



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tuulia Lehtikangas

PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Tekniikka Pori

Energiatekniikan koulutusohjelma

2009

PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Lehtikangas, Tuulia
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2009
Heinonen, Jarkko
UDK: 620.98, 697.1
Sivumäärä: 42

Asiasanat: lämmitysjärjestelmät, maalämpö, uusiutuvat energialähteet, sähkölämmitys, aurinkoenergia

Tämän opinnäytetyön aiheena oli vertailla kolmen eri lämmitysjärjestelmän kannattavuutta Luvialle vuosina 2008-2009 rakennettavaan pientaloon käyttäjän näkökulmasta pitkällä aikavälillä. Kyseisiksi aikajaksoiksi valittiin 15 ja 25 vuotta. Opinnäytetyön aihevalinta perustui haluun saada objektiivinen vertailu lämmitysjärjestelmien välillä, koska kyseinen kohde rakennetaan itselle. Tarkastelu haluttiin kohdistaa erityisesti järjestelmien eroavaisuuksiin. Lähtökohtana oli, että pientalo halutaan rakentaa energialuokaltaan A-luokan taloksi, joka luonnollisesti tulee laskemaan pientalon käyttökustannuksia. Vertailtaviksi lämmitysmuodoiksi valittiin maalämpö, puulämmitys ja osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämpö. Valintojen perusteina oli mielenkiinto erilaisia lämmitysjärjestelmiä kohtaan.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsiteltiin yleisellä tasolla kunkin järjestelmän elinkaarietäisyys, ympäristöystävällisyyttä, huollon tarvetta sekä käyttömukavuutta ja luotettavuutta. Järjestelmien nykytilannetta tai historiaa käsiteltiin myös teoreettisessa osuudessa. Teoreettiseen osuuteen kuului myös lämmitysjärjestelmien toiminnat kaavioina ja selostuksina. Näiden lisäksi valittiin jokaiselle järjestelmälle tarvittavat laitteet ja selvitettiin kyseisten laitteiden hinnat, joista saatiin selville järjestelmien investointikustannukset.

Opinnäytetyön laskennallinen osuus koostui investointikustannusten, huolto- ja korjauskustannusten, sekä käyttökustannusten laskennasta. Huomioon otettiin myös energian hinnan nousu ja korot. Laskennoissa tarkasteltiin myös lämpöhäviöitä ja hyötöenergioita. Näistä saatiin yhteenveto, mitä jokainen järjestelmä kaiken kaikkiaan tulee maksamaan eri aikaväleillä.

Opinnäytetyön tuloksena työn tekijä suosittelee valittavaksi lämmitysjärjestelmäksi maalämpöä. Lopputulokseen eniten vaikutti maalämmön taloudellisuus, kuten myös järjestelmän vaivattomuus tuki valintaa.

COMPARISON OF HEATING SYSTEMS IN A SINGLE-FAMILY HOUSE

Lehtikangas, Tuulia
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Energy Technology
April 2009
Heinonen, Jarkko
UDC: 620.98, 697.1
Number of Pages: 42

Key Words: heating systems, ground heat, renewable sources of energy, electric heating, solar energy

The purpose of this thesis was to compare the long-term profitability of three heating systems in a single-family house that will be built to Luvia in years 2008-2009 from the user point of view. The chosen time periods were 15 and 25 years. The field of this thesis was based on the interest to get an objective comparison between heating systems, because that target will be built for oneself. The examination was focused especially on the differences between the systems. The starting point was that the house will be built as an energy category A house which will naturally decrease the operating expenses of the house. Ground heat, wood heating and partly storing electric heating with solar heating were chosen as heating forms which were to be compared. The basis to select these was the interest toward different heating systems.

The theoretical part of the thesis deals generally with life cycle affordability, friendliness to the environment, need for maintenance as well as comfort of use and reliability of each system. The present situation or history was also discussed in the theoretical part. In addition to these, the theoretical part also deals with the functions of heating systems as diagrams and descriptions. In addition to these, every system was equipped with necessary and their prices were checked to find out the investment costs.

The calculatory part of the thesis consists of calculation of investment costs, maintenance costs and cost of repair as well as operating costs. The rise of the energy price and interests were also taken into account. Heat losses and extra energy were also analysed in the calculation. Based on these facts, a summary was made to show what every system will overall cost in the different periods of time.

As the result of this thesis a recommendation to use ground heat as the chosen heating system is made. The result was mainly affected by the cost-effectiveness of ground heat and the user-friendliness of the system.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tausta	7
1.2 Työn tavoite	8
2 YLEISTÄ	9
2.1 Maalämpö	9
2.1.1 Maalämpöpumppu	9
2.1.2 Lämmönkeruutapa	10
2.1.3 Lämmönkeruupiiri	10
2.1.4 Kallioperän ollessa lämmönlähteenä	11
2.1.5 Lämpöpumpun historiaa ja nykytilanne	11
2.1.6 Lämpöpumpun lämmityskustannukset ja käyttöikä	12
2.1.7 Järjestelmän vaivattomuus ja korjauskustannukset	13
2.1.8 Ympäristöystävällisyys	13
2.2 Puulämmitys	14
2.2.1 Kattila ja lämminvesivaraaja	14
2.2.2 Kattilatyypit	16
2.2.3 Polttoaine	16
2.2.4 Lämpöarvo	17
2.2.5 Ympäristöystävällisyys	17
2.2.6 Lämmitystavan tärkeys	18
2.2.7 Huolto	18
2.2.8 Lämmityskustannukset ja käyttöikä	19
2.2.9 Järjestelmän vaivattomuus ja -luotettavuus	20
2.2.10 Puukattilajärjestelmän nykytilanne Suomessa	20

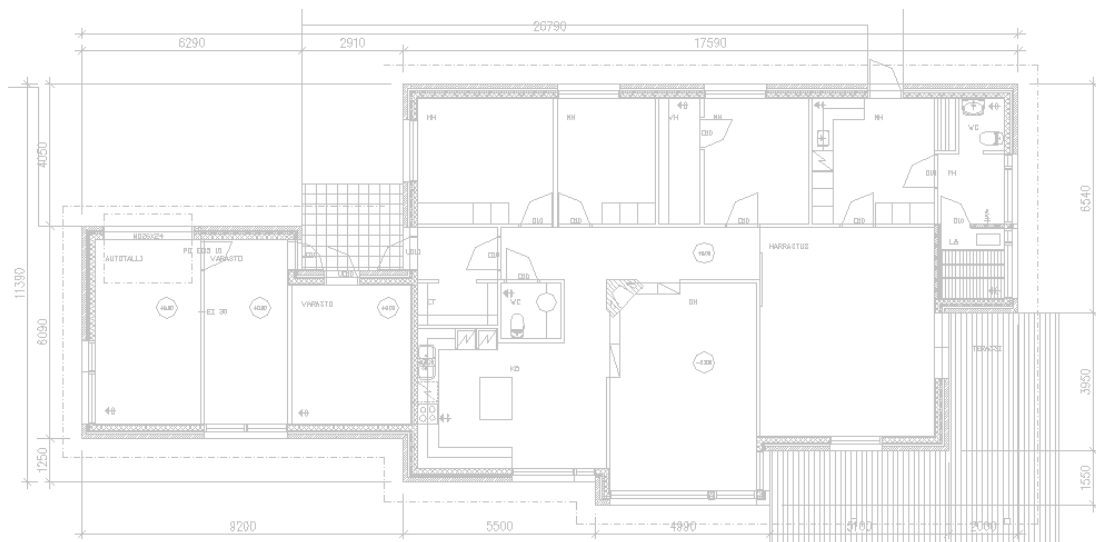
2.3 Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämpö	21
2.3.1 Varaaja	21
2.3.2 Varaajan huolto	22
2.3.3 Lämmityskustannukset ja käyttöikä.....	23
2.3.4 Sähkölämmityksen yleisyys.....	23
2.3.5 Huonot puolet	23
2.3.6 Ympäristöystävällisyys	24
2.4 Auringosta saatavan energian hyödyntäminen	24
2.4.1 Auringon säteilyn hyödyntäminen.....	25
2.4.2 Aurinkolämmityksen yleisyys Suomessa ja muualla Euroopassa	25
2.4.3 Tavoitteet	26
3 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN TOIMINTAPERIAATTEET- JA SELOSTUKSET	27
3.1 Toimintaperiaatteet.....	27
3.2 Maalämpö.....	27
3.2.1 Maalämpöpumpun toiminta.....	27
3.2.2 Varaajaveden lämpötilan säätö	28
3.2.3 Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö.....	28
3.2.4 Käyttövesi	28
3.3 Puulämmitys	29
3.3.1 Laddomat 21	29
3.3.2 Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö.....	29
3.3.3 Käyttövesi	30
3.4 Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämmitys	30
3.4.1 Aurinkolämmityksen toiminta	30
3.4.2 Varaajan sähkövastusten toiminta	31
3.4.3 Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö.....	31

3.4.4 Käyttövesi	31
4 JÄRJESTELMIEN LAITTEIDEN VALINNAT JA NIIDEN HINNAT	32
4.1 Investointikustannukset	32
4.2 Maalämpö	32
4.3 Puulämmitys	32
4.4 Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämpö	33
5 RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS JA JÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUSLASKELMAT	34
5.1 Rakennuksen energiatodistus	34
5.2 Energian hinnan muutokset ja investointikustannusten kattaminen.....	34
5.2 Eri järjestelmien häviöt	34
5.3 Huolto- ja korjauskustannukset	35
5.4 Käyttökustannukset	36
5.5 Lopulliset kustannukset	37
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	37
6.1 Päätelmät	37
6.2 Lämmitysjärjestelmän valinta	38
LÄHDELUETTELO	39
LIITTEET	
1. Energiatodistus	
2. Laskelmat	
3. Arkkitehtipiirustukset	
4. Toimintaperiaatekuvat	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Lämmitysjärjestelmiä vertailtiin Luvialle Palkertin alueelle vuosina 2008-2009 rakennettavaan pientaloon. Kaikissa järjestelmissä lämmönjakelumuotona on vesikiertoinen lattialämmitys. Pientalon huoneistoala on 166m² ja bruttoala 188,7m². Energialuokaltaan talo halutaan rakentaa A-luokan taloksi, jonka vuoksi rakenteiden lämmönläpäisykertoimet (u-arvot) valittiin paremmiksi kuin mitä rakentamismääräyskokoelmassa C3 vaaditaan. Ikkunoiden ja ovien U-arvot ovat 0,9, yläpohjan 0,9 ja alapohjan 0,19 sekä ulkoseinien 0,15. Alapohjan eristykseksi laitettiin 200mm styroksia, seiniin villaa 270mm ja yläpohjaan 100mm:n villan lisäksi 400mm puhallusvillaa. Pientalon julkisivuksi tulee tiiliverhoilu. (Liite 1)



Kuva 1 Villa Näkin pohjapiirustus (Liite 3)

Lämmitysmuodoiksi valittiin maalämpö, puulämmitys ja osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämpö. Maalämmön valinta yhdeksi lämmitysmuodoksi perustui sen suosion kasvuun pientalojen lämmitysmuotona. Haloilla lämmittäminen ainoana lämmitysmuotona on uusissa pientaloissa kohtuullisen harvinaista, joten toiseksi vertailuvaihtoehdoksi valittiin puulämmitys. Osittain varaava sähkölämmitys on taas jo kauan ollut suosituimpia lämmitysmuotoja pientaloissa, mutta lisäämällä siihen harvinaisemman lämmitysmuodon eli aurinkolämmityksen, haluttiin nähdä kuinka kannattava tästä kombinaatiosta tulisi.

Kannattavuutta haluttiin tarkastella pitkällä aikavälillä. Aikajaksoiksi valittiin 15 ja 25 vuotta. Tarkastelu kohdistuu järjestelmien eroavaisuuksiin. Tarkastelun ulkopuolelle jäävät laitteet, jotka ovat samanlaiset jokaisessa järjestelmässä.

1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena oli löytää paras mahdollinen lämmitysjärjestelmä rakennettavalle pientalolle. Mahdollisia kriteereitä olivat elinkaarietäisyys, järjestelmän vaivattomuus ja –luotettavuus sekä ympäristöystävällisyys ja tulevaisuuden näkymät.

2 YLEISTÄ

2.1 Maalämpö

2.1.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu on sähkökäyttöinen laite, jonka avulla kompressorin nostaa lämmönkeruuputkiston nesteeseen sitoutuneen lämmön korkeampaan lämpötilaan. Kompressorin tekemä työ yleensä tuotetaan sähköllä. /1/

Käyttöveden lämmitys on myös tärkeä osa lämmitysjärjestelmää. Niin veden määrän kuin lämpötilan pitää olla riittävä. Veden lämpötila tulisi olla 55°C, jotta välttyttäisiin legionella-bakteerilta. /2/

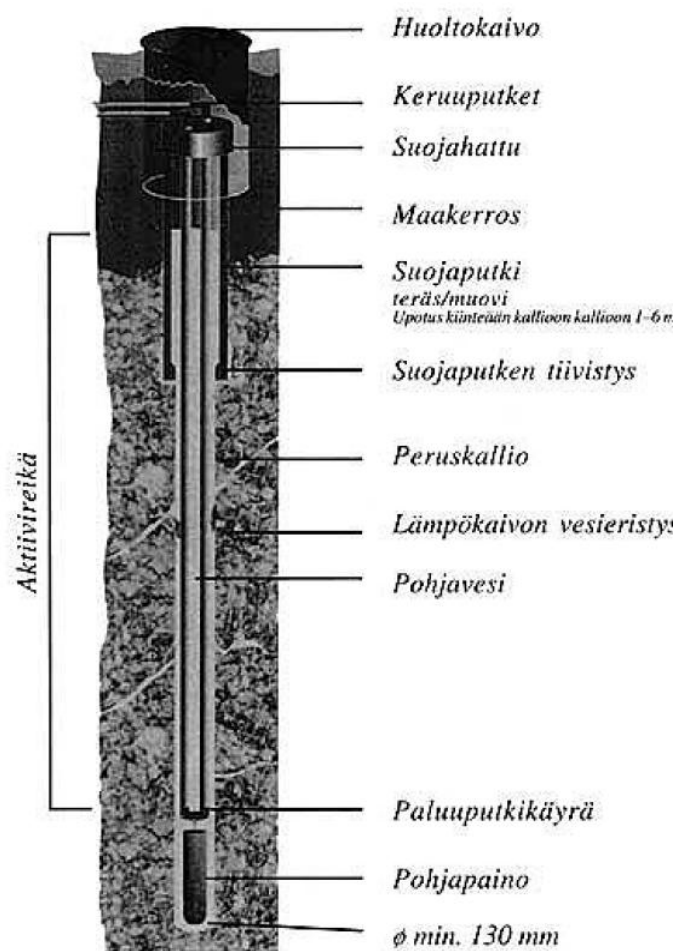
Lämpöpumpuilla ei kuitenkaan aina nosteta lauhtumislämpötilaa niin korkeaksi, että lauhtimesta saataisiin suoraan tarpeeksi kuumaa vettä. Lämpötilan loppunostoon voidaan silloin käyttää toisistaan poikkeavia tapoja, kuten vaikkapa tulistusjärjestelmää tai sähkövastuksia. Kuitenkin kaikissa lämpöä on aina varastoitava, koska lämpöpumpun teho ei yksinään riitä niin suureen hetkelliseen käyttöveden lämmitystehoon. /2/ Maalämpöpumpun rinnalle voidaan valita erillinen varaaja, joka voi olla esimerkiksi kaksoisvaippavaraaja tai perinteisempi kierrukalla toimiva varaaja tai toinen mahdollisuus on integroitu pumppu, jossa on varaaja sisällä. Keskimääräinen varaajan lämpimän veden anto on 36 litraa minuutissa. /3/

Nykyajan uudet maalämpöpumput ovat käyttövalmiita paketteja, joihin kuuluvat kompressorin, liuoksen ja lämmityksen kiertopumput, lämmönvaihtimet ja

ohjausautomaatiikka. Pumppu on jopa niin hiljainen, että sen voi sijoittaa kodinhoitohuoneeseen, kuitenkin yleisemmin tekniseen tilaan. /1/

2.1.2 Lämmönkeruutapa

Maalämmön lämmönlähteenä voitaisiin käyttää joko porakaivoa, maaperää tai vesistöä. Kyseisen tontin maaperä ei sovellu kovinkaan hyvin käyttötarkoitukseen, koska se on soraharju. Lähistöllä ei ole vesistöäkään, joten lämmönlähteeksi valittiin porakaivo. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki normilämpökaivosta.



Kuva 2 Normilämpökaivo /4/

Lämmönkeruupiirillä tarkoitetaan putkistoa, joka on sijoitettu pintamaahan, veteen tai peruskallioon. Tässä tapauksessa keruupiiri on peruskalliossa.

Lämmönkeruupiirissä käytetään joko etanolia tai jotain muuta nestettä, mikä ei jäädy alle -15 celsiusasteessa. Putkistossa kiertäessään neste kerää lämpöä ympäröivästä maaperästä. /1/

2.1.4 Kallioperän ollessa lämmönlähteenä

Keruuputkisto asennetaan kallioperään pystysuoraan porattuun porareikään lämpökaivoksi. Vaikka porakaivon rakennuskustannukset ovat kalliimpia kuin vaakasuoraan asennettavilla keruupiireillä, ratkaisu on kuitenkin nykyään varsin yleinen. Vaakapiireihin verrattuna lämpökaivon etuihin kuuluvat lähes kaksinkertainen energiansaanti putkimetriä kohti, vähäinen tarvittava pinta-ala, ilmattavuuden helppous ja routimattomuus. Lämpökaivolla on mahdollisuus myös kesäaikaiseen jäähdytykseen. /1/

2.1.5 Lämpöpumpun historiaa ja nykytilanne

Maalämpöpumppu ei ole aivan uusi keksintö. 1980-luvun alkupuolella lämpöpumppuja myytiin tuhansia, mutta energiahintasuhteiden muuttuessa ja toimitukseen liittyvän huonon maineen vuoksi myyntiluvut ovat olleet todella alhaiset viime vuosiin asti. Nykyään Suomessa on käytössä 10 000 lämpöpumppua pientaloissa ja oikean tehomitoituksen sekä porakaivotekniikan kehittyessä maalämpöpumput ovat yleistymässä yhä pienempiin taloihin. /5/

Ruotsissa lämpöpumppujen myynti on paljon suurempaa kuin Suomessa. Joka vuosi Ruotsissa asennetaan 17 000 uutta lämpöpumppua ja kaiken kaikkiaan niitä on jo kertynyt noin 300 000 kappaletta. Ruotsin tavoitteena on kaksinkertaistaa lämpöpumppujen määrä 15 vuodessa. /5/

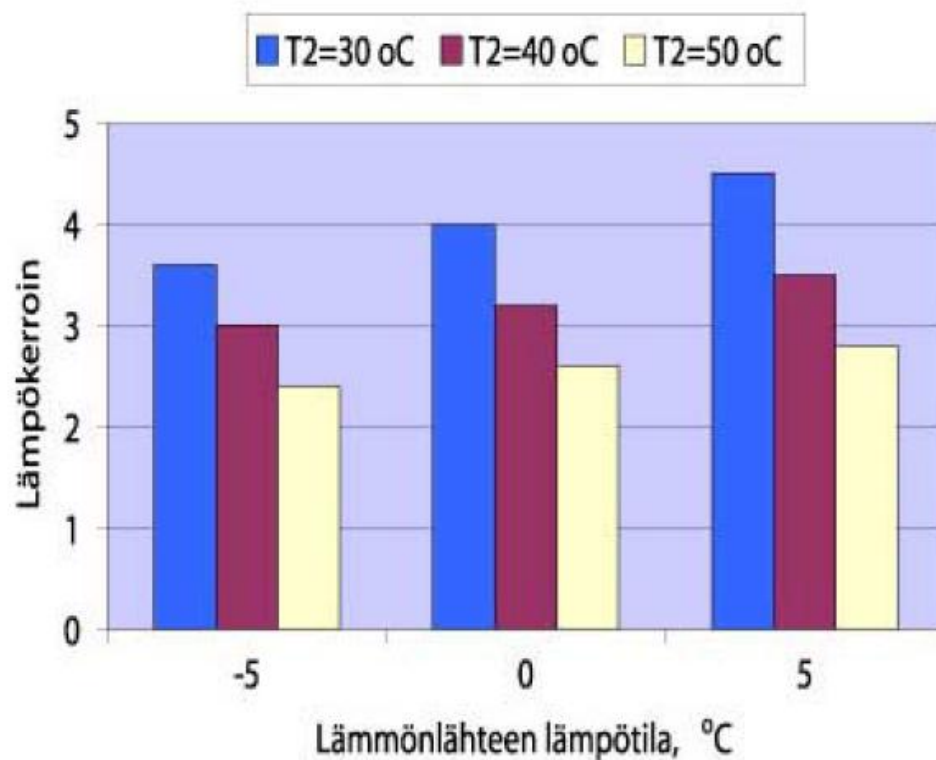
2.1.6 Lämpöpumpun lämmityskustannukset ja käyttöikä

Lämmityskustannukset ovat kohtuullisen alhaiset maalämpöpumpulla. Energiaa kuluu ainoastaan lämmön siirtoon maaperästä rakennukseen. Maalämpöpumpun lämpökerroin (COP-arvo) on tuotetun lämpöenergian ja kompressorin kuluttaman sähkön suhde. Arviolta noin 1kWh ostetulla sähköenergialla saa keskiarvolla maalämpöpumpulla 3kWh takaisin lämpöenergiaa. Yleinen lämpöpumpun lämpökerroin on siis 3 eli energian säästö on tuolloin noin 63-68% verrattuna suoran sähkön käyttöön. /2/

Energiamarkkinaviraston mukaan suoran sähkölämmityksen keskihinta on 100,20€/MWh (15.10.2008). Tämä hinta sisältää energia- ja siirtomaksut, perusmaksun, sekä verot. /6/ Pitkällä aikavälillä täytyy kuitenkin ottaa huomioon mahdollinen energian hinnannousu. Jotta päästäisiin mahdollisimman lähelle oikeaa lopputulosta, tarkastellaan vaikutuksia kahdella eri energian hinnan korotuksella. Arvioidaan energian nousseen 15 vuoden kuluttua joko 1,5- tai 3-kertaiseksi ja 25 vuoden kuluttua joko 2,5- tai 5-kertaiseksi.

Maalämpöpumppu mitoitetaan nykyään yhä useammin osateholle, jolloin huippupakkasten aikana apuna voi olla sähkö-, öljy- tai puukattila. Lämpöpumpun lämpötehon ollessa 50% talon huipputehosta sillä tuotetaan 80-90% tarvittavasta vuosienergiasta. Lämpöpumppu on yleensä varustettu sähkövastuksilla, jotka automaattisesti kytkeytyvät käyttöön kovilla pakkasilla. /5/

Ympäristön olosuhteet muuttuvat vuoden mukaan, jolloin myös lämpöpumpun toiminta-arvot. Kuvassa 3. T2 kuvaa lämmönkäytön lämpötilaa, esimerkiksi lämmitysverkoston veden lämpötilaa.



Kuva 3 Lämpötilatasojen vaikutus lämpöpumpun lämpökertoimeen / 4 /

Lämpöpumpun yksi parhaimmista puolista on sen vaivattomuus. Kun järjestelmä on saatu toimintaan, siihen ei todennäköisesti tarvitse kajota moneen vuoteen.

Kompressorin uusiminen on yleensä suurin maalämpöpumpun korjauskustannus. Kompressorin uusiminen tulee ajankohtaiseksi suunnilleen reilun 15 vuoden jälkeen maalämpöpumpun käyttöönotosta. Huoltokustannuksia kertyy 15 vuoden sisällä vain yleensä muutama kerta. /3/

2.1.8 Ympäristöystävällisyys

Sähkö jota maalämpöpumppu käyttää toimiakseen, tuotetaan suurissa laitoksissa, joissa pystytään varmistamaan, että päästöjen pitoisuudet pysyvät pieninä. Ennen vuoden 2000 alkua käytettiin maalämpöpumpun kylmäaineena otsoonikerrokselle

haitallisia aineita, suurimmaksi osaksi R22-yhdistettä. Nykyään käytössä olevat aineet ovat otsoniystävällisiä, mutta niillä on kasvihuonevaikutus. Valmistajan ja huoltoliikkeen tehtävänä on kuitenkin huolehtia, että nämä aineet eivät pääse ilmakehään. Lämpöpumppukoneisto on itse hermeettisesti suljettu. Kylmäaineet ovat kuitenkin vain pieni osa kasvihuoneilmiötä. Palamisesta syntyvä hiilidioksidi, typpioksiduuli ja metaanipäästöt ovat paljon ratkaisevampia. /2/

2.2 Puulämmitys

2.2.1 Kattila ja lämminvesivaraaja

Puukattila yleensä liitetään lämminvesivaraajaan. Varaaja mahdollistaa lämmityksen jaksollisuuden, parantaa kattilan toimivuutta ja vähentää lämmitystyön määrää. Kattilan teho määrittää kuinka pitkän ajanjakson yhdellä kerralla on lämmitettävä ja varaajan koko kuinka usein lämmitystä tarvitaan. /7/ Kuvassa 4 on Kaukoran yläpalokattila Jäspi 40 YPV.



Kuva 4 Kohteeseen valittava puukattila /8/

Puulämmitysjärjestelmään kuuluvat mm. puukattila, varaaja, paisunta-astia, lataus- ja putkistomoduulit sekä hormi. /9/ Kuvassa 5 on esitetty puulämmityksen tärkeimmät komponentit.



Kuva 5 Puulämmityksen pääkomponentit /9/

Varaajaan voidaan liittää sähkövastukset, jotka antavat varaenergiaa tarvittaessa. Tässäkin kohteessa kattilaan liitetään varaenergian lähteeksi sähkövastukset. Eri vuodenaikojen vaihtelut kannattaa myös ottaa huomioon määritettäessä kattilan tehoa. Suuntaa-antavana sääntönä voidaan pitää, että kattilan nimellisteho on noin nelinkertainen tarvittavaan lämpötehoon. /7/

Käyttöveden lämmitys on myös tärkeä osa lämmitysjärjestelmää. Niin veden määrän kuin lämpötilan pitää olla riittävä. Veden lämpötila tulisi olla 55°C, jotta välttyttäisiin legionella-bakteerilta. /2/

Puukattilan rinnalle kannattaa valita erillinen varaaja, joka voi olla esimerkiksi kaksoisvaippavaraaja tai perinteisempi kierrukalla toimiva varaaja. Keskimääräinen varaajan lämpimän veden anto on 36 litraa minuutissa. /3/

Viimeisten 20 vuoden aikana puukattilat ovat kehittyneet valtavasti. Nykyaikaisten kattiloiden päästöt ovat vähentyneet sadasosaan aikaisemmasta. Myös niiden hyötysuhteet ovat suunnilleen samaa luokkaa kuin öljy- ja kaasukäyttöisten kattiloiden. Hurja edistyminen on myös parantanut kattiloiden automatiikan erittäin luotettavaksi. /10/

2.2.2 Kattilatyypit

Puukattiloita on kolme erityyppistä, alapalo-, yläpalo- ja käänteispalokattila. Alapalokattilat täytetään päältä ja ne on varustettu suurella varastopesällä. Niillä on puhdas ja tehokas palamisprosessi, joka perustuu savukaasujen täydelliseen jälkipolttoon. Yläpalokattilat ovat perinteisempiä edestä täytettäviä kattiloita. Käänteispalokattiloissa taas puu palaa tehokkaasti, puhtaasti ja vähällä lämmitystyöllä. /11/

2.2.3 Polttoaine

Puukattilan polttoaineeksi sopivat erityisesti halko ja klapi. Ne voivat olla kooltaan noin 0,3-0,5 metriä pitkiä. Käytettävä polttoaine pitää olla myös kuivaa, jotta kulutus ja lämmitystyö jäisivät halutulle tasolle. Märkä polttoaine voi jopa kaksinkertaistaa näiden määrän. Ulkoilman lämpötila, kattilan teho, lämmitettävä pinta-ala ja lämminvesivaraajan koko vaikuttavat kaikki lämmityskertojen määrään ja polttoaineen paloaikaan. /7/

2.2.4 Lämpöarvo

Puun lämpöarvo kertoo lämmityksen tehokkuuden. Kuivan puun lämpöarvo on korkeampi kuin kostealla puulla ja myös päästöt ovat pienemmät. Tilavuusyksikköä kohden suurin lämpöarvo on puulajeistamme koivulla, koska se on tiheintä. Energialtaan 170 litraa polttoöljyä vastaa pinokuutiometriä kuivaa koivupilkettä. Taulukon 1 lämpöarvossa on otettu huomioon puun kosteus. /12/ Kosteus on arviolta noin 20%, joka vastaa puun kosteutta noin vuoden varastoinnin jälkeen puuvarastossa, jonka jälkeen puut kuivuvat vielä hetken lämpimässä tilassa.

Taulukko 1 Eri Puulajien lämpöarvoja /12/

Puulaji	Lämpömäärä	Lämpöarvo
	kWh/kg	kWh/p-m ²
Koivu	4,15	1700
Mänty	4,15	1360
Kuusi	4,1	1320
Leppä	4,05	1230
Haapa	4	1330

Puun ollessa kuivaa se on väriltään vaalea ja lyödessä kaksi kuivaa pilkettä vastakkain ne helähtävät. Säröily, roskaus ja siihenä palaessaan ovat märän puun tunnusmerkkejä. /12/

2.2.5 Ympäristöystävällisyys

Puulämmitys on kohtuullisen ympäristöystävällistä. Puu tuottaa palaessaan saman määrän hiilidioksidi kuin lahotessaan normaalisti luonnossa, eikä se aiheuta rikkipäästöjä. Puulla lämmittäminen on tulevaisuuden lämmitysmuoto, koska se ei edistä ilmastonmuutosta. /13/

Verrattuna muihin kiinteisiin polttoaineisiin puussa on vähemmän tuhkaa, joten hiukkaspäästöt pystytään hallitsemaan oikealla puhdistuksella. Puun poltto on kuitenkin pienissä kattiloissa ja tulisijoissa merkittävä pienhiukkaslähde. /14/

Puu on myös uusiutuva energialähde ja se on kotimaista. Sitä on myös paljon saatavilla, koska tämän hetkinen käyttö alittaa metsien kasvun. Puun suosio lämmitysmuotona voi myös kasvaa esimerkiksi fossiilisen energian haittaveron vuoksi. /15/

2.2.6 Lämmitystavan tärkeys

Asutusalueilla puulämmityksestä voi olla myös haittaa väärän lämmitystavan vuoksi. Silloin huonon palamisen seurauksena syntyy mm. nokea, häkää, savua, sekä typpi- ja hiukkaspäästöjä. Jos esimerkiksi puu on märkää tai palamisilman saamisesta ei ole huolehdittu, lopputuloksena on yleensä epätäydellinen palaminen. /15/

Puita poltettaessa tehokas ja oikea polttotapa on laittamalla sytykkeet puiden päälle. Näin ollen puusta haihtuvat kaasut eivät pääse ilmaan palamattomina vaan poltto on tehokasta ja ympäristöystävällisempää. /13/

2.2.7 Huolto

Puukattilaa kannattaa huoltaa säännöllisin väliajoin, jotta sen elinikä olisi mahdollisimman pitkä. Perushuoltona riittää silmämääräinen laitteiden tarkastus lämmitystyön lomassa viikoittain. Nuohousalan ammattilainen puhdistaa suunnilleen kerran vuodessa kattilan ja savupiipun. Puhdistusta kannattaa tehdä myös itse. Kaikista tärkeintä on pitää puhdistusluukun takana olevat pinnat puhtaina. Puhdistus tapahtuu harjaamalla ja kaapimalla suunnilleen kahden viikon välein. Puutuhka ei ole kuitenkaan vahingollista ja sitä voi käyttää vaikka lannoitteena. Se voidaan myös

laittaa kotitalousjätteen joukkoon. On kuitenkin hyvä ottaa paikallisista määräyksistä selvää. Taulukossa 2 kerrotaan puutuhkan koostumuksesta. /10/

Taulukko 2 Puutuhkan koostumus /10/

Tuhkan komponentti	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
(paino-%)	24.6	46.6	4.8	6.9	0.5	3.8

2.2.8 Lämmityskustannukset ja käyttöikä

Jos omalle työlle ei laske hintaa ovat lämmityskustannukset puukattilalla pienet, jos puuta saa omasta metsästä. Jos puun joutuu ostamaan, hinta vaihtelee suuresti riippuen missä päin Suomea asuu. Toimituskustannukset ja vaivan huomioonottaen puu usein ostetaan kuitenkin lähikunnista tai -kaupungeista.

Satakunnan alueella myytävät 50cm:n pilkkeen hinnaksi saatiin tuoreelle sekapuulle 26€ irtokuutiolle ja kuivalle koivulle 38€ irtokuutiolle. Irtokuutio vastaa 0,61 pinokuutiota. Sekapuun lämpöarvoksi arvioidaan (taulukon 1) perusteella 1388 kWh/p-m³. Jos tuore sekapuu maksaa 26€ irtokuutiolle, niin pinokuutiolle hinta on 36,14€. /16/

Puukattilan käyttöikä riippuu paljon sen käyttäjästä. Riittävän usein nuohottu ja putsattu kattila toimii pidempään. Keskimääräinen käyttöikä on noin 15-25 vuotta. Vanhoissa pientaloissa on silti vieläkin jopa yli 40 vuotta vanhoja kattiloita käytössä.

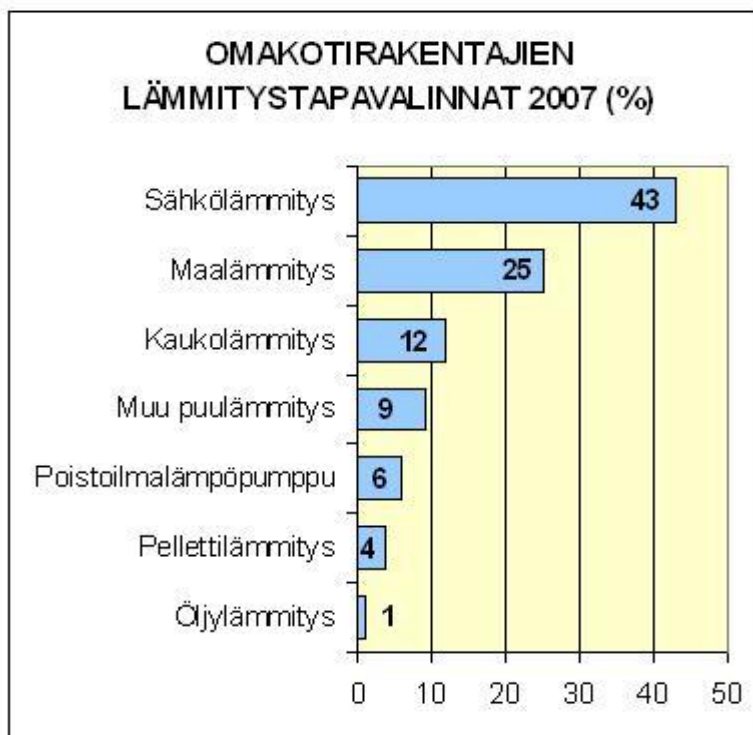
2.2.9 Järjestelmän vaivattomuus ja –luotettavuus

Puulämmityksen huonoimpana puolena pidetään sen työläyttä. Vaivattomin tapa on ostaa polttopuut kotiin tuotuna, mutta itse lämmittäminen vie silti aikaa. Jos polttopuut saa omasta metsästä, täytyy ne vielä lämmittämisen lisäksi itse hakea ja tehdä polttopuiksi.

Puulämmitysjärjestelmä on luotettava, koska laitteet ovat hyvin huollettuna pitkäikäisiä. Jos polttopuut haetaan omasta metsästä, ei toimitusten katkeamisen riskiä ole niin kuin esimerkiksi öljylämmityksessä. Puulämmitys on kohtuullisen varmaa, mutta kuitenkin on hyvä muistaa että puulämmitysjärjestelmäkin tarvitsee toimiakseen sähköä. /6/

2.2.10 Puukattilajärjestelmän nykytilanne Suomessa

Puulämmityksen valitsi vuonna 2007 päälämmitysmuodokseen noin 13%. Tästä tietenkin koostuu niin puukattilassa haloilla lämmittävät, kuin pelletillä tai hakkeella yms. Kuvassa 6 on eritelty omakotirakentajien lämmitystapavalintoja. Puilla lämmittäminen on suosituinta maaseudulla, missä polttopuuta on helpommin saatavilla lähetyviltä tai omasta metsästä. /17/



Kuva 6 Omakotirakentajien lämmitysjärjestelmien valintoja /17/

2.3 Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämpö

2.3.1 Varaaja

Vesivaraaja toimii vesikiertoisen sähkölämmityksen energiavarastona. Yösähköä käyttäen varaajan veden lämpötilaa nostetaan lämmitysvastuksien avulla. /18/

Varaajaksi voi valita esimerkiksi kaksoisvaippavaraajan tai perinteisemmän kierrukalla toimivan varaajan. Keskimääräinen varaajan lämpimän veden anto on 3,6 litraa minuutissa. /3/ Seuraavan taulukon perusteella voidaan arvioida, että aurinkolämpö kattaa 50% lämpimän käyttöveden lämmittämisestä. Aurinkolämmöllä tuotetaan myös 15% lämmityskustannuksista. /19/

Taulukko 3 Aurinkoenergiasta saatava lämmin käyttövesi /19/

		keräinala
Pien- ja asuintalojen lämmin käyttövesi	40-60% koko vuoden lämpimän käyttöveden tarpeesta	5-10 m ² /yksikkö (p) 20-200 m ² /yksikkö (a)
Pien- ja asuintalojen lämmin käyttövesi ja lämmitys	15-20% koko rakennuksen vuosittaisesta lämpöenergian tarpeesta	<20 m ² /yksikkö (p) 20-200 m ² /yksikkö (a)
Ei-asuinrakennukset	Uima-altaat, maatalouden sovellukset, vapaa-aika (hotellit, urheiluhallit, leirintäalueet), kuivatus	10-1.000 m ² /yksikkö
Aluelämpö	Esimerkiksi öljyn tai bioenergian yhteydessä kesäajan täydentävänä energialähteenä.	200-2.000 m ² /yksikkö

2.3.2 Varaajan huolto

Varoventtiilin toimivuus pitää tarkastaa noin 4 kuukauden välein, koska sen toimimattomuus voi aiheuttaa vaaratilanteen. Venttiili on viallinen, jos vesi ei virtaa varoventtiilin poistoputken läpi, kun venttiili aukaistaan. Jos vastukset joutuu jossain vaiheessa uusimaan, kannattaa säiliön sisäpinta puhdistaa samalla. Maalipintoja saa pestä laimeilla pesuaineilla. /20/

Varaajassa olevien vastusten sähköjohtimien liitoksia pitää ajoittain kiristää. Ensimmäisen kerran liitokset pitää kiristää kahden kolmen kuukauden päästä käyttöönotosta. Sen jälkeen riittää, että liitokset kiristää kahden kolmen vuoden välein. /18/

Sähkömiehen pitäisi tarkastaa 1980-luvulla asennetut varaajan vastusten johtimet, koska silloin käytettiin tavallisia johtimia, joiden eriste ei kestä lämpöä. Vastusten johtimien pitää tänä päivänä olla lämmönkestäviä. /18/

2.3.3 Lämmityskustannukset ja käyttöikä

Osittain varaavan sähkölämmityksen lämmityskustannukset ovat käyttäjälle edullisempi kuin normaali sähkölämmitys, koska sähköenergian yöhinnat ovat edullisempia. Energiamarkkinaviraston mukaan osittain varaavan sähkölämmityksen keskihinta on 92,90€/MWh (15.10.2008). Tämä hinta sisältää energia- ja siirtomaksut, perusmaksun, sekä verot. /6/

Osittain varaavan sähkölämmityksen käyttöikä riippuu paljon varaajan käytöstä ja sen huollosta, sekä veden laadusta. Normaali käyttöikä on usein noin 15-20 vuotta.

2.3.4 Sähkölämmityksen yleisyys

Sähkölämmitys on Suomessa pientalojen yleisin lämmitysmuoto. Jopa kaksi kolmesta rakentajasta valitsee sen. Sähkölämmityksen suurimpana etuna nähdään perustamiskustannusten edullisuutta. Kuitenkin sen lisäksi sähkölämmitys on myös erittäin helppokäyttöinen, monipuolinen ja joustava. Huollon tarve on lähes olematon ja se soveltuu hyvin kaikkiin tiloihin. Sähkölämmityksen säädettävyyden helppous miellyttää myös kuluttajaa. Nykyaikaisilla säätimillä saadaan huonekohtaisesti haluttu lämpötila. Poissa ollessa on myös lämpötilaa helppo laskea, jolloin säästetään energiakustannuksissa. Sähkölämmityksellä on myös korkea hyötysuhde. /21/

2.3.5 Huonot puolet

Sähkölämmityksen huonoihin puoliin kuuluu energian mahdollinen jatkuva hinnannousu. Pitkällä aikavälillä ja isokokoisessa pientalossa sähkölämmitys tulee kalliiksi. Kuitenkin osittain varaavan sähkölämmityksen etuna on yösähkön halvempi hinta.

Sähkölämmityksen vaarana ovat myös sähkökatkokset, jotka lähes aina kuitenkin ovat erittäin lyhyitä jaksoja. Kuitenkin pitkällä huippupakkasien jaksolla sähkön saanti voisi loppua pidemmäksikin aikaa. Tämä olisi kyllä harvinaista, koska sähkönsaannin varmuus on varmaa.

2.3.6 Ympäristöystävällisyys

Sähköä tuotetaan tehokkaasti eri lämmönlähteistä ja sähkön tuotannon päästöt hoidetaan keskitetysti. Sähkö on käyttöpaikassa saasteeton, hajuton ja pölytön lämmönlähde. /22/

2.4 Auringosta saatavan energian hyödyntäminen

Käytettävissä olevien laitteiden perusteella aurinkoenergia voidaan jakaa aurinkolämpöön ja aurinkosähköön. Aurinkolämpöä saadaan, kun säteily muunnetaan aurinkokeräimessä lämmöksi. Aurinkosähköä taas saadaan aurinkokennojen avulla. /23/

Aurinkokeräimet kannattaa suunnata etelään. Auringon säteet lämmittävät keräimien lämmönsiirtonesteen, joka pumpataan lämpönä lämmönvaihtimeen. Vaihdin taas siirtää lämpöä varaajaan, josta lämmitetty vesi kierrätetään talon käyttövesi- tai lämmönjakojärjestelmiin tai kumpaankin. Järjestelmä soveltuu hyvin vesikiertoiseen lattialämmitykseen, joka on myös kyseisessä talossa. Keräimien lukumäärä mitoitetaan varaajan koon ja sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Keskimääräisesti Suomessa asennetaan 7,5m² aurinkokeräimiä omakotitaloon. Kyseisessä kohteessa keräimiä asennetaan 12-14 m². /24/

2.4.1 Auringon säteilyn hyödyntäminen

Auringon säteily pitää sisällään huomattavan suuren energiamäärän. Säteilyn teho on maan pinnalla jopa 170 000TWh, mutta kuitenkin käytännössä hyödynnetyksi siitä saadaan vain pieni osa. /25/

Aurinkoenergialla saadaan jopa 40-60% koko vuoden lämpimän käyttöveden tarpeesta pientalossa ja 15-20% koko rakennuksen vuosittaisen lämpöenergian tarpeesta. /19/

2.4.2 Aurinkolämmityksen yleisyys Suomessa ja muualla Euroopassa

Aurinkoenergiaa käytetään Suomessa hyödyksi erityisesti mökeillä. Aurinkosähköjärjestelmiä onkin asennettu mökkikäyttöön noin 30000-40000. Mökillä virtaa saadaan TV:n katseluun, jääkaappiin, veden pumppaamiseen jne. Pientaloissa aurinkoenergiaa käytetään lähinnä lämpimän käyttöveden lämmitykseen, huoneiden lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen sekä uima-altaiden veden lämmittämiseen. /26/

Suomeen saatava auringon säteilyn määrä vuosittain on 1000kWh/m². Se on lähes sama määrä kuin mitä esimerkiksi Hollannissa, Saksassa, Belgiassa ja Puolassa. Suomi ei siis ole epäedullisessa asemassa muihin Euroopan maihin verrattuna, vaikka näin usein luullaan. Käytettävyyttä rajoittavat vain kausiluontoisuus, joka vielä korostuu lisää pohjoiseen mentäessä. Etelä-Suomessa saadaan 90% säteilyenergiasta maalisi-syyskuun välisenä aikana. Suomessa käyttäjän kannalta on paljon oleellisempaa auringonpaisteen kesto tunneissa kuin vaikkapa hetkittäinen maksimiteho. Meillä Suomessa aurinkoenergia soveltuu siten lähinnä siis täydentäväksi energiamuodoksi. /26/

Euroopassa edelläkävijämaita ovat aurinkoenergian käytössä Itävalta asukaslukua kohden ja määrällisesti Saksassa on eniten aurinkolämmitystä. Itävallan omakotitaloissa jopa 15% on aurinkolämmitys, kuitenkin sielläkin kasvupotentiaali on valtava. Myös Kreikassa hyödynnetään aurinkolämpöä monia muita maita enemmän. /27/

Käytön yleistymisen esteenä on järjestelmän korkea hinta, johon kotitaloudet eivät saa riittävästi tukea. Myös tekniikan mahdollisuuksien yleinen tiedon puute teknisistä mahdollisuuksista, mainostuksen ja ammattilaisten puute estävät aurinkolämmityksen edistymistä. /27/

Merkittävimmät syyt kuitenkin aurinkolämmityksen kasvuun ovat öljyn hinnan nousu, ilmastonmuutos ja yleinen kannatus. /27/

2.4.3 Tavoitteet

Aurinkolämpöteollisuuden etujärjestö ESTIF ajaa aurinkolämmityksen asiaa, koska se vähentää hiilidioksidipäästöjen määriä, lisää energiaomavaraisuutta, parantaa kaupunki-ilman laatua, luo paikallisia työpaikkoja ja kohentaa taloutta, sekä on välittömästi käytettävissä ympäri Eurooppaa. /28/

Aurinkolämmitys lämmittää jopa 10 miljoonaa kotia Euroopassa, mutta silti monessa maassa ollaan vielä aivan lähtöruudussa. ESTEFin mielestä se haittaa taloudellista kilpailukykyä, koska se jarruttaa massatuotannon etujen saavuttamista. Valtioiden pitäisi siis panostaa asiaan ja tehdä kansalliset tavoitteet ja toimintasuunnitelmat uusiutuvien energiamuotojen puolesta. Suomessa tavoitteet tehtiin tapahtuvaksi vuoteen 2020 mennessä. Keräyspinta-alaa olisi siis minimissään 700 000m². Vuonna 2006 asennettujen määrä oli vasta 16 000m². ESTIFin mielestä uudisrakennuksiin ja

korjausrakentamiseen pitäisi aurinkolämmitys tulla pakolliseksi, jolloin tavoitteeseen olisi mahdollista päästä. Tätä kyseistä tekniikkaa on käytetty esimerkiksi Israelissa ja Espanjassa./28/

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN TOIMINTAPERIAATTEET- JA SELOSTUKSET

3.1 Toimintaperiaatteet

Jokaisen toimintaperiaatekuvat ovat liitteinä 4.

3.2 Maalämpö

3.2.1 Maalämpöpumpun toiminta

Maalämpöpumpun ja sähkövastuksen toimintaa ohjaa maalämpöpumppuyksikön automatiikka. Maalämpöpumppu toimii kiinteällä lauhdutuksella varaajaan kytkettynä. Maalämpöpumppuyksikön lämmönkeruupumppu ja lämpöjohtopumppu käyvät samanaikaisesti. /29/

3.2.2 Varaajaveden lämpötilan säätö

Maalämpöpumpun automatiikka pitää varaajaveden lämpötilan asetusarvossaan (60-65) °C ohjaamalla lämmönkeruupumpun, maalämpöpumpun, sähkövastuksen ja lämpöjohtopumpun käyntiä. /29/

3.2.3 Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö

Säätökeskus TC2 säättää portaattomasti säätöventtiiliä TV2 menovesianturin TE2.1 mittaustuloksen mukaan, kunnes menoveden lämpötilan asetusarvo saavutetaan. /29/

Ulkoilman lämpötila-anturi TE2.2 mittaustuloksen perusteella TC2 muuttaa menoveden lämpötilan asetusarvoa ulkolämpötilan mukaan.

Lattialämmitysverkoston menoveden max. lämpötila +40°C ja min. lämpötila +25°C.

/29/

3.2.4 Käyttövesi

Pumppu P1 käy aina. /29/

Lämpimän käyttöveden omavoimainen 3-tieventtiili pitää lämpimän käyttöveden lämpötilan asetusarvonsa mukaisena (+57°C). /29/

3.3 Puulämmitys

3.3.1 Laddomat 21

Käyttövaihe:

Kun kattila on sytytetty, savukaasutermostaatti käynnistää pumpun ja kattila lämpenee nopeasti, koska Laddomat 21 kierrättää vettä kattilan yläosasta alaosaan. Laddomat 21 on täyttänyt varaajan yläosan 15-30 minuuttia kattilan sytyttämisen jälkeen niin, että varaajasta saa sekä lämpimän käyttöveden että veden lämmitysverkostoon. Kerrostumisen ansiosta ylimpänä oleva kuuma vesi ei sekoitu alapuolella olevaan kylmään veteen. /30/

Loppuvaihe:

Kun koko varaaja on täynnä kumaa vettä, Laddomat 21 sulkee ohivirtausportin niin, että kaikki hiilloksen luovuttamakin lämpö latautuu varaajaan. Tämän jälkeen savukaasutermostaatti pysäyttää Laddomat 21-pumpun niin, että kattilan jälkilämpö siirtyy varaajaan. /30/

Vapaakierto:

Laddomat 21:n vapaakiertoventtiili huolehtii kattilan jälkilämmön siirrosta varaajan yläosaan sitä mukaa kun varaajan lämpöä käytetään. /30/

3.3.2 Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö

Säätökeskus TC2 säätää portaattomasti säätöventtiiliä TV2 menovesianturin TE2.1 mittaustuloksen mukaan, kunnes menoveden lämpötilan asetusarvo saavutetaan. /29/

Ulkoilman lämpötila-anturi TE2.2 mittaustuloksen perusteella TC2 muuttaa menoveden lämpötilan asetusarvoa ulkolämpötilan mukaan.

Lattialämmitysverkoston menoveden max. lämpötila +40°C ja min. lämpötila +25°C. /29/

3.3.3 Käyttövesi

Pumppu P1 käy aina. /29/

Lämpimän käyttöveden omavoimainen 3-tieventtiili pitää lämpimän käyttöveden lämpötilan asetusarvonsa mukaisena (+57°C). /29/

3.4 Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämmitys

3.4.1 Aurinkolämmityksen toiminta

Säätökeskus käynnistää aurinkolämmityksen latausjärjestelmän, kun aurinkokerääjiltä tulevan nesteen lämpötila (TE021) on vähintään 10°C korkeampi kuin aurinkolämpöakun alaosan lämpötila (TE022) (suurempi kuin päällekytkeytymislämpötilaero). /29/

Aurinkolämpöakun yläosan lämpötila (TE023) tulee lisäksi olla alle asetusarvon +85°C. Aurinkolämmityksen latausjärjestelmä kytkeytyy pois päältä (pumppu P02 pysähtyy), kun AL-nesteen lämpötila (TE021) on enintään 3°C korkeampi kuin aurinkolämpöakun alaosan lämpötila (TE022) (alittaa poiskytketymislämpötilaeron) tai kun aurinkolämpöakun yläosan lämpötila (TE03) ylittää ylärajaarvon +90°C. /29/

Aurinkolämpöakun yläosan lämpötila (TE023) lasiessa alle asetusarvon käynnistyy säätökeskuksen ohjaamana ensimmäisessä vaiheessa aurinkolämmityksen

latausjärjestelmä (pumppu P02). Toisessa vaiheessa säätökeskuksen ohjaamana (lämpötila TE03 alle +60°C) kytkeytyvät sähkövastukset päälle portaallisesti. /29/

3.4.2 Varaajan sähkövastusten toiminta

Varaajassa on yö- ja päivä sähkövastukset. Yösähkövastukset lämmittävät varaajaveden +90°C:seen. Päiväsähkövastukset kytkeytyvät päälle, mikäli varaajaveden lämpötila laskee alle 65°C:teen. /29/

3.4.3 Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö

Säätökeskus TC2 säättää portaattomasti säätöventtiiliä TV2 menovesianturin TE2.1 mittaustuloksen mukaan, kunnes menoveden lämpötilan asetusarvo saavutetaan. /29/

Ulkoilman lämpötila-anturi TE2.2 mittaustuloksen perusteella TC2 muuttaa menoveden lämpötilan asetusarvoa ulkolämpötilan mukaan.

Lattialämmitysverkoston menoveden max. lämpötila +40°C ja min. lämpötila +25°C. /29/

3.4.4 Käyttövesi

Pumppu P1 käy aina. /29/

Lämpimän käyttöveden omavoimainen 3-tieventtiili pitää lämpimän käyttöveden lämpötilan asetusarvonsa mukaisena (+57°C). /29/

4 JÄRJESTELMIEN LAITTEIDEN VALINNAT JA NIIDEN HINNAT

4.1 Investointikustannukset

Jokaiseen lämmitysjärjestelmään valittiin eri valmistajilta laitteita. Laitteiden ovh hinnat selvitettiin ja saaduista hinnoista arvioitiin pientalorakentajan saavan alennusta noin 10%-20%, joka on jo huomioitu alla olevissa hinnoissa. Näistä pystyttiin laskemaan kunkin järjestelmän investointikustannukset.

4.2 Maalämpö

- Maalämpöpumppuyksiköksi valittiin Haato/Nibe Fighter 1140 5850€ (10kW) (alv22%) /31/
- Porakaivo putkistoinen (140m x 32€/m) 4480€ (alv22%) /32/
- Varaajaksi valittiin Haato/Nibe 300/200 1600€ (alv22%) /33/
- Paisunta- ja varojärjestelmä (VG-piiri) 420€ (alv22%) /32/
- Putkistot (Fe/Cu) 860€ (alv22%) /32/
- Työn osuus (46h x 38€/h) 1748€ (alv22%) /32/

Yht. 14958€ (alv22%)

4.3 Puulämmitys

- Puukattilaksi valittiin Jäspi 40 YPV 2260€ (alv22%) /8/
- Savupiippu 750€ (alv22%) /32/
- Varaajaksi valittiin Jäspin 1500l lämpöakku 1850€ (alv22%) /34/

- Puukattilan pumppu-/venttiiliyksikkö (Laddomat 21) 325€ (alv22%) /35/
- Putkistot (Fe/Cu) 1120€ (alv22%) /32/
- Työn osuus (52h x 38€/h) 1976€ (alv22%) /32/

Yht. 8281€ (alv22%)

4.4 Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämpö

- Aurinkokeräimiksi valittiin Pohjolan maalämmön KarhuSolar KS-58-3 (14,8m²) 3825€ (alv22%) /36/
- Varaajaksi valittiin Jäspi-GTV-700 + aurinkokierrukka 2850€ (alv22%) /37/
- Varo- ja paisuntajärjestelmä pumppuyksiköllä 550€ (alv22%) /32/
- Putkistot 1050€ (alv22%) /32/
- Aurinkolämmön latausautomaattikka 650€ (alv22%) /32/
- Työn osuus (58h x 38€/h) 2204€ (alv 22%) /32/

Yht. 11129€ (alv22%)

5 RAKENNUKSEN ENERGIAANKULUTUS JA JÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUSLASKELMAT

5.1 Rakennuksen energiatodistus

Rakennuksen energiatodistus on laadittu käyttämällä VTT:n Energiajunioria 6.2. Laskelmista on saatu lämmitysenergian kokonaiskulutus, johon vaikuttavat esimerkiksi rakenteet, lämmin käyttövesi ja ilmanvaihto. Energiatodistuksessa on käytetty ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteena 60% ja ilmanvuotolukuna 1,2.

5.2 Energian hinnan muutokset ja investointikustannusten kattaminen

Laskelmissa on käytetty arvioita energianhinnan muutoksista. Luotettavuuden vuoksi laskelmat tehtiin käyttäen 15 ja 25 vuoden ajanjaksolla kahta eri arviota energian hinnan muutoksista. Energian hinnan arvioitiin nousseen 15 vuoden kuluttua joko 1,5- tai 3-kertaiseksi ja 25 vuoden kuluttua joko 2,5- tai 5-kertaiseksi.

Järjestelmien investointikustannusten kattamiseksi päätettiin ottaa laina, jonka korkoprosentiksi arvioitiin 5%. Laina-aikana käytettiin 15 ja 25 vuotta. Näin jokainen järjestelmä sai hinta-arvion investointikustannuksista 5% korolla vertailtavina ajanjaksoina.

5.2 Eri järjestelmien häviöt

Kaikissa lämmitysjärjestelmissä otettiin laskelmissa huomioon jakelu-, luovutus- ja säätöhäviöt. Häviöt olivat yhteensä 3585,79kWh. (Liite2)

Jakelu-, luovutus- ja säätöhäviöiden kuukausiarvot lasketaan vuosi-arvoista jakamalla häviö eri kuukausille seuraavasti: marra-, jouluku-, tammi- ja helmikuu kukin 15%, loka-, maalisku- ja huhtikuu 10% sekä touko- ja syyskuu 5% vuotuisesta lämpöhäviöenergiasta. Kesällä tilojen lämmitysjärjestelmässä ei yleensä ole jakelu-, luovutus- ja säätöhäviöitä. /38, s.29/

Lämpöhäviöt maalämpöjärjestelmällä koostuivat varaajasta, jotka olivat 1752kWh. Puukattilalla varustetun järjestelmän lämpöhäviöt koostuivat kehitys- ja varaajan häviöistä. Ne olivat yhteensä 4452,8kWh. Osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämmityksen häviöt koostuivat varaajasta ja aurinkopiirin kiertovesipumpusta, jotka olivat yhteensä 2135,25kWh. (Liite2)

5.3 Huolto- ja korjauskustannukset

Maalämpöjärjestelmän huoltokustannukset ovat vain muutaman kerran 15 vuoden aikana tehtävät tarkastukset. Nämä tarkastukset maksavat 15 vuoden vertailujaksolla 304€ ja 25 vuoden vertailujaksolla 456€. Korjauskustannuksia maalämpöjärjestelmällä maalämpöpumppuyksikön uusintainvestoinnista, joka arvioidaan tapahtuvaksi 17 vuoden välein. Tämä kustannus on 5850€. (Liite2)

Puukattilan huoltokustannuksiin kuuluu nuohous, joka maksaa 40€/krt yhden kerran vuodessa. 15 vuoden ajanjaksolla maksettavaksi tulee siis 600€ ja 25 vuoden ajanjaksolla 1000€. Korjauskustannuksia on arinan uusiminen 10 vuoden välein, jonka hinnaksi on arvioitu 100€/krt. 15 vuoden ajanjaksolla maksettavaksi tulee siis 100€ ja 25 vuoden ajanjaksolla 200€. Puukattilan vaihto tulee eteen 20 vuoden päästä, jolloin uusintainvestoinniksi 25 vuoden ajanjaksolla tulee 2260€. Muita hankintoja ovat puuvarasto, joka arviolta maksaa 1200€. (Liite2)

Osittain varaavan sähkölämmityksen+aurinkolämmityksen huoltokustannuksiin kuuluvat aurinkopiirin automatiikan tarkistus kaksi kertaa 15 vuoden aikana, joka tekee siis 15 vuoden ajanjaksolla maksettavaksi 320€ ja 25 vuoden ajanjaksolla

480€. Korjauskustannuksiin kuuluvat aurinkopiirin automatiikan uusinta 15 vuoden välein, joka tekee siis 25 vuoden ajanjaksolla 650€. (Liite2)

5.4 Käyttökustannukset

Maalämpöjärjestelmän käyttökustannukset ovat vuodessa 663,86€. Puukattilalla käyttökustannukset ovat vuodessa 3411,60€, jossa otettiin huomioon oman työn osuus. Oman työn hinta oli laskelmissa vuotta kohden 2737,50€. Osittain varaavan sähkölämmityksen+aurinkolämmityksen käyttökustannukset ovat 1811,55€ vuodessa. Osittain varaavan sähkölämmityksen+aurinkolämmityksen käyttökustannuksissa on jo huomioitu aurinkoenergialla tuotettu energia. Aurinkolämpöenergialla saatiin 50% lämpimänkäyttöveden ja 15% lämmityksen tarvitsemasta energiamäärästä pois, joka vastasi 4072,05kWh. (Liite2)

Käyttökustannuksia laskettaessa pidemmällä aikavälillä täytyy laskelmissa arvioida energian hinnan nousu. 15 vuoden ajanjaksolla energian hinnan arvioidaan nousevan joko 1,5- tai 3-kertaiseksi ja 25 vuoden ajanjaksolla joko 2,5- tai 5-kertaiseksi. Maalämpöjärjestelmän käyttökustannuksiksi saatiin 15 vuoden ajanjaksolla 3-kertaisella energian hinnan nousulla 14936,85€ ja 1,5-kertaisella 7468,43€, sekä 25 vuoden ajanjaksolla 5-kertaisella energian hinnan nousulla 41491,25€ ja 2,5-kertaisella 20745,63€. Puukattilan käyttökustannuksiksi saatiin 15 vuoden ajanjaksolla 3-kertaisella energian hinnan nousulla 56229,75€ ja 1,5-kertaisella 48646,13€, sekä 25 vuoden ajanjaksolla 5-kertaisella energian hinnan nousulla 110568,75€ ja 2,5-kertaisella 89503,13€. Osittain varaavan sähkölämmityksen+aurinkolämmityksen käyttökustannuksiksi saatiin 15 vuoden ajanjaksolla 3-kertaisella energian hinnan nousulla 40759,88€ ja 1,5-kertaisella 20379,94€, sekä 25 vuoden ajanjaksolla 5-kertaisella energian hinnan nousulla 113221,88€ ja 2,5-kertaisella 56610,94€. (Liite2)

5.5 Lopulliset kustannukset

Lopullisiksi kustannuksiksi saatiin maalämpöjärjestelmällä 15 vuoden ajanjaksolla 3-kertaisella energian hinnan nousulla 35837,64€ ja 1,5-kertaisella 28369,22€, sekä 25 vuoden ajanjaksolla 5-kertaisella energian hinnan nousulla 72133,54€ ja 2,5-kertaisella 51387,92€. Puukattilalle saatiin 15 vuoden ajanjaksolla 3-kertaisella energian hinnan nousulla 69532,48€ ja 1,5-kertaisella 61948,86€, sekä 25 vuoden ajanjaksolla 5-kertaisella energian hinnan nousulla 128701,73€ ja 2,5-kertaisella 107636,11€. Osittain varaavan sähkölämmitykselle+aurinkolämmitykselle saatiin 15 vuoden ajanjaksolla 3-kertaisella energian hinnan nousulla 56404,23€ ja 1,5-kertaisella 36024,29€, sekä 25 vuoden ajanjaksolla 5-kertaisella energian hinnan nousulla 132458,48€ ja 2,5-kertaisella 75847,54€. (Liite2)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Päätelmät

Jos asiaa pohditaan täysin taloudellisesta näkökulmasta, maalämpöjärjestelmä on ylivoimaisesti edullisin niin 15 kuin 25 vuoden ajanjaksolla riippumatta energian hinnan noususta. Puukattila näyttää olevan kalliimpi vaihtoehto kuin osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämmitys 15 vuoden ajanjaksolla, kun energian hinnan arvioidaan nousevan 3-kertaiseksi, mutta edullisempi 25 vuoden ajanjaksolla, kun energian hinnan arvioidaan nousevan 5-kertaiseksi. Jos energian hinnan nousu olisi vain 1,5-kertainen 15 vuoden ajanjaksolla ja 2,5-kertainen 25 vuoden ajanjaksolla, osittain varaava sähkölämmitys+aurinkolämmitys pärjäisi erittäin hyvin puulämmitteistä järjestelmää vastaan.

Huomioitaessa muitakin kuin taloudellista näkökulmaa, kuten esimerkiksi järjestelmän vaivattomuutta ja –luotettavuutta, maalämpöjärjestelmä pärjää tässäkin vertailussa. Puukattila on kuitenkin hyvä vaihtoehto lämmittäjälle, joka kokee puilla lämmittämisen mielekkääksi ja jopa kokee hyötyvänsä liikunnallisesti muita työläämmästä lämmitysmuodosta. Jos puut on valmis jopa ostamaan runkoina ja tekemään itse polttopuiksi, säästää siinäkin rahaa. Jos oman työn osuutta ei siis halua laskea mukaan, puukattilalla lämmittäminen on jopa halvempaa kuin maalämpöpumpulla niin 15 vuoden tai 25 vuoden ajanjaksolla vaikka polttopuutkin ostaisi valmiiksi tehtynä.

6.2 Lämmitysjärjestelmän valinta

Kyseiseen kohteeseen suositellaan lämmitysmuodoksi maalämpöjärjestelmää, koska taloudellisesti maalämpöjärjestelmä on paljon edullisempi verrattuna puukattilaan ja osittain varaavaan sähkölämmitykseen+aurinkolämmitykseen. Muutkin mahdolliset kriteerit kuten esimerkiksi järjestelmän vaivattomuus tukee valintaa.

LÄHDELUETTELO

1. Rakennus- ja remonttieto. 2002. Maalämpöpumppu-ilmainen lämpö maasta, vedestä tai kalliosta. [verkkodokumentti] [Viitattu 20.10.2008] Saatavissa: http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITieto/22000i/22800i_maalampopumppu.html
2. Aittomäki A. 2001. Lämpöpumppulämmitys. [verkkodokumentti] [Viitattu 20.10.2008] Saatavissa: <http://www.tut.fi/units/me/ener/julkaisut/LP-opas.PDF>
3. Lehtikangas, J. Henkilökohtainen tiedonanto. Luvia. 10.11.2008
4. Eriksson P. 2008. Poratekin normilämpökaivo. [verkkodokumentti] [Viitattu 20.10.2008] Saatavissa: <http://www.poratek.fi/html/normilampok2.htm>
5. Wikipedia. 2008. Maalämpö. [verkkodokumentti] [Viitattu 9.9.2008] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Maal%C3%A4mp%C3%B6>
6. Motiva. 2008. Käytetyt energiahinnat. [verkkodokumentti] [Viitattu 9.9.2008] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/fi/kuluttajat/pientalonlammitysjarjestelmat/vertailupalvelu/energiainnat.html>
7. Ariterm Oy. 2005. Puulämmitys [verkkodokumentti] [Viitattu 9.9.2008] Saatavissa: <http://www.ariterm.fi/?page=4>
8. Kaukora Oy. 2008. Jäspi puukattilat. [verkkodokumentti] [Viitattu 9.9.2008] Saatavissa: http://www.kaukora.fi/material/viewmaterialfile.php?li_id=589&inline=1&additional=www_thumbnail
9. Fortum. 2008. Puulämmitys. [verkkodokumentti] [Viitattu 9.9.2008] Saatavissa: <http://www.fortum.fi/products.asp?path=14020;14028;14031;14051;14474;14489;7292&level=2>

10. VTT. 2002. Puulämmitys suurkiinteistöissä. [verkkodokumentti] [Viitattu 9.9.2008] Saatavissa:
http://www.bioheat.info/pdf/fin_brochure_consult.pdf

11. Suorakanava Oy. 2006. Puulämmityskattilat. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:
<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/artikkelit/544/puul%E4mmityskattilat.htm>

12. Motiva.2007. Lämpöarvo kertoo lämmitystehosta. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:
<http://www.motiva.fi/fi/kuluttajat/asuminen/tietoapuulammityksesta/lampoarvokerto%20lammitystehosta.html>

13. Harvestservice. 2008. Puulämmitys. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:
<http://www.harvestservice.com/puulammitys.html>

14. Energiateollisuus. 2008. Puuenergia. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/puuenergia>

15. Nummila H. Puulämmitys on edullinen ja ekologinen, mutta ei ongelmaton lämmitysmuoto. [verkkolehti] Turun Sanomat., 2000. [Viitattu 29.10.2008] Lehti ilmestyy myös painettuna. Saatavissa:
<http://www.turunsanomat.fi/kotimaa/?ts=1,3:1002:0:0,4:2:0:1:2000-12-30,104:2:62296,1:0:0:0:0:0:>

16. Metsäkeskus. 2005. Polttopuut netistä. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:
<http://www.halkoliiteri.com/lounais-suomi/?navi=0,1&hakuja=3&hakulist=Eurajoki,Luvia,Pori&laji=pilke%2050%20cm&sel=sekapuu>

17. Suomirakentaa.fi. 2008. Lämmitys. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:
<http://www.suomirakentaa.fi/WebRoot/355940/Local.aspx?id=357085>

18. Fortum.2008. Vesikiertoinen sähkölämmitys. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008] Saatavissa:

<http://www.fortum.fi/document.asp?path=14020;14028;31772;31773;31781;31792;31897;32182>

19. Neste Oil. 2006. Aurinkolämpö. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008]
Saataavissa:
<http://www.neste.fi/binary.asp?page=5523&field=FileAttachment&version=2>
20. Kaukora Oy. 2006. Jäspi veden lämmittimet. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008] Saataavissa:
http://www.kaukora.fi/material/viewmaterialfile.php?li_id=367&inline=1&additional=wwwthumbnail
21. Ensto. 2008. Sähkölämmitys. [verkkodokumentti] [Viitattu 29.10.2008]
Saataavissa:
http://www.ensto.com/www/finnish/index/kodin_sahkoistys/lammitus.html
22. Ensto. 2008. Sähkölämmitys lämmitysmuotona. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008] Saataavissa:
http://www.ensto.com/www/finnish/index/kodin_sahkoistys/lammitus/yleista.html
23. Kitinoja A. 2006. Aurinkoenergia. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008]
Saataavissa:
<http://sjoki.uwasa.fi/UE/aurinko.html>
24. Öljyalan Palvelukeskus. 2008. Aurinko. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008] Saataavissa:
<http://www.oil.fi/index2.php?m=7&id=262&sm=44&m=7>
25. Energiateollisuus. 2008. Aurinkoenergia. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008] Saataavissa:
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/uudetenergiantuotantotekniikat/aurinkoenergia>
26. Aurinkosähkötalo Eurosolar Oy. 1999. Aurinkosähkö. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008]
Saataavissa:
<http://www.eurosolar.fi/aurinkosahko/>
27. Wikipedia. 2008. Aurinkoenergia. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008]
Saataavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkoenergia>
28. Wikipedia. 2008. Aurinkolämpö. [verkkodokumentti] [Viitattu 7.11.2008]
Saataavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkol%C3%A4mp%C3%B6>

29. Lehtikangas, J. Henkilökohtainen tiedonanto. Luvia. 20.11.2008
30. Akvaterm.2008. Laddomat 21. Senewa Oy:n tuotekansio.
31. Nibe-Haato Oy. 2008. NIBE FIGHTER 1140. [verkkodokumentti] [Viitattu 15.12.2008] Saatavissa:
<http://www.nibe.fi/Tuotteet/Maalampopumput/Tuotevalikoima/FIGHTER-1140/>
32. Lehtikangas, J. Henkilökohtainen tiedonanto. Luvia. 22.11.2008
33. Nibe-Haato Oy. 2008. NIBE VPA / VPAS. [verkkodokumentti] [Viitattu 15.12.2008] Saatavissa:
<http://www.nibe.fi/Tuotteet/Lamminvesivaraajat/Tuotevalikoima---NIBE/VPA/>
34. Kaukora Oy. 2008. Jäspi lämpöakku. [verkkodokumentti] [Viitattu 15.12.2008] Saatavissa:
http://www.kaukora.fi/material/viewmaterialfile.php?li_id=568&inline=1&additional=www_thumbnail
35. Vesanen M. 2008. Nordtherm. [verkkodokumentti] [Viitattu 15.12.2008] Saatavissa:
<http://www.nordtherm.fi/index.php?id=6>
36. Pohjolan maalämpö Oy. 2008. Karhu Solar. [verkkodokumentti] [Viitattu 15.12.2008] Saatavissa:
<http://www.pohjolanmaalampo.fi/tuotteet/solar.php>
37. Kaukora Oy. 2006. Jäspi-GTV. [verkkodokumentti] [Viitattu 15.12.2008] Saatavissa:
http://www.kaukora.fi/material/viewmaterialfile.php?li_id=371&inline=1&additional=www_thumbnail
38. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. 2007. D5 Rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. [Viitattu 15.12.2008]

LIITTEET

VTT ENERGIAJUNIORI 6.2

Tekijä: VTT yhteistyössä Oulun Rakennusvalvontaviraston kanssa
Kehitysversio 6.2.2008



[KOHDETIEDOT](#)

[Laskentaolettamukset](#)

[MÄÄRÄYSTENMUKAISUUDEN TOTEAMINEN](#)

[Määritelmät](#)

[Kaavat](#)

[GRAAFIT](#)

[Valvontaviranomaisen tarkastuslomako](#)

[Energiatodistus](#)

KOHDETIEDOT

[Takaisin etusivulle](#)[Energiatodistus](#)

Tässä lomakkeessa esitetään kohteesta riippuvat tiedot, joilla on vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen. (Muuta tämän sivun tiedot vastaamaan omaa taloasi)

Kohteen nimi	Villa Näkki
Sijaintipaikkakunta, säävyöhyke ks D5, liite1	Jyväskylä Vyöhyke --> 3 (1...4)
Rakennustunnus ja -vuosi	2008
Todistuksen antaja ja päivämäärä	

	Yks	Määrä		U-arvo vaatimus*
Asuntopinta-ala (huoneistoala)	asm ²	166		0,24
Bruttopinta-ala (lämpimät ja puolilämpimät tilat)	brm ²	209		0,24
Rakennustilavuus (lämpimät ja puolilämpimät tilat)	rm ³	723		0,24
Lämmin ilmatilavuus (lämpimät ja puolilämpimät tilat)	rm ³	627		0,19
Asukasmäärä (makuuhuoneiden lukumäärä + 1)	hlö	4		0,15
Rakenteet	Yks	Määrä	u-arvo	
Ulkoseinän pinta-ala. US 1	m ²	226,4	0,15	0,15
Ulkoseinän pinta-ala. US 2	m ²			0,15
Alapohjan pinta-ala, AP 1, maanvarainen	m ²			0,15
Alapohjan pinta-ala, AP 2 /ryömintatila	m ²	198,3	0,19	0,15
Yläpohjan pinta-ala; YP 1	m ²	198,3	0,09	0,15
Yläpohjan pinta-ala; YP 2	m ²			0,15
Ikkunoiden pinta-ala, IKK 1	m ²	34,8	1	1,4
Ikkunoiden pinta-ala, IKK 2	m ²			1,4
Ulko-ovien pinta-ala, UO 1	m ²	12,6	1	1,4
Ulko-ovien pinta-ala, UO 2	m ²			1,4

HUOM

maanvaraisen alapohjan u-arvossa ei oteta maan lämmönvastusta huomioon

*1.12008 alkaen

Ikkunoiden suuntaus	Yks	Määrä	
kaakko-etelä-lounas	%	54,5	-
Länsi	%	12,1	
Itä	%	14,9	
luode-pohjoinen-koillinen	%	18,5	

Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde	Yks	ilmoitus	Vertailu tason arvo
IV-järjestelmän ominaissähköteho (SFP)*	%	60	30
Kohteessa mitattu ilmavuotoluku	kW/(m ² /s)	1,8	4,0
Rakennuksen ilmanvaihtokerroin	1/h	1,20	
	1/h	0,50	

Tyyd 2,5 /Hyvä 2,0 / Erinom 1,5

* SFP-luku varmistetaan LVIS-suunnittelun yhteydessä

Seuraavia lähtöolettamuksia on muutettu (ks. Laskentaolettamukset)

[Muutokset](#)

	Uusi arvo
vedenkulutus	0,80
-	-
säätöjärjestelmän hyötysuhde	95,00
-	95,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Lämmöntarpeen arvioinnissa käytetyt lähtötiedot

	kohde	oletusarvo	Lähtötietoja on muutettu
Vedenkulutus, m ³ / asm ² vuosi	0,8	1,5	x
Laitteiden sähkönkulutus, kWh/bm ² , vuosi	50	50	
Säätöjärjestelmän hyötysuhde, %	95,0	80,0	x
Lämmöntuoton hyötysuhde, %	95,0	100,0	
Ilmanvaihtokerroin, 1/h	0,5	0,5	
Sisäilman lämpötila	21	21	
		oletusarvo	
Aurinkokeräimet, m ²		0	
Maalämpöpumppu, hyötys-%	0	0	

Kohteen lähtötietoja on mahdollista muuttaa !.

Jos muutat lähtötietoja, laita vastaavan sarakkeeseen merkiksi x.

Aurinkokeräimen ja maalämpöpumpun kohdalla merkitse kerääjän pinta-ala ja maalämpöpumpun valmistajan ilmoittama hyötysuhde.

LVI-suunnittelija ilmoittaa		Tarkiste *	
		kW	W/bm ²
Rakennuksen lämmitystehon tarve***	5,75	kW	14,98
Kesäaikainen maksimihuonelämpötila	25	°C	72
Jäähdytyksen tarve	ei ole		

* Energiajuniori tulostaa lähtötietojen perusteella lämmitys-
tehon tarkisteen. Pääsuunnittelija käyttää tätä arvoa rakennuslupaa haettaessa.

*** käyttöveden ja ilmanvaihdon jälkilämmityksen tehontarve ei sisälly tähän !

Laitteiden sähkönkulutus (ks D5, sivu 33)*

	kwh/bm ²
Valaistusjärjestelmä	7
Ilmanvaihtojärjestelmä	7
Muut laitteet	36
Yhteensä	50

* Tarkempi arvio laitteiden sähkönkulutuksesta on suositeltavaa tehdä LVIS-suunnittelun yhteydessä.

[Takaisin kohdetietoihin](#)

[Takaisin etusivulle](#)

Huom: Jos teet tarkemman
arvion sähkönkulutuksesta,
ilmoita tarkennettu kulutusta-
voite tämän sivun yläosassa.

Rakennuksen lämmitystehon tarkiste

Mitoituslämpötila

T _s	21
T _u	-32
T _s - T _u	53

MÄÄRÄYSTENMUKAISUUDEN TOTEAMINEN

[kansi](#)

Määräystenmukaisuuden toteaminen, ikkunoiden ja lasiosien määrä

	Kohde
Ikkunoiden pinta-ala (alle 15 % rakennuksen kerrosalasta)	0,17
-	
Ikkunoiden pinta-ala ylittää vaatimukset, tee tasauslaskelma	
Ikkunoiden pinta-ala (alle 50 % ulkoseinien ja ikkunoiden pinta-alasta)	0,13
Ikkunoiden pinta-ala täyttää vaatimukset	
-	

Määräystenmukaisuuden toteaminen (Kokonaislämmöntarve)

Lämmöntarve määräystenmukaisilla u-arvoilla, ilmavuotoluvulla ja LTO-hyötysuhteella

202,76 kWh/brm²

Lämmöntarve kohteen u-arvoilla, ilmavuotoluvulla ja LTO-hyötysuhteella

129,62 kWh/brm²[Kohde täyttää vaatimukset](#)

-

Määräystenmukaisuuden toteaminen, IV-järjestelmän ominaissähkö-teho

Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku kohteessa

1,8

[Kohde täyttää vaatimukset](#)

-

Rakennuksen lämmitystehon tarve

	kW
Lämmitystehon tarve (käyttöveden ja ilmanvaihdon jälkilämmityksen lämmitystehontarve ei sisälly tähän)	15,0
Rakennuksen kesäaikainen huonelämpötila, °C	25
Rakennuksessa tarvittava jäähdytysteho, kw	ei ole

Viranomaisen merkintöjä

LÄMMÖNKULUTUS[Etusivulle](#)[Kohdetietoihin](#)

Kohteen nimi
Kohteen osoite

Villa Näkki
Jyväskylä

Lämmitysenergian kokonaiskulutus, kWh /vuosi

17851

Lämmitysenergian kokonaiskulutus, kWh /brm²

85,4

Ostettava lämmitysenergia, kWh /vuosi

18744

Lämmitysenergiankulutuksen jakautuma, kWh/vuosi

	kWh/vuosi	%	Vertailutaso kWh/vuosi	
Vaipan johtumishäviöt	19260		26271	1
Alapohja	4270		4270	
Ulkoseinä	5131		8210	
Yläpohja	2697		4494	
Ikkunat	5258		6632	*
Ulko-ovet	1904		2665	
Vuotoilmanvaihto	1516		5053	2
Hallittu ilmanvaihto	6316		11053	3
Lämmin käyttövesi	3984		7470	
Sisäisistä lämpökuormista hyödyksi saatava lämpöenergia	-13224		-10798	
Sisäiset lämpökuormat yht.				
Lämpöenergia, brutto	17851		39048	

[Uusiutuvat energiamuodot](#)

Aurinko

0

Maalämpö

0

Ostettava lämpöenergia**18744****41001**

Määräystenmukaisuuden toteaminen (Kokonaislämmöntarve)

Rakennuksen lämmönkulutus kohteessa käytetyillä ratkaisulla

27091

Rakennuksen lämmönkulutus RakMk:n osan C3:n määräysten mukaisesti

42377

KOHDE TÄYTTÄÄ RAKENTAMISMÄÄRÄYSTEN VAATIMUKSET

	Vertailutaso		Kohde	HUOM		
	m ²	W/m ² K		m ²	W/m ² K	
Alapohja	198,3	0,19	198,3	0,19	-	
Ulkoseinä	226	0,24	226	0,15	-	
Yläpohja	198,3	0,15	198,3	0,09	-	
Ikkunat	34,8	1,4	34,8	1	-	Ikkunapinta-ala on suuri
						-
Ulko-ovet	12,6	1,4	12,6	1	-	

Määräysten mukaisuuden toteaminen (Ilmanvaihto)

	Vertailutaso		Kohde	HUOM		
	1/h	kWh/v		1/h	kWh/v	
Hallittu	1/h	11053	1/h	11053		
LTO	1/h	-3315,83	1/h	-6631,66	-	
Vuotoilma	1/h	5053	1/h	1516		
YHT		12790		5937		

Mitä kannattaa parantaa ?

	Säästömax kWh/vuosi	Suhteellinen säästö	
Alapohja	-1141	6 %	++
Ulkoseinä	-1629	9 %	++
Yläpohja	-285	2 %	+
Ikkunat	-1002	5 %	+
Ulko-ovet	-907	5 %	+
Vaipan tiiviys	-701	4 %	+
LTO:n hyötysuhde	-2504	13 %	+++

Energiajuniori vertaa rakennusosan lämmönkulutusta kokonaislämmönkulutukseen. Suhteellinen säästö prosentteina kuvaa sitä, paljonko kokonaislämmönkulutus alenee, jos kohdassa käytetään parasta saatavilla olevaa teknologiaa. Mitä enemmän rakennusosa saa tähtiä, sitä suuremmat mahdollisuudet on alentaa kokonaislämmönkulutusta

Määritelmiä

Energiatehokkuus

Rakennuksen energiatehokkuudella tarkoitetaan vuotuista energiankulutusta, joka lasketaan tarvittavan rakennuksen tyypillisen käyttöön liittyviin tarpeisiin, kuten lämmitykseen, veden lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon tai valaistukseen ja laitteisiin.

Rakennuksen ilmanvaihtuvuus

Rakennuksen ilmanvaihtuvuudella tarkoitetaan tarkoitetaan laskentaolosuhteissa vallitsevaa ilmanvaihdon poistoilmavirtojen summaa jaettuna rakennuksen ilmatilavuudella. Ilmatilavuus ilmoitetaan yhden tunnin jaksoa kohden.

Lämmönläpäisykerroin U

Lämmönläpäisykerroin U tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen.

Rakennuksen vaippa

Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan rakennusosia, jotka erottavat lämpimän, puolilämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan eivät kuulu rakennuksen sisäiset erilaisia tiloja toisistaan erottavat rakennusosat.

Vaipan ominaislämpöhäviöt

[Kansi](#)

Vaipan johtumishäviöt kuvaavat rakenteiden läpi johtuvaa lämpöenergia. Rakennuksen vaippaan kuuluvat alapohja, ulkoseinät, yläpohja, ikkunat ja ulko-ovet.

Ominaislämpöhäviöt lasketaan kaavalla $Q_R = 126 \cdot U_R \cdot A_R$, jossa

Q_R = rakenteen läpi vuositasolla johtuva energiamäärä, kWh/vuosi

126 = astetuntilukukerroin, joka vastaa 5000 °C vrk:ta. (126 000 °Ch / 1000)

U_i = rakennusosan U-arvo, W/m² °C

A_R = rakennusosan määrä, m²

Sisälämpötilaksi lämmityskaudella oletetaan +21 °C

Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan vähentämättä aukkoja ja rakenteiden aloja. Maanvaraisen alapohjan u-arvo lasketaan C4:stä poiketen ilman maanlämmönvastusta. Maanvaraisen alapohjan johtumishäviötä korjataan kertoimella 0,75, joka huomioon maan lämpötilan.

Ulkoseinän pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan lämmitettävän tilan lattian lämmöneristyskerroksen yläpinnasta yläpohjan lämmöneristyksen alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen.

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinän sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä.

Ikkunoiden ja ulko-ovien pinta-alat lasketaan liittymismittojen (karmin ulkomittojen) mukaan.

Ominaislämpöhäviö lasketaan tarkastelupaikkakunnalle ns. astepäivälukukorjauksen perusteella. Astepäivälukukorjaus tehdään tarkastelupaikkakunnan astepäivun S_{17} ja ns. peruspaikkakunnan astepäiväluvun ($S_{17} = 4167$ Kd.) avulla. Tarkastelu tehdään Jyväskylän normaalivuoden astepäiväluvulle, joka on 4997 °C

Ominaislämpöhäviöitä laskettaessa oletetaan, että huoneistojen sisälämpötila on + 21 °C.

Rakennusosien U-arvot (lämmönläpäisykertoimet) lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaisesti.

[Takaisin lämmönkulutuksen laskentaan !](#)

Vuotoilman lämmityksen aiheuttama lämmitysenergian kulutus

Vuotoilmavirta syntyy tuulen ja lämpötilaerojen aiheuttamista paine-eroista. Vuodon suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus, ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käyttö. Vuotoilmavirta ei sisällä ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman alipaineen vaikutuksesta sisään virtaavaa ilmaa (korvausilmaa), joka poistetaan ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Olemassa olevissa rakennuksissa vuotoilmavirta voidaan laskea mittausten perusteella.

Vertailutasossa rakennuksen ilmavuotoluvun n_{50} arvoksi oletetaan 4,0 1/h. Vuotoilmanvaihtokerroin lasketaan kaavalla $n_{viv} = 4/25 = 0,16$ /h. Tätä arvoa käytetään kohteen vuotoilmanvirtaa laskettaessa, ellei kohteen todellista ilmavuotolukua ole mitattu.

Vuotoilmanvaihdon lämmitysenergia lasketaan kaavalla $Q_{viv} = 42 \cdot n_{viv} \cdot V_R$, jossa

Q_{viv} = rakennuksen vuotoilman lämmitysenergia vuositasolla, kWh/vuosi

42 = rakennuskuutiometrin sisältämän ilmamäärän lämmittämiseen tarvittava energia paikkakunnalla, jonka normaalivuoden astetuntiluku on 4167 °Cvrk, kun ilma vaihdetaan kerran tunnissa ja sisälämpötila on + 21 °C.

n_{viv} = vuotoilmanvaihtokerroin, 1/h, vertailutasossa käytetään arvoa 0,16 1/h

V_R = rakennuksen tilavuus, m³

Hallitun ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutus

Laskelmissa oletetaan, että rakennuksen ilmanvaihto mitoitetaan siten, että RakMk:n osassa D5 asetettu vaatimus perusilmanvaihdon suuruudesta (ilmanvaihtokerroin on 0,5 1/h) täyttyy.

Ilmanvaihdon lämmitysenergia lasketaan kaavalla $Q_{iv} = 42 * n_{viv} * V_R * \mu_{LTO} * \mu_{kä}$, jossa

Q_{iv} = rakennuksen ilmanvaihdon lämmitysenergia vuositasona, kWh/vuosi
42 = rakennuskuutiometrin sisältämän ilmamäärän lämmittämiseen tarvittava energia paikkakunnalla, jonka normaalivuoden astetuntiluku on 4167 °Cvrk, kun ilma vaihdetaan kerran tunnissa, sisälämpötila on tällöin + 21 °C.
 n = ilmanvaihtokerroin, 1/h , vertailutasossa käytetään arvoa 0,5 1/h
 V_R = rakennuksen tilavuus, m³
 μ_{LTO} =ilmanvaihtolaitteen vuosihyötysuhde, %, vertailutasossa oletetaan arvoksi 30 %
 $\mu_{kä}$ = käyntiaikasuhde, jolla otetaan huomioon todellisen käytön vaikutus ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutukseen. Kertoimen määrittää LVI-suunnittelija. Jos kerrointa ei ole määritetty, käytetään laskelmissa kerrointa 1,0

Laskelma voidaan tehdä myös ilmanvaihtokonekohtaisesti, jolloin määritetään konekohtaisesti poistoilmavirta (m³ /s) , ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde ja ilmanvaihtokoneen viikottainen käyntiaikasuhde.

Jos tätä tarkempaa tarkastelua ei tehdä, oletetaan ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaikasuhdeeksi aina 1.0.

Jos ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on parempi kuin 30 %, tulee tästä olla käytettävissä laskelma tai tuotevalmistajan sertifikaatti.

Takaisin lämmönkulutuksen laskentaan.

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergiankulutus

Vedenkulutuksen vertailuarvona käytetään ominaiskulutusta 1,5 vesi-m³ /asm² vuodessa. Luku vastaa ominaiskulutusta 150 l /hlö, vrk. Laskelmissa oletetaan, että kolmas osa kokonaisvedenkulutuksesta on lämmitettävää vettä ja veden lämmitystarve on 50 astetta ((+ 5 ----> + 55)

$Q_{LKV} = 20 * V_{kok}$, jossa

Q_{LKV} = lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia, kWh/ vuosi
20 = kerroin, joka kuvaa energiamäärää, joka tarvitaan yhden vesikuution lämmittämiseen, kun lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta on 1/3 ja veden lämmitystarve on 50 °C. Lisäksi oletetaan, että käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt jakaantuvat tasaisesti vuoden eri kuukausille ja niiden suuruus on 50 % käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta energiamäärästä. Tämän vuoksi laskentakaavassa käytetään kerrointa 1,5.

Sisäisistä lämpökuormista hyödyksi saatava lämmitysenergia

Lämmitysenergiantarvetta pienentävinä tekijöinä otetaan huomioon

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{aur}} + Q_{\text{sähkö}} + Q_{\text{ihmiset}} + Q_{\text{lkvkuorma}}$$

$$Q_{\text{aur}} = 180 * A_{\text{et}} + 90 * A_{\text{itä+lä}} + 0 * A_{\text{pohj}}$$

(etelän ikkunoista hyödyksi saadaan 180, länsi-itä -ikkunoista 90 ja pohjoisikkunoista 0 kWh/m² lämmityskaudella)

Arvio voidaan tehdä myös RakMk:n osassa D5 esitettävällä tavalla.

$$Q_{\text{sähkö}} = 0,55 * 50 * A_{\text{brm2}} \text{ missä } A_{\text{brm2}} = \text{rakennuksen bruttopinta-ala}$$

Sähkölaitteista vapautuu lämpöenergiaa 50 kWh/brm² vuodessa: Oletus: 80 % sähkönenergiasta muuttuu lämmöksi), lämmityskausi on 250 päivää vuodessa, jolloin hyödyntämisaste on 55 %)

Jos käytettävissä on sähkönkulutuksen tavoitelaskelma, käytetään sitä arvon pohjana.

$$Q_{\text{ihmiset}} = 8 * A_{\text{brm2}} \text{ missä } A_{\text{brm2}} = \text{rakennuksen bruttopinta-ala}$$

-ihmisistä vapautuva energia, perustapauksessa 8 kWh/brm² vuodessa, yhden henkilön lämpötehoksi oletetaan 75 W ja oleskeluajaksi lämmityskaudella rakennuksessa 4000 h. Yksi ihminen tuottaa tällöin lämpökuormaa 300 kWh vuodessa.

$$Q_{\text{LKV kuorma}} = 0,3 * Q_{\text{LKV}}$$

-lämpimästä käyttövedestä vapautuva energia, 30 % lämpimän käyttöveden energiankulutuksesta voidaan hyödyntää lämmityskaudella

Hyödyksi saatavan lämmitysenergian määrä riippuu hyödyntämisasteesta.

Laskelmissa hyödyntämisasteena vertailutasossa käytetään arvoa 0,8.

Hyödyntämisastetta voidaan muuttaa.

Lämmöntuotannon häviöt

Tilan lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ on lämmitysjärjestelmään tuodun energian ja lämmityksen lämmitysenergiantarpeen erotus. Jos kohteessa on sähkölämmitys tai kohde on kaukolämmössä, on lämmitysjärjestelmän hyötysuhde 100 % ja lämpöhäviö on 0.

Uusiutuvat energiamuodot (aurinko ja maalämpö)

Uusiutuvia energiamuotoja ovat auringosta, maasta hyödyksi saatava energia.

Aurinkokeräimillä saatava energia käytetään käyttöveden lämmityksessä. Hyödynnettävän energian määrä saada kaavasta $Q_{\text{aurinkokeräin}} = \mu * A_{\text{m2}} * 1000$

missä μ = aurinkokeräimien vuosihyötysuhde (käytetään arvoa 20 %)

A_{m2} = aurinkokeräimien pinta-ala

1500 = aurinkokeräimeen vuositasolla tuleva nettoenergia, kWh /m²

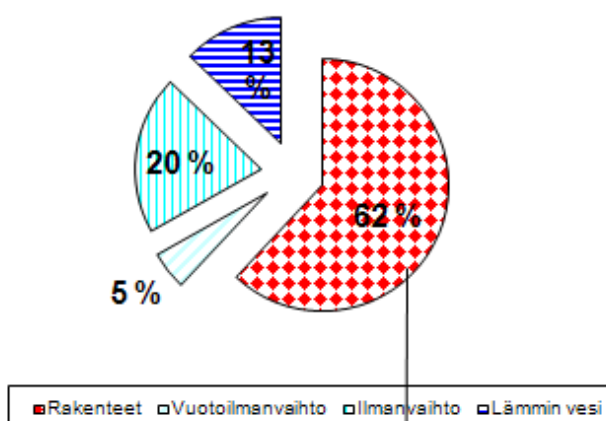
Maalämmöllä voidaan kattaa maalämpöpumpun hyötysuhteen mukainen määrä rakennuksen bruttoenergian kulutuksesta. Laskelmissa käytetään maalämpöpumpun vuosihyötysuhteena arvoa 30 %. Jos halutaan käyttää korkeampaa arvoa, on tästä oltava valmistajan tuotesertifikaatti tai LVI-suunnittelijan laskelma.

GRAAFIT

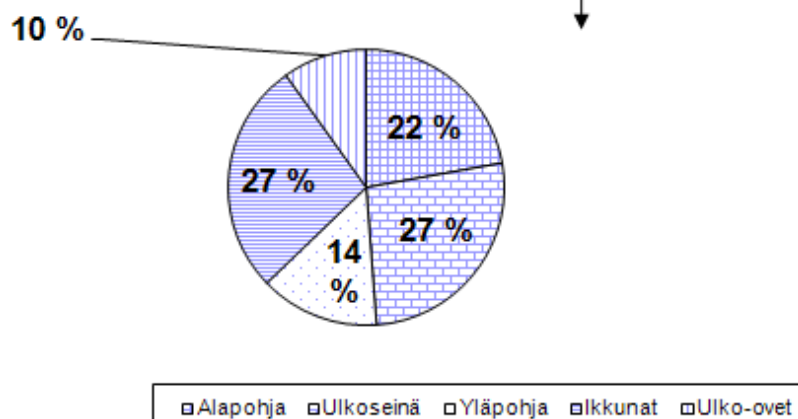
Lämmöntarpeen jakautuma

	Kohde			
	kWh	%		
Alapohja	4270	22 %	100 %	KULUTUS ALITTA VERTAILUTASON
Ulkoseinä	5131	27 %	63 %	KULUTUS ALITTA VERTAILUTASON
Yläpohja	2697	14 %	60 %	KULUTUS ALITTA VERTAILUTASON
Ikkunat	5258	27 %	79 %	KULUTUS ALITTA VERTAILUTASON
Ulko-ovet	1904	10 %	71 %	KULUTUS ALITTA VERTAILUTASON
Yhteensä	19260		73 %	KULUTUS ALITTA VERTAILUTASON

Lämmöntarpeen jakautuma kohteessa



Vaipan rakenteiden johtumishäviöt kohteessa



ENERGIATODISTUS

(VTTenergiajunior 6_2, kehitysversio 6.2.08)

Rakennus

Rakennustyyppi

Omakotitalo

Valmistumisvuosi

2010

Osoite

Kapteenintie, 29100 LUVIA

Rakennustunnus

Asuntojen lkm

1

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

☒ rakennuslupamenettelyn yhteydessä
☐ erillisen tarkastuksen yhteydessä

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
-150	A 	A
151-170	B 	-
171-190	C 	-
191-230	D 	-
231-270	E 	-
271-320	F 	-
321-	G 	-
	Paljon kuluttava	

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi):

135

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: PIENET ASUINRAKENNUKSET

Energiatehokkuusluku perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.
 Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja	Todistuksen tilaaja
Insinööritoimisto EFEKT Oy	Tuulia Lehtikangas & Tomi Näkki Jääräntie 7 as. 2, 28200 PORI
Allekirjoitus	
Todistuksen antamispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä
23. 05.2008	22. 05.2018

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksista. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuksen laajuustiedot

Bruttoala	209	brm ²		
Rakennustilavuus	723	rak-m ³	Ilmatilavuus	627 m ³
Huoneistoala	166	hum ²	Henkilömäärä	4

Rakenteet

Rakennusosat	Pinta-ala m ²	U-arvo W/m ² K
Ulkoseinät	226,4	0,15
	0	0
Alapohja	0	0
	198,3	0,19
Yläpohja	198,3	0,09
	0	0
Ovet	12,6	1
	0	0
Ikkunat	34,8	
Pohjoiseen (%)	18,5	1
Itään (%)	14,9	1
Etelään (%)	54,5	1
Länteen (%)	12,1	1

Tehollinen lämpökapasiteetti $C_{rak\ omin} = Wh/brm^2 K$

Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	1,20	1/h
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (LVI-suunnittelija ilmoittaa)		dm ³ /s, m2
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde	60	%

Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus	44,267	m ³ /vuosi
Huoneistokohtainen kulutusmittaus ja -laskutus	Kyllä	X
	Ei	

Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys	Sisältää käyttöveden lämmityksen	
	Kyllä	X
	Ei	
Lämmönjakotapa		
Lämmönvaraajat		
	Kyllä	Ei
Lämpimän käyttöveden kiertojohto		
Kiertojohtoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita		

Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus	17851	kWh/vuosi
Laitesähköenergian kulutus	10450	kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus (LVI-suunnittelija ilmoittaa)		kWh/vuosi
Rakennuksen energiankulutus yhteensä (ilman jäähdytysenergiaa)	28301	kWh/vuosi
Rakennuksen energiatehokkuusluku	135	kWh/bm2 /vuosi

LÄHTÖTIEDOT

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}} +$
 $Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}}$ /38, s.28/

Jakeluhäviöt:	5kWh/brm ²
Luovutushäviöt:	10kWh/brm ²
Säätöhäviöt:	4 kWh/brm ²
Ala	188,7brm ²

$$(Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}) \times A = (5+10+4)\text{kWh/brm}^2 \times 188,7\text{brm}^2 = 3585,79\text{kWh}$$

Lämpöenergia vuotta kohden on 17851kWh /Liite 1/

LÄMPÖHÄVIÖT

”Lämminvesivaraajan vaipan lämpöhäviöenergia lasketaan kertomalla lämpöhäviöteho halutun ajanjakson pituudella” /38, s.30/.

$Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}} \times t$

Ajanjakso $t = 24\text{h} \times 365 = 8760\text{h}$

Maalämpö

Varaaja: $0,2\text{kW} \times 8760\text{h} = 1752\text{kWh}$

Puukattila

Varaaja: $0,28\text{kW} \times 8760\text{h} = 2452,8\text{kWh}$
Kehityshäviöt /D5, s.29/: 2000kWh

Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys

Varaaja: $0,22\text{kW} \times 8760\text{h} = 1927,2\text{kWh}$
Kiertovesipumppu (aurinkopiirin): $95\text{W} \times 8760\text{h} \times 0,25 = 208,05\text{kWh}$ (käyttöajaksi arvioidaan 25% ja tehoksi 95W)

HUOLTO- JA KORJAUSKUSTANNUKSET

Maalämpö	15 vuodessa	25 vuodessa
Maalämpöpumpun+muut tarkistus (2 kertaa/15a)	2 x 4h x 38€/h=304€	3 x 4h x 38€/h=456€
Maalämpöpumppuyksikkö (uusintainvestointi 17 a välein)	-	5 850 €
Puukattila		
Nuohous (40€/krt/a)	600 €	1 000 €
Arinan uusiminen (100€/10a)	100 €	200 €
Puukattila (uusintainvestointi 20 a välein)	-	2 260 €
Muut: Puuvaraston hankinta (arvio)	1 200 €	1 200 €
Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys		
Aurinkopiirin automatiikan tarkistus (2kertaa/15a)	2 x 4h x 40€/h=320€	3 x 4h x 40€/h=480€
Aurinkopiirin automatiikka (uusintainvestointi 15 a	-	650 €

välein)

HYÖTYENERGIAT

Aurinkolämmitys

Aurinkolämpöenergialla tuotetaan 50% lämpimänkäyttöveden ja 15% lämmityksen tarvitsemasta energiamäärästä

Kyseisen kohteen arvioitu lämpöenergia/a	17851kWh
Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia	3984kWh
Lämmityksen ilmaisenergiat (15%)	$(17851\text{kWh} - 3984\text{kWh}) \times 0,15 = 2080,05\text{kWh}$
Lämpimän käyttöveden ilmaisenergiat (50%)	$3984\text{kWh} \times 0,5 = 1992\text{ kWh}$

KÄYTTÖKUSTANNUKSET VUODESSA

Maalämpö

Tarvittava energia/a	$(17851 + 3585,79 + 1752)\text{kWh} = 23188,8\text{kWh}$	
Energian tarve/a	$Q = \frac{\text{Ø}}{\text{COP}}$	(valmistajan ilmoittama lämpökerroin on max. 5,03.
	$= 23188,8\text{kWh} / 3,5 = 6625,37\text{kWh}$	Kuitenkin annettu arvo on saatu laboratorio-oloissa, joten tod. hyötysuhteeksi arvioidaan 3,5.)

Maksettava energia/a $6625,37\text{kWh} \times 0,1002\text{€/kWh}=663,86\text{€}$

Puukattila

Tarvittava energia/a $(17851 + 3585,79 + 2452,8 + 2000)\text{kWh}=25889,6\text{kWh}$

Tarvittava määrä polttopuita (p-m²) $25889,6\text{kWh} / 1388\text{kWh/p-m}^3=18,7\text{p-m}^3$

Muut: Oman työn osuus (arvioitu 7,5€/h ja 1h/päivä) $365 \times 7,5\text{€/h} \times 1\text{h} = 2737,50\text{€}$

Maksettava energia/a $18,7\text{p-m}^3 \times 36,14\text{€/p-m}^2=674,10\text{€}$

Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys

Tarvittava energia/a $(17851 - 2080,05 - 1992 + 3585,79 + 1927,2 + 208,05)\text{kWh}=19500\text{kWh}$

Maksettava energia/a $19500\text{kWh} \times 0,0929\text{€/kWh}=1811,55\text{€}$

KÄYTTÖKUSTANNUKSET 15 JA 25 VUODEN KULUTTUA

Vaihtoehto 1:

Arvioidaan, että 15 vuoden aikana niin sähkön kuin puunkin hinta nousee 3-kertaiseksi ja 25 vuoden aikana 5-kertaiseksi.

	15 vuodessa	25 vuodessa
Maalämpö	$15 \times 663,86\text{€} \times 1,5 = 14936,85\text{€}$	$25 \times 663,86\text{€} \times 2,5 = 41491,25\text{€}$
Puukattila	$15 \times 674,10\text{€} \times 1,5 = 15167,25\text{€}$ $15167,25\text{€} + 15 \times 2737,5\text{€} = 56229,75\text{€}$	$25 \times 674,10\text{€} \times 2,5 = 42131,25\text{€}$ $42131,25\text{€} + 25 \times 2737,50\text{€} = 110568,75\text{€}$
Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys	$15 \times 1811,55\text{€} \times 1,5 = 40759,88\text{€}$	$25 \times 1811,55\text{€} \times 2,5 = 113221,88\text{€}$

Vaihtoehto 2:

Arvioidaan, että 15 vuoden aikana niin sähkön kuin puunkin hinta nousee 1,5-kertaiseksi ja 25 vuoden aikana 2,5-kertaiseksi.

15 vuodessa	25 vuodessa
-------------	-------------

Maalämpö	$15 \times 663,86\text{€} \times 0,75 = 7468,43\text{€}$	$25 \times 663,86\text{€} \times 1,25 = 20745,63\text{€}$
Puukattila	$15 \times 674,10\text{€} \times 0,75 = 7583,63\text{€}$	$25 \times 674,10\text{€} \times 1,25 = 21065,63\text{€}$
	$7583,63\text{€} + 15 \times 2737,50\text{€} = 48646,13\text{€}$	$21065,63\text{€} + 25 \times 2737,50\text{€} = 89503,13\text{€}$
Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys	$15 \times 1811,55\text{€} \times 0,75 = 20379,94\text{€}$	$25 \times 1811,55\text{€} \times 1,25 = 56610,94\text{€}$

LOPULLISET KUSTANNUKSET 15 JA 25 VUODEN KULUTTUA

Vaihtoehto 1:

Maalämpö	15 vuodessa	25 vuodessa
Investointikustannukset 5% korolla	20 596,79 €	24 336,29 €
Korjaus- ja huoltokustannukset	304 €	6 306 €
Käyttökustannukset	14 936,85 €	41 491,25 €
YHTEENSÄ	35 837,64 €	72 133,54 €

Puukattila	15 vuodessa	25 vuodessa
Investointikustannukset 5% korolla	11 402,73 €	13 472,98 €
Korjaus- ja huoltokustannukset + muut	1 900 €	4 660 €
Käyttökustannukset	56 229,75 €	110 568,75 €
YHTEENSÄ	69 532,48 €	128 701,73 €

Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys	15 vuodessa	25 vuodessa
Investointikustannukset 5% korolla	15 324,35 €	18 106,60 €
Korjaus- ja huoltokustannukset	320 €	1 130 €
Käyttökustannukset	40 759,88 €	113 221,88 €
YHTEENSÄ	56 404,23 €	132 458,48 €

Vaihtoehto 2:

Maalämpö	15 vuodessa	25 vuodessa
Investointikustannukset 5% korolla	20 596,79 €	24 336,29 €
Korjaus- ja huoltokustannukset	304 €	6 306 €
Käyttökustannukset	7 468,43 €	20 745,63 €
YHTEENSÄ	28 369,22 €	51 387,92 €
Puukattila	15 vuodessa	25 vuodessa
Investointikustannukset 5% korolla	11 402,73 €	13 472,98 €
Korjaus- ja huoltokustannukset + muut	1 900 €	4 660 €
Käyttökustannukset	48 646,13 €	89 503,13 €
YHTEENSÄ	61 948,86 €	107 636,11 €

Osittain varaava sähkölämmitys+ aurinkolämmitys		15 vuodessa	25 vuodessa
Investointikustannukset 5% korolla		15 324,35 €	18 106,60 €
Korjaus- ja huoltokustannukset		320 €	1 130 €
Käyttökustannukset		20 379,94 €	56 610,94 €
YHTEENSÄ		36 024,29 €	75 847,54 €