

Ilmalämpöpumpun hyödyntäminen lämmityksessä kaukolämmite-tyissä asuinkerrostaloissa

Henri Könnilä

OPINNÄYTETYÖ

Kesäkuu 2023

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
Sähköinen talotekniikka

KÖNNILÄ, HENRI:

Ilmalämpöpumpun hyödyntäminen lämmityksessä kaukolämmitetyissä asuinkerrostaloissa

Opinnäytetyö 27 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Kesäkuu 2023

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten asukas voi hyötyä ilmalämpöpumpun käytöstä vaihtoehtoisena lämmönlähteenä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, säästääkö kerrostalon lämmittäminen ilmalämpöpumpulla energiaa ja mikä on paras ja kustannustehokkain tapa toteuttaa se.

Teoreettisessa osiossa käsitellään kolmea osaa. Ensimmäinen osa käsittelee kaukolämmön toimintaa kerrostaloissa ja miten energiankulutusta voidaan seurata. Toinen osa keskittyy ilmalämpöpumppujen toimintaan ja millaisia komponentteja pumput sisältävät. Kolmas osa tarkastelee uusiutuvia energialähteitä ja energiatehokkuutta sekä miten molemmat voivat hyötyä ilmalämpöpumpusta.

Työn tutkimuksissa tarkasteltiin eri vuosikymmenillä rakennettuja kerrostaloja ja laskettiin, miten kannattava investointi lämmittävään ilmalämpöpumppuun olisi. Työssä vertailtiin asuntoja 1960–2010 lukujen väliltä. Laskelmien perusteella ilmalämpöpumpun avulla saadaan yleisesti noin 30 % säästö verrattuna kaukolämmön energiamaksuun. Takaisinmaksuajaksi koko ilmalämpöpumpun investoinnille saatiin laskelmien avulla parhaimmillaan alle 5 vuotta, mutta huonoimmassa tapauksessa takaisinmaksuun voi mennä jopa 50 vuotta. Takaisinmaksuajan kesto on vaikuttaa paljon asunnon koko, rakennusvuosi ja sähkön hinta. Tästä syntyi myös jatkokysymykseen idea, miten tuloksiin vaikuttaisi, jos lämmitysmuotona olisi käytössä jokin muu kuin kaukolämpö ja miten paljon sähkön hinnan vaihtelu vaikuttaa tuloksiin, esimerkiksi jos käytössä olisi pörssisähkö. Yksi mahdollisuus olisi myös tutkia tapauksia vielä vanhemmista asunnoista.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

KÖNNILÄ, HENRI:

Utilization of an air source heat pump for heating in district-heated apartment buildings

Bachelor's thesis 27 pages, appendices 1 pages
June 2023

The objective of this study was to find out how can a resident benefit from having an air source heat pump and using it as an alternative heat source. The purpose of this study was to determine if heating an apartment building with an air source heat pump saves energy and what is the best and most cost-effective way to do it.

The theoretical section explores three parts. First one covers how district-heating works in apartment buildings and how can the energy consumption be monitored. Second part focuses on how air source heat pumps work and what kind of components the pumps include. The third part looks into renewable energy sources and energy-efficiency, and how both of these can benefit from an air source heat pump.

The study examined apartment buildings constructed in different decades and calculated the profitability of investing in a heating air-source heat pump. The comparison included apartments built between 1960 and 2010. Based on the calculations, using an air-source heat pump generally gives approximately 30% savings compared to the energy cost of district heating. The payback period for the entire investment in the heat pump was determined to be less than 5 years in the best case scenario, but it could take up to 50 years in the worst case scenario. The duration of the payback period is influenced by factors such as the size of the apartment, the year of construction, and the price of electricity.

This also led to the idea of further examining how the results would be affected if a heating method other than district heating were used, as well as how much the fluctuation in electricity prices would impact the results, for example, if market-based electricity were used. Another possibility would be to investigate cases involving even older apartments.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KERROSTALOJEN LÄMMITYS	7
	2.1 Patteriverkostot	7
	2.2 Huoneistokohtainen mittarointi	7
3	LÄMPÖPUMPUT	10
	3.1 Ilmalämpöpumppu.....	10
	3.1.1 Lämmitys	11
4	Uusiutuvat energialähteet ja energiatehokkuustavoitteet.....	14
5	TUTKIMUKSET	16
	5.1 Lähtötiedot	16
	5.2 Vaikutus energiakulutukseen	16
	5.3 Asuntokohtainen energianmittarointi	17
	5.4 Sähkön kompensointi lämmityskaudella	18
6	TULOSTEN KÄSITTELY	19
	6.1 Kannattavuus	22
7	POHDINTA	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	27
	Liite 1. Lähtötiedot energiatarvelaskentaan (82 neliön asunto).....	27
	Liite 2. Energiatarpeen laskentataulukko (82 neliön asunto).....	27

LYHENTEET JA TERMIT

COP	Lämpöpumpun lämpökerroin eli hyötysuhde. Se ilmaisee, kuinka tehokkaasti sähköenergia muutetaan lämpöenergiaksi tietyssä lämpötilassa.
SCOP	Lämpöpumpun hyötysuhde vuodenaikoihin suhteutettuna. Lämpötilan muutokset otettu huomioon.
Höyrystin	Lämmönsiirrin, jonka avulla nestemäinen aine muutetaan kaasumaiseksi.
Lauhdutin	Lämmönsiirrin, jonka avulla kaasumainen aine muutetaan nestemäiseksi.
Kylmäaine	Aine, jota käytetään lämpöenergian siirtoon sen olomuodon muutosten avulla. Tyypillisesti alhainen kiehumispiste ja normaaliolosuhteissa kaasumaisena.
Takaisinmaksuaika	Investointien kustannusten kattamiseen kuluva aika, käyttäen investoinnista saatuja säästöjä

1 JOHDANTO

Viilentävien ilmalämpöpumppujen kannatus on suurempi kuin koskaan eikä suosion hiipumista ole vielä näkyvissä. Ilmaston lämpeneminen ja sen myötä yhä lämpimämmät ja kosteammat kesät ovat saaneet monet investoimaan viilentävään ilmalämpöpumppuun. Markkinoilla on kuitenkin tarjolla myös lämmittämiin tarkoitettuja ilmalämpöpumppuja, joten miksi ei investoisi hieman enemmän ja saisi ilmalämpöpumpusta hyötyä, säästöjä ja asuinmukavuutta myös lämmityskaudella.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten ilmalämpöpumppuja voitaisiin hyödyntää myös lämmityskäytössä kaukolämmitetyissä asuinkerrostalossa ilman, että siitä tulisi vain suurempia sähkölaskuja. Tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja miten lämmittävän ilmalämpöpumpun voisi yhdistää kaukolämmitteiseen asuntoon ja tutkitaan, mikä tapa olisi helpoin sekä tehokkain toteuttaa tämä. Millaiset investointikustannukset olisivat ja kuinka kannattavaa investointi olisi. Saadaanko lämmittävän ilmalämpöpumpun avulla säästöjä asunnon kokonaisenergiankulutukseen ja sähkölaskuihin.

2 KERROSTALOJEN LÄMMITYS

2.1 Patteriverkostot

Asuinkerrostaloissa lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta patteriverkoston osuus on vähentynyt huomattavasti. Vanhoissa 1970-luvulla rakennetuissa rakennuksissa sen osuus on noin 85 %, kun taas uusissa 2010-luvun rakennuksissa se on vain 46 %. Patteriverkostoihin on asetettu perussäätö, joka varmistaa rakennuksen yleisen hyvinvoinnin. Asukas voi kuitenkin vaikuttaa oman asuntonsa lämmitysenergian kulutukseen muuttamalla patteritermostaatin asetuksia, jolloin asumislämpötilaa voidaan alentaa noin 1–2 astetta. Säästöpotentiaali on tällöin varsin minimaalinen. (Energiavirasto)

Tyypillisesti kerrostalojen patteriverkosto on tehty nousulinjaiseksi, jolloin yhden huoneiston patterit on yleensä yhdistetty useampaan nousulinjaan. Nousulinjat ovat rakennuksen ulkoseinillä ja ne ulottuvat eri kerrosten asuntoihin. Suurempien asuntojen lämmitys voi tapahtua 4–6 nousulinjan kautta. Tekninen käyttöikä patteriverkostoille on tyypillisesti yli 100 vuotta, jolloin verkostoja ei muokata yleensä suurimmissakaan putkistosaneerauksissa. (Energiavirasto)

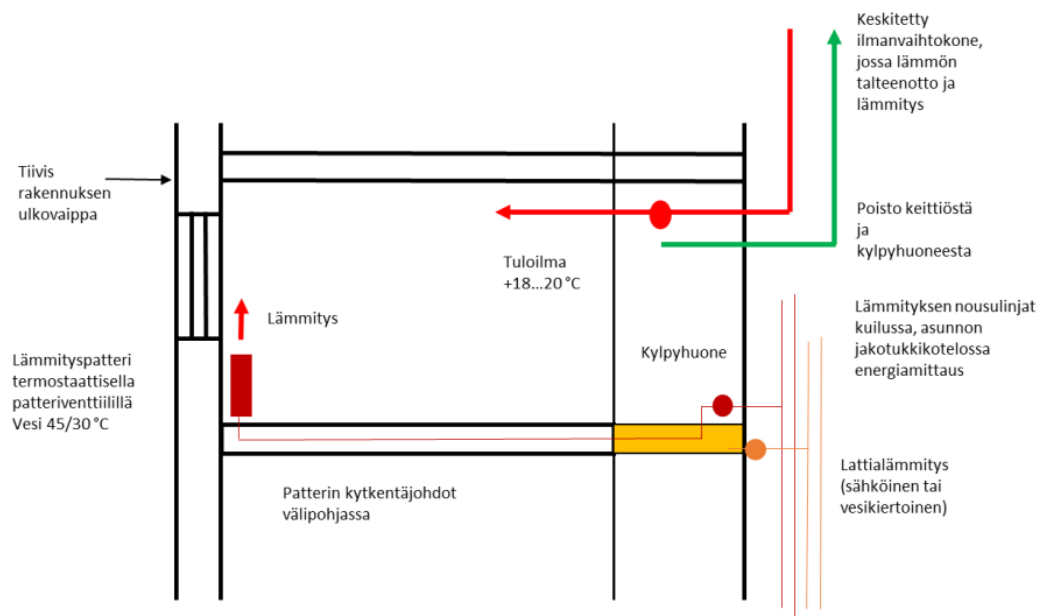
Jotkin uudemmat 2010-luvulla rakennetut asuinkerrostalot sekä harvat sitä vanhemmat asuinkerrostalot ovat rakennettu siten, että lämmitysverkoston päälinjat ovat rakennuksen keskellä ja jokaisessa asunnossa on jakotukki, jonka kautta lämpö jaetaan pattereille. (Energiavirasto)

2.2 Huoneistokohtainen mittarointi

Yhdestä pisteestä yhden asunnon huoneistokohtainen lämmitysenergian mittarointi on teknisesti mahdotonta, jos kerrostalo on rakennettu hyödyntäen nousulinjaista patteriverkostoa. Pattereiden ja nousujohtojen väliset kytkentäjohtot ovat usein hyvin lyhyitä, eikä niihin olisi mahdollista asentaa patterikohtaista

energiamittaria. Tässä tapauksessa on mahdollista vain jakaa lämmityskustannuksia jakolaitteiden avulla, mutta energiamittarointi mahdotonta.

Mikäli asuinkerrostalo on rakennettu jakotukkiratkaisua hyödyntämällä, olisi siihen teoriassa mahdollista lisätä energiamittarointi huoneistokohtaisiin jakotukkeihin liittymällä. Lämpöenergian mittaus on siis mahdollista, jos jakotukkikotelo on suunniteltu ja sijoitettu niin, että siihen on mahdollista yhdistää energiamittari. Suurimmassa osassa tapauksista mittarin tilatarvetta ei ole kuitenkaan otettu huomioon, sillä mittarin lisäämiselle ei ole nähty tarvetta. (Energiavirasto)



Kuva 1. Jakotukkiratkaisulla rakennettu lämmitysverkosto ja sen mahdolliset energiamittaukset. (Energiavirasto)

Huoneistokohtaiseen energiamittaamiseen liittyy myös useita muita tekijöitä, jotka täytyy ottaa tuloksissa huomioon. Huoneistoihin tulee lämpöä muun muassa lämpimän käyttöveden putkistojen kautta, patteriverkostojen putkihäviönä, sähkökäyttöisen mukavuuslattialämmityksen avulla sekä sisäänpäin tulevan puhalusilman mukana. Lisäksi lämpöenergiaa säteilee asuntoon ja säteilyn määrään vaikuttaa ikkunat, parvekkeet, rakenteelliset ulokkeet sekä jos huoneisto on rakennuksen etelä- tai länsisivulla. Huoneistoista myös poistuu lämpöä monella eri tavalla, joita mittari ei tuloksissa kerro. Lämpöhäviöihin vaikuttaa asuinkerrosta-

loissa huoneiston ulkoseinien lukumäärä, huoneistokerros ja ikkunoiden lukumäärä sekä niiden koko. Nämä täytyisi ottaa huomioon, mikäli lämmityskustannukset jaettaisiin kulutuksen perusteella osakkaiden kesken tasan, sillä esimerkiksi ylimmän kerroksen kulma-asunnossa on huomattavasti enemmän lämpöhäviöitä kuin välikerroksen keskimmaisessä asunnossa. (Energiavirasto)

3 LÄMPÖPUMPUT

3.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu on kustannustehokas tapa lisätä asunnon energiatehokkuutta sekä asuinmukavuutta. Viime vuosien lämpimät ja kosteat kesät ovat lisänneet ilmalämpöpumppujen suosiota valtavasti. Useimmiten ilmalämpöpumppu hankitaan asunnon viilennystä varten, mutta pumput toimivat myös erinomaisesti lämmityskäyttöön. Tilastokeskuksen vuoden 2021 tilastojen mukaan asumisen energiankulutuksesta jopa 67,5 % menee tilojen lämmitykseen, joten tästä osasta löytyy siis myös suurimmat säästämisen potentiaalit.

Ilmalämpöpumppu voi tarjota merkittäviä kustannussäästöjä lämmityslaskuissa, mikä pienentää kerrostalon kokonaisenergiakustannuksia. Ilmalämpöpumpun asentaminen voidaan myös nostaa kerrostaloasunnon arvoa sekä edistää ympäristön kestävyyttä, mikä tekee siitä houkuttelevamman sijoituksen mahdollisille ostajille tai vuokraajille. Tämä kohonnut kiinteistön arvo voi auttaa kompensoimaan alkuinvestointia lämpöpumppuun.

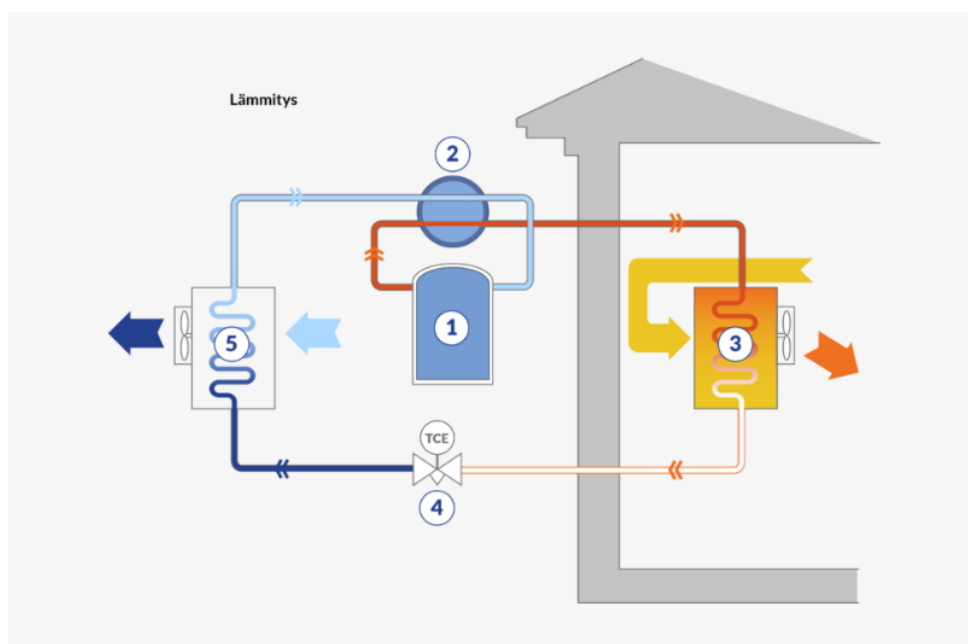
Ilmalämpöpumppu kannattaa hankkia rinnakkaislämmitysjärjestelmäksi päälämmitysjärjestelmän lisäksi. Ilmalämpöpumput soveltuvat kaikesta huolimatta hyvin ensisijaiseksi lämmitysmuodoksi siihen asti, kun sen teho ei riitä enää lämmittämään asuntoa riittävästi. Tällöin on hyvä ottaa muut lämmityslaitteet mukaan asunnon lämmitykseen. Lämpöpumpun hyötysuhde on parhaimmillaan lämmityskauden alussa ja lopussa, jolloin ulkoilma ei ole vielä järin kylmää. Useimmat Suomessa markkinoitavat mallit ovat sopivia Suomen ilmasto-olosuhteisiin, jolloin niiden toimintarajat kantavat jopa -30°C pakkaskeleille asti. (Vattenfall, talotekniikkainfo)

Ilmalämpöpumppujen toiminta perustuu ulkoyksikköön ja sisäyksikköön sekä näiden välillä kiertävään kylmäaineeseen. Kylmäaineella siirretään lämpöenergiaa ulko- ja sisäyksikön välillä. Ulkoyksikkö sisältää höyrystimen ja kompressorin. Si-

säyksikössä on lauhdutin ja puhallin. Sisäyksikkö kannattaa asentaa mahdollisimman avaraan tilaan, että puhallettava ilma pääsee mahdollisimmat helposti kiertämään asuntoa ympäri. Osa ilmalämpöpumpuista on varustettu nelitieventiilillä, jonka avulla kylmäaineen kiertosuuntaa voidaan vaihtaa ja ilmalämpöpumpua voidaan hyödyntää sekä lämmitystä että viilennyskäytöissä. (Scanoffice)

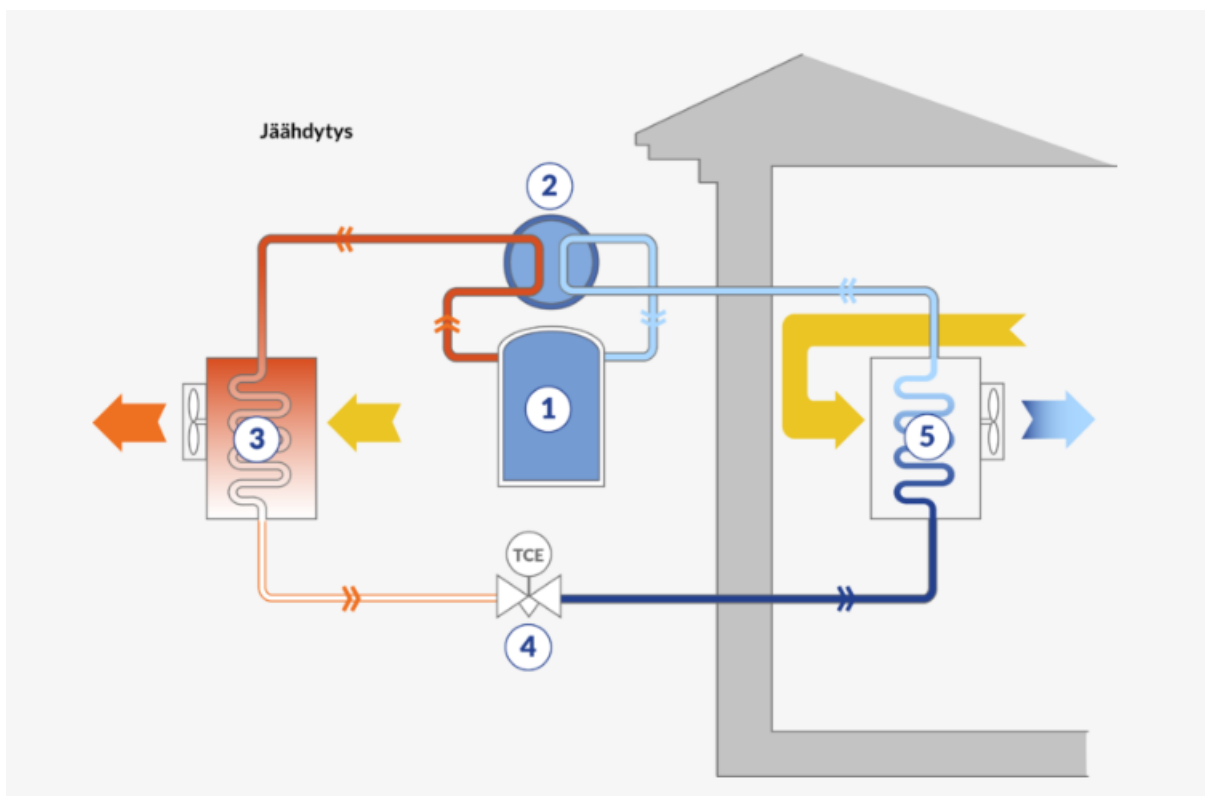
3.1.1 Lämmitys

Lämmityskäytössä käytettynä ilmalämpöpumpun lämmitysprosessi alkaa kompressorilta (kuvassa 2, numeron yksi kohdalla), joka pumppaa kylmäainetta niin, että kylmäaineen paine sekä lämpötila nousevat. Kylmäaine muuntuu kaasuksi ja kaasumuotoinen kylmäaine jatkaa nelitieventtiilin (kuva 2, numero 2) kautta sisäyksikön lämmönsiirtokennolle (kuva 2, numero 3). Lämmönsiirtokennon läpi puhalletaan sisäilmaa, joka sitoo itseensä kylmäaineen luovuttamaa lämpöenergiaa, jolloin sisäilma lämpenee. Kylmäaine kulkee lämmönsiirtokennon läpi ja luovuttaessaan lämpöenergiaa, kylmäaineen lämpötila laskee ja olomuoto muuttuu kaasusta nesteeksi. Kylmäaine virtaa nestemäisenä sisäyksiköltä paisuntaventtiilille (kuva 2, numero 4), jossa kylmäpiiriin muodostetaan oikeanlainen painero. Kylmäaineen paine laskee huomattavasti, jolloin se alkaa höyrystyä. Höyrystyvä kylmäaine jatkaa seuraavaksi ulkoyksikön lämmönsiirtokennolle (kuva 2, numero 5), jossa kylmäaineeseen sitoutuu lämpöenergiaa. Tarvittava energiamäärä höyrystymiseen saadaan puhaltamalla ulkoyksikön lämmönsiirtokennon läpi tuhansia kuutioita vastaava ilmamäärä. Kylmäaine kulkeutuu täysin höyrystyneenä neliventtiilin kautta takaisin kompressorille. (Scanoffice)



Kuva 2. Ilmalämpöpumpun toiminta lämmityskäytössä (Scanoffice)

Viilennyskäytössä toimintaperiaate on lähes sama, mutta kylmäaineen kierto tapahtuu vastakkaiseen suuntaan. Prosessin kierto alkaa kompressorilta (kuva 3, numero 1), joka nostattaa kylmäaineen painetta sekä lämpötilaa, jonka takia kylmäaine muuntuu kaasumaiseksi. Kylmäaine virtaa nelitieventtiiliin (kuva 3, numero 2) kautta ulkoyksikön lämmönsiirtokennolle (kuva 3, numero 3), jonka läpi puhalletaan ulkoilmaa. Ulkoilma viilentää kaasumaista kylmäainetta, joka luovuttaa lämpöenergiansa ulos. Kylmäaineen virrattua lämmönsiirtokennon läpi, on sen olomuoto vaihtunut kaasusta nesteeksi. Nestemäisenä kylmäaine jatkaa matkaansa paisuntaventtiilille (kuva 3, numero 4), jossa kylmäpiiriin muodostetaan oikeanlainen paine-ero, joka aiheuttaa kylmäaineen paineen sekä lämpötilan laskemisen ja lopulta höyrystymisen. Höyrystyvä kylmäaine kulkee sisäyksikön lämmönsiirtokennolle (kuva 3, numero 5), jonka läpi puhalletaan lämmintä sisäilmaa. Kylmäaine sitoo itseensä lämpöenergiaa sisäilmasta ja samalla sisäilma viilenee. Lopuksi kylmäaine palaa takaisin kompressorille nelitieventtiiliin kautta. (Scanoffice)



Kuva 3. Ilmalämpöpumpun toiminta jäähdytyskäytössä (Scanoffice)

4 Uusiutuvat energialähteet ja energiatehokkuustavoitteet

Teollisuus, rakentaminen ja koko yhteiskunta sähköistyy jatkuvasti ja tämän vuoksi tullaan tarvitsemaan paljon uusiutuvaa energiaa. Uusiutumattomien energialähteiden varannot eivät ole pohjattomia, ja tämän vuoksi on hyvä suosia uusiutuvaa energiaa käyttäviä laitteita ja lämmitysmuotoja.

Euroopan Unionin Fit for 55 ilmastopaketti eli 55-valmiuspaketti tiukentaa uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden tavoitteita. Neuvosto ja Euroopan parlamentti ovat päässeet alustavaan sopuun 55-valmiuspaketin lainsäädäntöehdotuksista, joiden avulla voitaisiin vähentää päästöjä ja puuttua niiden yhteiskunnallisiin vaikutuksiin. EU:n päästökauppajärjestelmä, johon kuuluu muun muassa sähköntuotanto- ja teollisuusala, joka kattaa noin 40 % EU:n kaikista hiilidioksidipäästöistä, edesauttaa päästövähennyksiä. Järjestelmä on otettu käyttöön vuonna 2005 ja siitä lähtien EU:n päästöt ovat vähentyneet 41 %. Nykyisen sopimuksen mukaan päästövähennystavoitetta on nostettu 62 %:iin ja tavoitevuodeksi asetettu 2030. Yleistä päästökattoa alennetaan kahden vuoden aikana 90 miljoonalla ja 27 miljoonalla päästöoikeudella. Lisäksi päästökaton vuotuisia vähennyksiä korotetaan 4,3 %:lla vuodessa vuosina 2024–2027 ja 4,4 %:lla vuosina 2028–2030. Vähennyksillä pyritään toteuttamaan vuosien aikana lineaarinen vähennyskerroin. Tavoitteisiin pääsemiseen vaadittaisiin suuria investointeja vähähiilisiin ratkaisuihin ja teknologioihin. (Euroopan Unionin neuvosto, 55-valmiuspaketti)

Parlamentti ja neuvosto ovat myös sopineet hiilivuodoille riskialttiiden alojen päästöoikeuksista. Hiilirajamekanismin kattavat alat, johon kuuluu muun muassa alumiini, rauta, teräs ja sähköenergian tuotanto, riisutaan ilmaiseksi jaettavista päästöoikeuksista tulevien vuosien 2026–2034 aikana.

Ilmalämpöpumput tuottavat antamansa energian ilmasta, jolloin tuotettu energia on uusiutuvaa energiaa ja täten ilmastoystävällistä. Ilmalämpöpumppuihin investoimalla tuetaan Euroopan Unionin asettamaan tavoitetta vähentää kasvihuonekaasujen nettopäästöjä vähintään 55 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. (55-valmiuspaketti)

Lisäksi osana fit for 55 kokonaisuutta, hallitus on asettanut muun muassa seuraavia tavoitteita, joiden mukaan kaikkien rakennusten energialuokka tulisi olla vähintään C vuoteen 2050 mennessä ja rakennusten hiilidioksidipäästöjä tulisi vähentää 90 % vuoteen 2050 mennessä. Näihin molempiin tavoitteisiin voitaisiin vaikuttaa uusiutuvaa energiaa hyödyntävällä ilmalämpöpumpulla. (55-valmiuspaketti)

5 TUTKIMUKSET

Tutkitaan, kuinka ilmalämpöpumpun avulla voitaisiin tehdä säästöjä kerrostaloasunnon lämmityksessä. Tarkastellaan säästömahdollisuuksia eri vuosikymmenillä rakennetuissa kerrostaloissa ja vertaillaan tuloksia.

5.1 Lähtötiedot

Työssä tarkastellaan kerrostaloasuntoja, jotka lämpenevät kaukolämmön avulla ja niihin lisättäisiin lämmityskäyttöön tarkoitettu ilmalämpöpumppu. Yhden tutkitavan 42-neliöisen 1960-luvulla rakennetun kerrostaloasunnon vuotuinen lämmitysenergiankulutus on noin 6 600 kWh. Vuotuinen energiamaksu asunnossa voidaan laskea kertomalla lämmitysenergiankulutus kaukolämmön energiamaksulla. Energiateollisuus ry:n tilastojen mukaan talvikauden 2022 keskimääräinen energiamaksu on 79,18 €/MWh. Tilastokeskiarvo saadaan 228 eri paikkakunnan kaukolämmön hintatilastojen avulla. Näiden arvojen avulla kaukolämmön vuotuinen energiamaksu on noin 525 €. Samat laskelmat tehdään myös 1990-luvulla sekä 2010-luvun jälkeen rakennettuihin kerrostaloihin. Vertaillaan myös, kuinka luvut vaihtuisivat, jos asunto olisikin 82 neliöinen 42 neliön sijaan ja tutkitaan, millaisia säästöjä lämmittävän ilmalämpöpumpun kanssa saataisiin. (Energiateollisuus ry, Theseus Honkanen Jaakko)

5.2 Vaikutus energiakulutukseen

Työssä vertaillaan erilaisia mahdollisuuksia, miten ilmalämpöpumpun lämmitysenergia voitaisiin vähentää kaukolämmöllä toimivasta kerrostalon vuotuisesta energiamaksusta. Tutkitaan miten kerrostalon rakennusajankohta ja siitä johtuvat erilaiset U-arvot vaikuttavat säästömahdollisuuksiin ilmalämpöpumpun avulla.

Asuntoihin tehtiin energiatarpeen laskenta, käyttäen rakenteiden U-arvoja eri aikakausilta (Kuva 4). Saatujen energia-arvojen avulla laskettiin, kuinka paljon ilmalämpöpumpun avulla voitaisiin säästää. Laskelmiin tarvittavana SCOP-arvona käytettiin 4,1 kaikissa tilanteissa, jolloin oletetaan, että pumppu oikein mitoitettu

teholuokaltaan asunnon kokoon suhteutettuna. Oikeassa ilmalämpöpumpun mitoituksessa pitäisi tietenkin ottaa oikean teholuokan ilmalämpöpumppu vastaamaan tarpeita. Tässä työssä ei kuitenkaan pyritä tarkastelemaan ilmalämpöpumppujen mitoitusta vaan energiasäästämahdollisuuksia. Tästä syystä mitään tiettyä tutkittavaa ilmalämpöpumppua ei valita vaan käytetään yhtä yhteistä ilmalämpöpumppujen SCOP-arvoa kaikkiin laskelmiin.

Rakenteiden U-arvot (W/Km²) eri aikakausina

	1969*)	1976	1978	1985	2003	2007	2010
Ulkoseinä	0,81	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
Yläpohja	0,47	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Alapohja	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,17
Ikkunat	3,14	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0
Ovet	3,14	0,7	0,7	0,7	1,4	1,4	1,0
n50-luku		6	6	6	4	4	2
LTO:n vuosihyötysuhde					30 %	30 %	45 %
Vaipan lämpöhäviön jousto					10 %	20 %	30 %

A-INSINÖÖRIT

*) 1969 – Eteläinen vyöhyke ”normaali vaatimukset”

Kuva 4. Rakenteiden U-arvoja (A-Insinöörit, Rakenteiden U-arvot eri aikakausina)

5.3 Asuntokohtainen energianmittarointi

Asuinkerrostalossa yksittäisen huoneiston energianmittarointi on hyvin vaikea, ellei tietyissä tapauksissa jopa mahdotonta toteuttaa, kuten teoriaosuudessa jo käsiteltiin. Asuntokohtaista energiamittausta voitaisiin hyödyntää paremmin uudisrakentamisessa, jolloin mittarin vaatima tilavaraus ehdittäisiin ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Uudisrakennettujen kerrostalojen lämmönjako voitaisiin siis rakentaa jakotukkien avulla, jolloin energiamittareita olisi mahdollista hyödyntää.

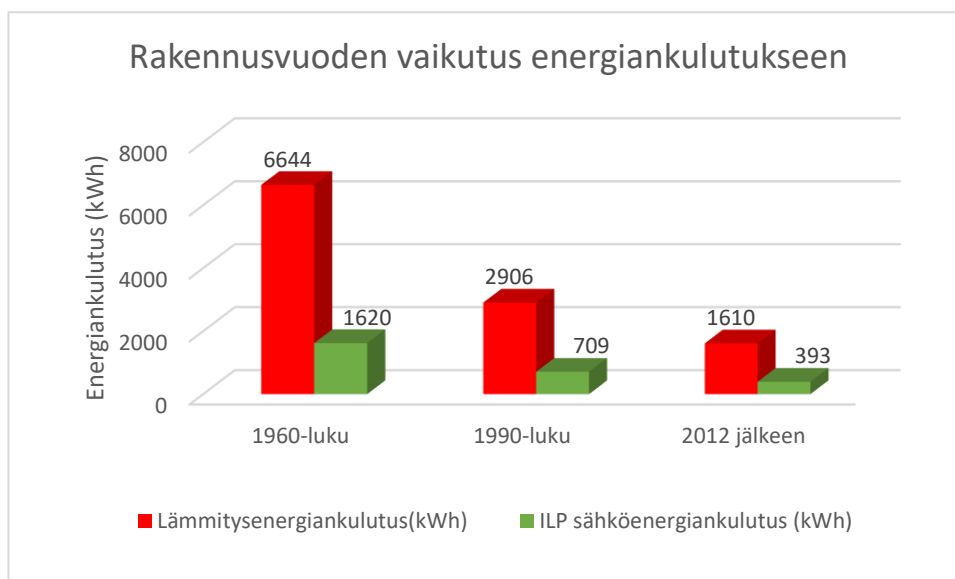
5.4 Sähkön kompensointi lämmityskaudella

Yksittäisen laitteen energiakulutusta voidaan helposti seurata asentamalla laitteen yhteyteen energiamittarin. Energiamittarista nähtäisiin, kuinka paljon ilmalämpöpumppu on kuluttanut ja tämä ilmalämpöpumpulla tuotettu lämpöenergiaan kulunut energiamaksu voitaisiin kompensoida yhteisen yhtiövastikkeen määrästä. Yksi mahdollisuus olisi siis toimittaa tieto ilmalämpöpumpulla lämmitetystä energiasta ja kompensoida säästettyjä kustannuksia kaukolämmityksessä lämmityskaudella. Ilmalämpöpumppu voidaan mitoittaa toimimaan ilman lisälämmitystä tai niin että lisälämmitystä tarvittaisiin vain kovimmilla pakkasilla. Kompensoinnista voitaisiin sopia tapauskohtaisesti ja hyödyntää kompensoinnille luotua suuntaa antavaa taulukkoa, johon olisi laskettu kompensointi erikokoisille asunnoille sekä erilaisilla rakennusmääräyksillä rakennettuihin kerrostaloihin.

6 TULOSTEN KÄSITTELY

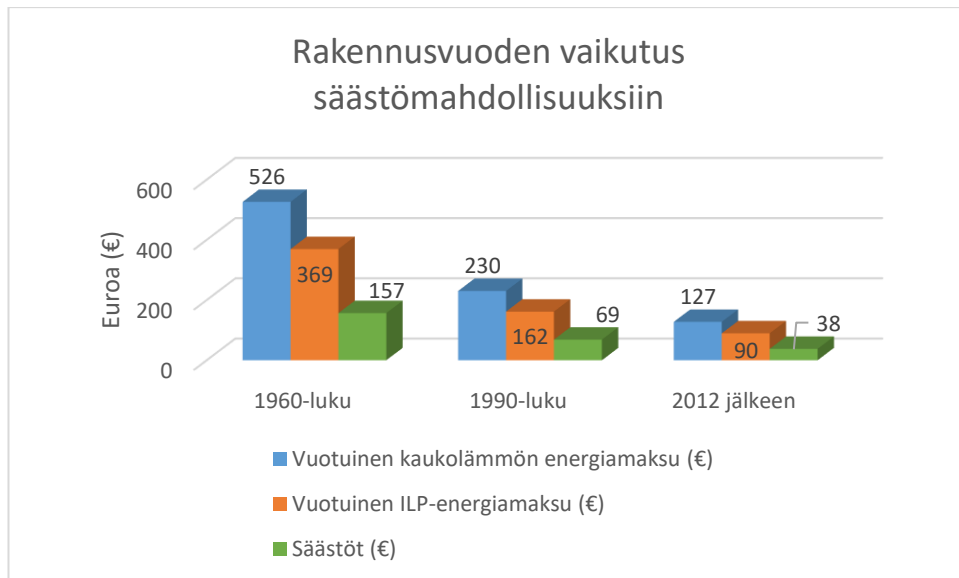
Käydään läpi, millaisia tuloksia asetetuilla lähtöarvoilla saatiin ja mitä näistä voi päätellä. Tutkittiin, miten rakennusvuosi vaikuttaa ilmalämpöpumpulla saataviin säästömahdollisuuksiin sekä tarkasteltiin asunnon koon vaikutusta. Tarkasteluun otettiin mukaan noin 1960-luvun, 1990-luvun ja 2010-luvun kerrostaloasunnot. Tuloksinna tulee huomioida, että tarkastelussa on käytetty juuri nimenomaan rakennusvuodelle olennaisia eristysvaatimuksia. Todellisuudessa monet näistä vanhoista asunnoista on jo peruskorjattu ja lämpöhäviöt ovat pienempiä. Jokainen rakennus on erilainen ja energiankulutusta aidosti tarkasteltaessa täytyy kohteet mitata tapauskohtaisesti. Tulokset ovat laskennallisia, mutta antavat suuntaa antavan kuvauksen asukkaalle siitä, millaisia säästöjä voisi saada.

Kuvaajassa 1 nähdään asunnon rakennusvuoden vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Kerrostaloissa oli 1960-luvulla huomattavasti huonommat eristysvaatimukset ja siksi vanhoissa asunnoissa energiankulutus olisi jopa yli kaksinkertainen 1990-lukuun verrattuna.



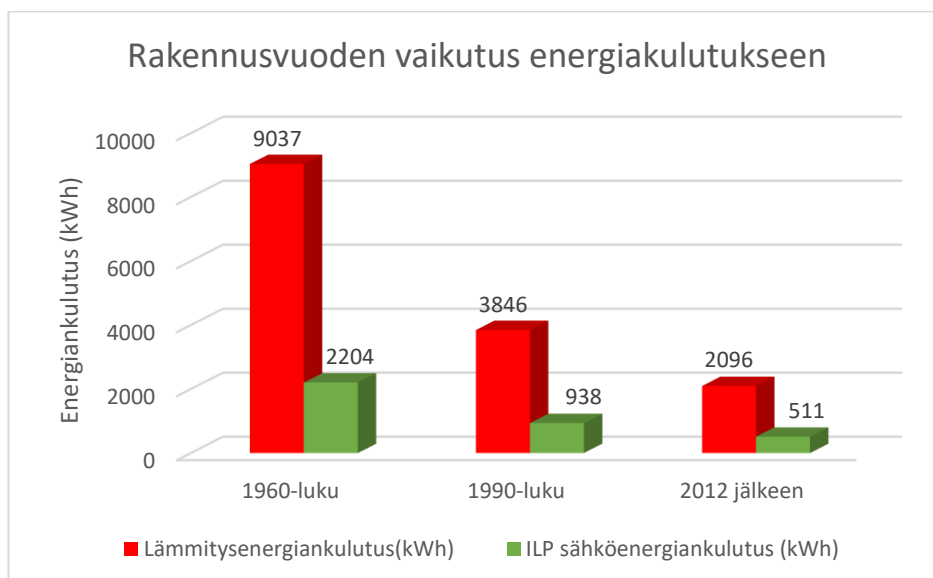
Kuvaaja 1, Rakennusvuoden vaikutus energiankulutukseen 42 neliön asunnossa.

Rakennusvuodesta riippumatta ilmalämpöpumpun avulla saataisiin nähtäviä säästöjä vuosittain. Vuotuinen kaukolämmön energiamaksu 1960-luvun 42 neliön asunnossa olisi 526 €, jolloin ilmalämpöpumpun käyttö tuottaisi 157 € säästöt. Ilmalämpöpumpulla saataisiin siis noin 30 % säästöt.



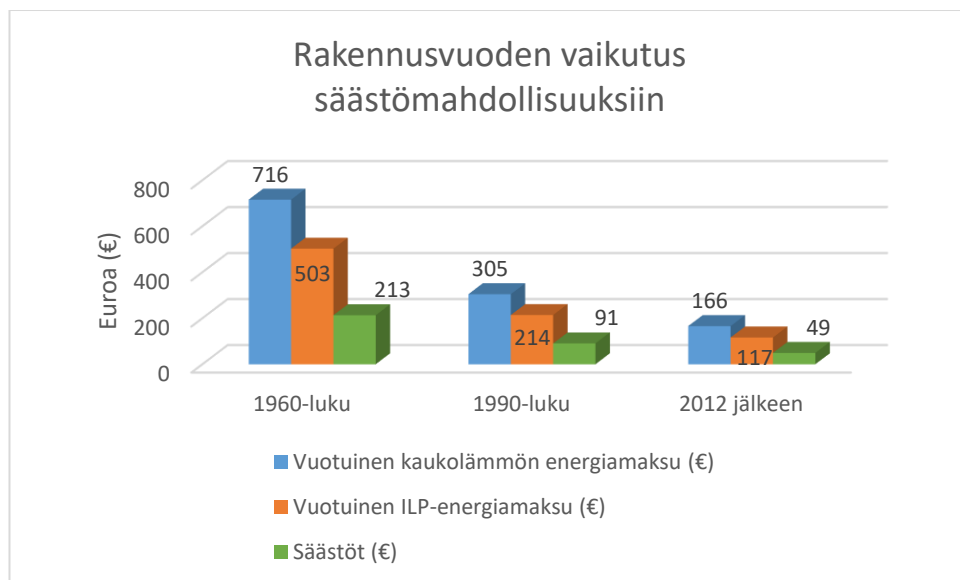
Kuvaaja 2, Rakennusvuoden vaikutus säästömahdollisuuksiin 42 neliön asunnossa.

Isommassa 82 neliön kerrostaloasunnossa, voi lämmitysenergiankulutus olla jo erittäin korkea. Ilmalämpöpumpua hyödyntämällä asunnon energiankulutus saataisiin järkevälle tasolle.



Kuvaaja 3, Rakennusvuoden vaikutus energiankulutukseen 82 neliön asunnossa.

Vuosikustannukseksi 82 neliön 1990-luvun kerrostaloasunnossa tulee sähköenergiankulutuksella 214 €, joten se on 91 € halvempaa, kuin kaukolämmöllä lämmittäminen. Täten myös isommissa asunnoissa oikeankokoisella ilmalämpöpumpulla voitaisiin saada noin 30 % säästöt kaukolämmön hintatasoon verrattuna tämänhetkisillä sähkön hinnoilla.



Kuvaaja 4, Rakennusvuoden vaikutus säästömahdollisuuksiin 82 neliön asunnossa.

Oikean kokoisella ja hyvän SCOP-arvon omaavalla ilmalämpöpumpulla saataisiin yleisesti ottaen noin 30 % säästöt kerrostalon kaukolämpömaksuista. Säästömahdollisuuksiin vaikuttaa oikein mitoitettun ilmalämpöpumpun lisäksi myös sähkön hintataso. Halvempi sähkön hinta aikaansaisi isommat säästöt ilmalämpöpumpun käytöstä.

Tulosten avulla saadaan luotua kompensointiin auttava taulukko, jonka perusteella osakas näkisi millaisia säästöjä tulisi odottaa lämmittävällä ilmalämpöpumpulla. Osakas voi itse katsoa mihin kategoriaan oma asuntonsa kuuluu, tai mikä olisi lähimpänä sitä oikeaa luokkaa hänelle itselleen. Interpoloidaan saatujen tulosten avulla myös kompensointi 1975- ja 2000-luvun asuntoihin sekä näitä vastaaviin 52-, 62- ja 72 neliön asuntoihin (Taulukko 1).

Taulukko 1, Interpolointi kompensointiin eri asuntojen koolle sekä rakennusvuodelle.

	1960	1975	1990	2000	2010
42m ²	156,6 €	112,6 €	68,5 €	53,3 €	38,0 €
52m ²	170,7 €	122,4 €	74,1 €	57,5 €	40,9 €
62m ²	184,8 €	132,2 €	79,6 €	61,7 €	43,7 €
72m ²	198,9 €	142,0 €	85,2 €	65,9 €	46,6 €
82m ²	213,0 €	151,9 €	90,7 €	70,1 €	49,4 €

6.1 Kannattavuus

Laskelmissa käytetään sähkön yksikköhintana tilastokeskuksen ilmoittamaa keskiarvohintaa vuodelta 2022, joka oli 22,8 snt/kWh. Hinta on poikkeuksellisen korkea vallinneen energiakriisin vuoksi ja siksi tulevaisuudessa on hyvin todennäköistä, että investointi ilmalämpöpumppuun on kannattavampaa.

Isompiin kerrostaloasuntoihin tarvittava noin 6kW ilmalämpöpumpun hintaluokka on 1500–2500 € alueella. Pienempien ilmalämpöpumppujen hinta yleensä on alle 1500 €. Hinnoissa ei ole otettu huomioon asennuskustannuksia, jolloin todellinen hinta luonnollisesti on jonkin verran kalliimpi. Jos tarkastellaan tutkimuksen ääripäitä eli 82 neliön asuntoa, joka on rakennettu 1960-luvulla sekä uudempaa 2010-luvun 42 neliön asuntoa ja näiden takaisinmaksuaikoja. Vanha 82 neliöinen asunto vaatisi suuremman ilmalämpöpumpun, joten otetaan sille tarkasteluun hinnaksi 2500 €. Ilmalämpöpumpun avulla saataisiin vuosittain 213 € säästöt, jolloin ilmalämpöpumppu maksaisi itsensä takaisin 11,7 vuodessa tämänhetkisillä sähkön hinnoilla. Pienempi uusi 42-neliön kerrostaloasunto tarvitsisi pienemmän pumpun, joten käytetään sen hintana 1500 €. Ilmalämpöpumppu tuottaa laskelmien perusteella vuosittain pienempään asuntoon 38 € säästöt, jolloin pumppu maksaisi itsensä takaisin 39,5 vuoden kuluttua tämänhetkisillä sähkön hinnoilla.

Taulukko 2, Ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika esitettynä vuosina.

Asunnon koko	42 m ²	82 m ²
Pumpun hinta	1 500 €	2 500 €
Rakennusvuosi	1960	1960
Sähkön hinta snt/kWh	22,8	22,8
Säästöt	157 €	213 €
Takaisinmaksuaika	9,6	11,7

Asunnon koko	42 m ²	82 m ²
Pumpun hinta	1 500 €	2 500 €
Rakennusvuosi	2012	2012
Sähkön hinta snt/kWh	22,8	22,8
Säästöt	38 €	49 €
Takaisinmaksuaika	39,5	51,0

Katsotaan vielä, miten tilanne muuttuisi, jos laskelmat suoritettaisiin hieman inhimillisemmällä sähkön hinnalla. Muut arvot pidetään täysin samana, mutta sähkön hinta vaihdetaan 22,8 snt/kWh ja otetaan uudeksi hinnaksi 12snt/kWh.

Taulukko 3, Ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika esitettynä vuosina, kun sähkön hinta 12 snt/kWh.

Asunnon koko	42 m ²	82 m ²
Pumpun hinta	1 500 €	2 500 €
Rakennusvuosi	1960	1960
Sähkön hinta snt/kWh	12	12
Säästöt	331 €	451 €
Takaisinmaksuaika	4,5	5,5

Asunnon koko	42 m ²	82 m ²
Pumpun hinta	1 500 €	2 500 €
Rakennusvuosi	2012	2012
Sähkön hinta snt/kWh	12	12
Säästöt	81 €	105 €
Takaisinmaksuaika	18,5	23,8

Sähkön hintaa tiputtamalla saadaan takaisinmaksuaikaa laskettua jopa puolella alkuperäisestä ajasta. Sähkön hintaluokalla on erittäin olennainen rooli investoinnin kannattavuuden ja takaisinmaksuajan suhteen. Tuloksista ja kuvaajista voidaan päätellä, että lämmittävällä ilmalämpöpumpulla saataisiin parhaat hyödyt vanhemmista asunnoista, joissa lämmitysenergiankulutus on korkea. Tämä tutkimus keskittyi nimenomaan lämmityskäyttöön ilmalämpöpumpuilla, mutta yleisemmin pumput ostetaan viilennyskäyttöä varten. Täytyy siis muistaa, että pumpusta saadaan hyötyä ja mukavuutta koko vuoden ympäri.

7 POHDINTA

Lämmittävään ilmalämpöpumppuun investointi voi olla kannattavaa tai ei, vähän riippuen siitä millaiseen tilanteeseen pumpun hankkii ja mitä arvostaa elämässä. Joku voi hankkia pumpun ja toivoa siitä rahallista hyötyä, kun taas toinen hankkii pumpun sen vuoksi, että arvostaa siitä saatavaa ympäristöystävällistä ja uusiutuvaa energiaa.

Ilmalämpöpumpulla on vaikea tehdä säästöjä kaukolämmitteisessä asuinkerrostalossa. Kerrostaloasuntoon on mahdollista lisätä lämmittävä ilmalämpöpumppu, mutta tästä saatavia säästöjä saadaan vain, jos kerrostalon lämmönjako on toteutettu asuntokohtaisilla jakotukeilla ja niihin on mahdollista liittää energiamittari. Muutoin lämmitysenergian mittarointi asuntokohtaisesti kerrostalossa on vielä mahdotonta. Mikäli tulevaisuudessa haluttaisiin lämmitysenergiaa mitata asuntokohtaisesti, tulisi uudisrakentamisessa huomioida tämä lämmönjakotapa sekä tilavaraus energiamittarille. Lämmittävä ilmalämpöpumppu on syytä mitoittaa tarkasti oikein, että investointi olisi kannattava ja maksaisi itsensä takaisin mahdollisimman nopeasti. Jatkokysymyksenä tälle työlle voisi olla se, miten tilanne muuttuu, jos kerrostaloa lämmitetään jollain muulla lämmitysmuodolla kuin kaukolämpö ja miten pörssisähkö muuttaa tuloksia. Tutkimusta voisi tehdä myös vielä vanhempiin kerrostaloihin. Lisäksi herää kysymys, että voisiko kerrostalojen lämmitykseen kehittää jonkin uuden lämmönjakomuodon, jonka avulla energiamittaukset saataisiin kerättyä jokaiselta asunnolta.

LÄHTEET

Scanoffice. Ilmalämpöpumppu-opas. URL: <https://www.scanoffice.fi/tuote-ryhma/ilmalampopumput/opas/>. Luettu 09.1.2023.

Vattenfall. Ilmalämpöpumpun käyttö - viilennys, lämmitys s.a. URL: <https://www.vattenfall.fi/ilmalampopumppu/ilmalampopumpun-kaytto/>. Luettu: 11.1.2023.

Tilastokeskus. Energia. Tilastokeskus. URL: https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html. Luettu: 25.1.2023.

Tilastokeskus. Sähkönhinta. URL: https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/table/tableViewLayout1/. Luettu: 19.4.2023

Euroopan Unionin neuvosto. EU:n Fit for 55 -ilmastopaketti tiukentaisi uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden tavoitteita 2021. URL: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/eu-n-fit-for-55-ilmastopaketti-tiukentaisi-uusiutuvan-energian-ja-energiatehokkuuden-tavoitteita>. Luettu: 31.1.2023.

Ilmatieteen laitos. Lämmitystarveluku 2022. URL: https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut?6Q0hW0Ue3EKANmx4TUFVNx_q=y%253D2022. Luettu: 20.3.2023

55-valmiuspaketti. Neuvosto ja parlamentti alustavaan sopuun EU:n päästökauppajärjestelmästä ja sosiaalisesta ilmastorahastosta. URL: <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2022/12/18/fit-for-55-council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-eu-emissions-trading-system-and-the-social-climate-fund/>. Luettu: 2.2.2023.

Theseus Honkanen Jaakko. Ilmalämpöpumppujen lämmitysenergian säästöpotentiaali kerrostalojen lämmityksessä. URL:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/750932/Honkainen_Jaakko.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Luettu: 09.1.2023

Kaukolämpötilastot 2023. URL: <https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilastot>. Luettu: 20.3.2023.

Energiavirasto/Granlund. Lämmityksen ja jäähdytyksen käyttäjäkohtainen mittaaminen ja kustannusten jakaminen. URL: https://energiavirasto.fi/documents/11120570/67261246/Liite1_raportti_l%C3%A4mm%C3%B6n_ja_j%C3%A4hdytyksen_mittaaminen_ja_kustannusjako.pdf/7c316bc9-9a06-2843-4f5e-1aa34c9f8796/Liite1_raportti_l%C3%A4mm%C3%B6n_ja_j%C3%A4hdytyksen_mittaaminen_ja_kustannusjako.pdf?t=1617710383045. Luettu: 20.3.2023

LIITTEET

Liite 1. Lähtötiedot energiatarvelaskentaan (82 neliön asunto)

Huoneet	pituus	leveys	korkeus	m3	m2	
osa 1	9,666667		6	2,6	151	58
osa 2		6	4	2,6	62	24
yht.					213	82

Ikkunat	leveys	korkeus	määrä	m2	
Iso		1	1,2	4	4,8
Pieni	0,4	0,4		2	0,3

Ulko-ovet	leveys	korkeus	määrä	m2	
Ovi	0,9	2,1	1	1,9	

Tavoitesisälämpötila	21
Kylmin ulkolämpötila talvella	-29
Lämpötilaero	50

Astepäiväluku Tampere	4071
-----------------------	------

Liite 2. Energiatarpeen laskentataulukko (82 neliön asunto)

	m2	Energiaa kWh	Tehoa W	1960-luku	U-arvot
Ulkoseinien pinta-ala yht.	63,2	5003,9	2560,7	Ulkoseinä	0,81
Ikkunoiden pinta-ala yht.	5,1	1570,8	803,8	Yläpohja	0,47
Ovien pinta-ala yht.	1,9	579,8	296,7	Alapohja	0,47
Yläpohja	41,0	1882,8	963,5	Ikkunat	3,14
yht.		9037,3	4624,8	Ovet	3,14

	m2	Energiaa kWh	Tehoa W	1990-luku	U-arvot
Ulkoseinien pinta-ala yht.	63,2	1729,7	885,2	Ulkoseinä	0,28
Ikkunoiden pinta-ala yht.	5,1	1050,5	537,6	Yläpohja	0,22
Ovien pinta-ala yht.	1,9	184,7	94,5	Alapohja	0,36
Yläpohja	41,0	881,3	451,0	Ikkunat	2,1
yht.		3846,2	1968,3	Ovet	1

	m2	Energiaa kWh	Tehoa W	2010-luku	U-arvot
Ulkoseinien pinta-ala yht.	63,2	1050,2	537,4	Ulkoseinä	0,17
Ikkunoiden pinta-ala yht.	5,1	500,2	256,0	Yläpohja	0,09
Ovien pinta-ala yht.	1,9	184,7	94,5	Alapohja	0,17
Yläpohja	41,0	360,5	184,5	Ikkunat	1
yht.		2095,6	1072,4	Ovet	1