



Mikko Lindberg

Energiaremontit linjasaneerauksen yhteydessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.1.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Mikko Lindberg
Otsikko: Energiaremontit linjasaneerauksen yhteydessä
Sivumäärä: 33 sivua
Aika: 8.1.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikka
Ammatillinen pääaine: LVI-suunnittelu
Ohjaajat: Toimitusjohtaja Juha Peteri
Lehtori Pasi Partonen

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä energiaremontteja taloyhtiöiden olisi kannattavaa tehdä linjasaneeraushankkeen yhteydessä. Taloyhtiöiden energiaremontit ovat lisääntymässä Suomessa ja kohonneet energianhinnat lisäävät jatkuvasti erilaisten lämmöntuotantotapojen kysyntää. Kasvaneiden energianhintojen takia taloyhtiöt haluavat selvittää, mitä energiansäästötoimenpiteitä heidän olisi mahdollista tehdä nykyisille järjestelmille. Kannattaako kiinteistöön tehdä lämmöntuottotavan muutos, sekä mahdollinen taloyhtiön itse tuottama energia.

Opinnäytetyö on tehty insinööritoimisto Aavat Oy:lle, jonka palveluihin kuuluvat LVIA-suunnittelu, rakennesuunnittelu, sähkösuunnittelu, energia- ja olosuhdehallinta, sekä projektinjohto ja valvonta. Opinnäytetyössäni hyödynnettiin tietoja yrityksen aiemmin tehdyistä projekteista.

Opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti taloyhtiöiden taloudellisesta tilanteesta sekä hoitokulujen kasvupaineesta tulevaisuudessa. Opinnäytetyö on tehty LVI-suunnittelijan näkökulmasta, joten työssä keskityttiin enemmän erilaisiin lämmöntuotantotapoihin, sekä olemassa olevien järjestelmien optimointiin. Jokaisella saneerattavalla kiinteistöllä on erilaiset korjaustarpeet, eivätkä kaikki järjestelmät ole kaikissa kohteissa toteuttamiskelpoisia.

Insinöörityössä tehdyn selvityksen perusteella suunnittelijoiden on tärkeä tiedostaa, mitä energiaparannuksia hankkeissa on järkevä suorittaa linjasaneerauksen yhteydessä. Näin osataan laskea tarkemmin hankkeen kokonaiskustannukset, sekä mahdollisten avustuksien määrä.

Avainsanat: energiaremontti, linjasaneeraus, LVI-suunnittelu, lämpöpumppu, ilmanvaihto

Abstract

Author: Mikko Lindberg
Title: Energy Renovations during Pipe Line Renovations Project
Number of Pages: 33 pages
Date: 8 January 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering.
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Juha Peteri CEO
Pasi Partonen Senior Lecturer

The aim of the Bachelor's thesis was to find out which energy renovations would be profitable for housing companies to carry out during pipe line renovation projects. as well as which energy renovation measures would be beneficial for housing companies together with pipe line renovation projects.

The thesis briefly described the financial situation of housing companies on the basis of external surveys. All in all the thesis was made from the point of view of a HVAC designer, so it focused more on different ways of heat production, like heat pumps and heat recovery systems in combination with heat pumps. The thesis also discussed how to optimize existing systems, such as balancing the existing heating system.

The final year project found that housing companies should carry out energy renovations in connection with pipe line renovation projects. Projects implemented together have the potential to save money and make the system work better and more energy efficient.

Keywords: energy renovations, pipe renovation project, HVAC design, heat pump, ventilation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taloyhtiöt Suomessa	1
3	Linjasaneeraus	2
3.1	Hankkeen suunnittelu	2
4	Lämmitysverkoston perussäätö	3
5	Energiaremontit	5
5.1	Lämmöntuottojärjestelmien uusiminen	6
5.1.1	Kaukolämpö	8
5.1.2	Maalämpö	10
5.1.3	Ilma-vesilämpöpumppu	12
5.1.4	Jäteveden lämmöntalteenotto	13
5.2	Ilmanvaihtojärjestelmät	16
5.2.1	Poistoilman lämmöntalteenotto	17
5.2.2	Tarpeenmukainen ilmanvaihto	20
5.3	Aurinkosähköjärjestelmät	24
6	ARA-tuki	24
7	Energiaremonttien kannattavuuslaskelmat	27
7.1	Elinkaarilaskenta 1	28
7.2	Elinkaarilaskenta 2	29
7.3	Elinkaarilaskenta 3	31
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Lyhenteet ja käsitteet

ARA-tuki: Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen myöntämä energia-avustus taloyhtiöille.

SPF-luku: *Seasonal Performance Factor*. Lämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin, lämpöpumpulla tuotetun energian ja lämpöpumpun, sekä apulaitteiden käyttämän energiansuhde.

PILP: Poistoilmalämpöpumppu kerää lämpöenergiaa kiinteistön poistoilmavaihdosta ja käyttää sitä uudestaan kiinteistön lämmitykseen.

Monoblock: Lämpöpumppu, jossa kaikki lämpöpumpputekniikka on sijoitettu ulkoyksikköön.

Split: Lämpöpumpun tekniikka on jaettu kahteen yksikköön, joiden välillä kiertää kylmäaine.

Ecowec-Hybridivaihdin:

Ecowec Oy:n kehittämä lämmönvaihdin, joka on mahdollista liittää kiinteistön viemäriverkkoon.

Heatex-lämmöntalteenottoakaivo:

Heatex Oy:n kehittämä lämmöntalteenotolla varustettu lattiakaivo.

Huippuimuri: Kiinteistön poistoilma puhallin, joka sijaitsee yleensä talon katolla.

EC-puhallin: *Electronically Commutated*, Pienjännitteellä ohjattava puhallin.

Senser™: Entos Oy:n Älykäs ilmanvaihdon ohjausjärjestelmä.

Myair: Climecon Oy:n älykäs ilmanvaihtojärjestelmä.

1 Johdanto

Taloyhtiöiden kiinnostus energiaremontteja kohtaan on kasvanut viime vuosina kasvaneiden energiahintojen vuoksi. Euroopan parlamentin esittämä energiatehokkuusdirektiivi vaatii parannuksia energiatehokkuudeltaan heikkoihin asuinrakennuksiin.

Linjasaneerauksen yhteydessä tehdyllä energiaremontilla on mahdollista säästää aikaa ja rahaa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, mitä energiaremontteja olisi kannattavaa tehdä linjasaneerauksen yhteydessä. Tutkimuksen perusteella on tavoitteena saada selkeä kokonaiskäsitys siitä, mitkä energiaremontit ovat kannattavia toteuttaa linjasaneerauksen yhteydessä.

Insinööriyö on tehty Insinööritoimisto Aavat Oy:lle selkeyttämään sitä, mitä energiaremontteja taloyhtiöiden kannattaisi tehdä samalla, kun taloyhtiössä on käynnissä linjasaneeraus. Insinööritoimisto Aavat on talotekniikan suunnittelu- ja konsultointiyritys, joka on perustettu vuonna 2014 ja työllistää tällä hetkellä 23 työntekijää.

Insinööriyössä tarkastellaan erilaisten energiaremonttien kuten lämpöpumppujärjestelmien kannattavuutta saneerauskohteissa sekä niille vaadittavia tilavaroja ja reitityksiä. Insinööriyössä hyödynnetään insinööriyön tekijän omaa kokemusta Insinööritoimisto Aavat Oy:ssä.

2 Taloyhtiöt Suomessa

Suomessa on tällä hetkellä noin 90 000 asunto-osakeyhtiötä. Useimpien taloyhtiöiden taloustilanne on tällä hetkellä vakaa. Noin viidennes taloyhtiöstä on kuitenkin huolissaan hoitokulujen noususta ja pelkää sen vaikuttavan taloyhtiön maksukykyyn tulevaisuudessa. [1.]

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2021 taloyhtiön hoitokuluista 22 % käytettiin lämmitykseen ja 21 % korjauksiin. Hoitokulujen kasvupainetta on taloyhtiöillä ympäri Suomen. Arvioiden mukaan keskimääräinen hoitovastikkeen nousu taloyhtiöissä olisi noin kahdeksan prosentin luokkaa. Isommissa kaupungeissa voidaan päästä lähelle kymmentäkin prosenttia. [1.]

Taloyhtiöiden lainan saanti on heikentynyt viime vuosina. Muuttotappiopaikkakunnilla taloyhtiöiden on hankalaa saada suuria lainoja, koska kiinteistön arvolla pitäisi pystyä takaamaan taloyhtiön laina. [2.]

3 Linjasaneeraus

Linjasaneeraus on usein taloyhtiöiden suurin investointi. Tästä syystä monet taloyhtiöt pitkittävätkin putkiremonttia liian pitkään. Taloyhtiöille kertyy usein ylimääräisiä kuluja vuotavien putkien korjauksista, sekä niiden aiheuttamista vesivahingoista.

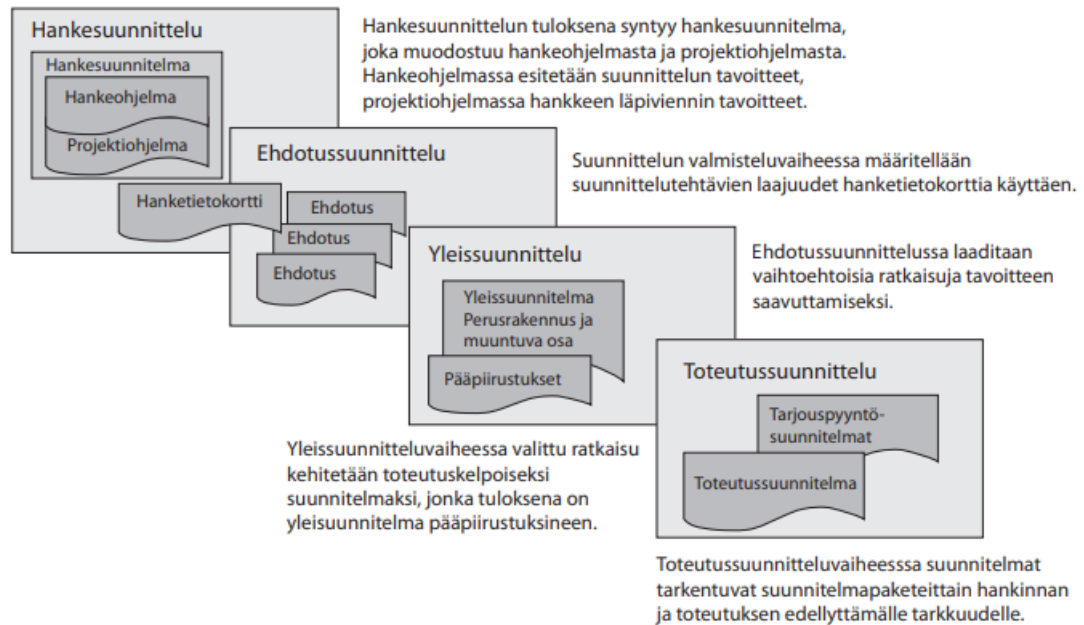
3.1 Hankkeen suunnittelu

Linjasaneerauksen suunnittelu alkaa hankesuunnitteluvaiheella. Hankesuunnittelussa perehdytään toteuttamiskelpoisiin ratkaisuihin, kun toteuttamiskelpoiset ratkaisut on listattu. Ratkaisuista laaditaan esityslista, johon on listattu jokaisen toteutustavan hyvät ja huonot puolet sekä alustavat hinta-arviot kullekin toteutustavalle. [3.]

Taloyhtiöiden halukkuus mahdollisiin energiaremontteihin tulee selvittää tässä vaiheessa, jotta ne saadaan heti alusta lähtien mukaan hankkeen suunnitteluun. Näin vältetään mahdollisilta suunnitteluvirheiltä sekä mahdollisilta yllättäviltä kustannuksien nousuilta. [3.]

Hankesuunnittelun jälkeen taloyhtiön hallitus valitsee projektipäällikön ja suunnittelijan avustuksella ratkaisun, joka palvelee parhaiten taloyhtiön tarpeita. Toteutussuunnitteluvaihe käynnistyy näiden vaiheiden jälkeen. Toteutussuunnitte-

lun tavoitteena on laatia suunnitelmat, joiden laatutaso ja kattavuus ovat sillä tasolla, että urakoitsija pystyy niiden avulla toteuttamaan halutun järjestelmän. Järjestelmän tulee vastata suunnitelmien mukaisia kannattavuus-, kustannus ja elinkaarilaskelmia. [3.] Suunnittelun eri vaiheet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Suunnittelun vaiheet [4, s. 3].

4 Lämmitysverkoston perussäätö

Kiinteistöissä on useita lämmönjakotapoja, kuten patterilämmitys, lattialämmitys ja kattolämmitys. Yleisin kerrostaloissa käytetty lämmönjakotapa on patterilämmitys. Uudemmissa kerrostaloissa myös lattialämmitysratkaisut ovat tulleet yleiseksi järjestelmäksi. Tässä opinnäytetyössä perehdytään yleisimmin kerrostaloissa käytössä oleviin lämmitysjärjestelmiin sekä niiden energiatehokkuuden parantamiseen.

Lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa säädellään erillisellä säätimellä.

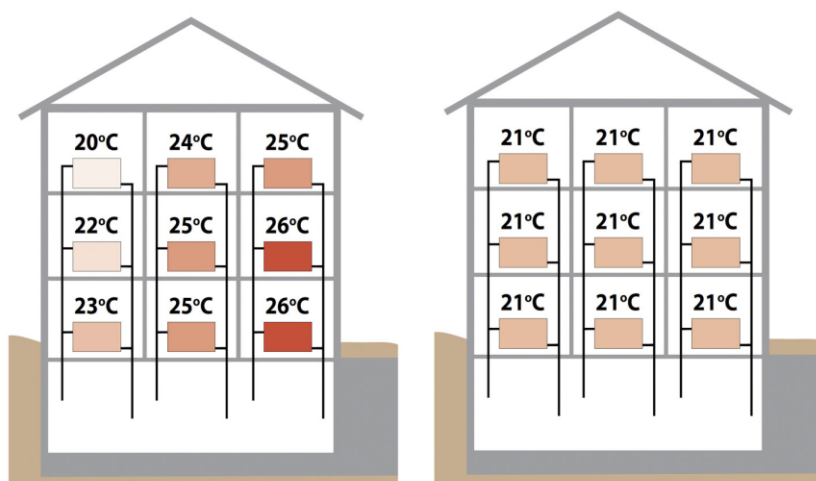
Lämmönsäädin nostaa lämmitysverkoston lämpötilaa ulkolämpötilan mukaan.

Lämmitysverkoston huonekohtainen säätö tehdään joko patteriventtiin termos-

taatilla tai lattialämmityksen jakotukissa sijaitsevalla toimilaitteella, joka mittaa joko huoneen, lattian, tai molempien lämpötilaa. [5.]

Patterilämmitys on perinteinen ja parhain tunnettu tapa toteuttaa lämmönjako huoneistoihin. Nykyään patteriverkostot toteutetaan kaksiputkijärjestelmänä, jossa meno- ja paluulämpöjohtoille on omat putkistonsa. Suurin osa saneerattavista kerrostaloistakin on toteutettu kaksiputkijärjestelmällä. [5.]

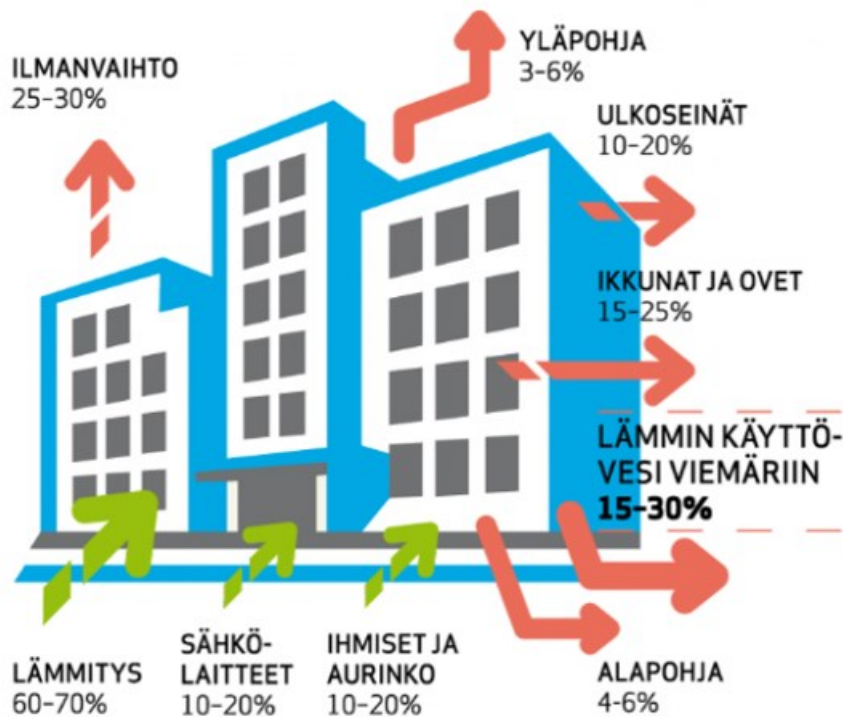
Vanhoissa patteriverkostoissa on yleensä suuri energiansäästöpotentialiaali johtuen patteriverkoston epätasapainosta, joka saattaa johtaa osan huoneistojen yllilämpenemiseen, sekä osan huoneistojen viilenemiseen. Patteriverkoston perussäätö onkin yleensä oikein suunniteltuna ja toteutettuna erittäin kustannustehokas energiansäästötoimenpide. Patteriverkoston perussäädöllä voidaan saavuttaa jopa 15 %:n säästö energiankulutuksessa. Perussäädöllä on tarkoitus saavuttaa jokaisessa huoneistoissa samansuuruinen lämpöhäviön ja lämpötehon suhde. Tämän jälkeen kiinteistössä on yleensä mahdollista pudottaa lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa. Asuinhuoneiston lämpötilaa pudottamalla yhdellä asteella on mahdollista saavuttaa 5 %:n säästö energiankulutuksessa. Kuvassa 2 on havainnollistettu tilanne ennen lämmitysjärjestelmän tasapainotusta ja jälkeen tasapainotuksen. [6.]



Kuva 2. Tilanne ennen ja jälkeen lämmitysverkoston tasapainotuksen [7, s. 109].

5 Energiaremontit

Korjausrakentamisessa täytyy huomioida, että jokaisella kohteella on yksilölliset tarpeet ja että kaikki energiaremontit eivät välttämättä ole toteuttamiskelpoisia tai investoinneiltaan kannattavia jossakin tietyssä kohteessa. Taloyhtiöiden tulisi tilata energiaselvitys, jossa otetaan huomioon kohteen erityispiirteet. Energiaremonttien hinnat voivat vaihdella merkittävästi kohteen vaativuuden mukaan. Hankkeen onnistumisen kannalta olisikin tärkeää, että hankkeen alusta lähtien mukana olisi ammattitaitoinen suunnittelija. Kuvassa 3 on esitetty asuinkerrostalon lämpötase.



Kuva 3. Asuinkerrostalon lämpötase [8].

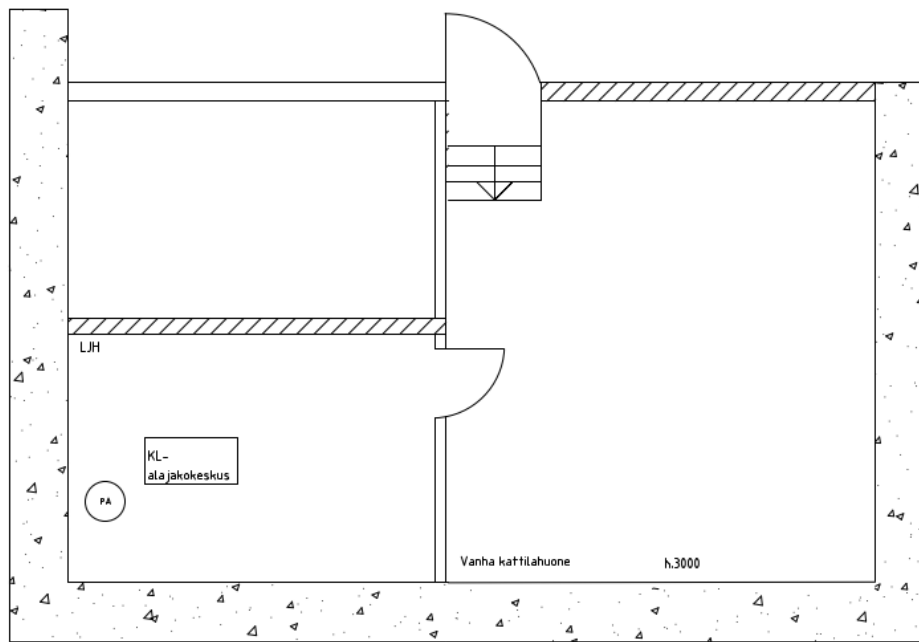
Rakennuksiin tulevia ja poistuvia lämpövirtoja kutsutaan lämpötaseeksi. Suurimmat lämpöhäviöt asuinrakennuksissa aiheuttavat poistoilmanvaihto ja viemäriin valuva lämmin käyttövesi.

5.1 Lämmöntuottojärjestelmien uusiminen

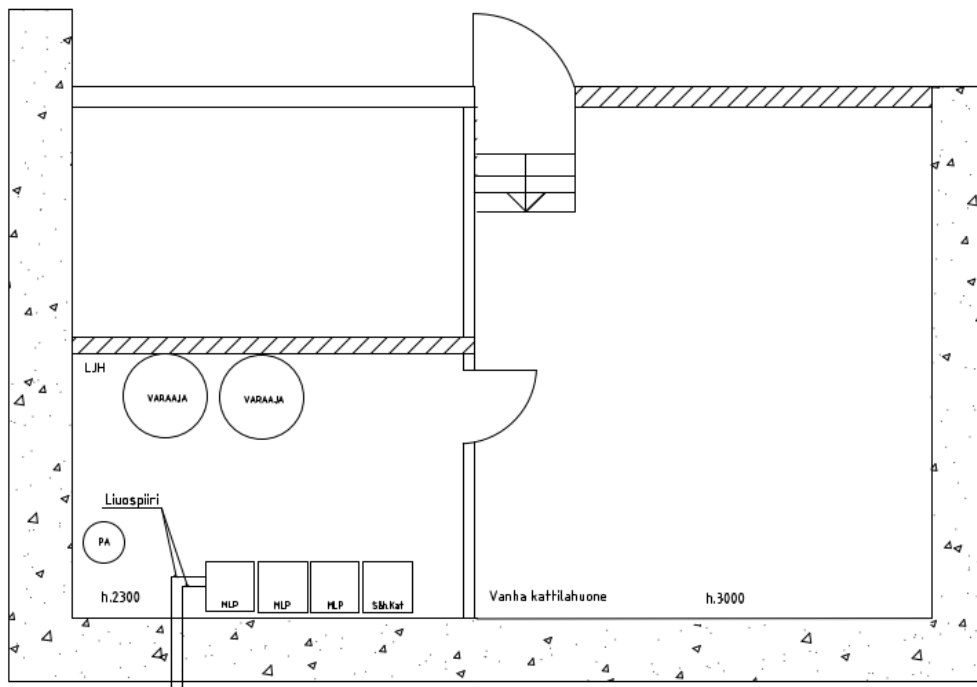
Kiinteistöjen lämmöntuotto tapahtuu yleensä kiinteistössä sijaitsevassa lämmönjakohuoneessa. Lämmönjakohuoneessa on kiinteistön lämmityslaitteisto, joka tuottaa kiinteistön lämmön, sekä lämpimän käyttöveden.

Lämmöntuotantotavan muutoksessa on tärkeää huomioida lämmityslaitteiston vaatima tilantarve, sillä esimerkiksi maalämpöjärjestelmän laitteisto vaatii huomattavasti enemmän tilaa, kuin kaukolämpölaitteisto. 1950-luvulle saakka kerrostalojen lämmitys toteutettiin usein hiililämmityksellä. Hiililämmityksen kattilat olivat suuria, ja hiilen varastointi vaati tilaa. Tämän ikäluokan kerrostaloissa onkin yleensä paljon tilaa käytettävissä lämmityslaitteiston tarpeisiin. Vastaavasti 1970-luvulta eteenpäin on valtaosassa kerrostaloja ollut käytössä kaukolämpö, jonka laitteiston tilantarve on huomattavasti pienempi verrattuna nykyään suosiossa oleviin lämpöpumppujärjestelmiin. [9, s.27.]

Kuvassa 4 on esitetty erään 1950-luvulla valmistuneen kerrostalon tämän hetkinen lämmitysjärjestelmä, joka on sijoitettu kiinteistön alkuperäiseen hiilivarastoon. Kuvassa 5 on kyseiseen kerrostaloon tehty tilaluonnostelu maalämpöjärjestelmästä. Lämpöpumppujärjestelmiä olisi ollut mahdollista sijoitella alkuperäisen kattilahuoneen puolelle, mikäli nykyinen tila ei olisi ollut riittävä. Alustavan mitoituksen mukaan energiauudistuksen jälkeen tarvitaan 3 lämpöpumppua. Lisäksi järjestelmään asennetaan sähkökattila turvaamaan huipputehon tarpeen ajankohdat. Lämmitykselle ja käyttövedelle on molemmille omat varaajansa.



Kuva 4. 1950-luvulla valmistuneen kerrostalon tilaluonnostelu kaukolämpölaitteistolla.



Kuva 5. 1950-luvulla valmistuneen kerrostalon tilaluonnostelu maalämpölaitteistolla.

5.1.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on yleisin lämmöntuottotapa kerrostaloissa. Kaukolämpö tuli Suomeen 1950-luvulla, ensiksi Helsinkiin. Nopeasti tämän jälkeen kaukolämpö levisi muihinkin Suomen suuriin kaupunkeihin. [9, s. 27.]

Kaukolämmön lämmöntuotto tapahtuu voimalaitoksissa ja erillisissä lämpöpumppulaitoksissa. Kaukolämpötoimittajat kehittävät ja investoivat jatkuvasti voimalaitoksiin. Esimerkiksi Fortumin Suomenojan CHP-voimalaitos on ollut käytössä vuodesta 1977. Fortumin tavoitteena on luopua kokonaan kivihiilen käytöstä Suomenojan voimalaitoksessa. Voimalaitosta onkin kehitetty jatkuvasti, ja lämpölaitokseen on rakennettu esimerkiksi 60 megawatin lämpöpumppulaitos, joka kerää lämpöenergian jätevedestä. Lämpöpumpulla pystytään kattamaan neljännes Suomenojan kaukolämpöverkon energiatarpeesta. Suomenojalta löytyy myös 20 000 m³:n vesisäiliö, johon voidaan varata 800 MWh lämpöenergiaa veteen. Lisäksi rakenteilla on 100 MWh:n sähkökattilalaitos, jolla ladataan lämpöenergiaa vesisäiliöön sähkön hinnan ollessa alhainen. [10.]

Lämpölaitoksista lämpö toimitetaan asiakkaille kaukolämpöverkosta pitkin kiinteistöjen lämmönjakohuoneeseen. Lämmönjakohuoneessa sijaitsee kaukolämmön alajakokeskus, joka siirtää lämpöenergiaa kaukolämpövedestä kiinteistön lämmitysverkostoon ja lämpimään käyttöveteen lämmönsiirtimien avulla. Kaukolämpöveden virtaamaa säädellään säätöventtiileillä, jotka mittaavat toisiopuolen verkostojen lämpötilaa. [11.]

Kaukolämmön alajakokeskus on yleensä valmiiksi tehtaalla suunnitelmien mukaan rakennettu paketti, joka sisältää käyttöveden ja lämmityksen lämmönsiirtimet, pumput, säätöventtiilit, sekä näiden ohjaamiseen tarvittavat mittausanturit ja ohjainlaitteet. Alajakokeskus on mahdollista saada myös räätälöitynä kohteen erityisvaatimusten mukaan esimerkiksi pienemmissä osissa, mikäli kiinteistön haalausreitit ovat liian ahtaat uuden alajakokeskuksen siirtämiseen. [12.]

Nykyään uusittavat kaukolämmön alajakokeskukset suunnitellaan toimimaan matalalämpöisessä kaukolämpöverkostossa, mikä parantaa kaukolämmön tuotannossa käytettyjen lämpöpumppujen hyötysuhdetta. [13.]

Kaukolämmön alajakokeskusten tekninen käyttöikä on noin 20–25 vuotta. Teknisen käyttöiän loppua lähenevien kaukolämpöpakettien yksittäisten komponenttien vaihto ei ole järkevää. Kannattavampaa on investoida uuteen kaukolämpöpakettiin, joka on toimintavarma ja parantaa asumismukavuutta. [14.] Kuvassa 6 on esitetty kerrostalon kaukolämpöpaketti.

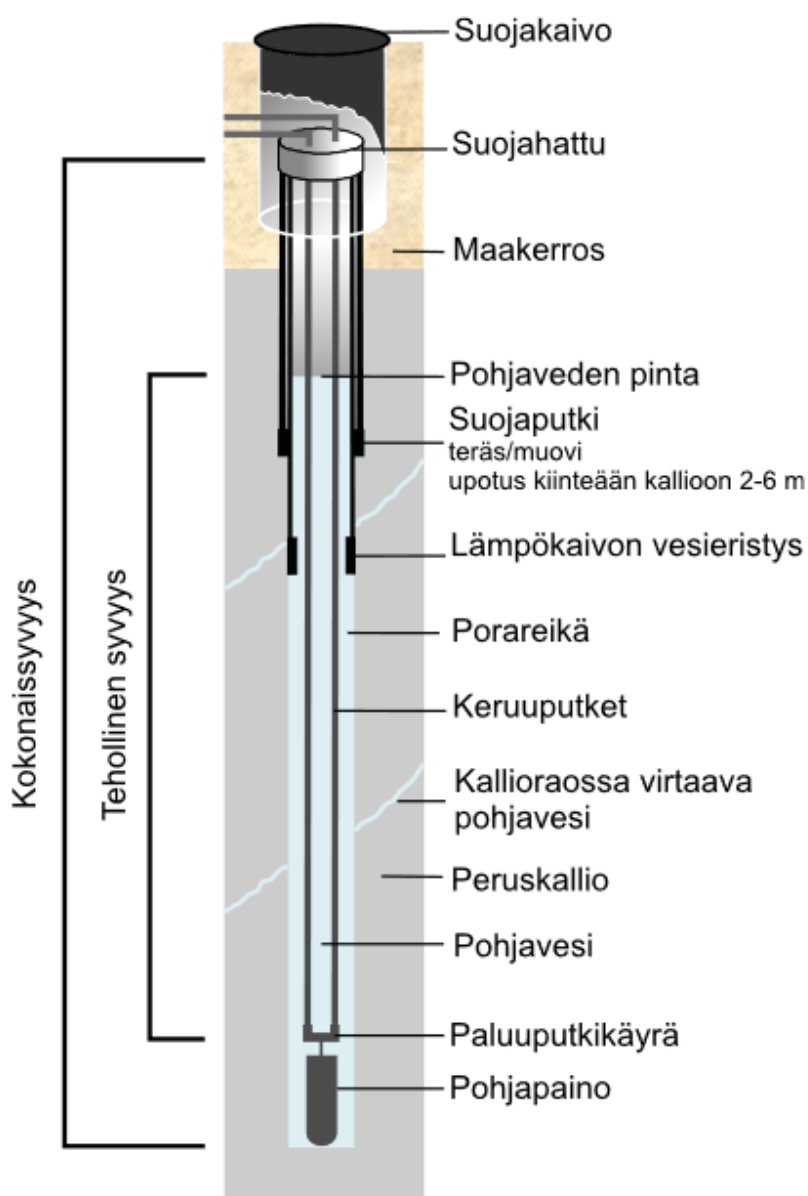


Kuva 6. Kaukolämmön alajakokeskus [15].

Kaukolämpökeskuksen uusimisen investointikustannus on yleensä pienin, jos ollaan uusimassa kiinteistön lämmöntuottojärjestelmää. Kaukolämpöjärjestelmän uusiminen ei kuitenkaan pienennä ostoenergian tarvetta. Kaukolämpöjärjestelmä onkin usein kiinteistössä jo käytössä oleva lämmöntuottotapa, joten kaukolämmölle löytyy tarvittavat tilatarpeet ja liittymät.

5.1.2 Maalämpö

Maalämpö on maaperään varastoitunutta aurinkolämpöä. Lämpöä kerätään maahan poratuista energiakaivoista, maahan asennutetusta vaakaputkistosta, tai vesistöön asennetusta vaakaputkistosta. Usein kiinteistöjen tontilla ei ole riittävästi tilaa tai vesistöjä vaakaputkistojen toteuttamiseen. Yleisin toteutustapa onkin energiakaivot. [16, s. 269–277.] Kuvassa 7 on esitetty energiakaivon rakenne.



Kuva 7. Energiakaivon rakenne [16, s. 275].

Kiinteistön tontin koko on merkittävä tekijä maalämmön toteuttamiskelpoisuudessa. Sijoittaessa energiakaivoja kiinteistön tontille on suunnittelijan otettava huomioon seuraavat rajoitukset ja suojaetäisyydet:

- Pohjavesialueelle ei ole mahdollista porata.
- Energiakaivo ei saa sijaita 20 m lähempänä olemassa olevaa maanalaista tilaa.
- Maanalaiset rakenteet kuten sähköjohdot ja vesiputket tulee ottaa huomioon.
- Asemakaavassa oleva este maalämmön porattavuudelle on huomioitava.
- Etäisyys ei saa olla lähempänä kuin 15 m olemassa olevasta lämpökaivosta.
- Etäisyyden naapuri tontin rajasta sekä katualueen keskilinjasta on oltava vähintään 7,5 m. [17.]

Helsingissä on mahdollista tilata Helsingin kaupungilta maalämmön rakennettavuuden ennakkotiedustelu, josta selviää mahdolliset esteet asemakaavassa ja liitteenä saadaan myös johtotietokartta. Johtotietokartasta saadaan selville maanalaisten johtojen ja putkistojen sijainnit. [17.]

Maalämpöpumppujärjestelmä tarvitsee lämmityksen puskurivaraajan, jonne voidaan varastoida lämpöpumpun tuottamaa energiaa. Suunnitteluvaiheessa sähkökattilan tarpeellisuutta on tarkasteltava. Lämpimälle käyttövedelle on oma varaajansa, jossa on yleensä 2 kappaletta käyttövesikierukoita, joissa kiinteistön lämmin käyttövesi lämmitetään.

Maalämpöjärjestelmää mitoitettaessa on tärkeää huomioida kohteen lämmitysjärjestelmän ominaisuudet. Vanhemmissa kerrostaloissa patteriverkoston menoveden lämpötila on +70 °C. Laittevalmistajat ilmoittavat hyötysuhteen yleensä +35-asteisen menoveden lämpötilalla. Taulukossa 1 on esitetty ympäristöministeriön asetuksessa 1048/2017 esitettyjä SPF-lukuja lämmitysjärjestelmän eri lämpötiloilla. SPF-lukuja tutkimalla on mahdollista huomata, etteivät vanhojen kerrostalojen lämmitysverkostot ole lämpöpumppujen kannalta optimaaliset.

Taulukko 1. Ympäristöministeriön asetuksessa (1048/2017) esitetyt maalämpöpumpun SPF-lukuja. [18, s.18.]

Maalämpöpumppu	SPF-luku	
	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, -3°C	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, +3°C
Tilojen Lämmitys		
30°C	3,4	3,5
40°C	3,0	3,1
50°C	2,7	2,7
60°C	2,5	2,5
Käyttöveden lämmitys		
60°C	2,3	2,3

5.1.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu kerää lämpöenergiansa ulkoilmasta. Ilma-vesilämpöpumppu on yleinen ratkaisu, mikäli kiinteistöön ei ole mahdollista toteuttaa maalämpöä. Ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde on hieman heikompi kuin maalämpöpumpun. Taulukossa 2 esitetty ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhteet Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti. Ilma-vesilämpöpumpuissa on käytössä kaksi erilaista lämpöpumppu tyyppiä Monoblock ja split. [19.]

Taulukko 2. Ilma-vesilämpöpumpun SPF-lukuja Ympäristöministeriön asetuksen (1048/2017) mukaisesti. [18, s.17.]

Menoveden korkein lämpötila, °C	
ilma-vesi (tilojen lämmitys)	
30°C	2,8
40°C	2,5
50°C	2,3
60°C	2,2
Käyttöveden lämmitys	
60°C	1,8

Monoblock-laitteessa kylmäaine kiertää vain ulkoyksikössä. Ulkoyksikössä tuotettu lämpö siirretään varaajaan kierrättämällä ulkoyksikössä vettä varaajasta. Monoblock-mallissa on mahdollista kierrättää myös glykolia mahdollisten säh-

kökatkojen tai latauspumpun aiheuttaman jäätyksen estämiseksi. Jäätyessään vesi saattaa rikkoa lämpöpumpun ulkoyksikön. [19.]

Split-laitteisto koostuu kahdesta osasta: rakennuksen ulkopuolella sijaitsevasta ulkoyksiköstä ja rakennuksen sisällä sijaitsevasta sisäyksiköstä. Yksikköjen välillä kiertää kylmäaine. Ulkoyksikössä lämmitetty kylmäaine siirretään sisäyksikössä sijaitsevalle lämmönsiirtimelle kylmäaineputkia pitkin. Siirtimeltä lämpö siirretään rakennuksessa sijaitseville energiavaraajille. Split-laitteiston etuna on se, ettei siinä ole samanlaista jäätymisriskiä kuin Monoblock-laitteistoissa. [19.]

5.1.4 Jäteveden lämmöntalteenotto

Jäteveden lämmöntalteenotto on vielä harvinainen ratkaisu Suomen asuinrakennuksissa. Heatex-lämmöntalteenottokaivo sekä Ecowec-hybridilämmönvaihdin ovat muutamia Suomessa käytössä olevia ratkaisuja. Heatex-lämmöntalteenottokaivolla voidaan ottaa lämpöä talteen esimerkiksi suihkun lämpimästä vedestä lattiakaivon avulla. Ecowec-hybridilämmönvaihtimella voidaan kerätä lämpöä talteen koko kiinteistön jätevedestä. Noin 30 % asuinrakennusten lämmitysenergiasta kuluu lämpimän käyttöveden tuotantoon. Käyttöveden käytetty lämmitysenergia valuu suihkukäynnin jälkeen kunnalliseen viemäriverkostoon sisältäen lämpöenergiaa. [20.]

Asuinrakennuksista poistuva jätevesi on keskimäärin noin 29 °C, joten jätevedestä on kerättävissä lämpöenergiaa talteen. Jäteveden lämmöntalteenotto tarvitsee kohtalaisen suuria määriä jätevettä, mikä edellytys ei täyty kaikissa asuinrakennuksissa.

Mikäli kiinteistön lämpimän käyttöveden tuotantoon käytettyä energiamäärää ei ole erikseen ilmoitettu, voidaan kiinteistön jäteveden mukana häviävä energiamäärä laskea kaavan 1 mukaisesti.

$$Q_{lto} = m * c * \Delta T \quad (1)$$

m on jäteveden määrä (kg)

c on veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg)

ΔT on kylmän ja lämmitetyn veden lämpötilaero (K)

Motivan vuonna 2019–2020 tekemän tutkimuksen mukaan yhden henkilön veden kulutus vuorokaudessa on 120 litraa, josta 35 % prosenttia oli lämmintä vettä. Selvittämällä asuinkiinteistön henkilömäärän pystymme arvioimaan lämpimän käyttöveden määrän jätevedessä Kaavan 2 ja 3 mukaisesti. [21.]

$$M_{hlö} * q_{vhlö} * 365 * \% = V_{lkv} \quad (2)$$

$M_{hlö}$ on asukkaiden määrä

$q_{vhlö}$ on yhden asukkaan kuluttama vesimäärä vuorokaudessa ($m^3/hlö$)

365 on vuorokausien määrä vuodessa

% on lämpimän käyttöveden prosenttiosuus kokonaisvedenkäytöstä

V_{lkv} on jäteveden mukana kulkeva lämpimän veden määrä (m^3)

Yhden vesikuution lämmittämiseen kaukolämpölaitteistolla kuluu noin 58 kWh energiaa, kun lämpötilanmuutos on $+50\text{ }^\circ\text{C}$. [22.] Lämpötilan muutos perustuu oletukseen, että kiinteistöön tulevan veden lämpötila on $8\text{ }^\circ\text{C}$. Lämpimän veden asetusarvo on $58\text{ }^\circ\text{C}$.

$$V_{lkv} * Q_{lkv} = Q_{kok}. \quad (3)$$

V_{lkv} on jäteveden mukana kulkeva lämpimän veden määrä (m^3)

Q_{lkv} on veden lämmitykseen käytetty energiamäärä kuutiota kohden (kWh)

Q_{kok} on viemäriin kulkeutunut energiamäärä vuodessa (kWh/a)

Lämmöntalteenotto olisi tehokkainta toteuttaa kiinteistön kellarissa tai välittömässä läheisyydessä, jolloin jäteveden lämpöhäviö olisi pienintä. Optimaalisin asennuspaikka lämmönvaihtimille olisi kiinteistön lämmönjakohuone.

Jäteveden lämmöntalteenottovaihtimen sijoittaminen lämmönjakohuoneeseen mahdollistaisi käyttöveden esilämmityksen. Kaukolämmitys kohteissa useat

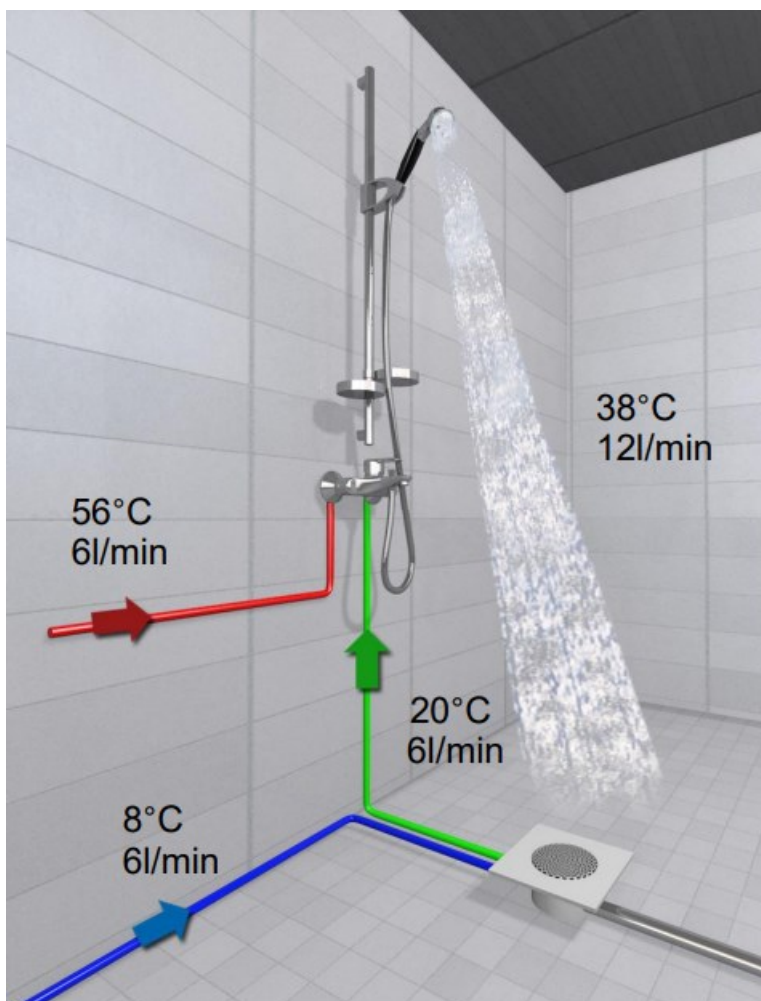
kaukolämpötoimittajat kuitenkin kieltävät käyttöveden esilämmityksen kaukolämpöveden liian pienen jäähtymän takia.

Useissa saneerattavissa asuinkerrostaloissa jäteveden lämmöntalteenottovaihtimen sijoitus lämmönjakohuoneeseen on haastavaa tilanpuutteen vuoksi. Jäteveden lämmöntalteenottovaihtimen sijoittamisessa on otettava huomioon myös kiinteistön viemärointi. Kiinteistön viemärointi tulisi liittää jäteveden lämmöntalteenottovaihtimeen kiinteistön kokoojaviemäristä, jolloin lämmönvaihtimella olisi käytössä kaikki kiinteistön jätevedet. Jätevesien ohjaus viemäristä lämmönvaihtimelle on mahdollista toteuttaa kiinteistön ulkopuolelta jätevedenpumppaamolla. Kuvassa 8 esitetty Ecowec-lämmönvaihdin, joka on kytketty viemäriverkostoon. [20.]



Kuva 8. Ecowec-jätevedenlämmöntalteenottovaihdin [20].

Heatex-lämmöntalteenottokaivossa suihkusekoittajalle tuleva kylmävesi kierrätetään kylpyhuoneen lattiakaivossa olevan lämmönsiirtimen läpi. Lattiakaivoon tuleva lämmin suihkuvesi lämmittää kuparista lämmönsiirintä. Lattiakaivossa lämmennyt kylmävesi johdetaan tämän jälkeen suihkusekoittajalle. Heatex-lämmöntalteenottokaivo esitetty kuvassa 9, säästää lämmintä vettä jopa 30 %. Lämmöntalteenottokaivon asennus tulee toteuttaa kylpyhuoneremontin yhteydessä. Lattiakaivon vaihtotyö sekä kylmävesiputkimuutokset vaativat rakennusteknisiä töitä. [23.]



Kuva 9. Suihkulle tulevan kylmän veden esilämmitys Heatex-lämmöntalteenottokaivossa [23].

5.2 Ilmanvaihtojärjestelmät

Asuinkerrostaloissa tehdään jatkuvasti linjasaneerauksia. Linjasaneerauksien yhteydessä ei yleensä uusita ilmanvaihtojärjestelmää. Vuosikymmenten aikana asuinkerrostaloissa on käytetty montaa eri ilmanvaihtojärjestelmää. Asuinkerrostalojen ilmanvaihdossa on havaittu ongelmia ilmanvaihdon hallinnassa. Ilmanvaihdon hallinnassa havaittuja ongelmia ovat olleet porraskäytävän ja asuinhuoneistojen väliset painesuhteet, huoneistojen palotekniset osastoinnit. [16, s.120–122.]

Suurin osa tällä hetkellä saneerattavista asuinkerrostaloista on toteutettu koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä varustetut asuinhuoneistot ovat usein liitetty samaan ilmanvaihtojärjestelmään. 1960-luvulla asuinkerrostalojen, koneellista poistoilmanvaihtojärjestelmää alettiin suunnittelemaan peltisellä yhteiskanavalla. Yhteiskanavalla toteutetussa järjestelmässä päällekkäin olevat asunnot ovat liitetty samaan poistokanavaan. Yhteiskanavilla toteutettujen järjestelmien etuna oli järjestelmän edullisuus sekä pienempi tilantarve. [16, s.120–122.]

Asuinhuoneistoissa olevat poistoilmanvaihtuventtiilit ovat virtausteknisesti riittävän tiukkoja $42 \text{ dm}^3/\text{s}$ painehäviöllä 100 Pa. Venttiilit estävät liiallisen savukaasujen pääsyn asunnosta toiseen. Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmissä keittiöiden poistokanavat ovat toteutettu omana erilliskanavana ylös kokoojakanavaan asti. Järjestelmässä on yleensä käytetty huippuimureita, joissa on kaksinopeuksinen puhallin. Pienempi kierrosnopeus tuottaa noin 60–70 % isommasta ilmavirrasta. Puhaltimia ohjataan kellokytkimellä. Kellokytkimeen on asetettu oletetut suuremman ilmanvaihdon tarpeenajat, muina aikoina käytössä on pienempi ilmavirta. Todellisuudessa kellokytkimellä ohjatuissa poistoilmanvaihtojärjestelmissä tarpeenmukaisuus harvemmin toteutuu. [16, s.120–122.]

Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän ohjausta on nykyään mahdollista parantaa. Vaihtamalla poistoilmapuhallin jatkuvasäätiseksi. Puhaltimen nopeutta ohjataan pitämällä poistoilmapuhaltimen kammiossa vakioalipaine. Poistoilma-venttiilien tilalle asennetaan säätyvät venttiilit. [16, s.122.]

5.2.1 Poistoilman lämmöntalteenotto

Asunnoista poistettava ilma on noin $21\text{--}24^\circ\text{C}$. Yleensä tämä ilma puhalletaan sellaisenaan ulkoilmaan. Ilmanvaihdon kautta poistuukin noin 30 % asuinkiinteistöjen lämmitysenergiasta. Koneellisella poistoilmanvaihdolla toteutetut kiinteistöt on mahdollista varustaa poistoilmanlämmöntalteenotolla, jolloin ilmanvaihdon mukana poistuva lämpöenergia saadaan kerättyä talteen. Lämmöntalteenottokenno kerää lämpöenergiaa kiinteistön poistoilmanvaihdosta. Lämmön-

talteenottokennostossa lämmennyt lämmönsiirtoneste siirretään lämpöpumpulle. PILP-järjestelmän etuna on tasainen energiamäärä riippumatta ulkolämpötilasta. [24.] Kuvassa 10 on havainnollistettu PILP-järjestelmän toimintaperiaate. Poistoilmanvaihdosta kerättävissä oleva energia voidaan laskea käyttämällä kaavaa 4.

$$\Phi = \rho * c * qv * \Delta T \quad (4)$$

ρ on ilman tiheys (kg/m³)

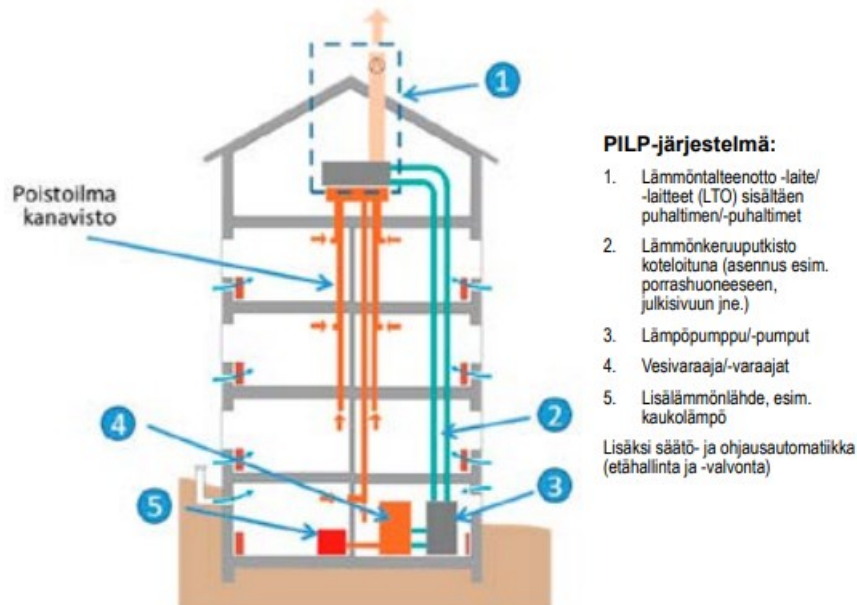
c on ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg)

qv on poistoilman tilavuusvirta (m³/s)

ΔT on poistoilman ja ulospuhallusilman lämpötilaero

PILP-järjestelmässä joudutaan usein yhdistelemään poistoilmapuhaltimia kiinteistön vesikatolla. Poistoilmapuhaltimista käytetään usein nimitystä ”huippuimuri”. Useamman poistoilmapuhaltimen yhdistäminen on työlästä. Yhden poistoilmapuhaltimen hinta-arvio loppukäyttäjälle on noin 8000–9000 €. Investointihinnan kasvun takia voidaan pitää järkevänä korkeintaan 2–3 poistoilmapuhaltimen yhdistämistä. Yhden puhaltimen poistoilmamäärän tulisi olla vähintään 250 litraa [24].

PILP-järjestelmä vaatii vesikatolle liuospiirin, joka kerää lämmön lämmöntalteenottopattereilta. Liuospiirin nousulinjat sijoitetaan yleensä, joko kiinteistön ulkoseinään tai porraskäytävään. Linjasaneerauksen suunnittelussa onkin tärkeää huomioida mahdollinen varaus liuospiirin nousuille.



Kuva 10. PILP-järjestelmän havainnekuva [7, s. 124].

Poistoilmalämpöpumpusta saatavaa lämmitysenergiaa rajoittaa lämmöntalteenottokennoston läpivirranut ilmamäärä. Rajoitetun energiasaannin takia poistoilmalämpöpumppu ei yksinään riitä kattamaan koko kiinteistöön tarvittavaa lämmitysenergiaa. [7, s.124.]

E-luvun laskennassa PILP-laitteistolla tuotetun energian ei lasketa vähentävän ostoenergian määrää [25].

Poistoilmalämpöpumppu onkin erittäin hyvä ratkaisu esimerkiksi pienentämään kiinteistön kaukolämmön kulutusta. Poistoilmalämpöpumppua kytkettäessä kaukolämmönrinnalle laitteiston kytkentä on sovitettava yhdessä kaukolämmön-toimittajan kanssa. [6, s.124.] Esimerkkikytkentöjä on esitetty Energiateollisuus ry:n dokumentissa Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet K1/2020 [26].

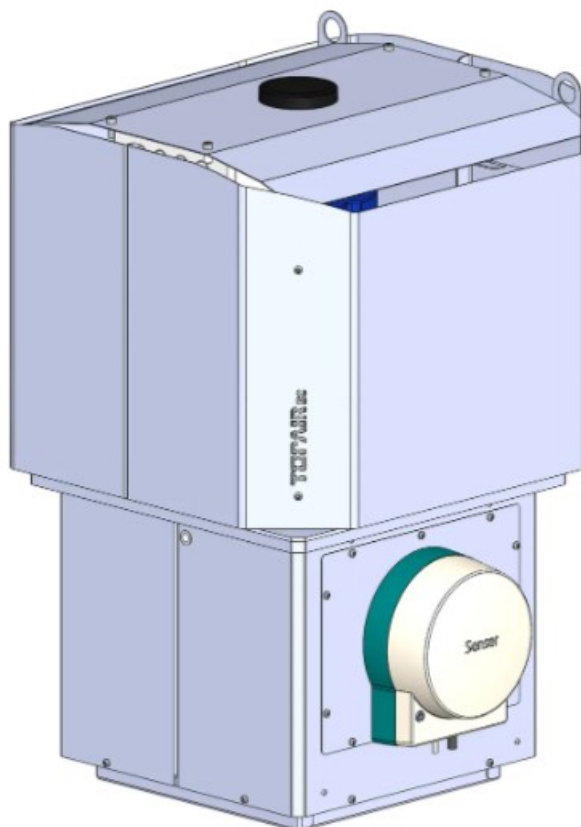
5.2.2 Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Asuinkerrostalojen perinteistä keskitettyä poistoilmanvaihtoa kello-ohjauksella, on mahdollista parantaa monilla tavoin ilman mittavia ilmanvaihtojärjestelmän remontteja. [27.]

Saneerattavissa asuinkerrostaloissa ilmanvaihdon huippuimurit ovat usein käyttökänsä päässä. Ilmanvaihdon ohjausta muutettaessa pois kello-ohjauksesta tulee huippuimurit vaihtaa portaattomasti säädettäviin EC-puhaltimiin. Huippuimuria voidaan ohjata suoraan poistokanavasta mitattavien epäpuhtauksien ja kosteuskuormituksen mukaan. Tällöin mittausanturi mittaa kyseisen ilmanvaihtohormin kokonaisilmavirtaa. Huippuimurin säätö vaikuttaa kaikkiin ilmanvaihtohormiin kytkettyjen asuntojen ilmanvaihtoon. [27.]

Senser™ on älykäs ilmanvaihdon ohjausjärjestelmä. Kuvassa 11 on esitetty huippuimuri, johon liitetty Senser™-järjestelmä. Älykäs ohjausjärjestelmä oppii tunnistamaan ilmanvaihtojärjestelmässä tapahtuvia muutoksia mittaamalla jatkuvasti poistoilman olosuhteita, muutoksia puhaltimessa sekä kulunutta aikaa. Senser™ järjestelmä mittaa kanavistosta seuraavat arvot:

- kanavapaine (Pa)
- ilmamäärä (l/s)
- poistoilman suhteellinen kosteus (%)
- poistoilmanlämpötila (°C)
- poistoilman hiilidioksidi pitoisuus (ppm)
- ilmanlaatu VOC-yhdisteet. [27.]



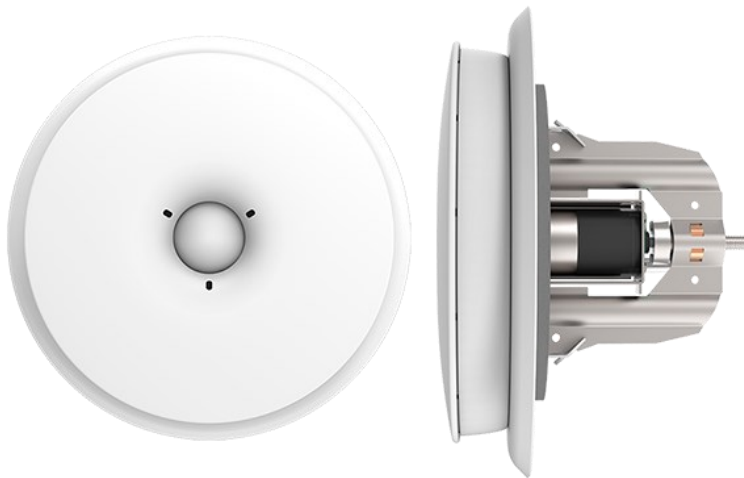
Kuva 11. Senser™ Ilmanvaihtonohjausjärjestelmä, sekä lisävarusteena saattava BASE-asennuskaulus yhdistettynä huippuimuriin [27].

Ohjausjärjestelmän toteuttamiselle on mahdollista saada Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen myöntämä energia-avustus, jota usein nimitetään ARA-tueksi. Senser™-ilmanvaihtojärjestelmä on helppo ja nopea toteuttaa erilaisiin järjestelmiin. Järjestelmä mittaa ja säätää ilmanvaihtoa hormikohtaisesti. Tarpeenmukaista poistoilmanvaihto suunnitelmassa onkin huomioitava kohteen tarpeet ilmanvaihdon säädön tarkkuudessa. [27.]

Tarpeenmukaisen poistoilmanvaihdon huonekohtainen säädettävyys on mahdollista saada vastaamaan jokaisen huoneiston käyttäjien vaatimia tarpeita. Climecon Oy on kehittänyt MyAir-järjestelmän. MyAir-järjestelmään kuuluu poistoilmaventtiilit, paine-erosensorit, keskusyksikkö ja huonesäädin. MyAir-poistoilmaventtiilit sisältävät anturit, jotka mittaavat huoneistoista poistettavasta ilmasta seuraavat arvot:

- ilmamäärä (l/s)
- paine-ero venttiilin yli (Pa)
- lämpötila (°C)
- suhteellinen kosteus (%)
- absoluuttinen kosteus (g/kg). [28.]

MyAir-venttiilit on esitetty kuvassa 12. Venttiilit tarvitsevat virran toimiakseen. Venttiileistä on saatavilla kahta eri vaihtoehtoa paristokäyttöinen ja sähkönsyötön vaativa malli. MyAir-painesensoreilla on mahdollista mitata paine-eroa rakennuksen ulkovaipan yli, sekä asuinhuoneiston ja porrashuoneen välistä paine-eroa. Mitattujen tietojen perusteella järjestelmä säätää ilmanvaihtoa automaattisesti. Ilmanvaihdon tasapainotuskin onnistuu MyAir-järjestelmässä automaattisesti ilman urakoitsijaa. [28.]

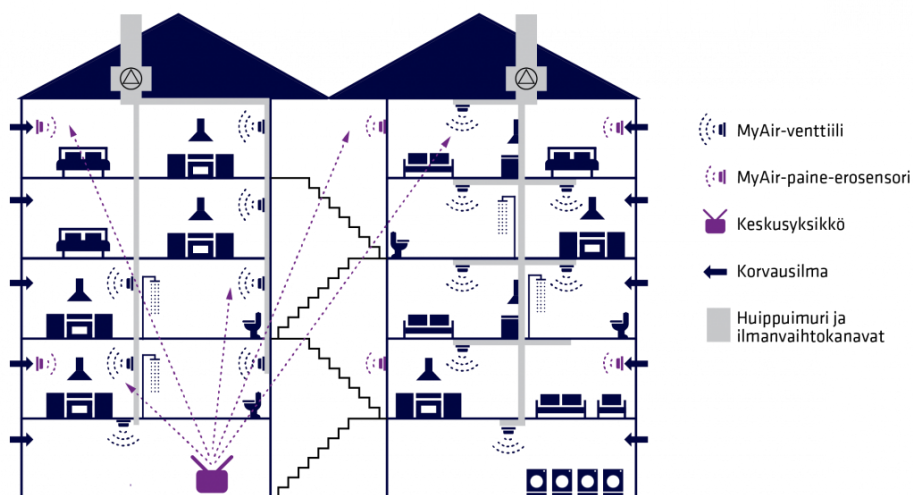


Kuva 12. MyAir-venttiili [28].

MyAir-Järjestelmän huonesäädin mahdollistaa huoneiston käyttäjälle ilmanvaihdon säädön. Huonesäätimestä löytyy seuraavat toiminnallisuudet:

- Kotona-tila ilmanvaihto toimii normaalitilassa.
- Poissa-tila laskee kaikkien huoneistossa sijaitsevien venttiilien ilmamäärää 40 %.
- Keittiön-tehostus kasvattaa keittiössä sijaitsevan venttiin ilmamäärää 30 %.
- Yleistehostus kasvattaa kaikkien huoneistossa sijaitsevien venttiilien ilmamäärää 30 %. [28.]

Keskusyksikkö tulisi asentaa mahdollisimman keskeisesti järjestelmän venttiileihin verrattuna. Keskusyksikkö tulisi asentaa lukittuun tilaan, johon asukkailla ei normaalissa tilanteessa ole pääsyä. Yleinen sijoituspaikka keskusyksikölle on esimerkiksi kiinteistön sähköpääkeskus tai teletila. [24.] Kuvassa 13 on esitetty MyAir-järjestelmän toiminta.



Kuva 13. MyAir-järjestelmän havainnekuva.

MyAir-järjestelmän käyttöliittymä kerää mittaustiedot. Käyttöliittymästä kiinteistön edustajan on helppo tarkkailla ilmanvaihdon toimivuutta kiinteistössä. Käyttöliittymästä on helppoa löytää mahdolliset ongelmakohdat, esimerkiksi venttiilien paristojen varaustaso on helppo tarkistaa käyttöliittymästä. [28.]

5.3 Aurinkosähköjärjestelmät

Taloyhtiöiden on mahdollista hyödyntää aurinkoenergiaa kiinteistön sähkön tuotannossa. Taloyhtiöiden harkitessa aurinkosähköjärjestelmän hankkimista kiinteistöön joudutaan ottamaan huomioon paljon teknisiä ja taloudellisia näkökulmia. Teknisesti on tärkeää tarkastella aurinkosähköjärjestelmälle käytettävissä olevia tiloja. Tyypillisesti aurinkopaneelit asennetaan kiinteistön katolle. [29.]

Aurinkosähköjärjestelmän koon määrittää yleensä käytetyn kiinteistösähkön määrä. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus tulee tehdä niin, että mahdollisimman vähän tuotetusta sähköstä myytäisiin sähköverkkoon. Mikäli aurinkosähköjärjestelmä mitoitettaisiin siten että ylijäämä sähkö myytäisiin verkkoon, kasvaisi aurinkosähköjärjestelmän investointikustannukset, eikä verkkoon myydystä sähköstä saa riittävää korvausta.

Saneerausikäisissä asuintaloissa kiinteistösähkönkulutus on yleensä pientä, ellei kiinteistöstä löydy kylmäkellareita tai hissiä. Kylmäkellarien käyttöaste on nykyään kerrostaloissa pientä, siksi onkin syytä selvittää niiden tulevaisuus taloyhtiöltä. Kaukolämpölaitteiston sähkön kulutus on pientä, kun taas lämpöpumppujärjestelmät käyttävät sähköä enemmän.

Vuositasolla aurinkosäteilyn määrä Suomessa on samalla tasolla kuin Pohjois-Saksassa. Suomessa kuitenkin aurinkosäteilyn määrä vaihtelee enemmän vuoden aikojen mukaan. [30.]

6 ARA-tuki

ARA:n Energia-avustusta myönnetään hankkeille, jotka parantavat kiinteistön energiatehokkuutta. Asuinkiinteistön energiatehokkuuden paraneminen, määrää taloyhtiön saaman avustuksen määrän. Kiinteistöjen energiatehokkuus ilmoitetaan E-lukuna. E-luku ilmoittaa kiinteistön vuosittaisen ostoenergian kulutuksen neliölle (kWh/(m²a)). E-luvun laskennassa otetaan huomioon myös eri lämmön-

tuottotapojen kertoimet. Taulukossa 3 on esitetty E-luvun laskennassa käytetyt lämmöntuottotapojen kertoimet. [25.]

Taulukko 3. E-luvun laskennassa käytetyt lämmöntuottotapojen kertoimet.

sähkö	1,2
kaukolämpö	0,5
kaukojäähdytys	0,28
fossiiliset polttoaineet	1
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Lämpöpumpuilla energianlähteestä kerätyllä energialla ei ole kertoimia. Kiinteistön läheisyydestä esimerkiksi energiakaivosta kerätty energia pienentää osuenergian määrää. PILP-laitteiston keräämää energiaa kiinteistön poistoilmasta ei lasketa tähän mukaan. Kiinteistön energiaverkkoihin myytyä energiaa ei myöskään oteta huomioon E-lukua laskettaessa. ARA-tuen saatavuudessa E-luvun parantumista verrataan kiinteistön rakentamisajankohdan E-lukuun. Mikäli kiinteistöön on tehty käyttötarkoituksen muutos, verrataan E-lukua muutos vuoden E-lukuun. [25.] Avustuksen saamiseksi on taloyhtiön täytettävä jokin kolmesta seuraavasta vaatimuksesta:

1. Asuinkerros- ja rivitaloissa E-luku paranee 20 %

Asuinkerros- ja rivitaloissa E-luku paranee 20 % parempaan E-lukuun kuin ympäristöministeriön asetus 4/13 pykälässä 7 mainittu minimitaso. Asetuksessa mainittu minimitaso on

- asuinkerrostalolle "E-vaadittu $\leq 0,85 * E\text{-laskettu}$ "
- Pien-, rivi- ja ketjutaloille "E-vaadittu $\leq 0,8 * E\text{-laskettu}$ "

2. Kiinteistön energiatehokkuuden parantaminen lähes nollaenergiatasolle

Avustusta on mahdollista saada sellaisen hankkeen suunnittelu- ja toteutuskustannuksiin, jonka yhteydessä asuinrakennuksen energiatehokkuus paranee lähes nollaenergiatasolle ympäristöministeriön (1010/2017) vaatimusten mukaisesti.

3. Energiatohokkuuden parantaminen lähes nollaenergiatasoisissa kohteissa

Mikäli rakennus on lähes nollaenergiatasoinen rakentamisajankohtanaan, noudatetaan ympäristöministeriön asetuksessa (4/13, 7§) asetuksessa säädettyä minimitasoa.

Avustusta myönnetään enintään 4000 euroa asunto kohden. Taulukossa on esitetty avustuksen laskennassa huomioidut osuudet, Avustuksen osuus on puolet laskennassa huomioidusta osuudesta. Taulukkoon 4 on kerätty tässä opinnäytetyössä käsitellyt avustusta saavat toimenpiteet. [25.]

Taulukko 4. ARA-avustuksessa huomioidut toimenpiteet

Toimenpide	Avustuksen laskennassa huomioitu osuus	Avustuksen osuus urakan kustannuksista
Ilmanvaihdon uusiminen LTO:lla, Poistoilmalämpöpumpun lisääminen, lämmöntalteenoton lisääminen esimerkiksi jäteveden lämmöntalteenotto	50 %	25 %
Käyttövesiverkoston paineenalennus ja veden kulutusta pienentävät vesikalusteet, putkien eristyksen parantaminen linjasaneerauksen yhteydessä.	20 %	10 %

Lämpöpumppujärjestelmät, lämmöntalteenottojärjestelmät ja aurinkoenergiajärjestelmät niihin liittyvin kaapeli- ja putkivedoin.	50 %	25 %
Poistoilmapuhaltimien vaihto nykyaikaisiin.	50 %	25 %
Suunnittelukustannukset	100 %	50 %

Otetaan esimerkiksi tapaus, jossa taloyhtiö siirtyy kaukolämmöstä maalämpöön, niin että ARA-avustuksen kriteerit täyttyvät. Taloyhtiössä on 50 asuntoa, enimmäisavustus asuntoa kohden on 4000 €. Näin laskettuna tuen määrä olisi 200 000 €. Maalämpöhankkeen hinta on 480 000 €, josta avustuksen osuus on 25 %. Näin laskettuna tuen määrä olisi 120 000 €. Näistä kahdesta vaihtoehdosta myönnetään avustusta sille, jonka osuus on pienempi hankkeen kokonaiskustannuksista. Laskennallinen taloyhtiön saama tuen määrä olisi siis 120 000 euroa. Taloyhtiön korkein mahdollinen tuen määrä olisi 200 000 euroa. Taloyhtiön kannattaisi toteuttaa hankkeessa muita ARA-tuen kriteerit täyttäviä energiaparannustoimenpiteitä, jotta päästäisiin lähemmäs korkeinta mahdollista tuki summaa.

7 Energiaremonttien kannattavuuslaskelmat

Lämmöntuottotavan muutoksessa uuden lämmöntuottotavan kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa verrataan kiinteistössä olemassa olevaan lämmöntuottotapaan. Yleisin lämmöntuottotapa Suomen taloyhtiöissä on kaukolämpö.

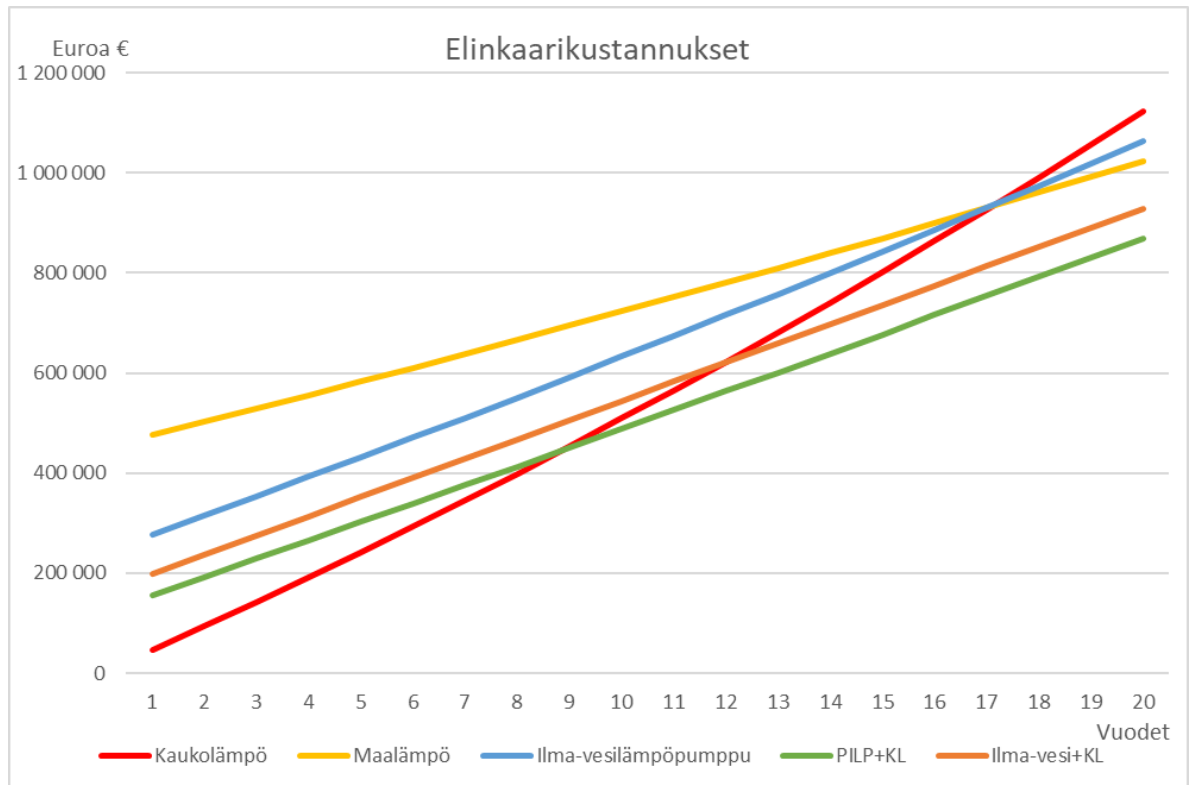
Kaukolämpöä käytettäessä on taloyhtiön ostettava lämpöenergia kaukolämmön toimittajalta. Kaukolämmön hintataso onkin merkittävä tekijä lämmöntuottotapojen takaisinmaksuaikoja vertaillessa. Kaukolämmöstä siirryttäessä lämpöpumppujärjestelmiin kiinteistön sähkön kulutus kasvaa. Sähkönkulutuksen kas-

vaessa kasvaa myös sähkön hinnan merkitys laitteistojen elinkaarikustannuksiin.

Energiahintojen muutoksia on vaikea arvioida 20 vuoden elinkaarijaksoa tarkasteltaessa. Laitteistojen elinkaarikustannuksia laskettaessa toteutetaan samat laskelmat useampaan kertaan muuttamalla laskuissa käytettyjä energiahintojen hinnannousujen arvioita sekä arviota inflaatiosta ja korkotasosta. Tässä opinäytetyössä tehdyissä laskelmissa on käytetty kerrostaloa, jonka lämmitysenergiankulutus on 500 MWh. Laskelmissa käytetyt lämpöpumppujen hyötysuhteet ovat Ympäristöministeriön asetuksen (1048/2017) mukaiset. Laskuissa sähkön hintana on käytetty tilastokeskuksen ilmoittamaa kiinteistösähkön keskihintaa vuoden 2022 ensimmäiseltä puoliskolta, joka on 9,87 senttiä kilowattitunnilta [31]. Sähkönsiirtomaksun hintana on käytetty 3,28 senttiä kilowattitunnilta. Kaukolämmön hinta vaihtelee merkittävästi paikkakunnittain, joten kaukolämmön hinnaksi otettiin Energiategollisuus ry:n ilmoittama Helenin keskihinta vuoden 2022 ensimmäiseltä puoliskolta, joka oli 9,36 senttiä kilowattitunnilta [32]. Opinäytetyössä toteutetut elinkaarilaskennat on tehty Insinööritoimisto Aavat Oy:n käytössä olevalla elinkaarilaskurilla.

7.1 Elinkaarilaskenta 1

Kuvassa 16 on esitetty kaukolämmön, lämpöpumppujärjestelmien sekä kaukolämmön rinnalla olevien lämpöpumppujärjestelmien elinkaarikustannukset. Elinkaarilaskennassa 1 on käytetty taulukossa 5 esitettyjä lähtöarvoja.



Kuva 16. Insinööritoimisto Aavat Oy:n käytössä olevalla elinkaarilaskurilla toteutettu laskenta käyttäen taulukossa 5 ilmoitettuja arvoja.

Taulukko 5. Elinkaarilaskenta 1 lähtöarvot.

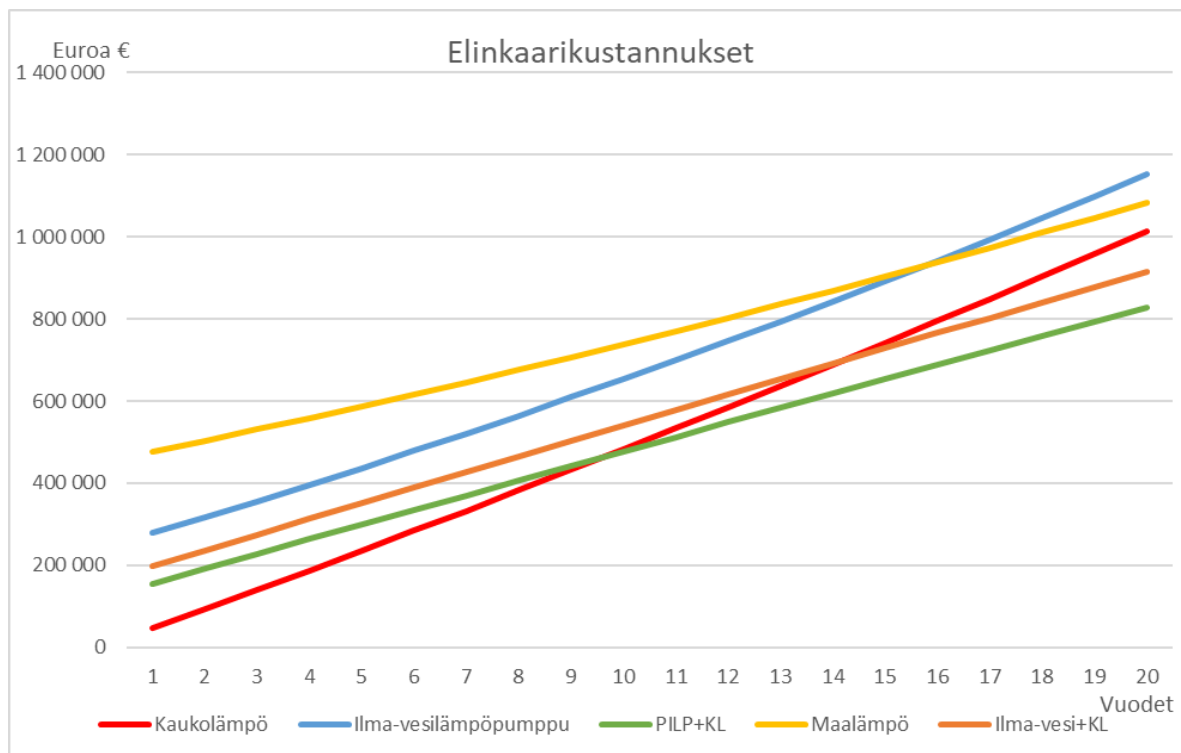
Sähkön ostohinta sisältäen siirtomaksun ja veron snt/kWh	14,2	snt/kWh
Kaukolämmön ostohinta sisältäen energiamaksun snt/kWh	9,62	snt/kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	5	%
Arvio kaukolämmön hinnan noususta %/v	6	%
Inflaatio %/v	4	%
Nimelliskorko	4	%

Kuvasta 16 nähdään että, nopeimmin itsensä takaisinmaksava järjestelmä on poistoilmalämpöpumppu kaukolämmön rinnalla, joka maksaisi itsensä takaisin noin 9 vuoden kuluessa. 20 vuoden elinkaarta tarkasteltaessa kaikki laskuissa tarkasteltavat järjestelmät maksavat itsensä takaisin verrattuna kaukolämpöön.

7.2 Elinkaarilaskenta 2

Kuvassa 17 on esitetty kaukolämmön, lämpöpumppujärjestelmien sekä kaukolämmön rinnalla olevien lämpöpumppujärjestelmien elinkaarikustannukset. Elin-

kaarilaskennassa 2 sähkön hinnannousun arviota nostettiin 5 prosentista, 6 prosenttiin. Vastaavasti kaukolämmön hinnannousua laskettiin 6 prosentista, 5 prosenttiin. Toisessa laskennassa käytetyt lähtöarvot on esitetty taulukossa 6.



Kuva 17. Insinööritoimisto Aavat Oy:n käytössä olevalla elinkaarilaskurilla toteutettu laskenta käyttäen taulukossa 6 ilmoitettuja arvoja.

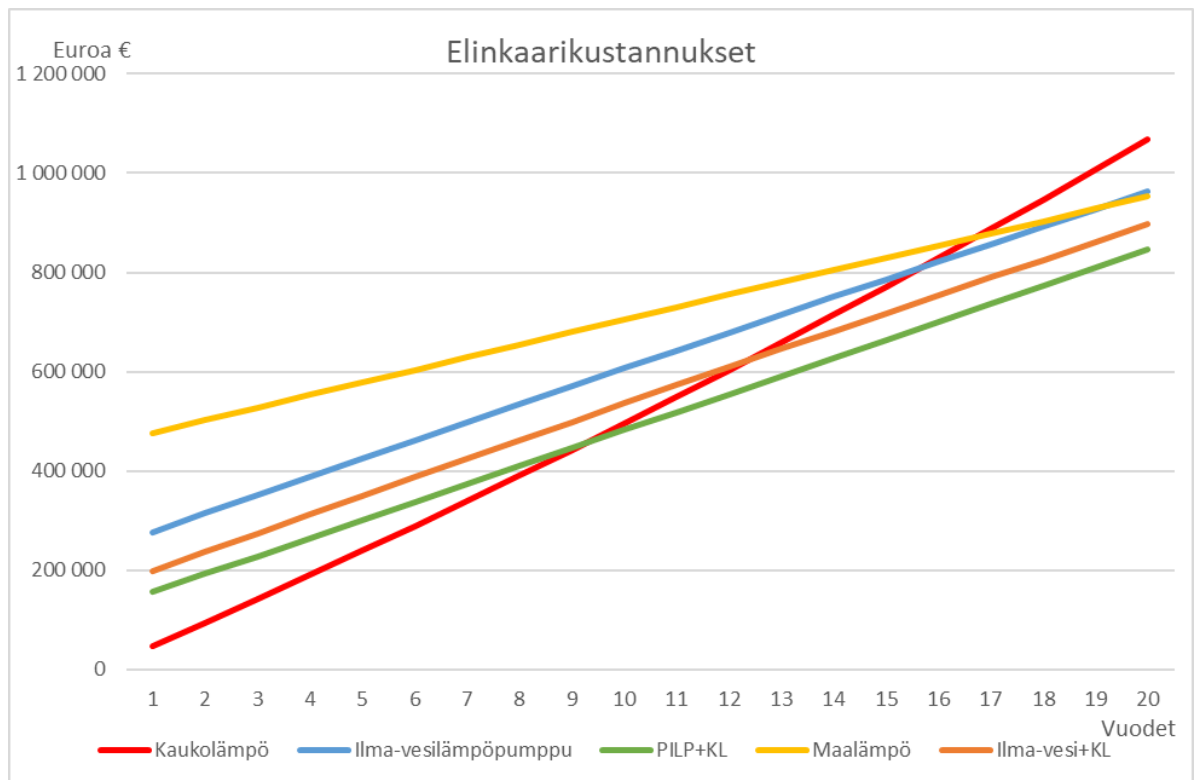
Taulukko 6. Elinkaarilaskenta 2 lähtöarvot.

Sähkön ostohinta sisältäen siirtomaksun ja veron snt/kWh	14,2	snt/kWh
Kaukolämmön ostohinta sisältäen energiamaksun snt/kWh	9,62	snt/kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	5	%
Arvio kaukolämmön hinnan noususta %/v	6	%
Inflaatio %/v	4	%
Nimelliskorko	4	%

Kuvaa 17 tarkastellessa huomataan, että pienellä energianhinnan muutoksilla eivät maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät maksaneet itseään takaisin kaukolämpöön verrattuna 20 vuoden elinkaarta tarkasteltaessa.

7.3 Elinkaarilaskenta 3

Kuvassa 18 on esitetty kaukolämmön, lämpöpumppujärjestelmien sekä kaukolämmön rinnalla olevien lämpöpumppujärjestelmien elinkaarikustannukset Elinkaarilaskennassa 3 joka suoritettiin samoilla energianhinnoilla kuin kaksi ensimmäistäkin. Sähkön hinnannousun arviota laskettiin 3 prosenttiin. Kaukolämmön hinnannousun arvio pidettiin 5 prosentissa. Kolmannessa laskennassa käytetyt lähtöarvot esitetty taulukossa 7.



Kuva 18. Insinööritoimisto Aavat Oy:n käytössä olevalla elinkaarilaskurilla toteutettu laskenta käyttäen taulukossa 7 ilmoitettuja arvoja.

Taulukko 7. Elinkaarilaskenta 3 Lähtöarvot.

Sähkön ostohinta sisältäen siirtomaksun ja veron snt/kWh	14,2	snt/kWh
Kaukolämmön ostohinta sisältäen energiamaksun snt/kWh	9,62	snt/kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	3	%
Arvio kaukolämmön hinnan noususta %/v	5	%
Inflaatio %/v	3	%
Nimelliskorko	4	%

Kuvaa 18 tarkastellessa huomataan, että sähköenergian hinnan nousun pysyessä pienempänä lämpöpumppujärjestelmät maksavat itsensä takaisin 15–16 vuoden kuluessa verrattuna kaukolämpöön. Hybridijärjestelmät pysyivät tässäkin laskennassa kannattavimpina 20 vuoden elinkaarta tarkasteltaessa.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mitä energiaremontteja taloyhtiöiden olisi kannattavaa tehdä linjasaneerauksen yhteydessä. Opinnäytetyön tuloksia hyödynnetään Insinööritoimisto Aavat Oy:n tulevaisuudessa linjasaneerauksien hankesuunnitteluvaiheissa.

Jatkuvasti kiristyvien energiatehokkuusvaatimusten takia taloyhtiöiden tulee tehdä kiinteistöilleen energiatehokkuustoimenpiteitä. Kiinteistöjen taloteknisissä järjestelmissä on suuri energiansäästöpotentiaali. Nykyisten järjestelmien toiminnan optimointi on järkevää tehdä, mikäli kiinteistössä havaitaan, etteivät järjestelmät toimi täysin niin kuin pitäisi. Taloyhtiöiden tulee tiedostaa, että energiaremontteja tarkastellaan yleensä investoinnin takaisinmaksuaikojen perusteella. Hyvin tehdyllä energiahankesuunnitelmalla on mahdollista tarkastella laitteiston tuomia säästöjä sekä laitteiston investointikustannuksia.

Lämmöntuottotavan muutosta tulee tarkastella kiinteistössä, kun nykyinen lämmitysjärjestelmä alkaa lähentyä teknisen käyttöikänsä loppua tai nykyisen järjestelmän käyttökustannukset ovat suuret. Lämmöntuottotavan muutosta on aina tarkasteltava tapauskohtaisesti, sillä jokin tietty lämmitysmuoto ei välttämättä sovellu kaikkiin kiinteistöihin. Parasta ja edullisinta lämmöntuottotapaa ei yleisesti ole, vaan kiinteistön nykyiset järjestelmät sekä niiden ominaisuudet vaikuttavat aina järjestelmien kannattavuuteen.

Maalämpöjärjestelmä on oikein toteutettuna lähes aina käyttökustannuksiltaan edullisin järjestelmä. Suuri alkuinvestointi kuitenkin heikentää järjestelmän takaisinmaksuaikaa. Elinkaarikustannuksiltaan maalämpöjärjestelmä on hyvin

kilpailukykyinen muiden järjestelmien kanssa, kun valitaan 20 vuoden tarkastelujakso.

Linjasaneerauksen yhteydessä toteutetulla energiaremontilla on mahdollista saada suurempia avustuksia remontille, esimerkiksi vaihtamalla vesikalusteet vettä säästäviin ja parannetaan putkistojen eristyksiä. Linjasaneerauksen yhteydessä toteutetuilla remonteilla on huomattavasti pienempi rasiteaika asukkaille. Linjasaneerauksella ja sen yhteydessä toteutetulla energiaremontilla on yleensä korkea yhteiskustannus, joka saattaa vaikeuttaa taloyhtiön lainan saantia.

Työn lopputulemana havaittiin, että taloyhtiöiden energiaremontteja on kannattavaa suorittaa linjasaneerauksen yhteydessä. Linjasaneerauksen yhteydessä toteutetulla energiaremontilla taloyhtiöiden on mahdollista säästää aikaa ja rahaa. Opinnäytetyön tutkimusta voisi jatkaa tarkastelemalla erikseen toteutettujen linjasaneerausten sekä erikseen toteutettujen energiaremonttien kustannuksia ja vertailemalla niitä hankkeisiin, joissa remontit on toteutettu yhdessä

Lähteet

- 1 Yli 30 000 jäsentaloa kiinteistöliitossa. 2021. Verkkoaineisto. Kiinteistölehti. <<https://www.kiinteistolehti.fi/yli-30-000-jasentaloa-kiinteistoliitossa>>. 19.2.2021. Luettu 30.8.2023.
- 2 Taloyhtiöiden hoitovastikkeet kovassa kasvussa. 28.3.2023. Verkkoaineisto. Kiinteistölehti. <<https://www.kiinteistolehti.fi/taloyhtioiden-hoitovastikkeet-kovassa-kasvussa>>. 28.3.2023. Luettu 31.8.2023.
- 3 Linjasaneerauksen suunnittelu. Verkkoaineisto. Insinööritoimisto Aavat Oy. <<https://aavat.fi/linjasaneerauksen-suunnittelu/>>. Luettu 5.9.2023.
- 4 Tehtäväluettelot. käyttöohje KO12. RT-10-11105 Rakennustieto. RT-kortti.
- 5 Vesikeskuslämmitys.2022. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys>. Päivitetty 23.3.2022. Luettu 1.9.2023.
- 6 Lämmitysverkoston perussäätö.2022. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/lammitysverkoston_perussaato>. Päivitetty 29.3.2022. Luettu 1.9.2023.
- 7 Virta, Jari & Pylsy, Petri. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Kiinteistöalan kustannus Oy.
- 8 Jäteveden Lämmöntalteenotto. Verkkoaineisto. Ecowec. <<https://ecowec.com/ratkaisut/jateveden-lammontalteenotto/>>. Luettu 10.9.2023.
- 9 Hagner, Börje. 2019. LVI-alan historiakooste. E-kirja.
- 10 Voimalaitoksemme. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/suomenojan-chp-laitos>>. Luettu 4.9.2023.
- 11 Lämmönjakokeskukset. Verkkoaineisto. Danfoss. <<https://www.danfoss.com/fi-fi/products/dhs/stations-and-domestic-hot-water/substations/#tab-overview>>. Luettu 6.9.2023.
- 12 Lämpöä kotiin keskitetysti. 2012. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf>. Luettu 6.9.2023.

- 13 Tulevaisuuden kaukolämpöverkko on matalalämpöinen. Verkkoaineisto. HögforsGST. <<https://hogforsgst.com/fi/ajankohtaista/matalammat-lampotilat>>. Luettu 6.9.2023.
- 14 Lämmönjakokeskuksen uusinta kannattaa tehdä suunnitelmallisesti. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdessä_energiatehokkaasti/lammitys/lammonjakokeskuksen_uusinta_kannattaa_tehda_suunnitelmallisesti>. Päivitetty 9.3.2023. Luettu 4.9.2023.
- 15 FiksuGST lämmönjakokeskus. Verkkoaineisto. Högfors. <<https://hogforsgst.com/fi/products/fiksugst-lammonjakokeskus>>. Luettu 15.9.2023.
- 16 Sandberg, Esa. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Uudistettu painos. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 17 Maalämpöohje suunnittelijoille. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/PaLu/Ohjeet/Maalampöohje_suunnittelijoille.pdf>. Luettu 5.9.2023.
- 18 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Ympäristöministeriö. 2017. 1048/20.12.2017.
- 19 Ilma-vesilämpöpumppu. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu>. Päivitetty 25.8.2023. Luettu 5.9.2023.
- 20 Hybridivaihdin suunnitteluohjeet. pdf-tiedosto. Ecowec. 2023. <<https://ecowec.com/ladattavat-materiaalit/>>. Ladattu 30.9.2023.
- 21 Veden kulutus taloyhtiössä. 2020. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdessä_energiatehokkaasti/vesi_ja_vedenkulutus>. Päivitetty 17.1.2023. Luettu 5.9.2023.
- 22 Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi>. Päivitetty 30.12.2022. Luettu 5.9.2023.
- 23 Ohjeita suunnittelijoille. Verkkoaineisto. Heatex. <<http://www.heatex.fi/>>. Luettu 7.9.2023.

- 24 Poistoilmanlämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostaloissa. Verkkoaineisto. Kiinteistöliitto. <<https://kliittoolid.kiinteistoliitto.fi/media/2342/pilp-ohje.pdf>>. Luettu 10.9.2023.
- 25 Energia-avustus taloyhtiöt. Verkkoaineisto. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). <https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Energiaavustus/Taloyhtiot>. Päivitetty 27.9.2023. Luettu 29.9.2023.
- 26 K1/2020, rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. 2020. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <https://energia.fi/files/5423/JulkaisuK1_2020_Energiateollisuus_ry_%28piv._20201119%29.pdf>. Luettu 10.9.2023.
- 27 Sensor™ Tuotteet 2023. Verkkoaineisto. Entos Oy. <<https://app.seidat.com/presentation/shared/8Q2JJxqdRQrwqRAes/0/0?sHowLogo=false&seq=true>>. Luettu 15.9.2023.
- 28 MyAir suunnitteluopas. Verkkoaineisto. Climecon Oy. <<https://climeconair.com/fi-fi/suunnittelijalle/oppaat-ja-ohjeet/myair-opas/>>. Luettu 16.9.2023.
- 29 Aurinkosähkö taloyhtiössä. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdessä_energiatehokkaasti/aurinkosahko_taloyhtiössä>. Päivitetty 17.1.2023. Luettu 16.9.2023.
- 30 Auringon säteilyn määrä Suomessa. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa>. Päivitetty 22.8.2022. Luettu 26.9.2023.
- 31 Sähkönhinta kuluttajatyypeittäin, Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/table/tableViewLayout1/>. Luettu 17.10.2023.
- 32 Kaukolämmön hintatilastot. 1.7.2022. Excel-tiedosto. Energiateollisuus ry. <<https://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hintatilasto/>>. Lisätty 31.3.2023. Ladattu 16.10.2023.

