

VTT Technical Research Centre of Finland

Rakenteellinen energiatehokkuus avuksi ilmastopäästöjen vähentämiseen

Vainio, Terttu; Ojanen, Tuomo; Ala-Kotila, Paula; Vainio-Kaila, Tiina; Heimonen, Ismo;
Hakkarainen, Tuula

Published: 03/11/2022

Document Version
Publisher's final version

[Link to publication](#)

Please cite the original version:

Vainio, T., Ojanen, T., Ala-Kotila, P., Vainio-Kaila, T., Heimonen, I., & Hakkarainen, T. (2022). *Rakenteellinen energiatehokkuus avuksi ilmastopäästöjen vähentämiseen: Vähähiilisyys opas*. (1 ed.) Rakennustuoteteollisuus ry. Rakenteellinen energiatehokkuus No. 3 <https://www.eristeteollisuus.fi/rakenteellinen-energiatehokkuus-vahahiilisyysopas/>



VTT
<http://www.vtt.fi>
P.O. box 1000FI-02044 VTT
Finland

By using VTT's Research Information Portal you are bound by the following Terms & Conditions.

I have read and I understand the following statement:

This document is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of this document is not permitted, except duplication for research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered for sale.

Rakenteellinen energiatehokkuus avuksi ilmastopäästöjen vähentämiseen

Vähähiilisyysopas



Sisällysluettelo

Alkusanat	4	3. Rakennusten toimivuuden haasteet tulevaisuudessa	35
Tiivistelmä	5	3.1 Viisto- ja rankkasateet	35
1. Rakennusten ilmastovaikutus	6	3.2 Hellejaksot	36
1.1 Hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki	6	Esimerkki 7. Kerrostaloasuntojen kesän lämpötilat	37
1.2 Ilmastaselvitys	6	Esimerkki 8. Ulkoseinärakenteen vaikutus sisälämpötilaan	38
1.3 Suomalainen avoin päästötietokanta, ympäristöselosteet ja niiden käyttö	8	Esimerkki 9. Lämmöneristepaksuuden vaikutus sisälämpötilaan.....	39
Esimerkki 1. Vuonna 2022 valmistuneen omakotitalon ilmastopäästöt.....	10	3.3 Uusiutuva energia älykkäissä rakennuksissa	40
Esimerkki 2. Vuonna 2020 valmistuneen asuinkerrostalon ilmastopäästöt	12	Esimerkki 10. Älykkään rakennuksen kyky kulutusjoustoan	41
2. Olemassa olevien rakennusten ilmastopäästöjen vähentäminen	14	3.4 Toimivuuden varmistus	43
2.1 Eri ikäisten rakennusten energiatehokkuus	14	4. Paloturvallisuuden huomiointi ja parantaminen perusparannushankkeissa	44
2.2 Muita hyötyjä lisäeristämisestä	17	4.1 Rakenteellinen paloturvallisuus	44
2.3 Energiansäästötalkoot	18	4.2 Korjaustyömaiden paloturvallisuus	46
Esimerkki 3. 1960-luvulla valmistuneen kerrostalon perusparannus	19	5. Lähdeviitteet	48
Esimerkki 4. Perusparannus ja kerrostalon korottaminen purkavan uudisrakentamisen vaihtoehtona	26	Käsitteet ja lyhenteet	50
Esimerkki 5. 1970-luvulla valmistuneiden rivitalojen perusparannus	28		
Esimerkki 6. 1980-luvulla valmistuneen omakotitalon perusparannus	32		



IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY IS'ACEY



WOOD ROCK WOOD ROCK WOOD ROCK WOOD ROCK WOOD ROCK

WOOD ROCK WOOD ROCK WOOD ROCK WOOD ROCK WOOD ROCK

Keskeiset tapahtumat ensimmäisellä vuosipuoliskolla

Alkusanat

Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta jo vuoteen 2035 mennessä. Sen saavuttaminen edellyttää ilmastopäästöjä vähentäviä toimenpiteitä niin uudisrakentamisessa kuin myös olemassa olevassa rakennuskannassa. Rakennusten lämmittämisessä hiilineutraalius on saavutettavissa panostamalla energiatehokkuuteen ja päästöttömän energian hyödyntämiseen. Näiden toimenpiteiden merkitys on korostunut entisestään Suomen ja muiden Euroopan Unionin maiden pyrkiessä eroon Venäjältä tuotavasta fossiilisesta energiasta.

Euroopan Unionin Vihreän kehityksen ohjelma ja kestävä energiahuollon varmistamiseen tähtäävää ohjelma toimeenpannaan rakennusten osalta viemällä kansalliseen lainsäädäntöön Energiatehokkuusdirektiivin, Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin ja Uusiutuvan energian direktiivin muutokset, joilla pyritään varmistamaan 55 prosentin vähennys suhteessa vuoden

1990 ilmastopäästöjen tasoon. Muutoksissa korostetaan rakennusten koko elinkaaren aikaisten päästöjen vähentämistä ja kannustetaan käyttämään rakentamisessa ja rakennusten korjaamisessa materiaaleja, joiden valmistusprosessien ilmastopäästöt ovat mahdollisimman vähäiset.

Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiaan 2020-2050 on kirjattu toimenpiteet, miten Suomen rakennuskannasta tehdään EU tavoitteiden mukaisesti erittäin energiatehokas ja vähäpäästöinen.

Rakenteellinen energiatehokkuus avuksi ilmastopäästöjen vähentämiseen on jatkoa rakenteellista energiatehokkuutta käsitteleviin julkaisuihin:

- Rakenteellinen energiatehokkuus (2015)
- Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa (2017)

Tässä kolmannessa oppaassa paneudutaan esimerkkien avulla siihen, miten rakenteellisella energiatehokkuudella voidaan vähentää ilmastopäästöjä ja hyödyntää täysimääräisesti talotekniikan älykkyyttä. Lisäksi opas esittelee ilmastoselvityksen laatimisen periaatteet ja työkalut sekä sen, miten energiatehokkuuden parannusten yhteydessä voidaan edistää ja varmistaa rakennusten paloturvallisuus.

Oppaan ovat laatineet VTT:n tutkijat Terttu Vainio, Tuomo Ojanen, Paula Ala-Kotila, Tiina Vainio-Kaila, Ismo Heimonen ja Tuula Hakkarainen. Työtä ovat ohjanneet ympäristöministeriöstä Jyrki Kauppinen (ohjausryhmän pj.), Pekka Kalliomäki, Ari Ilomäki ja Matti Kuittinen, rakennustuoteteollisuudesta Peter Lind, talonrakennusteollisuudesta Jani Kemppainen sekä eristeteollisuuden yrityksistä Asso Erävuoma (Finnfoam), Jussi Jokinen (Saint-Gobain Finland), Tapio Kilpeläinen (Jackon Finland), Pasi Typpö (Termex-Eriste) ja Tero Virran tuomi (Paroc).

”Rakenteellisen energiatehokkuuden kulmakivi on hyvin lämmöneristetty ulkovaippa, joka varmistaa sisätilojen lämpöviihtyvyyden.”



Tiivistelmä

Rakennuksen elinkaareissa ilmastopäästöjä aiheuttaa energia, jota käytetään rakennustuotteiden valmistukseen, kuljetuksiin ja työmaatoimintoihin sekä lämmitykseen ja valaistukseen. Pitkällä aikavälillä energiantuotannossa tullaan luopumaan fossiilisista energialähteistä, mutta toistaiseksi suurimman osan rakennuksen päästöistä tuottaa rakennuksen lämmitys.

Rakenteellisella energiatehokkuudella tarkoitetaan rakennuksen tilojen lämmitystarpeen pienentämistä pysyvästi. Rakenteelliset ratkaisut eivät vaadi operatiivista energiaa eikä niihin vaikuta tilojen käyttäjien tottumukset. Rakenteellisen energiatehokkuuden kulmakivi on hyvin lämmöneristetty ulkovaippa, joka varmistaa sisätilojen lämpöviihtyvyyden. Lämpöviihtyvyyden osatekijöitä ovat huoneen ilman lämpötilan ja suhteellinen kosteuden lisäksi myös ympäröivien rakenteiden pintalämpötila.

Olemassa olevien rakennusten rakenteellisen energiatehokkuuden parantaminen aiheuttaa ilmastopäästöjä, mutta ne ovat kompensoitavissa kohtuullisessa ajassa lämmityksen päästövähennyksillä. Rakenteellisen energiatehokkuuden parantaminen auttaa myös olemassa olevia rakennuksia hyödyntämään täysimääräisesti älykästä talotekniikkaa, selviytymään energiahuollon kriisitilanteista ja varautumaan tulevaisuuden sään ääri-ilmiöihin.

Paloturvallisuus on kaikkien rakennushankkeiden oleellinen vaatimus. Tämä tulee muistaa myös rakenteellisten energiatehokkuuden parannusten yhteydessä. Erityisen tärkeää se on kohteissa, jotka ovat käytössä korjausten aikana.

1. Rakennusten ilmastovaikutus

1.1 Hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki

Rakentamisen osalta ilmastomuutosta on pyritty hillitsemään energiatehokkuuden ja energiankulutuksen avulla. Ohjauksessa keskityttiin pitkään ainoastaan uusiin rakennuksiin. Olemassa oleva rakennuskannuskanta otettiin ohjauksen piiriin vasta 2010-luvulla. Suomen ilmastotavoitteisiin liittyen ympäristöministeriö laajensi ohjauksen rakennusten koko elinkaareen ja laati tätä varten tiekartan vähähiiliseen rakentamiseen sekä käynnisti sen toimeenpanon vuonna 2017. Osana toimeenpanoa rakennuslakiin on kirjattu velvoite laatia uusille rakennuksille ja laajamittaisesti korjattaville rakennuksille ympäristöselvitys, joka kattaa sekä haitalliset että hyödylliset ilmastovaikutukset.

Haitallista ilmastovaikutusta mitataan hiilijalanjäljellä ja myönteistä vaikutusta hiilikädenjäljellä. (Häkkinen ym., 2021).

- Rakennuksen hiilijalanjälki kertoo hankkeen ilmastohaitat, joihin lasketaan rakennuksen materiaali-

en valmistamisen ja kuljetusten, rakentamisen, rakennuksen käytön ja purkamisen synnyttämät hiilidioksidipäästöt. Hiilijalanjälki ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂e). Pienen hiilijalanjäljen toteutuminen on varmistettava suunnitelmien huolellisella toteutuksella ja rakennuksen käytön aikana toimivuuden varmistamisella.

- Rakentamisen hiilikädenjäljellä tarkoitetaan rakennuksen elinkaaren aikana syntyviä hyötyjä ilmastolle, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Hiilikädenjälki voi muodostua rakennusmateriaaleihin varastoituneesta eloperäisestä hiilestä tai elinkaaren aikana niihin sitoutuvasta hiilidioksidista, rakennuksessa tai tontilla tuotetusta ylimääräisestä energiasta tai rakennuksen osien tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyistä uusien tuotteiden valmistamisen päästöistä. Hiilikädenjälki ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂e).

Ilmastovaikutuksia voidaan tarkastella rakennushankkeen eri vaiheissa (Kuva 1). Ratkaisevan tärkeää se on rakennushankkeen alussa, jolloin ilmastovaiku-

tuksia voidaan tehokkaimmin vähentää. Rakennuslupavaiheessa vähähiilisyden arviointiin velvoittaa Rakennuslain 30 § ja siihen liittyvä ympäristöministeriön asetus ilmastoselvityksestä. Asetuksen mukaan ilmastoselvitys on laadittava uusille rakennuksille ja rakennuslupaa edellyttäville laajamittaisesti korjattaville rakennuksille. Uuden rakennuksen hiilijalanjälki ei saisi ylittää käyttötarkoituksellisia raja-arvoja, joista säädettäisiin valtioneuvoston asetuksella. Raja-arvoja tarkistettaisiin tulevaisuudessa suhteessa Suomen hiilineutraaliustavoitteisiin.

Vielä hankintojenkin yhteydessä on mahdollista vaihtaa tuotteita vähäpäästöisempiin. Rakennuksen valmistuttua suunnitteluvaiheen vaikutusarviointi voidaan päivittää vastaamaan toteutuneita materiaalivalintoja.

1.2 Ilmastoselvitys

Ilmastoselvitys laaditaan ympäristöministeriön asetuksen mukaisella menetelmällä. Lähtötietoina käytetään

KUVA 1.

Rakennushankkeen edetessä on rakennuksen ilmastovaikutuksille mahdollista asettaa tavoitteita, seurata niiden toteutumista ja lopulta todentaa.



tetään kansallisen päästötietokannan kertoimia tai ympäristöselosteita. Arviointimenetelmä on tarkoitettu käytettäväksi yleissuunnittelussa, rakennuslupaa haettaessa sekä myöhemmin rakennuksen käyttöönoton yhteydessä. Arviointimenetelmän pohjana ovat EU:n yhteinen Level(s)-menetelmä sekä eurooppalaiset kestävästä rakentamisesta koskevat standardit (mm.SFS-EN 15643:2021, SFS-EN 15978:2012 ja SFS-EN 15804:2012 + A2:2019).

Arviointimenetelmä kattaa rakennuksen koko elinkaaren rakennustuotteiden valmistuksesta kuljetuksiin ja työmaatoimintoihin, käyttöön ja korjauksiin sekä elinkaaren lopulla tapahtuvaan purkamiseen ja kierrätykseen (Kuva 2). Standardi SFS-EN 15643:2021 jakaa rakennuksen elinkaaren moduuleihin seuraavasti:

- rakennustuotteiden valmistus A1-A3 (Tuotevaihe)
- raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetus sekä työmaatoiminnot A4-A5 (Rakentamisvaihe)

- rakennuksen käyttö ja sen osien ylläpitäminen korjaamalla ja uusimalla tuotteita B1-B8 (Käyttövaihe)
- rakennuksen purku ja purkutuotteiden käsittely, loppusijoitus tai kierrätys C1-C4 (Purkuvaihe)
- rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat D

Arviointiin sisältyvät rakennusosat - tontin maa- ja pohjatyöt, rakennuksen kantava runko, täydentävät rakenteet ja osa talotekniikasta - on jaoteltu TALO 2000 -nimikkeistön mukaisesti. Standardin SFS-EN 15978:2012 mukaan hiilijalanjäljestä voidaan rajata vaikutuksiltaan kokonaisuudesta alle yhden prosentin erät. Yhteenlaskettuna ulos rajattujen tekijöiden summa ei saa ylittää viittä prosenttia rakennuksen elinkaaren kokonaisvaikutuksista. Lisäksi arvioinnin ulkopuolelle on rajattu telineet, suojaukset sekä työmaata palvelevat tauko-, toimisto- ja varastotilat.

Laajamittaisen korjauksen ilmastovaikutukseen lasketaan uusittavien rakennusosien lisäksi kierrätettävien tai jätteeksi päätyvien purettavien rakennusosien käsittelystä aiheutuvat päästöt, mutta ei rakennuksessa säilytettävien rakennusosien valmistuksen ja rakentamisen päästöjä.

Standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 periaatteiden mukaisesti kaikki rakennuksesta purettava aines on lähtökohtaisesti jätettä, ellei sitä prosessoida siten, ettei se ole enää jätelain näkökulmasta tulkittavissa jätteeksi.

Rakennuksen energiankulutus on sama kuin energiaselvitystä varten laskettu ostoenergia. Energiankulutuksen päästöjen oletetaan supistuvan Suomen pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman mukaisesti (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020).

KUVA 2.

Ilmastovaikutusten arviointiin sisältyvät rakentamisen vaiheet standardin SFS-EN 15643:2021 mukaisesti. Vaiheiden A-C lisäksi ilmoitetaan rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat vaiheessa D. Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaan käyttövaiheeseen B lasketaan mukaan vain osien vaihto (B4) sekä energian käyttö (B6).



1.3 Suomalainen avoin päästötietokanta, ympäristöselosteet ja niiden käyttö

Olennainen osa ilmastovaikutusten arviointia ovat materiaalien tuotannon ja käsittelyn päästöt. Koska päästöt ovat herkkiä maakohtaisille eroille, esimerkiksi sähköntuotannon energialähteille, tulee rakennusten ilmastoselvitys laatia ensisijaisesti avoimen suomalaisen rakentamisen päästötietokannan (co2data.fi) kertoimilla. Päästötietokannasta löytyvät seuraavat tiedot:

- hiilijalanjälki
- hiilikädenjälki
- kierrätyksen ja hyödyntämisen skenaariot elinkaaren lopussa
- hukkaprosentit työmaalla
- usein vaihdettavien tuotteiden tekniset käyttöiät
- kuljetuksen päästöt
- rakentamisen päästöt
- eri energiamuotojen päästöt ja arvio kehityksestä
- jätteenkäsittelyn päästöt.

Suomalaiseen päästötietokantaan on valmiiksi valittu yleisimpien ja tyypillisimpien Suomessa käytettävien rakennustuotteiden tiedot. Rakennustuotteiden ympäristöselosteiden ja muiden julkisten lähteiden perusteella on määritetty päästökertoimet yhdessä rakennustuoteteollisuuden

asiantuntijoiden kanssa. Päästötietokannassa on annettu rakennustuotteille tyypillinen ja konservatiivisen arvo (Kuva 3). Kansallisen päästötietokannan ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa Suomen ympäristökeskus SYKE.

KUVA 3.

Esimerkki päästötietokannan esitystavasta lastulevyn tyypilliselle ja konservatiiviselle päästöarvolle.

CO2DATA.FI > Rakentamisen tietokanta > Rakennuslevyt > Chipboard

Version 1.00.006, 2022-03-30



YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT

TYYPILLINEN ARVO, GWP (A1-A3)

0.39 kg CO₂e /kg

Ei käytetä rakentamislupaa haettaessa

Tietokannan tyypilliset päästöarvot soveltuvat parhaiten vaihtoehtojen vertailuihin suunnitteluprosessin alussa. Konservatiiviset päästöarvot on johdettu tyypillisestä päästöarvosta kertoimella 1,2 ja niitä käytetään rakennuslupaan liittyvän ilmastaselvityksen laatimisessa. Vaihtoehtoisesti rakennuslupahakemuksessa voidaan käyttää rakennustuotteiden ympäristöselosteita, mikäli tuote on jo valittu ja ympäristöseloste siitä on saatavilla (Taulukko 1).

TAULUKKO 1.

Päästöarvojen käyttö eri tarkoituksissa. Rakennuslupaan liittyvässä ilmastaselvityksessä on käytettävä kansallisen päästötietokannan konservatiivista päästöarvoa tai tuotteen ollessa tiedossa, tuotekohtaista ympäristöselostetta (EPD). Muissa tarkoituksissa käytetään siihen parhaiten soveltuvaa päästöarvon lähdettä.

PÄÄSTÖARVOJEN KÄYTTÖ	Tyypillinen päästöarvo	Konservatiivinen päästöarvo	Ympäristöseloste
Suunnittelu	•	•	•
Ilmastaselvitys rakennuslupaa varten	•	•	•
Todentaminen	•	•	•

Rakennustuotteiden ympäristöseloste (Environmental Product Declaration, EPD) on aina tuotekohtainen ja laaditaan standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019/AC:2021 ohjeistuksen mukaisesti. Ympäristöseloste on vakioitu ja verifioitu tapa kertoa tuotteiden ympäristöominaisuuksista. Seloste laaditaan kartoittamalla kaikki tuotteen valmistukseen vaikuttavat yksikköprosessit. Hiilijalanjäljen lisäksi seloste sisältää tietoa muista ympäristövaikutuksista. Tuotekohtaiset ympäristöselosteet ovat voimassa 5 vuotta.

Rakennuksen ympäristöominaisuuksien todentamisessa käytetään mahdollisuuksien mukaan valittujen tuotteiden ympäristöselosteita. Niitä ei ole saatavissa kaikista tuotteista, joten vapaaehtoisessa rakennuksen ilmastovaikutuksen arvioinnissa on puuttuvat tiedot korvattava geneerisillä päästöarvoilla ja ilmastaselvitykseen liittyvässä todentamisessa konservatiivilla päästöarvoilla. Tilaaja tai rakennusvalvonta voi myös vaatia todentamislaskentaa erikseen määritettävillä arvoilla.

Ympäristöselosteita on julkaistu teollisuuden verkkosivuilla ja tietokannoissa, esimerkiksi Suomessa Rakennustietosäätiö (RTS) ylläpitää RTS-EPD-tietokantaa. Vastaavia tietokantoja on Norjassa (EPD-Norge), Tanskassa (Danish EPD system) ja Saksassa (ÖkobauDat). Rakennustuotteiden ympäristöselosteita on myös Environdec, ICE, IBU ja Eco Platform -tietokannoissa.

Esimerkki 1. Vuonna 2022 valmistuneen omakotitalon ilmastopäästöt

Omakotitalo on valmistunut Etelä-Savoon vuonna 2022. Sen kokonaisala on 146 m², huoneistoala 129,5 m² ja tilavuus 510 m³. Rakennus on yksikerroksinen, sen runko ja julkisivu ovat puuta (Kuva 4). Rakennuksessa on teräsbetonianturalle tehty kevytso-raharkkoperustus. Lämmöntuotantoon käytetään maalämpöpumppua ja lämmönjakoon lattialämmitystä. Ilmanvaihto toteutetaan koneellisella tulo-poistojärjestelmällä, jossa lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 70 %.

Ilmastovaikutusten arvioinnin lähtötietoina on käytetty suunnitteludokumentteja. Omakotitalolle on laskettu energiakulutus ja ilmastovaikutus uudisrakentamista koskevien energiatehokkuusvaatimusten mukaisilla ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 § 24 arvoilla (vertailuarvot) sekä saman asetuksen § 33 arvoilla (rakenteellinen energiatehokkuus). Molemmissa tapauksissa rakennuksen energianluokka on B.

Taulukko 2 esittää yhteenvedon näiden kahden vaihtoehdon energiankulutukseen vaikuttavista ominaisuuksista ja laskennallisesta energiankulutuksesta. Ympäristöministeriön asetuksen vertailutason mukaisen rakennuksen 50 vuoden päästöt

lämmitettyä pinta-alaa kohti ovat 73,9 tonnia CO₂e ja rakenteellisen energiatehokkuuden mukaisen rakennuksen 71,0 tonnia CO₂e. Pinta-ala yksikköä kohti päästöt ovat samassa järjestyksessä 570 ja 555 kg CO₂e/m². Koska rakennus lämmitetään maalämmöllä, energiatehokkaampien rakennusten suurempien materiaalipäästöjen kompensoimiseen kuluu lähes 19 vuotta. Mikäli rakennuksessa olisi suora sähkölämmitys, kompensointiin kuluisi 7-8 vuotta.

Energiankäytön osuus 50 vuoden päästöistä on 32 %, rakennusmateriaalien 55 % ja elinkaaren muiden vaiheiden 13 % (Kuva 5). Rakennusmateriaalien (Kuva 6) merkittävimmät päästöt tulevat betonia sisältävistä rakennusosista (perustukset ja alapohja) sekä metallia sisältävistä rakennusosista (yläpohja ja talotekniikka).

Suunnittelussa on tärkeää tunnistaa merkittävimmät päästöt ja aiheuttavat materiaalit, rakennusosat ja vaiheet. Esimerkkirakennuksessa betoni- ja kevytbetonimateriaalien osuus on noin 60 % kaikista materiaalipäästöistä. Suurimman osan näistä tuotavat perustuksissa ja maavaraisissa rakenteissa käytetyt materiaalit.

KUVA 4.
Vuonna 2022 valmistunut
omakotitalo.



Kuva Ismo Heimonen

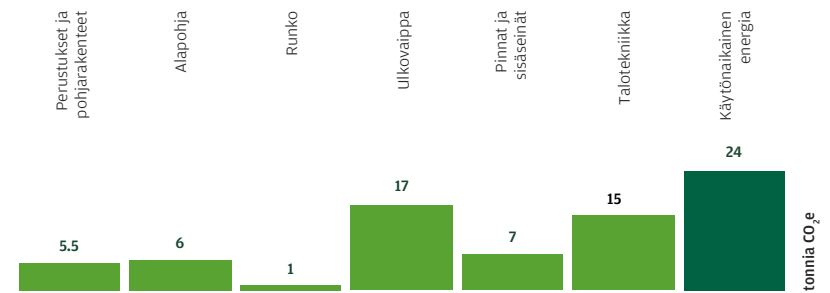
TAULUKKO 2.

Vuonna 2022 valmistuneen omakotitalon energiankulutukseen vaikuttavat rakenteelliset ominaisuudet, energiankulutus ja ilmastopäästöt.

		Asetus 1010/2017 vertailutaso	Asetus 1010/2017 rakenteellinen energiatehokkuus
Ulkoseinä U-arvo	W/m ² K	0,17	0,12
Yläpohja U-arvo	W/m ² K	0,09	0,07
Alapohja U-arvo	W/m ² K	0,16	0,09
Ikkunat U-arvo	W/m ² K	1,00	0,70
Ovet U-arvo	W/m ² K	1,00	0,70
Ilmavuoto q50	m ³ /(h m ²)	2,0	0,6
LTO hyötysuhde	%	65	65
Sähkönkulutus	kWh/a	10 606	9 294
Sähkönkulutus	kWh/m ² a	82	72
E-luku	kWh/m ² a	98	86
E-luokka		B	B
Päästöt vuodessa	kg CO ₂ e/m ²	11,4	11,1
Päästöt 50 vuodessa	kg CO ₂ e/m ²	570	555
Päästöt 50 vuodessa	t CO ₂ e	73,9	71,0

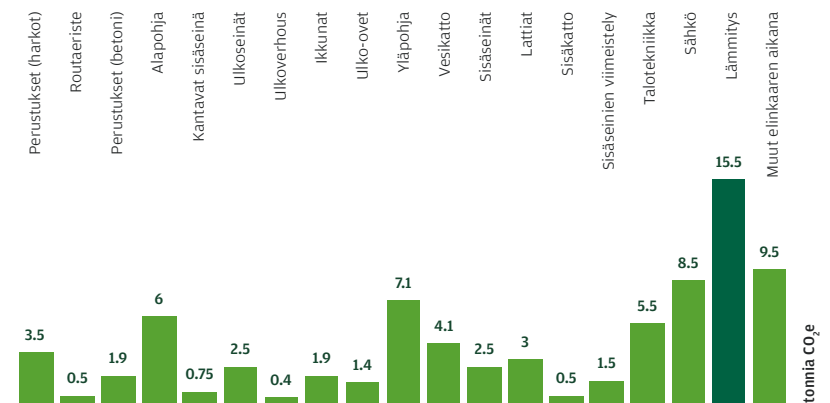
KUVA 5.

Omakotitalon ilmastopäästöjen jakauma rakennusosittain C-lukulaskurilla (2020) laskettuna.



KUVA 6.

Omakotitalon ilmastopäästöjen jakauma rakenteittain, C-lukulaskurilla (2020) laskettuna.





Esimerkki 2.

Vuonna 2020 valmistuneen asuin kerrostalon ilmastopäästöt

Esimerkkikohde on Pirkanmaalle vuonna 2020 valmistunut asunto-osakeyhtiölle rakennettu seitsemänkerroksinen kerrostalo, jonka lämmitetty pinta-ala on 2894 m² (Kuva 7). Rakennuksessa on 40 asuntoa. Rakennuksen ulkoseinien ja yläpohjan kantava rakenne, väliseinät ja välipohjat ovat betonia, julkisivu on tiiltä ja parvekkeet lasitettu. Vesikaton kannate on puuta. Rakennus on liitetty kaukolämpöön, lämmönjakoon käytetään vesikiertoista lattialämmitystä. Osa sähköstä tuotetaan aurinkopaneeleilla. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa on lämmöntalteenotto ja viilennys.

Ulkovaipan lämmönläpäisykertoimet (W/m²K) ovat ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 vertailuarvojen mukaiset (Taulukko 3). Laskennallisesta energiankulutuksesta 55 kWh/lämmitetty-m² on kaukolämpöä ja 37 kWh/lämmitetty-m² sähköä. Rakennuksen primäärienergiankulutus on E-luvulla mitattuna 73 kWh/lämmitetty-m² ja oikeuttaa energialuokkaan A. Toteutunut ostoenergiankulutus on ollut 10 prosenttia matalampi kuin laskennallinen energiankulutus.

KUVA 7.

Vuonna 2020 valmistunut kerrostalo.

TAULUKKO 3.

Vuonna 2020 valmistuneen asuinkerrostalon energiankulutukseen vaikuttavat rakenteelliset ominaisuudet, energiankulutus ja ilmastopäästöt.

		Asetus 1010/2017 vertailutaso
Ulkoseinä U-arvo	W/m ² K	0,17
Yläpohja U-arvo	W/m ² K	0,09
Alapohja U-arvo	W/m ² K	0,16
Ikkunat U-arvo	W/m ² K	1,00
Ovet U-arvo	W/m ² K	1,00
LTO hyötysuhde	%	65
Ilmavuotoluku q50	m ³ /(h m ²)	2,0
Kaukolämmön kulutus	kWh/m ² a	55
Sähkönkulutus	kWh/m ² a	37
Aurinkoenergia	kWh/m ² a	2
E-luku	kWh/m ² a	73
E-luokka		A
Päästöt vuodessa	kg CO ₂ e/m ² a	14
Päästöt 50 vuodessa	kg CO ₂ e/m ²	700
Päästöt 50 vuodessa	t CO ₂ e	2025

Betonirakenteisen kerrostalon 50 vuoden ilmastopäästöistä 47 % johtuu uudisrakennusvaiheen rakennusmateriaaleista, kuljetuksista ja työmaatoiminnoista, 8 % korjauksista ja kulumien rakennusosien uusimisesta ja 41 % ostoenergiankulutuksesta (Taulukko 4). Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaan ilmastopäästöihin lisätään myös rakennuksen purkaminen ja purkumateriaalien loppusijoitus, joka tässä tapauksessa tuottaa elinkaaren päästöistä 5 prosenttia. Elinkaaren lopun päästöjä vähentäisi purkumateriaalien kierrättäminen ja hyödyntäminen. Esimerkkitapauksessa kierrättämisen on arvioitu kompensoivan elinkaaren päästöjä 23 prosenttia.

TAULUKKO 4.

Vuonna 2020 valmistuneen asuinkerrostalon ilmastovaikutukset.

	kg CO₂e/lämmitetty-m²		
	vuodessa	50 vuodessa	osuudet
Rakennusmateriaalien valmistus ja rakentaminen (A1-A5)	6,5	324	47 %
Korjaukset ja rakennusosien uusiminen (B3-B4)	1,1	53	8 %
Kaukolämpö ja verkkosähkö (B6)	5,7	286	41 %
Purku käyttöiän päätyttyä (C)	0,7	34	5 %
Yhteensä	13,9	696	100 %
Purkumateriaalien kierrätys	-3,3	-164	-23 %

2. Olemassa olevien rakennusten ilmastopäästöjen vähentäminen

2.1 Eri ikäisten rakennusten energiatehokkuus

Suomen ensimmäiset kaikkia rakennuksia koskevat energiatehokkuusvaatimukset annettiin vuonna 1976 (ympäristöministeriö, 2018) ja tuoreimmat ympäristöministeriön asetuksella 1010/2017. Näiden välillä muutoksia on tehty kuusi kertaa. Neljäsosa Manner-Suomen rakennuksista on rakennettu vuoden 1985 vaatimusten voimassaoloaikana.

Vuodesta 2010 lähtien ulkovaippaa koskevat vaatimukset on pysyneet samoina (Taulukko 5). Eniten rakennusten energiankulutukseen ovat vaikuttaneet tiukennukset vuosina 1978, 2003 ja 2010. Vuonna 2017 vähimmäisvaatimusten (1010/2017 24 §) rinnalle annettiin rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset (1010/2017 33 §).

TAULUKKO 5.

Vakinaiseen käyttöön tarkoitettujen uudisrakennusten ulkoilmaan tai maahan rajoittuvien rakennusosien lämmönläpäisykertoimien kehitys. Kevyiden rakenteiden paino <math><100 \text{ kg/m}^2</math> ja raskaiden rakenteiden paino > 100 kg/m².

Voimaantulo vuosi	Rakennusosien U-arvot W/(K·m ²)			Ikkunat ja ovet
	Ulkoseinä	Yläpohja	Alapohja	
1949	0,64-0,87	0,35-0,64	0,41-0,64	-
1969	0,41-0,81	0,35-0,47	0,35-0,47	2,44-3,14
1976	Kevyet 0,40 Raskaat 0,70	0,35	0,40 Ulkoilmaa vasten 0,35	Lasiosa 2,10
1978	Kevyet 0,29 Raskaat 0,35	Kevyet 0,23 Raskaat 0,29	0,40 Kevyet 0,23 Raskaat 0,29	Lasiosa 2,10
1985	0,28	0,22	0,36 Ulkoilmaa vasten 0,22	Lasiosa 2,10
2003	0,25	0,16	0,25 Ryömintätila 0,20 Ulkoilmaa vasten 0,16	1,40
2007	0,24	0,15	0,24 Ryömintätila 0,19 Ulkoilmaa vasten 0,15	1,40
2010	0,17 Hirsiseinä 0,40	0,09	0,16 Ryömintätila 0,17 Ulkoilmaa vasten 0,09	1,00
2012	0,17 Hirsiseinä 0,40	0,09	0,16 Ryömintätila 0,17 Ulkoilmaa vasten 0,09	1,00
2017 (24 §)	0,17 Massiivipuu 0,40	0,09	0,16 Ryömintätila 0,17 Ulkoilmaa vasten 0,09	1,00
2017 (33 §)	Asuinrakennukset -pienet 0,12 -suuret 0,14	0,07	0,10 Ulkoilmaa vasten 0,07	0,70

Taulukossa esitetyt rakennusosien U-arvon kertovat rakenteen lämmöneristyskyvystä. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi lämmöneristyskyky rakenteella on ja sitä vähäisempi lämpöhäviö (Qrakenne). Lämpöhäviöön vaikuttaa rakenteen lisäksi sisäilman ja ulkoilman lämpötilaero (Ts-Tu). Muut tekijät lämpöhäviön laskennassa ovat rakenteen pinta-ala (A) ja lämpötilaeron vaikutusaika (Δt):

$$Q_{\text{rakenne}} = UA(T_s - T_u) \Delta t$$

Karkeasti lämpötilaero voidaan laskea olettamalla sisälämpötilaksi 21 astetta ja ulkolämpötilaksi vuoden tai kuukausien keskiarvot. Mikäli lämpötilaeroa tarkastellaan karkeasti vuositasolla, se kerrotaan vuoden tuntien lukumäärällä (8760 tuntia). Tarkempi tarkastelu tehdään tuntitason simuloinnin, jotta lämmitystarpeen lisäksi voidaan ottaa huomioon sisälämpötilojen nousu ja siitä johtuva viilennystarve. Tätäkin tarkempi tarkastelutaajuus on tarpeen, mikäli optimoidaan aurinkosähkön tuotanto vastaamaan samanaikaista hyödyntämistä.

Taulukko 6 kertoo yläpohjan lämmöneristysvaatimusten ilmastovaikutuksen huomioiden lämmöneristeen valmistus ja lämpöhäviö 50 vuoden aikana. Hypoteettisessa esimerkissä yläpohjarakenteen pinta-ala on yksi neliometri, lämmöneristeen valmistuksen ilmastopäästöt 1,2 kg CO₂e/kg (co2data) ja lämmönlähteenä on sähkö, jonka päästökerroin on ensimmäisenä vuonna 121 g CO₂e/kWh ja laskee 50 vuoden aikana 7 CO₂e/kWh:iin (Kuittinen, 2019).

TAULUKKO 6.

Hypoteettinen erimerkki eri aikakausien rakennusten lämmöneristyspaksuuden vaikutuksesta ilmastopäästöihin. Tarkasteltu rakenne on 1 m² yläpohjaa. Riippumatta vaatimusten voimaantulo-vuodesta, lämmöneristeiden valmistukselle ja energiankulutuksen tarkastelujakson alulle on käytetty vuoden 2020 päästökertoimia.

Yläpohjan U-arvo	Lämmöneristeen valmistuksen CO ₂ e päästöt, kg/m ²	Lämpöhäviöstä johtuvat CO ₂ e päästöt 50 vuodessa, kg/m ²	Lämmöneristeen päästöt / päästöt 50 vuoden aikana	
1976	0.35	4	89	4 %
1978	0.23	6	59	9 %
1985	0.22	6	56	10 %
2003	0.16	9	41	18 %
2007	0.15	10	38	21 %
2010, 2012, 2017	0.09	18	23	44 %
2017 (33 §)	0.07	23	18	57 %

Vuonna 1976 voimaantulleet vaatimukset edellyttivät yläpohjan U-arvoksi 0,35 W/m²K. Ne sallivat lähes nelinkertaisen lämpöhäviön nykyiseen minimivaatimukseen (0,09 W/ m²K) verrattuna ja viisinkertaisen lämpöhäviön rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukseen (0,07 W/ m²K) verrattuna. Nykyisten lämmöneristävyysvaatimusten saavuttaminen edellyttää samalla eristetyypillä 5-6 kertaa paksumpia eristekerroksia, josta seuraa 5-6 kertaiset ilmastopäästöt materiaalien tuotannossa. Eristyskyvyn parantuminen vähentää lämpöhäviöitä tehokkaasti. 50 vuoden aikana nykyisten vaatimusten mukaisen yläpohjarakenteen lämpöhäviöstä johtuvat ilmastopäästöt ovat vain 20-25 % vuoden 1976 vaatimusten sallimista päästöistä.

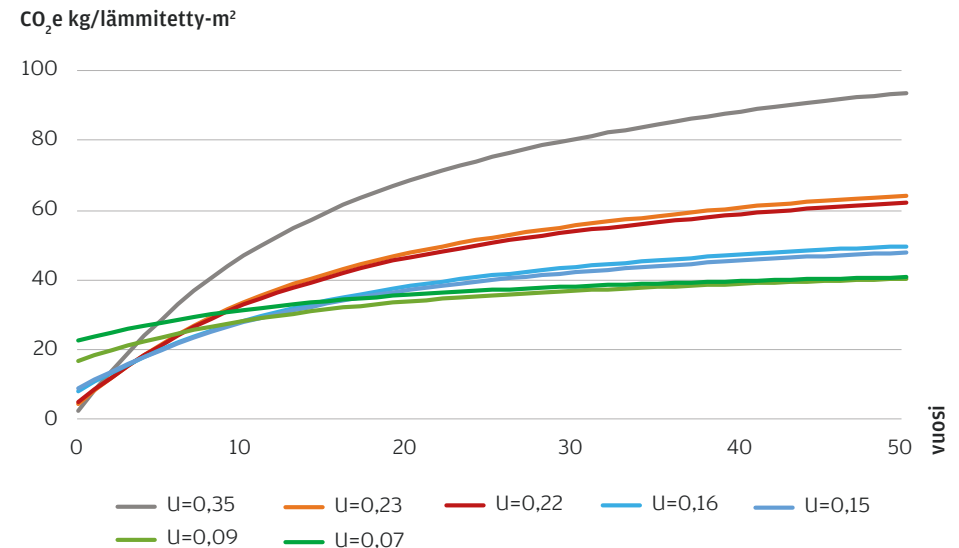
Kun tarkastellaan yläpohjarakenteen lämmöneristeen 50 vuoden ilmastopäästöjä, nähdään, että 1976 vaatimusten mukaisen rakenteen hiilijalanjälki muodostuisi 96 prosenttisesti lämpöhäviön päästöistä. Nykyiset minimivaatimukset täyttävän rakenteen päästöistä lämpöhäviön osuus olisi enää 56 prosenttia ja materiaalin 44 prosenttia. Rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset täyttävän rakenteen tapauksessa suhde olisi kääntynyt toisinpäin, eli suurempi osuus tulisi 57 prosenttia tulisi materiaalin päästöistä ja 43 prosenttia lämpöhäviön päästöistä.

Vuoden 1976 vaatimusten (U=0,35 W/m²K) mukaisten ja myös aiemmin valmistuneiden rakennusten yläpohjan lämpöhäviöiden aiheuttamat ilmastopäästöt ovat aivan omalla tasollaan verrattuna sitä myöhemmin annettujen vaatimusten mukaan rakennettujen yläpohjien aiheuttamiin päästöihin (Kuva 8). Parempi lämmöneristys tuo lisää materiaalisidonnaisia päästöjä (käyrien lähtötaso y-akselilla), mutta lämpöhäviöiden pienentyminen johtaa 50 vuoden aikajänteellä vähäisempiin kokonaispäästöihin (käyrien päätte 50 vuoden kohdalla y-akselilla).

Laajamittaisia korjauksia koskevan ympäristöministeriön asetus 4/2013 4§ edellyttää lämmönläpäisykertoimen puolittamista. Puolet vuoden 1976 vaatimusten alkuperäisestä U-arvosta 0,35 olisi 0,175. Yläpohjan lämmöneristykseen hiili-investointi eli materiaalin valmistuksen päästöt tulevat kompensoiduksi 2-3 vuodessa lämpöhäviöiden vähäisemmällä päästöillä.

KUVA 8.

Yläpohjan U-arvon vaikutus yhden neliömetrin kokoisen pinta-alan ilmastopäästöjen kertymään 50 vuoden aikana sähköllä lämmitettävässä rakennuksessa.



2.2 Muita hyötyjä lisäeristämisestä

Rakennus on rakenteiden, taloteknisten järjestelmien, laitteiden ja tilojen käyttäjien muodostama kokonaisuus, jonka tulee tuottaa käyttäjilleen terveelliset, turvalliset, toimivat, hyvät ja tuottavat olosuhteet energiatehokkaasti.

Hyvin lämmöneristetyin rakennuksen sisäpintojen tasaiset lämpötilat auttavat viihtyisien olojen ylläpidossa. Kylmien pintojen aiheuttama vedontunne on vähäisempää kuin lämpöä tuhlaavissa rakennuksissa. Hyvin lämmöneristetty rakennusvaippa edesauttaa lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiä tuottamaan hyvän sisäympäristön.

Pelkästään laitetekniikalla ei pystytä energiaa tuhlaavia rakennuksia muuttamaan energiatehokkaiksi. Häiriötilanteissa, esimerkiksi energianjakelun häiriötilanteissa sisäilman olosuhteet pysyvät viihtyisinä pidempään, kun lämpöhäviöt rakenteiden kautta ovat pienet.

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

Ilmatiiviys on perusedellytys ilmanvaihdon hallintaan ja vedottomuuteen. Korjatun rakennuksen ilmanvaihto ei voi perustua rakenteiden satunnaiseen hataruuteen, vaan se on syytä varmistaa tilakohtaisesti erillisin korvausilmaelimin.

Lisälämmöneristämisen hyödyt

- ✓ Lämpimät seinäpinnat parantavat lämpöviihtyisyyttä vähentäessään vedon tunnetta.
- ✓ Lisäeristetyt ja tiiviit ulkoseinät vaimentavat liikenteen melua.
- ✓ Kylmien pintojen vaikutusta ei tarvitse kompensoida yllilämmittämällä, kun viihtyisät olot tuotetaan alhaisemmalla sisäilman lämpötilatasolla.
- ✓ Energiaa säästyy ilman sähköä kuluttavia laitteita.
- ✓ Luo pohjan ja tehostaa aktiivisia energiansäästötoimia kuten kulutusjoustoja.
- ✓ Sisäeristämisen kosteusturvallisuus paranee, kun kondenssi vähenee.
- ✓ Sisäolosuhteet sietävät pidempään lämmityskatkoja.

2.3 Energiansäästötalkoot

Energianhinnan kohoamisen ja saatavuuden epävarmuuden lisääntymisen takia energiankulutusta kannattaa vähentää, jotta asumiskustannukset eivät nousisi kohtuuttomiksi. Helppo ja edullinen keino on laskea huonetilojen lämpötilaa. Jo yhden asteen lämpötilan lasku säästää lämmityskaudella energiaa 5 prosenttia. Päälämmitysjaon lisäksi kannattaa laskea myös toissijaisten lämmitysten, kuten mukavuuslattialämmityksen lämpötilaa.

Edullinen ja helppo keino niin pientaloissa kuin myös kerrostaloissa on käyttöveden paineen alentaminen. Vesijohtoverkoston paine on saatanut nousta huomaamatta esimerkiksi siksi, että naapurustoon tai lähialueille on rakennettu uusia rakennuksia ja tässä yhteydessä olemassa olleiden rakennusten vesijohtojen paine on noussut. Paineen laskun arvioidaan vähentävä käyttöveden lämmittämiseen tarvittavaa energiaa 15 prosenttia.

Asuinrakennuksissa lämmitysenergiaa kuluu sekä tilojen että käyttöveden lämmittämiseen. Tilojen lämmittämisestä tulee peruskuorma, johon lämpimän käyttöveden kulutus tuo hetkellisiä kulutuspiikkejä. Hetkellisten huippukuormien vaikutusta niin kuluttajan energialaskuun kuin myös energi-

antuotannon ilmastopäästöihin voidaan vähentää kulutusjoustopalveluilla. Niiden avulla energiankulutusta voidaan vähentää kerrostaloissa 5-10 prosenttia.

Ovien ja ikkunoiden tiivisteiden kunto tulee tarkistaa ja tarvittaessa uusita. Samalla on hyvä varmistaa, että korvausilma tulee oikeasta paikasta aiheuttamatta ylimääräistä vedontunnetta, jota olisi tarve vähentää korkeammalla lämpötilalla.

Ilmalämpöpumpulla pystytään vähentämään sähkökulutusta lämmityskaudella. Saatava hyöty kuitenkin menetetään kesäkaudella, jos ilmalämpöpumppua käytetään jatkuvasti huonetilojen viilentämiseen. Rakennukset itsessään eivät tarvitse viilennystä, vaan ainoastaan huonetiloissa oleskelevat ihmiset. Ilmalämpöpumpun jäähdytysominaisuutta kannattaakin käyttää harkiten.

Energiakustannuksiin voidaan vaikuttaa myös tuottamalla osa energiasta itse joko aurinkosähköpaneelilla (Kuva 9) tai aurinkokeräimillä.

KUVA 9.
Aurinkosähköpaneelien asennus kesällä.



Kuva Tapio Kilpeläinen

Esimerkki 3. 1960-luvulla valmistuneen kerrostalon perusparannus

Kohde on Pirkanmaalle vuonna 1968 valmistunut asunto-osakeyhtiömuotoinen kuusikerroksinen kerrostalo, jonka lämmitetty pinta-ala on 3693 m² ja tilavuus 12 275 m³. Rakennuksessa on 78 asuntoa, joista 36 yksiötä, 36 kaksioita ja kuusi kolmiota. Asunnoissa asuu 1-3 henkilöä per asunto (Kuva 10).

Rakennus on betonielementtirakenteinen. Ennen remonttia rakennuksen ulkokuori oli pesubetoni-pintainen lämmöneristeenään 80 millimetriä mineraalivillaa. Rakennus on liitetty kaukolämpöön ennen ja jälkeen perusparannuksen. Lisäksi siinä on vesikeskuslämmitys ja koneellinen poistoilmanvaihto, joka ennen remonttia otti korvausilman rakenteiden ja ikkunoiden karmien kautta.

Perusparannuksessa ulkoseiniin asennettiin 100 mm lisälämmöneristys ja rappaus. Kaksilasiset ikkunat, U-arvoltaan 2,5 W/(m²K), korvattiin kolmilasisilla korvausilmaventtiilein varustetuilla ikkunoilla. Niiden U-arvo oli 1,0 W/(m²K). Myös parvekeovet uusittiin. Koneelliseen poistoilmanvaihtoon asennettiin lämmöntalteenottopatterit ja lämpöpumppu (PILP). Poistoilmasta talteen otettu lämpö pumpattiin kiertoveteen ja käyttöveden esilämmittämiseen. Rakennuksen lämmitystapaa eikä läm-

mönjakoa muutettu. Rakennuksen kylmäkellari poistettiin käytöstä ja porraskäytäviin asennettiin liiketunnistimilla varustettu LED valaistus. Aurinkopaneelit ovat ainoastaan laskennallinen lisävaruste.

KUVA 10.

1960-luvulla rakennettu kerrostalo ennen ja jälkeen perusparannuksen



Kuva EU-GUGLE projekti

Laajamittaisessa korjauksessa on täytettävä ympäristöministeriön asetuksella 4/2013 asetetut energiatehokkuusvaatimukset. Vaatimusten täyttyminen osoitetaan yhdellä kolmesta vaihtoehtoisesta tavasta. Asetuksen 4 § mukaan ulkoseinien ja yläpohjan lämmönläpäisy (U-arvo) on puolitettava ja ikkunoiden U-arvo saa olla enintään 1,0 W/ m²K. Tarkasteltu hanke ei täytä näitä vaatimuksia (Taulukko 7). Se kuitenkin täyttää sekä 6 § energiankulutukselle asetetun vaatimuksen (energiankulutus <130 kWh/lämmitetty-m²) ja 7 § E-luvun parannukselle asetetun vaatimuksen (E-luku perusparannuksen jälkeen <0,85 x E-luku ennen perusparannusta).

TAULUKKO 7.

Energiankulutukseen ja ilmastopäästöihin vaikuttavat rakenteelliset ominaisuudet ennen ja jälkeen perusparannuksen. Päästöt ennen perusparannusta sisältävät vain energiankulutuksen päästöt.

		Ennen perusparannusta	Perusparannuksen jälkeen
Rakennuksen lämmitetty pinta-ala	m ²	4056	4056
Alapohja U-arvo	W/ m ² K	0,40	0,40
Ulkoseinä U-arvo	W/ m ² K	0,40	0,29
Yläpohja U-arvo	W/ m ² K	0,40	0,40
Ikkunat ja ovet U-arvo	W/ m ² K	2,50	1,00
Lämmöntalteenoton tehokkuus	%	-	70 %
Kaukolämpö	kWh/m ²	209,9	72,2
Sähkö	kWh/m ²	35,4	53,4
Aurinkoenergia	kWh/m ²		3,9
E-luku	kWh/m ²	147,4	95,5
E-luokka		D	B
Päästöt vuodessa	kg CO ₂ e/m ² a	8	5
Päästöt 50 vuodessa	kg CO ₂ e/m ²	400	250
Päästöt 50 vuodessa	t CO ₂ e	1480	925

Laskennallinen tarkastelu

Rakennuksen virallisessa energiatodistuksessa ja ilmastopäästöjen laskennassa käytetään laskennallista energiankulutusta. Laskennalliset arvot sisältävät esimerkkikohteen (asunto-osakeyhtiö) tapauksessa tilojen ja käyttöveden lämmityksen, kiinteistösähkön, valaistuksen ja asukkaiden kuluttajalaitteet, mutta eivät saunojen lämmitystä, pihavalaistusta tai autosähköpaikkoja. Laskennalliset arvot osoitetaan lämmitetyille pinta-alalle, johon lasketaan mukaan ulkoseinien sisäpintojen rajoittama alue.

Esimerkkikohteen energialuokka on ennen korjauksia D, rakenteellisten korjausten ja poistoilman lämmöntalteenoton lisäämisen jälkeen C. Mikäli rakennukseen asennettaisiin aurinkopaneelit, oma sähköntuotanto oikeuttaisi sen energialuokkaan B (Taulukko 8). Oletuksena aurinkopaneelit (100 m², 18 kWp) on suunnattu etelään optimaalisella kallistuskulmalla ja niiden tuotto on laskettu IDA ICE:n PV-mallilla.

Kohteen ilmastovaikutuksiin on laskettu mukaan ulkovaipan korjauksista, poistoilman ja lämmöntalteenottojärjestelmän asentamisesta aiheutuvat päästöt sekä energiakulutuksesta 50 vuoden aikana syntyvät päästöt olettaen, että rakennus puretaan

elinkaaren lopussa. Näin määritellyistä päästöistä noin 79 % aiheutuu kaukolämmön ja sähkön kulutuksesta (Taulukko 9). Energiatehokkuuden parannuksen materiaalien valmistuksen päästöjen osuus on noin 9 % sekä kuljetusten ja työmaatoimintojen osuus alle yksi prosenttia. Korjausten ja rakennusosien uusimisten osuus päästöistä on noin 3 %.

TAULUKKO 8.

Energiakulutukset ja energialuokka ennen ja jälkeen perusparannuksen laskennallisia energiankulutusarvoja käyttäen. Lämmöntalteenotto poistoilmasta (PILP). Aurinkosähköpaneeli (PV). Sähkön ja kaukolämmön kulutukset on simuloitu IDA ICE- ohjelmalla.

	Ennen perusparannusta kWh/m ²	Perusparannettu kWh/m ²	Perusparannettu ja PILP kWh/m ²	Perusparannettu, PILP ja PV kWh/m ²
Sähkö (taloyhtiö ja asunnot)	35,4	35,4	53,4	53,4
Kaukolämpö	209,9	160,5	72,2	72,2
Aurinkopaneelien tuotto	-	-	-	3,9
E-luku	147,4	122,7	100,2	95,5
Energialuokka	D	C	C	B

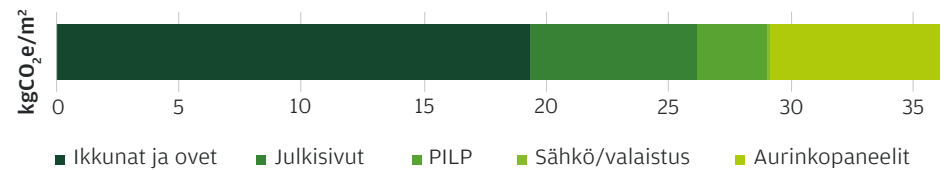
TAULUKKO 9.

Vuonna 1968 valmistuneen asuinkerrostalon energiatehokkuuden parannuksen ilmastovaikutukset. Verkkosähkön kattaa sekä taloyhtiön että asukkaiden sähkönkulutuksen pois lukien pihavalaistus, autosähkötolppien sähkönkulutus ja saunojen lämmitys. Aurinkopaneelien tuotto on vähennetty laskennallisesta ostoenergian kulutuksesta. Päästömoduulien (A-D) osalta korjaushanketta käsitellään esimerkkitapauksessa kuten uudisrakentamishanketta.

	kg CO ₂ /lämmitetty-m ²		
	vuodessa	50 vuodessa	osuudet
Rakennusmateriaalien valmistus (A1-A3)	0,70	36,0	9,10 %
Rakennusmateriaalien kuljetukset työmaalle (A4)	0,01	0,2	0,05 %
Työmaatoiminnot (A5)	0,02	1,0	0,25 %
Huolto, korjaukset ja rakennusosien uusiminen (B2-B5)	0,20	10,6	2,70 %
Kaukolämpö ja verkkosähkö, käytönaikainen energia (B6)	6,30	315,0	78,70 %
Purkaminen, kuljetus, käsittely ja loppujätteen sijoitus (C)	0,74	36,9	9,20 %
Yhteensä	8,00	400	100 %
Hyöty ja kierrätys (D)	0,17	8,6	2,10 %

KUVA 11.

Perusparannuksen materiaalien valmistuksesta (moduulit A1-A3) aiheutuvien päästöjen jakautuminen rakennusosittain. PILP = poistoilmalämpöpumppu.



Ikkunat ja parvekeovet aiheuttivat perusparannuksen suurimmat ilmastopäästöt (noin 53 %). Lisälämmöneristys ja aurinkopaneelien aiheuttamat päästöt olivat keskenään samansuuruiset, molemmat noin 19 % perusparannusmateriaalien päästöistä. Loput 9 % olivat peräisin PILP järjestelmän ja LED valaistuksen valmistuksesta (Kuva 11). Tuotteiden kuljetuksesta työmaalle (A4) ja itse työmaatoiminnoista (A5) päästöjä aiheutui vajaan prosentin verran.

Käyttövaiheessa (B) PILP järjestelmä, aurinkopaneelit ja LED valaistus vaihdetaan niiden vaatiman teknisen käyttöiän mukaisesti. Lisäksi käyttövaihe pitää sisällään etyleeniglykolin lisäämisen PILP järjestelmään noin 10 vuoden välein (10 % haihtuminen), mutta tätä eikä muitakaan pienempiä korjauksia ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisessa laskennassa huomioida. Käyttövaihe on noin 82 % koko elinkaaren aikaisista päästöistä johtuen juuri käytön aikaisen energiankulutuksen sijoittumisesta käyttövaiheeseen B.

Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaan ilmastovaikutuksiin lisätään myös koko rakennuksen purkaminen ja purkumateriaalien loppusijoitus (C1-C4) rakennuksen elinkaaren lopussa. Tässä tapauksessa rakennuksen purkamisen päästöt on laskettu ympäristöministeriön arviointimenetelmän liitteessä 3 olevien taulukkoarvojen mukaan, jolloin vaiheen C päästöt ovat noin 9 % koko elinkaaren aikaisista päästöistä. Laskelma voidaan toteuttaa myös niin, ettei rakennusta pureta lasketun elinkaaren lopussa.

Esimerkkikohteen monitorointi

Energiatehokkuuden parannukset kohdistuivat rakennuksen ulkovaippaan, ilmavaihto- ja lämmitysjärjestelmään sekä yleisten tilojen valaistukseen. Huoneistoihin ei tehty muutoksia, joten korjaukset eivät vaikuttaneet niissä sähkönkulutukseen. Parannukset kohdistuivat taloyhtiön vastuulla oleviin rakenteisiin ja niiden vaikutus näkyy ainoastaan kaukolämmön ja taloyhtiön sähkönkulutuksessa.

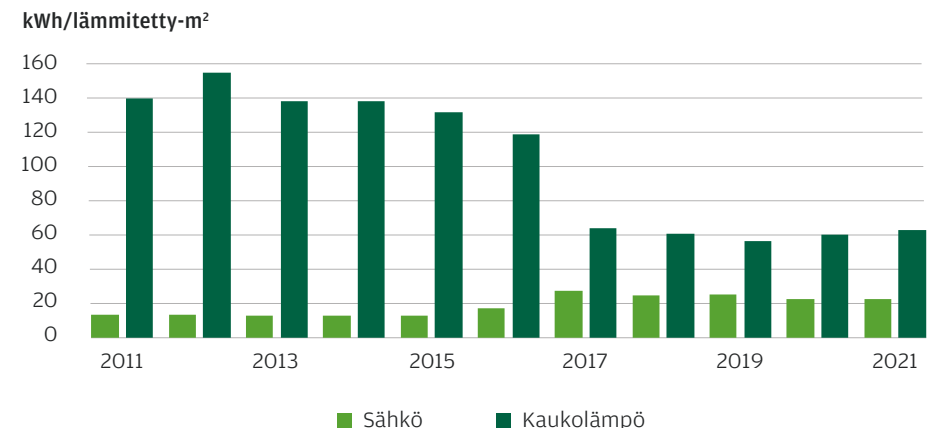
Taloyhtiön kaukolämmön ja sähkön kulutukset on saatu energiayhtiöltä (Kuva 12). Laskennallisen ja monitoroidun kaukolämmön kulutuksen sisältö on sama. Molemmissa kulutus muodostuu tilojen ja käyttöveden lämmityksestä. Monitoroitu kulutus on energiatehokkuuden parannusten jälkeen noin 15 % vähemmän kuin laskennallinen kulutus.

Laskennallisen ja monitoroidun sähkönkulutuksen sisällöt poikkeavat monin tavoin toisistaan eivätkä ne näin ollen ole vertailukelpoisia. Kiinteistösähkön, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lisäksi monitoroituun sähkönkulutukseen sisältyvät pihavalaistus, autosähkötolppien sähkönkulutus sekä saunojen lämmitys.

Ennen energiatehokkuuden parannusta taloyhtiön kaukolämmön kulutus oli 140 kWh/m² ja sähkönkulutus oli 13 kWh/m². Rakenteelliset parannukset ja lämmöntalteenotto poistoilmasta vähensivät kaukolämmönkulutusta noin 57 %, mutta kasvattivat sähkönkulutusta 90 %. Monitoroitu kaukolämmön kulutus oli parannusten jälkeen 60 kWh/m² ja ostosähkönkulutus ennen aurinkopaneelien asentamista 25 kWh/m². Aurinkopaneelit vähentäisivät ostosähkön kulutusta 3,9 kWh/m². Todellisen kulutuksen eli monitoroitujen kulutustietojen perusteella päästösäästöt kompensoivat energiatehokkuuden parannuksen CO₂ päästöt noin viidessä vuodessa (Kuva 13). Laskennallisen kulutuksen perusteella (Taulukko 8) kompensointiin kuluisi vain viisi vuotta.

KUVA 12.

1960-luvulla valmistuneen asuinkerrostalon monitoroitu energiakulutus 2011-2020. Energiatehokkuuden parannukset aloitettiin huhtikuussa 2016 ja ne valmistuivat vuoden 2017 alussa. Aurinkopaneelit olivat optio eikä niiden vaikutus näy monitoroidussa sähkönkulutuksessa.



Ulkovaipan ja ilmanvaihdon korjaukset paransivat rakennuksen sisäolosuhteita (Laamanen ym., 2018). Vaikka esimerkkikohteen ulkovaipan tiiviys oli jo lähtötilanteessa hyvä, parani tiiviys lähes 40 %. Ulkovaipan tiiviys ja laadukkaat ikkunat lisäsivät sisäolosuhteiden viihtyvyyttä merkittävästi vaimentaessaan läheisen vilkkaan liikenneväylän melua.

Vetoisuutta (ilmavirran nopeus) mitattiin huoneen vetoisimmista paikoista, jotka olivat lämpökuvien ja tiiviysmittausten perusteella parvekkeiden ovien edustat. Vedon raja-arvona Suomessa pidetään yleensä 0,20 m/s tai käytetään nk. vetokäyräarvoa. Useimmissa kohteen asunnoissa perusparannus nosti lattiataason lämpötiloja ja vähensi vetoisuutta. Vetoisuus väheni keskimäärin 24 prosenttia. Ilman suhteelliset kosteudet eivät perusparannuksen myötä muuttuneet.

Asuntojen lämpötilat olivat korkeita (yli 25 °C) sekä lämmityskaudella ja myös sen ulkopuolella. Perusparannuksen jälkeen lämmitysjärjestelmä tasapainotettiin uudelleen, jotta lämpötilat saatiin mukavuusalueelle.

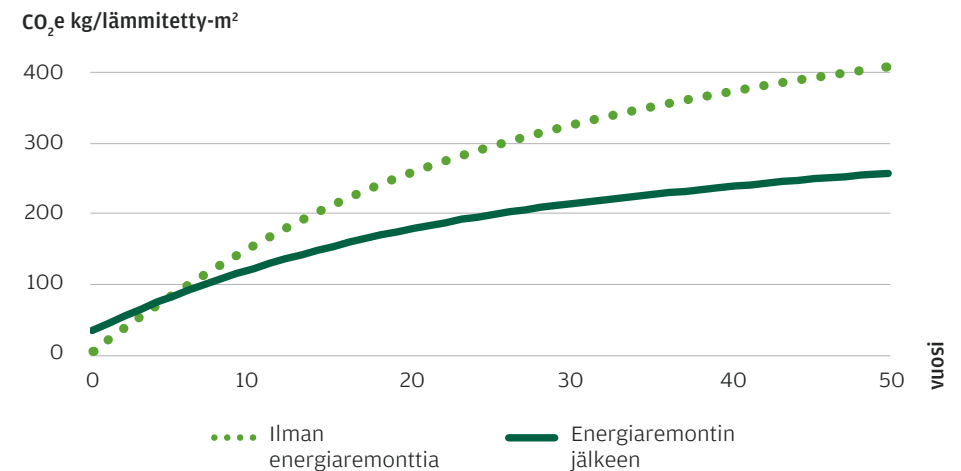
Poistoilmavirtojen mittauksilla tutkittiin tuloilmaikkunoiden ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vaikutusta ilmanvaihtoon. Mitatut poistoilmavirrat ovat alhaisia. Perusparannuksen myötä ilmavirrat kasvoivat vain vähän ja mitaustarkkuus huomioiden erot olivat pieniä. Huoneistojen CO²-pitoisuus aleni 3 kuukauden jaksolla keskimäärin 20 prosenttia.

Rakennuksen perusparannus oli tarpeen ulkovaipan heikon kunnon ja ilmanvaihdosta puuttuvan lämmöntalteenoton takia. Energiategokkuuden parannuksen osuudeksi lasketaan 20 % ulkovaipan korjausten kustannuksista, 50 %

ilmavaihdon- ja lämmitysjärjestelmän kustannuksista ja 100 % suunnittelukustannuksista. Kun kaukolämmön hinta on 10 snt/kWh, sähkön hinta 15 snt/kWh ja kulutus laskennallinen (Taulukko 8), tulee energiatehokkuuden parannuksen takaisinmaksuajaksi 9 vuotta (Taulukko 10). Monitoroitujen kulutusten (Kuva 13) perusteella takaisinmaksuajaksi olisi 15 vuotta. Energianhinnat vaihtelevat alueittain ja sopimuskohtaisesti. Lisäksi energianhinnoissa on kysyntä-tarjontatilanteesta johtuvia muutoksia niin vuosittain, kuin myös vuodenajoittain.

KUVA 13.

Energiategokkuuden parantaminen vähentää kulutuksen aiheuttamia päästöjä niin, että perusparannuksen ilmastopäästöt tulevat kompensoiduksi noin viidessä vuodessa.



TAULUKKO 10.

1960-luvulla rakennetun asuinkerrostalon energiatehokkuuden parannuksen takaisinmaksuaika.

		Korjaus- kustannukset yhteensä	Energia- tehokkuuden parannus	Takaisin- maksuaika, vuosi
Ulkovaipan parannus	€/m ²	270	54	
Poistoilmalämpöpumppu	€/m ²	70	35	
Aurinkopaneelit	€/m ²	8	4	
Suunnittelu	€/m ²	10	10	
Yhteensä	€/m ²	358	103	
Kaukolämpö, laskennallinen muutos	€/m ² a		-14	
Sähkö, laskennallinen muutos	€/m ² a		+ 3	
Yhteensä	€/m ² a		-11	9
Kaukolämpö, monitoroitu muutos	€/m ² a		-8	
Sähkö, monitoroitu muutos	€/m ² a		+1	
Yhteensä	€/m ² a		-7	15

Esimerkki 4.

Perusparannus ja kerrostalon korottaminen purkavan uudisrakentamisen vaihtoehtona

Purkaa vai korjata -projektissa verrattiin vanhan asuinkerrostalon laajamittaista perusparannusta ja kahden kerroksen korotusta purkamisen ja yhtä suuren uuden rakennuksen rakentamiseen (Huuha ym., 2021). Esimerkkikohde on Uusimaalle vuonna 1977 valmistunut kerrostalo. Hissittömän vuokratalon huoneistoala on 1075 m². Siinä on neljä kerrosta, joista alimmassa kerroksessa sijaitsevat yhteiset ja tekniset tilat, kolmessa ylimässä kerroksessa on 18 asuntoa. Rakennuksen ulkoseinät ovat betonielementtejä, alapohja maanvarainen betonilaatta, väli- ja yläpohjat ontelolautoista. Yläpohjan ontelolaatan päälle on asennettu lämmöneriste ja vesikate kannatteiden varassa. Rakennuksessa on koneellinen poistoilma, jota ohjataan keittiön liesituulettimen avulla. Rakennus on liitetty kaukolämpöverkkoon.

Laajamittainen perusparannus ja lisäkerrokset: Rakennus korjataan perusteellisesti ja siihen rakennetaan kaksi lisäkerrosta ja tehdään tarvittavat vahvistuksen perustuksiin. Sen sandwichelementtien ulkokuori puretaan, ulkoseiniin lisätään lämmöneristys ja uusi puinen julkisivu. Vesi-, viemäri- ja lämmönjakojärjestelmä uusitaan kokonaan. Koneellinen poistoilma muutetaan keskitetyksi tulo-poistoilmanvaihdoksi, johon asennetaan

lämmöntalteenotto. Rakennus varustetaan hissillä. Asuntojen lukumäärä nousee 18:sta 30:een. 50 vuoden tarkastelujakson aikana uusitaan kaksi kertaa huoneistojen pinnat sekä kertaalleen lyhyen käyttöiän talotekniikka (mm. säätöjärjestelmä, ilmanvaihtokone, lämmönvaihdin, kiertovesipumppu). Lisäksi tehdään huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä vuosittain.

Purku ja uusi rakennus: Rakennus puretaan ja tilalle rakennetaan uusi kuusikerroksinen rakennus, jossa on 30 asuntoa. Huoneistojako ja rakennuksen laajuus ovat samat kuin Perusparannus ja lisäkerrokset -vaihtoehdossa. 50 vuoden tarkastelujakson aikana huoneistojen pinnat uusitaan kaksi kertaa. Lyhyen käyttöiän talotekniikka (mm. säätöjärjestelmä, ilmanvaihtokone, lämmönvaihdin tai lämpöpumpun kuluvat osat, kiertovesipumput) uusitaan kerran. Vuosittain tehdään huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä.

Olemassa olevan rakennuksen laajamittainen korjaus ja lisäkerrokset vastaavat hankkeena uudisrakentamista. Siinä kuitenkin hyödynnetään olemassa olevat perustukset, runko ja myös muita betonirakenteita. Näiden hyödyntämisen ansiosta sen hiilijalanjälki on 26 % pienempi ja elinkaari-

kustannukset 15 % vähemmän kuin purkaminen ja uuden betonirunkoisen kerrostalon rakentaminen. Keskinäinen järjestys on sama, suhteutettiinpa ilmastopäästöt ja elinkaarikustannukset lämmitettyä pinta-alaa tai keskimääräistä asukasmäärää kohden (Taulukko 11).

Purkaa vai korjata -projektin kirjallisuustutkimuksen perusteella olemassa olevan rakennuksen korjaaminen on vähähiilisempää vähintäänkin tarkastelujakson alkupuolella, mutta usein myös pitkällä aikajänteellä. Purkava uudisrakentamisen muuttuu vähäpäästöisemmäksi vain, jos se on merkittävästi energiatehokkaampi kuin vertailukohtana oleva perusparannettava rakennus.

TAULUKKO 11.

Vuonna 1977 valmistuneen asuinkerrostalon kehittämisvaihtoehtojen ilmastovaikutukset ja elinkaarikustannukset. Laskentajakson pituus 50 vuotta, laskentakorko 2 % ja energianhinnan nousu 2 %.

		Rakennuksen perusparannus ja lisäkerrokset	Rakennuksen purkaminen ja uusi rakennus
Hiilijalanjälki ennen käyttöä	A0 Maankäyttö	6	18
	A1-A3 Tuotevaihe	116	287
	A4 Kuljetus rakennuspaikalle	2	11
	A5 Rakentamisvaihe	12	21
Hiilijalanjälki käytön aikana	B4-B5 Osien vaihto	27	58
	B6 Energiakäyttö	552	469
Hiilijalanjälki yhteensä	kg CO₂e/lämmitetty-m²	702	886
	kg CO ₂ e/asukas	31 340	36 900
Elinkaari- kustannukset	€/lämmitetty-m ²	3 220	3 710
	€/asukas	138 700	148 800

Esimerkki 5. 1970-luvulla valmistuneiden rivitalojen perusparannus

Esimerkki on Pohjois-Pohjanmaalle vuonna 1979 valmistuneen asunto-osakeyhtiön omistamat neljä rivitaloa, joiden yhteenlaskettu lämmitetty pinta-ala on 2320 m² ja tilavuus 6680 m³. Rakennuksissa on yhteensä 21 yhtä suurta 4h+k asuntoa.

Rakennuksen runko on puuta, julkisivut puuta ja poltettua tiiltä (Kuva 14). Rakennus on liitetty kaukolämpöön ennen ja jälkeen energiatehokkuuden parannuksen. Siinä on vesikeskuslämmitys ja koneellinen poistoilmanvaihto ilman lämmöntalteenottoa. Ennen energiatehokkuuden parannusta laskennallinen sähkökulutus vaihteli rakennuksesta riippuen 40–43 kWh/(m² a) ja kaukolämmönkulutus 267–294 kWh/(m² a). Energiatehokkuuden vertailuluvut olivat 182–199 kWh/(m² a) ja oikeuttivat kaikissa neljässä rakennuksessa energialuokkaan D.

Perusparannuksessa rakennusten kosteusvaurioita aiheuttaneet valesokkelit kengitettiin, ja ulkoseinien lämmöneristykset uusittiin. Lisäeristys asennettiin ulkoseinien sisäpuolelle, joten rakennusten ulkonäkö säilyi entisellään. Vesikattokorjauksen yhteydessä yläpohjiin rakennettiin palo-osastoinnit ja parannettiin lämmöneristystä. Myös ikkunat ja ovet uusittiin (Taulukko 12). Perusparannuksen jälkeen

laskennallinen sähkökulutus oli kaikissa rakennuksissa 24 kWh/(m² a). Kaukolämmönkulutus vaihteli 172–190 kWh/(m²;a). Energiatehokkuuden vertailuluvut olivat 115–124 kWh/(m²;a) ja oikeuttivat kaikki neljä rakennusta energialuokkaan C.

Laajamittaisessa korjauksessa rakennuksen on täytettävä ympäristöministeriön asetuksella 4/2013 asetetut energiatehokkuusvaatimukset. Vaatimusten täytyminen voidaan osoittaa kolmella vaihtoehdoisella tavalla. Asetuksen 4 § mukaan ikkunoiden U-arvo saa olla enintään 1,0 W/ m²K, ulkoseinien ja yläpohjan lämmönläpäisy (U-arvo) on puolitettava mutta enintään uudisrakentamisessa vaadittavien arvojen tasolle. Tarkasteltu hanke täyttää nämä vaatimukset (Taulukko 12). Se täyttää myös 7 § E-luvun parannukselle asetetun vaatimuksen (perusparannuksen jälkeen E-luvun on oltava <0,85 x perusparannusta edeltävä E-luku) mutta se ei täytä 6 § enimmäisenergiankulutukselle asetettua vaatimusta (energiankulutus <180 kWh/lämmitetty-m²).

Rakennuksen virallisessa energiatodistuksessa ja ilmastaselvityksessä käytetään laskennallista energiankulutusta. Laskennalliset arvot sisältävät rivitalojen tilojen ja käyttöveden lämmityksen, kiin-

KUVA 14.

Vuonna 1979 valmistuneen rivitalon julkisivu



Kuva Sanna Jussila

teistosähkön, valaistuksen ja asukkaiden kuluttajalaitteet, mutta eivät saunojen lämmitystä, pihavalaistusta, autosähköpaikkoja jne. Laskennalliset arvot osoitetaan lämmitetyille pinta-alalle, johon lasketaan mukaan ulkoseinien sisäpintojen rajoittama alue.

		Ennen perusparannusta	Perusparannuksen jälkeen
Rakennuksen lämmitetty pinta-ala	m ²	2320	2320
Rakennuksen tilavuus	m ³	6680	6680
Alapohja U-arvo	W/ m ² K	0,36	0,36
Ulkoseinä U-arvo	W/ m ² K	0,29	0,16
Yläpohja U-arvo	W/ m ² K	0,23	0,09
Ikkunat U-arvo	W/ m ² K	2,10	1,00
Ulko-ovet U-arvo	W/ m ² K	1,40	1,00
Lämmöntalteenoton tehokkuus		-	-
Sähkö	kWh/m ² a	42	24
Kaukolämpö	kWh/m ² a	284	184
E-luku	kWh/m ² a	192	121
Energialuokka		D	C
Päästöt vuodessa	kg CO ₂ e/m ² a	20	15
Päästöt 50 vuodessa	kg CO ₂ e/m ²	1000	750
Päästöt 50 vuodessa	t CO ₂ e	2320	1 740

TAULUKKO 12.

Energiankulutukseen vaikuttavat ominaisuudet ennen ja jälkeen perusparannuksen. Ilmastopäästöt ennen perusparannusta sisältävät ainoastaan energiakulutuksen päästöt.

Olemassa olevan rakennuksen korjaushankkeen ilmastovaikutuksiin on laskettu mukaan korjaus- ja energiatehokkuuden parannuksista aiheutuneet päästöt sekä energiakulutuksesta 50 vuoden aikana syntyvät päästöt. Näin määritellyistä ilmastopäästöistä noin 74 % aiheutuu käytönaikaisesta kaukolämmön ja sähkön kulutuksesta (Taulukko 13). Perusparannuksessa käytettyjen materiaalien valmistuksen päästöjen osuus on noin 16 %, huollon, korjausten ja rakennusosien uusiminen 6 % sekä kuljetusten ja työmaatoimintojen osuus noin yhden prosentin.

Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaan hiilijalanjälkeen lisätään myös rakennuksen purkamisen ja purkumateriaalien loppusijoitus (C1-C4) rakennuksen elinkaaren lopussa. Tässä tapauksessa rakennuksen purkamisen päästöt on laskettu Ympäristöministeriön arviointimenetelmän liitteessä 3 olevien taulukkoarvojen mukaan, jolloin vaiheen C päästöt ovat noin 4 % koko elinkaaren aikaisista päästöistä. Laskelma voidaan toteuttaa myös niin, ettei rakennusta pureta lasketun elinkaaren lopussa.

Perusparannuksen ilmastopäästöistä yhtä suuret 38 % osuudet muodostuvat yläpohjan ja palo-osastoinnin eristysmateriaaleista sekä vesikatemateriaalit. Ikkunoiden ja ovien valmistuksen osuus oli 10 % (Kuva 15).

Rivitalot lämmitetään ennen ja jälkeen perusparannuksen kaukolämmöllä. Energiakulutuksen 37 % vähennys saavutetaan rakenteellisin parannuksin. Ilmastopäästöt vähenevät neljänneksen ja niiden avulla kompensoidaan perusparannuksen aiheuttamat päästöt noin 10 vuodessa (Kuva 16).

TAULUKKO 13.

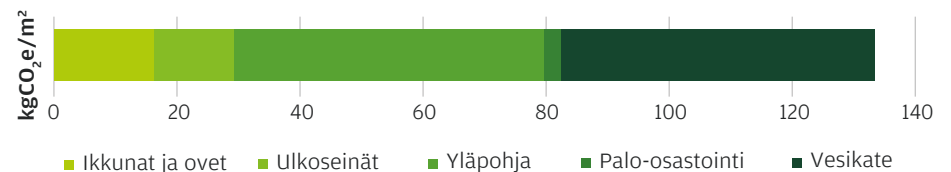
Vuonna 1979 valmistuneen rivitalon perusparannuksen ilmastovaikutukset

	kg CO ₂ /lämmitetty-m ²		
	vuodessa	50 vuodessa	osuudet
Rakennusmateriaalien valmistus (A1-A3)	2,7	133,4	16 %
Rakennusmateriaalien kuljetukset työmaalle (A4)	0,004	0,2	0 %
Työmaatoiminnot (A5)	0,2	10,5	1 %
Huolto, korjaukset ja rakennusosien uusiminen (B2-B4)	1,0	51,9	6 %
Kaukolämpö ja verkkosähkö, käytönaikainen energia (B6)	12,2	611	74 %
Purkamisen, kuljetus, käsittely ja loppujätteen sijoitus (C)	0,7	33,6	4 %
Yhteensä	16,8	841	100 %
Hyöty ja kierrätys (D)	0,2	9,3	1 %

KUVA 15.

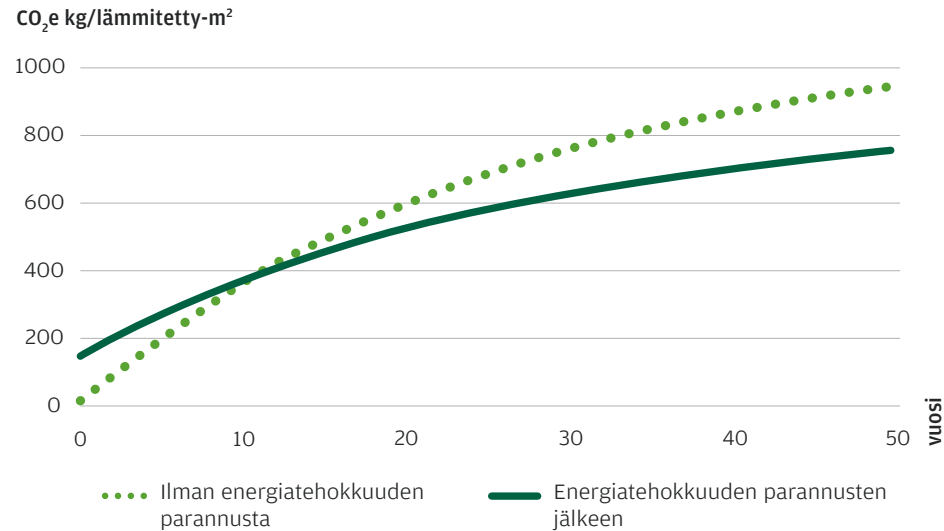
Rivitalojen perusparannuksen materiaalien valmistuksen (moduulit A1-A3) ilmastopäästöjen jakautuminen rakennusosittain.

Peruskorjauksen materiaalien valmistuksesta aiheutuvien päästöjen jakautuminen rakennusosittain kgCO₂e/m²



KUVA 16.

Energiatehokkuuden parantaminen vähentää kulutuksen aiheuttamia ilmastopäästöjä niin, että korjaustoimenpiteiden aiheuttamat päästöt tulevat kompensoituksi noin kymmenessä vuodessa.



Rivitalon korjaukset olivat tarpeellisia valesokkelin aiheuttamien vaurioiden, muiden heikkokuntoisten ulkovaipan osien ja paloturvallisuuden parantamisen takia. Energiatehokkuuden parannuksen osuudeksi lasketaan 20 % ulkovaipan parannusten kustannuksista ja 100 % suunnittelukustannuksista. Kun kaukolämmön hinta on 10 snt/kWh, sähkön hinta 15 snt/kWh ja kulutus laskennallinen (Taulukko 12), tulee energiatehokkuuden parannuksen takaisinmaksuajaksi 9 vuotta (Taulukko 14).

TAULUKKO 14.

Vuonna 1979 valmistuneen rivitalon energiatehokkuuden parannuksen takaisinmaksuaika.

		Korjaus- kustannukset yhteensä	Energia- tehokkuuden parannus	Takaisin- maksuaika, vuosi
Ulkoseinien korjaukset	€/m ²	310	60	
Yläpohjien ja vesikatteiden korjaukset	€/m ²	170	30	
Uudet ikkunat	€/m ²	40	10	
Suunnittelu	€/m ²	3	3	
Yhteensä	€/m ²	530	110	
Kaukolämpö, laskennallinen muutos	€/m ² a		-10	
Sähkö, laskennallinen muutos	€/m ² a		-3	
Yhteensä	€/m ² a		-13	9

Esimerkki 6. 1980-luvulla valmistuneen omakotitalon perusparannus

Esimerkki on Pohjanmaalle vuonna 1984 valmistunut omakotitalo, jonka lämmitetty pinta-ala on 194 m² ja tilavuus 265 m³. Rakennuksen runko on puuta julkisivut puuta ja poltettua tiiltä. Rakennuksessa on öljylämmitys, patterit ja koneellinen poistoilmanvaihto. Ennen energiatehokkuuden parannusta laskennallinen sähkökulutus oli 35 kWh/(m²a) ja öljynkulutus 349 kWh/(m²a). Energiatehokkuuden vertailuluku oli 392 kWh/(m² a) ja se oikeutti energialuokkaan F.

Energiatehokkuuden parannus piti sisällään luopumisen öljylämmityksestä, ilmanvaihdon varustamisen lämmöntalteenotolla sekä ulkoseinien, ala- ja yläpohjan sekä puolilämpimien tilojen seinien lisälämmöneristyksen sekä uudet ikkunat ja ovet (Taulukko 15). Energiatehokkuuden parantamisen jälkeen laskennallinen sähkökulutus on 70 kWh/(m² a). Energiatehokkuuden vertailuluku 84 kWh/(m² a) oikeuttaa tämän kokoisen pientalon energialuokkaan A.

Laajamittaisessa korjauksessa on täytettävä ympäristöministeriön asetuksella 4/2013 asetetut energiatehokkuusvaatimukset. Vaatimusten täyttyvät, jos yksi kolmesta vaihtoehdoisesta ehdosta täyttyy. Asetuksen 4 § mukaan ikkunoiden U-arvo saa olla enintään 1,0 W/ m²K, ulkoseinien ja yläpohjan lämmönläpäisy (U-arvo) on puolitettava mutta enintään uudisrakentamisessa vaadittavien arvojen tasolle. Hanke täyttää nämä vaatimukset (Taulukko 15). Se täyttää myös 7 § E-luvun parannukselle asetetun vaatimuksen (perusparannuksen jälkeen E-luvun on oltava <0,85 x perusparannusta edeltävä E-luku) ja 6 § enimmäisenergiankulutukselle asetetun vaatimuksen (energiankulutus <180 kWh/lämmitetty-m²).

TAULUKKO 15.

1980-luvulla valmistuneen omakotitalon energiankulutukseen vaikuttavat ominaisuudet ennen ja jälkeen perusparannuksen. Päästöt ennen perusparannusta sisältävät vain energiankulutuksen päästöt.

	Ennen perusparannusta	Perusparannuksen jälkeen
Rakennuksen lämmitetty pinta-ala	194 m ²	194
Rakennuksen tilavuus	265 m ³	265
U-arvo, alapohja	0,47 W/ m ² K	0,23
U-arvo, ulkoseinä	0,45 W/ m ² K	0,23
U-arvo, yläpohja	0,23 W/ m ² K	0,09
U-arvo, ikkunat	2,10 W/ m ² K	1,00
U-arvo, ulko-ovet	2,00 W/ m ² K	1,00
Lämmöntalteenoton tehokkuus	-	73 %
Lämmitystapa	Öljylämmitys	IVLP
Sähkö	35 kWh/m ²	70
Kevyt polttoöljy	349 kWh/m ²	-
E-luku	392 kWh/m ²	84
Energialuokka	F	A
Päästöt vuodessa	83 kg CO ₂ e/m ² a	3,5
Päästöt 50 vuodessa	4150 kg CO ₂ e/m ²	175
Päästöt 50 vuodessa	805 t CO ₂ e	35

TAULUKKO 16.

Vuonna 1984 valmistuneen omakotitalon perusparannuksen ilmastovaikutukset.

	kg CO ₂ /lämmitetty-m ²		
	vuodessa	50 vuodessa	osuudet
Rakennusmateriaalien valmistus (A1-A3)	0,9	46,2	21 %
Rakennusmateriaalien kuljetukset työmaalle (A4)	0,01	0,7	0,3 %
Työmaatoiminnot (A5)	0,01	0,3	0,1 %
Huolto, korjaukset ja rakennusosien uusiminen (B2-B4)	0,2	7,7	3,5 %
Kaukolämpö ja verkkosähkö, käytönaikainen energia (B6)	2,6	132,1	60 %
Purkaminen, kuljetus, käsittely ja loppujätteen sijoitus (C)	0,7	33,6	15 %
Yhteensä	4,4	220	100 %
Hyöty ja kierrätys (D)	0,2	8,0	4 %

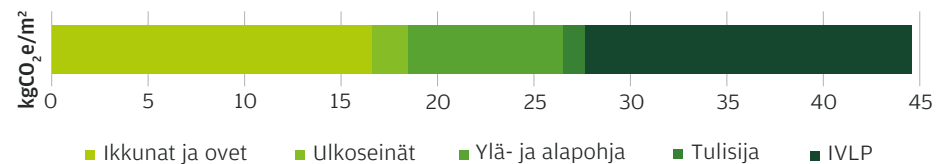
Esimerkkikohteen ilmastovaikutuksiin (Taulukko 16) on laskettu mukaan remontista aiheutuvat päästöt (21 %), rakennusosien uusimisesta aiheutuvat päästöt (4 %) energiakulutuksesta 50 vuoden aikana syntyvät päästöt (60 %) sekä rakennuksen purkamisesta ja purkumateriaalien loppusijoituksesta aiheutuvat päästöt (15 %). Elinkaaren lopun päästöt on laskettu Ympäristöministeriön arviointimenetelmän liitteessä 3 olevien taulukkoarvojen mukaan. Laskelma voidaan toteuttaa myös niin, ettei rakennusta oleteta purettavaksi vielä 50 vuoden kuluttua.

Energiatehokkuuden parannuksessa käytettyjen rakennustuotteiden päästöistä (Kuva 17) eniten syntyy ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmän komponenttien valmistuksesta (41 %) sekä ikkunoiden ja parvekeovien valmistuksesta (noin 37 %). Yläpohjan ja alapohjan korjausten materiaalien osuus päästöistä oli 18 % ja ulkoseinä- ja kunnossapito- ja korjausvaiheen päästöjen osuus on vähäinen.

KUVA 17.

Omakotitalon energiatehokkuuden parannuksessa käytettyjen rakennustuotteiden valmistuksen aiheuttamat päästöt rakennusosittain

Peruskorjauksen materiaalien valmistuksesta aiheutuvien päästöjen jakautuminen rakennusosittain kgCO₂e/m²

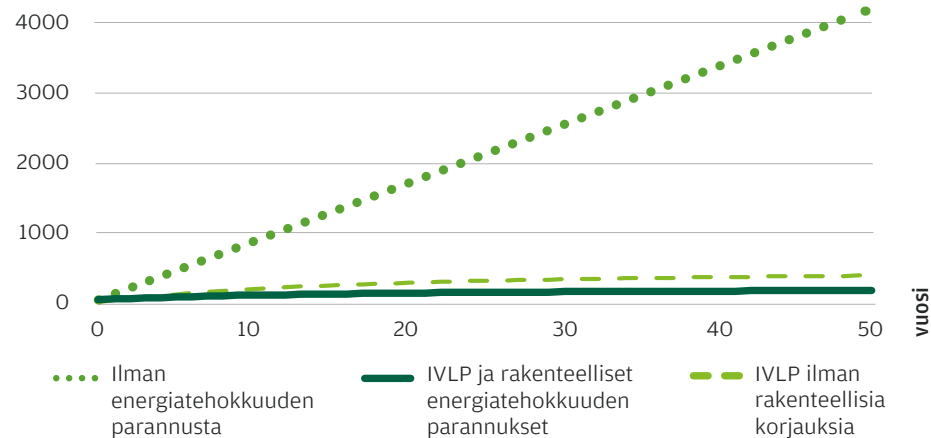


Ennen energiatehokkuuden parannusta rakennuksen lämmittämiseen kului paljon kevyttä polttoöljyä. Mikäli lämmitysjärjestelmää ei muutettaisi, öljylämmityksen ja sähkön yhteenlasketut päästöt olisivat 50 vuodessa 4150 kg CO₂/m². Ilma-vesilämpöpumpun ja rakenteellisten energiatehokkuuden parannusten jälkeen sähkökulutuksen päästöt ovat vain 175 kg CO₂/m² (Kuva 18). Mikäli kohteen rakenteelliset energiatehokkuuden parannukset jätettäisiin tekemättä, mutta öljylämmitys korvattaisiin vesi-ilmalämpöpumpulla, vähenisivät rakennustuotteiden aiheuttamat päästöt alle puoleen, mutta energiankäytön päästöt kaksinkertaistuisivat verrattuna siihen, että myös rakennuksen ulkovaippa on parannettu (Kuva 18).

KUVA 18.

Energiatehokkuuden parantaminen ja öljylämmityksestä luopuminen vähentävät kulutuksen aiheuttamia päästöjä niin, että energiatehokkuuden parantamisen päästöt tulevat kompensoiduksi yhdessä vuodessa.

CO₂e kg/lämmitetty-m²



Esimerkkikohteen korjaukset ovat tarpeellisia heikkokuntoisten ulkovaipan osien takia. Energiatehokkuuden parannuksen osuudeksi lasketaan 20 % ulkovaipan korjausten kustannuksista ja 100 % suunnittelukustannuksista. Fossiilista polttoainetta käyttävän öljylämmityksen korvaaminen lämpöpumpulla on 100 % energiatehokkuutta parantava toimenpide. Kun öljyn hinta on 13 snt/kWh, sähkön hinta 15 snt/kWh ja kulutus laskennallinen (Taulukko 15), tulee energiatehokkuuden parannuksen takaisinmaksuaikaksi 4 vuotta (Taulukko 17).

TAULUKKO 17.

Vuonna 1984 valmistuneen omakotitalon energiatehokkuuden parannuksen takaisinmaksuaika.

		Korjaus- kustannukset yhteensä	Energia- tehokkuuden parannus	Takaisin- maksuaika, vuosi
Ulkovaipan korjaukset	€/m ²	130	30	
Uudet ikkunat	€/m ²	60	10	
Ilmavesilämpö öljylämmityk- sen tilalle	€/m ²	110	110	
Suunnittelu	€/m ²	4	4	
Yhteensä	€/m ²	300	150	
Sähkö, laskennallinen muu- tos	€/m ² a		+5	
Polttoöljy, laskennallinen muutos	€/m ² a		-45	
Yhteensä	€/m ² a		-40	4

3. Rakennusten toimivuuden haasteet tulevaisuudessa

3.1 Viisto- ja rankkasateet

On ennakoitu, että tulevaisuudessa sateisuus ja pilvisuus lisääntyvät, paikalliset rankkasateet ja heljaksot yleistyvät sekä talvet lämpenevät. Nämä lisäävät ulkoseinien, yläpohjan ja alapohjan kosteusrasitusta. Kasvava rasitus ja pidemmät kuivumisajat lisäävät rakenteiden vaurioitumisriskiä ja on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa, niin uudisrakentamisessa kuin myös peruseräparannuksissa ja säännöllisessä kunnossapidossa (Maa- ja metsätalousministeriö, 2011).

Suuria riskejä rakenteille aiheutuu lisääntyvistä viisto- ja myrskysateista. Säälle alttiiden rakenneosien suunnittelussa ja toteutuksessa on varmistettava, ettei vesi ei pääse tunkeutumaan rakenteiden sisäosiin. Ensiarvoisen tärkeää on johtaa vedet pois rakenteista vesikaton rakenteilla sekä ikkunoiden ja ovien pellityksillä. Esimerkki hyvin toimivasta seinärakenteesta on tuuletettu rakenne, jonka sisemmät rakennekerrokset ovat asianmukaisesti sääsuojatut ja tuuletusväliin päässyt vesi on johdettu haittaa

aiheuttamatta ulos (Lahdensivu ym., 2012). Onnistuneen lopputuloksen saavuttamisessa auttaa sääsuojattu rakentaminen yhdessä Kuivaketju 10 periaatteiden kanssa.

Rakennusten aluerakenteiden korjausten yhteydessä on syytä varautua muuttuviin ilmasto-oloihin. Hetkellinen sadekuormitus tulee varsin todennäköisesti kasvamaan ja on syytä ottaa huomioon hulevesien käsittelyssä ja ohjaamisessa pois päin rakennuksesta.

Oikeanlaiset materiaalivalinnat, rakenteiden riittävän ilmatiiviiden ja ulkopuolisen tuuletuksen varmistaminen, lämmöneristeen sijoittelu ja sen suojaus sekä sade- ja hulevesien käsittely varmistavat rakennuksen toimivuuden myös tulevaisuuden ilmastossa. Ilmastonmuutoksen ennustettujen sääolojen vaikutuksia voidaan arvioida laskennallisesti käyttäen tätä varten Ilmatieteen laitoksen julkaisemia vuosien 2030 ja 2050 referenssisäädatoja

3.2 Hellejaksot

Rakenteiden hyvä lämmöneristystaso pienentää kesäaikaista lämmönsiirtymistä lämpimästä ulkoilmasta tai lämmenteestä rakenteen ulkopinnasta rakenteiden läpi sisäilmaan. Erityisen selvästi lämmöneristysten hyödyt tulevat esille yläpohjissa. Auringon säteily lämmittää yläpohjan ilmatilan ja rakenteet, mutta hyvä lämmöneristys rajoittaa lämmön siirtymistä sisätiloihin ja parantaa edellytyksiä ylläpitää miellyttävät olosuhteet yksikerroksissa rakennuksissa ja useampikerroksisten rakennusten ylimmässä kerroksessa.

Suuret lasipinnat lisäävät tilojen yllälämpenemisen riskiä lämmityskauden ulkopuolella, erityisesti pitkien hellejaksojen aikana. Auringon säteilystä johtuva yllälämpeneminen voidaan estää passiivisilla ja aktiivisilla varjostusratkaisuilla tai talotekniikalla. Aurinkosuojauksessa voidaan hyödyntää arkkitehtonisia elementtejä, kuten räystäitä ja parvekkeita, oikein sijoitettua kasvillisuutta sekä säleikköjä, luukkuja, lippoja, markiiseja, sälekaihtimia ja verhoja.

Lasirakenteiden ja ikkunoiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä (g-arvoa) on mahdollista pienentää pinnoituksella. Esimerkiksi g-arvon ollessa 25 prosenttia, auringon säteilyenergiasta suodattuu 75 %. Pinnoituksen antama suojaus on usein edullisin tapa rajoittaa ikkunoiden kautta sisälle tulevia lämpökuormia. Pienellä ilmaislämmön menetyksellä voidaan estää yllälämpenemistä johtuvat ongelmat ilman investointia erillisiin varjostus- ja koneellisiin jäähdytysratkaisuihin.

Tarpeenmukainen aurinkosuojaus on saavutettavissa myös rullaverhojen, markiisien ja sälekaihtimien avulla. Tehokkain suojaus saavutetaan sijoittamalla suojaus julkisivulle ikkunan ulkopuolelle tai ulkopinnalle. Ulkopuoliseen varjostukseen absorboitunut auringonsäteily jää pääosin rakennuksen ulkopuolelle toisin kuin sisäpuolisessa aurinkosuojauksessa, jossa lämpöenergiaa siirtyy sisätilaan.

Suomessa suhteellisen vähän käytetty ratkaisu on ikkunan ulkopuolella asennettava motorisoitu kaihdin. Ikkunan eteen laskettuna tiheärakenteinen kaihdin estää tehokkaasti auringon suoran säteilyn ikkunan kautta sisälle. Tiheä lamelli sallii luonnonvalon hyödyntämisen tai näkyvyyden ulos. Näiden suhteellisen hintavien järjestelmien etuina ovat tehokas aurinkosuojaus ja ohjattavuus tarpeen mukaan.

Esimerkki 7. Kerrostaloasuntojen kesän lämpötilat

Helsinkiäisten asuinkerrosasuntojen sisäolosuhteita on mitattu vuosina 2018-2020 (Kosonen ym., 2021). Hellekesänä huonelämpötilalle asetettu vaatimustaso (enintään 150 astetuntia lämpötilan +27°C ylityksiä) ylitettiin lähes 80 %:ssa tutkituissa tapauksista (Taulukko 18). Hellejaksojen yleistymisen tulee entisestään lisäämään asuntojen ylläampemisen aiheuttamia haittoja ja kasvattamaan viilennystarvetta.

Sisälämpötiloja tarkasteltiin myös ositettuna 1) Ennen vuotta 1977 valmistuneisiin asuntoihin; 2) vuosina 1977-2003 valmistuneisiin asuntoihin; 3) vuosina 2004-2012 valmistuneisiin asuntoihin ja 4) vuoden 2012 jälkeen valmistuneisiin asuntoihin. Sisäilman lämpötilarajan +27°C ylittäneiden osuuksissa oli vain pieni ero ryhmien 1-3 välillä. Sen sijaan ryhmässä 4 yllämpöä esiintyi hiukan muita vähemmän. Tutkimus osaltaan vahvistaa sen, ettei hyvä lämmöneristys lisää sisätilojen yllämpenemistä.

TAULUKKO 18.

Tutkituissa asunnoista havaitut lämpötilan +27°C vuodessa yli 150 astetuntia ylittävät olosuhteet ja asumisterveysasetuksen toimenpiderajan 32°C ylittävät olosuhteet kolmen tarkasteluvuoden (2018-2020) aikana. Vuonna 2018 hellepäiviä oli 35 ja kesällä 2020 vain 16.

	2018	2019	2020
Tutkittuja asuntoja	1108	4360	3825
> 27 °C yli 150 Kh	868	857	839
Osuus	78,3 %	19,7 %	21,9 %
Tutkittuja asuntoja	5886	7983	8197
Toimenpiderajan 32 °C ylitys	197	73	103
Osuus	3,3 %	0,9 %	1,3 %

Esimerkki 8. Ulkoseinärakenteen vaikutus sisälämpötilaan

Eristämättömät seinärakenteet johtavat lämpöä rakenteen läpi ulkoa sisälle enemmän kuin lämmöneristetyissä rakenteissa. Tätä merkittävämpi yllilämpenemistä aiheuttava tekijä on kuitenkin ikkunoiden läpi tuleva auringon säteilyenergia. Tulevaisuudessa voidaan tarvita nykyisestä poikkeavia ratkaisuja miellyttävien sisäolosuhteiden aikaansaamiseksi.

Tämän riskin toteutumista simulointiin hyvin lämmöneristetyllä betonirakennuksella, jonka ulkoseinän U-arvo oli 0,17 W/(m²K) ja lämmöneristämättömällä CLT-rakenteella, jonka U-arvo oli 0,49 W/(m²K). Muut lämmitystarpeeseen ja ilmanvaihtoon liittyvät muuttujat olivat yhteiset. Tarkastelut tehtiin nykyilmaston lisäksi vuosien 2030 ja 2050 ilmastoennusteilla (Vesitaito, 2021). Hyvin lämmöneristettyjen massiivisten ulkoseinärakenteiden huomattiin vähentävän yllilämpenemisriskiä tehokkaammin kuin massiiviset eristämättömät ulkoseinärakenteet (Taulukko 19).

Vuoden 2030 säässä lämpöeristetyssä (0,17 W/(m²K)) kerrostalossa astetuntivaatimus täyttyisi valitsemalla ikkunat, joiden lasiosan auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin (g-arvo) on 0,30. Vuoden 2050 säässä tarvitaan joko paikalliset viilennyslaitteet etelänpuoleiseen huoneistolinjaan, tai ulkopuoliset kaihtimet, tai jokin muu aurinkosuojaus.

Vailla lämpöeristeitä olevassa asuinkerrostalossa (0,49 W/(m²K)) astetuntiyliytyksiä on tasaisemmin eri puolilla rakennusta. Vuoden 2030 säässä pitkittynyt yllilämpö voitaisiin estää joko tuloilman viilennyksellä tai rakenteellisin keinoin ulkopuolisilla kaihtimilla tai muilla aurinkosuojauskeinoilla. Rakenteelliset suojaukset olisi asennettava pohjoista lukuun ottamatta muihin ilmansuuntiin avau-

tuville ulkoseinille. Vuoden 2050 säässä kerrostaloon olisi asennettava tuloilman viilennys. Hoivakoti vaatisi vuosien 2030 ja 2050 säässä tuloilman viilennyksen, koska muut keinot, mm. varjostukset ja g-arvoltaan 0,30 ikkunat ovat jo oletettu perusvarusteeksi.

Simuloinnit vahvistavat rakenteiden hyvän lämmöneristyksen olevan merkittävä tekijä sisätilojen yllilämpenemisen estämisessä. Hyvä eristys ja sen sisäpuolinen terminen massa vähentävät koneellisen jäähdytyksen tarvetta.

TAULUKKO 19.

Astetunnit, jotka ylittävät asuinkerrostalossa +27°C lämpötilan ja hoivakodissa +25°C lämpötilan. Astetunti kertoo, kuinka monta tuntia lämpötila ylittää nämä rajat yhdellä asteella. Sallittujen astetuntien raja-arvo on 150 tuntia.

	Vuotuiset lämpötilarajan ylittävät astetunnit (K h)		
	2012	2030	2050
Asuinkerrostalo			
0,17 W/(m ² K)	136	343	654
0,49 W/(m ² K)	433	671	893
Hoivakoti			
0,17 W/(m ² K)	0	0	11
0,49 W/(m ² K)	129	228	345

Esimerkki 9. Lämmöneristepaksuuden vaikutus sisälämpötilaan

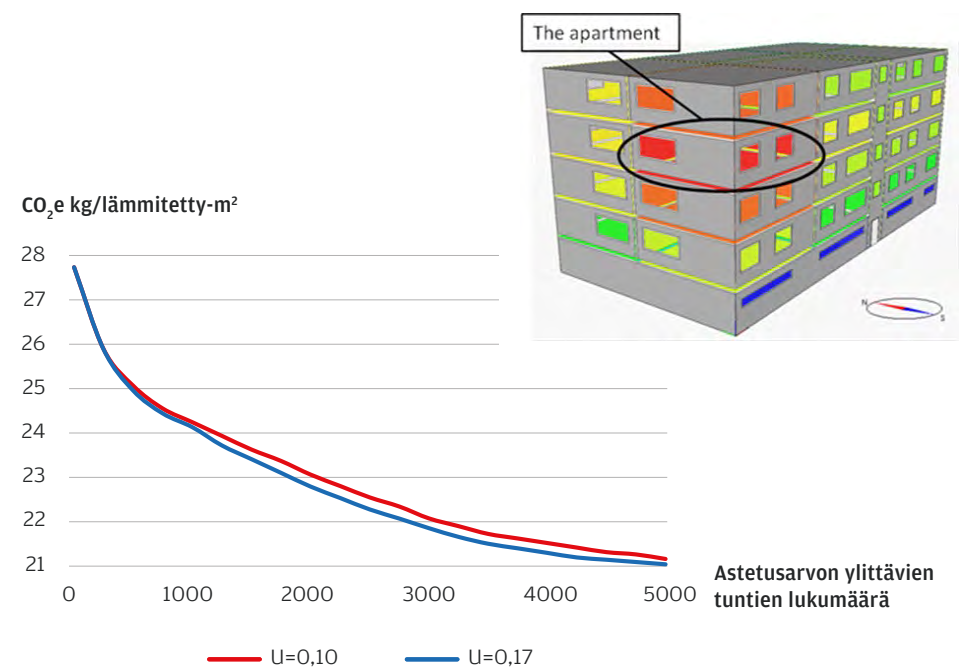
Auringon säteilyn ja sisäisten kuormien vaikutusta huoneen lämpötilaan tutkittiin simuloimalla etelä- ja länsisuuntaisen kulmahuoneen lämpötilat (Heikkinen, 2015). Sisäilman lämpötilan asetusarvo oli +21 °C. Ulkoseinärakenteen U-arvo oli joko 0,17 W/Km² tai 0,10 W/Km². Simuloinnissa oletettiin, että käytössä oli aktiivinen varjostusratkaisu, mikä rajoitti jonkin verran yllilämpenemistä. Kuva 19 esittää kuvatun kerrostalon kulmahuoneen sijainnin rakennuksessa ja simuloinnin tuloksena vuoden jaksolle saadun sisäilman lämpötilan pysyvyysskäyrän.

U-arvotapausten lämpötilojen pysyvyysskäyrät olivat hyvin lähellä toisiaan. Suurimmat poikkeamat havaittiin suhteellisen pienillä lämmityksen pitoarvon ylittävillä arvoilla. Nämä sijoittuivat lämmityskauden aurinkoisiin päiviin, jolloin ulkoseinien erisuuruiset lämpöhäviöt näkyivät pieninä eroina tuloksessa. Kun lämpötilataso lähestyi +25°C:a, olivat pysyvyysskäyrät jokseenkin identtiset. Lämpövirrat seinien kautta kesäaikana olivat 3 % kaikesta lämpökuormasta, joten niillä ei ole merkittävää vaikutusta sisäilman lämpötilaan.

Ilman varjostusta suuri etelä- ja länsisuuntainen ikkunapinta-ala olisi johtanut +27°C lämpötilatason ylitykseen yli 150 astetunnilla. Ikkunoiden tarkoituksenmukainen varjostus suuntauksella, rakenteellisesti tai eri varjostusratkaisuja käyttäen on tärkeimpiä tekijöitä sisälämpötilan yllilämpenemisen estämisessä.

KUVA 19.

Simuloitu huone kerrostalossa ja asetusarvon ylittävien sisäilman lämpötilojen tuntimäärät lämpötilan funktiona kahdessa ulkoseinän eristystapauksessa (U-arvo 0,17 W/Km² tai 0,10 W/Km²). Sisälämpötilan asetusarvon +21 astetta ylittäviä lämpötiloja oli vuoden 8760 tunnista yhteensä 5000 tuntia.



3.3 Uusiutuva energia älykkäissä rakennuksissa

Ilmastonmuutoksen hillitsemisessä keskeinen keino on fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla energianlähteillä. Tuuli- ja aurinkoenergiantuotannolle ovat ominaisia voimakkaat tunti-, vuorokausi-, kuukausi- ja vuositason vaihtelut. Sähköstä voi tulla hetkellisesti pula tai saatavilla olevan sähkön hinta nousee hetkellisesti kohtuuttomaksi.

Älykäs rakennus tunnistaa, kommunikoi ja vastaa käyttäjien vaatimukseen, mutta myös kykenee yhteistyöhön sähköverkon kanssa. Hyvin lämmöneristetyt rakennuksen termistä massaa voidaan hyödyntää tasoittamaan lämmöntarpeen huippukuormia. Kulutusjoustossa rakennuksen lämmitystä vähennetään tai lopetetaan hetkellisesti, ja vapautetaan lämmitystehoa tasoittamaan tehontarpeen vaihteluita tai pienentämään sähköntuotannon ylimääräisen säätötehon tarvetta. Kun lämmitys katkeaa, rakenteiden termiseen massaan sitoutunut lämpö säilyttää asunnon termisen viihtyisyyden.

Esimerkki 10. Älykkään rakennuksen kyky kulutusjousto

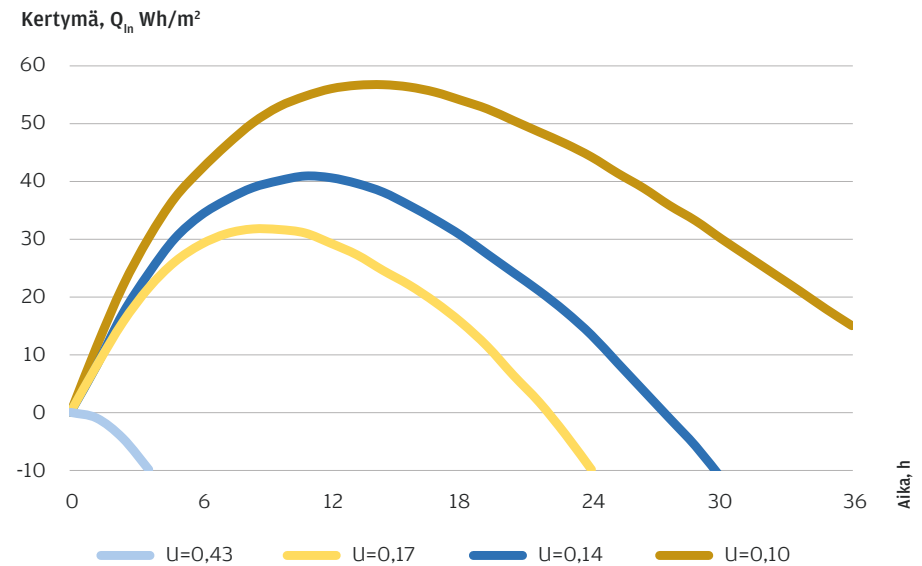
Energiatehokkuutta parantamalla ja termistä massaa hyödyntämällä voidaan ylläpitää kohtuulliset sisäolosuhteet energiansaannin häiriötilanteessa tai tietoisesti toteutetussa kulutusjoustossa (Ojanen, 2021). Tässä laskennallisessa tarkastelussa keskitytään lämmöneristyksen vaikutukseen ulkoseinän sisäpinnan lämpövirtoihin, kun sisälämpötilan oletetaan laskevan +23°C:sta +20°C:een. Ulkolämpötila on vakio -10°C. Tarkastelussa ei oteta huomioon ikkunoita tai ilmanvaihtoa.

Esimerkitapaus on 1970-luvun alussa valmistunut rakennus, jonka ulkoseinärakenteen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo on 0,43 W/Km². Rakenteessa on kahden betonikuoren välissä 100 mm mineraalivillaa. Betoninen sisäkuori on 100 mm paksu. Rakenteessa sisäkuoren betonin lämpötila on jo häiriön tai kulutusjouston alkaessa niin alhainen, ettei lämpöä juurikaan siirry rakenteesta sisäilmaan. Lämpöä alkaa virrata ulkoseinien kautta melkein heti (Kuva 20) ja termisen massan hyötyjä tuottavat vain väliseinät ja -pohjat. Näihin sitoutuneen lämmön tulee kattaa myös ulkoseinien lämpöhäviöt. Kulutusjousto ei juurikaan pysty hyödyntämään, jos ulkoseinät on heikosti lämmöneristetty.

Ulkoseinään asennetaan lisäeristys niin, että U-arvo paranee tasolle 0,17 W/Km², 0,14 W/Km² tai 0,10 W/Km². Lisälämmöneristetyissä rakenteissa lämpövirta säilyy ulkoseinästä sisään päin 8-14 tuntia häiriötilanteen alusta tai kulutusjouston aloittamisesta. Tämä lämpö ylläpitää sisäolosuhteita ja tasoittaa koettuja muutoksia kuten vedon tunnetta.

KUVA 20.

Ulkoseinän 100 mm paksuisen betonikuoresta sisäilmaan siirtyvä lämpömäärä ajan funktiona, kun sisäilman lämpötila muuttuu +23 °C:sta +20 °C:een hetkellä 0

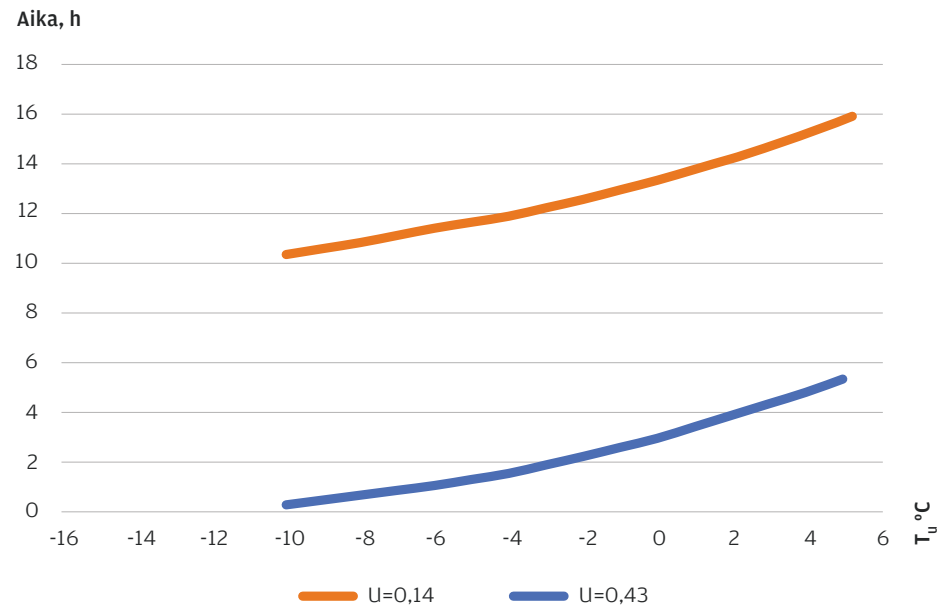


Kuva 21 esittää kuinka kauan ulkoseinän termisen massa ylläpitää häiriötilanteessa tai tietoisessa kulutusjoustossa sisäilman lämpötilan vakaana eli lämpövirta suuntaa kohti sisätilaa. Toinen ulkoseinä rakenne on alkuperäinen, tyyppillinen 1970-luvun alun rakennukselle ($U = 0,43 \text{ W/Km}^2$) ja toinen edustaa rakenteellisen energiatehokkuuden tasolle parannettua rakennetta ($U = 0,14 \text{ W/Km}^2$). Esimerkiksi ulkolämpötilalla $0 \text{ }^\circ\text{C}$ alkuperäisessä rakenteessa lämpövirta kääntyy lämpöhäviöiksi noin kolmen tunnin kuluttua muutoksesta. Rakenteellisen energiatehokkuuden tasolle parannetussa rakenteessa lämpövirta kääntyy ulospäin vasta 14 tunnin kuluttua. Heikosti lämmöneristetyin rakenteen termisen massan hyödyt jäävät vähäisiksi, vaikka ulkona olisi suhteellisen leuto keli.

Älykäs, hyvin lämpöeristetty rakennus sietää sähköverkon häiriöitä tai voi joustaa kulutuksessa. Kun lämpöhäviöt ovat pienet, myös ulkoseinien termistä massaa voidaan hyödyntää ja pitää sisälämpötilat kohtuullisina. Heikosti lämmöneristetyssä rakennuksessa rakennuksen sisäisen termisen massan hyödyt jäävät rajallisiksi, koska valmiiksi viileät ulkovaipparakenteet kasvattavat lämpöhäviötä ja vähentävät sisätilojen viihtyisyyttä.

KUVA 21.

Aika, jonka lämpövirta suuntautuu ulkoseinästä sisäilmaan päin tarkastellussa tilanteessa eri ulkolämpötiloissa rakenteen kahdella eri eristystasolla.



3.4 Toimivuuden varmistus

Toimivuuden varmistaminen (ToVa) käynnistetään jo rakennushankkeen tavoitteita asetettaessa: tarkistetaan tilaajan vaatimuksien ja käyttäjien tarpeiden kattavuus, rakennuksen suunnitelmat ja niiden toteutus sisältäen sisäilmasto- ja energiatehokkuusvaatimukset, auditoidaan osapuolien ratkaisut ja toimenpiteet ja todennetaan, että rakennus saavuttaa asetetut energiatehokkuus- ja toimivuustavoitteet käytössä (Pietiläinen ym., 2007). Toimivuuden varmistaminen jatkuu suunniteltuina säännöllisinä varmistustoimina kiinteistön käytön ajan.

Rakennuksen kokonaistoimivuus tulee varmistaa suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennukseen soveltuvat muutokset, joita korjauksessa on tarkoitus tehdä. Rakenteiden tulee olla kosteusteknisesti toimivia, niiden toimintavarmuuden tulee korjattuna olla vähintään yhtä hyvä kuin toimivan alkuperäisen rakenteen. Suunnittelussa tulee käydä läpi energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät toimet ja niiden toteutuksen tarkoituksenmukainen aikajärjestys. Eri osakorjausten tulee olla yhteensopivia keskenään ja olemassa olevan rakennuksen kanssa siten, että sisäympäristö vastaa sille asetettuja vaatimuksia.

Kosteusteknisen toimintavarmuuden tulee olla korjausrakentamisen lähtökohta eikä energiatehokkuuden parantaminen saa heikentää tätä. Hyvällä suunnittelulla nämä tavoitteet voidaan useimmissa tapauksissa yhdistää. Suunnittelua varten tulee selvittää rakenteiden kunto ja niiden kosteusteknisen toimivuuden perusteet. Vaurioituneet materiaalit tulee poistaa, niiden vaurioitumisyyt sel-

vittää ja on varmistettava, ettei sisäilmaan pääse sisäilman olosuhteita haittaavia yhdisteitä. Kosteusvaurioituneet tai virheelliset rakenteet tulee korjata siten, että niiden kosteustekninen toimivuus vastaa nykyisiä ja tulevia ilmastokuormia.

Pahin tapaus ympäristön, hiilitehokkuuden, rakennuksen käyttäjien viihtyvyyden ja terveyden sekä talouden kannalta on osaoptimoitu korjaus, jonka seurauksena esimerkiksi mahdolliset rakennusfysikaaliset ongelmat jätetään korjaamatta, niiden vaikutus kasvaa ja ne edellyttävät pikaista uutta korjausta. Perusteellinen selvitys rakenteiden nykytilasta, toimintaperusteista ja toimivista korjaustavoista on onnistuneen korjauksen edellytys.

Uudenlaisia haasteita rakennusten toimivuudelle asettaa signaalinkuuluvuus sisätiloissa, koska toimivat tietoliikenneyhteydet ovat niin keskeinen osa yhteiskuntaa ja ihmisten arkea. Rakentamisen ratkaisut tehdään useiksi vuosikymmeniksi, mobiili- ja muiden langattomien teknologioiden uusiutumissykli on vuosia, korkeintaan vuosikymmeniä. Radiosignaalin voimakkuuteen ja laatuun voidaan vaikuttaa rakennusteknisin keinoin vain, jos radiotaajuuden kentän voimakkuus on rakennuksen ulkopuolella riittävä (Rakennusteollisuus, 2013). Uudenlaisia haasteita tuovat myös rakennusten sisäiset langattomat toiminnot, jotka voivat vaatia joko signaalin kuuluvuutta tai päinvastaista toimintaa, eli signaalin kuuluvuuden rajoittamista.

4. Paloturvallisuuden huomiointi ja parantaminen perusparannushankkeissa

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi muistuttaa rakennusten paloturvallisuuden huomioonottamisesta energiatehokkuutta parantavissa muutostöissä ja järjestelmäasennuksissa. Perusparannuksissa, kuten kaikessa rakentamisessa, on työvaiheita, joissa paloturvallisuuteen on syytä paneutua erityisen huolellisesti. Huolellisuuden merkitys korostuu, mikäli asuminen tai muu toiminta jatkuu keskeytymättömänä perusparannuksen aikana.

4.1 Rakenteellinen paloturvallisuus

Paloturvallisuus on yksi rakennuksen suunnittelun ja rakentamisen olennaista vaatimuksista. Rakennusten paloturvallisuutta koskevat määräykset esitetään ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017. Tätä asetusta sovelletaan uuden rakennuksen rakentamiseen, rakennuksen laajentamiseen, sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen sekä rakennuksen perusparantamiseen, jos rakennus tai sen osa muuttuu korjaus- ja muutostyön seurauksena paloturvallisuuden kannalta vaarallisemmaksi ja rakennuksen paloturvallisuuden parantaminen on sen vuoksi perusteltua.

Paloturvallisuusratkaisujen lähtökohtana on rakennuksen paloluokitus. Rakennuksen paloluokkia ovat P0, P1, P2 ja P3, joista P3-paloluokalla on keveimmät vaatimukset. Keskeisintä paloluokan määrittelyssä on rakennuksen käyttötarkoitus, kerrosluke, korkeus, kerrosala ja suurin sallittu henkilömäärä tai paikkaluku. Mikäli käyttötarkoitus muuttuu, voi rakennuksen paloluokkaa koskeva vaatimus myös muuttua ja edellyttää toimenpiteitä paloturvallisuuden varmistamiseksi.

Korjaus- tai muutoshankkeen yhteydessä paloturvallisuutta voidaan parantaa palokatkoilla ja kantavien rakenteiden vahvistamisella. Rakenteiden palonkestävyyttä voidaan vahvistaa esimerkiksi levytyksillä, ruiskutuksilla tai koteloinneilla. Myös automaattisen sammutuslaitteiston asentaminen voi tulla eteen. Rakennesuunnittelijan tehtävä on varmistaa, että rakennus täyttää vähintään rakennuksen lupa-ajankohdan vaatimukset.

Linjasaneerauksissa tehdään uusia läpivientejä vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtoputkille sekä sähköjohdoille. Palokatkojen avulla estetään palon leviäminen läpivientien kautta muihin tiloihin. Palokatkosuunnitelma tulee tehdä jokaisessa korjaushankkeessa ja rakennesuunnittelijan on varmistettava, etteivät läpivienit olennaisesti heikennä rakenteiden osastoivuutta.

Asuinrakennuksiin tulevat pienet savupiiput on suunniteltava osana rakennusta siten, että kokonaisuus täyttää olennaiset tekniset vaatimukset. Uusien rakennusten lisäksi energiatehokkuuden parannuksen yhteydessä voi tulla tarve asentaa kokonaan uusi savupiippu, lisätä uusi tulisija tai muutoin korjata vanha savupiippu. Paloturvallisuus on huomioitava myös remonteissa, joissa yläpohjaan lisätään lämmöneristettä, pinnoitetaan vanha savuhormi tai korjataan se putkittamalla. Myös yksittäisen huoneen käyttötarkoituksen muuttaminen saattaa olla muutostyö, jonka vuoksi savupiipun soveltuvuus on tarkasteltava suunnittelun yhteydessä.

Ulkoseinän lisälämmöneristys

Ulkoseinän energiatehokkuuden parannus voidaan toteuttaa joko sisäpuolelle tai ulkopuolelle ulkoseinää. Ulkoseinän lisälämmöneristyksessä on huomioitava ympäristöministeriön asetuksessa 848/2017 määritellyt ulkoseinän yleiset vaatimukset (25 §) ja ulkoseinän ulkopinnan ja tuuletusvälin pintojen luokkavaatimukset (26 §). Vaatimukset vaihtelevat mm. rakennuksen paloluokan, kerrosten lukumäärän ja rakennuksen korkeuden mukaan. Kuntien rakennusvalvonnat ja yritykset ovat koonneet paloturvallisuusvaatimusten mukaisista rakenteista malliratkaisuja Rakentamisen Topten -käytännöt sivustolle.

Rivitalon yläpohjan palo-osastointi

Vuoden 1990 loppupuolella ja sen jälkeen rakennusluvan saaneissa rivitaloissa huoneistojen välinen seinä on pitänyt rakentaa niin, että se osastoi vierekkäiset asunnot toisistaan aina vesikattoon asti. Tätä vanhempien rivitalojen yläpohja on tyypillisesti yhtenäinen ja voi levittää palon koko rakennuksen pituudelle. Paloturvallisuutta voidaan parantaa osastoimalla yläpohja kattoremontin yhteydessä. Osastoinnissa jokaisen asunnon yläpohja erotetaan omaksi osastokseen vesikattorakennetta myöten. Yläpohjarakenteissa tämä tarkoittaa EI30-paloluokan seinän/rakenteen rakentamista huoneistojen välisten seinien päälle ullakkotilaan.

Yläpohjan lisälämmöneristys

Savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta on annettu ympäristöministeriön asetus 745/2017. Asetus koskee savupiippujen, joihin liittyviin tulisijoihin

viety lämpöteho on yhteensä enintään 120 kW, suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa sekä niiden ja niihin vaikuttavien korjaus- ja muutostöiden suunnittelua ja rakentamista. Korjaus- ja muutostöitä ovat savupiipun jälkiasentaminen, savupiipun tai savuhormin korjaaminen tai pinnoittaminen, tulisijan vaihtaminen tai muuttaminen sekä uuden savuhormin asentaminen savupiippuun tai muussa käytössä olleeseen rakennusosaan. CE-merkittyihin tehdasvalmisteisiin savupiippuihin ei sovelleta asetusta 745/2017 suojaetäisyyksien suhteen. Näiden tuotteiden suojaetäisyydet löytyvät tuotetiedoista.

Mikäli perusparannushankkeessa lisätään yläpohjan lämmöneristystä, voi läpiviennin kohdalla savupiipun lämpötila nousta liian korkeaksi. Esimerkiksi puhalluseristettä ei saa puhaltaa savupiipun kylkeen saakka, vaan kohta on erikseen suojattava ja läpivienti on tehtävä paloturvalliseksi (Ojanen ym., 2017).

Esimerkkejä savupiippujen ja tulisijojen toteuttamisesta paloturvallisuus huomioiden esitetään ympäristöministeriön julkaisussa (Ympäristöministeriö, 2019), joka on tarkoitettu viranomaisten lisäksi kaikille savupiippujen tai tulisijojen rakentamista, niiden uusimista ja korjaamista harkitseville. Julkaisussa käsitellään paikalla muurattuja savupiippuja ja paikalla metallista valmistettuja savupiippuja. Siinä ohjeistetaan myös paikalla muurattujen ja rakennettujen sekä muiden ei-sarjavalmisteisten savupiippujen suojaetäisyyksistä ja läpivienneistä.

Tulisijojen ja savupiippujen riskitilanteet paloturvallisuuden kehittäjänä hankkeessa perustettu työryhmä laati yleiset periaatteelliset ohjeet läpivientien toteuttamisesta eri savupiipputyypeillä yläpohjan lisäeristämisen yhteydessä (Pulkki ja Valtonen, 2020).

4.2 Korjaustyömaiden paloturvallisuus

Rakennuksen korjaustöiden aikana palokuormat ovat usein suurempia kuin normaalikäytön aikana ja kasvattavat tulipaloriskejä. Pieni tulipalo voi kehittyä nopeasti suureksi uhkatekijäksi, joten ilman asianmukaisia ja kattavia paloturvallisuusjärjestelyjä turvallinen poistumisaika kohteesta lyhenee merkittävästi. Tämä tekee myös pelastus- ja sammutustyöstä tavallista vaikeampaa ja vaarallisempaa (Hakkarainen & Mikkola, 2013).

Tulipalo korjausrakentamistyömaalla voi aiheuttaa suuria taloudellisia menetyksiä. Sillä voi olla myös ympäristöseuraamuksia, ja rakennuksen käyttäjien, korjaustyöntekijöiden ja naapuruston terveys ja turvallisuus voivat vaarantua. Korjausrakentajan ja rakennuksen omistajan julkisuuskuva voi kärsiä tulipalon seurauksena.

Kansallisella tasolla päätoimijat neuvonnassa ja suositeltavien käytäntöjen edistämässä ovat palo- ja pelastusviranomaiset, terveys- ja turvallisuusviranomaiset, vakuutusyhtiöt ja pelastusalan järjestöt. Suomenkielistä ohjeistusta on saatavilla esimerkiksi Suomen Pelastusalan Keskusjärjestön julkaisemasta oppaasta (SPEK, 2011). Opas sisältää tietoa mm. korjausrakentamiseen liittyvistä säädöksistä ja ohjeistuksista sekä rakennusten korjaustyömaiden paloriskitekijöistä ja niiden hallinnasta. Käytännön työkaluiksi oppaan liitteistä löytyy korjaustyömaan pelastussuunnittelun tarkistuslista ja ohjeet korjaustyömaan sähkölaitteiston omatoimiseen tarkastukseen.

Myös inhimilliset tekijät voivat johtaa vaaratilanteisiin korjaustöiden aikana. Näistä syistä riskiperustainen lähestymistapa on suositeltava palovaarojen arvioinnissa ja ehkäisemisessä. Korjauskohteiden paloriskit tulee määrittää, varo-

toimiin syttymien välttämiseksi ryhtyä ja paikkakohtaiset käytännöt tulee dokumentoida paloturvallisuussuunnitelmissa.

Miten estää syttyminen

Kaikki työmaat, joilla käytetään liekkejä tai muita säteilylämmönlähteitä tai esiintyy kipinöitä, vaativat erityistä varovaisuutta. Tulipalo syttyy useimmiten itse tulityöpaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä. Esimerkiksi kanavien kautta palo voi syttyä myös kauempana sijaitsevissa tiloissa. Palon voivat aiheuttaa mm. tulityössä syntyvät kipinät, sulan metallin roiskeet, liekki ja irti leikatut ja putoavat metallikappaleet. Palo voi syttyä myös hitsauslaitteissa tai kaasuräjähdyksen tai rakenteiden ylikuumenemisen seurauksena. Aina kun mahdollista, tulee harkita työmenetelmiä, joihin ei liity palovaaroja.

Standardi SFS 5900:2016 koskee tulitöistä aiheutuvien henkilö- ja omaisuusvahinkojen torjumista tilapäisillä tulityöpaikoilla ja siinä esitetään tarvittavat toimenpiteet tulityön turvalliseksi tekemiseksi. Palovaaran takia vakuutusyhtiöt voivat edellyttää tulitöiden tekijöiltä voimassa olevaa vapaaehtoista Tulityökorttia. Se on todistus siitä, että tulityön tekijä ymmärtää työhön liittyvät riskit ja osaa toteuttaa sen vaatimat turvatoimet ennen työn aloittamista, tulityön aikana ja sen jälkeen.

Puretut rakenteet, rakennustuotteet itsessään ja kaikenlaisten rakennustuotteiden pakkaukset sisältävät palokuormaa. Kaikkien, mutta erityisesti tulenarkojen nesteiden ja kaasupullojen varastointi tulee järjestää siten, että syttymiseltä vältetään tulitöitä tehtäessä. Myös tupakointi työmailla tulee kieltää tai järjestää tupakointipaikka, jonka lähellä ei ole syttyviä materiaaleja.

Rakennus- ja remonttityömaat ovat alttiita tuhopoltoille. Näitä riskejä voidaan merkittävästi vähentää turvatoimilla, esimerkiksi suoja-aidoilla ja lukittavilla porteilla sekä vartioinnilla.

Miten estää palon leviäminen

Palokuorman määrä korjausrakennuspaikoilla tulisi minimoida ja estää palavien materiaalien suora altistuminen sytytyslähteille. Palo-ovet tulee korjausrakennuskohteissa pitää suljettuina, jotta vältetään palon leviäminen palo-osastosta toiseen. Automaattiset ovensulkimet ovat paras ratkaisu. Palo-ovia ei saa missään olosuhteissa kiilata auki.

Remonttipaikoilla tulee olla saatavilla sammutusvälineitä ja työntekijät tulee kouluttaa niiden käyttöön. Jos rakennuksen automaattinen sammutusjärjestelmä on kytketty pois toiminnasta, palon leviämisen estämiseksi on tehtävä erityisjärjestelyjä. Esimerkiksi palo-osastointi on varmistettava ja palovartiointi järjestettävä tulitöiden jälkeen. Palon leviäminen naapurirakennuksiin pitää estää pitämällä palavat materiaalit riittävän kaukana rakennuksista.

Poistumisturvallisuus on varmistettava

Poistumisreittejä on oltava käytettävissä kaikille kohteessa oleville. Korjaustöiden edetessä poistumisreitit todennäköisesti muuttuvat ja osa niistä voi poistua

käytöstä. Tällöin on tärkeätä tunnistaa ja varmistaa korvaavat reitit. Poistumisreitit on merkittävä selvästi ja ne on pidettävä vapaina esteistä. Harjoituksia tulee pitää usein, erityisesti silloin, kun poistumisreitit muuttuvat.

Jos remonttikohteen asukkaat tai muut käyttäjät voivat olla paikalla korjausrakentamisen aikana, sekä heille että kohteen työntekijöille on annettava tietoa poistumisesta hätätilanteessa. Poistumisohjeista tulee tarvittaessa tuottaa kieliversioita, jotta voidaan olla varmoja, että kaikki kohteessa olevat ihmiset ymmärtävät poistumisjärjestelyt ja -menettelyt.

Remontoitavan rakennuksen sisällä on estettävä pääsy alueille, joihin liittyy puutoamisriski tai muu vastaava vaara. Näin parannetaan kohteen käyttäjien, rakennustyöntekijöiden ja palomiesten turvallisuutta.

Pelastus- ja sammutustyön turvallisuus on huomioitava

Pelastustoimen toimintaedellytysten varmistamiseksi hätäpoistumisteiden käytettävyys korjausrakentamiskohteessa tulee ylläpitää koko korjaustyöprosessin ajan. Reitit on pidettävä vapaina esteistä kuten varastoiduista materiaaleista ja roskasäiliöistä.

Palokuorma rakennuksen sisällä on syytä minimoida räjähdysvaarojen ja suurpaloriskien vähentämiseksi.

5. Lähdeviitteet

Hakkarainen T & Mikkola E 2013 **Korjausrakentamisen paloturvallisuus Palotutkimuksen päivät 27.-28.8.2013** (Palo- ja pelastustieto ry)

Heikkinen J 2015 **Seinä rakenteiden lämmöneristystason vaikutus huonetilan ylälämpenemiseen (VTT)**

Huuhka S Vainio T Moisio M Lampinen E Knuutinen M Bashmakov S Köliö A Lahdensivu J Ala-Kotila P ja Lahdenperä 2021 **Purkaa vai korjata? Hiilijalanjälkivaikutukset, elinkaarikustannukset ja ohjaukskeinot** (Ympäristöministeriö) <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162862>

Häkkinen T Kuittinen M ja Suomela M 2021 **Kohti vähähiilistä rakentamista - Opas arviointiin ja suunnitteluun** (Rakennustietosäätiö)

Kosonen R Jokisalo J Pajunen S Kravchenko I Kilpeläinen S Farahani A Jylhä K ja Korhonen N 2021 **Rakennusten suunnittelu ilmaston muuttuessa Rakennusten energiaseminaari 9.11.2021** (Finvac)

Kuittinen M (toim) 2019 **Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä** (Ympäristöministeriö) <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>

Lahdensivu J Suonketo J Vinha J Lindberg R Manelius E Kuhno V Saastamoinen K Salminen K ja Lähdesmäki K 2012 **Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita** (Tampereen teknillinen yliopisto) <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/116595>

Laamanen J ja Vainio T 2018 **Perusparannuksen vaikutus 1968 valmistuneen kerrostalon sisäolosuhteisiin** (Rakennustekniikka) <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/lehtiarkisto.html>

Maa- ja metsätalousministeriö 2011 **Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua?** - yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla (Maa- ja metsätalousministeriö) <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80347>

Ojanen T Nykänen E ja Hemmilä K 2017 **Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa** (Rakennusteollisuus) https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/opaat-ohjeet/rek_27042017.pdf

Ojanen T 2021 **Rakennuksen terminen massa ja kulusjousto (VTT)**

Pietiläinen J Kauppinen T Kovanen K Nykänen V Nyman M Paiho S Peltonen J Pihala H Kalema T ja Keränen H 2007 ToVa-käsikirja. **Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta (VTT)** <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>

Pulkki T ja Valtonen J 2020 **Tulisijojen ja savupiippujen riskitilanteet paloturvallisuuden kehittäjänä** (Palosuojelurahasto) https://www.palosuojelurahasto.fi/lop-puraportit2020/2020_17_SMDno-2019-979.pdf

Rakennusteollisuus 2013 Suunnitteluohje. **Matkapuhelimien kuuluvuus sisätiloissa - Energiatehokas uudis- ja korjausrakentaminen** https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/suunnitteluohje_matkapuhelimien_kuuluvuus.pdf

SPEK 2011 **Paloturvallisuus rakennuksen korjaustyön aikana - Rikosten ja vuotovahinkojen torjunta** (Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö)

Työ- ja elinkeinoministeriö 2020 **Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi** (Työ- ja elinkeinoministeriö) <https://tem.fi/eulle-toimitettavat-suunnitelmat-ja-raportit>

Vesitaito 2021 Rakennusten hiilijalanjälkitarkastelut. KEKRI - Kestävät kriteerit rakennusten vähähiilisyden arviointiin (Rakennusteollisuus) <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/hiilijalanjaljen-arviointi/>

Ympäristöministeriö 2018 **Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja** (Motiva) <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta>

Ympäristöministeriö 2019 **Savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus - esimerkkejä savupiippujen ja tulisijojen toteuttamisesta** (Ympäristöministeriö) <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ympäristöministeriö 2020 **Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050** <https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia>

Suomen rakentamismääräyskokoelma

Asetus 4/2013 **rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä** <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Asetus 1070/2017 **uuden rakennuksen energiatehokkuudesta** (ympäristöministeriö) <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Asetus 745/2017 **savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta** (ympäristöministeriö) <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Asetus 848/2017 **rakennusten paloturvallisuudesta** (ympäristöministeriö) <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ohjeet ja ohjelmistot

C-lukulaskuri

<https://www.eristeteollisuus.fi/laskurit/c-lukulaskuri-asuinrakennusten-elinkaaren-hiilijalanjalki>

Rakentamisen päästötietokanta

<https://co2data.fi/>

IDA ICE -ohjelmisto

<https://www.equa.se/fi/>

Rakentamisen Topten-käytännöt

<https://www.toptenrava.fi/>

Kuivaketju 10

<http://kuivaketju10.fi>

Talo 2000 Hankenimikkeistö

<https://www.rakennustieto.fi/nimikkeistot/talo-2000-nimikkeistot>

Tulityö

<https://www.spek.fi/koulutus/turvallisuuskortit/tulityo/>

Standardit

SFS-EN 15643:2021 Sustainability of construction works - Framework for assessment of buildings and civil engineering works

SFS-EN 15978:2012 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method

SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products

SFS 5900:2016 Tulitöiden paloturvallisuus

Ympäristöselostetietokannat

Circular Ecology

<https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>

Institut Bauen und Umwelt e.V.

<https://ibu-epd.com/en/published-epds/>

EPD-Norge <https://www.epd-norge.no/>

EPD Portal <https://www.environdec.com/home>

TS EPD-ympäristöselosteet

<https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/>

Ökobaudat

<https://www.oekobaudat.de/en.html>

Valokuvat

Aloituskuva	Olli Vakkala
Kuva 4	Ismo Heimonen
Kuva 7	Skanska
Kuva 9	Tapio Kilpeläinen
Kuva 10	EU-GUGLE projekti
Kuva 14	Sanna Jussila

Käsitteet ja lyhenteet

Astetunti

Lämpötila kertaa aika tunteina.

CLT

Cross laminated timber, suomeksi ristiin liimattu massiivipuu, jota käytetään talonrakentamisessa.

CO₂

Hiilidioksidi on ilmastokuormaa aiheuttava kasvi-huonekaasu.

E-luku

Rakennuksen laskennalliset vuotuiset ostoenergian kulutukset kerrottuna energiamuotokertoimilla ja kohdistettuna lämmitetylle nettoalalle.

Energiamuotokerroin

Valtionneuvoston asetuksen 788/2017 mukaan sähköllä 1,2; fossiilisilla polttoaineilla 1,0; kaukolämmöllä 0,5; uusiutuvalla energialla 0,5 ja kaukojäähdytyksellä 0,28.

EPD

Environmental Product Declaration, suomeksi ympäristöseloste on vakioitu ja verifioitu tapa kertoa tuotteen ympäristöominaisuudet.

g-arvo

Lasirakenteiden ja ikkunoiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä kuvaava arvo. Mitä suurempi arvo, sitä enemmän lasi päästää sisälle lämpöä ja valoa.

Hiilijalanjälki

Tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden aiheuttama ilmastokuormaa.

Hiilikädenjälki

Tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden ilmastokuorman vähennys.

Hiilidioksidiekvivalentti CO₂e

Kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen.

IDA ICE

Dynaaminen simulointiohjelmisto rakennuksen lämpötaseen ja energiankulutuksen analysointiin.

Ilmastonmuutos

Ihmiskunnan toiminnasta johtuva kasvihuonekaasujen määrän lisääntyminen ilmakehässä aiheuttaa globaalia ilmaston lämpenemistä.

IVLP

Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämpöä ulkoilmasta ja siirtää sen vesikeskuslämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen.

MLP

Maalämpöpumppu ottaa maaperästä tai vesistöistä lämpöä ja siirtää sen vesikeskuslämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen.

Paloluokka

Määritellään rakennuksen käyttötarkoituksen, kerrosluvun, korkeuden, kerrosalan ja suurimman sallitun henkilömäärän tai paikkaluvun perusteel-

la. Paloluokkia ovat P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään, kun rakennus suunnitellaan asetuksen 848/2017 mukaisten luokkien ja lukuarvojen perusteella. P1-paloluokassa on tiukimmat ja P3-paloluokassa lievimmät vaatimukset kantavien rakenteiden palonkestävyydelle. P0-paloluokkaa käytetään, kun rakennus suunnitellaan käyttäen oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä.

Perusparannus

Perusparannuksessa rakennusta tai sen osaa muutetaan sen alkuperäistä tasoa paremmaksi.

PILP

Poisto-ilmalämpöpumppu ottaa lämpöä rakennuksen poistoilmasta ja siirtää sen vesikeskuslämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen.

PV

Yleisesti käytetty aurinkosähkön lyhenne, joka tulee sanoista photovoltaic.

SPEK

Suomen pelastusalan keskusjärjestö.

ToVa

Toimivuuden varmistamisella (ToVa) tarkistetaan hankkeen vaatimukset, suunnitelmat ja niiden to-

teutus sekä todennetaan asetettujen tavoitteiden saavuttaminen ja pysyvyys käytön aikana.

U-arvo

Rakenteen lämmönläpäisykerroin (W/m²K), joka kertoo lämmöneristyskyvystä. Mitä pienempi, sitä parempi rakenteen lämmöneristyskyky rakenteella on.

Wp

Piikkiwatti tarkoittaa aurinkopaneelin enimmillään tuottamaa tehoa standardiolosuhteissa, joissa aurinkokennon lämpötila on 25 °C ja paneelille tuleva säteily määrä on 1 000 W/m².

Vähähiilisyys

Tuotanto ja kulutus, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän hiilidioksidipäästöjä.

Rahoittajat

ERISTETEOLLISUUS



Rakennustuotteiden
Laatu Säätiö sr



Rakennusteollisuus



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

