaisuuksia. Tämä on hyvä esimerkki siitä, että rakenteissa voidaan hyvin käyttää useita erilaisia (lämmöneriste)materiaaleja.

Kuvat 30 ja 31: koulu remontin valmistumisen jälkeen v. 2016.



Kuva 28. Vanhan seinärakenteen korjaus lisäeristämisvaiheessa ikkuna-aukon kohdalla (kuva Kingspan Insulation Oy).



Kuva 29. Tapiolan koulun ja lukion korjattu seinärakenne ($U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Kingspan Insulation Oy:n toimittamaan materiaaliin.

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä

Espoossa oleva kohde. Alkuperäisen seinän $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja korjatun $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kun käytetään yhteismitallista $+17^\circ\text{C}$:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa Helsingin lämmitystarvelukua 3878°Cd , saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$$Q' = 387^\circ\text{Cd} * 24 \text{ h/d} * (0,28 - 0,13) \text{ W/m}^2\text{K} = 14,0 \text{ kWh/m}^2.$$



Kuvat 30 ja 31. Tapiolan koulu ja lukio peruskorjauksen jälkeen v. 2016 ulkoa ja sisältä (kuvat Kingspan Insulation Oy).

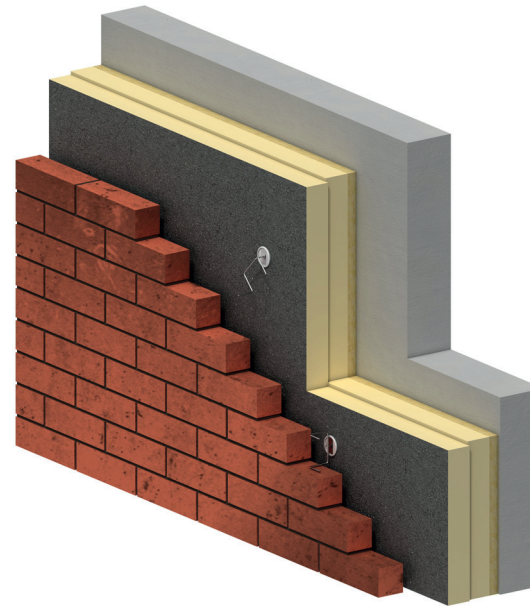


6.1.7 Korjausesimerkki 3 – Katajanokan kerrostalojen julkisivukorjaus

Katajanokalla, Helsingissä osoitteessa Merisotilaankatu 2 ja 3 sijaitsevilla, 1984 valmistuneissa asuinkerrostaloissa oli havaittu vaurioita ja kosteusongelmia tiilijulkisivuissa. Julkisivut olivat pääasiassa puhtaaksimuurattua tiiltä ja maalattua betonia. Aiemmin rakennusten ylimpiin kerroksiin oli tehty julkisivujen osakorjauksia mm. profilipellityksin.

Julkisivut uusittiin kokonaisuudessa lämmöneristeineen. Vanhat lämmöneristeet poistettiin ja ne korvattiin vaatimusten mukaisen paloluokan polyuretaanieristeillä ja julkisivuun tehtiin uusi tuuletettu tiiliverhous (kuva 32). Pohjan tasaukseen käytettiin betonikuoren ulkopinnassa 20 mm:n mineraalivillakerrosta. Korjatun rakenteen lämmönläpäisykertoimeksi tuli $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kuva 32 esittää rakennuksen korjatun julkisivun.

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Kingspan Insulation Oy:n toimittamaan materiaaliin.



Kuva 32. Korjattu rakenne, jossa uusittiin kaikki kerrokset sisäkuoren ulkopuolelta (kuva Kingspan Insulation Oy).

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä

Helsingissä oleva kohde. Alkuperäisen seinän $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ (oletus) ja korjatun $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kun käytetään yhteismitalista $+17^\circ\text{C}$:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa lämmitystarvelukua 3878°Cd , saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$$Q' = 3878^\circ\text{Cd} * 24 \text{ h/d} * (0,29 - 0,17) \text{ W/m}^2\text{K} = 11,2 \text{ kWh/m}^2.$$



Kuva 33. Korjattu asuinkerrostalon julkisivu
(kuva Kingspan Insulation Oy).

6.1.8 Korjausesimerkki 4 – Tuulettuva julkisivu betonisandwich-rakenteen päälle

Moni betonisandwich-elementeistä tehty 1960–70 -luvun kerrostalo kaipaa julkisivun peruskorjausta, jonka yhteydessä on aina järkevää parantaa myös rakenteiden energiatehokkuutta. Usein uusimistarpeessa ovat myös ikkunat ja ovet, mutta niin mittavaan korjaukseen vielä harva taloyhtiö on uskaltanut lähteä. Tämän esimerkin taloyhtiössä korjaukset tehtiin kerralla.



Kuva 34. Rakennus ennen remonttia (kuva Paroc Oy).

Kerralla kuntoon

Lahden Saksalassa sijaitseva, vuonna 1973 rakennettu Asunto Oy Poppelipolku 3 muodostuu neljästä kerrostalosta, joista yksi on 7-kerroksinen ja loput kolmikerroksisia. Kaikissa taloissa on lisäksi pohjakerros. Korjauksessa talot päivitettiin vastaamaan 2010-luvun vaatimustasoa sekä energiatehokkuudeltaan että muilta ominaisuuksiltaan. Kohteessa uusittiin julkisivut lämmöneristeineen, ikkunat ja parvekeovet, parvekkeiden kaiteet ja samalla parvekkeet lasitettiin. Vesikatto ja rakennusten ympärillä oleva salaojitus uusittiin sekä perustukset vedeneristettiin. Samassa yhteydessä tehtiin myös joitain LVIS-töitä. Parvekkeille lisättiin pistorasiat, pihavalaistus uusittiin ja asuntoihin tuotiin omat antennikaapelit. Poistoilmakoneet uusittiin ja ikkunat uusittiin tuloilmaikkunoilla, joissa korvausilma esilämpenee. Samalla poistoilmamäärät säädettiin ja lämpöverkosto tasapainotettiin. Kustannuksia luonnollisesti syntyi, mutta samalla säästetään lämmitys- ja asumiskustannuksissa ja kiinteistöjen sekä huoneistojen arvo nousee. Kuva 34 esittää rakennusta ennen korjausta.

Kuntotutkimus puolsi menetelmän valintaa

Kohteessa suoritettiin kuntotutkimus betonirakenteiden osalta, ja sen tulokset puolsivat valittua korjausmenetelmää, jossa eristeet voidaan asentaa suoraan vanhan rakenteen päälle. Samalla todettiin myös parvekelaattojen kestävyys ja niiden osalta päädyttiin vain kaiteiden uusimiseen lasituksen yhteydessä.

Lisäeristys kannattaa

Tiedossa oli, että erityisesti päätyasunnot sekä väestönsuojan yläpuoliset asunnot olivat lisäeristyksen tarpeessa. Lisäeristyksellä haettiin enemmänkin asuinmukavuutta, lämmityskustannusten säästö ei ollut lisäeristyksen päätavoite. Odotuksena on parantunut asuinmukavuus, ja toisaalta näin laajan kokonaisuuden jälkeen toivotaan pidempää ajanjaksoa ilman suuria korjaustöitä.

Julkisivun lisäeristykseen ratkaisu

Elementin kunnosta riippuen korjaus voidaan tehdä joko suoraan vanhan elementin päälle ja pahasti vaurioituneissa kohteissa vanhaa seinää joudutaan purkamaan vanhaan eristeeseen tai jopa sisäkuorielementtiin saakka. Ennen korjausta onkin usein syytä tehdä kuntotutkimus, jotta löydetään kohdekohtainen oikea korjaustapa. Tässä kohteessa vanhaa julkisivua ei tarvinnut purkaa, vaan sekä lisäeristys että uusi pinnoite asennettiin vanhan sandwich-elementin päälle. Ensin asennettiin teräsranka, jonka väliin tuli pehmeä mineraalivillaeriste, paksuus 80 mm. Pehmeä lämmöneriste tasaa karkean ja saumoiltaan vaihtelevan vanhan elementtipinnan, jota vasten kimmoisa eristelevy asettautuu tiivistä. Pehmeän eristeen päälle tuli tuulensuojapintainen mineraalivillalämmöneriste.

Uusi julkisivu on tuulettuva ja tuuletusrakoa varten päälle asennettiin toinen ohuempi teräsranka, jonka varaan tulivat kohteeseen valitut eri julkisivumateriaalit. Vanhan rakenteen U-arvo oli noin 0,50 W/m²K ja korjatun rakenteen 0,21 W/m²K. Kohteessa käytetty korjaustapa vastaa liitteessä B.1.2 esitettyä tapaa.

Tuulettuvan rakenteen käyttö korjauksessa edesauttaa mahdollisen ylimääräisen kosteuden poistumista vanhasta rakenteesta ja tuo lisävarmuutta rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen.

Kuvat 35 ja 36 ovat korjausaikaisista vaiheista ja kuva 37 valmiista rakennuksesta.

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Paroc Oy:n toimittamaan materiaaliin.

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä

Lahdessa oleva kohde. Alkuperäisen seinän $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja korjatun $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kun käytetään yhteismitallista $+17^\circ\text{C}$:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa lämmitystarvelukua 4392°Cd , saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$$Q' = (0,5 - 0,21) \text{ W/m}^2\text{K} * 4392^\circ\text{Cd} * 24 \text{ h/d} = 30,6 \text{ kWh/m}^2.$$

Kuva 35 (vas.) Työt aloitetaan teräsrunkojen asennuksella. Teräsrunkojen väliin tulee 80 mm paksu eristekerros (kuva Paroc Oy).



Kuva 36 (oik.) Korjauksessa rungon väliin asennetaan ensin pehmeä mineraalivillakerros, joka asettautuu tiiviisti vanhaa seinäpintaa vasten. Sen päälle on asennettu tuulensuojaeriste ja tuuletusrakoa varten ohuempi teräsranka. Runko ikkuna-aukon kohdalla (kuva Paroc Oy).





Kuva 37. Taloyhtiön kolmikerroksinen rakennus korjauksen jälkeen (kuva Paroc Oy).

6.1.9 Korjausesimerkki 5 – Suojelukohteen julkisivukorjaus

Korjattu rakennus on vuonna 1958 rakennettu Salinkallion koulu Lahdessa. Sen rapattu siporex-julkisivuratkaisu oli 2000-luvulla lopulta tullut elinkaarensa päähän. Monin paikoin harkot olivat rapautuneet pahasti ja pudonneet paikaltaan. Lisäksi koulurakennuksen energiatehokkuutta ja julkisivurakenteen tiiveyttä oli parannettava merkittävästi. Museoviraston suojelemaa julkisivua ei kuitenkaan saanut muuttaa.

Vuonna 2012 toteutettu peruskorjaus kattoi kaikkiaan 2 500 m² (julkisivut, parvekkeet, ovet, ikkunat sekä vesikaton).

Uusi julkisivu tehtiin levyrappausjärjestelmällä. Tämä on Suomen olosuhteisiin kehitetty tuulettuva julkisivuratkaisu. Rappauksen alusta – kalsiumsilikaattilevyt – asennetaan runkojärjestelmän avulla rakenteeseen siten, että ilma kiertää julkisivuseinän takana. Näin rakenteeseen mahdollisesti päässyt kosteus pääsee pois ja seinä myös pysyy kuivana. Levyt kiinnitetään säädettävään rankarakenteeseen, jolloin julkisivun oikaisu voidaan hoitaa rankarakennetta säätämällä. Kuvissa 38–40 esitetään koulurakennus remontin aikana ja sen jälkeen.

Salinkallion koulun julkisivussa levyrappauksen alla on kaikkiaan 180 mm:n lämmöneristyskerros. Alimmaisena lämmöneristyskerroksena on 30 mm:n silikonikäsitelty, vettähyлкivä mineraalivillamatto. Keskikerroksen, 100 mm:n mineraalivillaisen eristelevyn päällä on erittäin hyvin vesihöyryä läpäisevä ja ilmatiivis tuulensuojaeriste (50 mm mineraalivillaa).

Seinä rakenne korjauksen jälkeen kerroksittain ulkoa sisälle:

	Julkisivurappaus ja levy valmistajan ohjeiden mukaan
≥ 20 mm	Tuulettuva vaakasuuntainen metalliranka levymittojen mukaan. Levyjen kiinnitys ja päätyjen tuenta valmistajan ohjeen mukaan
50 mm	Tuulensuoja ja lämmöneriste, saumat teipataan
100 mm	Lämmöneriste ja metallirankajärjestelmä
30 mm	Tiivistys- ja lämmöneristyskerros –mineraalivillamatto
	Kantava teräsbetoniseinä, rakennesuunnitelmien mukaan
	Pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Valmiin seinärakenteen U-arvo on 0,18 W/m²K.

Etuna on tuulettuva rakenne, jonka ulkopinnan levyn päälle toteutettu rappaus on samannäköinen kuin alkuperäisenkin roiskerapattu julkisivupinta. Ulkonäön lisäksi myös koulun energiatehokkuus kohentui merkittävästi.



Kuvat 38–40. Koulurakennus remontin aikana (vasen ylhäällä), julkisivun korjausjärjestelmä (vasen alhaalla ja oikealla) (kuvat Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy).

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Saint–Gobain Rakennustuotteet Oy:n toimittamaan materiaaliin.

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä

Lahdessa oleva kohde. Alkuperäisen seinän $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ (oletus) ja korjatun $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kun käytetään yhteismitallista $+17^\circ\text{C}$:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa lämmitystarvelukua 4392°Cd , saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$$Q' = 4392^\circ\text{Cd} * 24 \text{ h/d} * (0,45 - 0,18) \text{ W/m}^2\text{K} = 28,5 \text{ kWh/m}^2.$$



Kuva 41. Koulurakennus korjauksen jälkeen (alla) (kuvat Saint–Gobain Rakennustuotteet Oy).

6.2 Yläpohja

Yläpohjan lisälämmöneristysten vaikutus on suuri.

Yläpohja on varsinkin pientaloissa pinta-alaltaan merkittävä osa rakennusvaippaa. Siten sen lisälämmöneristämisen vaikutus energiahäviöihin voi olla merkittävä. Lisälämmöneristämisen toteutustavat riippuvat rakenneratkaisusta.

6.2.1 Yläpohjatyypit

Yläpohjarakenteet voidaan karkeasti jakaa tuuletettuihin ja tuulettamattomiin rakenteisiin.

Tuuletetut vaakaeristeiset yläpohjat

Yläpohjarakenne, jossa on vaakasuoraan asennettu lämmöneristekerros ja tuuletettu ullakotila, on tyypillisesti helpoin kohde lisälämmöneristykseen. Jos tuuletetun tilan korkeus on riittävä, voidaan vanhan lämmöneristeen päälle asentaa (useimmiten puhaltamalla) uusi lämmöneristekerros. Puhalluseristämisen etuna on se, että lämmöneriste täyttää hankalankin muotoisten tukirakenteiden tilan ja onnistuneen asennuksen tuloksena on yhtenäinen uusi eristekerros.

Toimivuuden edellytyksenä on, että yläpohjan tuuletus säilyy riittävänä. Tuuletusaukot ulkoilmaan tulee varmistaa, ja rakenteeseen tulee jäädä riittävä tuuletusväli.

Toinen kosteusteknisen toimivuuden edellytys on riittävän ilmatiivis yläpohjarakenne. Uusi lämmöneristekerros ei olennaisesti paranna ilmatiiviyttä, eikä poista sisäilman ja tuuletustilan välisten ilmavuotojen aiheuttamaa kosteusriskiä. Jos rakenteessa on merkkejä kosteusrasituksista, on niiden syyt selvitettävä ja poistettava ennen lisäeristysten asentamista. Jos sisäilmaa vuotaa yläpohjan tuuletustilaan, kasvaa kosteuskuormitus tilassa. Tällöin lisäeristäminen voi lisätä kosteuden aiheuttamia ongelmia. Edellytys rakenteen toimivuudelle on riittävä ilman- ja vesihöyryn tiiveys rakenteen lämmöneristekerroksen huonetilan puolella. Oikein toimivassa rakenteessa lisäeristysten määrä ei heikennä rakenteen toimivuutta.

Esimerkiksi kun hyvin lämmöneristetyt rakenteen ilma- ja höyrytiiviys ovat asianmukaiset, lähestyy tuuletetun yläpohjan tuuletustila olosuhteita, joissa rakenteet ovat sateelta suojattuina tuuletetussa, lämmittämättömässä varastossa. Tällaisissa oloissa materiaalien rakenteellinen vaurioituminen ei ole todennäköistä Suomen ilmastossa. Esimerkiksi puu ei lahoa ja menetä lujuuttaan näissä oloissa, vaikka sen pintaan voi (jokseenkin riippumatta lämmöneristystasosta) tulla homepilkuja tai sinistymiä.

Tuuletetut vinot yläpohjat

Vinujen sahanpurulämmöneristysten lisäeristysratkaisuna on lämmöneristysten vaihto uusiin, nykyaikaisiin eristeisiin. Vaikka eristepaksuus säilyy alkuperäisenä, paranee rakenteen lämmöneristävyys parempien lämmöneristeiden takia. Samalla yläpohjarakenteeseen tulee tehdä yhtenäinen tuuletusväli, jonka yhteys ulkoilmaan on riittävä. Aluskate tulee asentaa siten, että se johtaa kondenssivedet rakennuksen ulkopuolelle. Rakenteen Lämmöneristyskerroksen höyryn- tai ilmansulun yhtenäisyys on varmistettava. Eri detaljien toimivuus on varmistettava aina tapauskohtaisesti.

Vesikaton muutos harjakatoksi

Tässä muutoksessa vanha loiva/tasakatto muutetaan harjakatoksi, jolloin varmistetaan rakenteen tuulettavuus ja suojaus sateelta. Muutos vaikuttaa voimakkaasti rakennuksen ulkonäköön, eikä sitä voi tehdä kaikilla alueilla. Tällaisen muutoksen yhteydessä rakenteen lämmöneristystason huomattavalle parantamiselle ei ole tilarajoitteita. Toimivuuden edellytyksenä on tässäkin vanhan rakenteen riittävä höyry- ja ilmatiiveys.

Ullakkorakentaminen

Uuden rakennusosan kohdalla yläpohjan rakenteet ovat uusia. Vanhan yläpohjan kaikenlainen toimivuus uudisrakenteen yhteydessä on varmistettava.

Tuulettamaton loiva katto

Tällaiseen kattoon voidaan asentaa lisäeristys vanhan bitumikerroksen päälle. Uusi eristekerros voidaan tehdä uritetusta mineraalivillasta, jolloin rakenne voidaan tuulettaa urien kautta rajoitetusti. Usein tällainen lievä tuuletus on kosteusteknisen toimivuuden kannalta riittävä varmistamaan rakenteen kuivumisen. Korjausta on kuvattu tarkemmin Niemisen ja Virran (2016) julkaisussa.

Myös muovipohjaisia lämmöneristeitä voidaan käyttää loivien kattojen lisälämmöneristämiseen vanhan vesikatteen päälle. Jos vanha rakenteen bitumikerros on höyrytiivis ja rakenne on muuten toimiva, voidaan tämän ulkopuolelle asentaa kosteutta läpäisemätön tai heikosti läpäisevä eriste (EPS, PIR).

Kevytsooralla lämmöneristetty, lievästi tuuletettu katto

Jos rakenne on kuiva, voidaan kattoon tehdä lisälämmöneristys alkuperäisen bitumikermikatteen päälle. Lisälämmöneristämisen kohottaa alkuperäisen rakenteen lämpötilaa lämmityskaudella ja tehostaa näin rakenteen kuivumista.

Vanhan rakenteen alkukosteustasot on aina varmistettava ja liian korkeiden kosteuksien syyt on selvitettävä ja korjaukset toteutettava viimeistään lisäeristämisen yhteydessä.

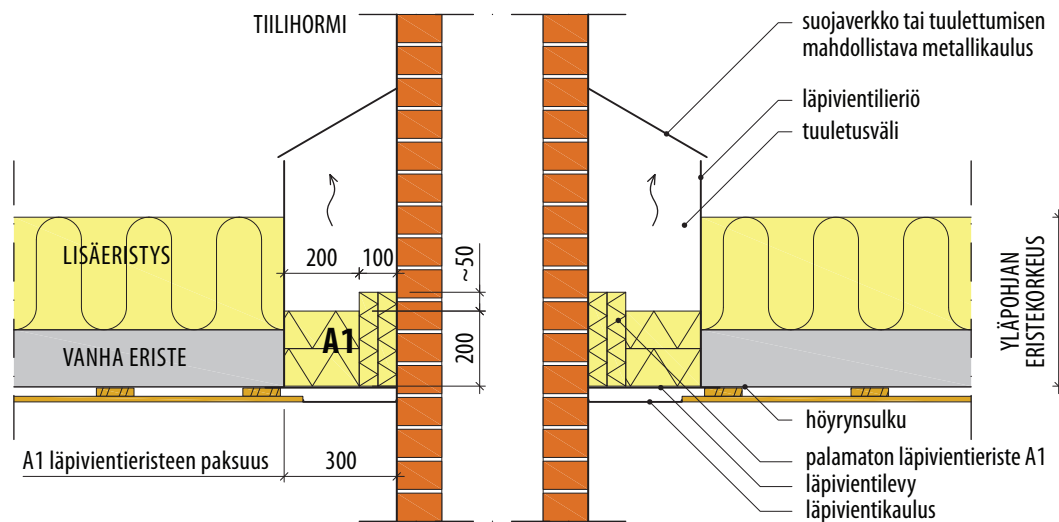
6.2.2 Yläpohjan merkitys korjauksessa

Yläpohjat edustavat suhteellisen suurta yhtenäistä pintaa rakennusvaipassa. Yläpohjan lisälämmöneristämällä voidaan saavuttaa merkittävä parannus siihen rajoittuvien huonetilojen lämpöviihtyisyydessä ja koko rakenteen energiatehokkuudessa. Lisälämmöneristämisen mahdollisuudet riippuvat kohteesta ja sen edellyttämän katto remontin toteutuksesta.

Savupiipun läpiviennin paloturvallisuus on varmistettava.

Savupiipun läpiviennin paloturvallisuus

Kun lämmöneristystä lisätään savupiippujen läpiviennin kohdalla, voi savupiipun lämpötila nousta aiempaa paksumman lämmöneristeen kohdalla liian korkeaksi. Esimerkiksi puhalluseristettä ei saa puhaltaa savupiipun kylkeen saakka, vaan kohta on erikseen suojattava ja läpivienti on tehtävä paloturvalliseksi. Kuva 42 esittää paikalla muuratuille savupiipuille turvallisen läpiviennin detaljin (YMa luonnos pienten savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta).



Kuva 42. Periaatekuva paloturvallisesta paikallamuuratun savupiipun läpivientirakenteesta.

6.2.3 Yläpohjan korjausratkaisut

Yläpohjan korjausratkaisuja esitetään yritysten toimittamaan materiaaliin perustuvassa liitteessä B.

6.2.4 Laskennallinen esimerkki - Yläpohjan lisäeristäminen selluvillalla

Esitetyssä laskennallisessa selvityksessä (Vesitaito) tarkastellaan 70-luvun kerrostalon yläpohjan lisälämmöneristämistä. Yläpohjan alkuperäinen U-arvo oli $0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$, mikä on taulukkoarvo ennen vuotta 1976 rakennetulle rakennukselle. Lisäeristämisen jälkeen yläpohjan U-arvo oli tarkastelussa $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$, mikä vastaa uudisrakentamisessa käytettävää vertailuarvoa yläpohjalle. Kuva 43, puhallusvillan asennustyö yläpohjatilassa.

Laskennallinen selvitys korjauksen energiansäästövaikutuksista on tehty rakentamismääräyskokoelman osien D3 ja D5 mukaisesti kuukausitason laskentana koko rakennukselle. Rakennuksen nettoenergiantarpeesta vähennetään sisäiset lämpökuormat ja tämän jälkeen otetaan huomioon lämmitysmuodon häviöt, josta saadaan lopulta koko rakennuksen ostoenergiantarve. Laskennassa käytetty ohjelma oli laskentapalvelut.fi ja analyysissä käytettiin säävyöhykettä I. Lämmön tuotolle ja -jaolle on käytetty rakentamismääräyskokoelman taulukkoarvoja, tässä tapauksessa jakelun hyötysuhde on 0,9. Öljylämmityksen ja kaukolämmön tuoton häviöt on otettu suoraan D5:n taulukosta.

Selvityksen perusteella esimerkikerrostalon laskennallinen lämmitysenergiankulutus vuodessa on 332 000 kWh, kun lämmitysmuotona on kaukolämpö. Laskennassa on oletettu, että sisälämpötila pyritään pitämään tasolla 21°C . Mikäli kohteessa olisi öljylämmitys, olisi laskennallinen lämmitysenergiankulutus 358 000 kWh vuodessa. Yläpohjan lisäeristämisen jälkeen lämmitysenergiantarve tippuu kaukolämmöllä 34 000 kWh ja öljylämmityksellä 37 000 kWh.

Kun lämmitysenergian hinta kaukolämmölle on 60 €/MWh ja lämmitysöljylle 73 €/MWh, on voitu arvioida lisäeristämisen säästöpotentiaali euroina (Taulukko 4).

Tässä kyseisen esimerkin asuinkerrostalossa huoneistoala on yhteensä 1450 m^2 . Kun lasketaan säästön vaikutus neliötä kohden ja kerrotaan sillä esimerkkinä käytetyn 70 m^2 kokoisen asunnon huoneistoala, saadaan säästöjen osuus kyseistä asuntoa kohden (Taulukko 5).

Termex-Eriste Oy:n teettämän selvityksen (Vesitaito) mukaan lisälämmöneristettyä yläpohjaa oli $552,6 \text{ m}^2$ ja 350 mm paksuisen lisäeristyskokonaiseristämäärä oli $193,41 \text{ m}^3$. Puhallusselluvillalle ilmoitettu hinta asennettuna oli 5802,30 € (sis. Alv. 24 %). Selvityksen mukaan sijoitetun pääoman tuotto öljylämmitystapauksessa olisi näin 46 % ja kaukolämmitystapauksessa 35 %.

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Termex-Eriste Oy:n toimittamaan materiaaliin. Materiaali perustuu Vesitaito Oy:n Termex-Eriste Oy:lle tekemään laskennalliseen tarkasteluun.



Kuva 42. Yläpohjan lisälämmöneristystä puhallusvillalla (kuva Termex-Eriste Oy).

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä

Jos kohde olisi Jyväskylässä ja käytetään yhteismitallista +17°C:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa lämmitystarvelukua 4832°Cd, saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$Q' = 4832^{\circ}\text{Cd} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot (0,47 - 0,09) \text{ W/m}^2\text{K} = 44,1 \text{ kWh/m}^2$ ja koko korjatun rakenteen pinta-alalle $Q = 24\,400 \text{ kWh}$.

Korjatun rakenteen kosteusteknisen toimivuuden eräänä olennaisena edellytyksenä on, että yläpohjan tuuletustila on riittävän korkea ja sen tuuletus on riittävä lisäeristämisen jälkeenkin.

Lämmitysmuoto	Lämmitysenergiankulutus ennen lisäeristystä [kWh]	Lämmitysenergiankulutus lisäeristämisen jälkeen [kWh]	Energiankulutus pienenee [kWh]	Säästö vuodessa [€]
kaukolämpö	332 000	298 000	34 000	2 040
öljykattila	358 000	321 000	37 000	2 701

Taulukko 4. Yläpohjan lisäeristysten arvioitut säästöt vuodessa (Vesitaito).

Lämmitysmuoto	Lisäeristämisestä saatava säästö vuodessa [€]	Säästö huoneistoneliötä kohden [€/m ²]	Säästö vuodessa 70 neliöisessä asunnossa [€]	Säästö viidessä vuodessa esimerkkiasunnossa [€]
kaukolämpö	2 040	1,41	98,5	492
öljykattila	2 701	1,86	130,4	652

Taulukko 5. Yläpohjan lisäeristysten arvioitut säästöt viidessä vuodessa 70 m²:n kokoista asuntoa kohden (Vesitaito).

6.2.5 Korjausesimerkki – Yläpohjan uusi lämmöneriste

Kuntec Oy (Turun seudun kuntatekniikka) toteutti vuonna 1973 valmistuneen päätukikohtansa kattoremontin yhteydessä yläpohjan lämmöneristysten parantamisen nykyvaatimusten tasoiseksi. Hanke toteutettiin kahdessa osassa vuosina 2015 ja 2016. Rakennuksen kokonaispinta-ala on 7020 m² (78x90 metriä), josta lämmintä on 3000 m² ja puolilämmintä tilaa loput 4000m².

Vanha yläpohjarakenne oli ontelolaatta, höyrynsulku, 80 mm villa ja bitumihuopakate. Rakennuksen seinät on tehty kevyt-betonista, jossa ei ole mitään lisäeristeitä. Hallin korkeus on n. 7 metriä ja vuonna 2012 se kulutti energiaa 2 300 000 kWh, mikä sisältää kaiken sähkönkulutuksen (lämmityksen, valaistuksen, laitekulutukset, jne.).

Alkuperäisen yläpohjan 80 mm paksut lämmöneristeet (suunnitelmien mukaan olisi pitänyt olla 100 mm) olivat kastuneet. Kastumiseen johtanutta vauriota tai sen korjausta ei tässä käsitellä, vaan ainoastaan lämmöneristysten korjaus. Yläpohja korjattiin poistamalla vanhat lämmöneristeet. Lämmöneristeet uusittiin asentamalla lämpimään osaan 320 mm paksuinen EPS 320 mm ja 20 mm laakerivilla + kate (U-arvo 0,09 W/m²K) ja puolilämpimään osaan 200 mm paksuinen EPS 200 mm ja 20 mm laakerivilla + kate (U-arvo 0,14 W/m²K). Kuva 44 esittää kattoa korjausvaiheessa ja kuva 45 kun korjaus on valmistunut.

Kohteen energiansäästölaskelman lähtötiedoilla kohteen alkuperäisen energian kokonaiskulutuksen olisi pitänyt olla vain kolmasosa vuoden 2012 todellisesta kulutuksesta. Arvioitua korkeampaan kulutukseen vaikuttivat yläpohjan vaurioitumisesta johtunut lämmöneristeiden kastuminen ja tukikohdan käyttö ajoneuvojen sekä laitteiden huolto- ja korjaustoimiin, mikä poikkeaa tavanomaisesta asuin- tai toimistorakennuksen käytöstä.

Yläpohjan korjauksen laskennallisesti arvioitu energiansäästö oli noin 435 000 kWh/vuosi. Käyttäjät ovat olleet erittäin tyytyväisiä toteutettuun ratkaisuun ja tavoiteltuun energiansäästöavoitteeseen on päästy.

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Finnfoam Oy:n toimittamaan materiaaliin.

Arvio lämpöhäviöiden pienentymisestä lämpimän tilan katossa

Turussa oleva kohde. Alkuperäisen, kuivan katon U = 0,54 W/m²K ja korjatun 0,09 W/m²K. Kun käytetään yhteismitallista +17 °C:n sisäilman lämpötilaan perustuvaa lämmitystarvelukua 4021°Cd, saadaan remontin vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin korjatun rakenteen pinta-alaa kohden:

$$Q' = 4021^{\circ}\text{Cd} * 24 \text{ h/d} * (0,54 - 0,09) \text{ W/m}^2\text{K} = 43,4 \text{ kWh/m}^2 *$$

*todellisuudessa lämpöhäviöiden muutos voi olla tätä suurempi, jos alkuperäinen lämmöneriste oli katon vaurioitumisen seurauksena kastunut.



Kuva 44. Uuden lämmöneristyksen asennus kattolaatan päälle (kuva Finnfoam Oy).



Kuva 45. Valmis korjattu katto (kuva Finnfoam Oy).

6.3 Alapohja

Alapohjan lämmöneristyksen parantaminen on kannattavaa kun alapohja avataan remontin yhteydessä.

Alapohjan korjaus on usein haastavaa, mutta tähänkin löytyy tarvittaessa menetelmiä. Muiden remonttien, esimerkiksi putkiremontin yhteydessä on kannattavaa parantaa alapohjan lämmöneristävyttä, mikä lisää lämpöviihtyvyyttä.

6.3.1 Alapohjatyypit

Tuuletettu ryömintätila

Tuuletusväliin rajoittuva sahanpurueristeinen alapohja korjataan yleensä vaihtamalla sahanpurut toiseen lämmöneristeseen. Luvussa 6.1.1 on esitetty korjaus, jossa alapohjan alapintaan on asennettu yhtenäinen, vesihöyryä hyvin läpäisevä eristelevy. Alapuolisen lisäeristämisen etuna on yläpuolisten puuosien suojelu tuuletustilan korkeilta kosteuksilta. Alapuolinen lisäeristys nostaa yläpuolisten osien lämpötilaa, edistää niiden kuivumista ja pitää kosteustasot matalampina kuin suoraan tuuletusväliin rajoittuvilla rakenteilla. Korjaustapa edellyttää, että alkuperäinen rakenne on riittävän hyvässä kunnossa. Jos tuulettuva alapohja on likaantunut tai siinä on kosteusongelmia tai muita vaurioita, se voidaan joutua purkamaan kokonaan ja rakentamaan uudelleen. Tällöin rakenne voidaan helposti tehdä hyvin lämpöä pitäväksi.

Tuuletetun alapohjan kosteusoloja voidaan parantaa esimerkiksi alapohjan maapinnan lämmöneristämällä käyttöolosuhteisiin soveltuvalla tuotteella. Samalla on suositeltavaa eristää perustusten pystyseinämät. Näillä toimenpiteillä nostetaan tuuletustilan ilman lämpötilaa, mikä ylläpitää lämpötilaeroa kostean maanpintaan, jolloin vesihöyryn haihtuminen maaperästä ryömintätilaan pienenee merkittävästi. Ilman suhteellisen kosteuden alentuminen lisää rakenteiden kosteusturvallisuutta. On huomattava, että alapohjan lämmöneristäminen parantaa toimivuutta vain, jos salaojitus ja alapohjan kapillaarikatko ovat toimivia. Vapaa vesi ryömintätilassa edellyttää aina siihen johtavien syiden selvitystä ja korjaamista.

Maanvarainen alapohja

Tämän lisäeristämisen mahdollisuudet riippuvat sen edellyttämistä korjaustoimista ja ne on erikseen tapauskohtaisesti suunniteltava.

Tuuletettu pilariperustus

Tässä tapauksessa alapohjan kautta ei tulisi juurikaan olla kosteuskuormitusta rakenteisiin. Lisälämmöneristäminen voidaan tehdä alapuolelta vesihöyryä hyvin läpäisevin materiaalein, esimerkiksi mineraalivillalla. Haasteena ovat pilariperustuksen kylmäsillat, kosteustekniseen toimivuuteen ne eivät aiheuta riskejä alapuolelta vesihöyryä hyvin läpäisevin materiaalein lisäeristettäessä.

Kellarit

Kellariseinien lisäeristys voidaan tehdä esimerkiksi salaojaremontin yhteydessä, jolloin perustusten ulkopuolelle asennetaan tarkoitukseen soveltuvasta materiaalista tehty lämmöneriste ja lisäksi varmistetaan routasuojauksen toimivuus uudessa tilanteessa.

6.3.2 Alapohjan merkitys korjauksessa

Alapohjan korjaus liittyy yleensä siinä ilmenneisiin ongelmiin. Muiden korjausten aiheuttama tarve voi tulla esiin salaojituksen uusimisen yhteydessä tai kun perustuspaksuutta tulee kasvattaa huomattavasti aiempaa paksumman seinärakenteen vuoksi.

6.3.3 Ryömintätilan tuuletus

Ryömintätilaisen alapohjan tuuletustarve on sama kuin vastaavalla uudisrakenteella. Lisäksi on huolehdittava, ettei ryömintätilassa ole orgaanista materiaalia, joka voisi homehtua.

Eräs lisähaaste on maaperästä tuleva radon, jonka poistamiseksi ryömintätilan tulisi olla alipaineinen sisäilmaan nähden. Ratkaisuna voi tulla kyseeseen erillinen poistoilmakanava radonin tuuletukseen ja mahdollinen poistoilmapuhallin.

6.3.4 Alapohjan korjausratkaisut

Alapohjan korjausratkaisuja esitetään yritysten toimittamaan materiaaliin perustuvassa liitteessä B.

6.4 Ikkunat

Ikkunoiden vaihto antaa monia hyötyjä.

Ikkuna ja ikkunaovi ovat poikkeuksellisia rakennusosia, sillä niiden läpi pääsee valoa ja auringon lämpösäteilyä varsin hyvin. Muut rakennusosat ovat läpinäkymättömiä ja lämpö kulkee niiden läpi vain johtumalla. Lisäksi ikkunat ovat lämmöneristyksen sekä ilman- ja sateenpitävyyden kannalta rakennuksen vaipan heikoin osa.

Rakennuksissa ikkunoiden ja ovien lämmöneristävyys on ollut kautta aikojen merkittävästi huonompi ulkovaipan muihin osiin verrattuna. Vaikka ikkunoiden lämmöneristävyys on kehittynyt paljon viimeisen 20 vuoden aikana, samanlainen kehitys on tapahtunut myös muiden rakennusosien suhteen. Rakentamismääräyksissä ikkunoiden lämmönläpäisykerroin on pienentynyt noin puoleen, ja sama muutos on tapahtunut myös esimerkiksi seinärakenteilla. Sama kehitys koskee myös lämmöneristävyydeltään markkinoiden parhaimpia ikkunoita.

Puuikkunat poikkeavat muista ulkovaipan osista kuitenkin siinä, että ne kaipaavat jatkuvaa huoltoa, ja ne joudutaan uusiin tavallisesti 30–50 vuoden välein. Tämä mahdollistaa niiden teknisten ominaisuuksien, kuten lämmön- ja ääneneristävyyden, päivittämisen nykyaikaiselle tasolle, mikä ei ehkä muuten olisi korjaamalla mahdollista tai ainakaan taloudellisesti kannattavaa. Ikkunoiden huoltotarvetta on mahdollisuus vähentää ja kestoikää pidentää valitsemalla uudet ikkunat ulkopinnaltaan alumiinisiksi.

6.4.1 Ikkunatyypit

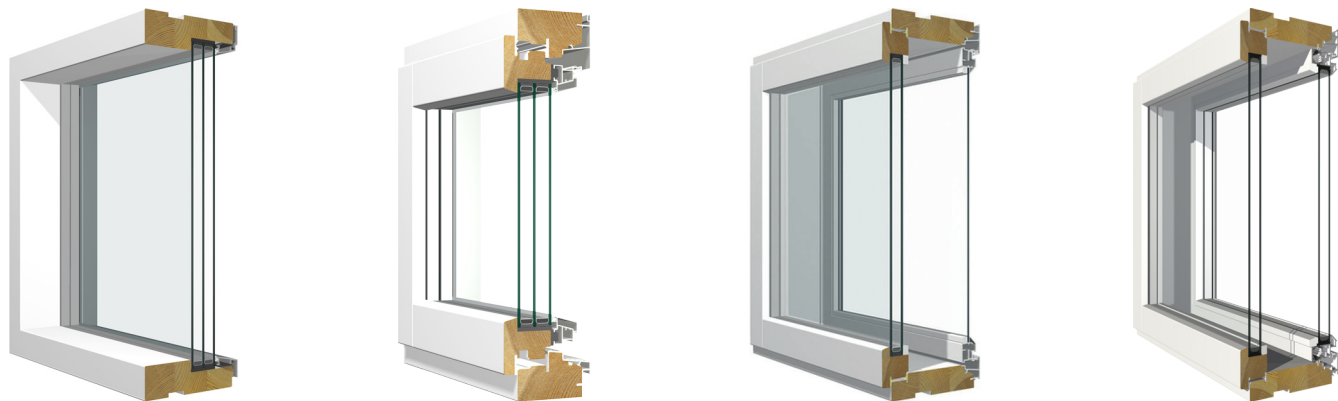
Suomalaiset avattavat ikkunat ovat tyypillisesti kaksipuitteisia ja nykyään niissä on kolmesta tai neljästä lasista koostuva lasirakenne. Aikaisemmin ikkunoissa oli kaksi tai kolme tavallista lasia. Nykyisten ikkunoiden hyvä lämmöneristävyys perustuu lasissa oleviin selektiivipinnoitteisiin ja eristyslasin täytteenä olevaan jalokaasuun, Argoniin.

Ikkunoiden lämmöneristävyys ei ole samanlainen ikkunan kaikissa osissa; vanhoissa ikkunoissa puite- ja karmirakenne eristi lasiosaa paremmin lämpöä. Nykyisissä ikkunoissa tilanne on päinvastainen, mikä johtuu siitä, että ikkunoiden lasirakenteen lämmöneristävyys on parantunut jopa kuusinkertaiseksi ja puite- ja karmirakenteet ovat säilyneet lähes entisellään.

Kuva 46 esittää Suomessa yleisimmin käytetyt ikkunatyypit. Nelilasisen ikkunan MS2E lisäksi joillain valmistajilla on käytössä ikkunatyyppi MS3E, jossa sisäpuitteessa on kolmilasinen eristyslasi ja ulkopuitteessa erillislasi. Tämän ikkunatyyppin lämmöneristävyys ovat likimäärin sama kuin ikkunatyyppillä MS2E. Tällä hetkellä yleisin ikkunatyyppi on MSE. Suomalaisten ikkunoiden karmi ja sisäpuite on pääsääntöisesti puuta ja säänkestävyyden vuoksi ulkopuite ja karmin ulkopinnan verhous ovat alumiinia. Kuvassa esitetyt keskimääräiset U-arvojen vaihteluvälit ovat tyyppillisillä lasituksilla varustettujen ikkunoiden arvoja. Tavallisuudesta poikkeavilla lasituksilla arvot voivat olla myös vaihteluvälin ulkopuolella, sillä ikkunoiden keskimääräisiin U-arvoihin vaikuttaa merkittävästi lasirakenne ja ikkunan koko.

Edellisten lisäksi on MSE-ikkunasta valmistettu tuloilmaikkuna (kuva 47), joka mahdollistaa korvausilman saannin sellaisissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihtona on koneellinen poistoilmanvaihto ja tuloilman saantia ei ole suunniteltu. Tässä ikkunatyyppissä ikkunan läpi sisälle virtaava ilma lämpenee jonkin verran ikkunan lämpöhäviöstä. Ilmavirtaus kuitenkin jäähdyttää huonetilan puoleisen lasin pintalämpötilaa, mikä voi heikentää viihtyisyyttä ikkunan lähistöllä, mutta toisaalta korvausilma tulee huonetilaan hieman lämmenneenä.

Koska sisäpinta jäähtyy, kasvattaa tämä ikkunatyyppi jonkin verran ikkunan johtumislämpöhäviöitä tavanomaiseen ikkunaan verrattuna. Ikkunan sisällä lämmennyt korvausilma palauttaa osan lämmöstä takaisin huonetilaan, minkä seurauksena kokonaislämpöhäviöt ovat jonkin verran pienemmät kuin ulkoilmaventtiilillä varustetulla vastaavalla tavallisella ikkunalla. Ero ei kuitenkaan ole suuri (Hemmilä 2013).



MEK

$U = 0,70 - 1,5 \text{ Wm}^2\text{K}$

SE

$U = 0,70 - 1,5 \text{ Wm}^2\text{K}$

MSE

$U = 0,80 - 1,5 \text{ Wm}^2\text{K}$

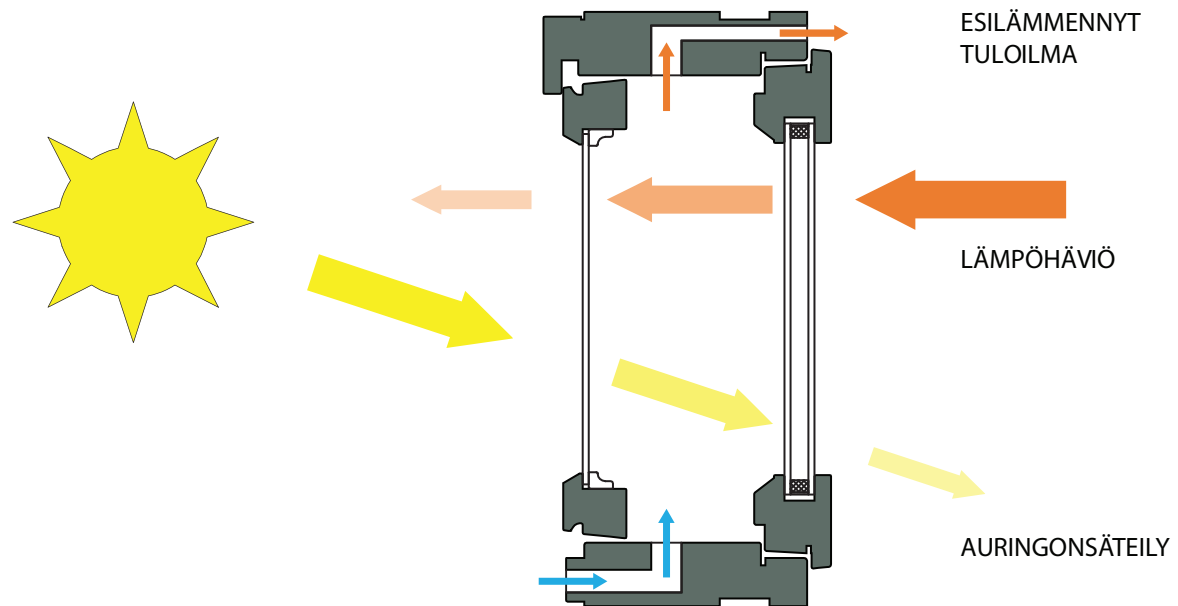
MS2E

$U = 0,60 - 0,90 \text{ Wm}^2\text{K}$

Kuva 46. Suomessa käytetyt yleisimmät ikkunatyypit ja niiden tavallisimmat U-arvot (kuvat Skaala Oy).

Poistoilmanvaihdolla varustetussa rakennuksessa on teoriassa aina huonetiloissa alipaine, jonka vaikutuksesta ilma virtaa huonetilan ikkunan läpi ulkoa sisälle. Käytännössä kuitenkin tuuli voi sekoittaa rakennuksen painesuhteita ja rakennuksen tuulensuojaisella puolella huonetilassa voi olla ylipainetta ulkoilmaan nähden, jolloin ilma virtaa väärään suuntaan ikkunan läpi sisältä ulos. Vaikka nykyisissä tuloilmaikkunoissa onkin läppäventtiili, se ei sulje täysin ilmavirtausta väärään suuntaan. Tämän vuoksi rakennuksen huonetiloissa tulee olla alipaine ulkoilmaan verrattuna suurimman osan ajasta, muuten ikkunan läpi väärään suuntaan kulkevasta huoneilmasta voi tiivistyä kosteutta ikkunan sisälle.

Näin ollen tämä ikkunatyyppi ei sovellu painovoimaisella sekä tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustettuihin rakennuksiin. Myös kaksikerroksisissa omakotitaloissa toisen kerroksen ikkunana tuloilmaikkuna on huono vaihtoehto edellä mainitusta syystä. Tämän ikkunatyyppin paras sovelluskohde on ikkunoiden uusinta sellaisissa poistoilmanvaihdolla varustetuissa kerrostaloissa, joissa ei ole alun perin suunniteltu korvausilman saantia. Ikkunatyyppi soveltuu sellaisiin poistoilmanvaihdolla varustettuihin rakennuksiin, joissa ei ole alun perin suunniteltu korvausilman saantia, eikä rakennukseen ole myöhemmin kukaan tarkoitus tehdä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää.



Kuva 47. Lämpö- ja ilmavirtaukset tuloilmaikkunan läpi. Tuloilmasuihku ohjataan huonetilassa tyypillisesti kattoa kohti, jolloin vedontunne oleskeluvyöhykkeellä vähenee (kuva VTT Oy).

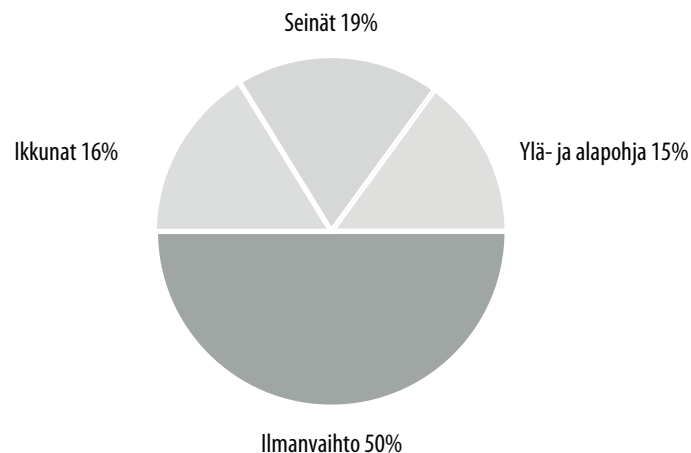
6.4.2 Ikkunoiden merkitys korjauksessa

Ikkunoiden suurimmat rasitukset aiheutuvat ulkoilmaston säärasituksista, joista ikkunan kannalta rasittavimmat ovat sade ja auringonsäteily. Tästä syystä suurimmat rasitukset kohdistuvat etelä- ja länsijulkisivujen ikkunoihin. Rasitukset kuluttavat ja vanhentavat ikkunan materiaaleja ja aiheuttavat ajan myötä ikkunaan vaurioita. Näiden tyypit riippuvat varsin paljon ikkunassa käytetyistä materiaaleista. Esimerkiksi puuikkunassa sateen ja auringonsäteilyn yhteisvaikutus aiheuttaa maalipinnan vaurioita ja puun kosteusvaihtelut puun halkeilua, homehtumista ja lahoa. Huollon ja kunnossapidon tehtävänä on hidastaa vaurioitumista ja korjata vaurioituneet osat. Kun vanhat puuikkunat ovat niin huonossa kunnossa, ettei vikojen ja vaurioiden korjaaminen ole taloudellisesti kannattavaa, ikkunoiden vaihtaminen uusiin puu-alumiini-ikkunoihin parantaa lämmöneristävyiden lisäksi myös säänkestävyyttä ja vähentää huoltotarvetta.

Ikkunoiden pinta-ala on huoneistoalaan verrattuna tyypillisesti 10–15 %. Vanhassa asuinrakennuksessa ikkunoiden osuus huonetilojen lämmitysenergiankulutuksesta on noin 15–20 %. Kuva 48 on esimerkki erästä kerrostalosta ja siinä ikkunoiden osuus on 16 %. Vaihtamalla vanhat kaksilasiset ikkunat nykyaikaisiksi ikkunoiden osuus huonetilojen lämmitysenergiankulutuksesta on mahdollista puolittaa.

Vanhoissa rakennuksissa ikkunoiden tiivisteiden ilmavuodot toimivat korvausilmareittinä eikä näihin rakennuksiin yleensä ole rakennettu muita korvausilman saantia varmistavia venttiileitä. Tällaisissa tilanteissa ikkunoiden vaihdon tai tiivistämisen yhteydessä tulee varmistaa korvausilman riittävä saanti ja tarvittaessa rakentaa seiniin tai ikkunoihin erilliset venttiilit.

Rakennusvalvontaviranomaiset voivat vaatia ikkunoiden remontoinnista toimenpide- tai rakennusluvan. Erityisesti tämä koskee tapauksia, joissa ikkunat uusitaan ja niiden väri tai ikkunajako muutetaan. Tasolasin vaihtaminen eristyslasiksi tai kaksilasisen eristyslasin vaihtaminen kolmilasiseksi ei tarvinne lupaa. Varman tiedon luvan tarpeellisuudesta eri tapauksissa saa kysymällä kunnan rakennusvalvonnasta.



Kuva 48. Esimerkki 1970-luvun kerrostalon lämmitysenergiankulutuksen jakaumasta (Hemmilä, Saarni, Taivalantti 2000).

Kun lupa vaaditaan, on noudatettava ympäristöministeriön asetusta (rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13), jonka mukaan uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon tulee olla $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ tai pienempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan.

Ikkunoiden vaihtaminen ja kunnostaminen on mahdollista kaikkina vuodenaikoina. Vanhan ikkunan poisto ja uuden asennus vie aikaa 0,5–2 h. Ikkunoiden korjausta tekevät yritykset käyttävät yleisesti ikkunoiden ulkopuolelle tilapäisesti asennettavia sääsuojia.

6.4.3 Aurinkosuojaus, varjostusratkaisut

Rakennukseen kohdistuvaan auringon säteilyyn vaikuttavat maastoesteet, kasvillisuus sekä ympäröivät rakennukset, ja lisäksi auringon säteilyn aiheuttamaan lämpökuormaan voidaan vaikuttaa rakennusteknisin keinoin. Ympäristövarjostuksen määrä riippuu vuoden- ja vuorokaudenajasta.

Rakennusten eristystason parantaminen ja sisäisten lämpökuormien jatkuva kasvu ovat johtaneet siihen, että ikkunoiden aurinkoenergian läpäisyminaisuuksiin joudutaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota rakennuksen ikkunoita valittaessa. Lasirakenteen aurinkoenergian suuri kokonaisläpäisyysuhde (g-arvo) lisää ilmaislämpökuormaa ja voi kasvattaa rakennuksen jäähdytystarvetta kesällä. Läpäisyysuhteen pienentäminen taas vähentää auringon lämpökuormien hyväksikäyttöä lämmityskaudella. Tarkoitukseen on sekä lasi- että varjostusteknisiä ratkaisuja.

Auringonsäteily koostuu ultraviolettisäteilystä, näkyvästä valosta ja infrapunasäteilystä (kuva 49). Auringonsäteilyn energiasta noin 5 % on ultraviolettialueella, 40 % näkyvän valon alueella ja 55 % infrapuna-alueella. Auringonsäteilyn kokonaisteho kohtisuoraa pintaa vasten keskipäivällä on noin $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ ja valaistusvoimakkuus kirkkaassa auringonvalossa on noin 30 000 luksia.

Sisälle tulevaan auringonsäteilyyn ja lämpöenergiaan vaikuttaa ikkunan ominaisuuksien lisäksi ikkunan suuntaus (itä - etelä - länsi), rakennuksen maantieteellinen sijainti sekä vuoden- ja kellonaika. Keskikesällä keskipäivällä auringon kulma on Helsingissä suurimmillaan noin 53 astetta. Joulun aikaan Helsingissä aurinko on kello 12 vain vähän horisontin yläpuolella ja sen säteily kohdistuu melko suoraan rakennuksen eteläjulkisivulle. Sodankylässä on talvella lähes kuukauden jakso, jolloin aurinko ei nouse lainkaan horisontin yläpuolelle.

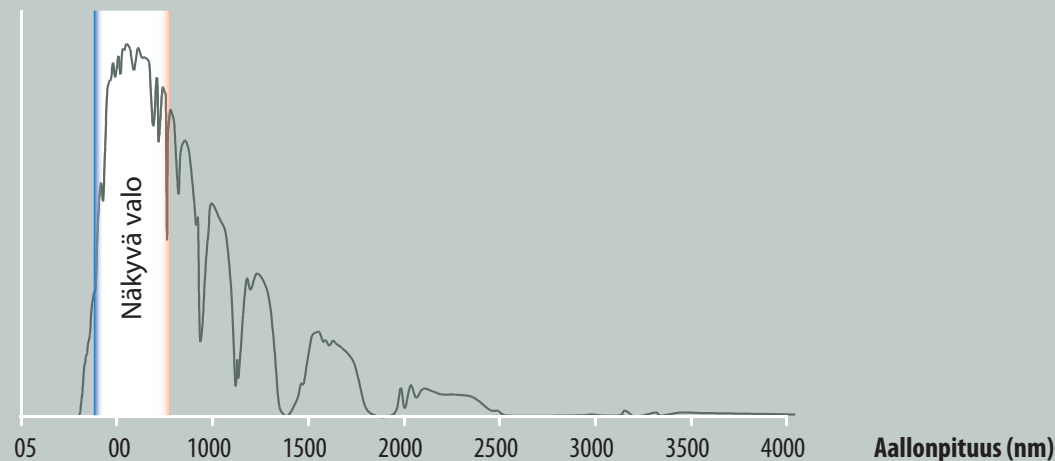
Lasirakenteiden ja ikkunoiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä (g-arvoa) on mahdollista pienentää alle neljännekseen. Tämä tarkoittaa, että pelkästään ikkunalasien avulla auringon säteilyenergiasta voi suodattaa enimmillään noin 75 %. Tehokkaimmat ratkaisut ovat lasirakenteen ulkopuolella olevat varjostukset, kuten räystäät, lipat, markiisit, kaihtimet. Keski-Euroopassa on lisäksi käytössä ikkunoiden ulkopuolella olevia ikkunaluukkuja ja rullautuvia kaihtimia, jotka sulkemalla voi torjua sisälle tulevaa auringonsäteilyä. Nämä parantavat myös ikkunoiden lämmöneristävyyttä. Haasteena voi olla ulkoilmaan rajoittuvien järjestelmien toimivuus Suomen ilmastossa.

Myös ikkunan puitteiden välissä olevilla sälekaihtimilla on saavutettavissa varsin hyviä tuloksia. Nykyisissä, selektiivilasilla varustetuissa ikkunoissa sälekaihtimeksi tulee valita valkea tai hopeanvärinen kaihdin, jotta vältetään puitteiden välisessä ilmatilassa olevan kaihtimen lämpenemisestä aiheutuva lasien rikkoutumisriski.

Auringonsuojalasit toimivat parhaiten niissä ikkunoissa, joissa ulkoilmaa vasten on eristyslasi. Tällöin heijastava auringonsuojalasi voidaan asentaa ikkunan uloimmaksi lasiksi ja näin vähennetään lasirakenteen sisäosien lämpenemistä ja pienennetään lämmöstä aiheutuvaa lasien rikkoutumisriskiä. Aurinkosuojalasit siis pienentävät auringon säteilyn lämmittävää vaikutusta myös silloin, kun ylimääräinen lämpö olisi toivottavaa.

MSE- ja MS3E-ikkunoissa ulkopuitteessa on erillinen lasi ja siihen ei voi asentaa heijastavaa auringonsuojalasia, vaan se pitää asentaa sisäpuitteen uloimmaksi lasiksi. Jos näihin ikkunoihin asennetaan myös sälekaihdin, auringonsuojalasi ei toimi kaihtimen ollessa suljettuna, koska lasi heijastaa vain auringon lyhytaaltoista lämpösäteilyä eikä se pääse suljetun kaihtimen taakse lasin pinnalle. Näissä ikkunoissa sälekaihtimella saavutetaan parempi aurinkosuojaus kuin auringonsuojalasilla. Sälekaihtimien etuna on myös se, että ne estävät suoran auringonpaisteen aiheuttaman häikäisyn, mitä auringonsuojalasit eivät tee.

Auringonsuojalaseja on sekä heijastavia että läpivärjättyjä. Näistä heijastavat ovat tehokkaimpia torjumaan auringon lämpösäteilyä ja niiden läpi tuleva valo on enemmän neutraalia kuin läpivärjättyillä lasilla varustetuissa ikkunoissa. Taulukko 6 esittää erilaisten ikkunoiden lasirakenteiden lämmönläpäisykertoimet, auringonsäteilyn kokonaisläpäisevyydet sekä valonläpäisyn. Arvot ovat esimerkkejä ja pätevät vain lasketuilla lasirakenteilla. Ikkunavalmistajat ilmoittavat omille tuotteilleen vastaavat arvot ja ne voivat poiketa jonkin verran taulukon arvoista.



Kuva 49. Auringon säteilyn spektri maanpinnalla.

Vanhan kaksilasisen ikkunan valonläpäisy on parhaimmillaan yli 80 %. Nykyisillä kolmilasisilla selektiivilasi-ikkunoilla valonläpäisy on yli 73 %. Auringonsuojalasit pienentävät valonläpäisyä merkittävästi. Mitä pienempi on auringonsäteilyn kokonaisläpäisy, sitä pienempi tyypillisesti on valonläpäisy.

Tarpeenmukainen aurinkosuojaus on saavutettavissa rullaverhojen, markiisien ja sälekaihtimien avulla. Tehokkain suojaus saavutetaan sijoittamalla suojaus julkisivulle ikkunan ulkopuolelle tai ulkopinnalle. Tällöin varjostusratkaisuun absorboitunut auringonsäteily poistuu suurimmaksi osaksi ulkoilmaan. Huonoin vaihtoehto on sijoittaa aurinkosuojaus ikkunan sisäpuolelle huonetilaan, jolloin verhoon tai kaihtimeen absorboitunut lämpöenergia siirtyy pääosin huonetilaan.

Auringonsuojalasit sekä ikkunan sisällä ja sisäpinnalla olevat säle- ja rullakaihtimet ja sisäpinnalla olevat sisustusverhot voivat aiheuttaa ikkunan lasien lämpenemisen niin kuumaksi, että laseja voi mennä rikki. Myös yksittäisten lasien epätasainen lämpeneminen voi aiheuttaa niiden rikkoutumisen. Rikkoutumisen aiheuttaa yksittäisiin lasihin muodostuva suuri vetojännitys, mikä voi aiheutua seuraavista tekijöistä (Hemmilä, Heimonen 2005):

- eristyslasin sisällä olevan kaasun paineen kasvaminen lämpötilan kohoamisen vuoksi
- auringonsäteilyn epätasainen jakautuminen ikkunan pinnalle esimerkiksi maastoesteiden varjostuksen vuoksi
- lasin epätasainen alareunan tuenta
- ulkoinen kuormitus, esimerkiksi tuuli
- painovoima.

Edellä mainittuun rikkoutumisriskiin vaikuttavat ikkunan koko, lasirakenteen korkeuden suhde leveyteen, lasien tyypit ja paksuudet. Vanhoissa kaks- ja kolmilasisissa ikkunoissa lasien rikkoutumisriski on pieni, mutta nykyisissä, hyvin lämpöä eristävissä ikkunoissa riski on suurempi; mitä parempi lämmöneristävyys, sitä suurempi riski. Rikkoutumisriskiä voidaan pienentää muun muassa seuraavilla tavoilla:

- auringonsuojalasi sijoitetaan ikkunan uloimmaksi lasiksi
- varjostusratkaisut asennetaan ikkunan ulkopuolelle
- ikkunan karmin ja ulkopuitteen ulkopinnassa käytetään vain vaaleita sävyjä
- sälekaihtimissa käytetään vain valkoisia ja metallipintaisia, peilimäisiä säleitä
- sälekaihtimet ja rullaverhot pidetään joko ala- tai yläasennossa; ei puolittain nostettuna
- ikkunan sisäpinnalla oleva kaihdin, rullaverho ja sisustusverho sijoitetaan siten, että ikkunan ja verhon väliin jää joka puolelta avoin tuuletusrako, joka mahdollistaa huoneilman virtauksen ikkunan ja verhon väliin
- vältetään eristyslasin suuria lasivälejä (esimerkiksi 18–21 mm)
- ikkunassa käytetään karkaistua lasia niissä kohdissa, joiden lämpörasitus on suurin.

nro	lasi 1	väli	lasi 2	väli	lasi 3	väli	lasi 4	U-arvo	g-arvo	valoläp.	lasirakenne
1	kirkas 4							5.8	0.87	0.90	
2	auringons. vihr. 4							5.8	0.65	0.80	
3	auringons. vihr. 6							5.8	0.58	0.75	
4	selektiivi 4	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4			0.53	0.47	0.71	
5	auringons. 70_4	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4			0.53	0.34	0.63	
6	auringons. 50_6	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4			0.53	0.24	0.45	
7	kirkas 4	ilma-100	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4			0.82	0.55	0.73	
8	auringons. vihr. 4	ilma-100	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4			0.82	0.41	0.65	
9	float/4	ilma-100	auringons. 70_4	Argon-16	kirkas 4			0.82	0.38	0.65	
10	float/4	ilma-100	auringons. 50_6	Argon-16	kirkas 4			0.81	0.31	0.46	
11	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	ilma-100	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.46	0.65	
12	auringons. 70_4	Argon-16	kirkas 4	ilma-100	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.32	0.58	
13	auringons. 50_6	Argon-16	kirkas 4	ilma-100	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.22	0.41	
14	auringons. vihr. 4	Argon-16	selektiivi 4	ilma-100	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.35	0.58	
15	kirkas 4	ilma-100	selektiivi 4	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.46	0.65	
16	auringons. vihr. 4	ilma-100	selektiivi 4	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.33	0.58	
17	kirkas 4	ilma-100	auringons. 70_4	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.33	0.58	
18	kirkas 4	ilma-100	auringons. 50_6	Argon-16	kirkas 4	Argon-16	selektiivi 4	0.47	0.26	0.41	

Taulukko 6. Lasivalinnan vaikutus erilaisten lasirakenteiden U- ja g-arvoon sekä valonläpäisevyyteen joissain esimerkitapauksissa. Arvot riippuvat mm. selektiivilasien tyypistä. Tässä esitetään erään valmistajan 4 ja 6 mm paksujen lasien arvot. Arvot eivät sisällä karmi- ja puiteosien vaikutusta.

Kuva 50. Pitkät räystäät poistavat sisälle tulevan suoran auringonpaisteen kesällä, mutta keväällä ja syksyllä auringon paistessa matalammalta räystäät mahdollistavat ilmaisen energian hyödyntämisen lämmityksessä (kuva VTT Oy).



Kuva 51. Markiisi mahdollistaa tarpeenmukaisen aurinkosuojauksen (kuva Apollo Kaihdin ja Markiisi Oy).





Kuva 52. Sälekaihtimen avulla yksityisyyden suojaus ja aurinkosuojaus ovat säädettävissä (kuva Domus Yhtiöt Oy).

6.4.4 Ikkunaratkaisut

Ikkunoita valittaessa ostajan tulee kiinnittää huomiota ulkonäön ja lämmönläpäisykertoimen lisäksi alla lueteltuihin ominaisuuksiin ja esittää niille tarvittaessa omat vaatimuksensa, vaikkeivät viranomaiset niille rajoja olekaan asettaneet.

Sateenpitävyys on ikkunoiden oleellisia ominaisuuksia lämmöneristävyyden ohella. Sadeveden tunkeutuminen ikkunan sisälle lisää huoltotarvetta ja voi lyhentää ikkunan kestoikää. Sadevesi voi tunkeutua myös huonetilaan tai seinän sisälle (kuva 53), missä se voi vaurioittaa materiaaleja ja pahimmillaan aiheuttaa homeen kasvua tai lahovaurioita.

Eri rakennuksista kaikkein pienimmät sade- ja tuulirasitukset ovat metsän keskellä, kaukana merestä sijaitsevassa pitkä-räystäisessä pientalossa ja suurimmat meren rannalla sijaitsevassa monikerroksisessa rakennuksessa. Tämän vuoksi eri rakennusten ikkunoiden sateenpitävyydellä on erilaiset vaatimukset.

Suomessa ei ole rakentamismääräyksissä vaatimuksia ikkunoiden sateenpitävyydelle, mutta standardissa SFS 7031:2016 on esitetty vaatimukset eri tyyppisille rakennuksille (taulukko 7). Suurimmat sateenpitävyyden luokat ovat korkeissa rakennuksissa ja silloin, kun rakennus sijaitsee meren lähellä. Vaatimus edustaa minimitasoa. Mikään ei kuitenkaan estä käyttämästä paremman sateenpitävyysluokan ikkunoita. Näin menetellen vuotoriski pienenee ja tällä saavutetaan lisää varmuutta ikkunoiden ominaisuuksien heikkenemistä vastaan tiivisteiden vanhenemisen vuoksi. Vaatimukset ja luokitukset koskevat vain ikkunaa komponenttina, ei seinän ja ikkunan muodostamaa kokonaisuutta. Sateenpitävyyttä on käsitelty laajemmin luvussa 6.6.

Ilmanpitävyys on paljolti ikkunan sisäpuitteen tiivisteiden määrittelemä ominaisuus (kuva 54). Ilmavuodot eivät samalla tavalla vaurioita ikkunaa kuin vesivuodot, mutta ilmavuodot lisäävät tarpeetonta ilmanvaihtoa ja sillä tavalla kasvattavat lämmitysenergian tarvetta. Toisaalta voimakas ilmavuoto ikkunan läpi voi heikentää myös sateenpitävyyttä ja sisältä ulos tapahtuva ilmavuoto voi kuljettaa ikkunan sisälle huoneilman kosteutta, joka voi tiivistyä kylmiin pintoihin, kuten ulkopuitteen lasin sisäpintaan.

Suomessa ei ole rakentamismääräyksissä vaatimuksia ikkunoiden ilmanpitävyydelle, mutta standardissa SFS 7031:2016 on esitetty vaatimukset eri tyyppisille rakennuksille. Tuulettomilla sisämaan paikoilla vaatimuksena on luokka 3 ja muille rakennuksille tai muualla oleville rakennuksille luokka 4. Vaatimus edustaa minimitasoa. Mikään ei kuitenkaan estä käyttämästä paremman ilmanpitävyysluokan ikkunoita.

Ikkunoiden ja seinän välinen liitos voi olla myös ilma- ja vesivuotokohta. Tähän liitokseen ja ikkunan kiinnittämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Näitä tekijöitä on käsitelty luvussa 6.6.1.

Avattavuus on tuuletusikkunoiden tärkeä ominaisuus. Ikkuna voidaan varustaa erillisillä saranoilla ja lukoilla tai yhdistetyllä saranointi- ja lukitusjärjestelmällä. Jälkimmäinen mahdollistaa ikkunan avaamisen normaalisti sivulta saranoituna tai yläreunastaan kippiasentoon tuulettamista varten.

Palonkestävyys voi olla tärkeä ominaisuus palo-osastojen reunoilla ja lähekkäisissä rakennuksissa olevissa ikkunoissa. Normaalien rakennuksen ikkunoille ei kuitenkaan ole palonkestävyysvaatimuksia.

Palonsuojaikkuna on puite-, karmi- ja lasirakenteen yhteinen ominaisuus. Palonsuojalasien asentaminen tavalliseen ikkunaan ei tee siitä palonsuojaikkunaa, vaan ikkunan tulee olla testattu. Ikkuna voi olla avattava, mutta sitä ei saa käyttää tuuletusikkunana.



Kuva 53 (vas.) Ikkunan vesivuodon aiheuttama vaurio seinän pinnoitteessa (kuva VTT Oy).

Kuva 54 (oik). Ilmavuodot näkyvät tiivisteissä ja karmissa tummana likana (kuva VTT Oy).

Luokka	Paine-ero (Pa)	Kohde
8A	450	Pientalo
9A	600	Matala rakennus
E750	750	Korkea rakennus tai rakennus meren rannalla

Taulukko 7. Ikkunoiden sateenpitävyysluokkien vaatimustasot eri rakennuksissa (SFS 7031:2016).

Kondenssi ikkunan ulkopintaan aiheutuu siksi, että ulkolasi jäähtyy ulkoilmaa kylmemmäksi, kuva 55. Syynä tähän on lasin lämpösäteily ympäristöön ja taivaalle. Pilvetön taivas ulkoilmaa kylmempänä säteilee ikkunaan päin vähemmän lämpöä kuin ikkuna säteilee pois, jolloin lasi jäähtyy ulkoilmaa kylmemmäksi. Tavallisessa kaksi- ja kolmilasisessa ikkunassa lämpövuoto sisältä yleensä kompensoi säteilyjen eron, mutta nykyaikaisten ikkunoiden lämpövuoto on niin pieni, että ulkopinta pääsee jäähtymään tietyissä olosuhteissa ulkoilmaa kylmemmäksi.

Suurin tiivistymisriski on syksyisin, jolloin ulkoilman kosteus on suuri ja ikkunan lämpöhäviö ulko- ja sisäilman pienen lämpötilaeron vuoksi on pieni. Ikkunoiden sijainti rakennuksessa vaikuttaa siten, että korkealla oleviin ikkunoihin ja kattoikkunoihin taivaan lämpötila vaikuttaa enemmän kuin ensimmäisen kerroksen ikkunoihin, minkä vuoksi korkealla sijaitsevilla ikkunoissa tiivistymisriski on suurempi. Kosteuden tiivistyminen ulkopintoihin ei vaikuta ikkunoiden kestävyyskykyyn. Käytännössä haittana ovat hetkittäinen huono läpinäkyvyys ja ulkopinnan herkempi likaantuvuus. Kosteuden tiivistyminen ikkunan ulkopintaan voidaan estää lähes kokonaan käyttämällä ikkunan uloimpana lasina huurtumisen estävää lasia. Myös pitkät räystäät, rakennuksen edessä olevat puut ja muut rakennukset sekä julkisivulla olevat auringonsuojaritilät voivat estää kosteuden tiivistymisen ikkunalasien ulkopintaan.

Ulkoilman lämpötilan nopea nousu kylmän yön jälkeen aiheuttaa myös kondenssia ikkunoiden ulkopintaan. Tässä tilanteessa ikkunan lämpötila seuraa viiveellä ulkoilman lämpötilaa ikkunan lämpökapasiteetin vuoksi. Jotta lämpötilan noususta johtuvaa kondenssia esiintyisi, tuulen pitää olla vähäistä, ulkoilman lämpötilan nousta nopeasti ja ulkoilman olla hyvin kostea.

Ulkoilman nopeasta lämpötilan noususta aiheutuvaa kondenssia ei pystytä estämään rakenteellisin keinoin. Tästä syystä aiheutuvaa kondenssia voi joskus esiintyä myös niissä ikkunoissa, jotka ovat räystäiden ja katosten alla.



Kuva 55. Ikkunan ulkopintaan voi ajoittain tiivistyä ulkoilmasta kosteutta (kuva VTT Oy).

Ääneneristävyys ilmoitetaan desibeleinä [dB], joka on korvan ominaisuuksien vuoksi logaritminen yksikkö. Logaritmisuudesta johtuen äänitehon kaksinkertaistuminen merkitsee 3 dB:n kasvua äänenvoimakkuudessa. Tämä on myös se äänenvoimakkuuden muutos, jonka korva juuri ja juuri erottaa. Logaritmisuudesta johtuen, kun ikkunan läpi tulee 1/10000 alkuperäisestä äänitehosta, ikkunan ilmaääneneristävyys on 40 dB. Ääneneristävyys voi ikkunoissa olla parhaimmillaan luokkaa 50dB.

Kaavoittaja on asettanut joillekin lento- ja liikennemelun rasittamille alueille vaatimuksen rakennusten ikkunoiden ääneneristävyydestä. Jos tämä kaavamääräys on tullut talon rakentamisen jälkeen, ikkunoita uusittaessa saatetaan vaatia samat ominaisuudet uusilta ikkunoilta.

Valonläpäisevyyden rajana usein pidetään 60 %:a. Jos ikkuna läpäisee valoa edellä mainittua vähemmän, aletaan havaita eroa ikkunan nk. "normaaliin" valonläpäisyyteen (RIL-198-2001). Vanha kaksilasinen ikkuna kahdella kirkkaalla 3 mm:n paksuisella lasilla varustettuna läpäisee valoa 83 %. Nykyisillä kolmilasisilla selektiivilasilla varustetuilla ikkunoilla valonläpäisy on noin 73 %. Tämä merkitsee sitä, että uusittaessa ikkunoita luonnonvalon määrä huonetiloissa vähenee jonkin verran. Jos uusiksi ikkunoiksi valitaan nelilasiset tai auringonsuojalasilla varustetut, valonläpäisy pienenee tästäkin arvosta.

Läpi tulevan valon määrän lisäksi oleellinen tekijä on valon väri. Lasit ja selektiiviset pinnoitteet suodattavat jossain määrin tiettyjä värejä, jolloin läpi tulevan valon väri voi muuttua neutraalista esimerkiksi vihertäväksi, kellertäväksi tai sinertäväksi. Yleensä värimuutokset ovat niin pieniä, ettei niillä ole käytännön merkitystä.

Auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä (g-arvoa) on pelkästään lasirakenteilla mahdollista pienentää alle neljännekseen. Tehokkaimmat ratkaisut ovat lasirakenteen ulkopuolella olevat varjostukset, kuten räystäät, lipat, markiisit, kaihtimet. Näitä tekijöitä on käsitelty laajemmin luvussa 6.4.3.

UV-säteilyn läpäisyn rajoittaminen saattaa joissain tapauksissa olla tarpeen. Nykyaikainen kolmilasinen selektiivilasilla varustettu ikkuna läpäisee noin neljänneksen ultraviolettisäteilyä. Tällä säteilyllä on merkitystä joidenkin materiaalien haalistumiseen, mutta myös suoran auringonpaisteen voimakas valaistus haalistaa useimpia materiaaleja. Haalistumisen estämisessä tärkeintä on estää suoran auringonpaisteen pääsy suojattaville pinnoille. Ikkunan läpi tulevan UV-säteilyn suodattamisen hyöty on vähäinen pintojen haalistumisen estämisessä.

Henkilöturvallisuus perustuu ikkunoissa turvalaseihin, jotka nykymääräysten mukaan voidaan asuinrakennuksissa korvata 6 mm:n lasilla. Rakentamismääräyskokoelman osassa F2 on opastettu, mitkä rakennuksen ikkunat tulee varustaa turvalaseilla. Osasta F2 on valmisteilla asetus, jonka vaatimukset on syytä tarkistaa sen tultua voimaan. Jotkin ikkunat voidaan suunnitella hätäpoistumisteiksi ja tämä on otettava huomioon ikkunoiden lukitusta tai lasirakennetta valittaessa.

Murronkestävyys voi olla tavoiteltu ominaisuus ikkunoissa matalassa rakennuksessa. Normaalit ikkunat eivät ole murronkestäviä. Niiden lasit ja lukitus ovat helposti rikottavissa. Jälkikäteen asennettavilla kalvoilla voidaan heikentää läpikutumista lasiosan kautta, mutta ne eivät tee ikkunasta murtosuojaikkunaa. Myöskään laminoidun lasin asentaminen tavalliseen ikkunaan ei tee siitä murtosuojaikkunaa.

6.4.5 Parhaat käytännöt

Ikkunoiden ja rakennuksen toimivuuden kannalta ja tärkeää, että ikkunat asennetaan huolella sekä ikkunoiden ja seinän välinen liitos tiivistetään hyvillä materiaaleilla huolellisesti. Ilmanpitävyyden kannalta paras tulos saavutetaan, kun vanhan ikkunan karmi poistetaan seinästä ennen uuden asentamista. Silloin uuden ikkunan karmin ja seinän välinen liitos saadaan tiivistettyä kunnolla eikä tämä liitos vuoda ilmaa.

Ikkunoiden vaihtamista on opastettu RT-korteissa RT 41-10947 ja Ratu F32-0350.

Ikkunoiden asentamista on käsitelty RunkoRYL 2010-ohjeen luvussa 7.3.1 Ovi- ja ikkunatyö.

Ikkunoiden ja seinän välisen suojapellityksen tekoa on opastettu RT-kortissa RT 80-11202. Tämän pellityksen tehtävänä on estää sadeveden pääsy seinärakenteen sisälle. Kuvat 55 ja 56 esittävät toimivia pellitysratkaisuja.

Ikkunoiden korjausratkaisuja esitetään yritysten toimittamaan materiaaliin perustuvassa liitteessä C.



Kuvat 56 ja 57. Ikkunapellityksessä tulee olla riittävä kallistus ja niiden tulee estää sadeveden pääsy seinän sisään (kuvat Inwido Finland Oy/Pihla).

6.4.6 Korjausesimerkki – Ikkunoiden ja ilmanvaihdon korjaus

Turkulaisen Asunto-osakeyhtiö Leirikentän yli 40 vuoden ikäisissä taloissa vaihdettiin kaikki 440 ikkunaa. Samalla vaihdettiin parvekeovet, poistopuhaltimet ja uusittiin ikkunoiden välissä olevat julkisivun eristykset. Ikkunaremontin yhteydessä uusittiin myös ilmanvaihdon ohjaus.

Vuonna 1978 rakennetuissa taloissa oli vielä alkuperäiset kaksipuitteiset puuikkunat (kuva 58). Vanhojen ikkunoiden U-arvo oli arviolta 2,5 W/(m²K) ja lisäksi niiden tiivisteet olivat huonokuntoiset, joten ikkunat aiheuttivat vedon tunnetta. Ikkunoiden ulkopinnan puuosat olivat vaurioituneet, eikä niiden kunnostaminen ollut enää kannattavaa.

Leirikentän kaksikerroksiset talot ovat paikalla valettuja ja tiiliverhoiltuja. Vanhat karmit olivat tiukasti kiinni betonissa. Irrotuksessa huomattiin, että uusien ikkunoiden kiinnittämiseksi täytyi asentaa ns. apukarmit (kuvat 59 ja 60). Vanhat ikkunat saatiin irrotettua siististi. Ikkunoiden välissä olleet eristykset ja julkisivupellit purettiin ja tehtiin uudet koolaukset (kuva 61).



*Kuva 58.
Julkisivu ja ikkunat ennen remonttia (kuvat
Inwido Finland Oy/Pihla).*

Kuvat 59 ja 60. Vanhat karmit olivat tiukasti kiinni betonissa (vasen kuva). Uusien ikkunoiden kiinnittämiseksi täytyi asentaa apukarmit (oikealla) (kuvat Inwido Finland Oy/Pihla).

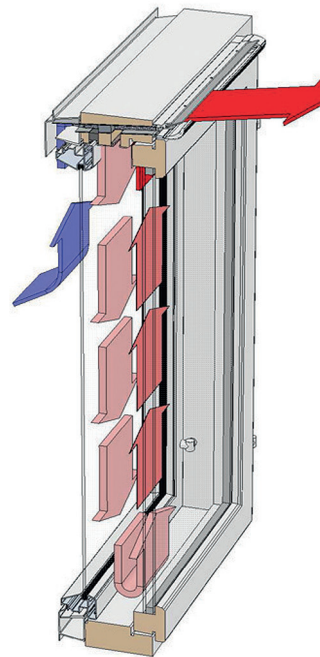


Uudet tuloilmaikkunat ja parvekeovet

Koska Leirikentän taloissa oli vain koneellinen poistoilmanvaihto, taloihin asennettiin siihen soveltuvat tuloilmaikkunat (kuva 62). Ikkunassa on sekä sisä- että ulkopuitteessa 2-kertainen lämpölaselementti. Uloimmaiseksi lasiksi valittiin huurtumaton lasi sen huurtumisriskin pienentämiseksi.

Tuloilmaikkunan läpi ulkoa sisälle tuleva korvausilma esilämpiiä ennen huoneilmaan tuloa. Näin sisään tuleva ilma ei tunnu niin kylmältä kuin se tuntuisi suoraan ulkoa ohjattuna. Kohteeseen valitulla lasituksella Pihla Termo -ikkunoiden U-arvo on $0,77 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, kun ikkunan läpi ei oteta korvausilmaa. Oveksi valittiin Pihlan kokolasinen parvekeovi, jonka U-arvo on $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kuva 63 esittää rakennuksen korjausten jälkeen.



Kuvat 61 ja 62. Ikkunoiden välissä olleet vanhat lämmöneristeet ja julkisivupellit purettiin ja tehtiin uudet koolaukset (oikea). Vasemmalla tuloilmaikkunan toimintaperiaate, kuvassa kolmilasinen, kohteessa nelilasinen ikkuna (kuvat Inwido Finland Oy/Pihla).

*Kuva 63. Rakennus korjausten jälkeen
(kuva Inwido Finland Oy/Pihla).*



Asennuksessa huomio tiiveyteen, huolellisuuteen ja turvallisuuteen

Ikkunavalmistajan omat asentajat suorittivat asennukset, ja asentajien työskentelyssä otettiin huomioon asukkaiden ja asentajien turvallisuus koko remontin ajan. Ikkunoiden ja ovien asennuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota ikkunan karmien ja seinärakenteen välin tiivistämiseen ja ilmatiiveyteen. Eristerako täytettiin uretaanivaahdolla ja sisäpuolelta sauma tiivistettiin massamallalla sekä viimeisteltiin peitelistalla. Ulkopuolelle asennettiin vesipelti ja ikkunan ympärys viimeisteltiin pellityksellä. Pellitykset tehtiin noudattaen RT-kortin (RT 80–11202) ohjeita.

Ilmanvaihto paremmaksi samalla kertaa

Ilmanvaihto on tärkeä asukkaiden terveyden ja viihtyisyyden sekä rakennuksen säilymisen kannalta. Myös ikkunaremontin yhteydessä on aina varmistettava, että tilojen ilmanvaihto on riittävä remontin jälkeen. Ikkunaremontin suunnitteluvaiheessa todettiin, että huonosta sisäilmasta oli tullut valituksia taloyhtiössä. Ikkunaremontin yhteydessä päätettiin uusia myös ilmanvaihdon ohjaus ja poistopuhaltimet. Etäautomaatio säättää ilman vaihtumista 72 asunnossa automaattisesti.

Uusien ikkunoiden ja ilmanvaihdon uuden ohjauksen asentamisen jälkeen ilmanvaihto säädettiin tarkasti. Huoneistokoh- taisten poistoventtiilien säätäminen useammalle ilmanvaihdon teholle varmisti, että ilma vaihtuu huoneistoissa määräys- ten mukaisesti kerroksesta riippumatta. Rakennusten lämmitysjärjestelmään ei tässä yhteydessä koskettu.

Asumismukavuus parani ja lämmitysenergiaa säästyy

Ennen remonttia ikkunat tuntuivat vetoisilta. Ikkunaremontin jälkeen viihtyisyys huonetiloissa parani ja tehtyjen korjaus- ten (ikkunat, iv:n säätö, uudet poistoilmakojeet, ikkunoiden välitilan eristyksen korjaus ja parvekeovet) vaikutuksesta läm- mitysenergiaa säästyy yli 10 % normitettuna keskiarvona.

Kohde:	As Oy Leirikenttä, Turku
Rakennusvuosi:	1978
Huoneistojen lukumäärä:	72
Kerroksia:	2
Muutostöidenpitempien ajankohta:	01.05.2013–31.05.2014
Muutostöidenpiteet:	Ikkunat, parvekeovet, ikkunoiden välitilan lämmöneristys, Ilmanvaihdon automatisointi, uudet huippuimurit ja ilmanvaihdon säätö
Normitettu energiankulutuslaskelma:	
Energiankulutus ennen muutostöitä	628,3 MWh
Energiankulutus muutostöiden jälkeen	550,9 MWh
Erotus	77,4 MWh
Toteutunut vuotuinen energiansäästö:	12,3 %

Energiansäästöä tutkitusti

Motiva Services Oy on tutkinut yli 20 saman ikkunavalmistajan toteuttamaa ikkunaremonttikohdetta, joihin oli samalla asennettu ilmanvaihdon ohjaus. Vertailu osoitti, että keskimääräinen lämmitysenergian säästö oli 14,7 % tarkasteltaessa aikaa 12 kk ennen ja 12 kk jälkeen ikkunaremontin (Motiva, <http://www.motiva.fi/files/8972/>).

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Inwido Finland Oy/Pihla:n toimittamaan materiaaliin.

6.4.7 Korjausesimerkki – Ilmanvaihdon nykyaikaistaminen ikkunoiden vaihdon yhteydessä

Järvenpääläisen omakotitalon ikkunat olivat tulleet elinkaarensa päähän. Vanhat ikkunat haluttiin päivittää uusiin sekä energiataloutta että asumismukavuutta silmällä pitäen. Samalla päätettiin parantaa rakennuksen ilmanvaihtoa.

Ikkunoiksi valittiin nelilasiset ikkunat, joiden U-arvo = $0.75 \text{ W/m}^2\text{K}$. Niiden lisäksi vanha painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä sai avukseen lämmön talteenotolla varustetut tilakohtaiset, ikkunaan integroidut ilmanvaihtolaitteet. Lämmön talteenotto ja ilmavirtojen suodatus nostavat asumismukavuutta.



Kuva 64. Saneerattu kohde valmiina, koneellinen ilmanvaihtoikkuna keskellä (kuva Skaala Oy).

Kaksi remonttia kerralla

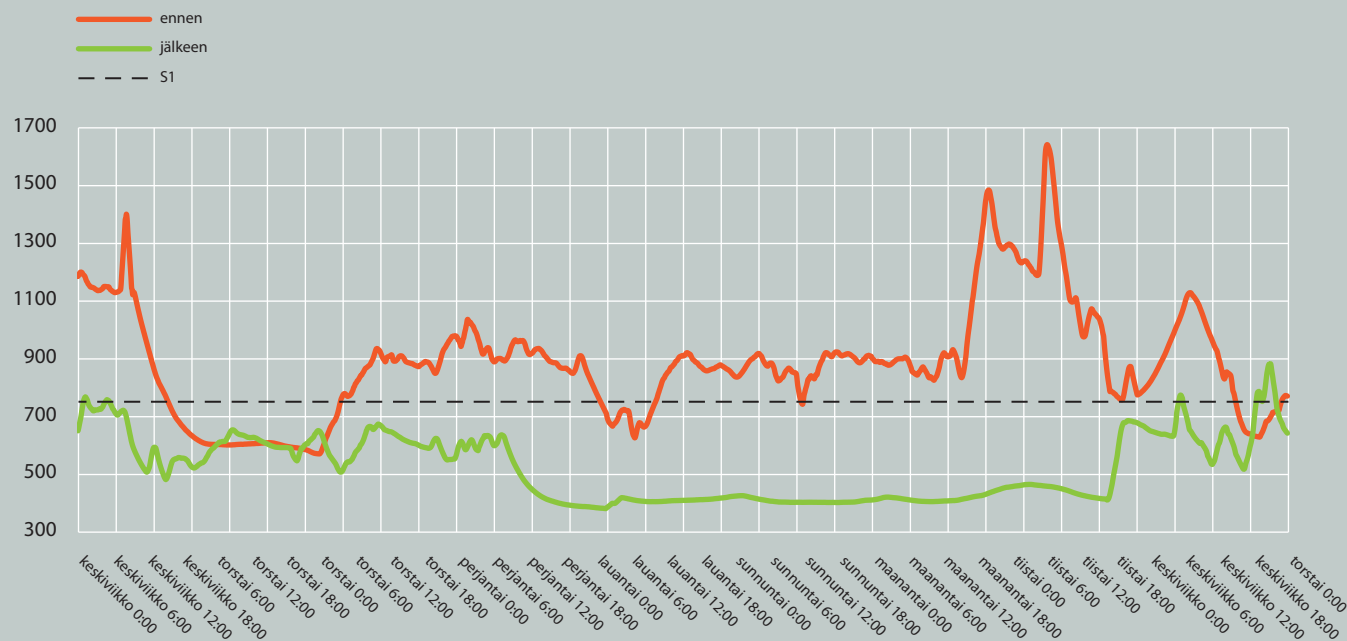
Ilmanvaihtolaite on integroituna ikkunaan, joten ikkunaremontin yhteydessä toteutuu myös ilmanvaihtoremontti. Laite mittaa poistoilman kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta ja säätää ilmanvaihdon tarpeenmukaiseksi. Näin varmistetaan sisäilman terveys sekä asumiselle että talon rakenteille. Laite toimii pienjännitteellä eli asennus ei vaadi sähköasentajaa.

Ilmanvaihtokkuna voidaan asentaa vanhaan ikkuna-aukkoon ilman lisätoita.

Esimerkkiratkaisu ja sen tiedot perustuvat Skaala Oy:n toimittamaan materiaaliin.



Kuva 65 (yllä). Ilmanvaihtolaite toimii automaattisesti, mutta halutessaan asukas voi säätää ilmanvaihtotehoa myös itse (kuva Skaala Oy).



Kuva 66 (vas). Hiilidioksidipitoisuus mitattiin kohteessa ennen (oranssi) ja jälkeen (vihreä) ilmanvaihtokkunoiden asennusta. Yksilöllisen S1-sisäilmastoluokan raja on merkitty katkoviivalla (kuva Skaala Oy).

6.5 Ovet

Ovet ovat alttiita erilaisille rasituksille.

Ovi on ikkunan ohella rakennuksen toinen heikko kohta. Kokolasisen ikkunaoven lämmöneristävyys on samaa luokkaa kuin vastaavilla laseilla varustetun ikkunan. Umpioven lämmöneristävyys on parempi. Ovien määrä erityisesti kerrostoiloissa rajoittuu huoneistossa olevan parvekkeen oveen, jolloin tämän noin 2 m² kokoisen oven osuus rakennuksen lämmitysenergiankulutuksesta on pieni. Sen sijaan omakoti- ja rivitaloissa huoneistossa saattaa olla jopa neljä ulko-ovea, jolloin niiden vajaan 10 m²:n pinta-alalla on merkitystä lämmitysenergiankulutukseen.

Kuva 67 esittää nykyisiä, tyypillisiä ovimalleja. Ovet voivat olla paneloituja, puulevypintaisia tai ulkopinnaltaan metallilevyillä ja -profileilla päällystettyjä. Ovet ovat joko yksi- tai kaksilehtisiä. Toimisto-, majoitus-, liike- ja julkisissa rakennuksissa on myös metalli- ja muoviovia. Ovien U-arvo on tyypillisesti 0,80–1,0 W/m²K. Paksuilla umpiovilla on mahdollista päästä edellä mainittua pienempään arvoon.

6.5.1 Ovityypit



Kuva 67. Suomessa käytettyjä tyypillisiä parvekkeiden ja pientalojen ikkunattomia- ja erikokoisilla ikkunoilla varustettuja ulko-ovia (kuvat Skaala Oy).

6.5.2 Ovien merkitys korjauksessa

Ovien suurimmat rasitukset aiheutuvat ovien avaamisesta ja sulkemisesta, auringonsäteilystä sekä ulko- ja huoneilman kosteudesta. Ovet ovat useimmiten lipan, katoksen tai ylemmän kerroksen parvekkeen suojaamia, joten oviin kohdistuvat saderasitukset ovat vähäisiä. Ovien käyttö aiheuttaa saranoiden, lukkojen ja tiivisteiden kulumia. Kosteusvaihtelut ja auringonpaiste voivat aiheuttaa ovilevyn kieroutumisen. Esimerkiksi puisessa ovesta kosteuden ja auringonsäteilyn yhteisvaikutus aiheuttaa maalipinnan vaurioita ja puun kosteusvaihtelut puun halkeilua, homehtumista ja lahoa. Huollon ja kunnossapidon tehtävänä on hidastaa vaurioitumista ja korjata vaurioituneet osat.

Rakennuksen energiankulutuksen kannalta ovien merkitys on paljon pienempi kuin ikkunoiden, koska ovien kokonaispinta-ala on pienempi kuin ikkunoiden ja vanhojen ovien lämmöneristävyys on monissa tapauksissa parempi kuin ikkunoiden. Toisaalta tiivisteiden kuluminen ja ovilevyn kieroutuminen kasvattaa ilmavuotoja ja siten aiheuttaa lämmönhukkaa, joka voi olla paljon suurempi kuin ovien läpi johtumalla siirtyvä lämpö.

6.5.3 Aurinkosuojaus, varjostusratkaisut

Ovien edessä on yleensä katos (sisäänkäynti, parveke), jolloin erillistä varjostusta ei tarvita. Ainoa lisävaruste on tavallisimmin sälekaihdin, jonka tehtävänä on turvata yksityisyys ja estää suoran auringonpaisteen aiheuttama häikäisy.

6.5.4 Oviratkaisut

Suomessa oville ei ole määritetty rakentamismääräyksissä muuta kuin lämmöneristävyyksivaatimus. Standardissa SFS 7031:2016 on sen sijaan vaatimuksia ilman- ja sateenpitävyydelle sekä tuulenpaineen kestävyydelle.

Ovien korjausratkaisuja esitetään yritysten toimittamaan materiaaliin perustuvassa liitteessä C.

6.5.5 Parhaat käytännöt

Ovien, samoin kuin ikkunoiden ja rakennuksen toimivuuden kannalta ja tärkeää, että ovet asennetaan huolella sekä ovien karmin ja seinän välinen liitos tiivistetään hyvillä materiaaleilla huolellisesti. Ovien ominaisuuksia ja asentamista on käsitelty RT-kortissa RT 42-11058 ja RunkoRYL 2010-ohjeen luvussa 7.3.1 Ovi- ja ikkunatyö.

Ovien ja seinän välisen suojapellityksen tekoa on opastettu RT-kortissa RT 80-11202. Tämän pellityksen tehtävänä on estää sadeveden pääsy seinärakenteen sisälle.

6.6 Ulkovaipan ilmatiiviys ja sateenpitävyys

Ulkovaipan ilmatiiviys mahdollistaa hallitun ilmanvaihdon.

Rakennuksen yhtenä tehtävänä on varmistaa sisäilman olosuhteiden pysyvyys viihtyisinä ja terveydelle turvallisina.

Rakennuksen ulkovaipan ilmatiiviys on edellytys mm. sille, että ilmanvaihtoa ja rakennuksen eri osien sekä rakennuksen ja ympäristön välisiä painesuhteita voidaan hallita.

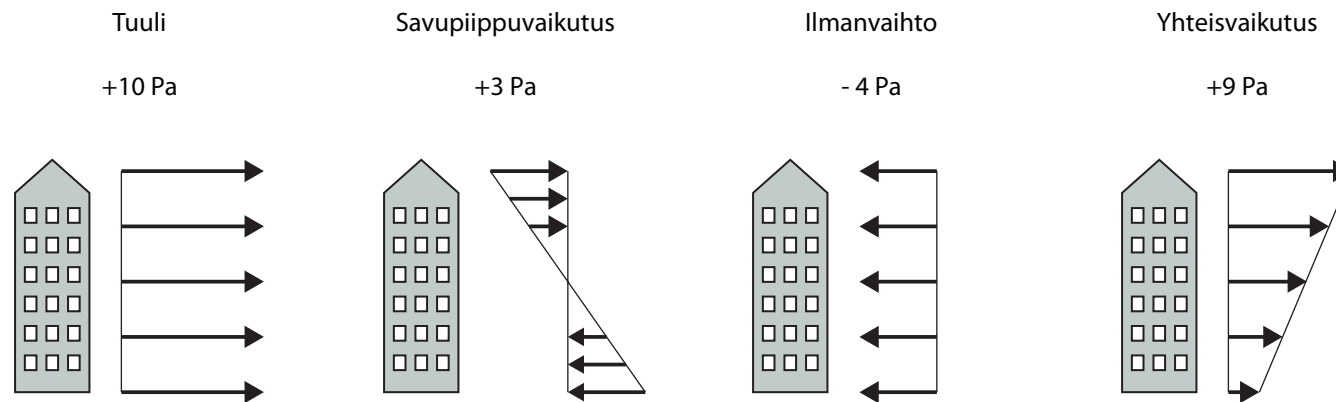
Ilmavuotojen käyttövoimana ovat tuulen, lämpötilaerojen ja mahdollisen koneellisen ilmanvaihtolaitteen aiheuttamat paine-erot sisä- ja ulkoilman välillä. Hatarassa rakennuksessa ovat ulkoiset voimat (tuuli ja lämpötilaeron aiheuttama noste) hallitsevia. Niiden painevaikutuksia ei voida muuttaa millään ilmanvaihtolaitteella. Tämä johtaa hallitsemattomiin ilmavuotoihin rakenteen vaipan läpi, mistä on monenlaista haittaa rakenteille ja sisäilmalle.

Hatarassa rakennuksessa ilmanvaihto voi olla paikallisesti liian suuri tai puutteellinen, se voi olla jakautunut väärin eri tilojen kesken, suuret ilmavuodot ulkoa aiheuttavat vetoa ja heikentävät sisäilman viihtyisyyttä. Jos rakennuksessa pyritään pitämään yllä keskimäärin tarkoituksenmukaista ilmanvaihtoa, johtavat usein esiintyvät suuret vuotoilmavirtaukset suureen energiankulutukseen verrattuna ilmatiiviin rakennuksen hallitun ilmanvaihdon tilanteeseen.

Hatarassa rakennuksessa painesuhteet vaihtelevat olosuhteiden mukaan. Sisäilman ylipaine ulkoilmaan verrattuna voi joissain oloissa olla pitkään jatkuva. Tämä aiheuttaa kostean sisäilman vuotovirtausta rakenteiden kautta ulos. Samalla vuotoilman kosteus voi tiivistyä kylmiin rakenneosiin, mikä pitkäaikaisena voi johtaa merkittävään kosteuskertymään ja sen seurauksena mahdolliseen homeen kasvuun, lahoon tai korroosioon rakenteissa. Painesuhteiden muuttuessa ilma virtaa samaa reittiä ulkoa sisälle ja mahdollisen homekasvun epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan. Sisäpuolinen ylipaine on kaikissa tapauksissa selvä riskitekijä rakenteiden kosteusolojen ja sisäilman terveellisyyden kannalta. Hatara rakennus edesauttaa tällaisten epäedullisten olosuhteiden syntymistä. Koneellisessa ilmanvaihdossa sisäilma on aina asetettava lievästi alipaineiseksi.

Kuva 68 esittää periaatekuvan siitä, miten tuuli ja lämpötilaeron noste (ns. savupiippuvaikutus) kumoavat ilmanvaihdon tuottaman lievän alipaineen hatarassa rakennuksessa ja rakennus on koko korkeudeltaan ylipaineinen. Eri tilojen ilmanvaihto on hallitsematonta ja ilmavuodot rakenteiden läpi aiheuttavat lisääntyneiden lämpöhäviöiden lisäksi riskejä rakenteiden toimivuudelle sekä sisäilman oloille ja sen laadulle. Ulko- ja sisäilman välisten ilmavuotojen lisäksi rakennuksen sisäiset ilmavirtaukset voivat kuljettaa epäpuhtauksia asunnoista toisiin.

Kun rakennuksen ulkovaipan ilmatiiviys on hyvä, voidaan ilmanvaihtolaitteistolla tuottaa haluttu alipaine ja ilmavirta eri tiloihin. Korjausrakentamisessa kaikki rakenteiden muutokset voivat vaikuttaa ilmatiivyyteen, joten riittävästä ilmanvaihdosta ja korvausilman saannista on huolehdittava.



Kuva 68. Ilmatiiviydeltään hataran rakennuksen painesuhteita tai ilmanvaihtoa ei voida hallita, mistä voi olla monia ongelmia rakenteiden toimivuudelle ja sisäilman laadulle. Tuulen aiheuttamaan paineeseen vaikuttaa ilmavirran nopeus. Jos puolet tuulen dynaamisesta paineesta muuttuu paine-eroksi rakennusvaipan yli (paine-kerroin =0,5) tarvitaan 10 Pa paine-eroon noin 5,7 m/s tuulennopeus.

6.6.1 Eri rakenneosien ja liitosten ilmanpitävyys

Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys varmistetaan yleensä rakenteiden sisäpinnan lähellä olevalla ilmatiiviillä kerroksella, joka tyypillisesti on höyrynsulkuna toimiva muovi- tai alumiinikalvo tai ilmansulkuna toimiva ilmatiivis kalvo, esimerkiksi rakennuspahvi. Betoni- tai tiilirunkoisessa rakennuksessa runkomateriaali on riittävän ilmanpitävä, joten erillistä tiivistävää rakennekerrosta ei tarvita. Ilmanpitävyyden kannalta erityishuomiota tulee kuitenkin kiinnittää eri rakennusosien välisiin liitoksiin, joita ovat esimerkiksi

- Ikkunat ↔ seinä
- Ovet ↔ seinä
- Seinät ↔ alapohja
- Seinät ↔ yläpohja
- Ulkoseinien nurkat
- Ulkovaipan läpiviennit (esim. hormit ja savupiippu).

Ikkunoiden ja ovien ilmanpitävyyteen vaikuttavat ratkaisevasti karmin ja puitteen sekä karmin ja ovilehden välissä olevan tiivistemateriaalin ja tiivisteiden asennuksen laatu sekä ikkunoiden ja ovien nurkkaliitosten ilmanpitävyys. Ikkunoiden ja ovien asentamista seinässä olevaan aukkoon ja liitossauman tiivistäminen on ohjeistettu RT-kortissa RT 41-10947.

Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyyden parantaminen vähentää hallitsematonta vuotoilmanvaihtoa, mikä pienentää rakennuksen lämmitysenergiankulutusta. Kun rakennuksen liitosten ilmanpitävyyttä parannetaan, tulee korjauksen jälkeen varmistaa riittävä ilmanvaihto huonetiloissa. Tarvittaessa voidaan asentaa korvausilmaventtiilit. Samoin tulee tarkistaa ilman lämpötilat eri huoneistoissa ja huoneissa, jotta lämpö saadaan jakautumaan tasaisesti. Tällä toimenpiteellä lämmitysenergiankulutusta voi pienentää lisää.

6.6.2 Eri rakennusosien ja liitosten sateenpitävyys

Eri rakenteiden sateenpitävyyteen vaikuttavat rakenteiden ulkopinnalla olevat raot ja liitokset sekä ulkopinnassa olevan materiaalin huokoisuus. Rakennuksen pinnalla oleva sadevesi työntyy rakenteiden sisälle tuulenpaineen vaikutuksesta edellä mainituista kohdista ja vesivuotoja kasvattavat mahdolliset rakenteen läpi ulkoa sisälle tapahtuvat ilmavuodot. Esimerkiksi tuulisella paikalla olevan rakennuksen seinän tiiliverhous ei pidä täysin sadetta, vaan läpi tunkeutuva sadevesi pitää johtaa pois tiiliverhouksen takana olevasta tuuletusvälistä.

Rakennusosien saumojen sateenpitävyys varmistetaan tekemällä saumoista ilmanpitäviä sekä tarvittaessa estämällä sadeveden pääsy sauman ulkopinnalle. Esimerkiksi betonielementtien välisten saumojen sateenpitävyys varmistetaan elementtien välissä olevilla saumausmassoilla ja ikkunan ja seinän välisen sauman sateenpitävyys saumausaineilla, listoilla ja suojapellityksillä.

Rakennesaumojen suojapellityksien tekemistä on ohjeistettu RT-kortissa (RT 80-11202). Tämä ohje käsittää ovien ja ikkunoiden pellitysten lisäksi muut rakennuksen julkisivulla olevat pellitykset.

6.6.3 Tuuletusvälin merkitys

Tuuletusvälin tarkoituksena on mahdollistaa riittävä ulkoilman virtaus julkisivun ja runkorakenteen välissä siten, että rakenteeseen sisäilmasta tuleva tai rakentamisen jälkeisenä alkukosteutena oleva kosteus voidaan tuulettaa ulos haittaa aiheuttamatta.

Toinen tuuletusvälin tarkoitus on toimia runkorakenteen sääsuojana. Tuuletusvälin tulisi suojata sen sisäpuolisia rakennekerroksia sateelta. Samalla se rajoittaa tuulen painevaikutuksia ja vähentää auringon säteilyn lämmittävää vaikutusta. Tuuletusväli ei ole aina täydellinen sääsuoja, sopiva tuuli voi ajoittain tuoda mukanaan pieniä pisaroita tai pakkaslunta, mutta niiden edustama kosteus määrä on vähäinen ja voidaan tuulettaa pois. Lisäksi tuuletusväli on toteutettava siten, että mahdollinen vapaa vesi ei pääse valumaan sisempiin rakenneosiin, vaan ohjataan ulos tuulensuojan ulkopintaa pitkin. Tämä asettaa vaatimuksia tuulensuojan pinnan materiaalille ja kiinnitysrakenteiden detaljeille.

Kaikissa rakenteissa ei ole tuuletusväliä, esimerkiksi rapatut rakenteet on suunniteltu toimimaan ilman tuuletusta. Tällöin rakenteiden pintakerrokset läpäisevät sisäpuolelta tulevan diffuusiokosteusvirran ja toisaalta suojaavat rakenteita sadeveden kapillaarista tunkeutumisesta vastaan.

Vanhan rakenteen kautta sisäilmasta tuleva kosteuskuormitus samoin kuin rakenteen alkukosteuden aiheuttama kuivumistarve tulee olla sellainen, että korjatun rakenteen kuivumiskyky vastaa näitä kuormia. Korjausrakentamisessa vanhaa tuuletettua rakennetta ei tulisi muuttaa korjauksessa tuulettamattomaksi ilman selvitystä rakenteen toimivuudesta.

6.6.4 Ilmanpitävyyden merkitys korjauksessa

Rakennuksen riittävä ilmatiiviys on eräs korjauksen tavoitteista ja edellytys rakenteiden kosteustekniselle toimivuudelle korjauksen jälkeen.

6.6.5 Ilman- ja sateenpitävyyteen liittyvät korjausratkaisut

Rakennuksen ilmatiiviyttä voidaan parantaa suhteellisen helpoinkein keinoin. Haasteena on saada kokonaistiiviys riittäväksi. Lähes aina rakenteita korjattaessa tai uusittaessa vaikutetaan korjattavan kohdan ilmatiiviyteen. Joskus huono ilmatiiviys voi olla eräs tärkeimmistä korjauksen syistä. Yksittäiset muutokset voivat vaikuttaa esimerkiksi ilmanvaihtoon, jos korvausilman saanti aiemmin on alun perin perustunut esimerkiksi ikkunoiden tiivisteisiin tehtyihin rakoihin. Silti rakenteiden muutosten avulla ei välttämättä päästä kokonaistiiviydessä halutulle tasolle. Ilmatiiviyden parantaminen koko rakennuksen osalta mahdollisimman hyvälle tasolle on yksi energiatehokkaaseen lopputulokseen pääsyn edellytys.

Rakennuksen vaipan ilmanpitävyyden parantaminen pienentää hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon aiheuttamaa energiankulutusta. Vaipan ilmanpitävyyttä parannettaessa tulee kuitenkin varmistaa, että huonetilojen ilmanvaihto on riittävä korjauksenkin jälkeen. Erityisesti tämä tulee varmistaa painovoimaisella ja poistoilmanvaihdon varustetussa rakennuksessa. Näissä korvausilmareittien rakentamisen jälkeen lämmitysenergiankulutus voi jopa kasvaa, jos aikaisemmin ilmanvaihto ei ole ollut riittävää.

7. Säästöä ylläpidon ja järjestelmien säädön avulla

Kun korjatun rakennuksen rakenteiden lämpöhäviöt pienentyvät, pienenee myös eri tilojen ja koko rakennuksen lämmöntarve. Todellinen lämmöntarve on varmistettava ottaen huomioon tarkoituksenmukaisesti toimivan ilmanvaihdon aiheuttamat lämpöhäviöt.

7.1 Käyttö- ja huolto-ohje

Aika päivittää tai perustaa käyttö- ja huolto-ohje.

Kun rakenteet ja muut järjestelmät uusitaan, on syytä päivittää niiden tiedot ja huoltotarpeet käyttö- ja huolto-ohjeeseen (= huoltokirja). Jollei käyttö- ja huolto-ohjetta ole, on se syytä perustaa korjauksen yhteydessä. Käyttö- ja huolto-ohje on kiinteistökohtaisesti laadittu kokonaisuus, joka sisältää mm. kiinteistön hoidon, huollon ja kunnossapidon lähtötiedot, tavoitteet ja tehtävät sekä niiden ajoitukset ja ohjeet. Tämän avulla kiinteistönhoito on ennakoivaa, suunnitelmallista ja tarpeenmukaista, jolloin yllättävät vikakorjaukset ja kiiretilanteet vähenevät. Asuintalon huoltokirjan laatimista on käsitelty ohjekorteissa RT 18-10609 ja RT 18-10610. Käyttö- ja huolto-ohjeen laadintaan löytyy myös valmiita sähköisiä malleja.

7.2 Suunnitelmallinen kiinteistönpito

Suunnitelmallinen huolto ja ylläpito säilyttävät kiinteistön arvon.

Suunnitelmallinen kiinteistönpito käsittää kiinteistön huollon, ylläpidon ja korjaukset. Sen tarkoituksena on pitää rakennusosat ja talotekniset laitteet toimintakuntoisina niiden suunnitellun käyttöiän ajan. Huollon suunnitelmissa on ohjeet huoltotoimenpiteistä, huoltoväleistä, käytettävistä materiaaleista ja menetelmistä sekä mahdollisten vikatilanteiden korjaamisesta.

7.3 Ilmanvaihdon toimivuuden varmistaminen ja säätö

Riittävä ilmanvaihto varmistaa hyvät sisäolosuhteet.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto on varmistettava. Ilmanvaihdon asunto- tai tilakohtainen säädettävyys parantaa lämpökuormien hallintaa ja viihtyisyyttä. Riittävä ilmanvaihto varmistaa osaltaan sisäilman laadun säilymisen hyvänä, joten ilmanvaihtoa ei tule rajoittaa sisäilman laadun kustannuksella energiansäästön takia.

Mikäli remontin yhteydessä asennetaan uusia järjestelmiä, on niiden tasapainotus ja säätö tärkeää, jotta voidaan varmistaa niiden toiminta suunnitellusti ja oikein.

7.4 Lämmitysjärjestelmän säätö ja tasapainotus

Lisäsäästöä säädöllä.

Kun ilmanvaihto on asetettu toimivaksi, voidaan lämmitysverkoston perusasetukset (linja- ja patteriventtiilien esiase-
tukset) asettaa maksimilämmöntarpeen mukaan. Samalla voidaan koko verkoston menoveden lämpötilan säätökäyrää
muuttaa vastaamaan loivemmin kasvavaa lämmitystarvetta kylmillä ulkoilman lämpötiloilla. Yleensä kannattaa hyödyntää
vanhan järjestelmän lämpöpattereita, jotka ovat ylimitoitettuja korjatun rakennuksen lämmöntarpeeseen nähden. Näiden
avulla päästään mataliin menoveden lämpötiloihin, mikä pienentää mm. putkiston lämpöhäviöitä. Perusasetusten tekemi-
nen saattaa edellyttää patteritermostaattien vaihtoa, mikä helpottaa myös huonekohtaisen lämpötilan säätöä.

Vasta kun lämmitysjärjestelmä on saatu säädettyä vastaamaan lämmöntarvetta, voidaan rakenteiden lisälämmöneristyksen vaikutukset energiankulutukseen määrittää kulutuksen perusteella. Vanhoilla asetuksilla toimiva järjestelmä tuhlaa lämpöä epätasaisen lämmönjaon ja mahdollisesti liian korkean lämmitystehon takia.

8. Yhteenveto

Kun korjaat, niin korjaa kunnolla.

Tässä oppaassa tarkastellaan korjausrakentamista rakenteiden kannalta. Rakennuksen toimivuus perustuu pitkälti hyvin toimiviin rakenteisiin, jotka muodostavat kehyksen taloteknisille järjestelmille ja niiden toimivuudelle. Korjausrakentamisessa yhden kohdan muuttaminen vaikuttaa usein muihin rakenteisiin ja järjestelmiin, joten sen suunnittelussa on ymmärrettävä rakennuksen kokonaistoimivuuteen vaikuttavat tekijät. Kokonaisuuden hallinta antaa mahdollisuuden suunnitella rakennuksen eri osien remontit yhtenäisen tavoitetason mukaisesti, vaikka remontit ajoittuvat tyypillisesti pitkälle aikajaksolle.

Korjausrakentamisen ensisijaisena tavoitteena on vaurioituneen tai ominaisuuksiltaan vanhentuneen osan korjaaminen. Tavoitetasona voidaan pitää toimivuuden parantamista kaikilta osin, joissain tapauksissa jopa uuden veroiseksi. Korjauksessa on syytä varautua muiden rakenteiden ja järjestelmien tuleviin korjauksiin ja valita korjaustapa ja -taso sopiviksi. Koska korjatun rakenteen käyttöikä vastaa korjauksen jälkeen uutta, on korjauksen tavoitetasot hyvä asettaa riittävän korkeiksi kaikilta osin. Eräs olennainen tekijä on rakenteen lämmöneristystason parantaminen siten, että se vastaisi myös tulevien vaatimusten ja tarpeiden mukaista tasoa. Vaatimukset voivat olla muitakin kuin viranomaisvaatimuksia, esimerkiksi kuluttajien halu saada viihtyisä ja vähän energiaa kuluttava koti. Hyvän lämmöneristystason etuina on mm. sisäympäristön lämpöviihtyisyyden parantuminen, rakenteiden energiansäästön vaikutukset pitkän käyttöiän aikaisiin energiakustannuksiin ja kiinteistön arvon pysyminen verrattuna korjaamattomiin tai heikosti korjattuihin rakennuksiin.

Mahdollisuus rakenteiden lämpöhäviöiden pienentämiseen lisäeristyksellä vaihtelee rakennusten ja rakenteiden mukaan. Rajoittavia tekijöitä voivat olla mm. muiden rakenteiden mitat, korjausten kustannukset joissain rakennetapauksissa ja rakennuksen ulkonäkö. Korjausrakentamisessa rakenteiden toimivuus riippuu olennaisesti korjattavan rakenteen ominaisuuksista, joten on aina tapauskohtaisesti varmistettava korjaustavan sopivuus kohteeseen. Kun lämmöneristystä parannetaan, kannattaa se tehdä mahdollisimman hyvään tasoon. Tällöin voidaan parhaiten vaikuttaa viihtyisyyteen ja koko rakennuksen energiatehokkuuteen, vaikka jotkin osat säilyisivät alkuperäisen tasoisina.

Energiatehokkuutta parantavan korjauksen hyödyt:

- Lämpöviihtyisyyden parantuminen
- Kiinteistön arvon säilyminen
- Uusi julkisivu
- Kerralla riittävä parannus, samaa rakennetta ei ehkä korjata enää uudelleen
- Passiivista energiansäästöä koko rakennuksen käyttöiän ajan
- Sisälämpötilan pysyvyys paranee esim. käyttökatojen aikana
- Mahdollisuus parantaa ääneneristävyyttä
- Mahdollisuus välillisiin säästöihin, mm. lämmitysjärjestelmän kapasiteettivaatimus usein pienenee
- Muiden rakenteiden ja järjestelmien korjaukselle hyvä pohja
- Mahdollisuus lisätä uusiutuvaa energiaa hyödyntävää tekniikkaa energiatehokkaan rakennuksen tarpeita vastaavasti.

- Heljo, Juhani, Nippala, Eero: Rakennusten energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa: Ympäristöklusterin tutkimusohjelma: Rakennuskannan ekotehokkaampi energiankäyttö (Ekorem) –projekti: loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto, rakentamistalouden laitos, 2005:4. Tampere 2005.
- Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä, Tapio, Mäkiyry, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka, Tulla, Kauko: Pientalon ekomittarit. VTT Tiedotteita - Research Notes 2354, VTT, Espoo 2006. 43 s. + liitt. 9 s. ISBN 951-38-6523-7.
- Hemmilä, Kari & Heimonen, Ismo: Suomalaisten ikkunoiden kestävyys. VTT Tiedotteita - Research Notes 2285, VTT, Espoo, 2005. 59 s. + liitt. 14 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2285.pdf> (viitattu 3.4.2017).
- Hemmilä, Kari, Saarni, Risto, Taivalantti, Kirsi: Energiansäästöikkunan käytön edistäminen. Energiansäästön päätöksenteon ja käyttäytymisen tutkimusohjelma LINKKI 2. Julkaisu 15/2000. 58 s. + liitt. 6 s.
- Hemmilä, Kari & Saarni, Risto: Ikkunaremontti (Window renovation), Rakennustieto Oy, Helsinki 2002. 115 s. ISBN 951-682-654-7
- Hemmilä, Kari: Tuloilmaikkunan energiatehokkuus, artikkeli, Suomen Tasolasiyhdistys ry. Lasin Maailma, Vol. 2, No. 1, 2013, s. 12–15.
- ISPE Report on environmental and economic advantages of NZEBR compared to traditional renovation. IEE NeZeR-project reports. 2016. www.nezer-project.eu/publications
- KH 90-00618 Asbesti rakentamisessa, 2016.
- KH 90-00466 Asuntoyhtiön korjaushankeen kulku, 2010.
- KH 90-40053 Kiinteistön ja asunnon kunnon selvitysmenetelmiä, 2007.
- KH 90-00495 Kiinteistön kuntoarvio, Kuntoluokan määräytyminen, 2012.
- KH 90-00593 Asunto-osakeyhtiön korjaushankkeen hankesuunnittelu, 2016.
- KorjausRYL Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Esiselvitykset ja purkaminen. Rakennustieto Oy, Helsinki 2016. 192 s.
- Loisa, Lassi, Reinikainen, Erja, Tyni, Anni: Lähes nollaenergiarakennusten käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla. Taustaraportti 4, Energiaa säästävät tekniset ratkaisut. 20.03.2015, Granlund Oy 2015. 14 s. http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/FInZEB-Taustaraportti_4_Energiasaastavat-toimenpiteet.pdf (viitattu 3.4.2017).
- Lylykangas, Kimmo, Andersson, Albert, Kiuru, Jari, Nieminen, Jyri & Päättälä, Juha: Rakenteellinen energiatehokkuus. Opas, RTT eristeteollisuus ja Ympäristöministeriö, Helsinki 2016. 143 s. + liitteet 80 s.

Nieminen, Jyri, Kouhia, Ilpo, Ojanen, Tuomo, Knuuti Antti: Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja. VTT Technology 144, Espoo 2013, 131 s. + liitt. 8 s.. ISBN 978-951-38-8079-8 (PDF). <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T144.pdf>

Nieminen, Jyri & Virta, Jari: Rakennusten lisälämmöneristäminen. Kiinteistöalan Kustannus Oy, Helsinki 2016. 46 s. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B68690719-645C-4FF5-ABD3-3B05EF1D9DD7%7D/117577>

Nippala, Eero & Vainio, Terttu: Asuinrakennusten korjaustarve 2006–2035. VTT Technology 274. VTT, Espoo 2016. 17 s. + liitt. 15 s. ISBN 978-951-38-8460-4. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T274.pdf> (viitattu 3.4.2017).

Ojanen, Tuomo, Airaksinen, Miimu & Tuomaala, Pekka: Energiatehokkaiden uudisrakennusten rakenteiden kosteustekninen toimivuus. Asiakasraportti VTT-CR-04862-16. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BCD61A994-7B55-4691-A396-E1469BE9DBF8%7D/123273>

Ojanen, Tuomo, Holopainen, Riikka, Viitanen, Hannu, Lehtovaara, Jorma, Vinha, Juha, Kero, Paavo: Methodology to integrate energy efficiency, safe moisture performance and indoor environment quality in building renovation projects. 2nd Central European Symposium on Building Physics, CESBP 2013, 9-11 September 2013, Vienna, Austria. Proceedings. Wien University of Technology 2013. ss. 937–942.

Ojanen, Tuomo, Pinto Seppä, Isabel, Koukkari, Heli, Nykänen, Esa: Kehityspolut tulevaisuuden rakennusvaihtojen lämmöneristysratkaisuille. VTT Technology 169, VTT, Espoo 2014. 120 s. + liitt. 8 s. ISBN 978-951-38-8254-9. <https://tem.fi/documents/1410877/2735615/Kehityspolut+tulevaisuuden+rakennusvaihtojen+l%C3%A4mm%C3%B6neristysratkaisuille.pdf/c73bd647-1c15-4939-9ce5-f567e4d80001> (viitattu 3.4.2017).

Pitkäranta, Miia (toim.) Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö, Rakennustieto Oy 2016. 234 s. ISBN 978-952-11-4625-1

Ratu F32-0350	Ikkunan purku ja uusiminen 2009. 14 s.
RIL-198-2001	Valoaläpäisevät rakenteet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2001. 206 s.
RT 18-19022	Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapintojaksot 2008.
RT 41-10947	Puu- ja puu-alumiini-ikkunat sekä niiden asennus 2009. 22 s.
RT 42-11058	Puuovet. 2012. 24 s.
RT 80-11202	Rakennuksen suojaelluudet 2016. 23 s.
RunkoRYL 2010	Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt 2011. 352 s.
SFS 7031	Ikkunoihin sekä sisäänkäyntioviin kohdistuvat kansalliset vaatimukset ja suoritustasojen arviointi 2016. 19 s.

- SFS-EN 1027 Ikkunat ja ovet. Vesitiiviys. Testimenetelmä. Windows and doors. Watertightness. Test method. 2000. 11 s.
- SFS-EN 12207 Ikkunat ja ovet. Ilmanpitävyys. Luokittelu 2002. 10 s.
- SFS-EN 12208 Ikkunat ja ovet. Sateenpitävyys. Luokittelu. Windows and doors. Watertightness. Classification. 2002. 6 s.
- SFS-EN 14351-1 + A1 Ikkunat ja ovet. Tuotestandardi, toiminnalliset ominaisuudet. Osa 1: Ikkunat ja sisäänkäyntiovet, joilla ei ole palonkestävyys- ja/tai savuntiiveysominaisuuksia. 2010. 126 s.
- SrakMK D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, 2012. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468> (viitattu 3.4.2017).
- Tilastokeskus 2016-1: Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus [verkkajulkaisu]. ISSN=1799-795X. 4. Vuosineljännes 2015, Liitekuvio 14. Energian loppukäyttö sektoreittain 2015. Helsinki: Tilastokeskus.
- Tilastokeskus 2016-2: Suomen virallinen tilasto (SVT): Asumisen energiankulutus [verkkajulkaisu].ISSN=2323-3273. 2014, Asumisen energiankulutus vuosina 2010-2014, GWh. Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/asen/2014/asen_2014_2015-11-20_tau_001_fi.html (viitattu 3.4.2017).
- Tuomaala, Pekka: Rakennuskannan ja rakennusten energiankäyttö. Esitysaineisto, Julkisivuyhdistyksen tilaisuus 25.11.2008. <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/energiaseminaari08/Tuomaala.pdf> (viitattu 3.4.2017).
- Vehviläinen, Iivo, Pesola, Aki, Heljo, Juhani, Vihola, Jaakko, Jääskeläinen, Saara, Kalenoja, Hanna, Lahti, Pekka, Mäkelä, Kaisa, Ristimäki, Mika: Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Sitran selvityksiä 39, Sitra, Helsinki 2010. ISBN 978-951-563-739-0. http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/sitran_selvityksia_39.pdf (viitattu 3.4.2017)
- Viljakainen, Juha: Kiinteistön teknisten arvojen laskenta 25.10.2004, Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Kiinteistöjen kehittämisyksikkö 2004. 17 s.
- Virta, Jari et al: Korjaushanke haltuun. E-kirja, Kiinteistöliitto 2013. http://issuu.com/kiinteistoliitto/docs/korjaushanke_haltuun_kirja_61fb8752ae831f (viitattu 3.4.2017).
- Yläpohjan lisäeristäminen Termex-Selluvillalla Selvitys Termex Oy:lle. Insinööritoimisto Vesitaito 28.10.2016. 2 s.
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13. 2013. 5 s. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396> (viitattu 4.3.2017).

Internet-sivut:

<http://kuivaketju10.fi/>

[http://www.espoo.fi/fi-FI/Tapiolan_koulun_ja_lukion_peruskorjaus_h\(76876\)](http://www.espoo.fi/fi-FI/Tapiolan_koulun_ja_lukion_peruskorjaus_h(76876))

<http://www.meefs-retrofitting.eu/>

http://www.motiva.fi/files/8972/Motiva_Services_Oy_ja_Inwido_Finland_Oy_kehittivat_tyokalun_kerrostalojen_energiategiate-hokkuuden_seurantaan.pdf

<http://www.nezer-project.eu/publications>

<http://spu.studio.crasman.fi/file/dl/i/rK49sw/B4wuK0MmtC22tdEPBsMZjw/T-US-50.pdf>

<http://www.teeparannus.fi/parhaatkaytannot/tutkimusjakehitys/kimu/>

Kuvalähteet:

KANSI:	KOy Jyrkkälänpolun Allianssikorjaushanke v. 2014–2018, LMN-talo. Arkkitehtisuunnittelu: Ab CASE consult Ltd, pääsuunnittelija: Yrjänä Vuojala, valokuva: Markku Koivumäki 2016.
Kuva 1	Tilastokeskus 2016/1, uudelleen piirtänyt Jari Kiuru.
Kuva 2	Nippala, Eero, Nuuttila, Harri, Heljo, Juhani: Rakennusten energiankulutus ja CO2-ekv päästöt Suomessa, Tampereen teknillinen yliopisto, rakentamistalouden laitos, Raportti 2005:4, 2005. 72 s. + liitt. 32 s, uudelleen piirtänyt Jari Kiuru.
Kuva 3	Meefs-hanke, http://www.meefs-retrofitting.eu/images/documents/MEEFS_Poster_2016_final.pdf (viitattu 24.4.2017).
Kuva 4	Kioston pyramidi, muokannut VTT, uudelleen piirtänyt Jari Kiuru.
Kuva 5	Juha Viljakainen, Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto 2004.
Kuva 6	Kuvakaappaus, http://www.ymparisto.fi/korjaustieto (viitattu 24.4.2017).
Kuva 7	Kuvakaappaus, http://cic.vtt.fi/epass/vtt/ (viitattu 24.4.2017).
Kuva 8	KH 90-00593 Asuntojen korjaushankkeen hankesuunnittelu
Kuva 9	Valokuva ja diagrammi: VTT Oy

Kuva 10	Hekkanen, Martti, Hienonen, Markku, Ilmarinen, Juhani, Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä, Tapio, Mäkikyrö, Tapani, Riippa, Tommi, Seppälä, Pekka, Tulla, Kauko: Pientalon ekomittarit. VTT Tiedotteita - Research Notes 2354, VTT, Espoo 2006. 43 s. + liitt. 9 s. ISBN 951-38-6523-7.
Kuva 11	KH 90-00618
Kuva 12	KH 90-00618
Kuva 13	KH 90-00466
Kuva 14	Kiinteistöliitto 2011
Kuva 15	KH 90-00593
Kuva 16	KH 90-00593
Kuva 17	VTT, uudelleen piirtänyt Kimmo Lylykangas.
Kuva 18	Ojanen, Tuomo, Holopainen, Riikka, Viitanen, Hannu, Lehtovaara, Jorma, Vinha, Juha, Kero, Paavo Methodology to integrate energy efficiency, safe moisture performance and indoor environment quality in building renovation projects. 2nd Central European Symposium on Building Physics, CESBP 2013, 9 - 11 September 2013, Vienna, Austria. Proceedings. Wien University of Technology 2013. ss. 937-942.
Kuva 19	VTT, uudelleen piirtänyt Kimmo Lylykangas.
Kuvat 20-21	Kimmo Lylykangas
Kuvat 22-23	VTT, uudelleen piirtänyt Kimmo Lylykangas.
Kuva 24	Thermisol Oy, uudelleen piirtänyt Kimmo Lylykangas.
Kuvat 25-27	Tapio Kilpeläinen, Thermisol Oy
Kuvat 28-33	Kingspan Insulation Oy
Kuvat 34-37	Paroc Oy
Kuvat 38-41	Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy
Kuva 42	ympäristöministeriö, uudelleen piirtänyt Jari Kiuru.
Kuva 42	Termex Oy
Kuvat 43-44	Finnfoam Oy
Kuva 45	Skaala Oy
Kuva 46	VTT, uudelleen piirtänyt Kimmo Lylykangas.

Kuva 47	Hemmilä, Kari, Saarni, Risto, Taivalantti, Kirsi: Energiansäästöikkunan käytön edistäminen. Energiansäästön päätöksenteon ja käyttäytymisen tutkimusohjelma LINKKI 2. Julkaisu 15/2000. 58 s. + liitt. 6 s.
Kuva 48	VTT Oy
Kuva 49	VTT Oy
Kuva 50	Apollo Kaihdin ja Markiisi Oy
Kuva 51	Domus Yhtiöt Oy
Kuvat 52–54	VTT Oy
Kuvat 55–62	Inwido Finland Oy / Pihla
Kuvat 63–66	Skaala Oy
Kuva 67	VTT Oy
Taulukko 1	Tilastokeskus 2016/2.
Taulukko 2	Pekka Tuomaala, VTT 2008.
Taulukko 3	KH 40053 / 2007.
Taulukko 4	Vesitaito
Taulukko 5	Vesitaito
Taulukko 6	VTT Oy
Taulukko 7	SFS 7031:2016.

Liitteet

Liite A: Kiinteistön arvon laskenta

Liite B: Korjausrakenteita

Liite C: Ikkunat ja ovet

Kiinteistön arvon säilyminen on monen tekijän summa. Kiinteistön arvo voidaan laskea puhtaasti teknisten osien käyttöikään ja korjaukseen perustuvalla logiikalla.

Liite A: Kiinteistön arvon laskenta

Seuraavassa kuvassa ja esimerkissä on Helsingin kaupungin kiinteistöviraston käyttämä laskentamenetelmä kiinteistön arvon laskentaan (Viljakainen 2004). Laskentamenetelmässä rakennusta tarkastellaan kokonaisuutena. Nykyarvoon (käsitteet kuvattu jäljempänä) eli rakennustekniseen arvoon eri ajanhetkillä vaikuttavat rakennuksen alkuperäiset rakennuskustannukset, ikä sekä rakennukseen tehdyt korjausinvestoinnit. Esimerkiksi Helsingin kaupungilla tiedot kiinteistökannan arvosta ovat aiemmin perustuneet kirjanpitoarvoon, joka on yleensä merkittävästi alhaisempi kuin kiinteistöjen nykyarvo. Rakennuksen kirjanpitoarvoon ei ajatella sisältyvän lainkaan kulumatonta osuutta, vaan rakennukset poistetaan tasapoistoin kokonaan. Tärkeimpinä tuloksina tällä laskentamenetelmällä saadaan juuri suuruusluokkatiedot kiinteistökannan arvosta ja sen vuotuisesta kulumisesta ym. ilman kohteissa tehtyjä työläitä teknisiä tutkimuksia ja arviointeja.

Helsingin kaupungin kiinteistöviraston laskennassa käytettäviä käsitteitä

Rakennuskustannuksilla tarkoitetaan alkuhintaa, josta kuluminen lasketaan. Se voi olla rakennuksen todellinen rakentamiskustannus tai eri rakennustyypeille arvioitu tai laskettu neliöhinta (euroa/m²).

Rakennuksen nykyarvolla tarkoitetaan sitä rahamäärää, joka saadaan, kun rakennuksen rakennuskustannuksista vähennetään iästä ja kulumisesta aiheutuva arvon aleneminen eli korjausvastuu.

Korjausvastuu syntyy siis rakennuksen kulumisesta ja vanhenemisesta.

Korjausaste on vastaavasti prosenttiluku, joka kertoo korjausvastuun osuuden rakennuskustannuksista. Täysin kuluneella rakennuksella korjausaste on 70 % joka tarkoittaa sitä, että vain kulumaton osa eli perustukset ja runko ovat alkuperäisessä arvossaan.

Korjauskustannukset ovat korjausvastuu kerrottuna nk. korjausvastuukertoimella jonka käyttö perustuu korjaustyön hitauteen verrattuna uudistuotantoon (uudistuotannon kustannustietoja käytettäessä) sekä korjaustyön yhteydessä tarpeettomasti uusittaviin rakennusosiin. Kerroin, joka yleensä on 1,2...1,4 voidaan määrittää tapauskohtaisesti. Laskennan oletuskertoimena on 1,2 joka tarkoittaa sitä, että korjaaminen on 20 % kalliimpaa kuin vastaava uudistuotanto. Korjauskustannusten osuus uuden rakennuksen rakennuskustannuksista on siis korjausvastuukertoimen verran suurempi kuin korjausaste. Esimerkiksi rakennus jolla korjausaste on 50 %, korjauskustannukset ovat 1,2 kertaa 50 % eli 60 % rakennuskustannuksista.

Rakennukselle on määritelty kulumattomia osia, kuten perustus- ja runkorakenteet (oletus 30 %:n osuus). Kulumattoman osuuden suuruuteen rakennuksessa vaikuttavat rakennuksen runkoratkaisu ja käytetyt rakennusmateriaalit. Peruskorjaukset kohdistuvat kuluviin osiin (joita 70 %:n osuus).

Laskentamenetelmässä korjauksilla tarkoitetaan sellaisia investointeja, joilla korjataan kuluneita rakennusosia tai -järjestelmiä.

Perusparannus on korjaustoimenpide, jossa rakennuksen ominaisuuksiin tehdään merkittävä parannus. Perusparannusta on esimerkiksi jäähdytysjärjestelmän rakentaminen tai parvekelasituksen rakentaminen.

Rakennuksen teknisellä iällä eli teknisellä poistoajalla tarkoitetaan aikaväliä, jolloin rakennuksen kuluvat osat tulevat loppuun käytetyiksi.

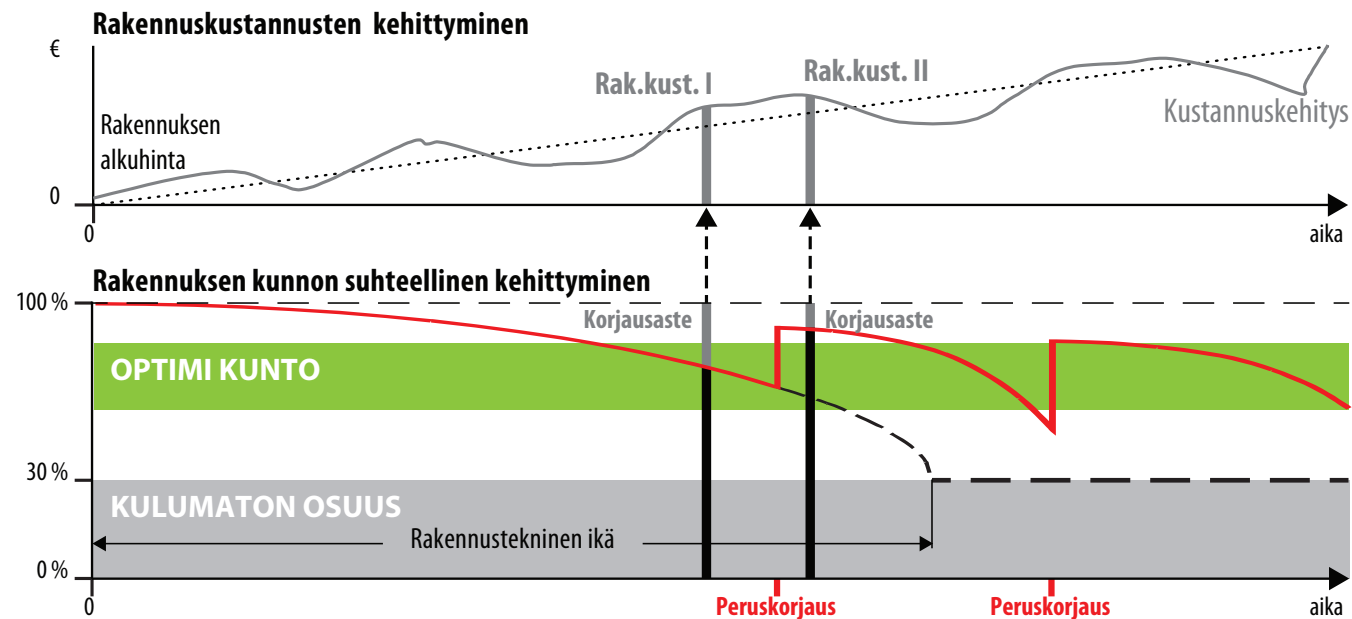
Asuinrakennuksen tekniseksi iäksi on Helsingin kaupungin aineistossa valittu 35 vuotta ja kuluvaksi osuudeksi 70 %.

Rakennuksen teknisellä iällä eli teknisellä poistoajalla tarkoitetaan aikaväliä, jolloin rakennuksen kuluvat osat tulevat loppuun käytetyiksi. Rakennuksen kunnon suhteellista muuttumista esittävässä profilissa sillä tarkoitetaan kuvaajan käyrää osaa (kuva 1). Teknisen iän päätyttyä rakennus kuluu hyvin hitaasti. Tekninen ikä vaihtelee rakennustyyppin, rakennusmateriaalien ja käyttötarkoituksen mukaan.

Jäljempänä esitetyt oletusarvot pätevät parhaiten vain asuinkerrostaloihin. Laskentamenetelmää on testattu vielä suhteellisen vähän. Oletusarvojen oikeellisuutta tulee arvioida tapauskohtaisesti.

Asuinrakennuksen tekniseksi iäksi on Helsingin kaupungin aineiston perusteella valittu 35 vuotta ja kuluvaksi osuudeksi 70 %. Kulumiskäyrän muoto on oletusarvona alaspäin aukeava toisen asteen käyrä, jonka kertoimeksi tulee negatiivinen luku (ei kuitenkaan kokonaisluku -1). Samanlaisia parametriarvoja saadaan tutkittaessa rakennusta rakennusosittain ja

Rakennuksen nykyarvon määrittäminen



Kuva 1. Rakennuksen nykyarvon määrittäminen (Viljakainen 2004).

arvioimalla kulumattoman osuuden suuruutta ja kuluvien osien käyttöikä.

Rakennuksen nykyarvon laskenta ja rakennuksen kulumisen esitetään laskentakaavalla, jolla lasketaan rakennuksen korjausvastuu eri ikäisille rakennuksille.

Esimerkki Helsingin kaupungin rakennusviraston laskukaavan soveltamisesta: Kun rakennuksen ikä on 15 vuotta, kestoikä 35 vuotta ja kuluva osa 0,7 (70%, jolloin runko ja muut kulumattomat osat ovat 30 % rakennuksesta ja käyrän aste $n=2$) saadaan kulua kuvaavaksi luvuksi 0,13 eli rakennukseen on muodostunut korjausvastuuta 13%. Esimerkiksi 10 M€ hintoisessa kiinteistössä olisi 15 vuodessa kertynyt korjausvastuuta $10 \text{ M€} \times 0,13 \times 1,2$ (korjausvastuukerroin) = 1,56 M€.

Rakennuksilla on käytännössä muitakin arvonmääräytymisperusteita kuin suoranainen teknisen kulumisen laskenta. Rakennuksen arvo on esimerkiksi käytännössä sidoksissa alueella vallitsevaan hintatasoon. Tämä edellyttää, että rakennus on alueella yleensä olevia rakennuksia vastaavassa kunnossa. Tällöin voidaan puhua kiinteistön arvon pysyvyydestä. Erilaiset

$$\left(\frac{\text{RAKENNUKSEN IKÄ}}{\text{RAKENNUKSEN KESTOIKÄ}} \right)^n \times \text{KULUVA OSA}$$

$n=1, 2, 3, \dots$

tekemättömät (tulossa olevat) korjaukset voivat vaikuttaa asunnon arvoon myyntitilanteessa.

Liite B: Korjausrakenteita

Ekovilla Oy

Finnfoam Oy

Kingspan Insulation Oy

Paroc Oy Ab

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy / Isover

Termex-Eriste Oy

ThermiSol Oy

Koostetaulukko korjausrakennetapauksiin

Seuraavassa on koosteena esitetty yritysten tarjoama erilaisten olemassa olevien rakenteiden korjauksiin.

	Ekovilla Oy	Finnfoam Oy	Kingspan Insulation Oy	Paroc Oy Ab	Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy	Termex-Eriste Oy	ThermiSol Oy
PERUSTUS JA ALAPOHJAT							
1. Routasuojaus	–	x	x	x	x	–	x
2. Perusmuuri	–	x	x	x	x	–	x
3. Kellari	–	x	x	x	x	–	x
4. Maanvarainen alapohja	–	x	x	x	x	–	x
5. Tuuletettu ryömintätila	x	x	x	x	x	x	x
6. Tuuletettu pilariperustus	x	x	x	x	x	x	x
7. Putkijohdot, kaivannot, keventeet, piha	–	x	–	–	–	–	x
ULKOSEINÄT							
1. Puurunkoiset	x	x	x	x	x	x	x
2. Betonirunkoiset	–	x	x	x	x	–	x
3. Tiilirunkoiset	x	x	x	x	x	x	x
4. Hirsirakenteet	x	x	x	x	x	x	x
5. Sahanpurueristeiset	x	x	x	x	x	x	x
6. Metallisandwichelementit	–	x	x	x	–	–	x
7. CLT-levyseinät	–	–	x	x	–	–	–
YLÄPOHJAT							
1. Tuuletetut vaakaeristeiset yläpohjat	x	x	x	x	x	x	x
2. Tuuletetut vinot yläpohjat	x	x	x	x	x	x	x
3. Tuulettamaton loiva katto	–	x	x	x	x	–	x
4. Lievästi tuuletettu loiva katto	x	x	x	x	x	x	x
5. Metallipintaiset sandwichelementit	–	–	x	–	–	–	x



- Tuulettuvan alapohjarakenteen korjaus/eristevaihto
- Puru- ja hirsiseinän lisäeristäminen
- Tuulettuvan yläpohjarakenteen lisäeristys

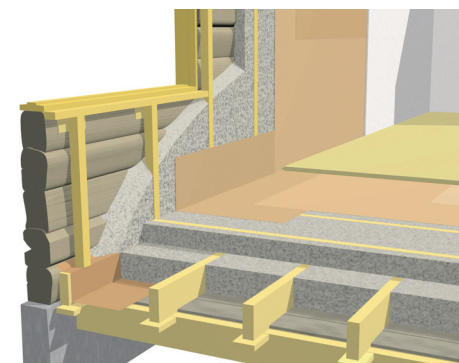
TERMEX-ERISTE OY
www.termex.fi

EKOVILLA OY
www.ekovilla.com

Tuulettuvan alapohjan lisäeristäminen on vaikeaa, siksi alapohjarakenteet uudistetaan usein kokonaan ja suoritetaan samalla eristeen vaihto. Puukuituiset eristeet toimivat hygroskooppisuutensa (kosteutta sitova ja luovuttava) vuoksi hyvin puupalkkirakenteisissa alapohjissa. Tuulensuoja kiinnitetään lujasti alustaansa, levyn jatkoskohdat tuetaan laudalla. Eristeen yläpintaan asennetaan ilmansulku, joka limitetään ilmatiiviisti seinän ilmansulun kanssa.

Ulkoseinä sisältä ulospäin:

- Lattialauta 28x95mm
- Ilmansulku
- Lattiakannattajat ja selluvilla 250 mm
- Tuulensuoja Runkoleijona 25mm
- Lauta 25x150mm
- Tuuletetty ryömintätila.



Rakenteiden ja rakennusosien U-arvot

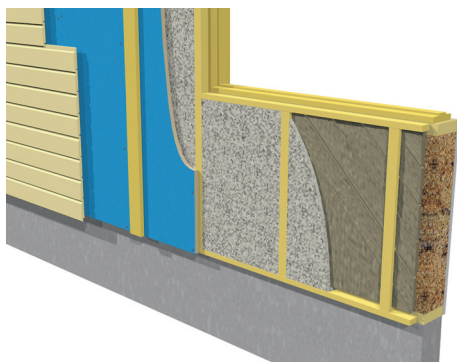
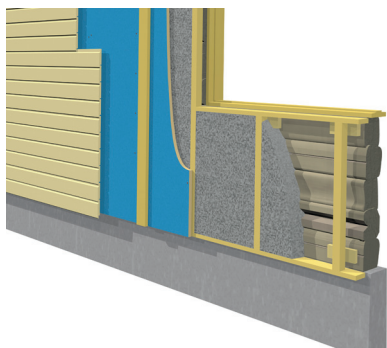
Nykyinen rakenne	Korjausratkaisu	Lämmöneriste	U-arvo
Purueristeinen alapohja	eristeiden vaihto	Selluvilla 250 mm + Runkoleijona 25 mm	0,16 W/m²K



Ekovilla Oy
www.ekovilla.com



Termex-Eriste Oy
www.termex.fi



Selluvilla täyttää hirren varaukset ja halkeamat sekä pururakenteen vinolaudoituksen raot, joten tilkitsemistä ei tarvita. Eriste muodostaa vanhan rakenteen kanssa sama-aineisen, hygroskooppisen (kosteutta sitovan ja luovuttavan) ja yhtenäisen eristekerroksen.

PURUERISTEINEN SEINÄ

Ulkoseinä sisältä ulospäin:

- Pintaverhous
- Tervapaperi
- Vaakalaudoitus
- Tervapaperi
- Kantava runko k600 ja lämmöneriste sahanpuru
- Tervapaperi
- Vinolaudoitus
- Selluvilla ja tuulensuoja Runkoleijona
- Tuuletusrako
- Julkisivuverhous.

HIRSISEINÄ

Ulkoseinä sisältä ulospäin:

- Pintaverhous
- Hirsirunko
- Selluvilla ja tuulensuoja Runkoleijona
- Tuuletusrako
- Julkisivuverhous.

Rakenteiden ja rakennusosien U-arvot

Nykyinen rakenne	Korjausratkaisu	Lämmöneriste	U-arvo
Purueristeinen ulkoseinä U-arvo 0,50 W/m ² K	Ulkopuolinen lisäeristys	Selluvilla 50 mm + Runkoleijona 25 mm	0,31 W/m ² K
Purueristeinen ulkoseinä U-arvo 0,50 W/m ² K	Ulkopuolinen lisäeristys	Selluvilla 75 mm + Runkoleijona 25 mm	0,26 W/m ² K
Purueristeinen ulkoseinä U-arvo 0,50 W/m ² K	Ulkopuolinen lisäeristys	Selluvilla 100 mm + Runkoleijona 25 mm	0,22 W/m ² K
Hirsirakenteinen ulkoseinä U-arvo 0,70 W/m ² K	Ulkopuolinen lisäeristys	Selluvilla 50 mm + Runkoleijona 25 mm	0,35 W/m ² K
Hirsirakenteinen ulkoseinä U-arvo 0,70 W/m ² K	Ulkopuolinen lisäeristys	Selluvilla 75 mm + Runkoleijona 25 mm	0,31 W/m ² K
Hirsirakenteinen ulkoseinä U-arvo 0,70 W/m ² K	Ulkopuolinen lisäeristys	Selluvilla 100 mm + Runkoleijona 25 mm	0,26 W/m ² K

Ekovilla Oy
www.ekovilla.com



Termex-Eriste Oy
www.termex.fi



Puukuituset lämmöneristeet soveltuvat tuulettuvan yläpohjarakenteen lisäeristykseen. Asennus voidaan toteuttaa vanhan lämmöneristeiden päälle. Hygroskooppisena (kosteutta sitovana ja luovuttavana) tuote soveltuu hyvin lisälämmöneristeeksi kaikkien lämmöneristeiden päälle. Lisäeristuksen paksuus määräytyy tavoitellun U-arvon ja käytettävissä olevan ullakkotilan perusteella. Katon reuna-alueille asennetaan tarvittaessa tuulenohjaimet ja palovillan korkeus tarkistetaan. Suositeltavaa on asentaa myös kulkusillat.

PURUERISTEINEN YLÄPOHJA

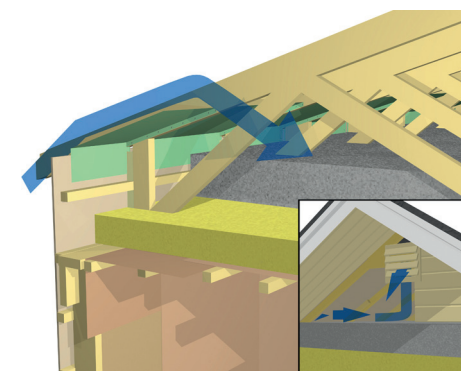
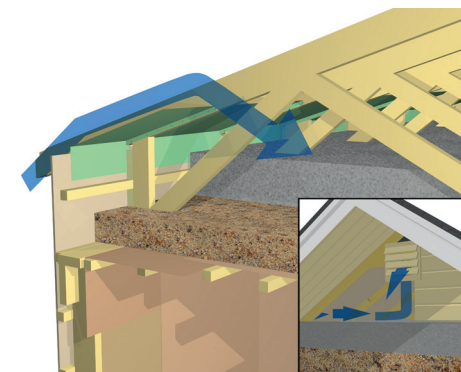
Ulkoseinä sisältä ulospäin:

- Pintaverhous
- Koolaus
- Ilman- tai höyrynsulku
- Kattokannattajat ja sahanpurueriste
- Lisäeristys puukuitueriste
- Tuuletustila
- Vesikattorakenne.

VILLAERISTEINEN YLÄPOHJA

Ulkoseinä sisältä ulospäin:

- Pintaverhous
- Koolaus
- Ilman- tai höyrynsulku
- Kattokannattajat ja villaeriste
- Lisäeristys puukuitueriste
- Tuuletustila
- Vesikattorakenne.



Rakenteiden ja rakennusosien U-arvot

Nykyinen rakenne	Korjausratkaisu	Lämmöneriste	U-arvo
Purueristeinen yläpohja U-arvo 0,40 W/m ² K	Lisäeristys puhallusvilla 250 mm	Selluvilla	0,12 W/m ² K
Purueristeinen yläpohja U-arvo 0,40 W/m ² K	Lisäeristys puhallusvilla 350 mm	Selluvilla	0,09 W/m ² K
Purueristeinen yläpohja U-arvo 0,40 W/m ² K	Lisäeristys puhallusvilla 450 mm	Selluvilla	0,07 W/m ² K
Villaeristeinen yläpohja U-arvo 0,29 W/m ² K	Lisäeristys puhallusvilla 200 mm	Selluvilla	0,12 W/m ² K
Villaeristeinen yläpohja U-arvo 0,29 W/m ² K	Lisäeristys puhallusvilla 300 mm	Selluvilla	0,09 W/m ² K
Villaeristeinen yläpohja U-arvo 0,29 W/m ² K	Lisäeristys puhallusvilla 400 mm	Selluvilla	0,07 W/m ² K



Ekovilla Oy
www.ekovilla.com



Termex-Eriste Oy
www.termex.fi

FINNFOAM[®]
MAAN PARAS ERISTE

FF-PIR

FF-EPS

- Ulkoseinän sisäpuolinen lisälämmöneristys
Finnfoam ja FF-PIR polyuretaanieristeet
- Kellarin ja ulkoseinän ulkopuolinen lisäeristys
Finnfoam CW-300 ja FF-EPS ETICS eristeet
- Maanvaraisen sekä tuulettuvan alapohjarakenteen korjaus
Finnfoam FL-300 ja Finnfoam FL-K600

FINNFOAM OY

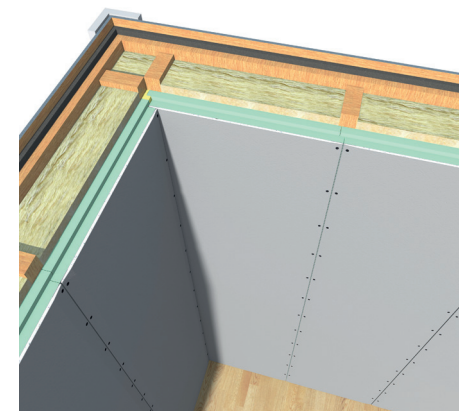
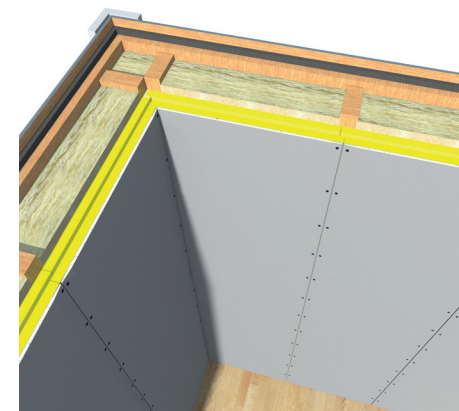
www.finnfoam.fi

Sisäpuolinen lisäeristys Finnfoam tai FF-PIR polyuretaanieristeillä

Vanhan seinärakenteen lisäeristäminen kannattaa toteuttaa sisäpuolelta, jos rakennuksen julkisivu on vielä hyvässä kunnossa. Finnfoam (XPS) ja FF-PIR polyuretaanieristeillä seinän lisälämmöneristäminen sisäpuolelta on kosteusteknisesti turvallista ja samalla parannetaan vanhan rakenteen toimivuutta, kun kosteutta rakenteeseen puskevat ilmavuodot lopput. Finnfoam ja FF-PIR -eristeet toimivat uudessa seinärakenteessa myös höyrynsulkuna ja jos vanhassa rakenteessa on höyrynsulku, tulee se rei'ittää. FF-PIR GYL levyissä on valmiiksi kiinni levyn toisella puolella 9mm reunahennettu kipsilevy, jonka ansiosta sisätilan pieneneminen on mahdollisimman vähäistä.

Ulkoseinä sisältä ulospäin:

- Kipsilevy
- Mahdollinen koolaus
- 30, 60 tai 90mm FF-PIR tai 50mm Finnfoam -lämmöneriste
- Vanha puurunkoinen ulkoseinä.

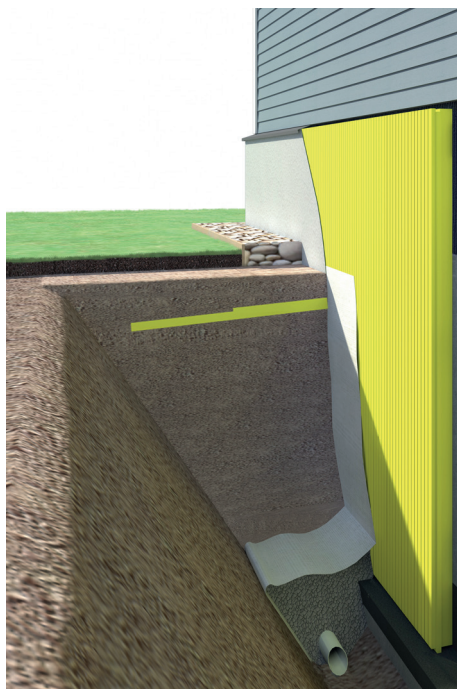


FINNFOAM®
MAAN PARAS ERISTE

FF-PIR

Finnfoam Oy
www.finnfoam.fi

Nykyinen rakenne	Korjausratkaisu	Lämmöneriste	U-arvo
vanha puurunkoinen ulkoseinä U = 0,50/0,32 W/m²K	sisäpuolinen lisäeristys	FF-PIR 40 GYL	0,30/ 0,22 W/m²K
		FF-PIR 70 GYL	0,21/ 0,17 W/m²K
		Finnfoam 50 mm koolaus+ilmarako 22 mm kipsilevy 13 mm	0,27/ 0,21 W/m²K
		FF-PIR 90 mm koolaus+ilmarako 22 mm kipsilevy 13 mm	0,16/ 0,13 W/m²K



Kellarin seinän eristys ja betonisandwich-elementin lisäeristys

Vanhoissa rakennuksissa salaojat ovat yleensä tiensä päässä ja samalla kun seinustat kaivetaan auki, on kellarin seinä eristää ulkopuolelta Finnfoam CW-300 kellarin seinä eristeellä. Finnfoam CW-300/100mm lämmöneristeellä saadaan aikaiseksi yhdellä asennuksella kellarinseinään lämmöneristys ja kosteuseristys eli ns. patolevy. Tällä rakenneratkaisulla saavutetaan merkittävää säästöä työkustannuksissa ja parannetaan sokkelin kosteusteknistä toimivuutta fysiikan lakien mukaiseksi. Rakenne on tiivis ulkopuolen sadevesiä vastaan ja sisältäpäin tuleva kosteus pääsee poistumaan Finnfoamissa sokkelia vasten olevia uria (10x15 mm) pitkin.

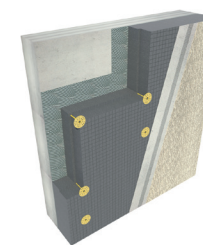
Vanhan betonisandwich-elementti on turvallista eristää ulkopuolelta harmaalla FF-EPS eristeellä ($\lambda=0,031 \text{ W/(mK)}$). Ratkaisussa vanhan elementti pinta oikaistaan tarpeen mukaan ja suoraan päälle asennetaan FF-EPS ETICS eristelevyt. Eristys pinnoitetaan ohutrappauksella, josta muodostuu myös uusi lopullinen saumaton julkisivupinta.

Kellarin seinä sisältä ulospäin:

- Vanha betoniseinä 200 mm
- Finnfoam CW-300 100 mm
- Rappaus tai sokkelilevytys.

Betonisandwich-elementti seinä sisältä ulospäin:

- Vanha Betonisandwich-elementti
- FF-EPS 60S ETICS 100 mm tai 150 mm
- Ohutrappaus.



FINNFOAM®
MAAN PARAS ERISTE

FF-EPS

Finnfoam Oy
www.finnfoam.fi

Nykyinen rakenne	Korjausratkaisu	Lämmöneriste	U-arvo
vanha betoni perusmuuri 200 mm: $U_{\text{maan päällä}} = 3,48$ $U_{\text{reuna-alue}} = 0,95$ $U_{\text{sisäalue}} = 0,29$	ulkopuolinen lisäeristys	Finnfoam CW-300	$0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
Betonisandwich-elementti U-arvo 0,35	ulkopuolinen lisäeristys	FF-EPS 60S ETICS 100mm FF-EPS 60S ETICS 150mm	$0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Maavaraisissa alapohjissa 60–80 luvulla yleinen riskirakenne, raakavalun päälle tehty koolaus ja villa, kannattaa poistaa kokonaan. Näiden tilalle raakavalun päälle asennetaan vettymättömät ja lujat Finnfoam -eristeet ja lattiamateriaalin alustaksi suoraan Finnfoamin päälle lattialevytys. Pälle voidaan tehdä myös valulattia.

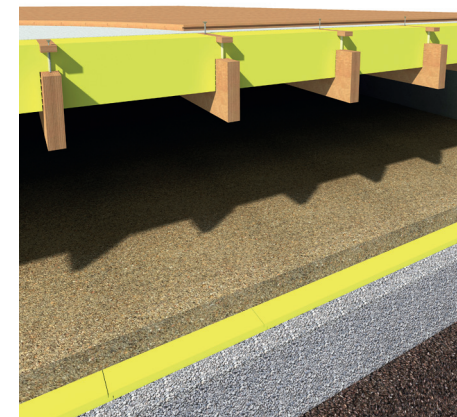
Tuulettuvan alapohjan rakenteet ja vanhat lämmöneristeet ovat usein niin huonossa kunnossa, että rakennetta ei kannata lisäeristää, vaan uusia kokonaan. Vettymätön ja luja Finnfoam Rossipohjaeriste FL-K600/210mm kestää vaativissakin olosuhteissa ja sillä saadaan yhdellä asennuksella tuulensuoja, eriste, ”ristikoolaus”, höyrynsulku ja tarvittaessa valumuotti.

Maanvarainen alapohja sisältä ulospäin:

- Parketti
- Lattialevytys/vaneri
- Finnfoam FL-300 70 mm
- Finnfoam FL-300 60 mm
- Vanha betonilaatta 100 mm.

Tuulettuva alapohja:

- Parketti
- Lattialevytys/vaneri 20mm
- Lattiavasat ja Finnfoam FL-K600/210mm
- Ryömintätila.



FINNFOAM
MAAN PARAS ERISTE

Nykyinen rakenne	Korjausratkaisu	Lämmöneriste	U-arvo
vanha maanvarainen alapohja: • lastulevy 22 mm • koolaus+villa 100 mm • kiinnitys+villa 25 mm • betonilaatta 100 mm $U_{\text{reuna-alue}} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{sisäalue}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	uusi rakenne: • vaneri 18 mm • FL-300 70 mm • FL-300 60 mm • betonilaatta 100 mm	Finnfoam FL-300, 130 mm	$0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
vanha purueristeinen rossipohja: $U\text{-arvo} = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$	uusi rakenne: • vaneri/lattialevy 20 mm • suodatinkangas • FL-K600 210 mm	Finnfoam FL-K600, 210 mm	$0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Finnfoam Oy
www.finnfoam.fi



- Ulkoseinän ulkopuolinen lisäeristys, ISOVER RKL-31 FACADE
- Tuulettuvan yläpohjarakenteen lisäeristys, ISOVER InsulSafe
- Betonielementtirakenteen ulkopuolinen lisäeristys, ISOVER FS5+

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy /
ISOVER

www.isover.fi

Rintamamiestalon ulkopuolinen lisäeristys

Rintamamiestalon ulkopuoleinen lisäeristys voidaan toteuttaa ISOVER RKL-31 FACADE tuulensuojaeristelevyllä. Valittavana on paksuudet 25-100 mm. Vanha ulkoverhous on suositeltavaa poistaa vinolaudoitukseen tai mahdolliseen tuulensuojalevyyn saakka. Uusi lisäeristys asennetaan vinolaudoituksen päälle (mahdolliset raot vinolaudoituksessa tilkitään) ISOVER Termofix-kiinnitysjärjestelmän avulla.

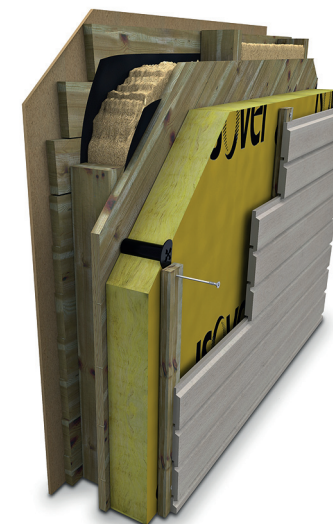
Lisäeristyksen päälle asennetaan tuuletusrimat k600, joihin uusi ulkoverhous kiinnitetään.

Rakennekerrokset sisältä ulos:

- Julkisivuverhous
- Tuuletusrimat ja tuuletusrako
- Lämmöneriste ja tuulensuoja ISOVER RKL-31 FACADE ja ISOVER Termofix -kiinnitysjärjestelmä
- Vinolaudoitus
- Tervapaperi
- Kantava runko ja lämmöneriste sahanpuru
- Tervapaperi
- Vaakalaudoitus
- Tervapaperi
- Pintaverhous.

Rakenteiden ja rakennusosien U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen ratkaisu	Lämmöneriste ja tuulensuoja	U-arvo
Ulkopuolinen lisäeristys 25 mm	Vanha sahanpurueristetty ulkoseinä, U-arvo 0,60 W/m ² K (sahanpurun lämmönjohtavuus 0,08 W/mK, ilmarakojen korjaustermi 0,04 W/m ² K)	ISOVER RKL-31 FACADE EJ 25 mm	0,38 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys 50 mm		ISOVER RKL-31 FACADE EJ 50 mm	0,29 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys 75 mm		ISOVER RKL-31 FACADE EJ 75 mm	0,24 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys 100 mm		ISOVER RKL-31 FACADE EJ 100 mm	0,20 W/m ² K

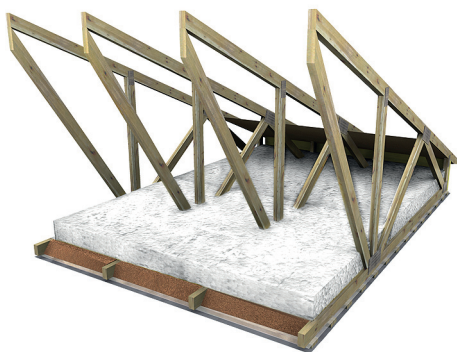


ISOVER
SAINT-GOBAIN

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy /
ISOVER
www.isover.fi

Tuulettuvan yläpohjarakenteen lisäeristys puhallusvillalla

Tuulettuvan yläpohjarakenteen lisäeristys voidaan toteuttaa vanhan lämmöneristeen päälle ISOVER InsulSafe -puhallusvillaa käyttäen. Tuote läpäisee hyvin vesihöyryä ja soveltuu siten lisälämmöneristeeksi kaikkien olemassa olevien lämmöneristeiden päälle (kuten sahanpuru, selluvilla tai mineraalivilla). Lisäeristys paksuuden voi valita vapaasti tavoiteltavan U-arvon ja käytettävissä olevan tilan perusteella. Katon reuna-alueille on suositeltavaa asentaa tuulenohjaimet, jotka varmistavat tuuletuksen toimivuuden ja estävät puhalluseristeen siirtymisen tuulen vaikutuksesta.



Rakennekerrokset sisältä ulos:

- Pintaverhous
- Harva laudoitus tai rimoitus
- Ilman- tai höyrynsulku
- Kattokannattajat k900 ja vanha lämmöneriste
- Lisäeristys ISOVER InsulSafe
- Tuuletustila
- Mahdollinen aluskate ja tuuletustila
- Vesikattorakenne alustoineen.

Rakenteiden ja rakennusosien U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen ratkaisu	Lämmöneriste ja tuulensuoja	U-arvo
Lisäeristys puhallusvilla 200 mm	Vanha sahanpurueristetty yläpohjarakenne, U-arvo 0,40 W/m ² K (sahanpurun lämmönjohtavuus 0,08 W/mK, ilmarakojen korjaustermi 0,04 W/m ² K)	ISOVER InsulSafe 200 mm	0,13 W/m ² K
Lisäeristys puhallusvilla 300 mm		ISOVER InsulSafe 300 mm	0,10 W/m ² K
Lisäeristys puhallusvilla 400 mm		ISOVER InsulSafe 400 mm	0,08 W/m ² K
Lisäeristys puhallusvilla 550 mm		ISOVER InsulSafe 550 mm	0,07 W/m ² K



Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy /
ISOVER
www.isover.fi

Betonielementtirakenteen ulkopuolinen lisäeristys, paksurappaus

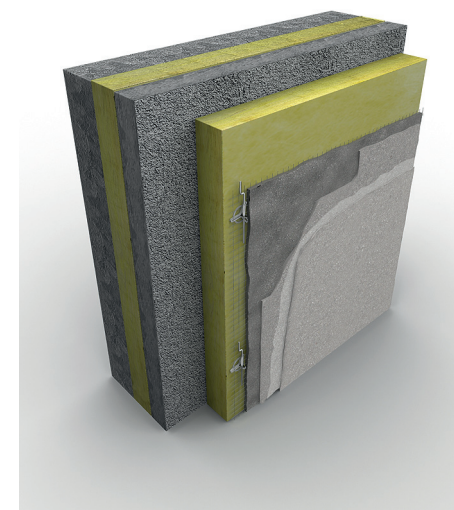
Vanhan betonielementtirunkoisen ulkoseinän ulkopuoleinen lisäeristys voidaan toteuttaa ISOVER FS5+ paksurappauslämmöneristeellä. Eristeet kiinnitetään vanhaan rakenteeseen mekaanisesti rappausjärjestelmän toimittajan ohjeiden mukaisesti. Yli 100 mm paksu eristys tehdään kahdesta eristekerroksesta saumat limittäen.

Rakennekerrokset sisältä ulos:

- Betonielementin sisäkuori
- Vanha lämmöneriste mineraalivilla
- Betonielementin ulkokuori
- Lämmöneriste ISOVER FS5+
- Paksurappausjärjestelmä (esim. SerpoRoc).



Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy /
ISOVER
www.isover.fi



Rakenteiden ja rakennusosien U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen ratkaisu	Lämmöneriste ja tuulensuoja	U-arvo
Ulkopuolinen lisäeristys 50 mm	Vanha betonielementti, lämmöneriste 80 mm ulkoseinä, U-arvo 0,45 W/m ² K (vanhan eristeen lämmönjohtavuus 0,041 W/mK, ansaita ei huomioitu erikseen)	ISOVER FS5+ 50 mm	0,26 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys 100 mm		ISOVER FS5+ 100 mm	0,18 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys 150 mm		ISOVER FS5+ 150 mm	0,14 W/m ² K



Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy /
ISOVER
www.isover.fi



- Ulkoseinän eristeiden vaihto julkisivun uusimisen yhteydessä
Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste tai Therma™ TW57
- Ulkoseinän sisäpuolinen lisäeristys
Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste tai Therma™ TW56 Anselmi
- Kevytrakenteisen parvekeseinän eristeiden vaihto
Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste tai Therma™ TW57

KINGSPAN INSULATION OY

www.kingspaneristeet.fi

Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste tai Therma™ TW57

Käyttökohde

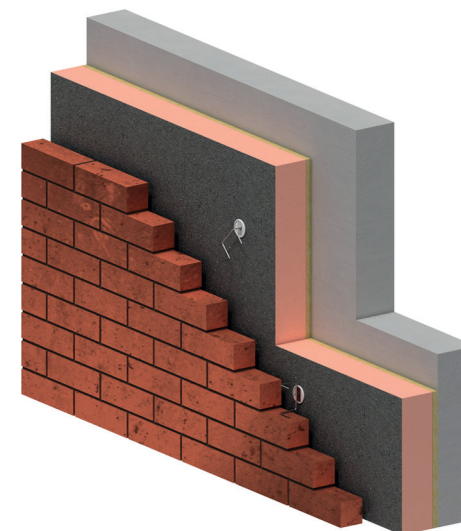
Julkisivun uusimisen yhteydessä alkuperäiset eristeet poistetaan ja korvataan uusilla tehokkaammilla Kingspan Kooltherm® tai Therma™ -eristeillä. Uuden eristekerroksen ja sisäkuorielementin välissä voidaan käyttää tarvittaessa epäta-saisuuksia tasaavaa kerrosta. Tuuletusvälin rakenne ja kiinnitys toteutetaan julkisivujärjestelmän vaatimusten mukaan. Rakenneratkaisua voidaan käyttää P1-paloluokan rakennuksissa aina 16 kerrokseen asti (VTT:n sertifikaatit: Kooltherm® VTT-C-11666-16 ja Therma™ VTT-C-6665-11).

Rakennekerrokset ulkoa sisäänpäin:

- Uusi ulkoverhous
- Tuuletusvälin koolaus, ulkoverhousjärjestelmän mukaan
- Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste tai Therma™ TW57 yhtenäisenä kerroksena
- Ohut tasauskerros tarvittaessa (esim. tasoite tai pehmeä mineraalivilla)
- Alkuperäinen sisäkuorielementti.

Eristeratkaisut ja U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen rakenne	Lämmöneriste	U-arvo
Kingspan Kooltherm® (+tasauskerros 20 mm)	Betonisandwichelementti, mineraalivillaeristys 80...120 mm, U-arvo 0,45...32 W/m²K	Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste 80 mm	0,21 W/m²K
		Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste 100 mm	0,18 W/m²K
		Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste 120 mm	0,15 W/m²K
Kingspan Therma™ (+tasauskerros 20 mm)		Kingspan Therma™ TW57 100 mm	0,25 W/m²K
		Kingspan Therma™ TW57 140 mm	0,17 W/m²K
		Kingspan Therma™ TW57 180 mm	0,14 W/m²K



Kingspan Insulation Oy
www.kingspaneristeet.fi

Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste tai Therma™ TW56 Anselmi

Käyttökohde

Puurunkoisen puru- tai villaeristeisen seinän sisäpuoleinen lisälämmöneristys voidaan toteuttaa Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste tai Therma™ TW56 Anselmi -eristeellä. Tuotteet ovat valmiiksi pinnoitettuja (kipsilevyllä), joten erillinen levytystyövaihe jää pois. Kiinnitys alkuperäiseen rakenteeseen tehdään mekaanisin kiinnikkein. Liimaa voidaan käyttää apuna kiinnityksessä. Reunaohennettujen kipsilevyjen saumat nauhoitetaan ja kitataan normaaliin tapaan. Sisäpinta voidaan esimerkiksi maalata tai tapetoida.

Rakennekerrokset ulkoa sisäänpäin:

- Ulkoverhous (tyypillisesti puupaneeli)
- Tuuletusväli
- Ilmansulkukerros (esim. tervapaperi tai tuulensuojalevy)
- Puurunko, jonka välissä lämmöneriste (puru tai villa)
- Ilmansulkukerros (esim. tervapaperi)
- Alkuperäinen sisäverhous
- Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste tai Therma™ TW56 Anselmi yhtenäisenä kerroksena
- Uusi sisäpinta (esim. maali tai tapetti).

Eristeratkaisut ja U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen rakenne	Lämmöneriste	U-arvo
Kingspan Kooltherm® (+12,5 mm kipsilevy)	Puurunkoinen puru- tai villaeristeinen seinärakenne, eristepaksuus 100 mm, U-arvo 0,50..32 W/m²K	Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste 20 mm	0,33 / 0,24 W/m²K
		Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste 50 mm	0,22 / 0,18 W/m²K
		Kingspan Kooltherm® K17 Lisäeriste 70 mm	0,18 / 0,15 W/m²K
Kingspan Therma™ (+9,5 mm kipsilevy)		Kingspan Therma™ TW56 Anselmi 30 mm	0,30 / 0,22 W/m²K
		Kingspan Therma™ TW56 Anselmi 60 mm	0,21 / 0,17 W/m²K



Kingspan Insulation Oy
www.kingspaneristeet.fi

Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste ja Therma™ TW57

Käyttökohde

Puurunkoisen parvekeseinän lämmöneristeet vaihdetaan julkisivuremontin yhteydessä tehokkaampiin Kingspan Kooltherm® tai Therma™ -eristeisiin. Uudet eristeet asennetaan puurungon väliin. Tarvittaessa sisäpuolelle jäävä asennustila täytetään pehmeällä mineraalivillalla ääneneristysystä. Puurunkoa voidaan kasvattaa tarpeen vaatiessa sisä- tai ulkopuolelle päin. Rakennratkaisua voidaan käyttää P1-paloluokan rakennuksissa.

Rakennekerrokset ulkoa sisäänpäin:

- Ulkoverhous
- Tuuletusväli, koolaus puulla, teräksellä tai alumiinilla ulkoverhousjärjestelmän mukaan
- Ei-kantava puurunko rakennesuunnitelmien mukaan
- Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste tai Therma™ TW57 rungon välissä
- Asennustila, täytetty ääneneristysvillalla
- Sisäverhous.

Eristeratkaisut ja U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen rakenne	Lämmöneriste	U-arvo
Kingspan Kooltherm® (+50 mm ääneneristysvilla)	Puurunkoinen villaeristeinen seinärakenne, eristepaksuus 100 mm, U-arvo 0,32 W/m²K	Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste, 80 mm	0,23 W/m²K
		Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste, 100 mm	0,19 W/m²K
		Kingspan Kooltherm® K15 Julkisivueriste, 120 mm	0,17 W/m²K
Kingspan Therma™ (+50 mm ääneneristysvilla)		Kingspan Therma™ TW57, 100 mm	0,22 W/m²K
		Kingspan Therma™ TW57, 120 mm	0,19 W/m²K
		Kingspan Therma™ TW57, 150 mm	0,16 W/m²K



Kingspan Insulation Oy
www.kingspaneristeet.fi



- Villa- (tai puru) eristeisen seinän lisäeristäminen ulkopuolelta
PAROC Cortex, PAROC Cortex pro, PAROC Renova
- Betonirunkoisten ulkoseinien lisälämmöneristäminen vanhan sisäkuoren päälle
PAROC eXtra + PAROC Cortex / PAROC Cortex pro
- Betonirunkoisten ulkoseinien lisälämmöneristäminen vanhan julkisivun päälle
Lisäeristys PAROC Linio 15 - levyeristyksellä, ohutrappaus

PAROC GROUP

www.paroc.fi

PAROC Cortex, PAROC Cortex pro, PAROC Renova - palamattomat kivivillaeristeet

PAROC Cortex tai PAROC Cortex pro soveltuvat hyvin julkisivun lisäeristämiseen ilman erillistä koolausta suoraan vanhan mineraalivillaeristeen päälle. Vaihtoehtoisesti PAROC Renovalla voidaan lisäeristys toteuttaa paksummalla kerroksella, vähäisellä määrällä puutavaraa ja kiinnikkeitä.

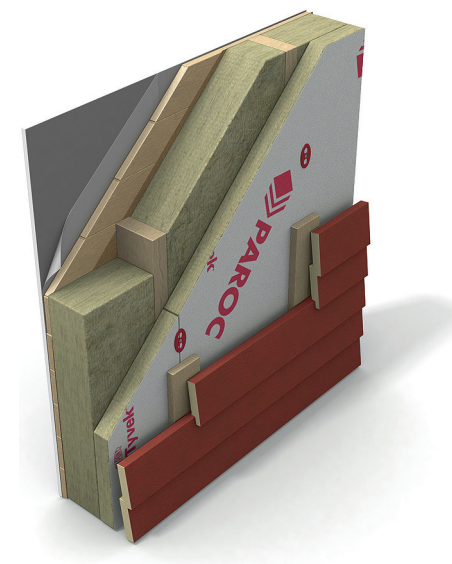
PAROC-tuulensuojaeristeillä on helppo tapa lisäeristää puurunkoinen talo ulkoeristyksen uusimisen yhteydessä.

Vanha rakenne (sisältä ulospäin):

- Sisäverhous
- Ilman- / höyrynsulku
- Höylätty lauta/ rakennuslevy
- Lämmöneriste: vanha mineraalivilla

Uusi rakenne:

- Tuulensuojaeriste
PAROC Cortex / PAROC Cortex pro
+ Naulausvälike PAROC XFP 002
tai PAROC Renova vaakakoolauksella
- Tuuletusväli / lauta 22 x 100 mm, k600
- Puuverhous



Eristeratkaisut ja U-arvot

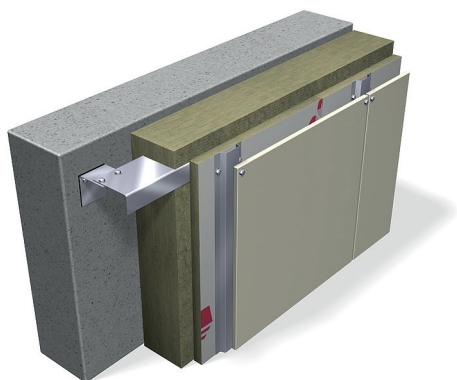
Korjausratkaisu	Nykyinen rakenne	Lämmöneriste	U-arvo
Ulkopuolinen lisäeristys 30 mm	Vanha villaeristeinen ulkoseinä U-arvo 0,37 W/m²K	PAROC Cortex 30 mm	0,28 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 55 mm		PAROC Cortex pro 55 mm	0,23 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 70 mm		PAROC Renova 70 mm	0,21 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 100 mm		PAROC Renova 100 mm	0,18 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 125 mm		PAROC Renova 125 mm	0,16 W/m²K



Paroc Group
www.paroc.fi

PAROC eXtra + PAROC Cortex / PAROC Cortex pro - palamattomat kivivillaeristeet

Lisäeristys voidaan tehdä joko vanhan julkisivun päälle tai purkaa huonokuntoiset rakenneosat. Uusi eristekerros nostaa rakenteen lämpötilaa ja edistää vanhan rakenteen kuivumista. Samalla voidaan parantaa rakenteen ääneneristävyyttä sekä palonkestävyyttä. Korjausrakentamisessa tulee ensin tarkastaa ja arvioida kaikki vanhojen seinien kantavat rakenteet. Korjauksiin ja muutoksiin tarvitaan yleensä uudet suunnitelmat ja luvat huomioiden voimassaolevat korjausrakentamismääräykset. Kannatinjärjestelmän kylmäsiltaavaikutus rakenteen U-arvoon tulee huomioida toimittajan ohjeiden mukaisesti.

**Vanha rakenne (sisältä ulospäin):**

- Kantava rakenne
Kiviseinä

Uusi rakenne:

- Teräsranka
PAROC eXtra +
PAROC Cortex / PAROC Cortex pro
- Tuuletusväli
- Julkisivuverhouk

Eristeratkaisut ja U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen rakenne	Lämmöneriste	U-arvo
Ulkopuolinen lisäeristys vanhan sisäkuoren päälle 130 mm	Betonisandwich -elementti U-arvo 0,50 W/m ² K	PAROC eXtra 100 mm + PAROC Cortex 30 mm	0,25 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys vanhan sisäkuoren päälle 180 mm		PAROC eXtra 150 mm + PAROC Cortex 30 mm	0,19 W/m ² K
Ulkopuolinen lisäeristys vanhan sisäkuoren päälle 190 mm		PAROC eXtra 150 mm + PAROC Cortex pro 40 mm	0,17 W/m ² K



Paroc Group
www.paroc.fi

Lisäeristys PAROC Linio 15 -levyeristyksellä, ohutrappaus

Vanhojen julkisivujen korjaaminen alkaa aina olemassa olevien rakenteiden tarkastuksella ja arvioinnilla. Uusi rakenne on suunniteltava vanhojen sandwich-elementtien kunnon mukaan. Lisäeristys voidaan tehdä joko vanhan julkisivun päälle tai purkaa huonokuntoiset rakenneosat ja eristää vanhan sisäkuoren päälle. Palamattomasta kivivillasta tehty rappausaluseriste PAROC Linio 15 soveltuu hyvin kummankin lisäeristämistavan lämmöneristeeksi.

Tämän sivun ratkaisussa lisälämmöneristäminen tehdään vanhan julkisivun päälle ja sen avulla vanha seinä saadaan entistä lämpimämmäksi ja kuivemmaksi, mikä vähentää tai jopa kokonaan estää vanhan rakenteen pakkasvaurioita ja karbonatisoitumista.

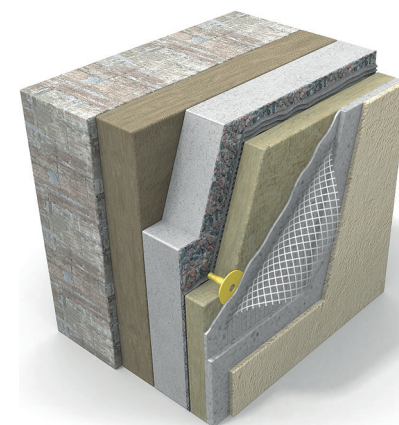
Korjaamisessa/eristerappauksessa on aina noudatettava järjestelmänhaltijan suosituksia.

Vanha rakenne :

- betonisandwich-elementti

Uusi rakenne:

- Lämmön- ja rappausaluseriste: levyeriste PAROC Linio 15 kiinnitetään ulkokuoreen liimalaastilla ja lisäksi aina mekaanisilla kiinnikkeillä
- Ohutrappaus järjestelmänhaltijan ohjeiden mukaan



Eristeratkaisut ja U-arvot

Korjausratkaisu	Nykyinen rakenne	Lämmöneriste	U-arvo
Ulkopuolinen lisäeristys 50 mm	Betonisandwich -elementti U-arvo 0,50 W/m²K	PAROC Linio 15 50 mm	0,30 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 70 mm		PAROC Linio 15 70 mm	0,26 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 100 mm		PAROC Linio 15 100 mm	0,22 W/m²K
Ulkopuolinen lisäeristys 150 mm		PAROC Linio 15 150 mm	0,17 W/m²K



Paroc Group
www.paroc.fi

ThermiSol

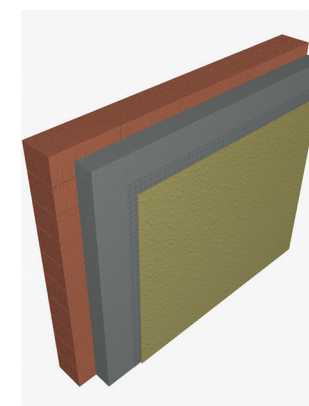
- ThermiSol Platina Rappari
Ulkoseinän lisälämmöneristäminen ThermiSol Platina Rappari –eristeellä
- ThermiSol EPS100S Seinä
Ulkoseinän lisälämmöneristäminen ThermiSol EPS100S Seinä –eristeellä
- ThermiSol EPS 120 Routa
Kellarin seinän lisälämmöneristäminen ThermiSol Routa –tuotteilla

THERMISOL OY

www.thermisol.fi

Ulkoseinän lisälämmöneristäminen ThermiSol Platina Rappari –eristeellä

ThermiSol Platina Rappari ja EPS 100S Seinä ovat nopeita ja kustannustehokkaita tuotteita vanhan kivitalon seinien lisäeristykseen. Ne ovat yhteensopivia ohutrappausjärjestelmiin kuuluvien tuotteiden kanssa. Lisäeristykseen ansiosta talo saa upean uuden julkisivun, joka on kestävä ja huoltovapaa. Tuotteita on helppo työstää ja rakenne minimoi tehokkaasti julkisivujen kylmäsillat.

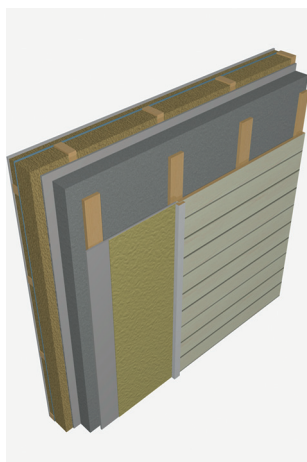


Kivitalon seinän korjaaminen

Seinärakenne	Vanhan rakenteen U-arvo, W/m ² K	Korjausratkaisu	Uuden rakenteen U-arvo, W/m ² K
Villaeristeinen puurunkoseinä lämmöneriste 100mm	0,32	100mm ulkopuolinen lisälämmöneristys ThermiSol Platina Rappari $\lambda=0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$	0,17
Villaeristeinen puurunkoseinä lämmöneriste 150mm	0,25		0,15
Betonisandwich-elementti lämmöneriste 80mm	0,45		0,20
Betonisandwich-elementti lämmöneriste 120mm	0,35		0,18
Betonisandwich-elementti lämmöneriste 140mm	0,30		0,16

ThermiSol

ThermiSol Oy
www.thermisol.fi



Puutalon seinän korjaaminen

ThermiSol

ThermiSol Oy
www.thermisol.fi

Ulkoseinän lisälämmöneristäminen ThermiSol EPS100S Seinä –eristeellä

ThermiSol EPS 100S Seinä- ja Platina Rappari -tuotteet sopivat myös puurakenteisen seinän ulkopuoliseen lisälämmöneristämiseen.

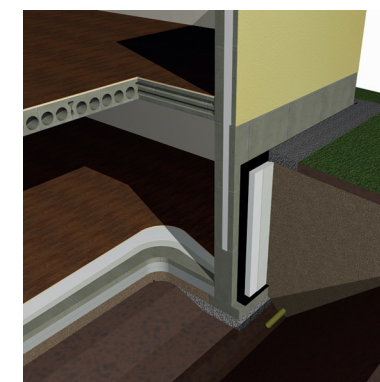
Tuotteet ovat kustannustehokkaita: Seinän U-arvo, ilmanpitävyys ja energiatalous paranevat merkittävästi. Niiden avulla vanha seinä saadaan uusien talojen lämmöneristysvaatimusten mukaiseksi.

Seinärakenne	Vanhan rakenteen U-arvo, W/m ² K	Lisälämmöneristysten paksuus, mm	Uuden rakenteen U-arvo, W/m ² K
Villaeristeinen puurunkoseinä lämmöneriste 100mm	0,32	100mm ulkopuolinen lisälämmöneristys ThermiSol EPS 100S Seinä $\lambda=0,036$ W/m ² K	0,17
Villaeristeinen puurunkoseinä lämmöneriste 150mm	0,25		0,15
Betonisandwich-elementti lämmöneriste 80mm	0,45		0,20
Betonisandwich-elementti lämmöneriste 120mm	0,35		0,18
Betonisandwich-elementti lämmöneriste 140mm	0,30		0,16

Kellarin seinän lisälämmöneristämisen ThermiSol EPS 120 Routa –eristeellä

Lämmöneristys antaa kellarille miellyttävän sisäilman ja tekee siitä asuttavan. Energiaa säästyy ja ulkopuolelta eristetty seinä pysyy kuivempänä ja lämpimämpänä. Kellarin maanvastainen ulkoseinä vaatii aina erillisen vesieristyksen. Lisäksi tarvitaan riittävän salaojitukset ja maanpinnan kallistukset. Näin vesi pysyy poissa perustusten ympäriltä.

Lisälämmöneristystä voi tehdä kuvasta poiketen myös perusmuurin yläosaan asti (maanpäälliselle osalle), jolloin koko rakenteen lämmöneristävyys ja toimivuus on parempi.



Kellarin seinän korjaaminen

Seinärakenne	Vanhan rakenteen U-arvo, W/m ² K	Korjausratkaisu	Uuden rakenteen U-arvo, W/m ² K
Kellarin seinä ilman lämmöneristystä	0,90	100mm ulkopuolinen lisälämmöneristys ThermiSol EPS 120 Routa $\lambda=0,036 \text{ W/m}^2\text{K}^*$	0,28
Kellarin seinä lämmöneriste 50mm	0,45		0,21
Kellarin seinä lämmöneriste 100mm	0,30		0,17
Kellarin seinä lämmöneriste 150mm	0,20		0,13

** Eristeeseen kohdistuvan kosteusliisän vuoksi lämmönjohtavuutena on laskennassa käytetty ilmoitettua lämmönjohtavuutta suurempia arvoja. Laskennassa käytettiin seuraavia arvoja: 120 Routa $\lambda=0,041 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja 200 Routa $\lambda=0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$.*

ThermiSol

ThermiSol Oy
www.thermisol.fi

Liite C: Ikkunat ja ovet

Alavus Ikkunat Oy

Domus Yhtiöt Oy

Lammin Ikkunat ja Ovet

Pihla

Tiivi

Skaala Oy



- Ikkunat
- Parvekeovet
- Ulko-ovet

ALAVUS IKKUNAT OY

www.alavusikkunat.fi

Alavus Ikkunat Oy:n mallistosta löytyy avattavia sekä kiinteitä puu-alumiini-ikkunoita. Ikkunat sopivat sekä uudis että saneerauskohteeseen. Ikkunatyypin (avattava/kiinteä) valintaan vaikuttaa kohteen vaatimukset, tarvitaanko tuuletusheloituksia, hätäpoistumisteitä jne. Isot lasikokonaisuudet on järkevä toteuttaa kiinteinä ikkunoina kuten myös erikoismuotoiset ratkaisut.

Avattavat ikkunat (kaksipuitteiset sisäänpäin aukeavat)

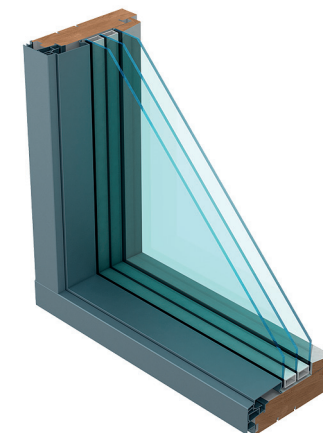
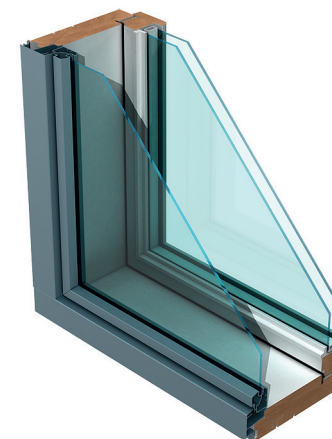
Puualumiini-ikkunat (karmi ja sisäpuite puuta, ulkopuite ja karmipellit alumiinia)

- MSEA 1+2** Sisäpuitteessa 2K-lasielementti ja ulkopuitteessa 1K-tasolasi. U-arvo vakio lasituksella 0,94 W/m²K
- MSE2A 2+2** Sisäpuitteessa 2K-lasielementti ja ulkopuitteessa 2K-lasielementti. U-arvo vakio lasituksella 0,72 W/m²K
- MSE3A 1+3** Sisäpuitteessa 3K-lasielementti ja ulkopuitteessa 1K-tasolasi. U-arvo vakio lasituksella 0,68 W/m²K
- Puuikkunat (karmi, sisäpuite, ulkopuite ja levikelaudat puuta, myrsky- ja tippalista alumiinia)
- MSEP** Sisäpuitteessa 2K-lasielementti ja ulkopuitteessa 1K-tasolasi. U-arvo vakio lasituksella 0,95 W/m²K.

Kiinteät ikkunat

Puualumiini-ikkunat (karmi ja sisäpuolen lasituslista puuta, ulkopuolen lasituslista ja karmipellit alumiinia)

- MEKA** (sisältä päin lasitettu 3K-lasi) U-arvo vakiolasituksella 0,61 W/m²K
- EKA** (ulkoa päin lasitettu 3K-lasi) U-arvo vakiolasituksella 0,60 W/m²K
- Puuikkunat (karmi ja lasituslistat puuta, myrsky- ja tippalista alumiinia)
- MEKP** (sisältä päin lasitettu 3K-lasi).





Parvekeovimallistostamme löytyy neljä eri vaihtoehtoa parvekkeen tai terassin oveksi.

Alumiinipintaiset ovet, IOU/A ja IPO/A, on suunniteltu yhteensopiviksi alumiini-ikkunoiden kanssa. Nämä alumiinipintaiset ovet kestävät hyvin vaihtuvia sääolosuhteita, vettä ja auringonpaistetta, joten ne soveltuvat siksi erinomaisesti vaativiinkin olosuhteisiin. Alumiinipintaiset parvekeovet ovat saatavilla 130, 150, 170 ja 210 mm:n karmisyvyydellä.

Levypintaiset IOU Energy- ja Arctic-ovet on rakenteeltaan kuten ulko-ovi. LC-102 lukkorungon vuoksi oven avaaminen ja sulkeminen tapahtuu kahvaa painamalla. Tarvittaessa ovi voidaan varustaa pitkäsulkijalla ja aukipitolaitteella, jolloin ovi soveltuu esim. tuuletusparvekekäyttöön. IOU-parvekeovi on saatavilla 70 ja 80 mm ovilehdellä. Karmisyvyyksistä käytävissä ovat 130, 170 ja 210 mm.

IOU/A OVEN VAHVUUDET

- kolminkertainen tiivistys
- 6mm lasit sisä- ja ulkopuolella
- täydellinen heloitus (lukittava pitkäsuljin, painiketoiminen aukipitolaite, lankavedin)
- kovapuukynnys
- PU lämmöneriste
- U-arvo vakiolasituksella 0,75 W/m²K.

IOU/A ovet saatavilla myös dB lasituksella:

Tuote	Rw [dB]	Rw + Ctr [dB] lentomelu	Rw + Ctr [dB] liikennemelu
IOU/A dB 1 14M	42	41	37
IOU/A dB 1 kokolasinen	41	40	36
IOU/A dB 2 14M	42	41	38
IOU/A dB 2 kokolasinen	42	41	38

Ulko-ovia valmistetaan neljällä eri rakenteella. Hieman kevyemmällä rakenteella valmistetaan Standard ulko-ovet joissa ovilehden paksuus 60 mm. Standard ulko-ovi valmistetaan aina vakio mitoilla 9/10x21 ja 115 mm karmilla. Vaikka ovesta on 2K-lasielementti, täyttää se nykyiset lämmöneristysarvovaatimukset. Standard ulko-ovimallisto on suppeampi, kuin Arctic- ja Energy-ovilla, eikä Standard oveen voida yhdistää kiinteitä tai avattavia levikkeitä.

Jykevämmällä rakenteella olevat ulko-ovemme Arctic ja Energy ovat 80 mm ja 70 mm ovilehdillä. Näissä ovissa karmisyyden (130/170/210 mm) ja oven mitat pystyy asiakas itse valitsemaan. Lisäksi mallistostamme löytyy vielä kylmiin ja teknisiin tiloihin sopivat varastonovet jotka valmistetaan 60 mm ovilehdellä. Näissä ovissa karmisyyvyys on 92 mm, eristevahvuus 53 mm sekä yksinkertainen tiivistys.

S60 STANDARD ULKO-OVEN VAHVUUDET

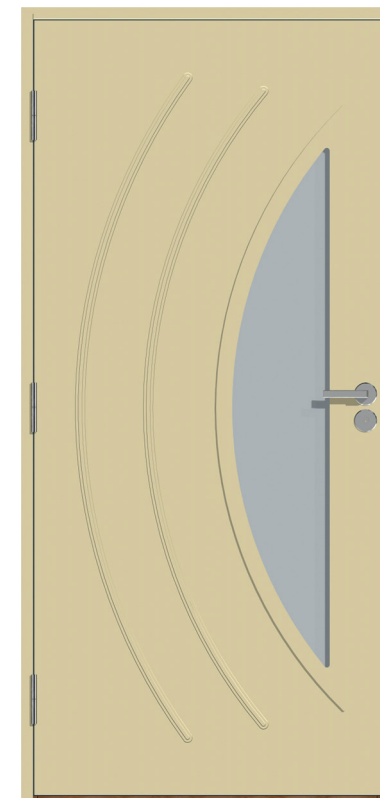
Vakiona:

- 115 mm karmi
- tiivistys ovilehdessä ja kaksinkertainen tiivistys kynnyksessä
- 2K kuviollinen selektiivilasielementti argonkaasutäytteellä
- kovapuukynnys + alumiinisuoja
- erikoislämmöneriste
- kertopuurakenne
- Abloy-lukkorunko + säädettävä vastakappale
- Abloy-murtosuojaranat
- U-arvo alkaen 0,80 W/m²K (umpiovella).

E70 ENERGY ja A80 ARCTIC ULKO-OVEN VAHVUUDET

Vakiona:

- valittavissa 130,170 tai 210mm karmi
- kaksinkertainen tiivistys (ovilehti+karmi) myös kynnyksessä
- 3K kuviollinen selektiivilasielementti argonkaasutäytteellä
- kovapuukynnys+alumiinisuoja
- erikoislämmöneriste
- kertopuurakenne
- Abloy-lukkorunko + säädettävä vastakappale
- Abloy-murtosuojaranat
- E70 Energy U-arvo alkaen 0,72 W/m²K (umpiovella)
- E80 Arctic U-arvo alkaen 0,64 W/m²K (umpiovella).



 **ALAVUS**
IKKUNAT JA OVET

Alavus Ikkunat Oy
www.alavusikkunat.fi



- Domlux ikkunat
- Domlux Ikihyvä
- Domlux ovet

DOMUS YHTIÖT OY

www.domlux.fi

info@domlux.fi
info@domus.fi

DOMLUX IKKUNAT, PUU-ALUMIINI

Domus Yhtiöt tarjoaa ikkunat kaikkiin tarpeisiin ja käyttökohteisiin. Valikoimastamme löydät niin laadukkaat, kohtuuhintaiset perusikkunat kuin huippueristävät ja energiatehokkaat ikkunat ratkaisuksi vaativaan matalaenergiarakentamiseen. Yhteistä kaikille Domlux-ikkunoille on korkea laatutaso, innovatiiviset tekniset ratkaisut, monipuoliset vaihtoehdot sekä se, että ne ovat aina kotisi mittojen mukaan tehty.

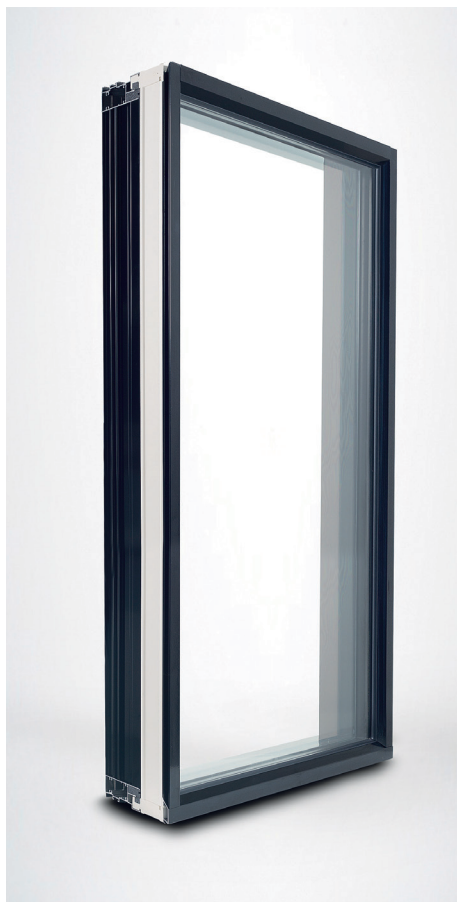
- Ikkunan lämmöneristävyyteen vaikuttavat paitsi erilaiset lasitukset, myös ikkunan eri osien väliset liitokset, avattavien ikkunoiden tiivisteet ja niissä etenkin sisäpuutteen ja karmin välinen tiiviste.
- Lämmöneristävyyden kannalta ensiarvoinen tekijä on ikkunassa käytettävä eristyslasi. Domlux-ikkunat poikkeavat tavanomaisista energiatehokkaista ikkunoista siltä osin, että niissä käytetään vakiona luotettavia ja energiatehokkaita TPS-BU-eristyslaseja.
- Energiatehokkuuden kannalta lämmöneristyskyvyn ohella ikkunan tiiveys on tärkeimpiä ikkunalta vaadittavia ominaisuuksia. Kiinteät ikkunarakenteet ovat luontaisesti tiiviitä, avattavien ikkunoiden kohdalla pienetkin yksityiskohdat ratkaisevat. Avattavissa Domlux Puu-alu -ikkunoissa on kolminkertainen tiivistys. Sisäpuutteen ja karmin tiivistyksessä käytetään omaa erikoistiivistettä, joka takaa ikkunoiden erinomaisen tiiviiden.



DOMLUX A1	DOMLUX PASSIIVI	DOMLUX PASSIIVI PLUS
avattava (MSE ALU) $U=0,97-0,99$ (W/m^2K), $E=71-79$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A	avattava (MSE ALU) $U=0,79-0,84$ (W/m^2K), $E=51-59$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A+	avattava (MS2E ALU) $U=0,70-0,76$ (W/m^2K), $E=48-56$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A+ $E=70-75$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A tehokkaalla auringonsuojalasituksella
kiinteä (MEK ALU) $U=0,94-0,95$ (W/m^2K), $E=52-56$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A+	kiinteä (MEK ALU) $U=0,64-0,71$ (W/m^2K), $E=24-31$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A++ $E=49-59$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A+ tehokkaalla auringonsuojalasituksella	kiinteä (MEK ALU) $U=0,5$ W/m^2K $E=14-15$ ($kWh/m^2,a$), energialuokka A++ $E=33-36$ ($kWh/m^2,a$) ja energialuokka A++ tehokkaalla auringonsuojalasituksella

DOMLUX

Domus Yhtiöt Oy
www.domlux.fi

**DOMLUX IKIHYVÄ -IKKUNA**

- Kaksi erilaista ulkoprofilia
- Valmistettu kierrätettävistä materiaaleista
- Karmisyydydet 131, 170, 210 mm
- Kokoraja yleensä 4–6 m²
- Lasitus mahdollista tehtaalla tai työmaalla
- Saatavana vain kiinteänä mallina

Suunniteltaessa yli 5 m² kokoisia kiinteitä ikkunoita kannattaa ottaa yhteyttä meihin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Kohdekohtaisesti valmistamme myös yli 6 m² kokoisia kiinteitä ikkunoita.

DOMLUX IKIHYVÄ -PARVEKEOVI

- Yksilehtinen ulos avautuva ovirakenne, varustettu lämpökatkolla
- Valmistettu kierrätettävistä materiaaleista
- Vakioheloituksena pitkäsulki ja painike sisään/ulos, lukitus vääntönupilla sisältä
- Saranointi kahdella tai kolmella saranalla
- Pintakäsittelynä pulverimaalaus ja anodisointi
- Karmisyydydet 90/131/170 mm
- Maksimikoko 1190x2290 mm tai 1090x2390 mm
- Lasiaukon korkeus on vapaasti määritettävissä, ovea saa myös kokolasisena.

ENERGIAEHOKKUUS

2 selektiivipinnalla*	
Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo	0,63–0,64 W/m ² K
Energiatehokkuusarvo eli E-arvo	24–26 kWh/m ² ,a
Energialuokka	A++
1 selektiivipinnalla*	
U-arvo	0,93–94 W/m ² K
E-arvo	60–64 kWh/m ² ,a
Energialuokka	A+
Tehokkaalla auringonsuojalasituksella	
E-arvo	43–48 kWh/m ² ,a
Energialuokka	A+

*lämmöneristyslasi

ENERGIAEHOKKUUS JA ERISTÄVYYS

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo	0,9 W/m ² K
Ääneneristävyys täyslasisena	35–38 dB (-2,-5)
Ääneneristävyys umpiosalla	36–37 dB (-1,-4)
Tuulenpaineenkestävyysluokka	C3
Sateenpitävyysluokka	8A
Ilmanpitävyysluokka	4

DOMLUX

Domus Yhtiöt Oy
www.domlux.fi

DOMLUX HDF-OVET

- HDF-pintainen alumiinilevyillä jäykistetty levyrakenteinen puuovi
- Lämmönläpäisykerroin A1-rakenteella $\leq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja
Passiivirakenteella n. $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ovimallin mukaan vakiona kirkas lasi (sileäpintaist set ovet) tai kuviolasi (stippolyte-lasi, muut ovimallit)
- Puinen kynnys alumiinisella kulutuslistalla
- Ovien vakiokoko 9/10×21 M, peruskoot 10×23 M asti, maksimikoko jopa 12×24 M.

DOMLUX PUU-ALUPARVEKEOVI

- HDF-levyrakenteinen alumiinilevyillä jäykistetty parveke- ja terassiovi, jonka ulkopinta alumiiniverhottu
- Lämmönläpäisykerroin A1-rakenteella $\leq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Puinen kynnys alumiinisella kulutuslistalla
- Ovien vakiokoko 9/10×21 M, peruskoot 10×23 M asti
- Lasiaukon koko määriteltävissä esim. viereen asennettavien ikkunoiden mukaan
- Lukitus mahdollinen Abloy LC 102 -lukkorungolla tai pitkäsulkijalla
- Saatavana lisävarusteita kuten sälekaihtimet, erilaisia lasituksia.

DOMLUX IOSS -PARVEKEOVI

- Sisäänpäin avautuva rakenne, ovilehdet kytketty toisiinsa
- Ulomainen ovilehti kokonaan alumiinia
- Laaja lasipinta tuo valoa kotiin
- Hyvä lämmöneristyskyky
- Sopii ns. ranskalaisen parvekkeen oviratkaisuksi
- Lasiaukkoon saatavissa kiinteitä jakopuitteita ja ristikoita.

**DOMLUX**

Domus Yhtiöt Oy
www.domlux.fi



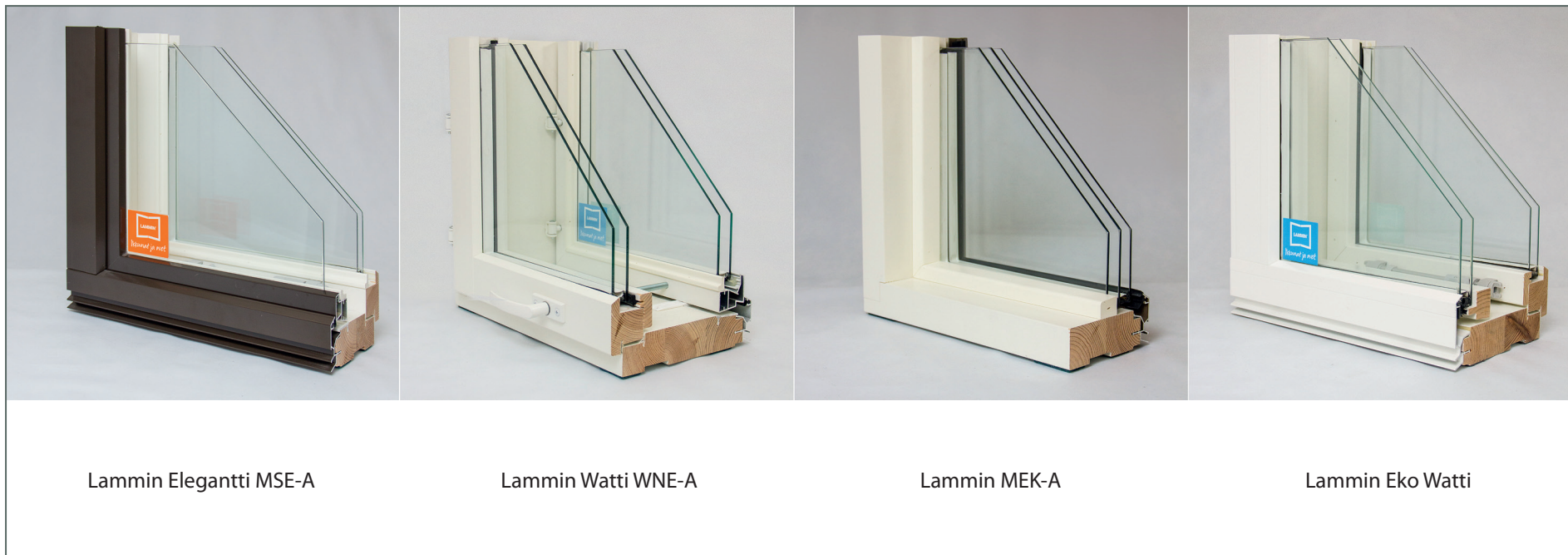
Ikkunat ja ovet

- Lammin® ikkunat
- Lammin® ovet
- Lammin Signal Window®

LAMMIN

www.lammin.fi
www.ikkunastudio.fi
www.ovistudio.fi

Lammin monipuolisesta valikoimasta ikkunat suoraan valmistajalta mittatilaustyönä korjauskohteen tarpeiden mukaisesti. Kaikissa tuoteperheiden lämmöneristävyysluokissa ratkaisut mm. ilmanvaihtoon, ääneneristävyyteen ja palonkestävyyteen. Laajat lisävarustevalikoimat.



Lammin MSE -puuikkunat

U-arvo 0,8–1,0

Lammin MSE -puualumiini-ikkunat

U-arvo 0,8–1,0

Lammin Watti WNE-A -puualumiini-ikkunat

U-arvo 0,8–0,85

Lammin Kiinteät ikkunat

U-arvo 0,5–1,0

Lammin Eko Watti WNS-A -puualumiini-ikkunat

U-arvo 0,6–0,7

Lammin Eko Watti + WNS-A -puualumiini-ikkunat

U-arvo < 0,5

Ikkunastudio

Lammin
www.ikkunastudio.fi

Lammin laaja ovivalikoima, leveys ja korkeus valittavissa 10 mm jaolla. Lasiaukon korkeus terassi/parvekeovissa viereisen ikkunan mukaisesti. Pintahelat valmiiksi asennettuna. Laaja värivalikoima.

		Lämpöovet • 70 mm lämpörakenne • 90 mm PLUS lämpörakenne		Pariovet • 70 mm lämpörakenne • 80 mm alumiiniverhottu kehäovirakenne • 90 mm PLUS lämpörakenne
Terassi/parvekeovet • Useita vaihtoehtoisia ovimalleja ja värejä • Ääneneristysrakenne; Rw CTR 35 dB, alumiiniverhottuna EPO-A • Alumiiniverhotulla Plus -rakenteella U-arvo 0,8 • Lämpörakenteisena 70 mm ja 90 mm, Plus rakenteisena U-arvo < 0,7		Puuverhotut terassi/parvekeovet • Useita vaihtoehtoisia ovimalleja ja värejä • Ulkopuoli paneloituna		Palo-ovet • Mittatilauksena • EI30 –rakenteella • Rakennekilvellä

Ovistudio

Lammin
www.ovistudio.fi

Lammin ääneneristysovet	Rw (dB)	Rw+C (dB)	Rw+CTR (dB)	
ELE101 dB	45	43	40	HDF-pintainen umpiovi
ELE 105 dB	42	40	38	HDF-pintainen lasiovi
ELE PO1/15M dB	42	41	39	HDF-pintainen terassinovi
EPO-A dB 39	39	38	35	Kehärakenteinen ulosavautuva parvekeovi
SEPO-A dB	38	37	35	Kehärakenteinen sisäänaukeava 1-lehtinen parvekeovi

Matkapuhelimen kuuluvuutta sisätiloissa voidaan parantaa hyödyntämällä ikkunoissa Lammin Ikkuna Oy:n kehittämää **Signal Window® -teknologiaominaisuutta**. Signal Window® -ominaisuuden etu korostuu erityisesti **heikon matkapuhelinkentän ympäristöissä**, joissa rakennuksen sisäverkkojen rakentaminen tai tukiasemapeiton lisääminen ei ole teknisesti tai kokonaistaloudellisesti mahdollista. Signal Window® läpäisee matkapuhelintaajuuudet (2G, 3G, 4G/LTE) olosuhteista riippuen tehokkaammin kuin tavanomaiset ikkunat. Signal Window® -ikkuna ei poikkea ulkonäöltään, ominaisuuksiltaan tai asennettavuudeltaan tavallisesta ikkunasta.

Signal Window® -teknologiaominaisuus voidaan lisätä vapaasti rakennuksen mihin tahansa ikkunaan. Parhaan lopputuloksen saavuttamien vaatii jonkin verran ennakkosuunnittelua. Tuotteen sijoittaminen rakennuksen ikkunoihin on aina tapauskohtaista ja ennen tilaamista tulisi käydä läpi mihin huoneiston ikkunoihin ominaisuus lisätään.

Apua suunnitteluun saat Lammin Ikkuna Oy:n myyjiltä.



Lammin
www.ikkunastudio.fi

Pihla

Varmasti hyvä.

- Pihla ikkunat
- Pihla ovet
- Pihlan älykäs ilmanvaihdon ohjaus

www.pihla.fi

	Tuote	Lasitus-esimerkki	Karmi mm	Rw [dB]	Rw+C [dB]	Rw+Ctr [dB]	U-arvo W/m ² K	Aurinkoenergian kokonaisläpäisy g _w -arvo	Energia- luokka	E- luku	
	PIHLA TERMO Matalaenergiakkuna Pihla Termo on kaksipuitteinen puualumiini-ikkuna, jonka molemmissa puitteissa on eristyslasielementti. Nelilasin Pihla Termo takaa maksimaalisen energiatehokkuuden, parhaan auringonsuojan ja huikean ääneneristävyyden.	Ulkopuitteen eristyslasielementissä huurtumista ehkäisevä lasi ja erikoisselektiivi. Sisäpuitteen eristyslasielementissä kaksi erikoisselektiiviä. Kaikkien lasien paksuus 4 mm.	130	46	44	39	0,64	31	A+	46	
			170	47	46	41	0,63	31	A++	44	
			210	50	49	45	0,63	31	A++	44	
	PIHLA TERMO KIIENTEÄ Lämpöaloudeltaan markkinoiden parhaimmista kuuluva kiinteä ikkuna Pihla Termo voidaan varustaa jopa A++-energialuokkaan. Termo Kiinteällä voidaan toteuttaa suurelkin ikkunaseinät kustannustehokkaasti tinkimättä energiataloudesta. Etuihin kuuluu myös helppohoitaisuus, sillä kiinteässä ikkunassa on vain kaksi pestävää pintaa.	Kolminkertaisessa eristyslasielementissä huurtumista ehkäisevä lasi ja kaksi erikoisselektiiviä. Kaikkien lasien paksuus 4 mm.	130	31	30	26	0,68	38	A++	36	
			170	31	30	26	0,67	38	A++	35	
			210	31	30	26	0,67	38	A++	35	
	PIHLA VARMA Pihla Varma on Suomen oloihin kehitetty 1+2 lasinen puu-alumiini-ikkuna. Kolmilasisen Varman erinomaiset säänkesto-ominaisuudet ovat nostaneet sen maamme suosituimmaksi ikkunamalliksi. Kahdesta sisään päin aukeavasta puitteesta koostuva Pihla Varma sulkeutuu tiiviisti ja pitää sekä kylmän että melun loitolla.	Ulkopuitteessa tasolasi. Sisäpuitteen eristyslasielementissä yksi perusselektiivi. Kaikkien lasien paksuus 4 mm.	130	44	43	37	1,0	45	A	76	
			170	48	46	42	1,0	45	A	76	
			210	49	47	44	1,0	45	A	75	
	PIHLA VARMA KIIENTEÄ Pihla Varma Kiinteä on mainio valinta maisemaikkunaksi. Lasitustekniikan kehittymisen myötä kiinteiden ikkunoiden energiatalous on parantunut huomattavasti. Kolminkertaisella eristyslasielementillä varustettu Pihla Varma Kiinteä kuuluu A-energialuokkaan.	Kolminkertaisessa eristyslasielementissä yksi perusselektiivi. Kaikkien lasien paksuus 4 mm.	130	31	30	26	1,0	48	A	66	
			170	31	30	26	1,0	48	A	66	
			210	31	30	26	1,0	48	A	66	

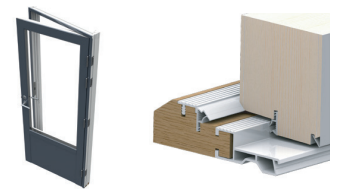
Kaikki Pihlan tuotteet valmistetaan mittatilaustyönä. Yksilölliset ratkaisut ovat näin ollen mahdollisia. Värit, karmisyyvyys, kätisytykset, lasit ja lisävarusteet suunnitellaan yhdessä vastaamaan parhaiten asiakkaan toiveita.

Termo-tuotteet takaavat maksimaalisen energiatehokkuuden.

Varma-mallistosta löydät ikkunat ja ovet niin vanhan korjaamiseen kuin uuden rakentamiseen.

Pihla
Varmasti hyvä.

www.pihla.fi

	Tuote		Rw [dB]	Rw+C [dB]	Rw+Ctr [dB]	U-arvo W/m²K	
	PIHLA TERMO PATIO Termo Patio on yksilehtinen ulosaukeava parvekeovi. Patio-ovessa yhdistyy kaksi erinomaista Pihla-ovea. Patiossa on ulko-oven vahva levyrakenteinen ovilehti ja oven ulkopuolella on parvekeoville ominainen säänkestävä alumiiniverhous. Energiatehokkaan eristeen ja tasokkaan lasituksen ansiosta Termo Patio on erittäin hyvä lämmöneristäjä.	Lasin korkeus 16M	34	32	30	0,80	
		Kokolasinen	35	33	29	0,80	
		Kokolasinen vaakajaolla	35	33	29	0,84	
	PIHLA TERMO ULKO-OVI Termo ulko-oven vahva ovilehti takaa erinomaisen lämmöneristävyyden. 76 mm paksun ovilehden sisällä on erittäin tehokas eristysmateriaali. Myös lasiaukollisissa ovimalleissa lämmöneristävyys on huippuluokkaa, sillä lasielementtinä on aina kolminkertainen energiatehokas eristyslasi.	Umpiovi	28	24	22	0,64	
		Lasiaukollinen	29	26	24	0,69...0,92 mallista riippuen	
	PIHLA VARMA PATIO Varma Patio on yksilehtinen ulosaukeava parvekeovi. Varma Patiossa on säänkestävä ja huoleton, vaativiinkin olosuhteisiin soveltuva alumiiniverhous. Alumiiniverhouksen ansiosta Patio sopii mainiosti Pihla-ikkunoiden vierelle. Monipuoliset lukitusvaihtoehdot mahdollistavat oven käytön erilaisissa kohteissa ja tarpeissa: ovi soveltuu mm. parvekeoveksi, puutarhaoveksi ja kodinhoitohuoneen oveksi.	Lasin korkeus 16M	34	32	30	0,84	
		Kokolasinen	35	33	29	0,84	
		Kokolasinen vaakajaolla	35	33	29	0,88	
	PIHLA VARMA ULKO-OVI Pihla Varma ulko-oven vankka ovilehti on jäykistetty molemmiin puolin alumiinilevyllä sekä HDF-pintalevyllä. Vahvan ovilehden ansiosta ulko-ovi toimii varmasti, pysyy suorana, on lämmönpitävä ja turvallinen eikä hätkähdä hankaliakaan sääolosuhteita.	Umpiovi	26	24	23	0,73	
		Lasiaukollinen	27	25	25	0,79...1,0 mallista riippuen	

Pihla

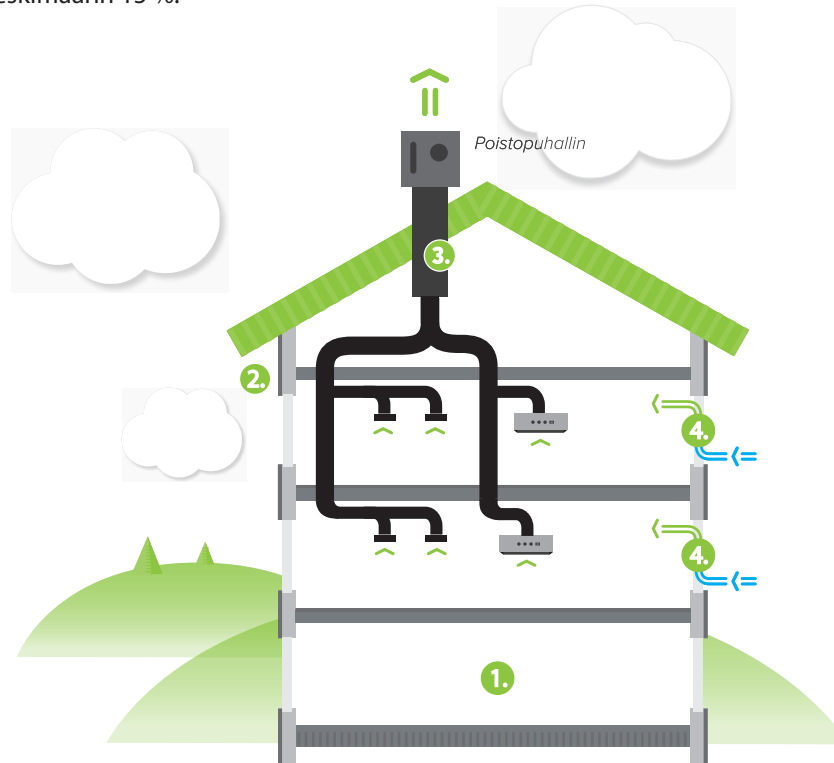
Varmasti hyvä.

www.pihla.fi

Pihlan ikkunat ja ovet soveltuvat erinomaisesti ikkuna- ja oviremontteihin. Laadun takeena myönnämme Pihlan ikkunoille 25 vuoden lahoamattomuustakuun ja oville 10 vuoden suoranapysymistakuun.

Nykyaikainen ikkunaremontti lisää hyvinvointia ja säästää energiaa

Noin puolet kerrostaloissa asuvista ihmisistä kokee sisäilmaongelmia (Inwido Finland Oy, Sisäilmatutkimus 2015, Tietoyökkönen Oy). Yhdessä Pihlan uusien tuloilmaikkunoiden kanssa, Pihlan älykäs ilmanvaihdon ohjaus pyrkii pitämään sisäilman jatkuvasti alipaineisena ja huolehtimaan korvausilman saannista. Ohjauslaite ottaa huomioon lisäksi ulkoilman lämpötilan ja vähentää tuuletusta kovilla pakkasilla. Kesäöisin tuuletusta lisätään automaattisesti. Näin sisäilman lämpötila säilyy tasaisempana ja kerrostalon tyypilliset sisäilmaongelmat kuten huoneistoista ja rappukäytävistä kantautuvat hajut ja vedon tunne vähenevät. Motivan tutkimusten mukaan Pihlan ikkuna- ja ilmanvaihtoremontilla kerrostalon energiakustannukset pienyvät keskimäärin 15 %.



Pihlan ikkunaremontissa talo huomioidaan kokonaisuutena:

Ilmanvaihdon älykäs ohjausyksikkö (1) ylläpitää alipainetta rakennuksessa, poistopuhaltimen tehoa (3) ohjataan portaattomasti ulkolämpötilan (2) mukaan, korvausilma otetaan hallitusti Pihla tuloilmaikkunoiden venttiileistä (4). Lopputuloksena on aiempaa parempi ilmanvaihto jokaisessa asunnossa ja energiansäästö.

Pihla
Varmasti hyvä.

www.pihla.fi



Tiivi Kristalli -lämpöikkunat

www.tiivi.fi

1+3 -rakenteella U-arvo 0,64

Uusilla Tiivi Kristalli -ikkunoilla päästään ilman erikoisratkaisuja U-arvoon 0,64. Tällöin ikkunan rakenne ei poikkea silmiinpistävästi normaalista rakentamisesta, vaan erinomainen energiatehokkuus saavutetaan 1+3 -rakenteella. Tällöin ikkunan ulkopuitteessa on yksilasinen tasolasi, sisäpuiteessa kolminkertainen eristyslaselementti. Hyvä lopputulos varmistetaan Tiivin sertifioidulla asennuksella.

Energiatalouden lisäksi suurta merkitystä on ikkunoiden ulkonäöllä sekä käyttömukavuudella. Tiivi Kristalli -ikkunoissa sekä kestävyyyteen että käytettävyyteen vaikuttavat mm. tavallista tappisaranaa merkittävästi tukevammat piilosaranat sekä ainutlaatuinen kehärakenteinen lukitusmekanismi.

U –arvo

0,64–1,0 W/m²K lasituksesta riippuen.

Karmi

Sormiliitettyä mäntyä

– sivukarmi 42 mm

– välikarmi 59 mm

Ulkopuoli verhoiltu polttomaalatulla alumiiniprofilillä

Karmisyvytykset

130, 170, 210 mm.

Sisäpuite

Lamellirakenteinen vääntymätön mäntä 59 mm.

Eristää tehokkaasti lämpöä.

Värit

Vakioväri valkoinen NCS-0502-Y.

Erikoisvärit Teknos-värikartasta.

Ulkopuute

Polttomaalattua alumiiniprofilia.

Vakiovärit RAL9010, RR23 ja RR32.

Erikoisvärit RAL- ja RR -värikartastoista.

Lukitus

Ainutlaatuinen kehärakenteinen laakeroitu lukitusmekanismi. Ei irtopainikkeita, ikkunat aukevat ja sulkeutuvat kevyesti yhdestä painikkeesta.

Saranat

Piilosaranoiden kantavuus jopa 150 kiloa ilman ylimääräistä tukea. Ikkunan sisäpuiteesessa ei näkyviä saranoita tai peitekilpiä.

Valoaukko

Sivukarmi: 91 mm sisäpuoli, 78,5 mm ulkopuoli

Jakokarmi: 123 mm ulkopuoli, 148 mm sisäpuoli

Älykäs automaattinen tuloilmaventtiili säätyy reaaliaikaisesti lämpötilan mukaan.

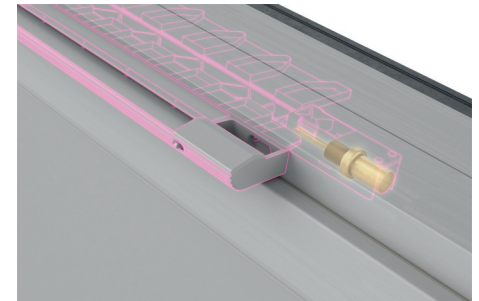
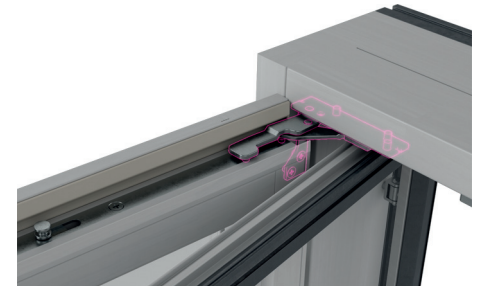
Listoitus

Naulaton listoitus viimeistelee ikkunan sisäpuolen.

Listoitukseen ei jää näkyviä jälkiä kiinnityksestä.

Kaihdin

Lisävarusteena integroitu sälekaihdin. Kaihtimen nosto ja kääntö tapahtuvat yhdestä säätimestä, johon kuuluu automaattinen kaihdinnarujen sisäänkelausmekanismi. Ikkunan ulkopuolelle ei jää missään tilanteessa roikkumaan kaihdinnarua.



tiivi ENEMMÄN KUIN IKKUNA 

www.tiivi.fi

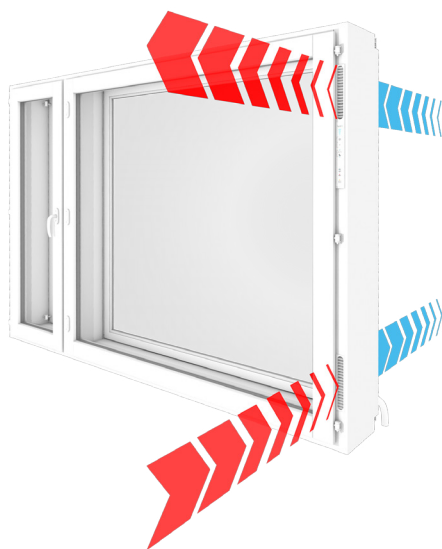


- Skaala Alfa cLean - koneellinen ilmanvaihtoikkuna
- Skaala-ikkunat
- Skaala-ovet

SKAALA OY
www.skaala.com

Skaala Alfa cLean on koneellinen lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtoikkuna. Skaala Alfa cLean sopii olemassa olevien asuin- ja toimistorakennusten ilmanvaihdon parantamiseksi. Yksittäisen laitteen etuna on tarkempi tilakohtainen ohjaus.

Laite toimii automaattisesti tilan ilmanvaihtotarpeen mukaisesti. Lämmön talteenotto vastavirtakennolla (hyötysuhde yli 70%) yhdistettynä tarpeenmukaiseen ilmanvaihdon ohjaukseen optimoi laitteen toimintaa ja säästää lämmitysenergiaa. F7-tason hienosuodattimet ja ikkunan ääneneristysominaisuudet suodattavat pölyä ja melua ulkopuolelle. Laitteen käyttöönotto ei vaadi muutoksia rakenteisiin, jolloin nykyaikainen ilmanvaihto saadaan vanhempiin rakennuksiin kustannus-
tehokkaasti.



Tutustu tuotteeseen ja asiakastarinoihin:
www.skaala.com/ilmanvaihtoikkunat.html



Tekniset tiedot

Hiilidioksidi- ja kosteusanturit

Ilmamäärä 2,4–8 l/s asti

Karmisyyvydet 175 ja 210 mm

Minimikorkeus 1160 mm

Minimileveys 790 mm

Käyttöjännite 24 VDC (pienoisjännite, jonka asennuksessa ei tarvita pätevyyskiä)

SKAALA®

Skaala Oy
www.skaala.com



SKAALA®

Skaala Oy
www.skaala.com

Skaalan ikkunat on jaettu Alfa ja Beeta -mallistoihin tuotteiden energiatehokkuuden perusteella.

Skaala Alfa-ikkunoissa eristyslaselementin rakenne ja tehokas auringonsuoja takaavat vahvarakenteisen ikkunan energiatehokkuuden ja lämmöneristävyyden kaikissa olosuhteissa. Jämäkän 2+2-lasituksen ääneneristävyys lisää asumismukavuutta etenkin tiheään asutuilla ja vilkkaasti liikennöidyillä alueilla. Ikkunoissa on huurtumaton FrostFree-ominaisuus vakiona.

Skaala Beeta-ikkuna on perinteinen, 2+1-lasituksella valmistettu energiatehokas tuote. Puu-alumiini -rakenteen lisäksi ikkuna on mahdollista saada myös kokonaan puurakenteisena sekä avattavina ja kiinteinä ratkaisuin. Beeta N_08-tuotteessa on huurtumaton FrostFree-ominaisuus vakiona.

Tuotenimi	Energialuokitus	E-arvo (kWh/m ² /a)	Lämmöneristävyys U-arvo (W/m ² K)	Ääneneristävyys C _{tr} (dB)	Karmisyydydet (mm)
Alfa 30	A++	29–39	0,58	32–43	131, 175, 210
Alfa 40 N	A++ ... A+	39–49	0,65	34–43	131, 175, 210
Alfa ULEK 3K	A++ ... A+	27–44	0,64	24–38	131, 175, 210
Alfa ULEK 4K	A++ ... A+	26–51	0,43–0,74	NPD	175, 210
Alfa NCT	A++ ... A+	38–45	0,51–0,58	NPD	131, 175, 210
Beeta N_08	A+	52–56	0,79–0,82	39–43	131, 175, 210
Beeta N	A ... B	76–96	1,0	39–43	131, 175, 210

Skaala ovet valmistetaan mittatilauksesta sopivaan kokoon ja asiakkaan toivomaan sävyyn Skaalan tehtailla Suomessa. Skaalan ulko- ja sisustusovet on jaettu kolmeen eri mallistoon, skandinaaviseen Skandiaan, perinteisiin Tradiaan sekä Familiaan.

Ulko-ovet sekä parveke- ja maisemaovet

Ulko-, parveke- ja maisemaovet ovat on luokiteltu Alfa- ja Beeta-luokkiin varustelun, rakenteen ja ominaisuuksien perusteella. Ulko-ovet valmistetaan HDF-pintaisina ja parvekeovet joko HDF- tai alumiinipintaisina. Lasiukon koko on säädettävissä tarpeen mukaan. Parvekeovien valikoimassa on yksilehtisten ovien lisäksi myös kaksilehtisiä ovia, pariovia ja äänieristysrakenteella.



Tuotenimi	Lämmöneristävyys U-arvo (W/m ² K)	Ääneneristävyys C _{tr} (dB)	Karmisyvyys (mm)
Ulko-ovi, Alfa	0,61–0,96	30 (Rw)	131, 175 ja 210
Ulko-ovi, Beeta	0,79–1,0	28–30 (Rw)	131, 175 ja 210
Alumiinipintainen parvekeovi, Alfa	0,69–0,93	31 (Rw)	131, 175 ja 210
Alumiinipintainen parvekeovi, Beeta	0,89–0,91	31 (Rw)	131, 175 ja 210
Alumiinipintainen äänieristys-parvekeovi	0,93	38-40 (Rw)	131, 175 ja 210

SKAALA®

Skaala Oy
www.skaala.com

RAKENTEELLINEN ENERGIAITEHOKKUUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

Tässä oppaassa kuvataan rakennusten rakenteiden korjausrakentamisessa huomioon otettavia asioita erityisesti energia-
tehokkuuden parantamisen kannalta. Vuonna 2016 on julkaistu uudisrakennuksia käsitellyt Rakenteellinen energiatehok-
kuus (Lylykangas et al.) -opas. Tässä oppaassa selvennetään korjausrakentamisen prosessia, rakenteellisen energiatehok-
kuuden parantamisen hyötyjä ja korjauksessa huomioon otettavia seikkoja.

Lähtökohtana on olemassa olevan rakennuksen korjaustarve. Korjauksen yhteydessä on usein mahdollisuus olennaisesti
parantaa rakenteiden lämmöneristystä, mikä lisää asumismukavuutta, säästää energiaa rakennuksen koko tulevan elin-
kaaren ajan ja voi lisäksi vaikuttaa kiinteistön arvon pysyvyyteen. Korjauksessa rakenteen lämmöneristävyttä voidaan
useissa tapauksissa parantaa huomattavasti määräysten minimivaatimuksia enemmän, esimerkiksi lähes nollaenergiata-
solle. Tämä vaikuttaa lämmöntarpeeseen ja tulevien taloteknisten järjestelmien mitoitukseen.

Kaikissa korjauksissa on otettava huomioon rakennuksen kokonaistoimivuus, eikä se saa korjausten takia miltään osin
heikentyä. Olennaisia asioita ovat esimerkiksi rakenteiden turvallinen ja oikea lämpö-, ääni- ja kosteustekninen toimivuus,
palotekninen eristävyys sekä tilojen ilmanvaihdon riittävyys. Korjausrakentamisessa tarvitaan asiantuntijoiden apua alku-
tilanteen selvityksissä, suunnittelussa, valvonnassa ja toteutuksessa. Oppaassa esitetään käytännön korjausesimerkkejä,
jotka ovat näissä kohteissa toimiviksi todettuja, mutta eivät ole yleispäteviä ratkaisuja. Korjauskohteet ovat aina yksilöitä,
joissa korjaus tulee tehdä kohteen edellytysten perusteella.

