

Werner Keipi

# Pientalon energiatehokkuuden parantaminen ja energiainvestoinnin kannattavuus

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Syyskuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>				
<b>Tekijä</b> Werner Keipi	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Talotekniikan koulutusohjelma</b>				
<b>Nimeke</b>  Pientalon energiatehokkuuden parantaminen ja energiainvestoinnin kannattavuus					
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia täysin sähkölämmitteisen pientalon energiatehokkuuden parantamista sekä energiainvestoinnin kannattavuutta ja sen vaikutusta talon E-lukuun.</p> <p>Kohteesta oli käytettävissä neljän edellisvuoden sähkön kulutustietoja, joista tilastoja ja Suomen rakennusmääräyskokoelman osia D3 ja D5 hyödyntäen saatiin laskettua rakennuksen ja käyttöveden lämmitämiseen tarvittavat sähköenergian kulutukset. Kulutustietoja käyttäen laskettiin maalämpöpumpulla kertyvät säästöt vuodessa. Kohteeseen suunniteltiin suoran sähkölämmityksen tilalle täysitehoinen maalämpöpumppu sekä vesikiertoinen konvektorilämmitys. Urakoitsijalta saatiin suunnitelmien mukainen tarjous. Investoinnin kannattavuutta laskettiin investoinnin nettonykyarvo-menetelmällä, joka huomioi investoinnin hinnan, kertyvät säästöt, energian hinnankehityksen, lainojen korot sekä inflaation. Tämän lisäksi työssä tutkittiin energiainvestoinnin vaikutusta asunnon E-lukuun. E-luku laskettiin IDA-ICE -nimisellä tietokoneohjelmalla.</p> <p>Investoinnin kannattavuuslaskennassa on käytetty maalämpöpumpun teknistä 25 vuoden käyttöikää takarajana. Laskelmien mukaan investointi on kannattava, vaikka lainojen korot nousisivat merkittävästi nykyisestä tasostaan. Tulee huomioida, että energian hinta on koko ajan kasvamaan päin, ja mitä enemmän energian hinta nousee, sitä kannattavammaksi investointi tulee. Rakennuksen E-luku nousi investoinnin johdosta kaksi luokkaa D:stä B:hen, joka kertoo rakennuksen kokonaisvaltaisesta energiatehokkuuden parantumisesta.</p> <p>Työssä käytetyt arvot ovat vain arvioita ja saadut tulokset laskennallisia, tulokset eivät ole kiveen hakattuja. 25 vuotta on pitkä aika, eikä kukaan pysty tarkasti ennustamaan muun muassa energian hinnan kehitystä tulevaisuudessa.</p>					
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Nettonykyarvo, energiatehokkuus, lämpöpumppu, energiainvestointi.					
<b>Sivumäärä</b> 48 + 3	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b>	<b>URN</b>	Suomi	
<b>Kieli</b>	<b>URN</b>				
Suomi					
<b>Huomautus liitteistä</b>  -					
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Martti Veuro	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Karves Energia & Valvonta Oy, Helsinki				

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>	
<b>Author(s)</b>  Werner Keipi		<b>Degree programme and option</b>	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Single-family home more energy efficient and energy-profitability of the investment			
<b>Abstract</b>  <p>The objective of this thesis was to examine how to improve the energy efficiency of an electrically heated single-family house and the feasibility of the necessary investment and also the impact of the improvement on the E-value (E-luku) of the house.</p> <p>The case house's energy consumption data from the past four years and statistical consumption data as well as National Building Codes D3 2012 and D5 2012 were used to calculate the necessary energy for space heating and hot water heating. These energy consumption values were used to calculate the savings obtainable with a ground source heat pump. Ground source heat pump with water circulating convector heaters were designed to replace the electric heating. Quotation – according to the design plan – was received from a contractor. Economic feasibility of the investment was reviewed with NPV-value, where the price of the investment, the savings, energy price development, interest rates and inflation was taken into account. The impact on the E-value was also studied. E-values were calculated with IDA-ICE – software.</p> <p>Feasibility study was performed for to the 25 years technical lifespan of the ground source heat pump. According to the NPV calculations the investment is feasible even with significant interest rate increases. One should also notice that increasing energy prices will make the investment more feasible. The house's E-value increased two levels from D to B , signifying a comprehensive improvement in the house's energy efficiency.</p> <p>However the initial values used in the thesis are estimates and the results only computational. Also 25 years is a long time and it is impossible to predict e.g. the development of energy prices in future.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Net Present Value, energy efficiency, heat pump, energy Investment.			
<b>Pages</b> 48 + 3	<b>Language</b> English	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>  -			
<b>Tutor</b>  Martti Veuro		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Karves Energia & Valvonta Oy, Helsinki	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	1
2	RAKENNUKSEN LÄMMITYSTARVE .....	4
2.1	Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt .....	4
2.2	Ilmanvaihto.....	5
2.2.1	Painovoimainen ilmanvaihto.....	6
2.2.2	Koneellinen poistoilmanvaihto .....	6
2.2.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto .....	7
2.3	Lämmin käyttövesi.....	7
2.4	Lämpökuormat .....	8
3	PIENTALOJEN ENERGIAA SÄÄSTÄVÄMMÄT RATKAISUT .....	8
3.1	Lämpöpumpun toimintaperiaate .....	9
3.2	Lämpöpumpun hyötysuhde, COP .....	10
3.3	Maalämpöpumppu .....	11
3.3.1	Täysteho .....	12
3.3.2	Osateho .....	13
3.4	Ilmalämpöpumput .....	14
3.5	Ilma-vesilämpöpumppu .....	15
3.6	LTO ja poistoilmalämpöpumppu .....	16
3.7	Aurinkolämpö.....	17
3.7.1	Toimintaperiaate .....	18
3.7.2	Aurinkokeräinten sijoitus .....	19
3.8	Nykyaikaiset LVI-kalusteet ja vanhojen kalusteiden huolto .....	20
3.9	Kulutustottumukset .....	21
3.10	Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen .....	22
3.11	Lämmitysjärjestelmän perussäätö .....	24
4	RATKAISUJEN KUSTANNUKSET SOVITETTAESSA NIITÄ SANEERAUSKOHTEESEEN.....	25
4.1	Kohteen esittely ja suunnittelun perusteet .....	25
4.2	Puhallin- ja matalalämpökonvektorit .....	26
4.3	Tarjouksen sisältö ja hinta .....	27
5	E-LUKU JA ENERGIATODISTUS .....	27
5.1	E-luvun laskennan perusteet .....	29

5.2	Energiatodistuksen myöntäjä .....	31
5.3	Investoinnin vaikutus esimerkkikohteen E- lukuun.....	32
6	MAALÄMPÖPUMPULLA SAAVUTETTAVAT SÄÄSTÖT .....	34
6.1	Investoinnilla saavutettavat säästöt.....	35
7	INVESTOINNIN KANNATTAVUUS ESIMERKKIKOHTEESSA .....	37
7.1	Nettonykyarvomenetelmä.....	38
8	YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET .....	45

#### LIITTEET

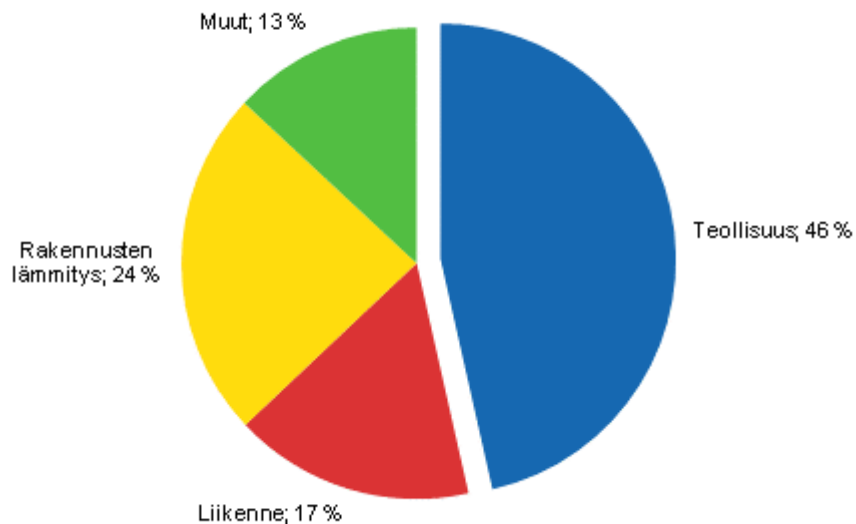
1. Laskelma investoinnin nettonykyarvosta, 5 % korkokannalla
2. Laskelma investoinnin nettonykyarvosta, 12 % korkokannalla
3. Urakkatarjous

## 1 JOHDANTO

Energian hinta on ollut nousussa viimeisten vuosien aikana. Varsinkin sähkön ja öljyn hinnan nousu on ollut huomattavan suurta (kuva 1). Suomen kokonaisenergian kuluksista noin 25 % kuluu rakennuksien lämmittämiseen (kuva 2). Se on huomattavan suuri osuus suomalaisessa kansantaloudessa.



**KUVA 1. Sähkön hintakehitys v. 2006-2011 [1]**



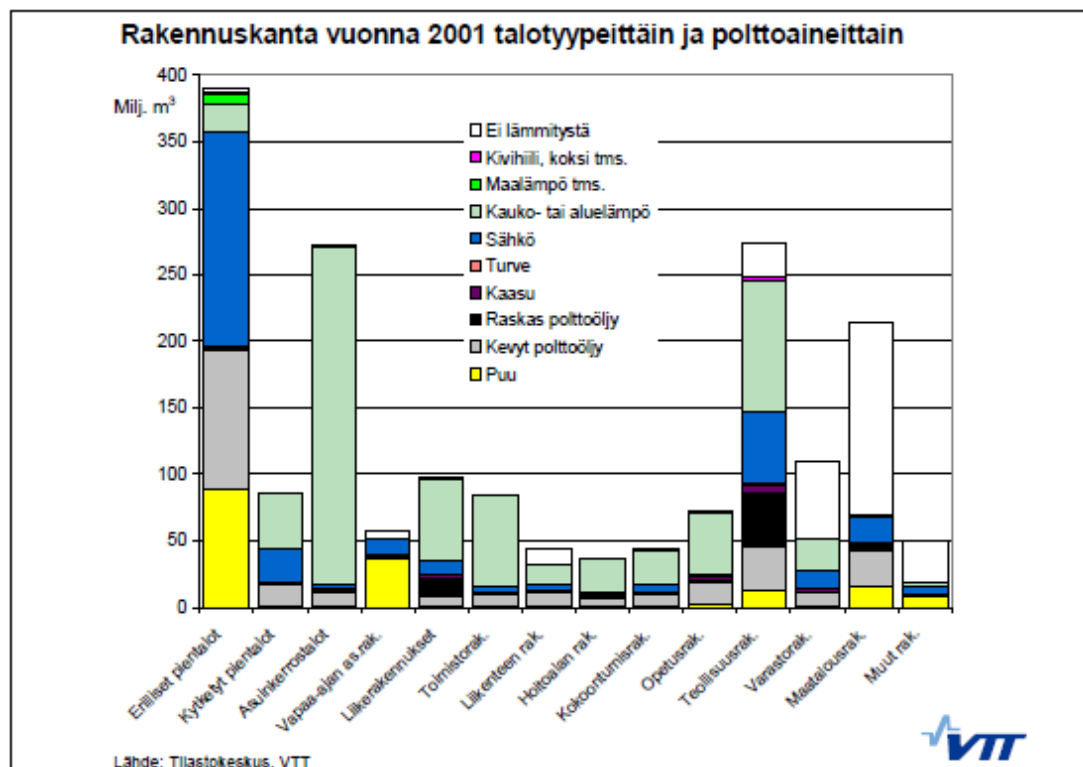
**KUVA 2. Energian loppukäyttö Suomessa sektoreittain [2]**

Oma koti on monen suomalaisen suurin hankinta. Kodeista halutaan pitää hyvää huolta, jotta niiden asumisviihtyvyyks paraneisi ja jälleenmyyntiarvo pysyisi hyvänä.

Lämmityskustannukset ovat rakennuksen suurimmat ylläpitokustannukset. Varsinkin nyt, kun energian hinnat ovat koko ajan kasvamaan päin, ovat monet rakennuksien omistajat alkaneet miettiä markkinoilla olevia energiatehokkaampia lämmitysmuotoja.

Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen on sitouduttu koko Euroopan unionin piirissä. Suomen valtio on sitoutunut vuoteen 2020 mennessä vähentämään kasvihuonepäästöjään 20 % ja samalla lisäämään uusiutuvien energialähteiden osuutta EU-tasolla 38 %. Energiatehokkuuden parantamista ja samalla hiilidioksidipäästöjen vähentämistä varten on kehitetty muun muassa E-luku ja energiatodistus, joka tuli pakolliseksi 1.6.2013 myös kaikkiin vuoden 1980 jälkeen rakennettuihin pientaloihin.

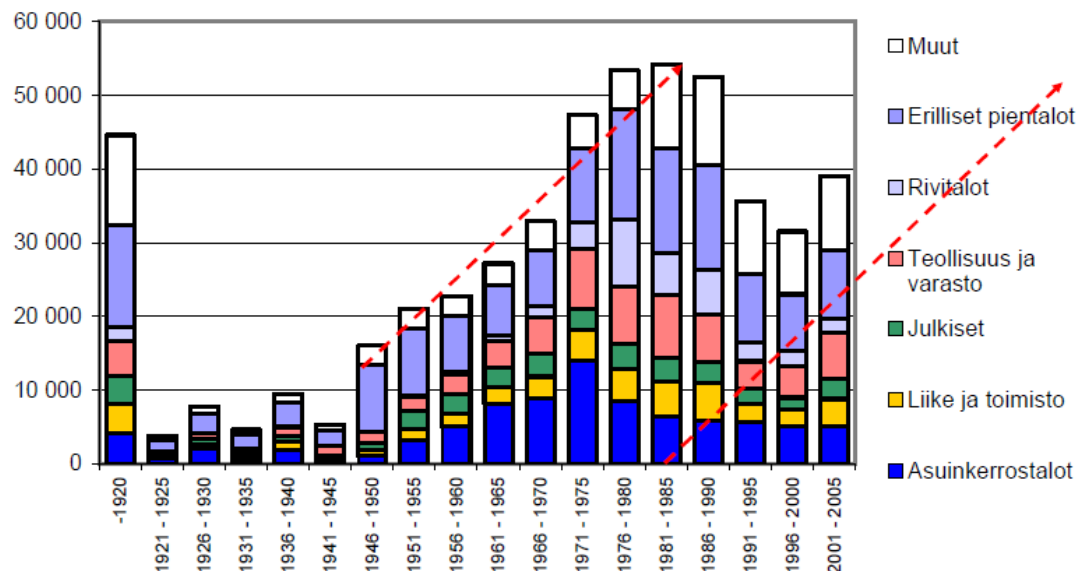
Monet suomalaisista pientaloista lämpiävät sähköllä tai öljyllä (kuva 3). Kyseiset lämmitysmuotoratkaisut olivat suosittuja lämmitysmuotoja 1960 - 1980 -luvulla, jolloin energian hinta oli huomattavasti alhaisempi kuin nykypäivänä. Kyseisten energiamuotojen puolesta puhui myös niiden pienet investointikustannukset, varsinkin sähkölämmityksessä.



KUVA 3. Suomen rakennuskanta 2001 polttoaineittain [3]

Suomen rakennuskanta alkoi kiihtyvällä tahdilla kasvaa sotien jälkeen. Ihmiset muuttivat maalta kaupunkeihin töiden ja paremman elintason perässä, minkä johdosta rakennettiin paljon asuntoja. Suomessa rakennettiin paljon erityisesti 1960- ja 1980-luvuilla pientaloja (kuva 4). Varsinkin 1960- ja 1970-luvuilla rakennettujen pientalojen LVI-tekniikka alkaa olla pian korjauksen tarpeessa. LVI- osien ja -laitteiden tekniset käyttöiät ovat noin 20 - 50 vuotta, muun muassa kupariputkien 40 - 50 vuotta [4, s. 16]. Monet pientalojen omistajat joutuvat peruskorjaamaan talojaan lähivuosina. Peruskorjauksen yhteydessä on syytä miettiä energiatehokkaampia lämmitysmuotoja ja mahdollisesti E-lukua parantavia ratkaisuja.

**Rakennuskannan kerrosala** rakennusten valmistusajankohdan mukaan, yhteensä 510 milj.m<sup>2</sup> vuonna 2005



**KUVA 4. Suomessa valmistuneiden rakennuksien määrä valmistusvuoden mukaan [5]**

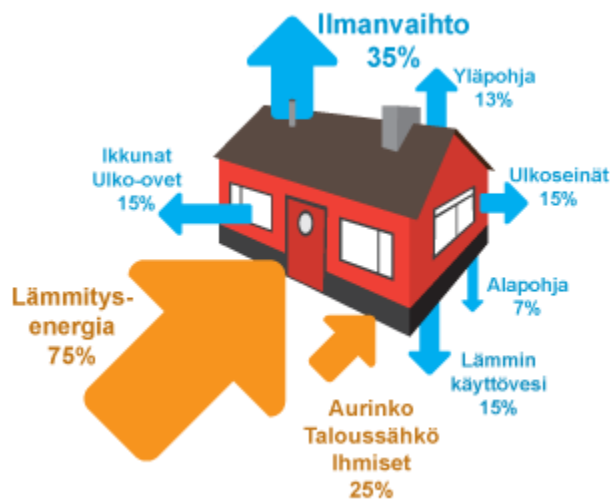
Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuoda tietoa energiaa säästävistä lämmitysmuodoista ja keinoista energiankulutuksen ja E-luvun pienentämiseen pientalossa. Työssä on tarkoitus yhden esimerkkikohteen avulla laskea energiainvestoinnin kannattavuutta, jos sähkölämmityksen vaihtaisi maalämpöpumppuun ja lämmönjako tapahtuisi vesikiertoisten puhallin- ja matalalämpökonvektorien avulla. Esimerkkikohte on 110 m<sup>2</sup> sähkölämmitteinen paritalo Helsingissä. Rakennus on valmistunut 2007. Työssä otetaan kantaa myös mahdollisiin rakennusteknisiin investointeihin, joita lämmitysjärjestelmän muutos tarvitsee. Investoinnin takaisinmaksuaika on tärkeä työkalu mietittäessä investoinnin kannattavuutta. Työn tavoitteena on laskentamalleja käyttäen tutkia investoinnin kannattavuutta kyseisessä kohteessa ottaen huomioon investoinnin han-



kinta- ja ylläpitokustannukset, lainojen korot ja inflaation verrattuna saavutettaviin säästöihin ja näin ollen luoda esimerkki lämmitysjärjestelmän vaihtoa pohtiville. Työn tavoite on myös tutkia, miten E-luku kehittyy edellä mainitun investoinnin ansiosta. E-luvun kehittymistä tutkitaan IDA-ICE- nimisellä tietokoneohjelmalla.

## 2 RAKENNUKSEN LÄMMITYSTARVE

Talon lämmitystarpeeseen vaikuttaa muun muassa talon sijainti, eristeiden paksuus ja laatu, ilmasto-olosuhteet, viereisten asuntojen läheisyys, rakennuksen ja ilmanvaihdon tiiveys, LVI-tekniikan ominaisuudet, ihmisten omat käyttötottumukset ja mahdolliset rakennusvirheet. Talon nettolämmitysenergiantarpeesta noin 75 % katetaan varsinaisella lämmitysenergialla (polttoaineet, sähkö). Loput 25 % tulee ihmisistä, auringon lämmöstä ja kuluttajalaitteista (kuva 5).



**KUVA 5 Rakennuksen lämmitystarpeen syyt [6]**

### 2.1 Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt

Erialaisten rakennusosien lämpöhäviöitä kuvaa rakennusosan U-arvo. U-arvo kertoo, kuinka paljon rakennusosa läpäisee lämpöä yksikössä  $W/m^2K$ . Tämä helpottaa eri rakennusosien vertailua keskenään. Suurimmat U-arvot ovat yleensä ikkunoilla ja ovilla.

Rakennuksen vaippaan kuuluu ylä-, alapohja ja rakennuksen seinät mukaan lukien ikkunat ja ovet. Yleensä järkevimät U-arvojen parannukset koskevat rakennuksen seiniä, ikkunoita, ovia ja yläpohjaa. Niiden U-arvoa on mahdollista parantaa suurempia rakenteita rikkomatta. Yläpohja voidaan eristää ilman, että tarvitsisi rakenteita purkaa. Seinien eristeiden lisäys tai vaihtaminen onnistuu poistamalla seinästä joko ulko- tai sisäverhous, joka toimenpiteenä ei ole kovin suuri. Vaikka ovien ja ikkunoiden pinta-ala suhteessa koko vaipan pinta-alaan on pieni, niiden U-arvot ovat muuta rakennuksen vaippaa huomattavasti huonommat. Vanhojen ikkunoiden lämpöhäviöt voivat olla merkittäviä, koska ikkunat menettävät lämmöneristävyyttä vuosien saatossa. Alapohjan U-arvoa on vaikeampi lähteä parantamaan sen sijainnin takia ja usein alapohja on maata vasten, jolloin rakennuksen sisä- ja ulkolämpötilan ero talven kylmillä hetkilläkään ei ole niin suuri. [7, s. 20].

Yksi rakennuksen vaipan lämpöhäviöistä koostuu rakenteiden kylmäsilloista. Kylmäsillat ovat sellaisia talon vaipan kohtia, joista lämpöä vuotaa ulos selvästi enemmän kuin ympäröivästä rakenteesta. Kylmäsillan kohdalla sisäilman kosteus voi tiivistyä rakenteen pinnalle ja aiheuttaa home- ja lahovaaran. Kylmäsilloja tulee erityisesti nurkkiin sekä seinän ja lattian liitoskohtiin. [8.] Kylmäsilloja voidaan estää huolellisella rakentamisella.

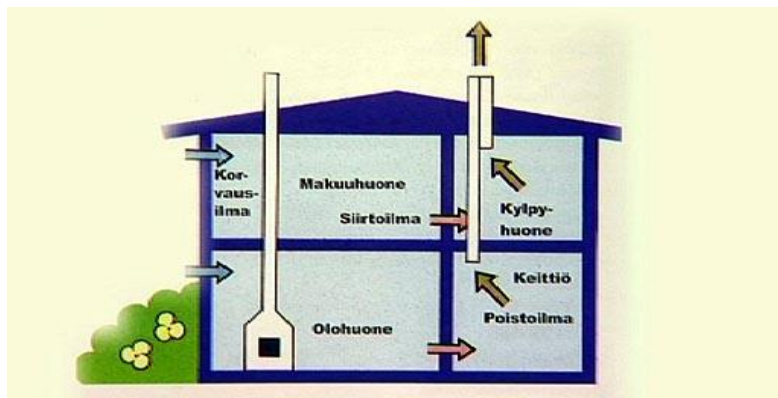
Rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin vaikuttaa myös rakennuksen tiiveys ja tätä kautta rakennukseen vuotoilma. Vuotoilma on rakennuksen vaipan läpi kulkeutuvaa hallitsematonta ilmaa. Talvella kylmä ja suodattamaton ilma kulkeutuu sisälle rakennuksiin lisäten lämmityskustannuksia. Kuten kylmäsillat, vuotoilmaa voidaan tehokkaasti estää huolellisella ja tarkalla suunnittelulla ja rakentamisella.

## **2.2 Ilmanvaihto**

Ilmanvaihdon osuus koko rakennuksen lämmitystarpeesta on noin 35-40 % (kuva 5). Ilmanvaihto on tärkeä osa rakennuksissa asumista. Se luo asumisviihtyvyyttä asuintiloihin ja estää mm. rakenteiden kosteusongelmia.

### 2.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Varsinkin vanhoissa ennen 1970 - 1980- lukuja rakennetuissa taloissa on painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta perustuu ilman lämpötila- ja sitä kautta tiheyseroihin (kuva 6). Kesällä lämpötilat rakennuksen sisällä ja ulkona ovat kutakuinkin samat, jolloin sisä- ja ulkoilman välillä ei ole voimaa, joka liikkaisi ilmaa rakennuksen sisältä ulos. Talvella ulkolämpötila on huomattavasti kylmempää verrattuna sisälämpötilaan. Talvella lämmin sisäilma liikkuu, välillä turhanakin tehokkaasti, ulos. Kylmä ja suodattamaton korvausilma rakennukseen tulee ikkunoiden ja ovien raoista. Ilmanvaihdon korvausilmaa ei tule sekoittaa rakennuksen vuotoilmaan.



KUVA 6. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate [9]

### 2.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto alkoi yleistyä 1970- luvulla. Koneellinen poistoilmanvaihto on nimensä mukaisesti koneella vaihdettua ilmaa. Perusperiaate on se, että rakennuksesta poistetaan ilmaa katolla olevilla huippuimureilla. Korvausilma tulee, samaan tapaan kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa, korvausilmaventtiileistä tai rakennusvaipan pienistä raoista. Koneellisen poistoilman ero painovoimaiseen on se, että se toimii läpi vuoden samalla tavalla. Talvella koneellisella poistoilmanvaihdolla pystytään säätämään poistuvan ilman määrää ja näin estämään tarpeeton ilmanvaihtuminen. Kesällä ilma vaihtuu ulkolämpötiloista huolimatta. Ilmanvaihdon lämmitystarve syntyy, kun ulkoa tuleva korvausilma täytyy lämmittää ja huoneenlämpöinen poistoilma johdetaan rakennuksesta ulos.

### 2.2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneiden ja laitteiden kehittyessä ja energiamääräysten kiristytessä markkinoille tuli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Perusidea on se, että ilma poistetaan ja tuodaan rakennukseen hallitusti ilmanvaihtokoneella. Koneelliset tulo- ja poistoilmalaitteet ovat varustettu lämmöntalteenottolaitteilla. Lämpimästä poistoilmasta, ennen sen johtamista ulos, otetaan lämpöenergiaa talteen siirtämällä sitä kylmään tuloilmaan. Kun korvausilma tuodaan koneella kanavia pitkin hallitusti rakennuksen sisälle suodatettuna ja lämmitettynä, ei korvausilmaventtiileitä tarvita. Vaikka ulkoa otettua ilmaa pysytetään lämmittämään lämmöntalteenottojärjestelmällä tuloilmaa joudutaan lisälämmitämään lämmöntalteenoton jälkeen kylminä jaksoina talvella.

### 2.3 Lämmin käyttövesi

Nykypäivänä lämmin käyttövesi on perusmukavuus jokaisessa asuinrakennuksessa Suomessa. Suomessa veden hinta on noin 3-5 €/m<sup>3</sup> jätevesimaksuineen. Kyseinen hinta ei sisällä veden lämmityksestä aiheutuvia kuluja, jotka energian hinnan kasvaessa kasvavat koko ajan suuremmiksi ja suuremmiksi. Käyttöveden lämmityksen osuus koko rakennuksen lämmitysenergiasta voi olla jopa 25 %.

Suomalaisten tyypillinen vedenkulutus on 90 - 270 litraa/asukas vuorokaudessa. Keskimäärin jokainen suomalainen käyttää vettä 155 l/vrk. Vedenkulutuksen tavoitetaso on noin 130 litraa vuorokaudessa/asukas. Lämpimää vettä käytetään keskimäärin 40 - 50 l/vrk henkilöä kohden. [10.] Eniten vettä kuluu peseytymiseen (kuva 7). Jo 5 minuutin mittainen suihku kuluttaa 60 litraa vettä.



**KUVA. 7 Keskimääräinen veden kulutus asuinrakennuksessa [10]**

Lämmin käyttövesi joudutaan lämmittämään 5 °C asteesta yli 55 °C. Tämä vaatii lämmitysenergiaa. Kun vesi on käytetty, se johdetaan viemäreitä pitkin jäteveden käsitteilylaitokselle ilman, että lämpöä olisi otettu talteen.

## **2.4 Lämpökuormat**

Aurinko, ihmiset ja sähkölaitteet kattavat noin 20 - 25 % rakennuksen lämmitysenergiatarpeesta. Aurinko lämmittää keväisin ja syksyisin, kun rakennuksessa on vielä lämmitystarvetta. Auringon lämpöä tulee rakennukseen suoraan ikkunoiden kautta, mutta aurinko lämmittää myös rakennuksen vaippaa, joka pienentää lämmityksentarvetta. Ihminen tuottaa istuessaan noin 110 - 120 W teholla lämpöä. Sähkölaitteet, esimerkiksi valot, jääkaapit ja pakastimet tuottavat lämpöä toimiessaan.

## **3 PIENTALOJEN ENERGIAA SÄÄSTÄVÄMMÄT RATKAISUT**

Suomi on sitoutunut pienentämään kaasuhuonepäästöjään, joka näkyy kiristyvinä energiamääräyksinä. Toisaalla energian hinta on noussut huomattavasti lähivuosien aikana. Nämä kaksi syytä laittavat jokaisen pientalon omistajan miettimään energiaa säästävempiä ratkaisuja. [1.]

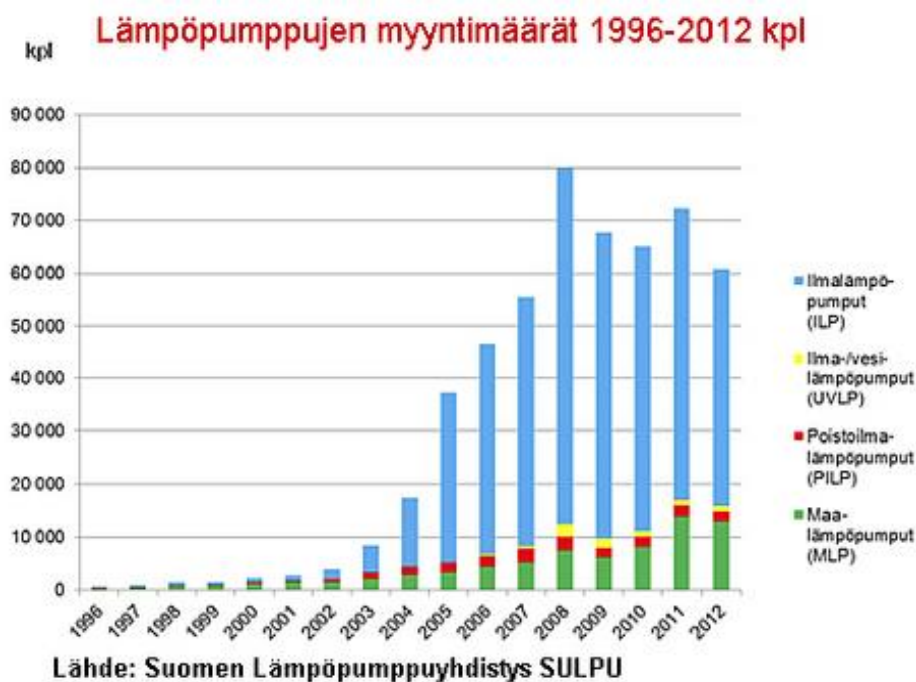
Kehitys on mennyt eteenpäin ja vanhoja ideoita ja ratkaisuja on pystytty kehittämään. Tekniikan kehittyessä ja ratkaisujen yleistyessä investointikustannukset laskevat, jolloin uudet ratkaisut alkavat kiinnostaa entistä enemmän tavallista pientalon omistajaa.

Paremmen energiatehokkuuden saavuttamiseksi rakennusta täytyy ajatella kokonaisuutena. Vanhoissa taloissa eristeitä parantamalla, ikkunoiden uusimisella ja energiatehokkaampaan lämmitysmuotoon investoimalla saadaan huomattavasti paljon paremmat tulokset aikaan kuin pelkästään esimerkiksi maalämpöpumppuun investoimalla. Monet energiaa säästävät mallit ovat eri ratkaisujen yhdistelmiä. Maalämpöpumpun rinnalle asennetaan aurinkokeräin tai vanhan öljy- tai sähkölämmityksen rinnalle ilmalämpöpumppu ja vaipan eristävyttä parannetaan.

Työssä rajataan pois puunpolttojärjestelmät päälämmityslähteenä, kuten puu- tai pellettijärjestelmät. Puunpolttojärjestelmät päälämmityslähteenä vaativat suuret varastointitilat ja enemmän huoltoa ja kunnossapitoa sekä ne ovat työlämpiä käyttää.

### 3.1 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumpun periaate on hyvin vanha keksintö (1700-luku). Maalämpöpumppu on ollut kauan maailmalla viilennyskäytössä. Tunnetuin lämpöpumppusovellus on jääkaappi. Lämpöpumppua on käytetty enimmäkseen jäähdytykseen ja vasta viime vuosikymmeninä sitä on ruvettu käyttämään myös lämmitykseen. 1970 - 1980 -lukujen energiakriisin seurauksena lämpöpumput yleistyivät Suomen pientalojen lämmitysjärjestelmissä, mutta innostus lämpöpumppuihin loppui epäonnistuneiden järjestelmäratkaisujen seurauksena varsin nopeasti. 1990-luvun lopulla lämpöpumput alkoivat nosta suosiotaan ja niiden menekki kasvoi nopeasti vuosi vuodelta (kuva 8). [11, s 4.]

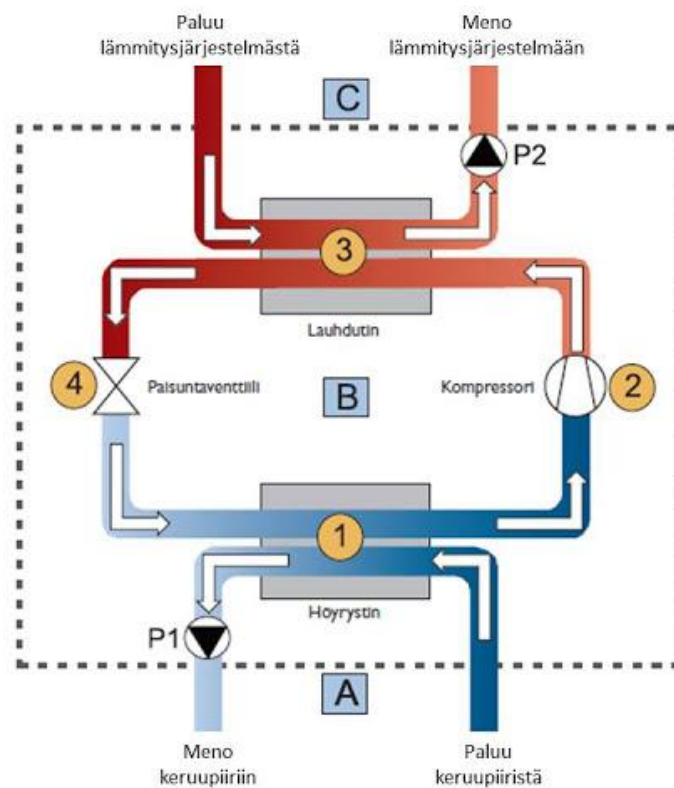


**KUVA 8. Lämpöpumppujen myynti Suomessa v. 1996-2012 [12]**

Kaikkien lämpöpumppujen (ilmalämpö-, maalämpö-, ilma-vesi-, poistoilmalämpöpumppu) toimintaperiaate on sama. Pumput hyödyntävät ”ilmaisenergiaa”, jota ne keräävät joko ilmasta, rakennuksen poistoilmasta, maasta tai järven pohjasta.

Pumppujen toimintaperiaate on yksinkertainen. Ilmaisenergia höyrystää lämpöpumpun lämmönsiirtimessä (=höyrystin) kiertävän kylmäaineen. Kylmäaine on kehitetty

eri ainesosista sellaiseksi yhdisteeksi, joka höyrystyy n. 0 - 8 °C, yhdisteestä riippuen. Lämmönkeruupiirin nesteseos on 30-prosenttista etanoliliuosta, jonka pakkasenkestävyys on noin -19 °C [13]. Höyrystynyt kylmäaine johdetaan kompressorille. Kompressor nostaa höyryn painetta puristamalla sen pienempään tilaan. Kun höyryn painetta nostetaan, sen lämpötila nousee. Lämmennyt kylmäainehöyry johdetaan toiselle lämmönsiirtimille (=lauhdutin), jossa se luovuttaa lämpönsä rakennuksen käyttöveteen tai lämmitysjärjestelmään. Luovuttaessaan tarpeeksi lämpöä, höyry tiivistyy takaisin nesteeksi. Paisuntaventtiili laskee nesteeksi tiivistyneen kylmäaineen painetta samalla laskien sen lämpötilaa. Tämän jälkeen kierto alkaa alusta (kuva 9).



**KUVA 9. Lämpöpumppujen toimintaperiaate. Katkoviivan sisään jäävä alue käsittää lämpöpumpun [14, s 11]**

### 3.2 Lämpöpumpun hyötysuhde, COP

Teoreettisesti paras lämpökerroin eli COP (Coefficient Of Performance) kertoo lämpöpumpun hyötysuhteen, eli kuinka paljon lämpöpumpulla saadaan tuetttua lämpöä suhteessa sähkömäärään, joka tarvitaan pyörittämään kompressoria ja muita apulaitteita. Esimerkiksi jos lämpöpumpun sisäyksikkö tuottaa talon lämmitykseen 3 kWh ja kompressor ja puhaltimet ottavat sähköverkosta yhteensä 1 kWh, on lämpöpumpun

lämpökerroin 3. Lauhduttimesta hyödyksi saatava lämpö on höyrystimessä sitoutuneen lämmön ja kompressorin tekemän työn summa. [11, s. 6.]

COP lasketaan kaavalla 1. Kuten kaavasta 1 voidaan todeta, sitä edullisempaa on mitä pienempi lauhtumislämpötila on ja mitä suurempi on höyrystymislämpötila. Tämä tarkoittaa sitä, että lämpöpumput ovat omiaan matalalämpökohteissa. Lämpöpumpun lämpökerroin huononee sitä mukaa, mitä korkeammaksi lämpöpumpun kompressori joutuu nostamaan lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen lämpötilaa. Kompressori joutuu tekemään enemmän töitä tarvittavan lämpötilan saavuttamiseksi ja häviöiden määrä lisääntyy.

$$\text{COP}_c = \frac{T_L}{T_L - T_H} \quad (1)$$

jossa,

$\text{COP}_c$	lämpöpumpun lämpökerroin
$T_L$	lauhtumislämpötila
$T_H$	höyrystymislämpötila

Huomioitava seikka on se, että lauhtumis- ja höyrystymislämpötilat muuttuvat vuoden aikana koko ajan. COP kuvaa aina yhtä tiettyä lauhtumis- ja höyrystymislämpötilan eron lämpökerrointa. Ilmalämpöpumpun COP ei kerro koko totuutta, +7 °C asteessa lämpöpumpun COP voi olla yli 4, kun taas -7 °C COP voi olla ainoastaan 1,2. Lämpöpumppua valittaessa tulee aina huomioida sen sopivuus Suomen talvisiin olosuhteisiin. SPF-kerroin (Seasonal performance factor) kuvaa enemmän lämpöpumpun toimivuutta, koska se kertoo lämpöpumpun keskimääräisen lämpökertoimen. [11, s 8.] Maalämpöpumpun keruupiiri sijaitsee maassa, jossa lämpötilan vaihtelut eivät ole kovin suuria vuoden aikana, joten ulkolämpötilan vaihtelut eivät vaikuta maalämpöpumppuun niin paljon kuin esimerkiksi ilmalämpöpumppuun.

### 3.3 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu kerää nimensä mukaisesti lämpöenergiaa maasta. Lämpöä kerätään keruuputkilla, jotka ovat asennettu joko porakaivoon, maahan noin 1-3 m syvyyteen tai vesistöjen pohjaan.



Maa- ja kallioperän pintaosiin varastoitunut lämpöenergia on peräisin pääosin aurin-gosta. Syvemmillä kallioperässä lämpöenergia on taas pääosin radioaktiivisten ainei-den hajoamisesta peräisin olevaa geotermistä energiaa. Suomessa maa- ja kallioperän pintaosien vuotuinen keskilämpötila on keskimäärin kaksi astetta vuotuista keskiläm-pötilaa korkeampi ja se vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Maanpinnan kes-kilämpötila vaihtelee vuosittain ilmalämpötilan mukaan, mutta vakiintuu Suomessa noin 14 - 15 metrin syvyydessä 5 - 6 asteeseen. Syvemmillä geotermisen energia nos-taa lämpötilaa keskimäärin 0,5-1 astetta / 100 m. Näin ollen maan eteläosissa kalliope-rän lämpötila on noin 6 - 8 °C. [14, s 7.]

Kuten edellä todettiin, lämpöpumput, maalämpöpumppu mukaan lukien, toimivat par-haiten, kun kylmäaineen höyrystymis- ja lauhtumislämpötilan ero on mahdollisimman pieni. Tämä tarkoittaa sitä, ettäärkevin lämmönjakotapa maalämpöpumpun kanssa on vesikiertoinen lattialämmitys tai nykyaikaiset matalalämpöpatterit. Vesikiertoisen lattialämmityksen toimintalämpötilat ovat huomattavasti alhaisemmat kuin patteriver-koston toimintalämpötilat. Lattialämmitysjärjestelmä toimii alhaisella lämpötilalla, esimerkiksi lattialämmitysjärjestelmän tavoiteltava menoveden lämpötila on 35 °C, kun perinteinen patterilämmitysjärjestelmä vaatii 55 °C menoveden lämpötilan. [15, s. 6.] Yleensä patteriverkosto on mitoitettu niin, että menoveden lämpötila on 60 °C ja paluueden lämpötila on 40 °C, vanhoissa rakennuksissa patteriverkoston lämpötilat voivat olla menovesi 80 °C ja paluuvesi 60 °C. Lämmin käyttövesi täytyy aina läm-mittää yli 55 °C [16].

### **3.3.1 Täysteho**

Maalämpöpumpun mitoituksessa tulee usein esille kysymys, tehdäänkö täys- vai osa-teho mitoitus. Täystehomitoituksessa lämpöpumppu mitoitetaan siten, että se kattaa koko rakennuksen lämmitystehontarpeen läpi vuoden.

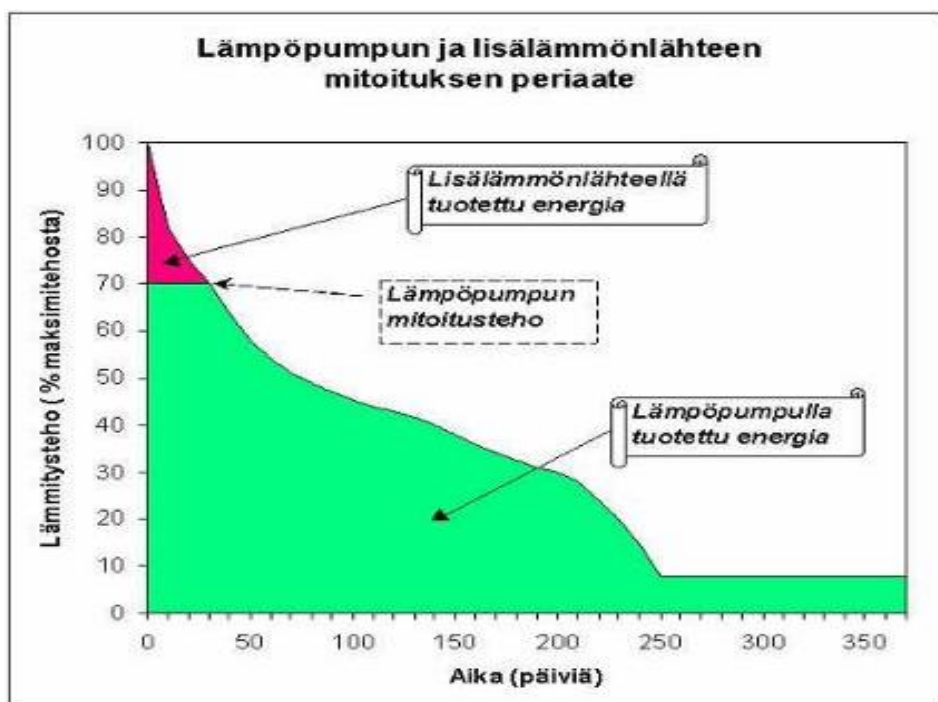
Täystehopumpun koko kapasiteettia tarvitaan kuitenkin ainoastaan lyhyinä ajanjak-soina talvikuukausina, jolloin lämpöpumpuilla on ylikapasiteettia suurimman osan vuotta. Koska lämpöpumppu on hankintakustannuksiltaan kallis ja energiakustannuk-siltaan halpa lämmitysratkaisu, ei sitä kannata mitoitaa suurimmalle lämmöntarpeelle.

Täystehopumppu toimii täydellä teholla vain muutamia kymmeniä tunteja vuodessa. Muuten pumppu toimii katkonaisesti. Täystehomitoitetun pumpun yhteyteen on hyvä asentaa puskurivaraaja, jotta lämpöpumppu ei käynnistyisi lauhalla kelillä liian usein. Käynnistykset kuluttavat kompressoria eniten. [17, s. 17.]

Täystehopumppu olisi kuitenkin kokonaisuutta ajatellen todennäköisesti järkevämpi ratkaisu kuin osatehopumppu. Mitoitus täysteholle vähentäisi päästöjä suuruusluokkaa 15 %. [18.] Rakennuksen pääsulakkeen koko on pienempi kuin osatehomitoituksessa, koska rakennuksen sähkön huipputehon tarve on pienempi. Täystehomitoituksessa maalämpöpumpulla katetaan koko lämmitystehontarve, joten sähkövastuksilla ei tarvitse lämmittää ollenkaan. Sähkön perusmaksu määräytyy energiayhtiöittäin rakennuksen pääsulakkeen koon mukaan. Esimerkiksi Turun Energian sähkön perusmaksu määräytyy pääsulakkeen koon mukaan, kun taas Helsingin Energian sähkön perusmaksu on sama aina pääsulakekokoon 3 x 63 A asti.

### 3.3.2 Osateho

Osatehomitoituksessa maalämpöpumppu mitoitetaan yleensä noin 60 - 80 % suuruudelle verrattuna laskennalliseen huipputehontarpeeseen, jolla tuotetaan laskennallisesti noin 95 - 99 % vuotuisesta energiantarpeesta (kuva 10) [13]. Osatehomitoituksella pystytään kattamaan suurin osa pientalojen lämmitysenergiantarpeesta, koska kylmimpiä pakkasjaksoja on verrattain vähän vuodessa.



**KUVA 10. Osatehomitoituksen periaate [19]**

Osatehmitoitettun maalämpöpumpun lisälämmitystarve sähköllä ajoittuu kylmimpiin pakkasjaksoihin vuodessa, jolloin sähköntarve on muutenkin jo suurinta. Sähköenergiasta voi maksaa erilaista hintaa sen mukaan, mihin aikaan sähköä käyttää. Sähkön hinnoissa on eroja siksi, että sähköenergiaa voidaan tuottaa halvemmallalla silloin, kun sähkön käyttö on vähäisempää, esimerkiksi öisin tai kesällä. [20.] Osatehmitoituksen haittapuoli on se, että sähkön hinta on kalleimmillaan ja Suomen sähköverkkoa rasitetaan eniten silloin, kun maalämpöpumppu tarvitsee lisälämmitystä sähköllä. Sähköllä lämmittäminen silloin, kun sähkön hinta on kalleimmillaan, ei ole pitkällä tähtäimellä taloudellisesti järkevää.

### 3.4 Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppu hyödyntää ulkoilman ilmaisenergiaa ja siirtää sitä suoraan sisäilmaan. Melko pienellä investoinnilla voidaan vähentää lämmityskustannuksia tuntuvasti. Ilmalämpöpumppu itsessään maksaa maalämpöpumppua vähemmän ja sen asentaminen on helpompaa ja edullisempaa. Ilma-ilmalämpöpumppu on täydentävä lämmitysjärjestelmä päälämmitysjärjestelmälle. [21, s. 3.]

Ilmalämpöpumppu koostuu kahdesta pääkomponentista: sisä- ja ulkoyksiköstä. Ulkoyksikkö (kuva 11) kerää ulkoilmasta lämpöä (höyrystin) ja sisäyksikkö luovuttaa lämpöä (lauhdutin), yleensä puhaltimien avulla, kierrättäen lämmitettävää sisäilmaa.



**KUVA 11. Ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö [22]**

Ilmalämpöpumppu soveltuu alentamaan lämmityskustannuksia syksyisin ja keväisin ja/tai aina silloin, kun ulkolämpötila on korkeampi kuin  $-10\text{ °C}$  [23]. Ilmalämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa alle  $-10\text{ °C}$ , jolloin pumpussa kiertävän kylmäaineen höyrystymis- ja lauhtumislämpötilojen erot kasvavat kohtuuttoman suuriksi.

Ilmalämpöpumpun sisäyksikössä oleva puhallin kierrättää lämmitettävää sisäilmaa. Lämpö leviää puhaltimen avulla tehokkaasti joka puolelle lämmitettävää tilaa. Useimmissa malleissa puhaltimissa on useita tehoportaita, jonka tarkoituksena on vähentää vedon tunnetta ja puhaltimesta tulevia ääniä pienemmän lämmöntarpeen aikana. [23.]

Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää kesällä myös tilojen jäähdyttämiseen. Jo muutama asteen viilennys kesän kuumimmilla jaksoilla lisää asumisviihtyvyyttä merkittävästi. Taloa ei kuitenkaan kannatta jäähdyttää ympäri vuorokauden tai silloin, kun rakennus on tyhjillään. Jäähdytystä varten lämpöpumpun koneisto käännetään toimimaan toiseen suuntaan, jolloin sisäyksikkö jäähdyttää sisäilmaa ja ulkoyksikkö poistaa lämmön ulos. [23.]

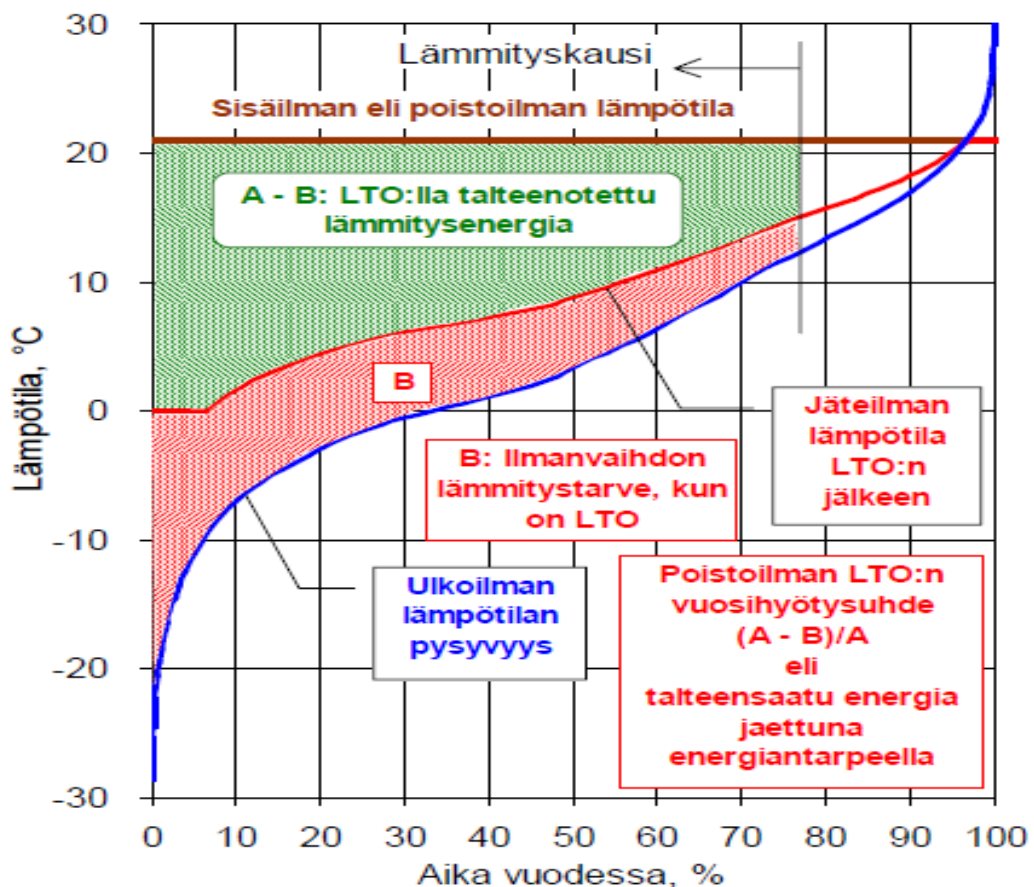
### **3.5 Ilma-vesilämpöpumppu**

Ilma-vesilämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin ilmalämpöpumppu. Se siirtää lämpöenergiaa ulkoilmasta käyttö- tai lämmitysverkoston veteen. Sitä ei voida käyttää sisäilman jäähdyttämiseen. Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan säästää noin 40 -60 % lämmitysenergiakustannuksista suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Säästö riippuu lämmitysenergian tarpeesta, lämpöpumpun mitoituksesta ja lämmönjakojärjestelmästä. Myös maantieteellinen sijainti vaikuttaa säästöihin. [21.] Ilma-vesilämpöpumppu on hankintakustannuksiltaan maalämpöä edullisempi vaihtoehto. Ilma-vesilämpöpumpulla ei voida hoitaa koko talon lämmitystarvetta, se tarvitsee kylmimpiä aikoja varten lisälämmitysjärjestelmän. [24.]

### 3.6 LTO ja poistoilmalämpöpumppu

Ilmanvaihdolla pyritään saamaan rakennukseen terveellinen ja viihtyisä sisäilma. [25]. Ilmanvaihdon tehtävä on poistaa rakennuksen sisällä syntyviä epäpuhtauksia ja kosteutta: peseytyminen, ruuanlaitto ja ihmisistä lähtevä kosteus. Kosteutta poistetaan, jotta sitä menisi rakennuksen rakenteisiin vahingoittaen niitä.

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä yleistyi 1980-luvulla. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, varustettuna lämmöntalteenotolla, tuo huomattavia säästöjä rakennuksen energiankulutukseen (kuva 12). Tekniikka on mennyt eteenpäin ja nykyajan lämmöntalteenottojärjestelmät ovat paljon kehittyneempiä kuin alkuaikojen järjestelmät.



KUVA 12. LTO:n vaikutus [26]

Taloissa, joissa on pelkästään koneellinen poistoilmanvaihto, lämmin, yli 20 °C sisäilma puhalletaan ulos ilman, että siitä otettaisiin lämpöenergiaa talteen. Koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään asennettava lämmöntalteenotto ja siihen liitetty

poistoilmalämpöpumppu säästävät noin 40 % ostoenergiasta verrattuna suoraan sähkölämmitykseen [27].

Poistoilmalämpöpumppu toimii samalla tavalla kuin muutkin lämpöpumput. Se kerää ilmaislämmön poistoilmasta. Lämmin sisäilma johdetaan kanavia pitkin lämmöntalteenottoyksikön läpi, jossa poistoilmasta otetaan lämpöenergiaa talteen. Lämmöntalteenottojärjestelmästä lämpö siirretään putkia pitkin poistoilmalämpöpumpun höyrystymille, jossa poistoilmalämpöpumpun kylmäaine höyrystyy. Poistoilmalämpöpumppu nostaa kompressorin avulla höyrystyneen kylmäaineen lämpötilaa. Lämpö siirretään rakennuksen käyttö- ja lämmitysveden lämmittämiseen lauhduttimen avulla. Mitä kylmemmäksi jäteilma kyetään jäähdyttämään, sitä korkeampi lämpökerroin laitteella saadaan. Parhailta laitteilla saavutetaan  $-15\text{ °C}$  jäteilman lämpötila. Järjestelmä vaatii, että ilmaa vaihdetaan aina riittävästi, noin 0.5 kertaa talon ilmatilavuus tunnissa. [27.]

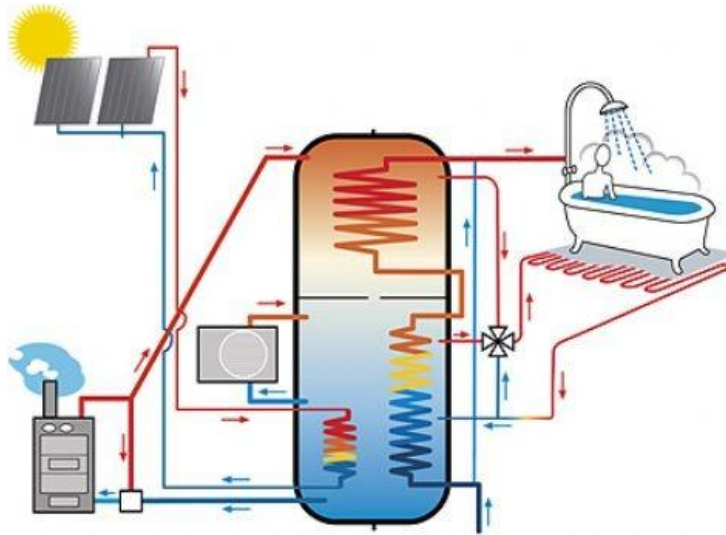
### 3.7 Aurinkolämpö

Aurinko on ehtymätön energianlähde. Suomen oloissakin auringosta saadaan energiaa niin paljon, että sitä voidaan hyödyntää. Lämpöä ja sähköä syntyy lähes ilman hiilidioksidipäästöjä ja itse energia on ilmaista. Pimeästä talvesta huolimatta auringonsäteilyn määrä Suomessa on lähes samaa luokkaa kuin Keski-Euroopassa, kuten esimerkiksi Saksassa, missä aurinkoenergiaa hyödynnetään paljon. Etelä-Suomessa jokainen neliometri vastaanottaa vuoden aikana vaakatasossa laskettuna noin 1000 kWh auringon säteilyä. Aurinkolämpö sopii yhteen lähes minkä tahansa muun lämmitysjärjestelmän kanssa. [28.] Aurinkolämpö ei riitä yksin lämmittämään asuinrakennusta Suomessa johtuen Suomen pitkästä talvesta. Aurinkolämpöjärjestelmää voidaan käyttää päälämmönlähteenä joissakin huviloissa tai kesämökeissä.

Kesäaikaan, jolloin sääolosuhteet ja päivän pituus mukaan lukien aurinko paistaa enemmän, ei lämpöenergiaa tarvita rakennuksen lämmittämiseen. Ajanjakso, jolloin aurinko paistaa tarpeeksi ja tilojen lämmittämiseen tarvitaan lämmitysenergiaa, on Suomessa melko lyhyt. Aurinkolämmöllä on järkevintä lämmittää lämmintä käyttövettä, koska sitä tarvitaan läpi vuoden.

### 3.7.1 Toimintaperiaate

Aurinkolämmön toimintaperiaate on yksinkertainen. Se kerää auringon säteilyä aurinkokeräinten avulla. Aurinkokeräimet muuttavat säteet absorptio-avulla lämmöksi. Lämpö siirretään putkia pitkin nesteen avulla käyttö- tai lämmitysjärjestelmän veden lämmittämiseen (kuva 13).



**KUVA 13. Aurinkokeräimen toimintaperiaate [29]**

Aurinkokeräin on aurinkolämpöjärjestelmän pääkomponentti. Aurinkokeräimiä on yleisesti käytössä kahta eri mallia: taso- ja tyhjiöputkikeräimiä. Ne eroavat toisistaan hiukan ominaisuuksiltaan, mutta perusidea molemmissa on sama. Niiden tehtävä on mahdollisimman tehokkaasti kerätä auringosta tulevaa säteilyä ja muuttaa ne absorptio-avulla lämmöksi. Aurinkokeräimen rakenne ja varsinkin käytettävä musta pintamateriaali vaikuttava lämpöhäviöihin. Tavallinen mustaksi maalattu absorptiopinta luovuttaa helposti lämpöä ympäristöön. Selektiivinen pinta sen sijaan ei päästä lämpösäteilyä ulos, jolloin lämpöhäviöt pienenevät olennaisesti. [30.]

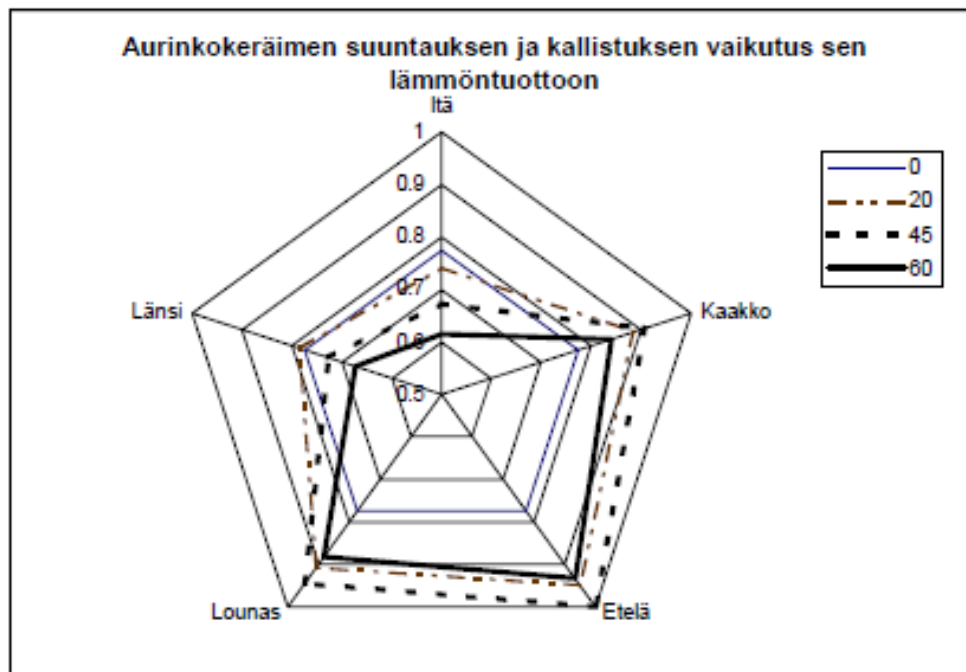
Auringonsäteilyn epätasaisen saannin takia, aurinkolämpöjärjestelmä on poikkeuksetta varustettava varaajalla. Varaajat keräävät lämpöä yhden tai maksimissaan kahden päivän mittaiselle ajanjaksolle. Ne esilämmittävät varaajassa olevaa vettä noin 30 - 40 °C. Päälämmönlähde lämmittää tästä eteenpäin käyttöveden yli 55 °C. Varaajassa tulisi pyrkiä eri lämpöisten vesien kerrostumiseen. Varaajan alapäässä olisi aurinkolämmöllä lämmitettyä noin 30 - 40 °C vettä, jota voitaisiin käyttää asunnon lämmittämiseen matalalämpöratkaisuilla. Esimerkiksi matalalämpöpatterit tai vesikiertoinen lat-

tialämmitys. Varaajan yläpäässä olisi päälämmönlähteen lämmittävät kierukat ja lämpimän käyttöveden syöttö (kuva 13).

### 3.7.2 Aurinkokeräinten sijoitus

Aurinkokeräinten sijoittelulla on suuri merkitys niiden toiminnalle. Suurimpia vaikuttavia tekijöitä ovat ilmansuunta, kallistuskulma vaakatasoon nähden, ympäristön varjostukset ja aurinkokeräinten likaantuminen.

Korkeat puut tai viereiset rakennukset estävät tehokkaasti auringon säteilyn pääsyn keräimille. Aurinko paistaa tehokkaasti Kaakko-Etelä-Lounas suunnilta, joten keräimet tulisi sijoittaa ko. ilmansuuntiin (kuva 14). Aurinkokeräimet toimivat tehokkaimmin silloin, kun Auringon säteet osuvat kohtisuoraan niihin, joten kallistuskulmalla on suuri merkitys niiden toiminnalle. Lokakuusta huhtikuuhun keräimet keräävät säteilyä tehokkaimmin yli 50° kallistuskulmilla, kun taas kesäisin alle 30° kallistuskulmilla vaakatasoon nähden. [28.] Keräinten päälle kasaantuva lika, mm kasvien siitepöly ja lintujen jätökset, heikentävät keräinten kykyä kerätä auringon säteilyä.



**KUVA 14.** Aurinkokeräinten suuntauksen ja kallistuksen vaikutus sen lämmöntuottoon. Viivamerkit kuvaavat kallistuskulmia [30]



### 3.8 Nykyaikaiset LVI-kalusteet ja vanhojen kalusteiden huolto













Vesi- ja viemärikalusteet eivät ole ikuisia. Rakennusohjekortin mukaan vesikalusteiden ikä vaihtelee kaksiotesekoittajan 20 vuodesta wc-laitteen 50 vuoteen [4]. Vesikalusteet alkavat vuotaa iän myötä. Pienikin vuoto hanassa tai wc-pöntössä vaikuttaa veden kulutukseen merkittävästi (kuva 15). Wc-pöntön vuoto jää usein huomaamatta, koska vuoto ei ole niin selvää kuin hanassa. Korjaustoimenpiteet eivät ole suuria tai kalliita. Kalusteen korjaaminen tai uuteen vaihtaminen maksaa itsensä nopeasti takaisin.

Vanhat vesikalusteet voivat kuluttaa jopa 30-50 % enemmän vettä kuin vastaavat nykyaikaiset mallit. Vanhat kaksiotehanat kuluttavat 10 % enemmän vettä kuin nykyaikainen yksiotehana. [31.] Kaksiotehanassa oikean veden lämpötilan löytämiseksi joutuu juoksuttamaan vettä turhaan enemmän kuin yksiotehanassa. Veden kulutuksesta huomattava osa on hukkajuoksutusta. Vanhojen kaksiotehanojen vedenkulutus (perusvirtaamat) on tarpeettoman suuri. Ylimääräinen vesi ei lisää käyttömukavuutta. [32.]

Nykyaikaisissa malleissa on monia vettä säästäviä ratkaisuja, muun muassa Oraksen hanoissa on niin kutsuttu ekonappi. Se estää ottamasta maksimivirtaamaa suoraan ja samalla siinä on lämpimän veden rajoitus (kuva 16). Markkinoille on tullut myös kosketusvapaita hanoja (esim. Oras Electra 6150G), jotka vähentävät hukkajuoksutusta entisestään. Vesi virtaa vain silloin, kun kädet ovat pesutilanteessa. Hanaa ei voi unohtaa auki ja se sulkeutuu automaattisesti, kun vettä ei tarvita. [32.]

Normaali WC-istuin kuluttaa vettä 6 litraa/huuhtelu. Vuotta 1976 vanhemmissa malleissa kulutus on 9 ja vielä vanhemmissa malleissa 12 litraa/huuhtelu. Uusimmissa malleissa on veden kulutusta entisestään vähennetty. Istuimissa, joissa on kaksoisnuppi, veden kulutus on rajoitettu 4 litraan (iso tarve) ja 2 litraan (pieni tarve).

Kalusteiden virtaamat tulisi myös tarkistaa ja tarvittaessa asentaa verkostoon vakio-paineventtiili. Vakio-paineventtiili laskee verkoston paineen haluttuun tasoon, jolloin virtaamat saadaan oikeiksi. Normivirtaama, jolla esimerkiksi suihkussa saadaan miellyttävien tulos, on 12 l/min. [32.]

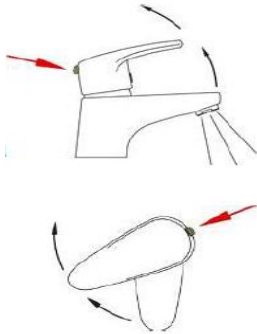
Vuoto vuodessa	Vuotokohdan koko	Lisäkustannus
30 m <sup>3</sup> /vuosi  Tiheä tippavuoto	 Ompelulanka	 75 €
300 m <sup>3</sup> /vuosi  Ohut vesivirta	 Parsinneula	 750 €
3 000 m <sup>3</sup> /vuosi  WC:n jatkuva vuoto	 Tulitikku	 7 500 €
30 000 m <sup>3</sup> /vuosi  Jatkuva vesivirta	 Lyijykynä	 75 000 €

Vuotava vesimäärä, kun vedenpaine on 50 m vp (500 kPa) Veden hinta 2,5 €

**Motiva**

Copyright Motiva 2012

**KUVA 15** Esimerkki vuotavien hanojen rahankulutuksesta [31]



**KUVA 16.** Oras Ekonapin toimintaperiaate [32]

### 3.9 Kulutustottumukset

Jokainen ihminen voi omalla toimillaan luoda suuriakin säästöjä. On ihmisiä, jotka haluavat, että sisällä voidaan kulkea talven kylmimmillä hetkillä shortseissa ja t-paidassa. Toiset haluavat olla suihkussa lähes puoli tuntia kerralla.

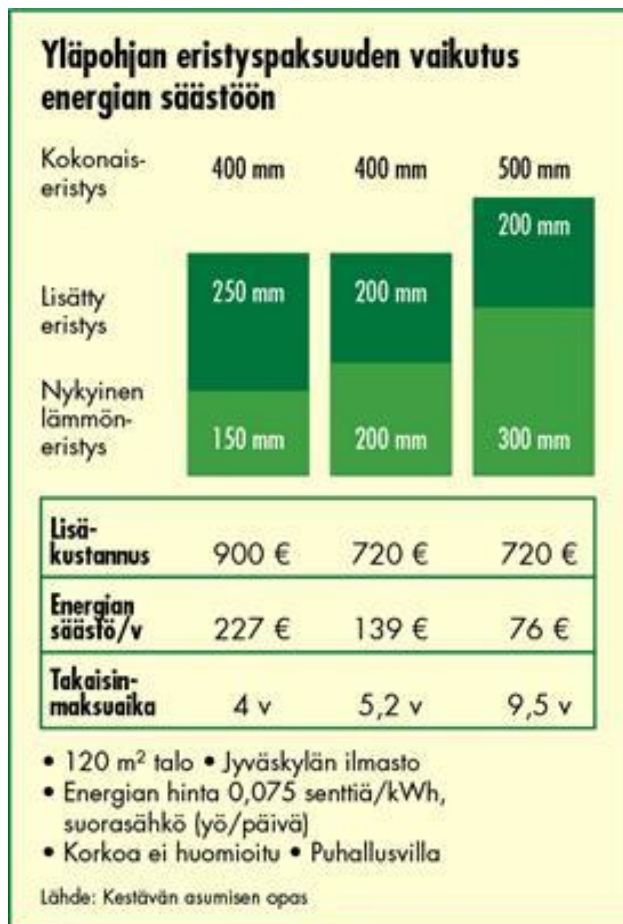
Yhden asteen sisälämpötilan lasku säästää 5 % lämmityskustannuksissa. Asuinrakennuksissa tulisi pyrkiä 21 °C sisälämpötilaan. Autotallien lämpötilaksi suositellaan noin 12 °C lämpötilaa ja lämpimiin varastoihin noin 17 °C. [33.]

Suihku kuluttaa täydellä teholla 12 l/min vettä. 10 minuuttia lyhyempi suihku säästää 120 litraa vettä/suihkukerta. Hanan sulkeminen suihkussa saippuoidessa ja hiuksia pesiessä vähentää hukkaajuokсутusta. Tiskien tiskaaminen ja huuhtelu juoksevalla vedellä lisää veden kulutusta, ja varsinkin hukkakulutusta, huomattavasti verrattuna tiskien huuhteluun tiskialtaassa olevalla vedellä.

### **3.10 Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen**

Vanhoissa taloissa lämmöneristys ei ole yleensä toteutettu yhtä hyvin kuin uusissa rakennuksissa. Oman rajoituksensa asettivat jo käytettävissä olevat materiaalit; ennen 50-lukua saatavilla oli vain erilaisia paikallisia materiaaleja ja teollisuuden sivutuotteita, kuten masuunikuonaa, turvetta, sammalta, sahanpurua ja kutterilastua. Vaikka jo 1950-luvulla markkinoille ilmestyivät mineraalivillat ja polystyreeni (Styrox), löytyy vanhoja ”perinteisiä” materiaaleja yleisesti vielä 1960-luvullakin rakennetuista taloista. Vanhanajan materiaalien eristyskyky on jo lähtökohtaisesti vain noin puolet nykyaikaisten vastaavista. Tilannetta heikentää lisäksi se, että niillä on ollut taipumus painua kasaan ajan saatossa, joten seinien yläosista ja ikkunoiden alta löytyy usein paikkoja, joissa eristettä ei ole enää lainkaan. Tyhjissä kohdissa lämpötila laskee talvella jopa niin alas, että rakenteen pintaan tiivistyy kosteutta. Tällöin eristeen puutteellisuus on riskitekijä koko rakenteen säilyvyydelle. [34.]

Markkinoilla on paljon tuotteita, joilla voidaan melko helposti ja edullisesti lisäeristää rakennuksia. Lisäeristämällä voidaan saada huomattavia säästöjä, varsinkin vanhemmissa taloissa, joissa alkuperäiset eristeet ovat ohuita ja niiden U-arvot ovat huonot (kuva 17).



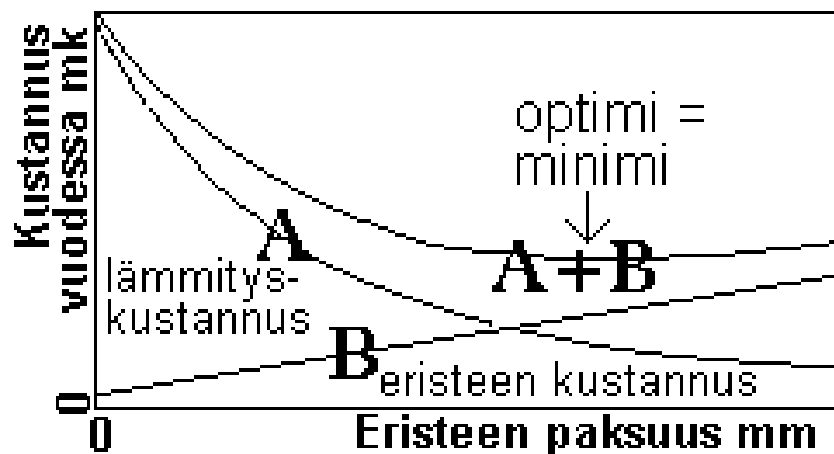
**KUVA 17. Esimerkki lisäeristämisen takaisinmaksuajoista [35]**

Edullisinta ja helpointa on yläpohjan lisäeristäminen. Yläpohjan eristämällä on iso rooli rakennusten energiansäästöissä, sillä rakennuksen vaipan läpi hukkaan menevästä energiasta häviää yläpohjan kautta 60 % [36]. Yläpohjan lisäeristäminen ei vaadi paljoa rakenteiden purkua ja uudelleen rakentamista. Yläpohjan lisäeristykseen työaika on, käytettävistä materiaaleista riippuen, yleensä noin 1-2 päivää.

Ulkoseinien eristykseen parantamisessa on kolme vaihtoehtoa: Vanha eriste voidaan vaihtaa kokonaan tai lisäeristys voidaan lisätä ulko- tai sisäpuolelle. Asia ratkeaa usein luonnostaan muun korjaustarpeen mukaan. Jos rakennuksen sisäpintoja uusitaan, vaihtamalla vanhat eristeet uusiin ja nykyaikaisiin eristeisiin, saavutetaan huomattavia säästöjä energiankulutuksessa. Ulkoseinissä jo 10 sentin paksuisen, painuneen puueristeen vaihtaminen nykyaikaiseen vaihtoehtoon saa aikaan tuntevia parannuksia sekä aistinvaraisesti että lämpölaskusta tarkasteltuna [34.] Yleensä ikkunoiden ja parvekeovien vuotokohdat havaitaan veto-ongelmina. Näitä ongelmia ei tule poistaa huoneilämpötiloja kohottamalla, vaan tiivistämällä vuotokohdat. [31.]

Ikkunoiden vaihtaminen uusiin ei pelkästään tuo lämmitysenergiesäästöjä. Uudet ikkunat estävät tehokkaasti auringon UV-säteilyä, liiallista lämmön pääsyä rakennukseen ja ääntä. Uudet ikkunat ovat myös helpommin avattavissa ja pestävissä, joka osaltaan luo asumisviihtyvyyttä. Uudet ikkunat ja ikkunakarmit parantavat myös rakennuksen ulkonäköä.

Lisäeristeen paksuutta ei ole järkevää kasvattaa loputtomiin (kuva 18). Kun optimi lisäeristepaksuuden raja tulee vastaan, investointikustannukset kasvavat suuremmiksi kuin saatavat lämmitysenergiesäästöt.



KUVA 18. Lisäeristykseen optimiraja [37]

### 3.11 Lämmitysjärjestelmän perussäätö

Lämmitysjärjestelmän putket kestävät jopa 60 - 80 vuotta. Sitä vastoin lämmitysjärjestelmän toimilaitteiden ja varusteiden keskimääräiset iät ovat paljon lyhyemmät. Lämmönjakelun ja -säädön kannalta tärkeät patteri- ja linjasäätöventtiilit kestävät noin 15 - 30 vuotta. [4.] Viallinen patteriventtiili estää patterin kunnollisen toiminnan lisäten näin vedon tai jopa kylmän tunnetta. Oikea korjaustapa tähän ei ole kasvattaa lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa. Kun verkostoon menevän veden lämpötilaa kasvatetaan, rakennuksen toisissa huoneissa, joissa patteriventtiilit vielä toimivat, voi lämpötilat nousta liikaa. Huonetta viilennetään ikkunoita avaamalla, jolloin lämmitysenergiaa haaskataan suoraan ulkoilmaan.

Patteriverkoston perussäätö tuo energiansäästöä keskimäärin noin 10 - 15 % [38]. Perussäädön tarkoitus on luoda tasaiset huonelämpötilat eri huoneiden välille. Perussäädöllä saadaan kuriin yli- ja alilämpöiset huoneet, luoden asumisviihtyvyyttä rakennuk-

nessa. Perussäätö käsittää patteri- ja mahdollisten linjasäätöventtiilien uusimisen ja vesivirtojen säätämisen ja mittaamisen suunnitelmien mukaisiksi.

## **4 RATKAISUJEN KUSTANNUKSET SOVITETTAESSA NIITÄ SANEERAUSKOHTEESEEN**

### **4.1 Kohteen esittely ja suunnittelun perusteet**

Esimerkkiasunto on 110 m<sup>2</sup> kokonaan sähkölämmitteinen kaksikerroksinen paritalon toinen asunto. Asunto sijaitsee Helsingissä. Paritalon kokonaispinta-ala, molemmat asunnot huomioon ottaen, on 220 m<sup>2</sup>. Rakennus on valmistunut 2007, joten kohteen vaipan U-arvot sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhde täyttävät nykymääräykset. Kohteessa on mukavuussähkölattialämmitys aulassa, vessoissa, pesu- ja löyly- sekä kodinhoitohuoneessa, muuten lämmitys hoidetaan sähköpattereilla. [39.]

Suunnittelun tavoite lämmitysjärjestelmän vaihdossa oli se, että suuria rakenteita ei tarvitse purkaa tai rikkoa. Suunnittelussa myös kiinnitettiin huomiota siihen, ettei urakka haittaisi asunnossa asumista töiden aikana sekä kalusteiden suojaus- ja siirto- töitä olisi mahdollisimman vähän.

Kohteeseen suunnitellaan vesikiertoiset puhallin- ja matalalämpökonvektorit. Päälämmityslähde on täysitehoinen maalämpöpumppu. Sähköinen lattialämmitys jää kokonaan pois käytöstä sen suuren sähkön kulutuksen takia. Maalämpöpumpun keruupiiri sijoitetaan piha-alueelle maahan. Maalämpöpumppu sekä lämminvesivaraaja sijoitetaan tekniseen tilaan, putket pattereille tuodaan alakerrassa yläjakoisesti pinta-asennuksena kromatulla kupariputkella. Patteriverkoston runkolinjat asennetaan eristettynä koteloihin. Runkolinjat kiertävät asuntoa alakerran katonrajassa, josta tehdään jaot pattereille ala- että yläkertaan. Yläkerrassa mahdolliset vaakavedot pattereille tehdään lattianrajassa pinta-asennuksena. Yhteiseen avokeittiö ja olohuone- tilaan suunniteltiin puhallinkonvektorit, muihin tiloihin matalalämpöpatterit. Vanhoille käyttövesiputkille ei tehdä mitään, ne vain kytketään uuteen lämmitysjärjestelmään teknisessä tilassa. Ilmanvaihtojärjestelmään asennetaan vesikiertoinen jälkilämmityspatteri.

Maalämpöpumpun ikää pidentää se, ettei sen tarvitse koko ajan sammua ja käynnistyä uudestaan. Maalämpöpumppu toimii parhaiten, kun se saa lämpimänä käydä pitkiä jaksoja ilman keskeytyksiä. Lämminvesivaraaja takaa myös sen, että lämmintä käytöväettä riittää silloin, kun perhe käy peseytymässä mm saunomisen yhteydessä. Maalämpöpumpun yhteyteen suunniteltiin varaaja, jolla taataan se, että lämmintä käyttöväettä riittää ja lämpöpumppu käy pidempiä jaksoja hyvällä lämpökertoimella.

## **4.2 Puhallin- ja matalalämpökonvektorit**

Maalämpöpumpun lämpökerroin on sitä parempi, mitä alhaisempi on patteriverkostoon menevän veden lämpötila. Näin ollen ei ole järkevää patteriverkostoa mitoittaa vanhoilla mitoituslämpötiloilla 70/40 °C tai 60/40 °C. Nykyajan patterit ovat kehittyneet huomattavasti. Pattereissa on enemmän konvektio-osia ja pienempi terminen massa.

Markkinoilla on myös sähkötoimisia puhaltimella varustettuja konvektoreita. Konvektorit ovat varustettu puhaltimilla, tehostamaan konvektiomaista lämmönluovutusta. Lämmönluovutuksen tehoon vaikuttaa merkittävästi lämmönluovuttimen pinta-ala. Puhaltimien avulla pattereita voidaan käyttää alhaisemmilla toimintalämpötiloilla sekä niiden fyysinen koko on pienempi. Puhaltimien avulla myös lämmönjako tehostuu huonetilassa ja lämpö jakaantuu tasaisemmin. Puhallinkonvektorit ovat hiljaisia ja sopivat näin ollen makuu- ja olohuoneisiin asennettavaksi. Kohteeseen suunnitellut puhallinkonvektorit on mitoitettu niin, että Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D2 asettamat äänivaatimukset täyttyvät.

Patterit mitoitetaan niin, että menoveden lämpötila on mahdollisimman edullinen maalämpöpumppua ajatellen. Patterien mitoituslämpötilat ovat menovesi 40 °C ja paluuvesi 35 °C. Patterit on mitoitettu käyttäen kaavoja 2 ja 3. Ensin on laskettu logaritminen yllilämpötila kaavalla 2. Kun logaritminen yllilämpötila on laskettu, voidaan patterien koko mitoittaa kaavan 3 avulla.

$$\Delta T = \frac{t_m - t_p}{\ln((t_m - t_h) / (t_p - t_h))} \quad (2)$$

jossa,

$t_m$  = menovesi, °C

$t_p$  = paluuvesi, °C

$t_h$  = huoneen lämpötila, °C

$$\Phi = \Phi_n * (\Delta T / \Delta T_n)^n \quad (3)$$

jossa,

$\Phi$  = teho, W/m

$\Phi_n$  = normiteho, W/m - EN 442

$\Delta T$  = logaritminen yllämpötila, K

$\Delta T_n$  = normaali yllämpötila= 49,83 K

$n$  = lämpötilaexponentti

### 4.3 Tarjouksen sisältö ja hinta

Putkiurakoitsijalta saatu tarjous sisältää osien, eristeiden ja laitteiden hinnan, laitteiston valmiiksi asentamisen säädettynä ja täysin toimintakuntoisena luovutettuna tilaajalle suunnitelmien mukaisesti. Tarjous sisältää myös rakennustekniset kustannukset, joita putkien reititys vaati, mm. mahdollisten vanhojen koteloiden purut ja uusien rakentamisen, kaikkien läpimenoareikien teot välipohjaan ja seiniin, sekä sähkökytkennät, pihan kaivuutyöt ja mahdolliset piikkaustyöt. Putkien eristys koteloissa myös kuuluu tarjoukseen. Tarjouksen verollinen kokonaishinta on 17 888 € (sisältäen alv 24%). Asennustyön hinta on 6000 € ja osien ja laitteiden hinta 11888 €. Tarjous on liitteessä 3.

## 5 E-LUKU JA ENERGIATODISTUS

Suomen valtio on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjään ja energian kulutusta merkittävästi lähivuosien aikana. Suomen hiilidioksidipäästöistä lähes neljännes syn-

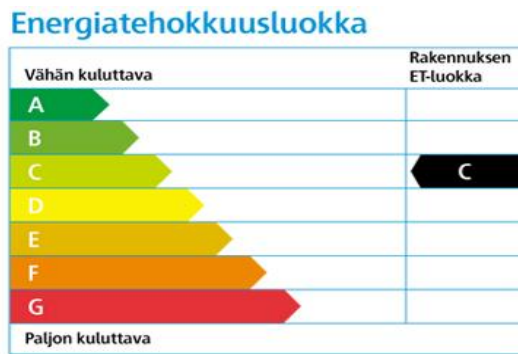


tyy rakennusten energian kulutuksesta (kuva 19). Rakennusten energian kulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen hillitsemiseksi rakennuksille määrättiin E-luku ja energiatodistus. 1.6.2013 alkaen energiatodistus tulee esittää myynnin tai vuokrauksen yhteydessä asuinkerrostaloille sekä vuonna 1980 tai sen jälkeen käyttöön otetuille pientaloille. Vanhemmat ennen vuotta 1980 käyttöön otetut pientalot, tulevat lain piiriin 1.7.2017 ja rivi- ja ketjutalot sekä liike- ja toimistorakennukset 1.7.2014. [40.]



**KUVA 19. Suomen hiilidioksidipäästöt v. 2003 [41]**

Energiatodistus perustuu rakennuksen E-lukuun. Rakennuksen E-luku kertoo rakennuksen energiatehokkuuden. Energiatodistus tarjoaa rakennuksen ostajalle tai vuokraajalle rakennuksen teknisiin ominaisuuksiin perustuvaa tietoa, joka ei ole riippuvainen käyttäjien käyttötottumuksista. [42.] Rakennuksen ostajan tai vuokraajan on vaikea verrata luotettavasti keskenään rakennuksia, jos rakennuksien energian kulutustiedot perustuisivat nykyisten käyttäjien käyttötottumuksiin ja energian kulutukseen. Kahdessa tekniikaltaan ja ominaisuuksiltaan täysin identtisessä talossa vuotuinen energiankulutus voi olla, käyttäjien kulutustottumuksista riippuen, täysin erisuuruiset.



**KUVA 20. Energiatehokkuusluokat rakennuksille**

E-luvun avulla pyritään ohjaamaan uudisrakentamista, ja toisaalla kannustaa investoimaan vanhoihin todella paljon energiaa syöviin rakennuksiin energiaa säästävämpiä ratkaisuja. Uudiskohteen suunnitteluvaiheessa voidaan jo vaikuttaa rakennuksen lopulliseen E-lukuun huolellisella suunnittelulla.

Kun vanhojen rakennuksien LVI- tekniikkaa joudutaan saneeraamaan, on saneerausprojektin edellä syytä miettiä energiaa säästävämpiä ja E-lukua parantavia ratkaisuja. Esimerkiksi öljykattilan tilalle on hyvä miettiä maalämpöpoppua ja rakennuksen vaiipan lisäeristämistä. Uudemmissa 1 - 10 vuotta vanhoissa taloissa, joissa LVI-tekniikalla on vielä monta vuotta teknistä- ja taloudellista ikää jäljellä, on myös hyvä miettiä pienempiä investointeja rakennuksen E-luvun parantamiseen, muun muassa ilmalämpöpumppua.

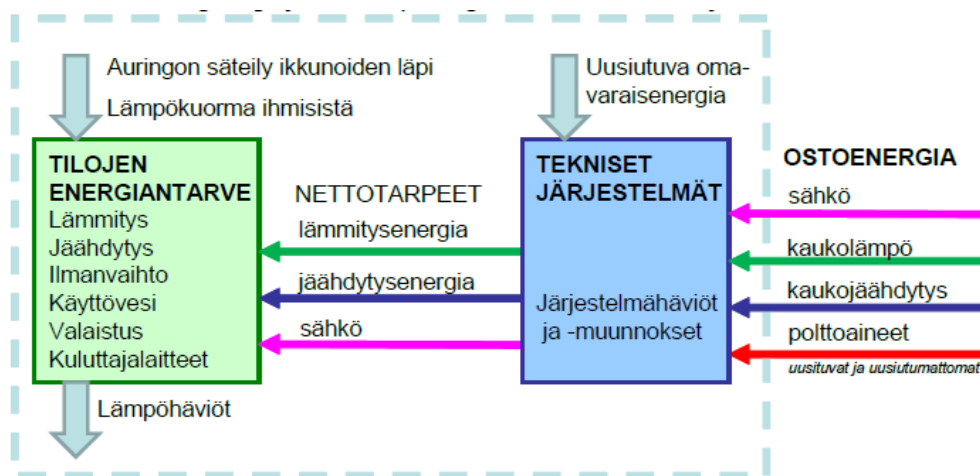
### 5.1 E-luvun laskennan perusteet

E-luku lasketaan rakennuksen laskennallisesta vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta, painotettuna eri energiamuotokertoimilla. Eri energiamuodoille on asetettu erilaiset energiamuotokertoimet. Sähkön kerroin on suurin 1,7, fossiilisten polttoaineiden 1, kaukolämmön 0,7, uusiutuvien polttoaineiden 0,5 ja kaukojäähdytyksen 0,4. [43.] Energiamuotokertoimet kuvaavat luonnonvarojen kulutusta sähkö- ja lämmitysenergiaa tuottaessa ja ne pohjautuvat primäärienergiiaan. Esimerkiksi sähkön korkea energiamuotokerroin johtuu sähkötuotannon ja –siirron huonoista hyötysuhteista. Tyypillinen hyötysuhde sähköntuotannossa lauhdelämpövoimalaitoksella on vain noin 35-45 %. [42.] Yhden kilowattitunnin tuottamiseen sähköenergiaa tarvitaan paljon enemmän energiaa kuin esimerkiksi yhden kilowattitunnin tuottamiseen kaukolämpöenergiaa. Kun energiaa tuotetaan huonolla hyötysuhteella, se lisää huomattavasti hiili-

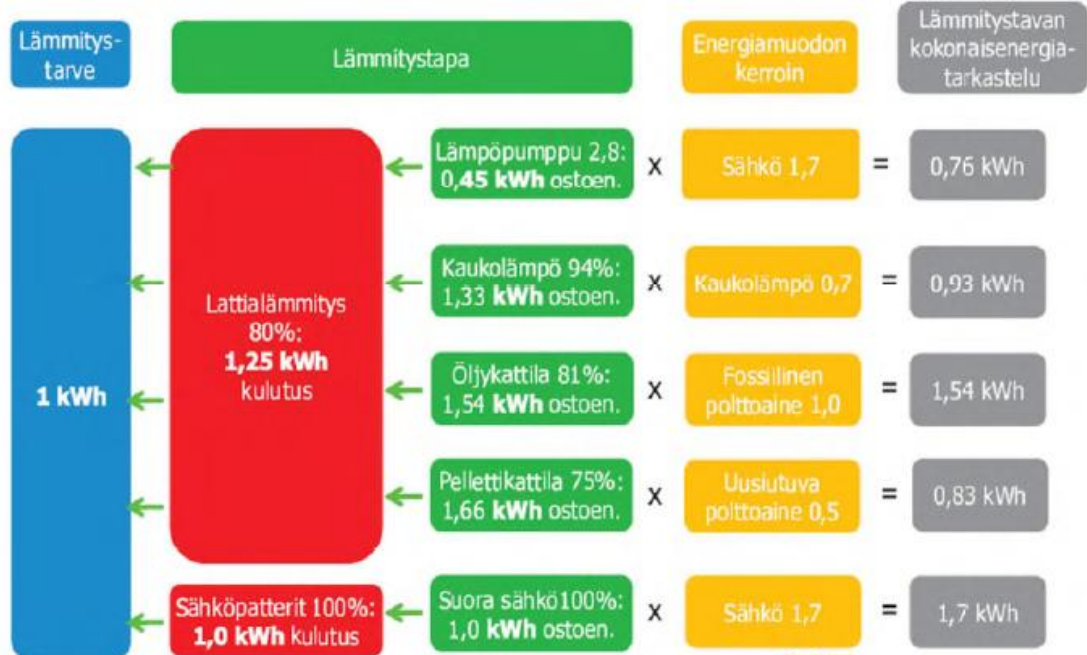
oksidipäästöjä. Ostoenergia sisältää kaiken rakennuksen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen sekä kuluttajalaitteiden tarvitseman laskennallisen energian (kuva 21).

Ostoenergian suuruuteen vaikuttaa rakennuksen kaikki ominaisuudet (kuva 22). Vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa rakennuksen sijainti, varjostukset, muoto ja lämmitetty nettopinta-ala, lämmitysjärjestelmät ja niiden hyötysuhteet, lämmityksen jakotapa, käyttöveden jakotapa, varastointi ja käyttöveden lämmitys, rakenteiden U-arvot ja ikkunoiden ominaisuudet, lämmöntalteenottolaitteiston hyötysuhde, ilmanvaihdon lämmitystarve ja rakennuksen tiiveys. [7; 43.] Valaistuksen, kuluttajalaitteiden, ilmanvaihdon määrän ja käyttöveden kulutuksen vaikutus E-lukuun on vakio/lämmitetty m<sup>2</sup>, riippumatta siitä, kuinka paljon rakennus oikeasti sisältää esimerkiksi kodinkoneita ja lamppuja.

E-luvun laskenta lähtee siitä, että ensin selvitetään rakennuksen tarvitsema koko netto lämmitysenergian tarve. Sen jälkeen otetaan huomioon kaikki lämmityksen jakotavat, onko esimerkiksi vesikiertoinen lattialämmitys vai sähköpatterit, onko lämpimän käyttöveden kiertoa, menevätkö lämpimän käyttöveden putket eristettynä suojaputkessa vai eivät. Lista on pitkä, koska se ottaa huomioon kaikki eri vaihtoehdot, mitä rakennuksissa voi olla. Kun ne ovat tiedossa, otetaan huomioon lämmöntuotannossa syntyvät häviöt. Energiämäärä, joka lämmityslaitteeseen joudutaan ostamaan, jotta saataisiin oikea määrä lämpöä tiloissa, kerrotaan lämmitysmuodon omalla energiamuotokerrotimeella (kuvat 22 ja 23).



**KUVA 21. Ostoenergian määräytyminen [43]**



**KUVA 22. Kokonaisenergian määräytyminen, kun tilojen nettolämmitysenergia tarve on 1 kWh [44]**

Rakennusmääräyskokoelman osat D3 ja D5 sisältävät määräykset ja määräyksiä täydentävät ohjeet E-luvun laskemiseksi. Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5 ohjeet soveltuvat rakennuksien E-luvun laskentaa, jos rakennuksessa ei ole jäähdytystä. Jos rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, E-luvun laskentaan joudutaan käyttämään dynaamisia laskentaohjelmia, esim. IDA ICE- ohjelmaa. Käsien laskien E-luku on työläs ja aikaa vievä prosessi.

## 5.2 Energiatodistuksen myöntäjä

Vaativuustasoltaan perustason energiatodistuksen voi myöntää rakennus-, talotekniikka- tai energiatekniikka-alan ylempi korkeakoulututkinto tai ammattikorkeakoulututkinto taikka aikaisempi rakennusinsinöörin, rakennusarkkitehdin, lvi-, kone- tai sähköinsinöörin, lvi- tai sähkötekniikan taikka rakennusmestarin tutkinto omaava henkilö. Tutkinnon korvaavaksi työkokemukseksi hyväksytään vähintään kolmen vuoden työkokemus rakennusten energiatehokkuuteen liittyvissä tehtävissä. Todistuksen laatijan tulee olla lisäksi perehtynyt energiatodistuksen laadintaan ja energiatodistusta koskeviin säädöksiin, mikä osoitetaan pätevyyden toteajan, FISE Oy:n sihteerijärjestön Suomen LVI-liitto, SuLVI ry:n järjestämässä tai vastaavassa arviointilautakunnan hyväksymässä kokeessa. [45.]

### 5.3 Investoinnin vaikutus esimerkkikohteen E- lukuun

Laskelmat tehtiin IDA-ICE -nimisen dynaamisen tietokoneohjelman avulla. Ohjelmaan syötettiin rakennuksen pinta-ala rakennusvalvonnassa leimattujen lupakuvien pohjalta. Rakenteiden U-arvot saatiin myös lupakuvista. Muuten ohjelmaan syötettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelman osien D3 ja D5 mukaiset arvot E-luvun laskentaan.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5 sanoo, että eri lämmönjakotavalla olevat tilat tulee laskea erikseen. Ennen urakan aloittamista kohde oli täysin sähkölämmitteinen paritalon toinen asunto, mutta lämmönjako tiloissa tapahtui kahdella tavalla, sähköpattereilla ja sähköisellä lattialämmityksellä. Näillä lämmönluovutustavoilla on eri hyötysuhteet. Sähköisen lattialämmityksen hyötysuhde on 0,85, kun vastaavasti sähköpattereilla hyötysuhde on 0,95. Rakennuksen kokonaislämmönluovutuksen hyötysuhde laskettiin kummankin lämmönjakotavan painotetulla keskiarvolla niiden pinta-alojen mukaan. Kokonaishyötysuhteeksi saatiin 0,925, joka syötettiin ohjelmaan. Vesikiertoisen konvektorin lämmönluovutuksen hyötysuhde on 0,90, kun jakojohdot ovat eristetty. [7.]

Ilmanvuotolukuna  $q_{50}$  käytettiin arvoa 4, koska tarkempaa tietoa ei ollut käytettävissä. Simulointeja tehdessä sähkölämmityksen ja maalämpöpumpun välillä kaikki muut arvot pysyivät samoina, paitsi lämmöntuotannon ja lämmönluovutuksen hyötysuhteet. Sähkölämmityksen hyötysuhde käyttövedelle ja lämmitysjärjestelmälle on 1, kun taas maalämpöpumpun järjestelmän vastaavat arvot ovat 2,3 ja 3,0. [7.]

Asunnossa on yksi varaava tulisija, josta voidaan katsoa saatavaksi enintään 2000 kWh/a tilojen lämmitysenergiaksi. Varaavaa tulisijan arvoa ei voida syöttää ohjelmaan, joten se joudutaan laskemaan käsin. Sähkön energiamuotokerroin huomioon ottaen 2000 kWh/a vaikutus vuoden kokonaisenergiaan on  $1,7 \cdot 2000 \text{ kWh/a} = 3400 \text{ kWh/a}$ . Jos 2000 kWh/a hoidetaan varaavan tulisijan avulla, sen vaikutus vuoden kokonaisenergiaan on  $\frac{2000}{0,6} \cdot 0,5 = 1667 \text{ kWh/a}$ . Kaavassa on otettu huomioon varaavan tulisijan hyötysuhde, jonka jälkeen saatu tulos on kerrottu uusiutuvien polttoainesten energiamuotokertoimella 0,5, koska varaava tulisija toimii puulla. Jos 2000 kWh/a hoidetaan sähkölämmityksen sijaan varaavan tulisijan avulla, se pienentää kokonaisenergiaa vuodessa  $3400 \text{ kWh/a} - 1667 \text{ kWh/a} = 1733 \text{ kWh/a}$ .

IDA-ICE ohjelman avulla saatu E-luku kohteen nykyisellä lämmöntuotannolla ja -jakotavalla on 262,8 kWh/m<sup>2</sup> (taulukko 1). Tässä ei ole vielä huomioitu varaavaa tulisijaa. Varaava tulisija huomioon ottaen rakennuksen E-luku on 29286 kWh/a – 1733 kWh/a = 27553 kWh/a, josta saadaan rakennuksen lopulliseksi E-luvuksi 250,5 kWh/m<sup>2</sup>.

**TAULUKKO 1. Rakennuksen E-luku sähkölämmityksellä [46]**

		Ostoenergiankulutus		Kokonaisenergia	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
	Lighting, facility	1660	14.9	2822	25.3
	Equipment, facility	879	7.9	1494	13.4
	Cooling	0	0.0		
	HVAC aux	768	6.9	1306	11.7
	Electric heating	10017	89.9	17029	152.8
	Domestic hot water	3903	35.0	6635	59.5
	Yhteensä, Kiinteistö sähkö	17227	154.6	29286	262.8
	Yhteensä	17227	154.6	29286	262.8

Rakennuksen E-luku investoinnin jälkeen on 135,0 kWh/m<sup>2</sup> (taulukko 2). Maalämpöpumpulla 2000 kWh/a vaikutus kokonaisenergiaan on  $\frac{2000 \text{ kWh/a}}{3,0} * 1,7 = 1134 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$ . Joten 2000 kWh/a vaikutus kokonaisenergiaan vuodessa on maalämpöpumpulla 1667 kWh/a – 1134 kWh/a = 533 kWh/a pienempi kuin tulisijalla lämmitettäessä. Tulisija on siis järkevä jättää laskuista pois laskiessa maalämpöpumpulla E-lukua.

**TAULUKKO 2. Rakennuksen E-luku täystehoisella maalämpöpumpulla ja vesikiertoisilla konvektoreilla [46]**

		Ostoenergiankulutus		Kokonaisenergia	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
	Lighting, facility	1660	14.9	2822	25.3
	Equipment, facility	879	7.9	1494	13.4
	Cooling	0	0.0		
	HVAC aux	768	6.9	1306	11.7
	Electric heating	3845	34.5	6537	58.7
	Domestic hot water	1697	15.2	2885	25.9
	Yhteensä, Kiinteistö sähkö	8849	79.4	15044	135.0
	Yhteensä	8849	79.4	15044	135.0

Vanhalla lämmitysmuodolla asunto kuuluu energiatehokkuusluokkaan D, uudella lämmitystavalla rakennuksen energiatehokkuusluokka nousee luokkaan B. (kuva 23).

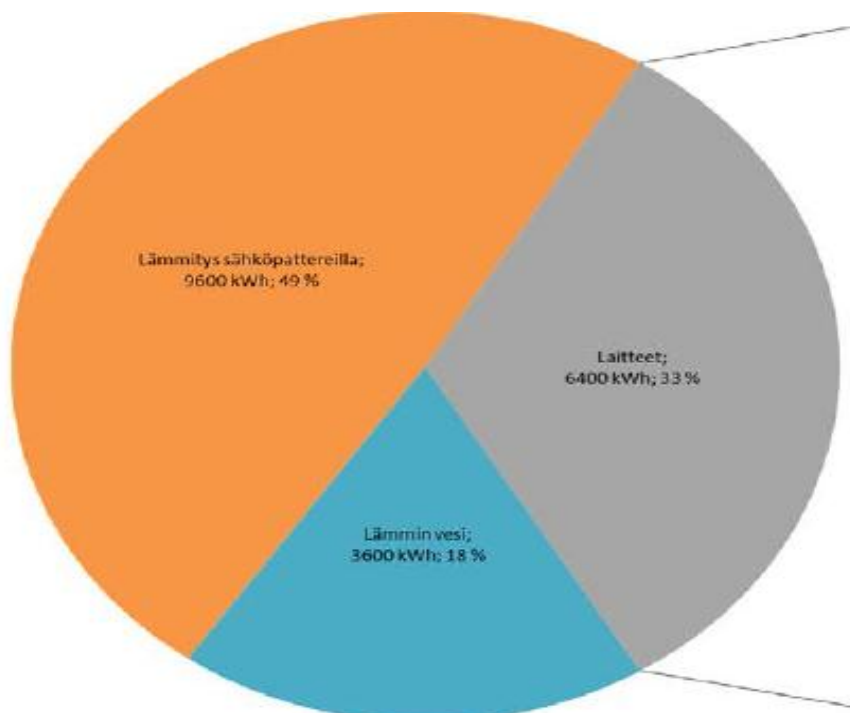
$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi)
A	E-luku $\leq 94$
B	$95 \leq \text{E-luku} \leq 164$
C	$165 \leq \text{E-luku} \leq 204$
D	$205 \leq \text{E-luku} \leq 284$
E	$285 \leq \text{E-luku} \leq 414$
F	$415 \leq \text{E-luku} \leq 484$
G	$485 \leq \text{E-luku}$

**KUVA 23. Erillisen pientalon energiatehokkuusluokat,  $A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$  [47]**

## 6 MAALÄMPÖPUMPULLA SAAVUTETTAVAT SÄÄSTÖT

Sähkölämmitteisen pientalon sähkön kulutuksesta 33 % kuluu kuluttajalaitteiden tarvitsemaan sähkөөn (kuva 24) [48]. Loput 67 % kuluvat talon, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämmitysjärjestelmän muutoksella ei voida vaikuttaa kuluttajalaitteiden tarvitsemaan sähkönkulutukseen, ainoastaan rakennuksen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmittämisen tarvitsemaan sähkönkulutukseen.



**KUVA 24. Sähkölämmitteisen pientalon sähköenergian loppukäyttö [48]**

Rakennukseen on suunniteltu päälämmönlähteeksi täystehoinen maalämpöpumppu. Se toimii eri lämpökertoimella eri toimintalämpötiloissa. Lämmitysjärjestelmää lämmitettäessä lämpöpumppu toimii paremmalla lämpökertoimella kuin käyttövettä lämmitettäessä, koska käyttöveden lämpötila joudutaan nostamaan korkeammaksi kuin patteriverkostoon menevän menoveden lämpötilaa.

## 6.1 Investoinnilla saavutettavat säästöt

Maalämmöllä kertyvät säästöt perustuvat siihen, että rakennuksen tarvitsema energiantarve voidaan tuottaa vähemmällä ostoenergian määrällä, koska lämpöpumpun hyötysuhde on parempi. Lämpöpumpun vuoden keskimääräisellä lämpökertoimella (SPF-luvulla) tarkoitetaan vuotuista lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian ja lämpöpumpun kuluttaman sähköenergian suhdetta. Lukua voidaan käyttää vain silloin, kun energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta. Maalämpöpumpun COP kuvaa vain tietyn toimintalämpötilan lämpökerrointa, SPF-luku kertoo vuotuisen lämpöpumpun lämpökertoimen. Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D5 sisältää lämpöpumppujen vuotuiset SPF-luvut, ellei tarkempia arvoja ole käytettävissä. [7.]

Rakennuksen sähkön kulutuksen keskiarvo viimeisen neljän vuoden ajalta on 21137,5 kWh/a [49]. Rakennuksesta ei ole käytettävissä käyttöveden mittaustietoja, joten käyttöveden kulutukseen käytetään Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5 käyttöveden normaalikulutusta, joka on pientalossa  $600 \text{ l/m}^2/\text{a}$ . Näin ollen rakennuksen lämmittämisen käyttöveden kulutus vuodessa on  $600 \text{ l/m}^2/\text{a} * 110 \text{ m}^2 = 66000 \text{ l} = 66 \text{ m}^3$ . Veden lämmittämiseen  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  asteesta  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  asteeseen kuluu vuodessa energiaa  $(66000 \text{ l} * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 1,0 \text{ l/kg} * 50 \text{ K})/3600 = 3850 \text{ kWh/a}$ .

Työ- ja elinkeinoministeriön tekemän tutkimuksen mukaan 33 % sähkölämmitteisen paritalon sähkönkulutuksesta kuluu kuluttajalaitteiden tarvitsemaan sähköön (kuva 24). Tarkastelujakson kokonaissähkön kulutuksesta 3850 kWh kuluu käyttöveden lämmitykseen ja 33 % kokonaissähkönkulutuksesta kuluttajalaitteiden sähköön, loput kuluvat rakennuksen ja ilmanvaihdon lämmittämiseen. Tästä saadaan laskettua, ja normitettua kaavan 4 avulla, keskimääräinen lämmitysenergiankulutus. Kaavassa 4 on käytetty uusinta normaalivuoden lämmitystarvelukua (1981-2010 normaalivuoden lämmitystarveluku on  $3902 \text{ }^\circ\text{Cvrk}$ ). Kaavassa 4  $S_{\text{Toteutunut vpkunta}}$  on laskettu vertailujak-



son toteutuneet lämmitystarveluvut yhteen. Neljän vuoden normitetuista lämmitykseen kuluneesta energiasta on laskettu keskiarvo, joka on sijoitettu taulukkoon 3.

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{\text{n vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \times Q_{\text{toteutunut}} \quad (4)$$

jossa,

$Q_{\text{norm}}$	rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
$Q_{\text{toteutunut}}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
$S_{\text{n vpkunta}}$	Normaalivuoden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku vuositasolla vertailupaikkakunnalla

Taulukossa 3 on laskettu maalämmöllä saavutettavat säästöt ensimmäisen vuoden aikana ottaen huomioon maalämpöpumpun hyötysuhteet (SPF-luvut). Säästö- kohdan arvo on saatu kertomalla sähköenergian kulutus sähkön hinnalla ennen ja jälkeen maalämpöpumpun, ja näiden hintojen erotuksesta on saatu säästö €/a.

**TAULUKKO 3. Maalämpöpumpulla saavutettavat säästöt ensimmäisenä vuonna.**

Lämmityksen kohde	Sähköenergian kulutus ennen (kWh/a)	Maalämpöpumpun SPF-luku	Sähkönenergian kulutus maalämpöpumpulla (kWh/a)	Sähkön hinta (c/kWh)*	Säästö (€/a)
Lämmin käyttövesi	3850	2,3	1674	12,58	274
Lämmitys	Normitettu kulutus: 10331,32	3,0	3443,773	12,58	866,5
Yhteensä	14181,32	-	5117,773	-	1140,5

\*Sähkön hinta: Helenin hinnasto 1.1.2013. Hinta sisältää sähköenergian ja –siirron hinnan sekä sähköveron 24 %. Hinta määräytyy sähköenergian hinnasta 6,81 c/kWh,

sähkön siirtosta 3,66 c/kWh ja sähköverosta 2,1117 c/kWh. Helenin sähkön perusmaksun suuruus on sama aina pääsulakekokoon 3 x 63 A asti, joten sähkölämmityksen vaihtaminen maalämpöpumppujärjestelmään ei laske sähköstä maksettavan perusmaksun hintaa.

Vuodesta 2012 alkaen on voinut saada 2000 € kotitalousvähennystä. Puolisot voivat saada kotitalousvähennystä yhteensä 4 000 euroa. Kotitalousvähennyksen omavastuu on 100 euroa. Kotitalousvähennys tehdään verosta, eli jos vähennystä saa 1 500 euroa, tarvitsee vuoden aikana maksaa 1 500 euroa vähemmän veroa kuin ilman kotitalousvähennystä. Jos vähennyksen on vaatinut vasta veroilmoituksella, vaikuttaa määrä suoraan verotuksen lopputulokseen 1 500 euron verran. (Useimmat muut vähennykset tehdään ansiotulosta, jolloin vaikutus on vähäisempi.) Kotitalousvähennyksen laskeminen riippuu siitä, oletko maksanut työstä palkkaa työntekijälle vai korvauksen yritykselle laskua vastaan. Jos ostat työn ennakkoperintärekisteriin merkityltä yritykseltä, saat vähentää 45 % arvonlisäverollisesta työkorvauksesta. Jos palkkaat henkilön työsuhteeseen, saat vähentää 15 % maksamastasi palkasta sekä palkkaan liittyvät työnantajan sivukulut. [50.]

## **7 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS ESIMERKKIKOHTEESSA**

Suuria investointeja miettiessä tulee miettiä investoinnin suuruutta ja sen takaisinmaksuaikaa. Toisin sanoen, maksaako investointi itseään takaisin halutussa ajassa huomioiden laitteiden ja rakenteiden rakenteelliset iät sekä lainojen korot, energian hintamuutokset ja inflaation. Energiainvestointeja mietittäessä tulee miettiä kokonaisuutta. Jos esimerkiksi maalämpöpumpun takaisinmaksuaika on kohtuullinen, mutta itse rakennukseen on investoitava paljon, ei maalämpöpumppuinvestointi ole järkevä.

Investoinnin takaisinmaksuun vaikuttavat hankinta- ja käyttömenojen suuruus, lainojen korkokanta, inflaatio, energian hintamuutokset ja investoinnilla saavutettavat säästöt. Hankintamenoja ovat osien, laitteiden ja asennuksen hinta. Käyttömenoja ovat laitteen mahdolliset huoltoon vaativat toimenpiteet sekä itse laitteen käyttämä energian kulutus. Usein suurempia investointeja varten joudutaan ottamaan pankista lainaa, jolloin lainojen korot vaikuttavat takaisinmaksu-aikaan. Investoinnilla saavutettavat säästöt näkyvät pienempinä energiakustannuksina.

Maalämpöpumpun tekninen käyttöikä on 25 - 30 vuotta, pumpun kompressori voidaan joutua vaihtamaan 15 - 20 vuoden jälkeen. [4]. Näin ollen investoinnin on maksettava itsensä takaisin viimeistään 25 vuodessa.

Yksinkertaisella menetelmällä laskettuna investoinnin takaisinmaksuaika saadaan laskettua investoinnin suuruus jaettuna kertyneillä säästöillä vuodessa. Tämä laskentamenetelmä ei ota huomioon lainojen korkoa, inflaatiota tai energian hinnankehitystä, mutta on hyvä peruslaskentamenetelmä mietittäessä investoinnin takaisinmaksuaikaa. Näin laskien investointi maksaisi itsensä takaisin  $\frac{17888 \text{ €} + 2000 \text{ €} - 4000 \text{ €}}{1140,5 \text{ €/vuosi}} = 13,9$  vuodessa. Laskussa on huomioitu investoinnin suuruus, kotitalousvähennys, sekä mahdollinen maalämpöpumpun kompressorin vaihto.

### 7.1 Nettonykyarvomenetelmä

Nettonykyarvomenetelmässä lasketaan jokaiselle vuodelle kassavirta, joka saadaan laskemalla kunkin vuoden tuotot, kulut ja investoinnit yhteen. Diskontattu kassavirta saadaan kertomalla kunkin vuoden kassavirta sen vuoden diskonttaustekijällä. Diskonttaustekijä ottaa huomioon lainojen korkokannan sekä inflaation. Vuoden diskonttaustekijä  $a_k$  saadaan kaavasta 5. Laskemalla jokaisen vuoden diskontatut kassavirrat yhteen saadaan investoinnin nettonykyarvo  $P$ . Diskonttaus tarkoittaa investoinnin nettonykyarvon laskemista. Jos diskontattu nettonykyarvo  $P < 0$ , investointi ei ole kannattava. Jos  $P = 0$ , asetettu tuottovaatimus toteutuu täsmälleen. Jos  $P > 0$ , hanke on kannattava ja asetettu tuottovaatimus ylittyy, eli investointi tuottaa enemmän kuin laskentakoron kautta on asetettu vaatimukseksi. [51.]

$$a_k = 1 / (1 + r)^k \quad (5)$$

jossa,

$r$  = reaalikorko, jossa on huomioitu myös inflaatio

$k$  = järjestysnumero, joka viittaa kunkin vuoden loppua

r lasketaan kaavan 6 avulla.

$$r = \frac{(i-f)}{(1+f)} \quad (6)$$

jossa,

i = nimelliskorko

f = inflaatio

Kun käsitellään pitkän aikavälin energiakorjauksien investointeja, energian hinnan kehitys vaikuttaa oleellisesti investoinnin kannattavuuteen. Energian hinta Suomessa on historiallisesti ollut aina pitkällä aikavälillä kasvussa (kuva 25). [52.] Kuvasta 25 voidaan todeta, että sähköenergian hinta on noussut keskimäärin noin 7 prosenttia vuodessa sähkölämmitteisissä pientaloissa viimeisen 14 vuoden ajan. Tämä sisältää ainoastaan sähköenergian hinnan kehityksen, se ei sisällä sähkön siirtomaksuja tai veroja. Laskuissa tulee huomioida se, että energian hinnan kasvu ei vaikuta koko sähköstä maksettavaan hintaan, vain sähköenergian osuuteen, joka Helsingin sähköyhtiö Helenillä on tällä hetkellä 6,81c/kWh. Laskelmissa on oletettu, että sähkösiirron ja veron hinnat pysyvät muuttumattomina.



**KUVA 26. Sähkön vuotuinen hinnan kehitys (%) [53]**

Euroopan keskuspankkijärjestelmän tavoite on pitää inflaatiouauhti hieman alle 2 prosentin pitkällä aikavälillä. [54]. Laskelmissa on käytetty 2 prosentin inflaatiota ja 5 prosentin lainojen korkoa. Lainan korot ovat tällä hetkellä alhaisemmat, mutta laskelmissa on varauduttu lainojen korkojen kasvuun.

Maalämpöpumppu on huoltovapaa, mutta pumpun kompressori voidaan joutua vaihtamaan 15 vuoden jälkeen. Laskelmissa on otettu huomioon myös kompressorin mahdollinen vaihto. Uuden kompressorin hinta vaihdettuna kyseiseen malliin on noin 2000 € [55].

Laskelmissa on myös otettu huomioon kotitalousvähennys, joka on 4000 € pois asennuksen hinnasta. Joinakin vuosina on ollut mahdollisuus saada energia-avustuksia investoitaessa energiaa säästävempiin ratkaisuihin. Vuonna 2013 Helsingissä ei ollut mahdollisuutta saada energia-avustusta tämän tyyppiseen investointiin.

5 %:n korkokannalla ja 7,1 % vuotuisella energian hinnannousulla laskettuna investoinnin nettonykyarvo on yli 22 000 €, joten investointi on kannattava ja tuottava. Vaikka lainojen korot nousisivat lähes Suomen lamanaikaiselle tasolle 12 %:n (kuva 26), investoinnin nettonykyarvo olisi lähes 3000 €. Näin ollen investointi on melko riskitön, vaikka lainojen korot nousisivatkin merkittävästi nykyisestä tasosta. Tulee myös huomioida se seikka, että investoinnilla saadaan sitä enemmän säästöjä, mitä enemmän sähköenergian hinta nousee.

Investoinnin nettonykyarvon laskut ja tulokset ovat opinnäytetyön liitteissä 1 ja 2.



**KUVA 27. Pankkien viitekorkoja v. 1990-1999 [56]**

## 8 YHTEENVETO

Työn tarkoitus oli tutkia investoinnin kannattavuutta ja sen vaikutusta vanhan rakennuksen E-lukuun investoitaessa energiatehokkaampaan lämmitysjärjestelmään ja luoda näin esimerkki energiatehokkaamman lämmitysjärjestelmän investoinnista jo olemassa olevaan rakennuskantaan.

Kohde on täysin sähkölämmitteisen paritalon toinen asunto, lämmönjako hoidetaan sähköpattereilla ja -lattialämmityksellä. Vaikka kohteessa joudutaan investoimaan lämmönlähteen lisäksi uuteen lämmönjakojärjestelmään, investointi olisi kannattava vaikka lainojen korot nousisivat 10 % nykyisestä tasosta. Investoinnilla saavutettavien konkreettisten säästöjen lisäksi rakennuksen laskennallinen energiatehokkuusluokka parani kaksi pykälää D:stä B:hen.

Asunnot, jotka lämpiävät lämpöpumpulla, ovat nykyihmisten mieleen, koska ihmiset pääsääntöisesti ajattelevat, että ne kuluttavat vähemmän. Hyvä energialuokka näyttää myös paremmalta asunnon myynti-ilmoituksessa. Nämä kaksi asiaa voivat nostaa asunnon arvoa ja helpottaa sen myymistä, jos kohde aiotaan myydä tulevaisuudessa.

Rakennukseen suunniteltiin vesikiertoinen konvektorilämmitys vanhan sähkönlämmityksen tilalle. Patteriverkoston vesi ja lämmin käyttövesi lämmitetään teknisessä tilassa olevassa varaajassa. Maalämpöpumpun tekninen ikä on noin 25 - 30 vuotta. Lämmitysjärjestelmän muiden komponenttien tekninen ikä yli 50 vuotta. Kun lämmönlähde joudutaan tulevaisuudessa vaihtamaan, on varaajaan helppo kytkeä lähes mikä tahansa uusi lämmönlähde. 25 vuoden päästä esimerkiksi aurinkolämpö-järjestelmät saattavat olla edullisin vaihtoehto.

Kohteesta oli käytettävissä neljän edellisvuoden sähkönkulutuksen mittaustiedot. Mittaustiedoista saatiin hyvin tietoa, kuinka paljon rakennus kuluttaa sähköenergiaa vuodessa. Tulee huomioida se seikka, että rakennus on 6 vuotta vanha, joten mittaustiedot ovat lähes rakennuksen koko eliniältä. Investoitaessa energiatehokkaampiin lämmitysmuotoihin, ei kuluttajalaitteiden käyttämään sähköenergian kulutukseen voida vaikuttaa, ainoastaan rakennuksen ja käyttöveden lämmitykseen kuluvaan energiamäärään.

Asunnosta ei ollut käytettävissä vedenkulutuksen mittaustietoja, joten laskelmissa käytettiin Suomen Rakennusmääräyskokoelman osan D5:sta saatavia lämpimän käyttöveden kulutuksen ja siihen kuluvan lämmitysenergian arvoja. Kuluttajalaitteiden tarvitseman sähköenergian kulutuksena käytettiin Työ- ja Elinkeinoministeriön tekemää tutkimusta, jonka mukaan täysin sähkölämmitteisen pientalon kokonaisenergiankulutuksesta kuluu 33 % kuluttajalaitteiden tarvitsemaan sähköenergiaan. Tästä saatiin laskettua asunnon ja käyttöveden lämmittämiseen kuluvan energian määrä.

Investoinnin vaikutus E-lukuun pystyttiin tutkimaan hyvinkin tarkasti, koska tarkat arvot määräyksistä, ohjeista ja rakennuksen rakennusvalvonnan lupakuvista syötettiin tietokoneohjelmaan nimeltä IDA-ICE, joka laskee kohteen E-luvun.

Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa moni tekijä, investoinnin suuruus, huoltokustannukset, investoinnilla saavutettavat säästöt, energian hinnankehitys, lainojen korot sekä inflaatio. Laskelmissa käytettiin tilastoja ja keskiarvoja viime vuosilta. Ainoa tarkka tietoa oli investoinnin hinta, joka on suoraan urakoitsijalta saadun tarjouksen mukainen. Kulutustiedoilla on suora vaikutus investoinnilla saataviin säästöihin vuodessa. On mahdotonta sanoa, mitkä ovat oikeat kulutustiedot kohteessa ilman, että niitä mitattaisiin. Kulutustiedot voivat myös vaihdella vuosittain riippuen muun muassa asukkaiden kulutustottumuksien vaihtelusta ja talven kylmyydestä. Investoinnin kannattavuuslaskelmissa vaikuttavat myös lainojen korkokanta ja energian hinnankehitys. Laskelmat on tehty seuraavalle 25 vuodelle. Maailmantalouden tilanteesta, suurista sodista tai kriiseistä sekä maapallon energiavarojen riittävydestä johtuen ei ole varmaa, että sähköenergian vuotuinen hinnannousu pysyy ainoastaan 7 %:ssa. Energian hinnan vuotuisena hinnankehityksenä käytettiin energiamarkkinaviraston tilastoa, jossa on tilastoitu sähköenergian hinnat viimeisen 14 vuoden ajalta. Suomen valtio voi myös kiristää sähköstä maksettavaa veroa tulevaisuudessa, laskelmissa niiden oletettiin pysyvän muuttumattomana. 25 vuotta on pitkä aika mietittäessä korkokantoja ja energian hinnan kehitystä, täysin varmoja arvoja ei kukaan pysty ennustamaan. Varmaa on, että energian hinta ei ainakaan tule radikaalisti laskemaan, ellei jotain mullistavaa keksitä.

Kokonaisuutena työlle asetetut tavoitteet täyttyivät, kohteelle pystyttiin laskemaan investoinnin kannattavuus huomioiden energian hinnan kehitykset, inflaatio ja lainojen korot, kertyvät säästöt sekä investoinnin vaikutus kohteen E-lukuun. Lainojen ko-

rot tuskin nousevat Suomen lamanaikaiselle tasolle lähes 15 %, jolloin investoinnin nettohyötyarvo muuttuisi negatiiviseksi. Voidaan siis todeta, että investointi on kannattava ja siihen liittyy vähän riskejä.

Laskelmissa ei otettu huomioon investointiin liittyviä suunnittelu- tai mahdollisia kaupungin rakennusvalvontaan liittyviä kustannuksia. Tulee myös huomioida se seikka, että vaikka investoinnin nettohyötyarvo on reilusti positiivinen, se ei huomioinut myöskään välillisiä kustannuksia, joita urakasta saattaa syntyä. Näitä voi olla esimerkiksi mahdollisen sijaisasumisen kustannukset urakan aikana. Urakasta aiheutuvaa vaivaa ei voi rahassa mitata, kuten kalusteiden siirrot, –suojaukset sekä talon siivous.

Kohde oli siinä mielessä erilainen, ettei siellä ollut vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää. Se jouduttiin investoimaan lämmönlähteen lisäksi. Tilanne olisi ollut eri, jos kohteessa olisi ollut valmiina vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, mutta lämmönlähteenä olisi ollut öljykattila tai sähköllä lämpiävä varaaja. Suomessa on monta pientaloa, joissa lämmöntuottaminen hoidetaan yösähköllä, suoralla- tai öljykattilalla, mutta lämmönjako tapahtuu vesikiertoisella lattia- tai konvektorilämmityksellä. Näissä tapauksissa jouduttaisiin vain investoimaan esimerkiksi maalämpöpumppuun, joka olisi kytketty vanhaan lämmönjakojärjestelmään. Investoinnin kustannukset olisivat pienemmät. Sähkö on kalleimmillaan silloin, kun sitä tarvitaan eniten. Investoimalla vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään lämmönlähde voi olla melkein mikä tahansa. Näin ollen asunnon omistaja pääsee eroon energiayhtiöiden monopolista, joka säätelee sähkön hinnan kalleimmaksi juuri silloin, kun taloa joudutaan sähköllä eniten lämmitämään. Asunnon omistajat eivät näin ollen ole niin herkkiä energiayhtiöiden sähkön hinnanmuutoksille.

Työ antoi yhden esimerkin investoinnista vanhaan rakennuskantaan energiatehokkaamman ratkaisun. Tulee huomioida, että jokainen kohde on erilainen ja investoinnin kannattavuus tulee jokaisessa kohteessa tutkia erikseen. Kyseisessä kohteessa ei tarvinnut keskittyä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tai rakennuksen vaipan parantamiseen, koska rakennus on sen verran uusi. Investoinnin suuruuteen ja kertyviin säästöihin vaikuttavat monet tekijät. Työssä keskityttiin pelkästään yhteen energiaa säästävään ratkaisuun, maalämpöpumppuun. Se ei kuitenkaan ole ainoa keino, jolla rakennuksen energiatehokkuutta voidaan ja on kannattavaa parantaa. Markkinoilla on monia muitakin vaihtoehtoja, joilla vanhan rakennuksen energiatehokkuutta voidaan



parantaa, muun muassa vaipan lisäeristäminen, paremmat ikkunat ja poistoilmalämpöpumppu.

1.9.2013 astui voimaan uudet energiamääräykset koskien saneerattavien rakennusten energiatehokkuuden parantamista korjaus- ja muutostöissä. Ympäristöministeriö on asettanut joissain määrin tiukatkin energiatehokkuustavoitteet vanhaa rakennuskantaa saneerattaessa. On mielenkiintoista nähdä, miten rakennusvalvontaviranomaiset lähtevät tulkitsemaan näitä määräyksiä tulevaisuudessa ja mitkä ovat lopulliset vaikutukset energiatehokkuuteen. Jos esimerkiksi linjasaneerauksen yhteydessä halutaan saneerata julkisivua, joudutaan tekemään monia erilaisia selvityksiä ja tutkimuksia, jotta uudet määräykset täytyisivät ja ne pystyttäisiin osoittamaan tai todistamaan. Kysymys kuuluu, onko luvassa oikeita säästöjä vai vain lisää kustannuksia ja byrokratiaa? [57.] Suomessa on lähitulevaisuudessa paljon saneerauksen tarpeessa olevia pien- että kerrostaloja. Työ antoi yhden esimerkin mietittäessä energiainvestointia ja sen kannattavuutta. Tästä voi hyvin tehdä lisätutkimusta ja selvittelyä, mikä on oikeasti taloudellisesti kannattavaa huomioiden kaikki uudet energiamääräykset ja niihin liittyvät selvitykset saneerauksen yhteydessä.

## LÄHTEET

- [1] Martina Ahola, Yli 400 e lisälasku! Näin sähköyhtiö rahastaa, Taloussanomat, www-dokumentti <http://www.taloussanomat.fi/asuminen/2011/04/15/yli-400-e-lisalasku-nain-sahkoyhtio-rahastaa/20115353/310>. päivitetty 15.4.2011, Luettu 2.6.2013,
- [2] Energian loppukäyttö sektoreittain 2011, Tilastokeskus, WWW-dokumentti, päivitetty 22.3.2012, luettu 2.6.2013  
[http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/04/ehk\\_2011\\_04\\_2012-03-22\\_kuv\\_014\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/04/ehk_2011_04_2012-03-22_kuv_014_fi.html),
- [3] Rakennusten energiankulutus ja CO<sub>2</sub>- ekv päästöt Suomessa, VTT, PDF- dokumentti, päivitetty 04/2005, luettu 26.6.2013,
- [4] RT 10922, PDF-dokumentti, päivitetty 06/2008, luettu 28.6.2013,
- [5] Asuntojen rakentamis- ja korjaustarve, Pekka Pakkala, VTT. PDF- dokumentti, , päivitetty 10.8.2010, luettu 26.6.2013
- [6] Kodin energiasäästöohjeita: lämmitys, WWW- dokumentti  
[http://www.valkeakoskenenergia.fi/Portals/33/images\\_content/pientalonkulutus.png](http://www.valkeakoskenenergia.fi/Portals/33/images_content/pientalonkulutus.png), ei päivitystietoja, luettu 29.6.2013
- [7] Suomen Rakentamismääräyskokoelma D5, luonnos 14.2.2012, PDF-dokumentti päivitetty 14.3.2012, luettu 30.6.3013.
- [8] Energiatehokas koti, www-dokumentti.  
[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen\\_suunnittelu/kylmasillat](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/kylmasillat) päivitetty 29.6.2013, luettu 29.6.2013.
- [9] Painovoimaisen ilmanvaihdon ABC, WWW-dokumentti,  
[http://www.mtv3.fi/ohjelmat/sivusto2008.shtml/lifestyle/joka\\_kodin\\_asuntomarkkinat/ohjelma\\_\\_kodinrakentajat\\_2009?996013](http://www.mtv3.fi/ohjelmat/sivusto2008.shtml/lifestyle/joka_kodin_asuntomarkkinat/ohjelma__kodinrakentajat_2009?996013) päivitetty 4.7.2013, luettu 4.7.2013
- [10] Veden kulutus vaihtelee paljon, Motiva, www- dokumentti,  
[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus), päivitetty 1.3.2013, , luettu 29.6.2013,
- [11] Lämpöpumput ja niiden taloudellisuus ja ympäristöystävällisyys erillisten pientalojen lämmityksessä, Juha Rautio 2008, ympäristötekniikan kandidaattityö ja seminaari, PDF-dokumentti, Tampere 10.12.2008, luettu 1.8.2013,
- [12] Lämpöpumput, Motiva, WWW-dokumentti,  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/lampopumput](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput), päivitetty 23.4.2013, luettu 6.7.2013

- [13]Maalämpöpumppu, Motiva, WWW-dokumentti,  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/maalampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu), päivitetty 6.5.2013, Luettu 2.7,
- [14] Ympäristöopas lämpökaivo, Suomen ympäristökeskus, PDF-dokumentti, päivitetty 2009, luettu 2.7
- [15] DANFOSS, vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet käsikirja. 03/2011, PDF-dokumentti, ei päivitystietoja, luettu 3.7.2013,
- [16] Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D1, 2007, PDF-dokumentti. päivitetty 24.01.2007, luettu 6.7.2013
- [17] Maalämpöopas NIBE, PDF-dokumentti, ei päivitystietoja, luettu 2.8.2013
- [18] Juhani Heljo & Hannele Laine. sähkölämmitys ja lämpöpumput sähkökäyttäjänä ja päästöjen aiheuttajina Suomessa, Tampereen teknillinen yliopisto 2005, PDF-dokumentti, luettu 10.7.2013
- [19] Maalämpöpumpun mitoitus, WWW-dokumentti,  
[http://www.ammattiwiki.fi/wiki/index.php?title=L%C3%A4mp%C3%B6pumppun\\_mitoitus](http://www.ammattiwiki.fi/wiki/index.php?title=L%C3%A4mp%C3%B6pumppun_mitoitus), päivitetty 5.10.2010, luettu 4.8.2013.
- [20] Sähkölasku, Energiateollisuus, WWW-dokumentti,  
<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkon-hinta-ja-sopimukset/sahkolasku>, päivätty 7.8.2013, luettu 7.8.2013
- [21] Lämpöä ilmasta, Motiva, PDF-dokumentti, luettu 20.7.2013
- [22] Ei enää lämpöä harakoille, ess, WWW-dokumentti,  
<http://www.ess.fi/?article=296194>, päivätty 15.9.2010, luettu 21.6.2013
- [23] Ilmalämpö, Motiva, WWW-dokumentti,  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilmalampo](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilmalampo). luettu 22.7.2013 päivitetty 17.7.2013, luettu 22.7.2013
- [24] Ilma-vesilämpöpumppu, Motiva, WWW-dokumentti,  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu), päivitetty 7.5.2013, luettu 23.7.2013
- [25] Energiatehokas ilmanvaihto, PDF-dokumentti, Motiva, luettu 23.7.2013
- [26] Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa, ympäristöministeriön moniste I22, PDF-dokumentti, Helsinki 2003, luettu 20.7.2013
- [27] Poistoilmalämpöpumppu, Motiva, WWW-dokumentti,  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu)), päivitetty 7.5.2013. luettu 21.7.2013
- [28] Auringosta lämpöä ja sähköä, Motiva, PDF-dokumentti, luettu 8.8.2013

- [29] Lämmönvaraaja lämmitteää käyttö- ja lämmitysvettä, WWW-dokumentti, [http://www.rakentaja.fi/artikkelit/10095/lammonvarauksen\\_ytimessa\\_akvaterm.htm](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/10095/lammonvarauksen_ytimessa_akvaterm.htm), julkaistu 10.6.2013, luettu 28.7.2013.
- [30] Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet mitoitus ja käyttö, solpros AY, Joulukuu 2006 PDF-dokumentti, luettu 25.7.2013
- [31] Energiaekspertin kalvosarja, Motiva 2006, PDF- dokumentti, luettu 26.7.2013.
- [32] Oras veden kulutusta ja säästöä, PDF- dokumentti päivätty 11.11.2009, luettu 27.7.2013
- [33] Asumisen ohjelehtisen laskemien tiedot, WWW-dokumentti, <http://www.ilmankos.fi/ilmastovinkit/laskelmat>, päivätty 29.7.2013, luettu 29.7.2013.
- [34] Onnistunut lisäeristys vaatii oikeat materiaalit ja huolellisen työn, www-dokumentti, [http://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/lisaeristys\\_paivatty](http://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/lisaeristys_paivatty) 4.8.2013, luettu 4.8.2013,
- [35] Lisäeristys ja korjausrakentaminen, WWW-dokumentti, <http://www.ekovilla.com/archive/ohjeet/lisaeristaminen/>, päivätty 5.8.2013, luettu 5.8.2013,
- [36] Lisäeristyksellä säästöä sähkölaskuun, WWW-dokumentti, [http://www.jykes.fi/fi/ajankohtaista/1211-lisaeristyksella-saastoa-sahkolaskuun\\_paivatty](http://www.jykes.fi/fi/ajankohtaista/1211-lisaeristyksella-saastoa-sahkolaskuun_paivatty) 10.8.2013, luettu 10.8.2013.
- [37] Analyysit tuotekehityksessä, WWW-dokumentti, <http://www2.uiah.fi/projects/metodi/03a.htm>, päivitetty 3.8.2007, luettu 24.8.2013.
- [38] Motiva, Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston, PDF-dokumentti, päivitetty 19.8.2008, luettu 24.8.2013.
- [39] Kohteen rakennusvalvonnassa leimatut lupakuvat, 2006.
- [40] Tiedotteet 2013, Motiva, [http://www.motiva.fi/ajankohtaista/motivan\\_tiedotteet/2013?5331\\_m=5624](http://www.motiva.fi/ajankohtaista/motivan_tiedotteet/2013?5331_m=5624), päivitetty 3.6.2013, luettu 12.8.2013
- [41] Ilmastonmuutoksen hillintä, WWW-dokumentti, <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441>, päivitetty 27.8.2013, luettu 27.8.2013.
- [42] Rakennuksen energiatodistus uudistuu, ympäristöministeriö 27.2.2013, PDF-dokumentti, päivätty 27.2.2013, luettu 14.8.2013.
- [43] Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D3, PDF-dokumentti, päivitetty 30.3.2011, luettu 23.8.2013

- [44] Uusien rakennusten energiamääräykset 2012, PDF-dokumentti, ympäristöministeriö 30.3.2011, luettu 2.9.2013
- [45] Perustason energiatodistuksen laatija, WWW-dokumentti, [http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset\\_\\_lomakkeet\\_\\_nimikkeiden\\_kaannokset/energiatodistuksen\\_laatiija\\_\\_\\_upprattare\\_av\\_energicertifikat/perustason\\_energiatodistuksen\\_laatiija/](http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset__lomakkeet__nimikkeiden_kaannokset/energiatodistuksen_laatiija___upprattare_av_energicertifikat/perustason_energiatodistuksen_laatiija/), päivitetty 24.7.2013, luettu 24.7.2013.
- [46] IDA-ICE simulointiohjelman antama rakennuksen E-luku
- [47] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta, PDF- dokumentti päivitetty 27.2.2013. luettu 7.9.2013.
- [48] Työ- ja elinkeinoministeriön kotitalouksien sähkönkäyttö 2011 tutkimusraportti PDF-dokumentti, 26.2.2012, luettu 2.9.2013
- [49] Asunnon sähkönkäytönraportti vuositason 5/2009-4/2013
- [50] Kotitalousvähennys, Verohallinto, WWW-dokumentti, <http://www.vero.fi/fi-FI/Henkiloasiakkaat/>, Kotitalousvähennys, päivätty 12.8.2013. luettu 12.8.2013,
- [51] Rakennusten energiainvestoinnin kannattavuuden laskenta, Kai Siren, Aalto yliopisto, 2010, PDF-dokumentti, luettu 2.9.2013
- [52] Diplomityö, Jouni Shillman, Betonielementtikerrostalojen linjasaneerauksen hankesuunnitelman energiansäästö-laskennan ja raportin kehittäminen, Aalto Yliopisto 2013, luettu 2.9.2013.
- [53] Sähkön hintatilastot, energiamarkkinavirasto, excel-dokumentti, <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/alasivu.asp?gid=67&pgid=67&languageid=246>, luettu 2.9.2013
- [54] EKP:n/eurojärjestelmän rahapolitiikka- PDF dokumentti, päivitetty 24.5.2012, luettu 3.9.2013
- [55] Lämpöpumppuhuolto.com. WWW-dokumentti, <http://www.lampopumppuhuolto.com/index.php/lisaetarvikkeet-ja-varaosat/nibe/maalaempoepumppu/mlp-f1226-f1145-f1245-f1345/kompressoripaisuntaventtiili-kuivain-yms>, päivitetty 4.9.2013, luettu 4.9.2013.
- [56] Suomalaisten pankkien viitekorkoja 1990-1999, [http://www.suomenpankki.fi/fi/julkaisut/selvitykset\\_ja\\_raportit/yleistajuiset\\_selvitykset/historiallisia\\_aikasarjoja/Pictures/ii\\_012.jpg](http://www.suomenpankki.fi/fi/julkaisut/selvitykset_ja_raportit/yleistajuiset_selvitykset/historiallisia_aikasarjoja/Pictures/ii_012.jpg), luettu 7.9.2013
- [57] Energiasäännökset muuttuivat 1.9.2013, WWW-dokumentti, <http://karves.fi/2013/09/energiasaannokset-muuttuivat-1-9-2013/>, julkaistu 5.9.2013, luettu 10.9.2013.

LIITE 1.

Investoinnin nettonykyarvo P, 5 % korkokannalla.

Investoinnin nettonykyarvo												
					Inflaatio=	2 %						
					Korkokanta=	5,0 %	Sähköenergian vuotuinen hinnannousu =					
									7,11 %			
Vuosi	Tuotot (€/a)	Kulut (€/a)	Investointi (€/a)	Kassavirta (€/a)	Reaalikorko	Diskonttaustekijä	Diskontattu kassavirta (€/a)		Kulutus ennen (kWh/a)	Kulutus jälkeen (kWh/a)	Sähkövero ja -siirto (€/kWh)	Sähköenergian hinta (€/kWh)
0	1140,5	0	13888	-12747,5	0,029411765	1	-12747,5	Käyttövesi	3850	1674	0,0577	0,0681
1	1184,1	0	0	1184,07909	0,029411765	0,971428571	1150,24826	Lämmitys	10331,32	3443,773	0,0577	0,07294191
2	1231,1	0	0	1231,08419	0,029411765	0,943673469	1161,741484				0,0577	0,07812808
3	1281,4	0	0	1281,43134	0,029411765	0,916711137	1174,702681				0,0577	0,083682986
4	1335,4	0	0	1335,35818	0,029411765	0,890519617	1189,162655				0,0577	0,089632847
5	1393,1	0	0	1393,11922	0,029411765	0,865076199	1205,154277				0,0577	0,096005742
6	1455	0	0	1454,98706	0,029411765	0,840359736	1222,712545				0,0577	0,10283175
7	1521,3	0	0	1521,25371	0,029411765	0,816349458	1241,874645				0,0577	0,110143088
8	1592,2	0	0	1592,23192	0,029411765	0,793025188	1262,68002				0,0577	0,117974261
9	1668,3	0	0	1668,25668	0,029411765	0,770367325	1285,170439				0,0577	0,126362231
10	1749,7	0	0	1749,6868	0,029411765	0,74835683	1309,390071				0,0577	0,135346586
11	1836,9	0	0	1836,90661	0,029411765	0,726975207	1335,38556				0,0577	0,144969728
12	1930,3	0	0	1930,32774	0,029411765	0,706204487	1363,206108				0,0577	0,155277076
13	2030,4	0	0	2030,39111	0,029411765	0,686027215	1392,903558				0,0577	0,166317276
14	2137,6	0	0	2137,56899	0,029411765	0,666426438	1424,532485				0,0577	0,178142434
15	2252,4	2000	0	252,367212	0,029411765	0,647385683	163,3789197				0,0577	0,190808361
16	2375,3	0	0	2375,32759	0,029411765	0,628888949	1493,817272				0,0577	0,204374836
17	2507	0	0	2507,03045	0,029411765	0,610920693	1531,596782				0,0577	0,218905887
18	2648,1	0	0	2648,09739	0,029411765	0,593465816	1571,555278				0,0577	0,234470095
19	2799,2	0	0	2799,19418	0,029411765	0,57650965	1613,762459				0,0577	0,251140919
20	2961	0	0	2961,03396	0,029411765	0,560037946	1658,291376				0,0577	0,268997038
21	3134,4	0	0	3134,38054	0,029411765	0,544036861	1705,218554				0,0577	0,288122728
22	3320,1	0	0	3320,05207	0,029411765	0,528492951	1754,624118				0,0577	0,308608253
23	3518,9	0	0	3518,92484	0,029411765	0,513393153	1806,59192				0,0577	0,3305503
24	3731,9	0	0	3731,93747	0,029411765	0,498724777	1861,209682				0,0577	0,354052427
25	3960,1	0	0	3960,0953	0,029411765	0,484475497	1918,569138				0,0577	0,379225554
						P =	22049,98029					

LIITE 2.

Investoinnin nettonykyarvo P, 12 % korkokannalla

Investoinnin nettonykyarvo												
					Inflaatio=	2 %						
					Korkokanta=	12,0 %	Sähköenergian vuotuinen hinnannousu =					
									7,11 %			
Vuosi	Tuotot (€/a)	Kulut (€/a)	Investointi (€/a)	Kassavirta (€/a)	Reaalikorko	Diskonttaustekijä	Diskontattu kassavirta (€/a)		Kulutus ennen (kWh/a)	Kulutus jälkeen (kWh/a)	Sähkövero ja -siirto (€/kWh)	Sähköenergian hinta (€/kWh)
0	1140,5	0	13888	-12747,5	0,098039216	1	-12747,5	Käyttövesi	3850	1674	0,0577	0,0681
1	1184,1	0	0	1184,07909	0,098039216	0,910714286	1078,357744	Lämmitys	10331,32	3443,773	0,0577	0,07294191
2	1231,1	0	0	1231,08419	0,098039216	0,82940051	1021,061851				0,0577	0,07812808
3	1281,4	0	0	1281,43134	0,098039216	0,755346893	967,9251824				0,0577	0,083682986
4	1335,4	0	0	1335,35818	0,098039216	0,687905206	918,5998442				0,0577	0,089632847
5	1393,1	0	0	1393,11922	0,098039216	0,626485099	872,7684299				0,0577	0,096005742
6	1455	0	0	1454,98706	0,098039216	0,570548929	830,1413109				0,0577	0,10283175
7	1521,3	0	0	1521,25371	0,098039216	0,51960706	790,4541705				0,0577	0,110143088
8	1592,2	0	0	1592,23192	0,098039216	0,473213573	753,4657573				0,0577	0,117974261
9	1668,3	0	0	1668,25668	0,098039216	0,430962361	718,9558391				0,0577	0,126362231
10	1749,7	0	0	1749,6868	0,098039216	0,392483579	686,7233386				0,0577	0,135346586
11	1836,9	0	0	1836,90661	0,098039216	0,357440402	656,5846359				0,0577	0,144969728
12	1930,3	0	0	1930,32774	0,098039216	0,32552608	628,372022				0,0577	0,155277076
13	2030,4	0	0	2030,39111	0,098039216	0,296461252	601,9322898				0,0577	0,166317276
14	2137,6	0	0	2137,56899	0,098039216	0,269991497	577,1254512				0,0577	0,178142434
15	2252,4	2000	0	252,367212	0,098039216	0,245885114	62,05334054				0,0577	0,190808361
16	2375,3	0	0	2375,32759	0,098039216	0,223931086	531,909686				0,0577	0,204374836
17	2507	0	0	2507,03045	0,098039216	0,203937239	511,2768678				0,0577	0,218905887
18	2648,1	0	0	2648,09739	0,098039216	0,185728557	491,8273058				0,0577	0,234470095
19	2799,2	0	0	2799,19418	0,098039216	0,16914565	473,471519				0,0577	0,251140919
20	2961	0	0	2961,03396	0,098039216	0,15404336	456,1276191				0,0577	0,268997038
21	3134,4	0	0	3134,38054	0,098039216	0,140289488	439,7206425				0,0577	0,288122728
22	3320,1	0	0	3320,05207	0,098039216	0,127763641	424,1819412				0,0577	0,308608253
23	3518,9	0	0	3518,92484	0,098039216	0,116356173	409,4486284				0,0577	0,3305503
24	3731,9	0	0	3731,93747	0,098039216	0,105967229	395,463073				0,0577	0,354052427
25	3960,1	0	0	3960,0953	0,098039216	0,096505869	382,1724392				0,0577	0,379225554
						P =	2932,620929					

## **TARJOUS**

Kiitän tarjouspyynnöstänne. Tarjoudun suorittamaan kohteen lämmitysjärjestelmän muutoksen tarjouspyynnön ja suunnitelmien mukaan hintaan:

(Hinnat sisältävät alv:n 24 %)

- Osat 11 888 €
  - Sisältää maalämpöpumpun, maalämmön keruuputkiston, lämpöputket talon sisällä + asennuksiin tarvittavat osat, puhallin- ja matalalämpökonvektorit, kaikki venttiilit + järjestelmän säädöt, ilmanvaihdon vesikiertoisen jälkilämmityspatterin. Tarvittavat osat teknisessä tilassa maalämpöpumpun kytkemiseksi vanhaan käyttövesijärjestelmään.
  
- Asennustyö 6000 €
  - Sisältää kaikki laitteet valmiiksi asennettuna ja säädettynä, aputyöt: mm ti-manttioraukset, rakennustyöt, sähkötyöt ja kaivuutyöt.

Yhteensä: 17 888 € (Alv 24%)

Lisätöistä sovitaan aina erikseen kirjallisesti ennen töiden aloittamista.

Vakuudeksi,  
Tampere 28.8.2013

Mauri Koskinen,  
Tmi Mauri Koskinen (y-tunnus 1141454-0)