



Laura Mehto

# Energiatehokkuustoimien vaikutus asuinkerrostalossa käytetyn lämmitysenergian hiilijalanjälkeen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

2.2.2022

# Tiivistelmä

Tekijä:	Laura Mehto
Otsikko:	Energiatehokkuustoimien vaikutus asuinkerrostalossa käytetyn lämmitysenergian hiilijalanjälkeen
Sivumäärä:	27 sivua + 1 liite
Aika:	2.2.2022
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	osastopäällikkö Ville Ranta-Korpi yliopettaja Aki Valkeapää

---

Tämän insinööriyön tavoitteena oli vertailla energiatehokkuustoimien vaikutusta asuinkerrostalon hiilijalanjälkeen. Tehtäviksi toimenpiteiksi valittiin siirtyminen kaukolämmöstä maalämpöön, poistoilman lämmöntalteenotto (LTO) sekä julkisivukorjaukseen liittyvät energiatehokkuustoimet. Työ rajattiin koskemaan 1960–1970-luvulla rakennettuja asuinkerrostaloja, joissa nykyinen lämmitysmuoto on kaukolämpö.

Tavoitteena oli rakentaa yksinkertainen Excel-työkalu, jonka avulla voidaan esittää taloyhtiön hallitukselle ja osakkaille eri toimenpiteiden vaikutukset juuri oman taloyhtiönsä energiankulutukseen, siitä aiheutuviin kustannuksiin sekä hiilijalanjälkeen. Tulokset ovat suuntaa antavia, koska laskelmat on tehty hyvin yleisellä tasolla huomioiden rakennusten yksilöllisiä eroja. Laskelmien tarkoitus on helpottaa eri toimenpiteiden vertailua hankesuunnitteluvaiheessa, ennen kuin tarkempia laskelmia on tehty.

Laskelmien tuloksista käy ilmi, että siirtymällä kaukolämmöstä maalämpöön saadaan merkittävimmät säästöt kaikilla vertailuilla osa-alueilla. Ostoenergian kulutus pienenee 67 %, energiakustannukset 57 % ja hiilipäästöt 58 %.

Mikäli rinnalle otetaan vielä LTO sekä tehdään julkisivuremontti, saadaan kulutusta ja päästöjä pienennettyä entisestään. Nämä toimet pienentävät myös maalämpöjärjestelmän investointikustannuksia, koska järjestelmä voidaan mitoittaa pienemmän energiankulutuksen mukaan.

Taloyhtiön energiankulutuksessa päästään hiilineutraaliuteen, mikäli maalämmön rinnalla käytetty sähkö on ympäristösähköä.

Avainsanat: maalämpö, lämmön talteenotto, julkisivu, hiilijalanjälki, energia

## Abstract

Author: Laura Mehto  
Title: Energy Efficiency and Carbon Footprint of Heating in Apartment Buildings  
Number of Pages: 27 pages + 1 appendix  
Date: 2 February 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Building Services Engineering  
Professional Major: HVAC Design  
Supervisors: Ville Ranta-Korpi, Head of Department  
Aki Valkeapää, Principal Lecturer

---

The purpose of this final year project was to develop a simple calculator for a housing association to allow them to compare their possibilities in energy efficiency in heating. The thesis discussed apartment buildings with district heating as their current heating method, built in the 1960s and 1970s. The actions studied were transition from district heating to ground heating, exhaust air heat recovery and energy efficiency measures related to facade repairs.

The aim was to create a simple Excel tool that could be used to show the housing association the effects of various measures on their energy consumption, costs, and carbon footprint. The results of the study were indicative, as the calculations were made at a very general level without considering the individual differences between the buildings.

The results showed that the transition from district heating to ground heating would result in the most significant savings in all the areas compared. Purchased energy consumption would be reduced by 67 %, energy costs by 57 %, and carbon emissions by 58 %. If exhaust air heat recovery is added and facade repairs are carried out, consumption and emissions can be further reduced. These measures would also reduce the investment costs of a ground heat system, as the system can be designed for lower energy consumption.

Keywords: heat pump, exhaust air, facade, energy saving, carbon footprint

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohteen tiedot	2
3	Lämmitysenergian kulutus	2
4	Julkisivukorjaukseen liittyvät energiatehokkuustoimet	3
4.1	Julkisivun uudelleenverhous	4
4.2	Ikkunoiden uusiminen	6
5	Lämpöpumput yleisesti	8
6	Maalämpö	11
6.1	Yleistä maalämpöjärjestelmästä	11
6.2	Maalämpö Helsingissä	13
7	Poistoilman lämmöntalteenotto	14
7.1	Yleistä	14
7.2	Poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmän periaate	14
8	Laskelmien perusteet	16
9	Esimerkkikohteen laskelmien tulokset ja johtopäätökset	18
9.1	Vaipan korjaukset ja ikkunoiden uusiminen	18
9.2	Maalämpö	19
9.3	Poistoilman lämmöntalteenotto	20
9.4	Päätelmät	21
10	Yhteenveto	24
	Lähteet	26

## Liitteet

Liite 1: Kaukolämmön hinta 1.7.2021

## Lyhenteet

COP: Coefficient of Performance. Lämpökerroin, joka kertoo, kuinka monta kilowattituntia lämmitysenergiaa tuotetaan yhdellä kulutetulla kilowattitunnilla.

LTO: Lämmöntalteenotto

PILP: Poistoilmalämpöpumppu

## 1 Johdanto

Asuinkerrostaloissa käytetään paljon energiaa lämmitykseen, ja tähän liittyy myös suurin osa käytön aikaisista ilmastopäästöistä. Energiakustannukset ovat olleet kasvussa, ja se on nostanut myös taloyhtiöiden hoitokuluja. Yli kolmannes hoitokuluista aiheutuu lämmityksestä sekä vesi- ja sähkökustannuksista, joten energiankäytön tehostaminen on hyvä keino pienentää sekä kuluja että ilmastopäästöjä. (1, s. 4–5.)

Energiatehokkuustoimien tekeminen peruskorjausten ja kunnossapitotoimenpiteiden yhteydessä on kustannustehokasta (2, s. 31). Tällä hetkellä peruskorjauksissa ovat 1960–80-luvuilla rakennetut asuinkerrostalot, ja näitä on puolet kaikista Suomen asuinkerrostaloista (1, s. 3).

Opinnäytetyön tilaaja on Korjauspartnerit Oy. Tilaajalla on tavoitteena kehittää hankesuunnittelua tuottamaan asunto-osakeyhtiöille laajempaa tietoa korjausten yhteydessä olevista mahdollisuuksista. Yleensä hankkeita arvioidaan ja vertaillaan lähinnä teknisesti ja kustannuksellisesti, mutta nykyisin asunto-osakeyhtiöiden osakkaita ovat alkaneet enenevässä määrin kiinnostaa myös ekologiset ja ympäristökysymykset.

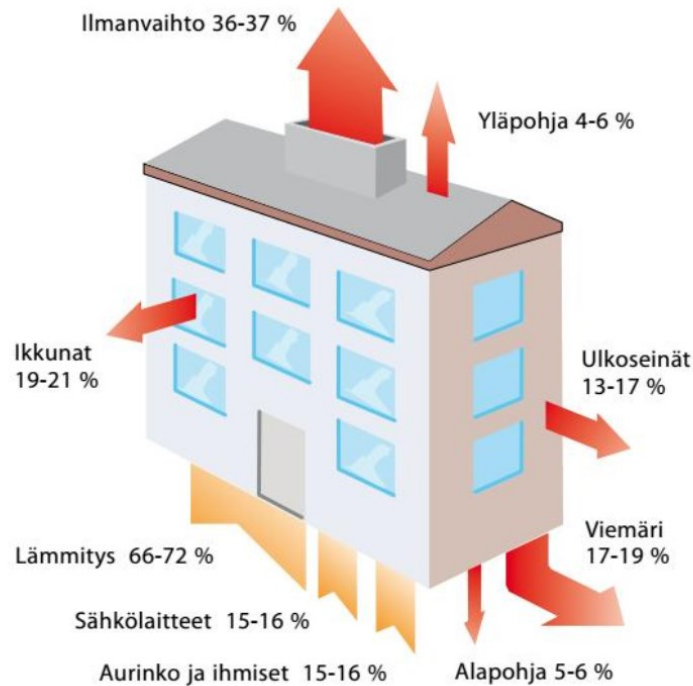
Tämän työn tavoitteena on esimerkkikohteen avulla laskea erilaisten energiatehokkuustoimien vaikutusta taloyhtiön energiankulutukseen ja kulutuksesta aiheutuviin ilmastopäästöihin ja kustannuksiin. Näiden tietojen avulla on tavoitteena kehittää yksinkertainen työkalu, jolla saatua tietoa voidaan soveltaa muihinkin saman aikakauden rakennuksiin. Työkalun avulla voidaan esittää taloyhtiön hallitukselle ja osakkaille eri ratkaisujen eroavaisuuksia energiankulutuksen ja käytetyn energiamuodon ilmastovaikutusten ja kustannusten suhteen. Energiatehokkuustoimiksi valittiin siirtyminen kaukolämmöstä maalämpöön, lämmöntalteenotto poistoilmasta sekä julkisivukorjaukseen liittyvä lisäeristäminen ja ikkunoiden uusiminen vastaamaan nykyvaatimuksia.

## 2 Kohteen tiedot

Esimerkkikohde on Itä-Helsingissä sijaitseva vuonna 1974 valmistunut asuin-kerrostalo. Taloyhtiöön kuuluu viisi kerrostaloa, joissa on yhteensä 7 rappukäytävää. Taloyhtiössä on 198 asuinhuoneistoa ja 6 liikehuoneistoa. Yleiset tilat pitävät sisällään kaksi uima-allasosastoa, neljä saunaosastoa, pesulan, kolme kuivaushuonetta ja jäähdytetyt kellarikomeroit. Huoneistoala on 11 300 m<sup>2</sup> ja rakennustilavuus 47 480 m<sup>3</sup>. Lämmitysmuotona on Helen Oy:n tuottama kaukolämpö ja ilmanvaihtona koneellinen poisto.

## 3 Lämmitysenergian kulutus

Energiatohokkuustoimien kohdistamiseksi oikein pitää tietää, mistä rakennukseen tulee lämpöä ja minne sitä häviää. Lämpöenergiatase havainnollistaa lämpöenergioiden ja lämpöhäviöiden jakaantumista. Kuvassa 1 on havainnollistettu 1960–1980-lukujen asuin-kerrostalojen lämpöenergiatase. Suurimmat lämpöhäviöiden aiheuttajat asuin-kerrostaloissa ovat ilmanvaihto, lämmin käyttövesi ja ikkunat. Ala- ja yläpohjan lämpöhäviöt eivät ole merkittäviä. (6, s. 18–22.)



Kuva 1. 1960–1980-lukujen asuinkerrostalojen lämpöenergiatase (6, s. 18).

Lämmitysenergian kulutus esitetään yleensä suhteutettuna rakennuksen pinta-alaan tai tilavuuteen. Tilavuuteen suhteutettua energiankulutusta kutsutaan lämpöindeksiksi. Se kertoo, kuinka paljon lämmitysenergiaa kuluu vuodessa rakennuskuutiometriä kohti, eli kWh/rm<sup>3</sup>/v. Ennen kuin lämpöindeksi on vertailukelpoinen eri vuosien välillä, se pitää normeerata. Normeerauksessa lämpöindeksi korjataan lämmitystarveluvun avulla vastaamaan vertailuvuotta. Etelä-Suomessa sijaitsevien 1960–1980-luvun asuinkerrostalojen lämpöindeksi on keskimäärin 45–65 kWh/rm<sup>3</sup>/v. (6, s. 22.)

#### 4 Julkisivukorjaukseen liittyvät energiatehokkuustoimet

Ulkoministeriön pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiassa nostetaan esille keinoja, joilla energiatehokkuutta parannetaan ja hiilijalanjälkeä pienennetään asuinkerrostaloissa. Julkisivukorjaukseen liittyvinä toimina esitetään ikkunoiden vaihtaminen, lisälämmöneristys ulkoseiniin sekä läpimenojen tiivistäminen, yläpohjan lisälämmöneristys, mikäli se on teknisesti mahdollista, kylmien



kellaritilojen sekä alapohjien kattojen lämmöneristäminen ja rakennuksen ulkopuolisten routalevyjen uusiminen. (2, s. 31.)

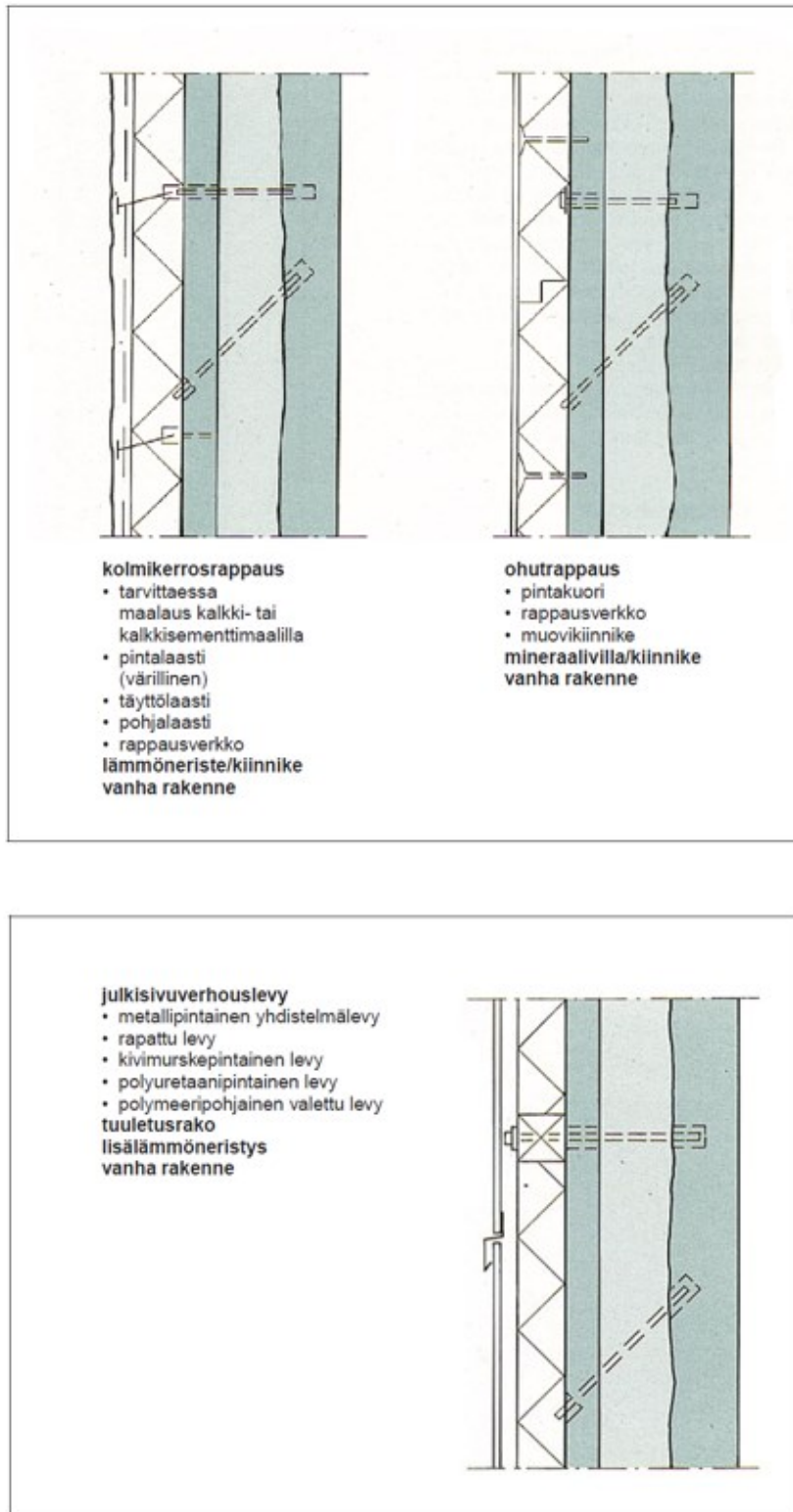
Vuonna 1978 kiristettiin uudisrakennusten lämmöneristysmääräyksiä. Täten merkittävimmät energiatehokkuuden parannukset saadaan ennen määräysten kiristymistä rakennettujen kerrostalojen korjauksilla. (9, s. 36–37.) Rakennusvaipan eli ulkoseinien, ylä- ja alapohjan sekä ovien ja ikkunoiden uusiminen on tärkeä ja jopa välttämätön osa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisessa. Yhdessä nykyaikaisten taloteknisten järjestelmien kanssa rakennusvaipan hyvä lämmöneristävyys, kosteustekninen toimivuus sekä riittävä ilmatiiviys mahdollistavat energiatehokkaan kokonaisuuden. (10, s. 24.)

#### 4.1 Julkisivun uudelleenverhous

Ennen uudelleenverhousta tehdään julkisivun kuntotutkimus, jossa selvitetään julkisivun kunto ja mahdollisten vaurioiden laajuus. Lämmöneristysten kunto ja paksuus selvitetään samalla mahdollisten kosteus- ja homevaurioiden sekä energiatalouden takia. (14, s. 2.)

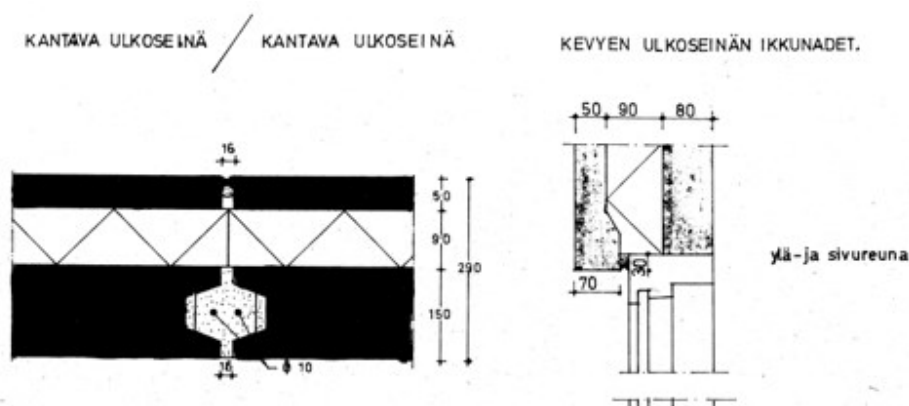
Julkisivun korjausmenetelmän valinta kannattaa tehdä huolella, koska se on taloudellisesti merkittävä päätös. Rakennuksen ulkovaipan käyttöikä saadaan pidennettyä merkittävästi julkisivun uudelleenverhoilulla ja lisälämmöneristämällä. Sillä saadaan myös pienennettyä kosteusrasitusta sekä lisättyä lämmöneristystä. Uudelleenverhouksen yhteydessä kannattaa tehdä myös ikkunoiden, parvekeovien, räystäiden ja elementtisaumojen kunnostukset, kuten myös erilaisten ulkonemien ja katosten pellitykset sekä huonojen ratkaisujen parantaminen. (14, s. 3.)

Kuvassa 2 on rakennekuvat kolmesta erilaisesta uudelleenverhousmenetelmästä: kolmikerrosrappauksesta, ohutrappauksesta sekä julkisivuverhouslevyn käytöstä.



Kuva 2. Esimerkit erilaisista julkisivuverhousmenetelmistä (14, s. 5–9).

Taloyhtiön energiakirjan esimerkkikohteen, 1970-luvulla rakennetun asuinkerrostalon, ulkoseinä- ja ikkunaremontti pienensi rakennuksen energiankulutusta 15 %. Kyseisessä konseptissa ulkoseinät lisälämmöneristetään 100 millimetrin paksuisella mineraalivillaeristeellä tai vastaavalla. Kuvassa 3 on rakennepiirustus 1970-luvulla rakennetun esimerkkikohteen seinärakenteesta. Eriste asennetaan nykyisen ulkoseinän päälle, ja uusi pintarakenne tehdään esimerkiksi levytämällä tai rappaamalla. Ulkoseinän U-arvo paranee arvosta  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  arvoon  $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ja ikkunoiden arvosta  $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  arvoon  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (6, s. 158.)



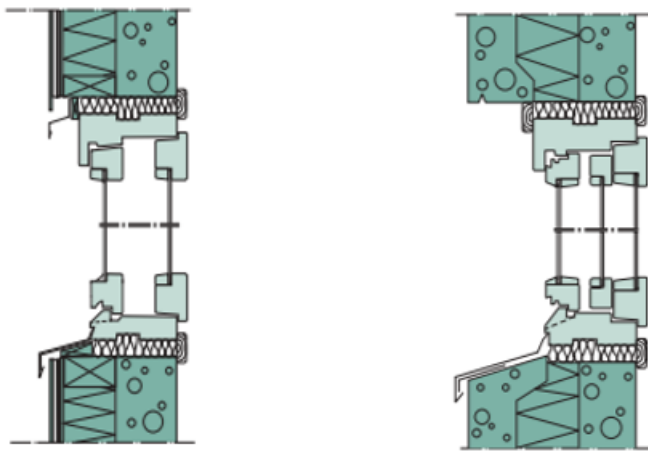
Kuva 3. Esimerkkikohteen, eli 1974 valmistuneen asuinkerrostalon, nykyinen seinärakenne.

#### 4.2 Ikkunoiden uusiminen

Ikkunoiden uusimisella voidaan parantaa ikkunoiden lämmöneristävyyttä, äänieristystä, heloitusta ja tuuletusratkaisuja. Suomalaisissa kerrostaloissa ikkunoita uusitaan keskimäärin 20–40 vuoden välein. Joskus ikkunoita korjataan, erityisesti ennen 1960-lukua rakennetuissa taloissa, mutta silloin ei saada parannettua ikkunoiden ominaisuuksia nykypäivän tasolle. (19.)

Ikkunoiden kuntoa tulee seurata ja huoltaa tarpeen mukaan. 1960- ja 1970-lukujen ikkunoissa (kuva 4) esiintyy heikkoja liitoksia sekä heikosti suojaavia pintakäsittelyitä. Ajan myötä lukituslaitteet ja tiivisteet kuluvat, pöly, lika ja ruoste

jäykistävät lukkoja ja tuuletusikkunoiden pitkäsalpoja. Tästä aiheutuu voimankäyttöä ja lukituslaitteiden rikkoutumista. Myös tiivisteet haurastuvat ja kiinnitykset pettävät. Kiinteistön asukkaat kokevat usein vetoa ja kylmyyden tunnetta vanhojen ikkunoiden läheisyydessä, ja jotkut huolestuvat hilseilevistä maalipinnoista. Taloyhtiön kannattaa teettää kuntotutkimus puolueettomalla asiantuntijataholla, jotta saadaan selville ikkunoiden todellinen kunto ja uusimistarve. Uusimistarpeeseen vaikuttaa myös ikkunoiden käyttömukavuus, huollettavuus ja energiatehokkuus. (20, s. 4.)



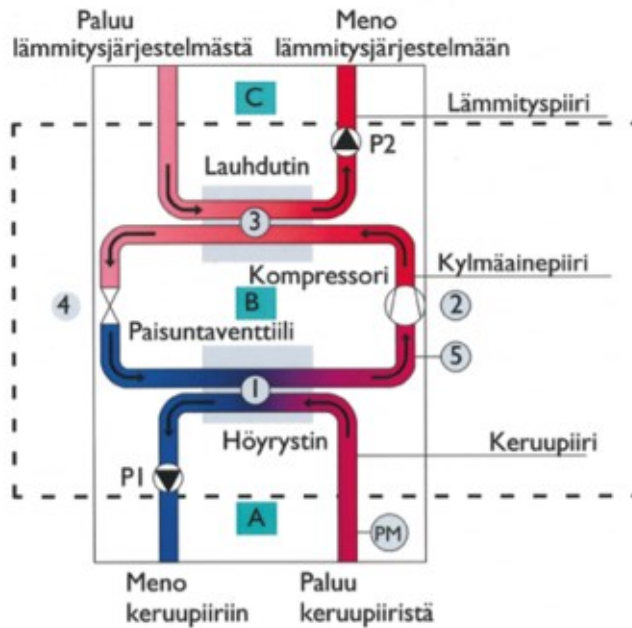
Kuva 4. Esimerkit 1960-luvun (vas.) ja 1970-luvun (oik.) ikkunoista (20, s. 3).

Ikkunoiden uusimisesta saatavat säästöt lämmitysenergiankulutuksessa ovat 5–6 %. Uusiminen lisää myös asumisviihtyisyyttä. Ikkunoiden uusimisesta aiheutuviin kustannuksiin voi mahdollisesti hakea avustuksia, ja ne edellyttävät energiaselvityksen laatimista ennen remonttia. (20, s. 4–5.)

Ikkunoiden uusiminen vaikuttaa myös rakennuksen ilmanvaihtoon, koska ikkunat ovat tiiviimmät ja uudet venttiilit muuttavat korvausilman määrää. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä tulee siis säätää ikkunoiden uusimisen jälkeen. Myös lämmityksen tarve pienenee, joten lämmitysverkosto on tarpeen säätää. (20, s. 10.)

## 5 Lämpöpumput yleisesti

Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäprosessiin, joka on tuttu esimerkiksi jääkaapista ja pakastimesta. Lämpöenergia siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan lämpötilaan. Kylmäprosessissa tämä lämpötilaero saavutetaan kylmäaineella, joka höyrystyy ja nesteytyy sopivassa lämpötilassa ja paineessa. Faasimuutoksissa kylmäaine sitoo ja luovuttaa paljon lämpöenergiaa. Kuvassa 5 on havainnollistettu kylmäpiirin pääkomponentit ja kylmäaineen kiertosuunta. (7, s. 12.)



1. Höyrystimessä keruepiiristä (A) lämpöenergia siirtyy lämpöpumpun kylmäainepiiriin (B). Kylmäaine muuttuu nesteestä kaasuksi
2. Lämpöpumpun kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeapaineiseksi kaasuksi, jolloin lämpötila kohoaa. Puristamiseen käytetty sähköenergia muuttuu lämmöksi ja nostaa myös kylmäaineen lämpötilaa.
3. Lämpöpumpun lauhduttimessa lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta rakennuksen lämmitysjärjestelmään (C). Samalla kylmäaine muuttuu nesteeksi. Lämpöenergia voidaan hyödyntää sekä lämmitysverkostossa että käyttöveden lämmityksessä.
4. Lämpöpumpun paisuntaventtiilissä kylmäaineen painetta alennetaan, jolloin kylmäaineen lämpötila laskee. Kylmäaine virtaa höyrystimeen ja prosessi jatkuu kohdan 1 mukaisesti.
5. Vuodonilmaisimena toimii laitteen matalapainekytkin, joka sammuttaa kompressorin ja kiertopiirin pumpun, sekä antaa samalla hälytyksen, mikäli lämmönkeruunesteen määrä tai kierto ei ole riittävä.

Kuva 5. Lämpöpumpun osat ja toimintaperiaate (7, s. 12).

Erilaiset lämpöpumput toimivat kylmäpiirinsä osalta pitkälti samalla periaatteella. Suurimmat erot syntyvät siinä, kuinka kylmäprosessiin otetaan tai kuinka siitä poistetaan lämpöenergiaa. Lämpöpumpuilla voidaan lämmittää huoneilmaa, lämmitysjärjestelmän vettä tai käyttövettä. Nelitievalventiilillä varustettuja lämpöpumppeja voidaan käyttää myös jäähdytykseen. Nelitievalventiilin avulla kylmäaineen kierto kylmäpiirissä saadaan muutettua siten, että kylmäaine kiertää ensiksi höyrystimelle, sen jälkeen paisuntaventtiilille ja lopulta lauhduttimelle.

Tämän muutoksen avulla höyrystin ja lauhdutin vaihtavat paikkojaan kylmäprosessissa, ja täten niiden toiminnat muuttuvat myös päinvastaisiksi. (15.)

Lämpöpumppujen COP-arvo (coefficient of performance) eli lämpökerroin, kertoo, kuinka monta kilowattituntia lämpöenergiaa saadaan tuotettua yhdellä kilowattitunnilla sähköenergiaa. Lämpöpumppujen COP-arvo pienenee, kun tavoitelämpötilan ja lämmönlähteen välinen lämpötilaero kasvaa. (15.)

Lämpöpumput sekä varajärjestelmänä toimivat sähkövastukset tarvitsevat paljon sähkövirtaa, eikä öljy- tai kaukolämmitetyn kohteen sähköliittymässä yleensä ole kapasiteettia kiinteistöluokan lämpöpumppujärjestelmälle. Kustannuksissa ja hankkeessa tulee siis huomioida hyvin todennäköinen sähköliittymän korotus ja mahdollisesti jopa liittymisjohdon uusiminen. (15.)

Vesikiertoisten lattialämmitysjärjestelmien menoveden lämpötila on patterilämmitysjärjestelmien menoveden lämpötilaa alhaisempi, minkä takia lattialämmitys on lämpöpumppujen kanssa energiatehokkaampi lämmönjakotapa kuin patterilämmitys. Kerrostalojen lämmityspatterit on usein mitoitettu melko korkeille lämpötiloille, jolloin lämpöpumput joutuvat tuottamaan lämmitysvettä huonolla lämpökertoimella, jos menoveden lämpötilaa ei alenneta. Lämmitysjärjestelmän säädön yhteydessä voi olla mahdollista pudottaa lämmityksen menoveden lämpötilaa, minkä myötä lämpöpumpun lämpökerroin paranee. (15.)

Mikäli lämmityspatterit ovat yli 40 vuotta vanhat, huonokuntoiset tai riittämättömät lämpöpumpulle, on kannattavaa uusia patterit suurempiin ja tehokkaampiin (15, s. 10). Markkinoille on tullut myös matalalämpöpattereita, joiden tarkoituksena on pystyä pudottamaan lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa saavuttaen kuitenkin sama lämmitysteho kuin aiemmallakin menoveden lämpötilalla. Purmon matalalämpöpattereissa on hyödynnetty pakotettua konvektiota, eli konvektoreissa on sisäänrakennetut puhaltimet, jotka edistävät konvektorin lämmönluovutusta (16.)

Vanhoissa öljy- tai hiililämmitteisissä kerrostaloissa on suuret lämmönjakohuoneet. Kaukolämmön laitteisto ei vie paljoa tilaa, joten uudemmissa, alun perin

kaukolämmitetyissä kohteissa, ei ole suuria lämmönjakohuoneita. Lämpöpump-  
puratkaisuiden kanssa hyödynnetään paljon varaajia, ja lämpöpumppuja voi olla  
useita, jolloin ne vievät paljon tilaa. Lämpöpumppujärjestelmän sovittaminen  
kaukolämpöpakettile suunniteltuun lämmönjakohuoneeseen voi osoittautua  
mahdottomaksi, eli lisätilan lohkaiseminen muista tiloista on todennäköisesti tar-  
peen. (16).

Lämpöpumppujen kuluvin osa on kompressori, jonka käyttöikä on tyypillisesti  
10–20 vuotta. Kiinteistöjärjestelmissä kompressorien uusiminen on järjestelmän  
kokonaishintaan suhteutettuna melko pieni kuluerä, jolloin niiden uusiminen on  
kannattavaa. Lämpöpumppujen kiertopumput sekä venttiilit ovat kuluvia osia.  
Toisinaan ohjausautomaatiikan kortit voivat myös rikkoutua. (4.)

Lämpöpumppujärjestelmät ovat melko huoltovapaita. Huollot koostuvat pääosin  
erilaisista tarkastuksista, puhdistuksista sekä mahdollisista ohjelmistopäivityk-  
sistä tai parametrimuutoksista. Järjestelmätoimittajat tarjoavatkin etävalvonta-  
sekä ylläpitosopimuksia. Mikäli kiinteistölämpöpumppujärjestelmä on liitetty jär-  
jestelmätoimittajan etävalvontajärjestelmään, pystyy järjestelmätoimittaja tark-  
kailemaan laitteiston toimintaa, säätämään asetuksia ja reagoimaan vikatilantei-  
siin. Taloyhtiöiden onkin hyvä solmia järjestelmätoimittajan kanssa sopimus lait-  
teiston etävalvonnasta sekä huollosta. Tällaiset sopimukset maksavat joitain sa-  
toja euroja kuukaudessa sopimuksen sisällöstä ja palveluntarjoajasta riippuen.  
(4.)

## **6 Maalämpö**

### **6.1 Yleistä maalämpöjärjestelmästä**

Maalämpö on tehokkain lämpöpumpuissa käytettävistä lämmönlähteistä sekä  
myös edullisin käyttökustannuksiltaan. Se on kuitenkin työläämpi asentaa, ja  
hankintakustannukset ovat suuremmat kuin muilla järjestelmillä. (7, s. 8.)



Maalämpöä on käytetty Suomessa asuinrakennusten lämmitykseen 1970-luvulta lähtien. Sen suosio on kasvanut vuosien myötä, ja vuonna 2011 lähes puolet uusien pientalojen rakentajista valitsi sen lämmitysmuodoksi. Kerrostoiloissa maalämpöön siirtyminen on ollut hitaampaa, vaikka järjestelmän kannattavuus on sitä parempi, mitä suuremmasta rakennuksesta on kyse. (4, s. 2.)

Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen maalämpöjärjestelmäksi vaatii toimenpideluvan (132/1999, 126 a §), ellei kunnan rakennusjärjestyksessä ole määrätty toisin (7, s. 15). Taulukossa 1 on esitelty suosituksia energiakaivojen etäisyyksistä.

Taulukko 1. Energiakaivon porareiän suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareiän kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolo-suhteista, maaperästä ja energiakentän käyttötavasta riippuen. (5, s. 6.)

Kohde	Suositteltu minimietäisyys
Energiakaivo	15 m*
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m**
Kallioporakaivo	40 m*
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m**
Kiinteistökohtaisen jäteveden puhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m Harmaat vedet 20 m
Viemärit ja vesijohdot	3 m (omat putket) – 5 m (muiden putket)***
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitetään tapauskohtaisesti

\* *porareiän ollessa pystysuora*  
 \*\* *porareiän ollessa pystysuora, voidaan naapurin luvalla porata lähemmäs*  
 \*\*\* *etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivuusyvyyydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista*

Maalämpöpumppu ottaa maaperän pintakerroksesta tai vesistöstä sinne varastoitunutta aurinkoenergiaa keruuputkistossa kiertävän jäätyttömän nesteen avulla. Yleisin talteenottotapa on kallioon porattu energiakaivo. (4, s. 2.) Jos maalämpöjärjestelmää varten tarvitaan useampia energiakaivoja riittävän energiamäärän takaamiseksi, kutsutaan tätä energiakentäksi (5, s. 5).

Energiakentän mitoitusperusteena käytetään kiinteistön todellista energiantarvetta, maalämpöjärjestelmän kokoa, sekä vuosihyötysuhdetta (SCOP). Näiden perusteella arvioidaan vuosittainen lämpöenergia sekä energiakentästä otettava huippukuorma eli suurin hetkittäinen tehontarve. (5, s. 5.)

## 6.2 Maalämpö Helsingissä

Hiilineutraali Helsinki 2035 -ohjelman tavoitteena on kattaa 15 % Helsingin lämmitystarpeesta maalämmöllä vuodesta 2035 alkaen. Vuoden 2020 alussa maalämmön osuus oli 1 %, joten tavoitteeseen pääseminen on haastavaa. (3, s. 5.)

Geologian tutkimuskeskus (GTK) teki vuosina 2018–2019 koko Helsingin kattavan mallinnuksen laskennallisen geoenergiapotentiaalin selvittämiseksi. Laskelmien mukaan Helsingin kallioperään on sitoutunut niin suuri määrä lämpöenergiaa, että teoriassa koko kaupungin lämmityksen tarvitsema energia voitaisiin tyydyttää sillä. (3, s. 16–18.) Taulukossa 2 näytetään laskelmien tulokset kokiin yksittäisten kaivojen syvyyksiä ja niiden tuottamaa energiaa.

Taulukko 2. Yksittäisen kaivon geoenergiapotentiaali kaivotyyppin mukaisesti (suluissa arvot äärettömässä kentässä). (3, s. 18).

Kaivon syvyys [m]	Yksittäisestä lämpökaivosta saatava geoenergia [MWh/a]	Yksittäisestä lämpökaivosta saatava geoenergia metriä kohden [kWh/m/a]
150	16.25 (4.87)	108 (32)
300	32.70 (9.14)	109 (30)
1000	109.00 (30.52)	109 (31)

## 7 Poistoilman lämmöntalteenotto

### 7.1 Yleistä

Kerrostaloikiinteistöistä pois johdettu ilma on keskimäärin yli +20-asteista. Tämä tarkoittaa, että jopa 35 % lämmitysenergiasta johdetaan ulos rakennuksesta. Lämmityskustannuksia voidaan pienentää ottamalla tämä lämpö talteen ja hyödyntämällä sitä tilojen tai käyttöveden lämmittämiseen. Toteutus on mahdollista, mikäli rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Poistoilman lämpötila pysyy ympäri vuoden melko vakaana, jolloin siitä saatava lämpöteho ja energiamäärä ovat myös vakaita. (8.) Vanhoissa elementtikerrostaloissa kustannusoptimaalisimmat energiatehokkuustoimenpiteet liittyvät poistoilman lämmön hyödyntämiseen poistoilmalämpöpumpuilla (2, s. 30).

Pelkkä poistoilman sisältämä lämpöenergia ei riitä kattamaan rakennuksen kaikkia lämmitystarpeita, joten poistoilman lämmöntalteenotto on lämmityksen tukimuoto. Vanhoissa kerrostaloissa poistoilman LTO (lämmöntalteenotto) on usein valittu maa- tai kaukolämmön rinnalle. Näin kiinteistöistä poistuvan ilman lämpötila saadaan noin +2-asteiseksi, ja ostoenergian käyttö vähenee noin 35 %. Ostoenergian käytön vähenemisestä syntyneillä säästöillä pystytään maksamaan järjestelmän käyttöön ottamiseen liittyviä kustannuksia niin, että osakkaiden maksama yhtiövastike todennäköisesti pysyy samana. (8.)

### 7.2 Poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmän periaate

Poistoilmalämpöpumpun toiminta perustuu samanlaiseen kylmätekniiseen kiertoprosessiin, joka on kuvattu kuvassa 5.

Kuvassa 6 on esitetty PILP-järjestelmän osat. Poistoilman lämmöntalteenottoyksikkö sijoitetaan joko katolle tai yläpohjan kokoomakammioon. Siellä lämmin sisäilma virtaa LTO-yksikön lämmönsiirtimen läpi, ja lämpö siirtyy lämmönkeruunesteeseen. Lämmönkeruuneste virtaa eristetyissä putkissa, jotka asennetaan yleensä rakennuksen ulkoseinälle. Neste siirtää lämmön lämpöpumpulle,

joka syöttää kerätyn lämmön rakennuksen lämpöverkkoon ja käyttövesivaraajaan. Paisunta-astiat pitävät lämmitysverkoston ja lämmönkeruunesteen paineen tasaisena. Puskurivaraajassa on rakennuksen lämmitykseen käytettävää vettä. Se varmistaa, että lämmitysverkostossa on tasainen lämpötila, sekä myös pidentää lämpöpumpun käyttöikää pidentämällä pumpun käyntijaksoja. Poistoilman lämmön talteenotto kytketään rakennuksen nykyisen lämmitysjärjestelmän, esimerkiksi kauko- tai maalämmön, rinnalle. (8.)



Kuva 6. Poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmä (8).

Poistoilmavirrasta saatava lämmitysteho voidaan määrittää seuraavasta yhtälöstä.

$$\Phi = q_v * \rho * c_p * \Delta t$$

jossa	$\Phi$	lämmitysteho	[kW]
	$q_v$	poistoilmavirta	[m <sup>3</sup> /s]
	$\rho$	poistoilmavirran tiheys	[kg/m <sup>3</sup> ]
	$c_p$	ilman ominaislämpökapasiteetti	[kJ/kgK]
	$\Delta t$	poistoilman lämpötilaero ennen ja jälkeen LTO-patterin	[°C]

Poistoilmalämpöpumpun voi asentaa myös kaukolämmön rinnalle. Paras energiasäästö ja säädettävyyden saavutetaan, jos lämmönjakokeskus päivitetään poistoilmalämpöpumpun hankinnan yhteydessä hybridiyhteensopivaksi. Lämmönjakokeskus kannattaa uusia, jos se on yli kymmenen vuotta vanha, osa laitteistosta kaipaava uusimista tai laitteiden mitoitus todetaan vääräksi poistoilmalämpöpumpun lisäyksen jälkeiseen tilanteeseen. Kaukolämpöyhtiön on syytä ottaa yhteyttä heti PILP-hankkeen alkuvaiheessa. (17, s. 2.)

## 8 Laskelmien perusteet

Laskurin rakentaminen aloitettiin selvittämällä kohteen energiankulutus. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkikohteen lämpö- ja sähköenergian sekä veden kulutus vuosilta 2017–2019.

Taulukko 3. Esimerkkikohteen lämpö- ja sähköenergian sekä veden kulutus vuosilta 2017–2019.

VUOSI	Lämpö <sup>1</sup>	Sähkö	Vesi <sup>2</sup>		
	MWh	MWh	m <sup>3</sup>	MWh	
<b>2019</b>	1 947 (2 155)	202,4	17 166	398	20 %
<b>2018</b>	2 064 (2 217)	215,0	17 574	408	20 %
<b>2017</b>	2 065 (2 218)	204,0	17 875	415	20 %
<b>K.A.</b>	2 025 (2 197)	207,1	17 538	407	20 %
Om.kulut.	42,7 kWh/m <sup>3</sup> <b>179 kWh/m<sup>2</sup></b>	4,4 kWh/m <sup>3</sup> <b>18,3 kWh/m<sup>2</sup></b>	369 dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> <b>1,6 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b>		

<sup>1</sup> Sisältää lämmityksen ja lämpimän käyttöveden energiankulutuksen: toteutuneet arvot (normeeratut arvot), ominaiskulutus toteutuneen kulutuksen K.A. mukaan

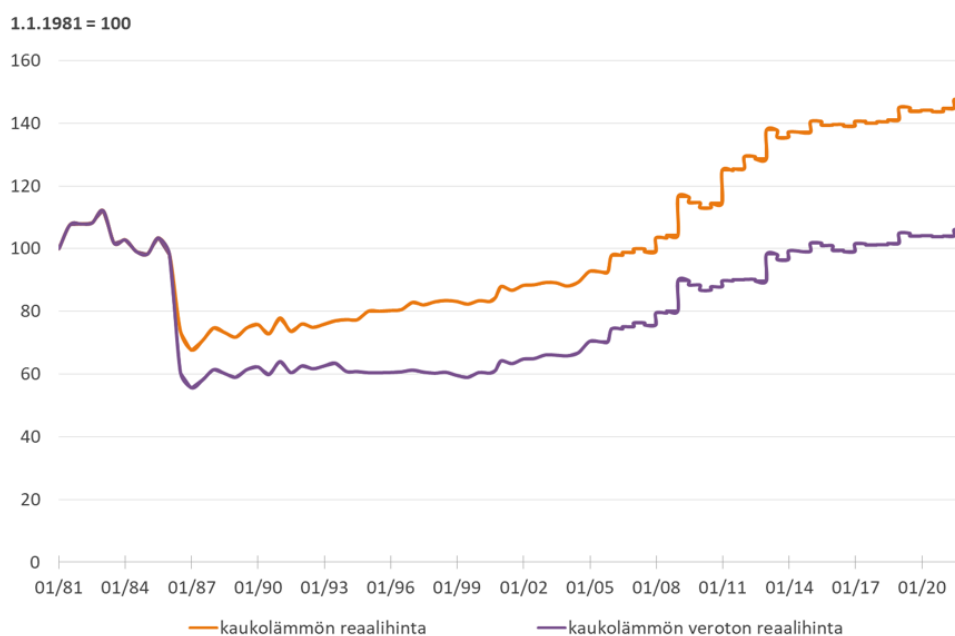
<sup>2</sup> Kokonaisvedenkulutus (LV+KV), lämpimän käyttöveden energiankulutus ja osuus kokonaiskulutuksesta

Laskuriin valitsin energiankulutuksen nykytilaksi normeerattu kolmen vuoden keskiarvo pyöristettynä kymmeneen, eli 2 200 MWh.

Kohteessa on käytössä Helenin kaukolämpö. Sen keskiarvohinta vuonna 2021 on 93,61 €/MWh. Energiateollisuuden tuottamassa kaukolämmön hintagraafissa on kuvattu kaukolämmön hintakehitystä Suomessa (kuva 7), josta käy ilmi hinnan nousujohteisuus. (13.)

## Kaukolämmön reaalihinnan kehitys

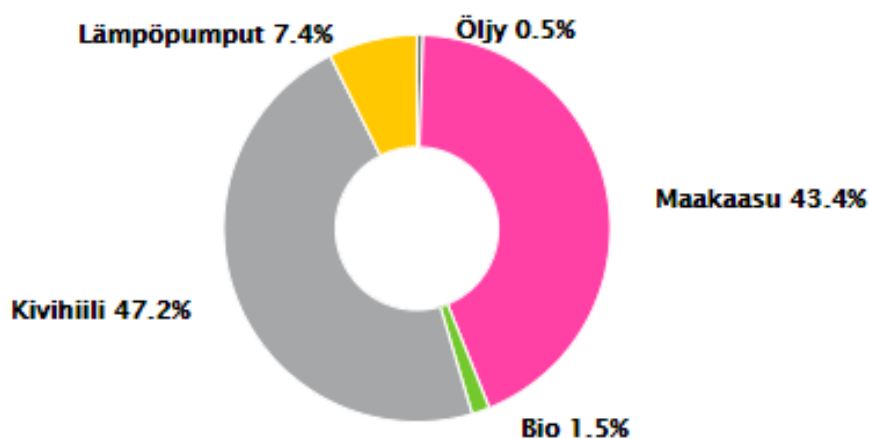
### Elinkustannusindeksillä korjattuna, verollinen ja veroton keskihinta



#### Energiateollisuus

Kuva 7. Kaukolämmön reaalihinnan kehitys (13).

Helen Oy:n verkkosivuilta saadaan tieto yhtiön tuottaman kaukolämmön hiilidioksidin ominaispäästöistä (g/kWh). Vuonna 2020 se oli 182 g/kWh. Verkkosivuilta selviää myös, mikä on vuonna 2020 tuotetun kaukolämmön alkuperä (kuva 8). (11.)



Kaukolämmön alkuperä 2020

Kuva 8. Helenin tuottaman kaukolämmön alkuperä vuonna 2020 (11).

Helenin myymän perussähkön hiilidioksidin ominaispäästö on 232 g/kWh. Ympäristö- tai tuulisähkön ominaispäästö on 0 g/kWh. Näiden välinen ero hiilidioksidipäästöissä on niin suuri, että laskelmat tehdään erikseen molempien osalta. Perussähkön hinta on 120,40 €/MWh ja ympäristösähkön 168,20 €/MWh. Sähköjen hinta pitää sisällään myös siirtomaksun. (11.)

## 9 Esimerkkikohteen laskelmien tulokset ja johtopäätökset

### 9.1 Vaipan korjaukset ja ikkunoiden uusiminen

Vaipan korjausten osalta esimerkkikohteiksi valittiin kaksi eri asunto-osakeyhtiötä, joista ensimmäisessä valmistui julkisivuremontti 2018 ja toisessa kesällä 2020. Molemmissa kohteissa ikkunat on uusittu 2010-luvulla ja ikkunoiden U-arvo on noin 1,0.

Ensimmäisen kohteen vuoden 2019 ja 2020 kulutustiedoista nähdään energiankulutuksen säästöt verrattuna vuoteen 2017, eli tilanteeseen ennen

julkisivuremonttia. Taulukosta 4 nähdään, että näiden vuosien osalta energiankulutus on vähentynyt 8–13 %. Muutoksen keskiarvo on 4,2 kWh/rm<sup>3</sup>.

Toisen kohteen osalta todelliset säästöt näkyvät ensimmäisen kerran vasta 2021 vuoden osalta, joten tätä kohdetta ei voida ottaa mukaan vertailuun.

Taulukko 4. Julkisivuremonttikohteiden normeeratut energiankulutustiedot.

<b>KOHDE 1</b>					
Vuosi	2017	2018	2019	2020	
MWh	1073,1	1032,6	920,8	972,9	
kWh/rm <sup>3</sup>	38,51	37,42	33,37	35,26	
Muutos vuoteen 2017	0 %	-3 %	-13 %	-8 %	
			5,14	3,25	4,20 kWh/rm <sup>3</sup>
<b>KOHDE 2</b>					
MWh	1077,4	1057,1	1024,8	1006,3	
kWh/rm <sup>3</sup>	39,52	38,78	37,60	36,92	
Muutos vuoteen 2017	0 %	-2 %	-5 %	-7 %	

Koska ikkunoiden uusiminen on keskeinen osa julkisivuun liittyvissä remonteissa, otetaan se myös mukaan laskuriin. Taloyhtiön energiakirjassa on esimerkkejä asunkerrostalon korjauskonsepteista, ja siellä on saatu ulkoseinä- ja ikkunaremontin osalta taloyhtiön keskimääräiseksi energiansäästöksi 15 % (6, s. 158). Laskurissa energiansäästö lasketaan siis 15 %:n säästönä lämmitysenergiankulutuksesta.

Pelkän julkisivukorjauksen ja ikkunoiden uusimisen avulla taloyhtiön energiankulutus pienenee 330 MWh/v. Se tarkoittaa noin 31 000 euron säästöjä vuodessa energiankulutuksen osalta ja hiilipäästöjen pienenemistä 60 000 kgCO<sub>2</sub>e/v.

## 9.2 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmä suunnitellaan korvaamaan kaukolämpöjärjestelmä. Maalämpöjärjestelmäksi valitaan osatehomitoitus. Tehonpeitto on 75 %



mitoituslämpötilasta. Tehonpeitolla saavutetaan 97–99 %:n energian peittoaste. Järjestelmän on suunniteltu toimivan keskimäärin lämpökertoimella 3,0, kun lisäenergian käyttö sähkövastuksilla huomioidaan.

Siirryttäessä kaukolämmöstä maalämpöön energiankulutus ei pienene. Noin kolme neljäsosaa energiankulutuksesta katetaan maasta saatavalla ilmaisella, hiilivapaalla energialla. Jäljelle jäänyt osuus on sähköä, ja sen hinta ja hiilipäästöt riippuvat sähkön tuotantotavasta.

Esimerkkikohteen 2 200 MWh:n vuosienergiankulutuksesta sähkönkulutukseen jää 733 MWh. Perussähköllä sen hinta on noin 88 000 €/v ja hiilipäästöt 170 000 kgCO<sub>2</sub>e/v. Ekosähköllä hinta on kalliimpi, 123 000 €/v, mutta hiilipäästöt ei tällöin tule ollenkaan. Säästöä verrattuna nykytilanteeseen tulee perussähköllä 118 000 €/v ja ekosähköllä 83 000 €/v.

### 9.3 Poistoilman lämmöntalteenotto

Laskurissa valittiin poistoilmavirraksi ympäristöministeriön asetuksen mukaisen vähimmäisvaatimukset täyttävä ilmavirta, joka on 0,35 dm<sup>3</sup>/s asuineliötä kohti (18, s. 5). LTO-laitteen käyttöajaksi valittiin 7 000 h/v, lämpötilaksi ennen patteria 21 °C ja patterin jälkeen 5 °C. Pienemmällä lämpötilalla kasvaa riski patterin jäätymiseen.

Lämmöntalteenoton lämpökertoimeksi valittiin 3,35. Tämä perustuu taulukkoon 5, joka on opinnäytetyöstä, jossa CASE3 eli välimalli todetaanärkevimmäksi vaihtoehdoksi mitoittaa PILP. Tämä lämpökerroin saadaan laskemalla  $3,44 \cdot 0,8 + 3,0 \cdot 0,2 = 3,35$ . (21, s. 30).

Taulukko 5. Kolmen erilaisen PILP-järjestelmän mitoituksen vertailu (21, s. 30).

	CASE1: Maksimi teho	CASE2: Korkea COP	CASE3: Välimalli
Lämmitysenergiankulutus	463 MWh	463 MWh	463 MWh
PILP-järjestelmän tuotto patteriverkosto 70/40 °C	262 MWh	182 MWh	238 MWh
COP (patteriverkosto)	2,98	3,77	3,44
PILP:n sähkönkulutus	88 MWh	49 MWh	70 MWh
PILP:n osuus lämmityksestä	57 %	39 %	51 %
Käyttöveden energia (arvio)	75 MWh	75 MWh	75 MWh
PILP:n osuus lämpimästä käyttövedestä (arvio)	20 %	20 %	20 %
PILP:n COP, käyttövesi (arvio)	3,0	3,0	3,0
PILP:n tuotto lämminkäyttövesi	15 MWh	15 MWh	15 MWh
PILP:n sähkönkulutus käyttövesi	5 MWh	5 MWh	5 MWh
PILP:n investointikustannus (sis. ALV)	87 000 €	73 000 €	78 000 €
SÄÄSTÖ (sis. käyttövesi)	11 400 €	9 400 €	11 500 €
Suora takaisinmaksuaika	7,6 vuotta	7,8 vuotta	6,8 vuotta
Energianhinta	Lämpö 78 €/MWh, Sähkö 110 €/MWh		

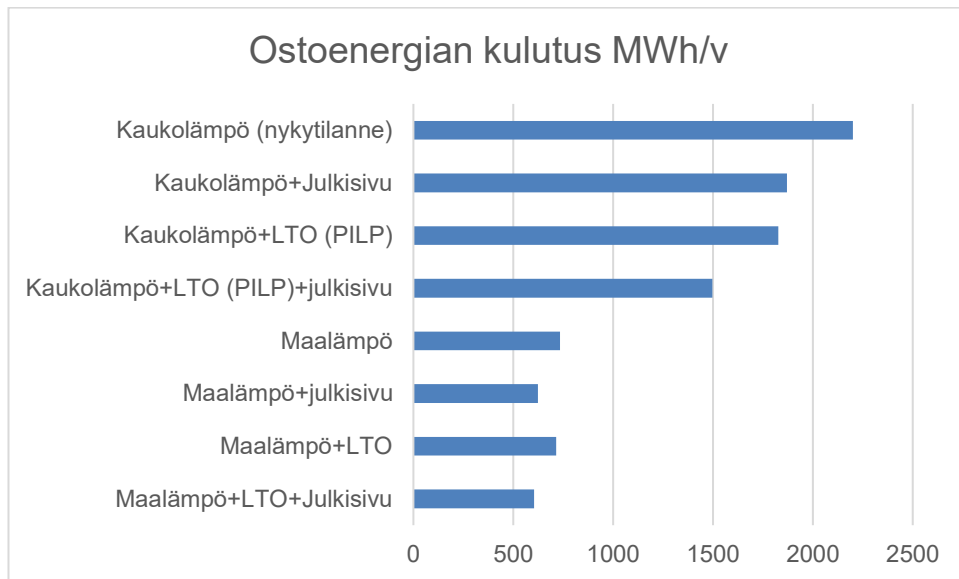
Näillä laskuperiaatteilla esimerkkikohteen poistoilmavirraksi saadaan 3,96 m<sup>3</sup>/s. Tästä laskettuna PILP:n tehoksi saadaan 76 kW, ja vuodessa se tuottaa energiaa 532 MWh. Kaukolämmön rinnalla se pienentää ostoenergiankulutusta 373 MWh, kustannuksia 66 000 € ja hiilipäästöjä 60 000 kgCO<sub>2e</sub> vuodessa.

#### 9.4 Päätelmät

Energiatehokkuustoimilla saadaan merkittäviä säästöjä ostoenergiankulutukseen, energiakustannuksiin ja energiankulutuksesta aiheutuviin hiilipäästöihin.

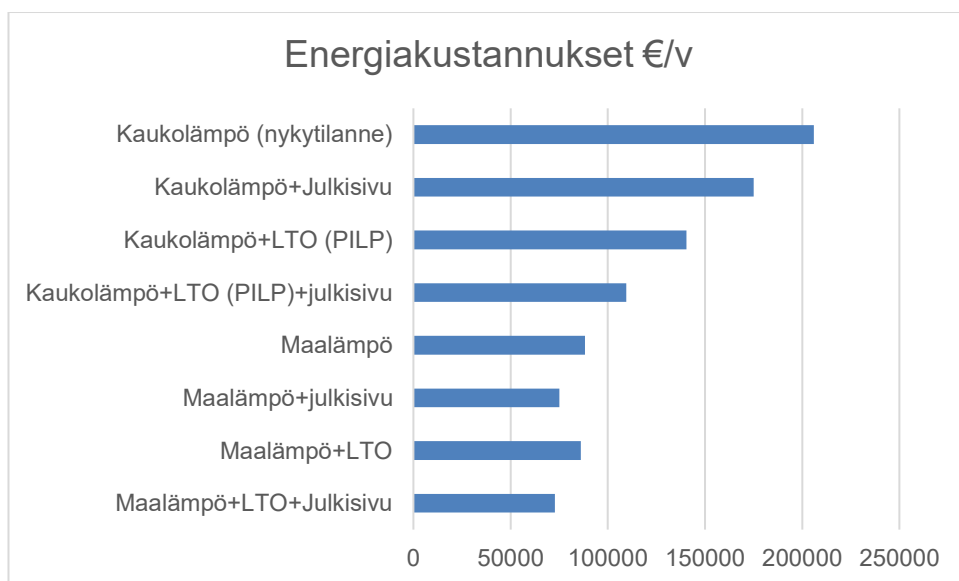
Ostoenergian kulutuksen osalta säästöt ovat parhaimmillaan 73 %. Tähän päästään, kun siirrytään maalämpöön, otetaan rinnalle LTO sekä tehdään

julkisivuremontti (kuva 9). Pienimmät säästöt, eli 15 %, tulevat pelkän julkisivuremontin osalta.



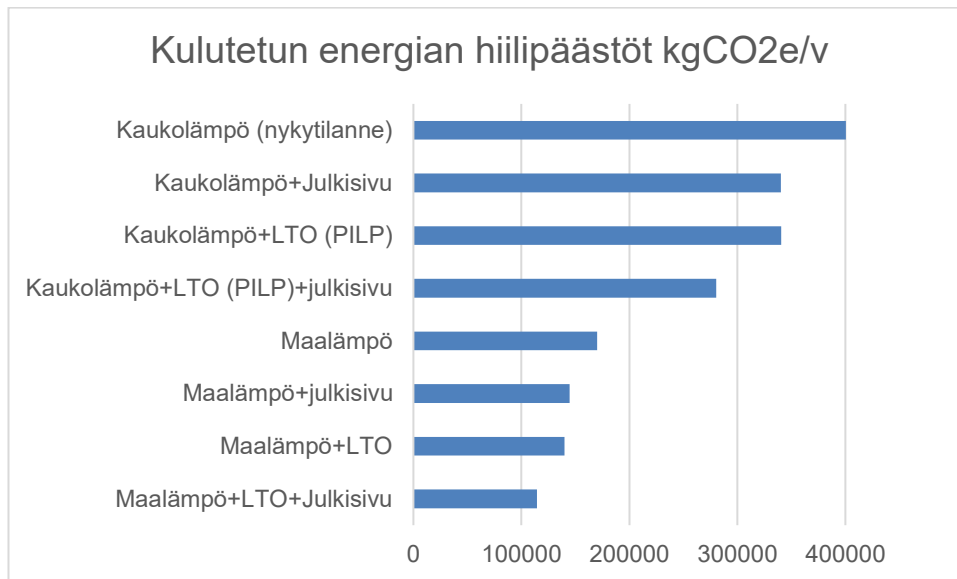
Kuva 9. Energiatehokkuustoimien vaikutus ostoenergian kulutukseen.

Energiakustannusten osalta maalämpöön siirtymisellä saadaan selkeästi suurimmat säästöt, jos verrataan sitä pelkkään lämmöntalteenottoon tai julkisivuremonttiin (kuva 10).



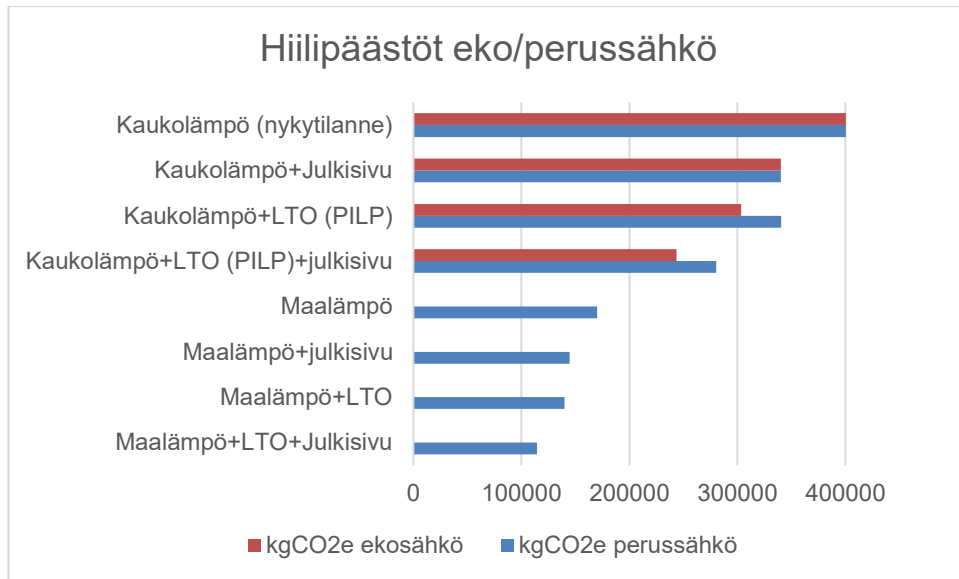
Kuva 10. Energiatehokkuustoimien vaikutus energiakustannuksiin.

Myös hiilipäästöjen osalta maalämpö tuottaa parhaat säästöt (kuva 11). PILP:n ja julkisivuremontin osalta säästöt ovat samaa luokkaa.

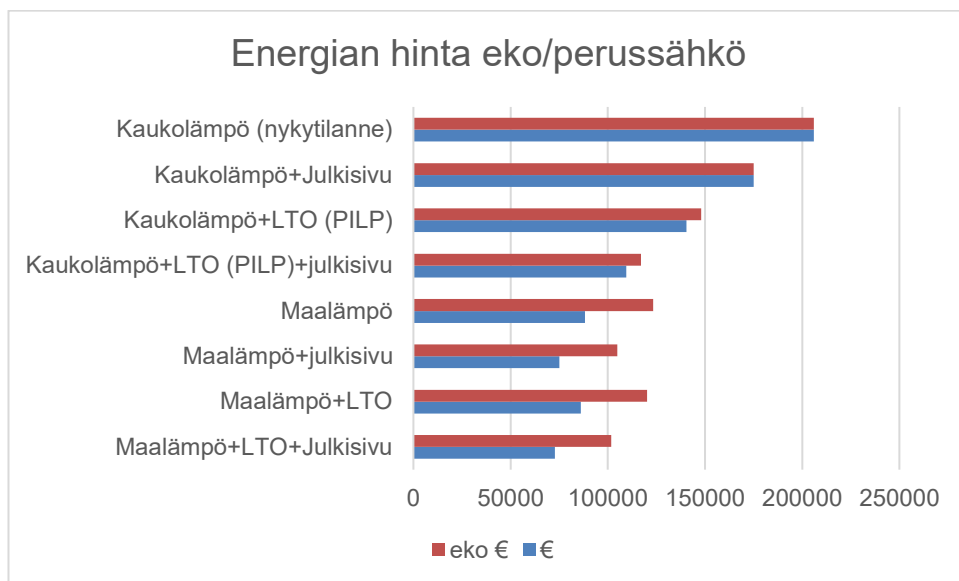


Kuva 11. Hiilipäästöjen määrä eri energiantuotantomenetelmillä.

Ottamalla käyttöön maalämpö ja ympäristösähkö (kuva 12) saadaan hiilipäästöt nolnaan. Rinnalle otettu LTO tai julkisivuremontti pienentävät energiankulutusta ja sitä kautta saadaan aikaan lisäsäästöjä ostoenergiakustannuksissa (kuva 13). LTO:n ja julkisivuremontin avulla säästöjä tulee myös maalämmön investointikustannuksissa, koska energiakaivoja tarvitaan vähemmän energiankulutuksen pienentyessä.



Kuva 12. Hiilipäästöjen vertailu ympäristö- ja perussähkön välillä.



Kuva 13. Energian hinnan vertailu ympäristö- ja perussähkön välillä.

## 10 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli kehittää yksinkertainen laskuri, jonka avulla saadaan esitettyä asunto-osakeyhtiöille eri energiatehokkuustoimien vaikutuksia yhtiön lämmitysenergiankulutukseen, niistä aiheutuviin kustannuksiin sekä hiilipäästöihin.

Laskuri-työkalun avulla saadaan selkeästi osoitettua eri toimien vaikutukset ja erot, eli työn tavoite saavutettiin tältä osin.

Laskelmat on tehty hyvin yleisellä tasolla, eikä niissä huomioida erilaisten rakennusten ja taloyhtiöiden ominaispiirteitä. Tulokset ovat siis suuntaa antavia, ja auttavat hahmottamaan energiatehokkuustoimien keskimääräisiä vaikutuksia 1960–1970-luvuilla rakennetuissa asuinkerrostaloissa.

Tuloksista käy ilmi, että siirtymällä kaukolämmöstä maalämpöön saadaan merkittävimmät säästöt kaikilla vertailun osa-alueilla, eli energian kulutuksessa, kustannuksissa ja hiilipäästöissä. Säästöjä saadaan lisättyä ottamalla rinnalle LTO ja tekemällä julkisivuremontti. Näiden avulla saadaan pienennettyä myös maalämmön investointikustannuksia, koska energiantarve pienenee ja energia-kaivoja tarvitaan vähemmän.

Tässä työssä ei oteta kantaa järjestelmien muutoksista johtuviin investointikustannuksiin ja niiden takaisinmaksuaikoihin, mitkä ovat tärkeä osa tehtäessä päätöksiä näin isoista remonteista. Järjestelmien uusimiseen, siinä käytettyjen materiaalien ja remontin tekemiseen liittyvien hiilipäästöjen selvittäminen olisi kiinnostava jatkotutkimuksen aihe.

On tärkeää lisätä ihmisten tietoisuutta omien valintojensa vaikutuksista hiilipäästöihin, jotta ilmaston lämpenemistä voidaan ehkäistä kaikin mahdollisin keinoin. Tästä työstä saa hyvän käsityksen rakennusten lämmittämisestä aiheutuvista hiilipäästöistä, mikä on merkittävin osa asumisen päästöistä. Taloyhtiön lämmitysenergiankulutuksen hiilijalanjälki saadaan nollaan käyttämällä ympäristösähköä maalämmön rinnalla, mikä on merkittävä tieto pyrittäessä kohti hiili-neutraalia yhteiskuntaa.

## Lähteet

- 1 Kivisaari, Visa. 2020. Ilmastoviisaat palvelut taloyhtiöissä. Markkinaselvitys. Green Building Council Finland.
- 2 Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. 2020. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia>>. Luettu 1.9.2021.
- 3 Vähäaho, Ilkka ym. 2020. Maalämpökaivot Helsingissä. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2020:8. Helsingin kaupunki.
- 4 Lämpöä omasta maasta. 2020. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.sulpu.fi/wp-content/uploads/2021/05/Motiva-Lampoa\\_omasta\\_maasta-1.pdf](https://www.sulpu.fi/wp-content/uploads/2021/05/Motiva-Lampoa_omasta_maasta-1.pdf)>. Luettu 3.9.2021.
- 5 Maalämpöpumput. 2018. LVI11-10624. Rakennustieto.
- 6 Pylsy, Petri; Virta, Jari. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki. Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- 7 Juvonen, Janne; Lapinlampi, Toivo. 2013. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristö-opas 2013. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 8 Poistoilman lämmön talteenotto-opas. Verkkoaineisto. Tom Allen Serena Oy. <[https://www.tomallensenera.fi/lammon-talteenotto?gclid=EAlaIQobChMI1sHNm\\_Wo6QIVw4ayCh27oAh2EAAYAiAAEgJhRvD\\_BwE](https://www.tomallensenera.fi/lammon-talteenotto?gclid=EAlaIQobChMI1sHNm_Wo6QIVw4ayCh27oAh2EAAYAiAAEgJhRvD_BwE)>. Luettu 10.9.2021.
- 9 Holopainen, Riikka; Hekkanen, Martti; Hemmilä, Kari; Norvasuo, Markku. 2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. VTT Tiedotteita 2377. Verkkoaineisto. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>> Luettu 17.9.2021.
- 10 Ojanen, Tuomo; Nykänen, Esa; Hemmilä, Kari. 2017. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Opas. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus. <[https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/opaat-ohjeet/rek\\_27042017.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/opaat-ohjeet/rek_27042017.pdf)>. Luettu 17.9.2021.

- 11 Energian ominaispäästöt. 2020. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot>>. Luettu 22.9.2021.
- 12 Energiatehokkuus. 2018. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmityshontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 13 Kaukolämmön hintagraafit. 2021. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <[https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon\\_hintagraafit.html#material-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon_hintagraafit.html#material-view)>. Luettu 11.10.2021.
- 14 Julkisivun uudelleenverhous. 1996. RT82-10614. Rakennustieto.
- 15 Lämpöpumppujen hankintaopas – kunnat ja taloyhtiöt. 2018. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen\\_hankintaopas\\_kunnat\\_ja\\_taloyhtiot.pdf](https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf)>. Luettu 29.10.2021.
- 16 Matalalämpöradiaattorit. 2021. Verkkoaineisto. Purmo Oy. <<https://www.purmo.com/fi/tuotteet/vesikiertoiset-radiaattorit/paneeliradiaattorit/belize-e2.htm>>. Luettu 29.10.2021.
- 17 Poistoilmalämpöpumppu (PILP) kaukolämpötaloon: ohjeet suunnittelijalle. 2017. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <[https://energia.fi/files/1977/Poistoilmalampopumppu\\_kaukolampotaloon\\_ohjeet\\_suunnittelijalle.pdf](https://energia.fi/files/1977/Poistoilmalampopumppu_kaukolampotaloon_ohjeet_suunnittelijalle.pdf)>. Luettu 22.9.2021.
- 18 Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen. 2019. Finvac ry. Verkkoaineisto. <[https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen\\_2019-C28A5C3D\\_0A1B\\_4504\\_98BB\\_14D9C1820FE9-144725.pdf/338c293d-f4b5-514b-d6d9-1ddc0dc225f0/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen\\_2019-C28A5C3D\\_0A1B\\_4504\\_98BB\\_14D9C1820FE9-144725.pdf?t=1603260100069](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf/338c293d-f4b5-514b-d6d9-1ddc0dc225f0/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf?t=1603260100069)>. Luettu 30.9.2021.
- 19 Ikkunoiden vaihto tuo mukavuutta asumiseen. 2016. Korjaustieto. Verkkoaineisto. Ympäristöhallinto. <[https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/taloyhtiot/korjaushankkeet/Rakennuksen\\_muut\\_osat/Ikkunoiden\\_vaihto](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/taloyhtiot/korjaushankkeet/Rakennuksen_muut_osat/Ikkunoiden_vaihto)>. Luettu 15.11.2021.
- 20 Asuntoyhtiön ikkunoiden uusiminen. 2004. KH 92-00342. Rakennustieto.
- 21 Keinänen, Mikko. 2016. Poistoilmalämpöpumppu asuinkerrostaloissa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.



# Kaukolämmön hinta 1.7.2021 (13).

17.9.2021, päivitetty 21.9.2021

Energiateollisuus ry  
**Kaukolämmön hinta 1.7.2021**

Kaukolämmön energia- ja tehomaksut; uudet asuinrakennukset - tyyppirakennukset

Hinnat sisältävät kaikki kaukolämpöomaksuun sisältyvät verot. Huomi! Kaushinnointilajien tuotteiden energiamaksu on tässä taulukossa laskemallinen vuositasoitettu arvo (Kts. tarkemmin välilehdet: Lue minuutit ja Kaushinnointilasto)

	Rakennuksen kaukolämpöteho (tunnin huipputeho), kW Vuotuinen kaukolämmön käyttö, MWh	1 asuinonimäköttälä 10 kW 18 MWh			15 asuinonimäköttälä 70 kW 150 MWh			80 asuinonimäköttälä 230 kW 600 MWh						
		Energiamaksu €/MWh	Tehomaksu €/MWh	Kokonaishinta (energia+tehomaksu) €/kk/asunto	Energiamaksu €/MWh	Tehomaksu €/MWh	Kokonaishinta (energia+tehomaksu) €/kk/asunto	Energiamaksu €/MWh	Tehomaksu €/MWh	Kokonaishinta (energia+tehomaksu) €/kk/asunto				
											energiamaksun kaushinnointilä			
015	Etelä-Savon Energia Oy, Mikkilä	x	63,61	27,56	91,17	137	63,61	14,36	77,97	65	63,61	11,50	75,11	47
148.26	Fortum Power and Heat Oy, Espoo	x	65,70	30,27	95,97	144	64,21	30,17	94,38	79	64,21	23,31	87,52	55
148.27	Fortum Power and Heat Oy, Kaunainen	x	65,70	30,27	95,97	144	64,21	30,17	94,38	79	64,21	23,31	87,52	55
148.28	Fortum Power and Heat Oy, Kirkkonummi	x	65,70	30,27	95,97	144	64,21	30,17	94,38	79	64,21	23,31	87,52	55
137	Haapajärven Lämpö Oy, Haapajärvi		47,47	14,71	62,18	93	47,47	7,88	55,35	46	47,47	5,32	52,79	33
169	Haminan Energia Oy, Hamina		72,54	19,26	91,80	138	72,54	10,30	82,84	69	72,54	7,36	79,90	50
005	Helen Oy, Helsinki	x	76,70	40,83	117,53	176	76,70	21,92	98,62	82	76,70	16,91	93,61	59
080.02	Herrfors Oy, Ab, Alavieska		75,76	19,14	94,90	142	75,76	9,89	85,65	71	75,76	6,68	82,44	52
080.03	Herrfors Oy, Ab, Pietarsaari		60,76	21,44	82,20	123	60,76	11,53	72,29	60	60,76	7,57	68,33	43
080.01	Herrfors Oy, Ab, Ylivieska		65,60	19,14	84,74	127	65,60	9,89	75,49	63	65,60	6,68	72,28	45
032	Hyvinkään Lämpövoima Oy, Hyvinkää		61,67	19,94	81,61	122	61,67	11,88	73,55	61	61,67	9,23	70,90	44
011	Imatran Lämpö Oy, Imatra		67,15	13,23	80,38	121	67,15	8,46	75,61	63	67,15	6,09	73,24	46
162.01	Inergia Lämpö Oy, Inari		71,30	33,33	104,63	157	71,30	23,50	94,80	79	71,30	15,06	86,36	54
162.02	Inergia Lämpö Oy, Ivalo		65,10	33,33	98,43	148	65,10	19,60	84,70	71	65,10	15,06	80,16	50
162.03	Inergia Lämpö Oy, Saariselkä		71,30	33,33	104,63	157	71,30	23,50	94,80	79	71,30	15,06	86,36	54
170	Juuan Kaukolämpö Oy, Juuka		60,83	15,50	76,33	114	60,83	9,89	70,72	59	60,83	7,02	67,85	42
067	Jämsän Aluelämpö Oy, Jämsä		56,09	17,91	74,00	111	56,09	16,70	72,79	61	56,09	10,62	66,71	42
190.02	Kälajoen Lämpö Oy, Hiekkasärkät		64,48	19,98	84,46	127	64,48	14,07	78,55	65	64,48	9,51	73,99	46
190.03	Kälajoen Lämpö Oy, Himanka		64,48	19,98	84,46	127	64,48	14,07	78,55	65	64,48	9,51	73,99	46
190.01	Kälajoen Lämpö Oy, Keskiusta		62,00	19,98	81,98	123	62,00	14,07	76,07	63	62,00	9,51	71,51	45
110	Kangasalan Lämpö Oy, Kangasala		70,68	29,36	100,04	150	70,68	15,70	86,38	72	70,68	11,21	81,89	51
075	Kannuksen Kaukolämpö Oy, Kannus		61,50	11,37	72,87	109	61,50	10,05	71,55	60	61,50	6,79	68,29	43
180	Karvian Lämpö Oy, Karvia		69,39	19,21	88,60	133	69,39	9,51	78,90	66	69,39	6,41	75,80	47
099	Kauhajoen Lämpövoima Oy, Kauhajoki		69,66	15,68	85,34	128	69,66	8,39	78,05	65	69,66	5,99	75,65	47
117.02	Kauhavan Kaukolämpö Oy, Alahärmä		66,79	14,22	81,01	122	66,79	15,78	82,57	69	66,79	11,40	78,19	49
117.01	Kauhavan Kaukolämpö Oy, Kauhava		66,79	14,22	81,01	122	66,79	15,78	82,57	69	66,79	11,40	78,19	49