

OMAKOTITALON LÄMMITYSMUOTOJEN  
KUSTANNUSVERTAILU

Hanna Vääräniemi  
2013  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OMAKOTITALON LÄMMITYSMUOTOJEN  
KUSTANNUSVERTAILU

Hanna Vääräniemi  
Opinnäytetyö  
15.05.2013  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja+Liitteitä
<u>Rakennustekniikka</u> Suuntautumisvaihtoehto	<u>Insinööriyö</u> Aika	<u>39 + 3</u>
<u>Talon- ja korjausrakentaminen</u> Työn tilaaja	<u>15.05.2013</u> Työn tekijä	
<u>Vääräniemi Hanna ja Antti</u> Työn nimi	<u>Vääräniemi Hanna</u>	

### Omakotitalon lämmitysmuotojen kustannusvertailu

Asiasanat

### Lämmitys, hake, öljy, sähkö

Tämän hetkisen rakentamisen pääpaino on energiatehokkaassa rakentamisessa, mikä vaikuttaa myös lämmityskustannuksiin. Kun rakennetaan energiatehokkaita rakennuksia, säästetään energiavaroja ja käytön kustannuksetkin sitä myötä pienenevät lämmityksen osalta. Tämän hetkinen energian hinnan kehitys on noususuuntainen, mikä vaikuttaa suurilta osin myös omakotiasumisen kustannuksiin. Omakotitalon rakentaja valitsee hankkeen suunnitteluvaiheessa lämmitysmuodon ja järjestelmän. Yleensä valintaan vaikuttavat niin investointi- kuin käyttökustannukset.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin lämmityksestä aiheutuvia kustannuksia todelliseen kohteeseen. Tulosten perusteella valittiin kustannuksiltaan edullisimman lämmitysmuodon. Vertailussa huomioitiin rakennus- ja asennuskustannukset sekä käyttökustannuksia kahdenkymmenen vuoden tarkasteluvälillä. Kustannuksien lähteinä olivat tilastokeskuksen ja energiamarkkinaviraston tilastot energian hinnan kehityksestä, tarjouspyynnöt sekä Haahtela-yhtiöiden TAKU-ohjelmisto. Kohteen energiankulutus saatiin energiaselvityksestä, joka tehtiin Energiajunior 7.1 -ohjelmalla.

Opinnäytetyön vertailtavina lämmitysmuotoina olivat sähkölämmitys, klapi-, hake-, pelletti-, öljylämmitys ja maalämpö. Tulosten perusteella edullisimmaksi lämmitysmuodoksi saatiin hakelämmitys. Tarkasteluissa käytettiin tämän hetkisiä energianhintoja, joten todelliset kustannukset kahdenkymmenen vuoden kuluttua ovat todennäköisesti suuremmat, koska energian hinnankehitys on ollut nousujohteista jo pidemmän aikaa. Lähtötietojen perusteella voidaan olettaa myös, että suurin nousu on sähköllä ja öljyllä. Näiden käyttö tulee kuitenkin laskemaan energiamääräysten myötä, koska uusi luokittelu ei suosi niitä. Kun tarkastellaan sähkön hintatasoa Euroopan näkökulmasta, niin Suomessa se on vielä suhteellisen alhaista.

Degree programme	Thesis	Number of pages	appendices
<u>Civil Engineering</u>	<u>B. Sc.</u>	<u>39</u>	<u>+ 3</u>
Line	Date		
<u>Talon- ja korjausrakentaminen</u>	<u>15 May 2013</u>		
Commissioned by	Author		
<u>Vääräniemi Hanna ja Antti</u>	<u>Vääräniemi Hanna</u>		
Thesis title			
<u>Cost Comparinon of Heating Systems for Single-Family Houses</u>			
Keywords			

Heating, electricity, wood chips, oil burner

This thesis compares the heating costs over a twenty-year period. The starting point was to find the best heating option for the planned single-family house.

The comparison was made between electric heating, wood heating, oil heating and geothermal energy. The single-family house with baseline data included the surface area and the amount of energy required for the heating.

The results show that wood chip heating is the most economical form of heating. There was no major difference in the costs between wood chip heating and geothermal heating. The most expensive option was twice as high as the best option. The costs were gathered with the help of statistics and requests for offers.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
1 JOHDANTO.....	6
2 LÄMMITYSMUODOT .....	8
2.1 Maalämpö .....	8
2.2 Sähkölämmitys .....	9
2.3 Puulämmitys .....	10
2.3.1 Klapilämmitys.....	11
2.3.2 Hakelämmitys.....	12
2.3.3 Pellettilämmitys .....	14
2.4 Öljylämmitys .....	15
2.5 Lämmitysjärjestelmien teknisen tilan tarve ja sijoitus.....	16
3 ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	18
3.1 Energiamääräykset 2010.....	18
3.2 Energiamääräykset 2012.....	19
4 TARKASTELTAVAN KOHTEEN ESITTELY .....	21
4.1 Lähtötiedot suunnitteluun.....	21
4.2 Lämmitysmuotojen valinta vertailuun.....	21
5 TUTKIMUSTAVAT JA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT .....	23
6 LÄMMITYSKUSTANNUKSET .....	24
6.1 Lämmitysenergian tarve .....	24
6.2 Lämmitysjärjestelmän hankinta- ja rakennuskustannukset.....	24
6.3 Lämmitysmuodon käyttö- ja huoltokustannukset.....	25
6.4 Energian hinnankehitys .....	26
6.5 Yhteenveto kustannuksista.....	31
7 POHDINTA.....	35
LÄHTEET .....	37
Liite 1    Lämmöntuottolaitteiden vuosihyötysuhteita eri lämmöntuottotavoilla	
Liite 2    Saadut tarjoukset eri lämmitysmuodoista, koonti	
Liite 3    TAKU-tavoitehintamenetelmän lähtötiedot	

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää suunnitellulle omakotitalolle edullisin lämmitysmuoto. Lämmitysmuodon vertailuperusteina on käytetty energiakustannuksia sekä lämmitysjärjestelmän rakennus-, asennus-, hankinta- ja käyttökustannuksia. Vertailussa oleva omakotitalo sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Utajärvellä. Rakennuksen huoneistoala on 248 m<sup>2</sup> ja lämmintä ilmatilavuutta kohteessa on 698 m<sup>3</sup>. Rakennus on tuulettuvalla alapohjalla oleva puutalo.

Vertailuun valittiin sellaiset lämmitysmuodot, jotka on mahdollisia toteuttaa haja-asutusalueella ja vesikiertoisena lattialämmityksenä. Patterilämmitystä ei valittu vertailuun, koska vesikiertoinen lattialämmitys on joustavampi, käyttömukavuuksiltaan parempi, eli se on vedoton ja tasaisesti lämpöä tuottava sekä miellyttävän tuntuinen, eikä siitä synny esteettistä haittaa. Lattialämmitys on myös sisäilman kannalta parempi vaihtoehto, koska se ei kerää pölyä tai muita epäpuhtauksia. Vertailtaviksi lämmitysmuodoiksi valittiin maalämpö, sähkölämmitys, puulämmitys klapeilla, hakkeella ja pelletillä sekä öljylämmitys. Uusimpia hybridijärjestelmiä ei ole huomioitu, koska ne ovat yleistyneet vasta työn aloituksen jälkeen.

Vuotuisen lämmitysenergian tarve selvitettiin Energijunior 7.1 -ohjelmalla. Vuotuisen lämmitysenergian tarpeen perusteella saatiin määriteltyä eri energialähteiden energiamäärät, joissa on huomioitu rakentamismääräyskokoelman antamat hyötysuhteet eri energialähteille ja polttoaineille.

Energiakustannuksia tarkasteltiin tilastokeskuksen ja energiamarkkinaviraston pitämien tilastotietojen perusteella, ja laitekustannuksia selvitettiin eri valmistajilta ja maahantuojilta pyydettyjen tarjousten perusteella. Tarjoukset pyydettiin kirjallisena. Tarjouspyyntö sisälsi rakennuspaikan sijainnin, lämmitettävän huoneistoalan ja rakennustilavuuden sekä tiedon tarvittavista tuotteista. Kustannukset ovat tämänhetkiset ja voivat muuttua vuosien myötä, mikä on hyvin todennäköistä. Edellä mainittujen tilastojen tämän hetkisen tiedon perusteella

kuitenkin suurimmat muutokset tulevat olemaan öljyllä ja sähköllä. Teknisen tilan rakennuskustannusten lähteenä käytettiin TAKU-ohjelmiston tavoitehintamenetelmää. Kustannukset ovat kohdekohtaiset, mutta tietoa voidaan kuitenkin hyödyntää samankokoiseen ja rakenteiltaan samanlaisessa paikassa.

Vertailun tulosten perusteella edullisimmaksi lämmitysvaihtoehdoksi osoittautui hakelämmitys. Vertailun tuloksesta nähdään myös se, että rakentajan olisi hyvä perehtyä lämmitysmuodon valinnassa myös käyttökustannuksiin eikä vain rakennuskustannuksiin, jos halutaan valita edullinen lämmitysmuoto.

Työtä tarkasteltaessa tulee huomioida, että työ on aloitettu keväällä 2011 ja saatu valmiiksi keväällä 2013. Tuona aikana on tapahtunut kehitystä lämmitysjärjestelmissä ja määräyksissä, jotka voisivat vaikuttaa tuloksiin, jos ne huomioidaisiin työssä. Energiamääräykset muuttuivat 2012, mutta niitä ei ole käytetty tarkastelun lähtökohtana.

## 2 LÄMMITYSMUODOT

Omakotitalon lämmitykseen käytettävä lämpö tuotetaan eri lämmitysmuodoilla keskitetysti muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta joko teknisessä tilassa tai erillisessä lämpökeskuksessa lämmönkehityslaitteen avulla. Tuotettu lämpö siirretään lämmönjakojärjestelmän avulla haluttuihin käyttökohteisiin. (1.)

Lämmönkehityslaitteita ovat esimerkiksi puu- ja öljykattilat ja maalämpöpumppu. Sähkölämmityksessä sähkö muutetaan lämpöenergiaksi lämmityslaitteen sähkövastuksilla. (1.)

### 2.1 Maalämpö

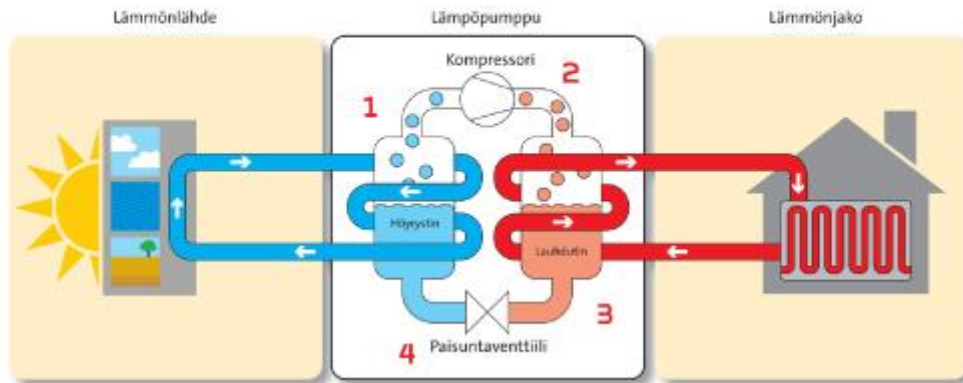
Maalämpöpumpun keräämä lämpö tulee auringosta, joka lämmittää maan, mutta sen talteen ottoon tarvitaan sähköä. Maalämpöpumpun käyttämän sähköenergian osuus on noin kolmanneksen koko energiamäärästä. Lämpö otetaan yleisimmin joko syvästä porakaivosta tai pintamaahan asennetusta pitkästä vaakaputkistosta. Jos tontti sijaitsee lähellä vesistöä, voidaan lämpö ottaa vedestä. (2, s. 2.)

Lämpöpumpun tehokkuutta kuvaa lämpökerroin. Se kertoo, kuinka paljon pumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen käyttämään sähköenergiaan. Vuositasolla keskimäärin kerroin on kolme. Lämpöpumppu soveltuu erinomaisesti vesikiertoiseen lattialämmitykseen, koska sen lämpökerroin on sitä parempi, mitä pienempi on lämpötilaero lämmönlähteen ja lämpöä luovuttavan patterin tai putkiston välillä. (2, s. 2.)

Lämpöpumpulla siirretään lämpöä viileämmästä lämpimämpään. Maalämpöpumpun toimintaperiaate on sama kuin jääkaapin, mutta siinä lämpöä ei siirretä ympäröivään ilmaan vaan johdetaan lämmitysjärjestelmään ja lämpimään käyttöveteen. Lämpöpumpun toimintaperiaate näkyy tarkemmin kuvassa 1. (2, s. 2.)



## Lämpöpumpun toimintaperiaate:



KUVA 1. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (12)

Maalämpöjärjestelmän hankinta on suhteellisen kallis investointi, joten sen kannattavuus kasvaa lämmitettävän pinta-alan kasvaessa. Maalämpöpumput ovat kuitenkin yleistyneet sähkön ja öljyn hinnannousun myötä. (2, s. 1.)

## 2.2 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksessä käytettävä energia tuotetaan muualla, esimerkiksi ydin- tai vesivoimalla ja käyttökohteessa sähköenergia muutetaan vastusten avulla lämpöenergiaksi. (3, s. 205.) Omakotitalossa oleva sähkölämmitys voi olla joko suora tai varaava sähkölämmitys. Sähkölämmitys on vaivaton ja yksinkertainen ratkaisu. Se on ollut hyvin yleinen lämmitysmuoto jo pitkään Suomessa.

Suora sähkölämmitys toimii huonekohtaisesti ja lämpö tuotetaan aina huoneen senhetkisen tarpeen mukaan. Suora sähkölämmitys reagoi pienen massansa ansiosta nopeasti esimerkiksi auringon huoneeseen tuomaan lisälämpöön. (3, s. 205.) Suoran sähkölämmityksen voi toteuttaa patterilämmityksenä, kattolämmityksenä, lattialämmityksenä ja ikkunalämmityksenä. Yleisimmin omakotitaloissa käytetään patteri- tai lattialämmitystä.

Varaavassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan varastoon, josta sitä otetaan käyttöön tarpeen mukaan. Varaava sähkölämmitys voidaan toteuttaa joko varastoimalla lämpö massaan sähkövastusten avulla esimerkiksi vanhaan tiiliuuniin tai toteuttamalla vesikeskuslämmityksenä vesivaraajan ja sähkövastusten avulla. Vesikeskuslämmityksellä toimiva sähkölämmitys on muutoin normaalia vesikeskuslämmitystä vastaava järjestelmä, mutta lämpö tuotetaan vesivaraajaan sijoitetuilla sähkövastuksilla. Järjestelmä voi olla myös osittain varaava tai täysin varaava. Täysin varaavassa sähkölämmityksessä vesi lämmitetään esimerkiksi vain edullisemman yösähkön aikana, jolloin tarvitaan suurempi varaaja kuin osittain varaavassa sähkölämmityksessä. (3, s. 208.)

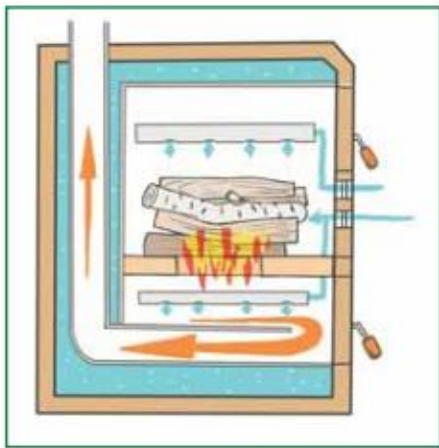
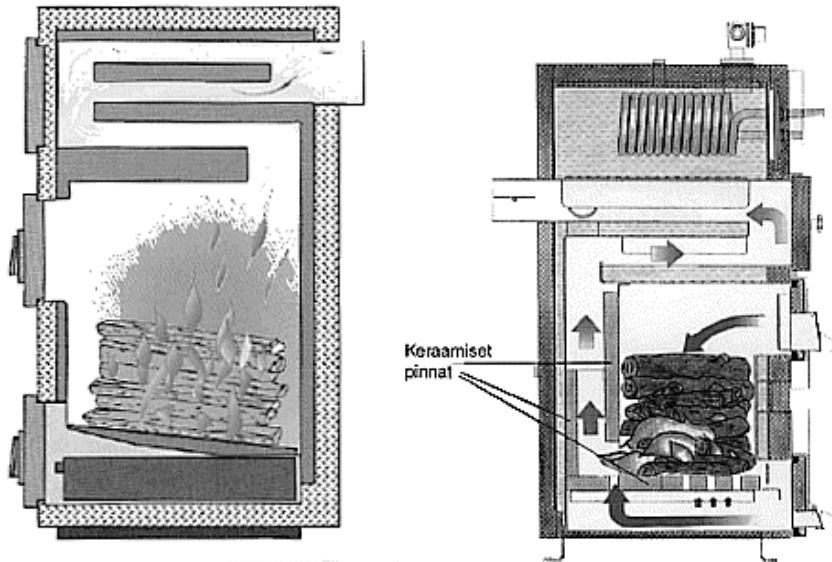
## 2.3 Puulämmitys

Puu on uusiutuva energianlähde, jota on käytetty hyvin kauan polttoaineena tuottaessa lämpöä. Sitä on helposti saatavilla, ja polttoaineeksi käyvät kaikki kotimaiset puulajit, joista koivulla on paras lämpöarvo, 13,5 MJ/kg. Puun hyötysuhde on 80 - 85 % riippuen puulajista ja kattilatyypistä. Puuta voidaan polttaa perinteisesti klapeina tai jalostettuna hakkeeksi ja pelleteiksi. (3 s. 44.)

Puu luetaan uusiutuvaksi kotimaiseksi bioenergiaksi, josta ei synny laskennallisesti kasvihuonekaasu- ja rikkipäästöjä. Muiden haitta-aineiden minimoimiseksi on tärkeää huolehtia polttimen säädöistä ja polttimen, palopesän ja kattilan puhdistuksesta. (4, s. 14.)

Puukattiloissa voidaan polttaa varustuksesta riippuen haketta, klapeja ja pilkettä. Tuotettu lämpö siirretään taloon vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Puukattilavaihtoehtoja ovat ylä-, ala- ja käänteispalokattiloita. Kattilatyypit on kuvattuna kuvassa 2. Kattilat polttavat eri tavoin polttoaineen. Alapalokattilan polttoaineen lisäys on harvempaa kuin yläpalokattilan, ja käänteispalokattilassa taas palaminen on puhtainta. Yläpalokattilassa polttoaine palaa yläosasta ja liekki on polttoainekerroksen yläpuolella. Alapalokattilassa taas polttoaine palaa polttoainekerroksen alaosasta ja entisen polttoaineen palettua sitä valuu arinalle lisää. Käänteispalokattila on samantyyppinen kuin alapalokattila, mutta siinä palamiskaasut johdetaan kattilan polttoainekerroksen alla olevan arinan läpi ke-

raamiseen jälkipalotilaan. Jälkipalotilassa kaasut palavat korkeassa lämpötilassa ja näin saadaan parempi hyöty. Eri kattilatyypeillä on määritetty hyötysuhteet ja keskimäärin puukattilalla se on 83 %. (15; 4, s. 15.)



*KUVA 2. Vasemmalla ylhäällä yläpalokattila, oikealla yläkulmassa alapalokattila ja alakulmassa käänteispalokattila (8, s. 29;15)*

### 2.3.1 Klapiämmitys

Klapiämmitys on perinteisin tapa tuottaa lämpöä puulla. Klapiämmityksessä puu poltetaan keskuslämmityskattilassa ja palamisesta syntyvä lämpöenergia lämmittää varaajassa olevan veden ja sitä kautta lämmitysvesi syötetään läm-

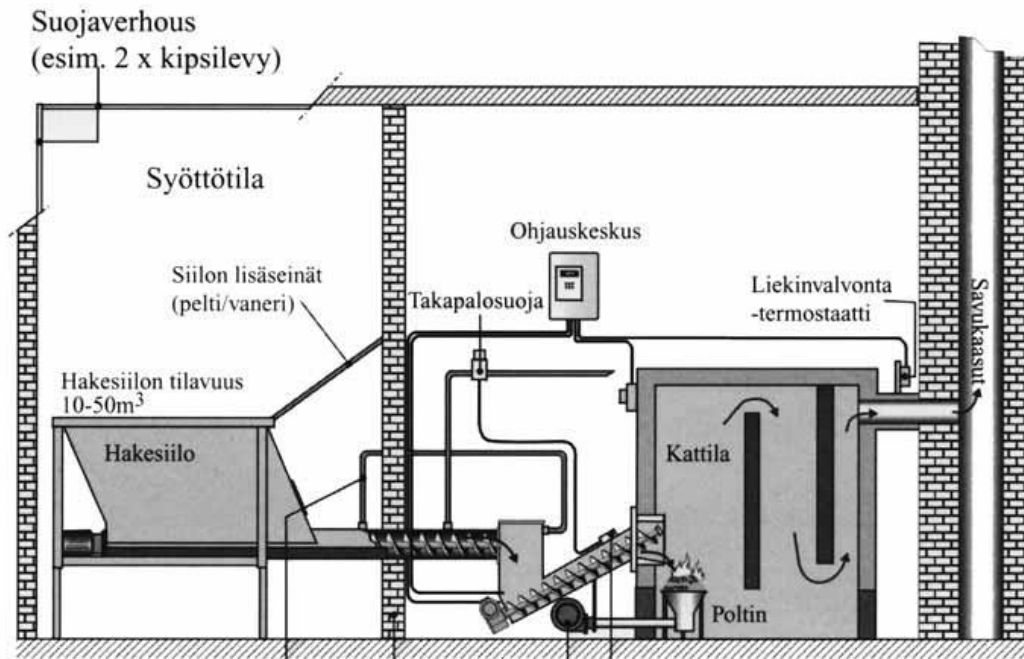
mitysjärjestelmään. Varaaja pidentää polttoaineen syöttö- ja lämmitysväliä. Parhaimmillaan yksi lämmityskerta ja pesällinen polttoainetta riittävät vuoro-kaudeksi. Varaajaan voidaan asentaa sähkövastukset, jotka voidaan kytkeä päälle asukkaiden ollessa pidemmillä matkoilla tai muutoin poikkeavassa tilassa, jolloin ei ole mahdollista tuottaa lämpöä puulla kattilassa. (4, s. 15.)

Puulämmitteisen pientalon vuotuinen puupolttoaineen tarve on noin 20 pino-kuutiometriä. Puu on helppo varastoida, koska se ei tarvitse erityisolosuhteita. Se tarvitsee käytännössä vain katoksen suojakseen. Klapien teko vaatii kuitenkin enemmän työtä kuin hakkeen ja pelletin teko, mutta klapitkin voi ostaa valmiina. (4, s. 15.)

### **2.3.2 Hakelämmitys**

Hakelämmityksessä polttoaineena käytetään murskattua puuta eli haketta. Hake poltetaan hakekattilassa, missä lämmittää lämmitysveden ja lämminvesi johdetaan lämmönjakojärjestelmää. Hakelämmitys on hyvin automatisoitu ja se toimii jatkuvana polttona eli se ei välttämättä vaadi erillistä varaajaa. Yleensä kuitenkin omakotitaloissa olevaan järjestelmään asennetaan varmuuden vuoksi sähkövastus mahdollisia häiriötilanteita, esimerkiksi polttoaineen loppumista varten.

Hake poltetaan yleensä stokerikattilassa, mutta polttamiseen voidaan käyttää myös alapalokattilaa. Hakelämmitysjärjestelmä, esimerkki kuvassa 3, sopii suoraan lämmittämiseen järjestelmän automatiikan ja kattilan riittävän suuren vesitilavuuden vuoksi. Stokeri on varmatoiminen ja sopii pieniin tiloihin. Sen huono puoli on polttoaineen korkeahko laatuvaatimus. Hakkeen täytyy olla kuivaa, pienipalasta ja tasalaatuista. Stokerin hyötysuhde riippuu paljon polttoaineen laadusta. Suositeltava kosteus hakkeelle on 20 - 25 %, maksimissaan 40 % ja suositeltava palakoko on 5 - 50 mm. Hakesäiliö koosta riippuen sijoitetaan kattilahuoneeseen (max 0,5 m<sup>3</sup>) tai syöttöhuoneeseen (0,5 - 2,0 m<sup>3</sup>). Hakevarasto ei vaadi erityisoloja, vain katto ja betonilattia ovat ehdottomia hakkeen varastoinnissa. (8, s. 17 - 20.)



KUVA 3. Hakelämmitysjärjestelmän toimintaperiaate (8)

Hake valmistetaan hakkuutähteistä ja/tai pienpuusta, jota on kuivatettu peitetynä pinossa noin vuosi ennen hakettamista. Yksi kiintokuutiometri energiapuuta sisältää noin kaksi megawattituntia energiaa, mikä vastaa energia sisällöltään 80 litraa kevyttä polttoöljyä. Yhdestä kiintokuutiometrissä puuta saadaan haketta 2,5 kuutiota. Omakotitalon lämmittämiseen haketta kuluu vuodessa noin 30 irtokuutiometriä. (4, s.15; 8, s. 6.)

Haketusmenetelmiä on useita riippuen tuotantomäärästä, haketuspaikasta ja hakettavasta materiaalista. Hakurityypilläkin on vaikutusta hakkeen laatuun ja järjestelmän toimintaan. Hakkeen saanti on kohtuullisen helppoa, koska sen valmistukseen käytettävää puuta on tarjolla paljon ja yleensä sitä ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja. Näiden myötä myös sen hinta on pysynyt alhaisena. (8.)

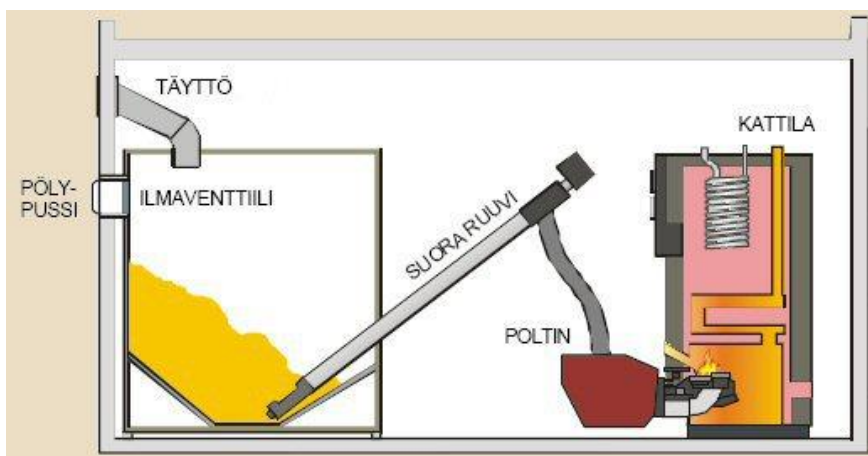
Normaalin hakelämmitysjärjestelmän käyttöikä on noin 20 vuotta, ja kattilasta riippuen useilla pitempikin. Normaalit huoltotoimenpiteet, kuten säännöllinen nuohous, lisäävät sen käyttöikää. (8, s. 10.)

### 2.3.3 Pellettilämmitys

Puupelletti on kotimaista bioenergiaa. Se valmistetaan puhtaasta kuorettomasta puusta puristamalla, kuten kuivasta puusepänteollisuuden kutteripurusta ja -lastusta. Pelletin valmistuksessa voidaan käyttää myös puhdasta sahanpurua, minkä käyttö on lisääntynyt nykyään. Puupellettiä tuotetaan Suomessa paljon, joten sitä on helposti saatavilla tarvittava määrä. Kuitenkin kysynnän kasvaessa sen hinta on noussut. (5, s. 2.)

Pellettikeskuslämmitys ja -takka ovat yleistyneet niin uusissa kuin vanhoissa taloissa. Automaattinen pellettitakka on hyvä vaihtoehto lisälämmönlähteenä sähkö- ja öljylämmitteisissä taloissa. Yleisimmin pellettiä käytetään keskuslämmitysjärjestelmän polttoaineena. Keskuslämmitysjärjestelmän automatiikka huolehtii pellettipoltin toiminnasta ja lämmön tuottamisesta. Automatiikka voi ilmoittaa häiriöt ja niiden mahdolliset aiheuttajat käyttäjän matkapuhelimeen tai tietokoneelle. (5, s. 2; 4.)

Pellettiratkaisuissa on monesti erillinen pellettipoltin ja -kattila erillisinä yksiköinä. Poltin toimii kattilan tai polttimen termostaatin ohjaamana. Laitteistoa, jossa pellettipoltin ja kattila on yhdistetty kokonaisuudeksi, kutsutaan yhdistelmäkattilaksi. Tällaisen kattilan käyttö on helppoa ja sen hyötysuhde on hyvä. Usein yhdistelmäkattiloissa on automaattinen puhdistustekniikka. Kuvassa 4 on tavomainen pellettiratkaisu. (5, s. 4.)



KUVA 4. Pellettilämmitysjärjestelmä (14)

Omakotitalon, jonka huoneistoala on noin 130 - 150 m<sup>2</sup>, lämmittämiseen kuluu pellettejä noin viisi tonnia vuodessa eli kahdeksan kuutiota. Pellettikeskuslämmitys tarvitsee toimiakseen sähkötehoa 0,4 - 1,8 kilowattia. (5, s. 3; 4.)

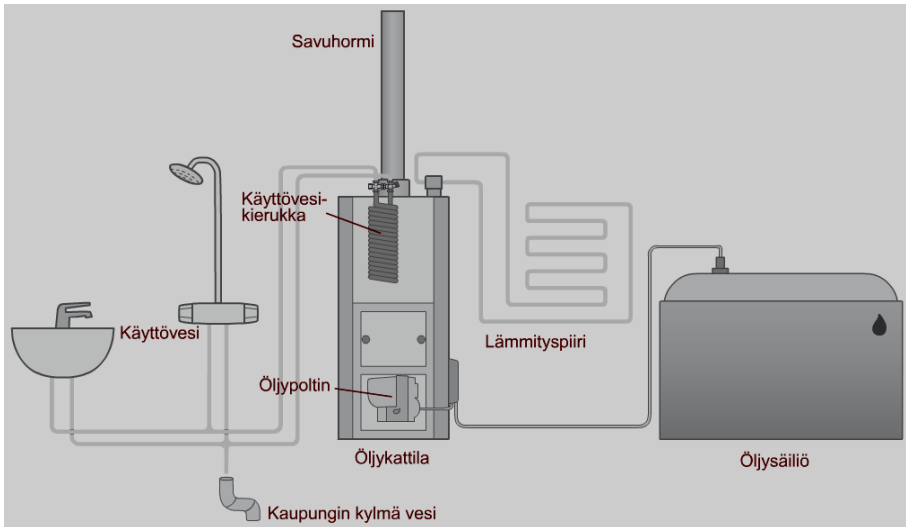
Pelletit varastoidaan siiloon, josta ne siirretään kuljetinta pitkin kattilahuoneeseen, joko suoraan polttimelle tai päiväsiilioon. Pellettilämmitysjärjestelmä vaatii siilon lisäksi erillisen teknisen tilan ja savuhormin. Pellettisiilon täytyy olla kuiva tila.

## 2.4 Öljylämmitys

Omakotitalon öljylämmityksessä lämpö tuotetaan yleensä kevyttä polttoöljyä polttamalla. Öljylämmitys tarvitsee lämmityskattilan, öljypolttimen ja öljysäiliön. Järjestelmä toimii jatkuvana polttona, joten se ei tarvitse välttämättä vesivarajaa. Mahdollisten häiriöiden, kuten esimerkiksi öljyn loppumisen, varalta öljykattiloissa on yleensä sähkövastus.

Parhaimmilla öljylämmityskattiloilla pystytään hyödyntämään 94 - 95 prosenttia polttoöljyn energiasta. Vuositasolla voidaan päästä jopa yli 90 prosentin hyötysuhteeseen. Omakotitalon lämmittämiseen kuluu uusissa järjestelmissä öljyä noin 2500 - 3000 litraa vuodessa. (4, s. 25.)

Poltettava öljy siirretään säiliöstä polttimelle, missä se palaa ja lämmittää lämmitysveden. Lämmitetty vesi johdetaan patteri- tai lattialämmitysverkostoon, mikä lämmön sisätiloihin. Öljylämmitys on helppokäyttöinen, koska se on pitkälle automatisoitu. Kattilatermostaatti säätelee lämmitysveden lämpötilaa ja lähettää käskyjä poltinreleistölle, joka pysäyttää tai käynnistää lämmityksen. Kuvassa 5 on esitetty periaatteellinen ratkaisu öljylämmitysjärjestelmästä. (3, s. 81 - 90.)



KUVA 5. Öljylämmitysjärjestelmä (16)

## 2.5 Lämmitysjärjestelmien teknisen tilan tarve ja sijoitus

Asuinrakennuksen lämmityslaitteille tarvittavan teknisen tilan tarpeelle on annettu ohjeellisia suunnitteluarvoja. RT-ohjekortti 93-10965 määrittelee asuinrakennuksen teknisen tilan koon rakennustilavuuden mukaan. Kun omakotitalon rakennustilavuus on 500 - 1000 m<sup>3</sup>, tarvitsee varaava sähkölämmitys teknistä tilaa 6 - 8 m<sup>2</sup>, kun taas suora sähkölämmitys ei tarvitse erillistä teknistä tilaa lainkaan. Öljylämmitteiselle omakotitalolle ohje tilan koosta on 5 - 8 m<sup>2</sup>. Kiinteitä polttoaineita käytettäessä teknisen tilan koko olisi hyvä olla 8 m<sup>2</sup>:n luokkaa. Lopullinen koko määräytyy, kun huomioidaan kattiloiden yksilölliset suojaetäisyydet ja käytön vaatima tila, mikä vaihtelee eri kattilatyypeillä ja malleilla. (17; 18.)

Teknisessä tilassa voidaan varastoida polttoaineita tiettyihin määriin asti riippuen polttoaineesta. Esimerkiksi palonkestävyydeltään EI 30- ja EI 60 -luokkaisin rakennusosin osastoituun kattilahuoneeseen saadaan sijoittaa enintään 3 m<sup>3</sup> polttoöljyä terässäiliössä teräksisessä suoja-altaassa tai 0,5 m<sup>3</sup> halkoja rajatussa tilassa. Kattilahuoneen/teknisen tilan osastointiin vaikuttavat tilaa ympäröivien rakennusosien paloluokat, kattilan teho ja sijoitus sekä polttoaineen sijoitus. Kattilahuone voidaan sijoittaa asuinrakennukseen tai erilliseen rakennukseen,



jolloin molemmissa vaihtoehtoissa tulee huomioida paloturvallisuus ohjeiden ja säädösten mukaan. (17; 18.)

Maalämpöjärjestelmä ei tarvitse välttämättä erillistä teknistä tilaa, koska varaaja ja pumppu voidaan sijoittaa esimerkiksi kodinhoitotilaan tai eteiseen. Parempi kuitenkin olisi sijoittaa ne väljemmin erilliseen tekniseen tilaan. Jos pumppu ja varaaja ovat yhdessä, riittää tilan kooksi 1 - 2 m<sup>2</sup>, kun erillisenä olevat tarvitsevat 3 - 4 m<sup>2</sup> tilaa. Maalämpöjärjestelmä ei aseta erityisiä vaatimuksia paloturvallisuuden tai ilmastoinnin suhteen, mutta mahdollisten vesivuotojen vuoksi asennustila on syytä varustaa lattiakaivolla ja asentaa tilan lattiaan vesieristys. (20.)

Työssä on käytetty teknisen tilan kokona 4 m<sup>2</sup> ja 8 m<sup>2</sup>. Varaavalla ja suoralla sähkölämmityksellä sekä maalämmöllä on käytetty pienempää 4 m<sup>2</sup>:n ja hake-, pelletti-, klapi- ja öljylämmityksillä isompaa 8 m<sup>2</sup>:n tilaa. Isommassa teknisessä tilassa on huomioitu palosuojaus EI 60. Yleensä se saadaan toteutettua kaksinkertaisella kipsilevyllä.

## 3 ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA LAINSÄÄDÄNTÖ

Energiamääräykset antavat ohjeet, miten suunnitellaan ja rakennetaan rakennukset siten, että tarpeeton energiankäyttö ja energiahäviöt rajoitetaan hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Määräykset koskevat uudisrakentamista.

### 3.1 Energiamääräykset 2010

Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa ja rakennettaessa on huomioitava, että rakennuksessa voidaan saavuttaa käyttötarkoituksen edellyttämät lämpöolot energiatehokkaasti. Se edellyttää, että lämmitysjärjestelmään asennetaan säätölaitteet, joiden avulla tilojenlämpötilaa voidaan säätää tarpeen mukaan riittävän tarkasti. Suunnittelussa täytyy huomioida myös paikalliset sääolot. (6, s. 6.)

Lämmitysverkosto on suunniteltava, rakennettava ja esisäädettävä siten, että huonetiloissa saavutetaan mitoituslämpötila samanaikaisesti riittävän tarkasti. Lämmitysverkosto jaetaan tarkoituksenmukaisesti ryhmiin ja mitoitetaan siten, että painehäviö on vähäinen. (6, s. 6.)

Rakennuskohtainen lämmönkehityslaitteisto on suunniteltava ja toteutettava niin, että laitteisto toimii hyvällä hyötysuhteella huippu- ja osakuormilla. Eri polttoaineille on määriteltävä ohjeelliset hyötysuhdearvot, joita voidaan käyttää suunnittelussa. (6, s. 7.)

Lämmönkehityslaitteistot, lämmitysvesivaraajat sekä lämmitysverkoston putket, pumput ja venttiilit lämpöeristetään riittävän kattavasti hallitsemattoman lämmönluovutuksen vähentämiseksi. Lämmitysverkoston putket eristetään yleensä eristekerroksella, jonka lämmönvastus on vähintään  $1 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Se vastaa esimerkiksi 50 mm:n lasivillalämmöneristettä, jonka lämmönjohtavuus on  $0,05 \text{ W/(m K)}$  keskilämpötilassa  $+50 \text{ °C}$ . (6, s. 7.)

Rakennukselle on laskettava energiankulutus ja ostoenergiankulutus. Kulutukset lasketaan huomioiden rakennuksen suunniteltu käyttö ja sijainti. Lasken-

nassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osaa D5 ja soveltuvaa SFS-EN-standardia. (6, s. 9.)

### **3.2 Energiamääräykset 2012**

Energiamääräykset muuttuivat 1. heinäkuuta 2012 ja samalla uudet energiamääräykset kumoavat edellisen. Määräykset koskevat uudisrakentamista, ja niiden tuoma keskeinen muutos on siirtyminen kokonaisenergiatarkasteluun. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle määrätään rakennustyyppikohtainen yläraja, joka ilmaistaan niin sanotulla E-luvulla. E-luvun laskennassa huomioidaan uutena asiana myös rakennuksen käyttämän energian tuotantomuoto. (7.)

E-luvun laskemisen mahdollistaa se, että eri energiamuodoille on annettu kertoimet, jotka kuvaavat luonnonvarojen käyttöä. Energiamuodoille annetut kertoimet kannustavat käyttämään kaukolämpöä ja uusiutuvia energialähteitä, kuten haketta ja pellettiä. Uudistuksella halutaan ohjata kiinteistöjä energiansäästöön ja päästöjen vähentämiseen. (7.)

Rakennuksen ostoenergiankulutus on laskettava energiamääräyksissä esitetyillä ulkoilman säätiedoilla, sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla (rakennustyyppin standardikäyttö). Muut energianlaskennan tarvitsemat lähtötiedot otetaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. (19.)

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku) on laskettava. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat: sähkö 1,7; kaukolämpö 0,7; kaukojäähdytys 0,4; fossiiliset polttoaineet 1,0 ja rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5. E-lukua laskettaessa uusiutuva omavaraisenergia ei ole ostoenergiaa, vaan se vähentää ostoenergian kulutusta. Energiamuotojen kertoimia käytetään ainoastaan ostoenergialle. (19.)

Pientalojen E-luku ei saa ylittää rakentamismääräyskokoelmassa olevia arvoja, jotka on annettu lämmitettävän nettoalan mukaan. Esimerkiksi pientaloissa joissa lämmitettävä nettoala  $150 \text{ m}^2$  -  $600 \text{ m}^2$  saa E-luku olla maksimissaan  $173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$  (kWh/m<sup>2</sup> vuodessa). Eli esimerkiksi kun lämmitettävä nettoala on  $248 \text{ m}^2$ , ei kaavalla laskettu luku saa ylittää  $155,6 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa. (19.)

## 4 TARKASTELTAVAN KOHTEEN ESITTELY

### 4.1 Lähtötiedot suunnitteluun

Kohteena on suunniteltu omakotitalo Utajärven taajaman läheisyydessä, haja-asutusalueella. Talo on puolitoistakerroksinen puurakenteinen omakotitalo. Alapohja on toteutettu puurakenteisena ja tuulettavana. Samaan pihapiiriin on tarkoitus tehdä piharakennus, johon sijoitetaan autotalli, toimisto ja varastotilaa. Mahdollinen kattilahuone sijoitetaan piharakennukseen.

Alakerrassa sijaitsee keittiö, ruokailutila, olohuone, makuuhuone, kodinhoituhuone, wc, pesuhuone ja sauna. Yläkertaan sijoitetaan oleskelutilaa ja neljä makuuhuonetta sekä wc, jossa suihku. Huoneistoalaa talossa on 248 m<sup>2</sup> ja lämmin ilmatilavuus 698 m<sup>3</sup>. Laskennallinen energiantarve Energiajuniorin 7.1 mukaan vuodessa on 31 326 kWh, josta lämmitysenergian osuus on 18 926 kWh.

### 4.2 Lämmitysmuotojen valinta vertailuun

Vertailulla haluttiin selvittää eri järjestelmien kustannuksia. Lähtökohtana oli vesikiertoinen lattialämmitys, joka osoittautui joustavimmaksi vaihtoehdoksi. Lattialämmitys tuottaa lämmön tasaisemmin ja vedottomammin kuin patterilämmitys. Esteettisiä haittoja lattialämmityksestä ei käytännössä tule lainkaan huonetiloihin, ja sisäilmaa ajateltuna patterit keräävät epäpuhtauksia itseensä, mitä lattialämmityksessä ei tapahdu. Lämmönluovutuslaitteen ollessa sama kaikissa vaihtoehdoissa saatiin lämmitysmuodot siltä osin samalle lähtötasolle. Vertailussa olevat lämmitysjärjestelmät pyrittiin valitsemaan siten, että niissä voidaan hyödyntää päälämmitysenergianlähteen lisäksi esimerkiksi aurinkoenergiaa lämmityksessä. Lämmitysmuodon valinnalle asetettuja perusteita ei ollut muita kuin edullisuus.

Energianlähteen hankinnan ja saannin perusteella mahdollisiksi lämmönlähdte- vaihtoehtoiksi valittiin sähkö, öljy, pelletti, maalämpö, hake ja klapi. Kaukolämpö ei kuulu vaihtoehtoihin, koska valmista verkostoa ei lähettyville tule, joten kanaalia jouduttaisiin rakentamaan huomattavan pitkästi. Vaikka lähtökohtana oli vesikiertoinen lattialämmitys, otettiin kuitenkin mielenkiinnon vuoksi vertailuun mukaan myös suora sähkölämmitys lattialämmityksenä.

## 5 TUTKIMUSTAVAT JA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT

Lämmitysjärjestelmien rakentamis- ja hankintakustannuksia selvitettiin tarjouspyyntöjen perusteella, joita lähetettiin useammille laitevalmistajille ja maahan-tuojille. Tarjouspyyntöjä pyrittiin lähettämään mahdollisimman paljon ja moni-puolisesti, jotta saataisiin mahdollisimman tarkat kustannukset laskelmiin. Vertailussa olevat tuotteet olivat toisiaan vastaavia, mikä helpotti niiden kus-tannusvertailua. Teknisen tilan rakennuskustannukset huomioitiin, jos lämmit-symuoto sen erikseen vaatii. Teknisen tilan kustannukset määritettiin Haahte-la-yhtiöiden TAKU-ohjelman tavoitehintamenetelmällä. Kerättyjen kustannusten perusteella saatiin selvitettyä kokonaiskustannukset jokaiselle vertailussa ole-valle lämmitysmuodolle.

Energiatodistukset on selvitetty internetiä apuna käyttäen eri tahojen tilastoista, ku-ten esimerkiksi tilastokeskuksen tiedoista. Jos valmiita kuvaajia ei hinnankelhi-tyksestä ollut, tehtiin ne tilastoista saatujen tietojen perusteella.

Energiaselvitys kohteesta tehtiin Lamit Oy:n kehittämällä energialaskenta oh-jelman avulla. Ohjelma versio oli Energiajunior 7.1. Tämä versio ei ole enää käytössä uusilla rakennuksilla, koska vuonna 2013 otetaan käyttöön niin sanot-tu uusi energiatodistus. Tässä uudessa energiatodistuksessa energiatehokkuus ja kulutuksen määrittely tehdään kaavamaiseen laskentaan perustuen, missä jokainen ostoenergiankulutus painotetaan energiamuotojen kertoimilla ja niistä lasketaan kokonaisenergiankulutus. Energiatehokkuutta kuvaa E-luku, joka saadaan jakamalla kokonaisenergiankulutus rakennuksen lämmitettävällä net-toalalla.

## **6 LÄMMITYSKUSTANNUKSET**

Lämmityskustannuksiin vaikuttavat energianlähteen hinta, lämmityslaitteistojen hankinta- ja asennuskustannukset, teknisen tilan rakennuskustannukset sekä laitteiston käyttö- ja huoltokustannukset. Kustannukset ovat keskimääräisiä, koska joiltakin osin kustannusten saanti ei onnistunut niin tarkasti kuin alkupe-  
räinen tarkoitus oli. Laskelmien avulla on tarkoitus selvittää kustannuksiltaan edullisin lämmitysmuoto suunnitellulle omakotitalolle. Kustannuksia tarkastel-  
laan 20 vuoden aikavälillä.

### **6.1 Lämmitysenergian tarve**

Suunnitellun kohteen lämmitysenergian tarve on 18 926 kWh vuodessa. Läm-  
mitysenergia sisältää käyttöveden lämmitykseen tarvittavan energiamäärän. Lämpimän käyttöveden lämmitykseen tästä kuluu 7 452 kWh. Energiamäärät saatiin energiaselvityksen pohjalta. Jokaisella lämmitysmuodolla on hyötysuh-  
de, joka vaikuttaa lopulliseen ostoenergian määrään. Vertailussa käytetyt hyö-  
tysuhteet löytyvät liitteestä 1.

### **6.2 Lämmitysjärjestelmän hankinta- ja rakennuskustannukset**

Hankintakustannukset pohjautuvat tarjouspyyntöihin, joita lähetettiin eri laite-  
valmistajille ja maahantuojille. Tarjoukset sisältävät kaikki lämmönkehitykseen  
tarvittavat kojeet ja laitteet, riippuen lämmitysmuodosta. Erillisenä tarjouksena  
oli lämmönjakolaitteisto eli lattialämmityspotket ja siihen tarvittavat liittimet ja  
jakotukit sekä säätölaitteet sisältäen muun muassa termostaatit, lattia-anturit ja  
ohjausyksiköt. Lisäksi kustannuksissa on otettu huomioon asennustyön kus-  
tannukset, jos tarjous ei ole sisältänyt tarvittavaa ammattimiehen suorittamaa  
asennustyötä. Kaikkiin lähetettyihin tarjouspyyntöihin ei saatu vastauksia, joten  
kustannuksissa voi olla jonkin verran todelliseen verrattuna poikkeavuutta.  
Poikkeama olisi pienempi, jos tarjouksia olisi saatu laajemmin.



Lämmöntuotantojärjestelmien valinnassa huomioitiin myös niiden monipuolinen käyttö ja eri energialähteiden hyödyntäminen päälämmitysmuodon rinnalla. Esimerkiksi varaajissa voidaan halutessa hyödyntää aurinkoenergiaa, mikä mahdollisesti voi ajan myötä tulla ajankohtaiseksi. Rakennuskustannuksia syntyy teknisen tilan rakentamisesta. Teknisen tilan kustannukset vaihtelevat sen koon ja erityisvaatimusten, esimerkiksi paloeristyksen mukaan. Lopulliset hankinta- ja rakennuskustannukset muodostettiin hankittujen tietojen ja kustannusten pohjalta.

Eri lämmitysmuotojen hankinta- ja asennuskustannuksien välillä on isojakin eroja. Esimerkiksi hakelämmityksen hankinta- ja asennuskustannukset ovat lähes nelinkertaiset suoraan sähkölämmitykseen verrattuna, kun taas klapi- ja pellettilämmitysten välillä eroa ei juuri ole.

### **6.3 Lämmitysmuodon käyttö- ja huoltokustannukset**

Lämmityskattiloiden keskimääräinen käyttöikä on noin 20 - 25 vuotta. Tarkkaa käyttöikää on vaikea arvioida, koska kattilat ovat yksilöitä ja suuri vaikutus on käytöllä, mikä riippuu hyvin paljon käyttäjästä. Pienetkin huolto- ja puhdistustyöt on hyvä hoitaa ajoissa, ettei käyttöikä lyhene ja voidaan välttyä vioilta. Yleensä nämä huolto- ja puhdistustyöt voi käyttäjä itse suorittaa, joten niistä koituvia kustannuksia ei huomioitu laskelmissa. Maalämpöpumpun käyttöikä on 15 - 20 vuotta. Kuluvin osa maalämpöpumpussa on kompressori, jonka pitäisi kestää laitevalmistajan ilmoituksen mukaan 15 - 20 vuotta. Putkistot ja jakotukit kestävät normaalikäytössä vähintään 20 vuoden tarkastelujakson ajan, koska useat putkivalmistajat antavat käyttöikäksi jopa 50 vuotta.

Käyttökustannukset sisältävät polttoaineen ja mahdolliset lämmityslaitteiden kulluttaman muun energian kuten automatiikan tarvitseman sähköenergian. Kustannuksiin ei huomioitu ongelmatilanteita, koska niitä ei voida ennalta määritellä. Käyttökustannukset ovat 500 - 2400 euroa vuodessa riippuen lämmitysmuodosta. Hakkeen käyttökustannukset ovat reilut neljä kertaa pienemmät kuin sähkölämmityksellä. Sähkölämmitysten välillä käyttökustannukset eivät paljon vaihtele. Varaavan sähkölämmityksen käyttökustannukset ovat

hieman edullisemmat kuin suoran sähkölämmityksen. Eri lämmitysmuotojen käyttökustannukset on esitettyinä taulukossa 1. Käyttökustannuksien energiamäärissä on huomioitu hyötysuhteet, jotka löytyvät liitteestä 1.

*TAULUKKO 1. Lämmityskustannukset kahdellekymmenelle vuodelle*

Lämmitysmuoto	asennuskustannukset €	Laittekustannukset €	teknisen tilankustannukset €	käyttökustannukset €/vuosi	€/10 vuotta	€/15 vuotta	€/20 vuotta
Suora vesikiertoinen sähköläm.	500	3720	3728	2360	31548	43348	55148
Suora sähkölämmitys		5760		2360	29360	41160	52960
Varaava sähkölämmitys	500	2721	3728	2184	28789	39709	50629
Hakelämmitys	2000	12980	7456	515	27586	30161	32736
Pellettilämmitys	2000	5300	7456	1244	27196	33416	39636
Maalämpö porakaivolla		14450	3728	944	27618	32338	37058
Maalämpö maapiirillä	744	11030	3728	944	24942	29662	34382
Klapilämmitys	2000	5851	7456	1350	28807	35557	42307
Öljylämmitys	2000	3670	7456	2291	36036	47491	58946

## 6.4 Energian hinnankehitys

Energian hinnankehitystä kuvaavista kuvista 6 - 10 nähdään tämän hetkisen kehityssuunnan, joka ei muutu paljoa eri energiamuotojen välillä. Tämänhetkisten tilastojen mukaan sähkön ja öljyn hinnan nousu on voimakasta ja nousujohteista, joten voidaan olettaa, että ne tulevat nousemaan jatkossakin, kun taas pelletin ja hakkeen hinnan kehityksessä ei suuria muutoksia ole tullut. Klapiin kuutiohintaa tällä hetkellä riippuen puulajista on noin 50 euroa irtokuutiometri, mikä ei ole paljoa muuttunut viime aikoina. (9; 10; 11.)

Kotimaiset puupohjaiset energianlähteet tulevat olemaan jatkossakin edullisempia sähkөөn ja öljyyn nähden, koska energiapuun saatavuus seudullamme on hyvä ja sitä tulee olemaan tarjolla. Energiapuun hinnannousuun vaikuttaa

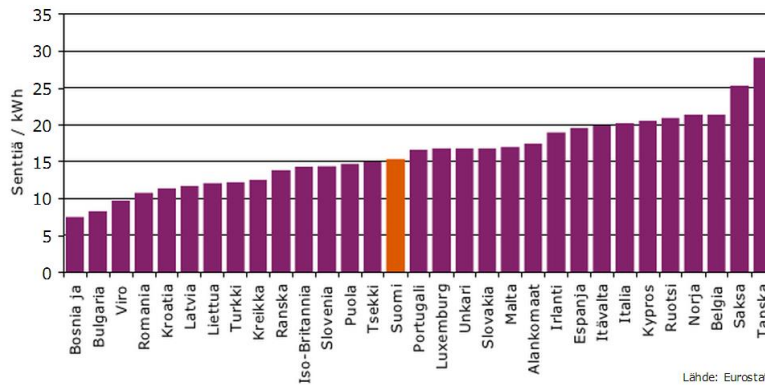
polttoaineiden hinnan nousu, koska polttoaineiden hinnat vaikuttavat korjuu- ja kuljetuskustannuksiin. Energiapuun saanti ei pitäisi vaikuttaa sen hintaan suuremmin, koska puuta on kaikkialla. Pelletin kysynnän nousu on vaikuttanut sen hinnan nousuun. Vaikka nykyisin pellettitehtaita on ympäri Suomen, joudutaan sitä kuitenkin kuljettamaan enemmän kuin haketta. Hakkeella ja hakeraaka-aineella on paikallinen saatavuus parempi pellettiin verrattuna. (9;10.)

Sähkön hinta tulee nousemaan jatkossakin sen tuotantotavan, kulutuksen määrän ja Euroopan Unionin päästökaupan johdosta. Euroopan unionin päästökaupan tarkoituksena on säännöstellä haitallisten hiilidioksidipäästöjen joutumista ilmastoon. Suomessa suurin osa energiasta tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla, joista syntyy hiilidioksidipäästöjä, joten kaupan kustannukset nostavat fossiilisia polttoaineita käyttävien laitosten muuttuvia kustannuksia, mikä nostaa laitoksen tuottaman sähkön hintaa. Samalla nousee myös sähkön markkinahinta. Hinnan kehitykseen vaikuttavat myös energiamääräykset, minikä vuoksi voidaan myös uskoa sähkön hinnan nousuun. (25.)

Öljyn hinta saattaa vaihdella hyvinkin paljon, koska maapallon öljyvarojen jakaantuminen on epätasaista. Yleisimmin öljyn hintaan vaikuttavat kysyntä ja tarjonta, varastotasot, talousennusteet, poliittiset kriisit ja luonnonmullistukset. Öljyn hinnan kehitystä on vauhdittanut öljyvarantojen väheneminen ja kansainväliset konfliktit. (26.)

Kun tarkastellaan sähkön hintaa Euroopan tasolla, sen hinta on monissa maissa korkeampaa kuin Suomessa. Euroopan komission antamien tietojen perusteella Suomi sijoittuu keskitasolle verollisen sähkönhinnan vertailussa. Kuvasta 6 nähdään Euroopan sähkönhintoja. Ruotsin ja Norjan hintatasoon verrattuna Suomessa on edullinen sähkönhinta tällä hetkellä, joten odotettavissa on nousua Suomen osaltakin tulevaisuudessa. (21; 22.)

Kotitaloussähkön verollinen kokonaishinta EU:ssa  
(kulutus 2500-5000 kWh vuodessa)  
1. puolivuotiskausi 2011



Taina Wilhelm  
16.12.2011  
2

KUVA 6. Sähkön kokonaishinta Euroopan Unionissa (21)

Energian hintaa 20 vuoden päähän ei tiedetä, mutta todennäköisesti ne tulevat nousemaan kaikilta osin. Kustannustarkastelussa käytetään tämän hetkisiä energiahintoja, joten todelliset kustannukset voivat poiketa näistä laskelmista.

Kuvassa 7 on energiaverotustietoja Euroopasta. Energiaverotusta tarkasteltaessa Suomi asettuu keskitason yläpuolelle, mutta ei ylety läheskään Ruotsin, Tanskan ja Saksan verotustasolle.

Sähkö, ei yrityskäyttö snt per kWh

	valuutta	2009	2010	2011	2012
Alankomaat*		3,98	4,06	4,08	4,15
Belgia		0,19	0,19	0,19	0,19
Britannia	0,8596	0,00	0,00	0,00	0,00
Bulgaria	1,9558	0,07	0,10	0,10	0,10
Espanja		0,10	0,10	0,10	0,10
Irlanti		0,10	0,10	0,10	0,10
Italia		0,47	0,47	0,47	0,47
Itävalta		1,50	1,50	1,50	1,50
Kreikka		0,00	0,50	0,22	0,22
Kypros**		0,00	0,00	0,00	0,00
Latvia	0,7092	0,08	0,10	0,10	0,10
Liettua	3,4528	0,00	0,10	0,10	0,10
Luxemburg		0,10	0,10	0,10	0,10
Malta		0,08	0,10	0,15	0,15
Portugali		-	-	-	0,10
Puola	4,3815	0,46	0,46	0,46	0,46
Ranska		0,00	0,00	0,15	0,15
Romania	4,3001	0,07	0,10	0,10	0,10
Ruotsi	9,1592	3,08	3,06	3,09	3,17
Saksa		2,05	2,05	2,05	2,05
Slovakia***		-	-	-	-
Slovenia		0,10	0,10	0,31	0,31
Suomi		0,88	0,88	1,70	1,70
Tanska	7,4423	8,30	8,16	9,70	10,83
Tseki	24,878	0,11	0,11	0,11	0,11
Unkari	294,50	0,09	0,10	0,10	0,10
Viro		0,32	0,45	0,45	0,45

\*sähkön kulutus 10 000 - 50 000 kWh:n välillä

\*\* ks. Neuvoston direktiivi 2003/96/EC

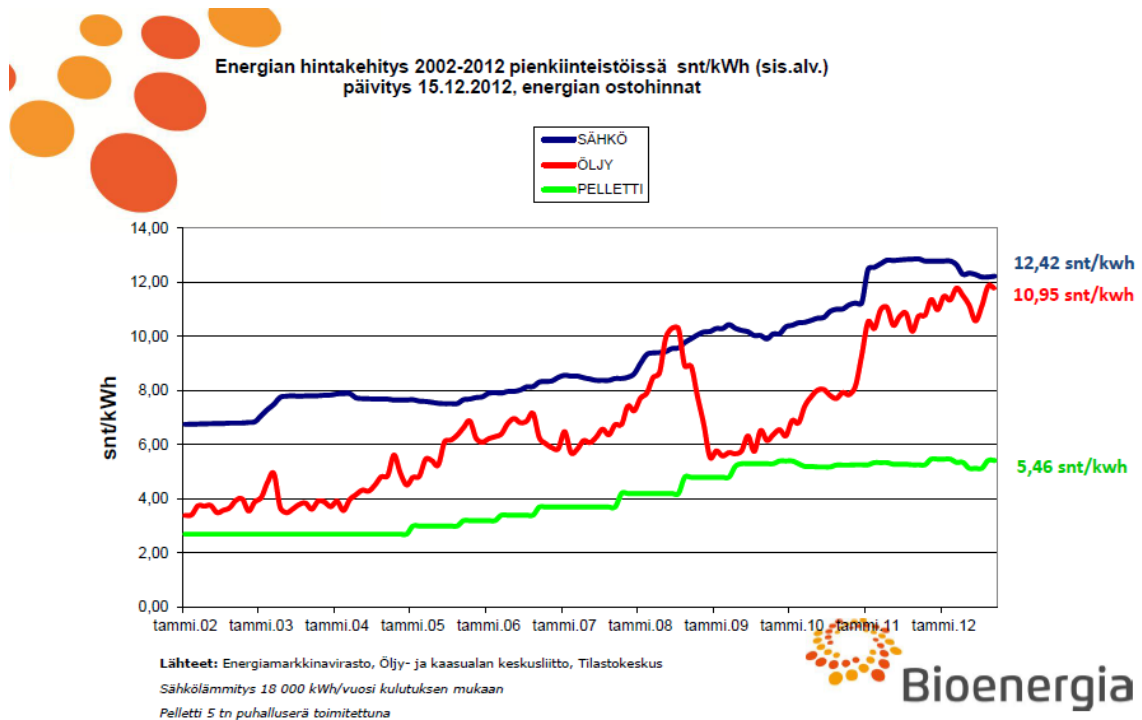
\*\*\* kotitaloudet on vapautettu sähköverosta

Lähde: Euroopan komissio, Excise Duty tables 1.1.2012.

Päivitetty 1.3.2013

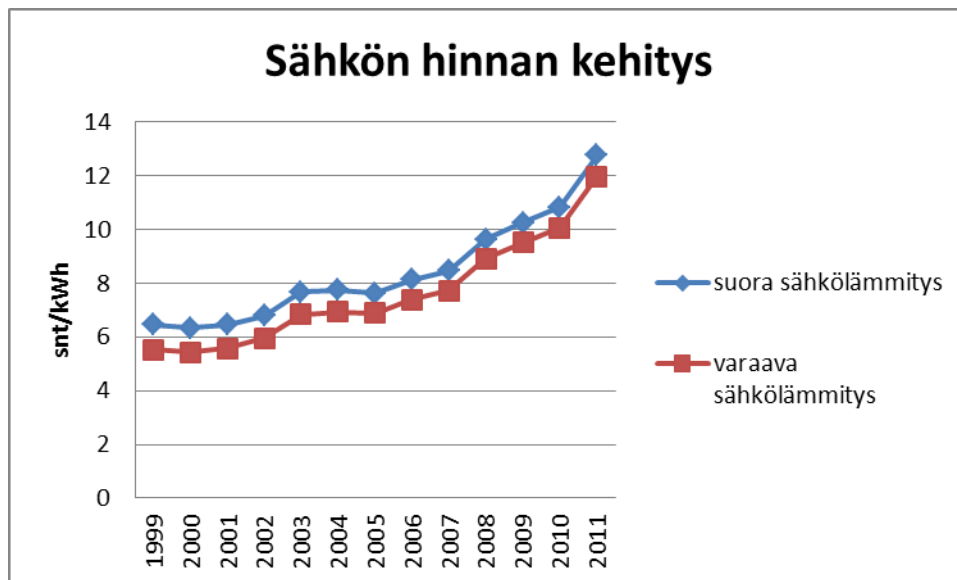
## KUVA 7. Energiaverotus Euroopassa (22)

Kuvasta 8 nähdään, miten sähkön, öljyn ja pelletin hinta on kehittynyt vuosien 2002 ja 2012 välillä. Näiden kaikkien hinnankehitys on ollut nousujohteisia, mutta pelletin hinnankehitys on ollut huomattavasti maltillisempaa.



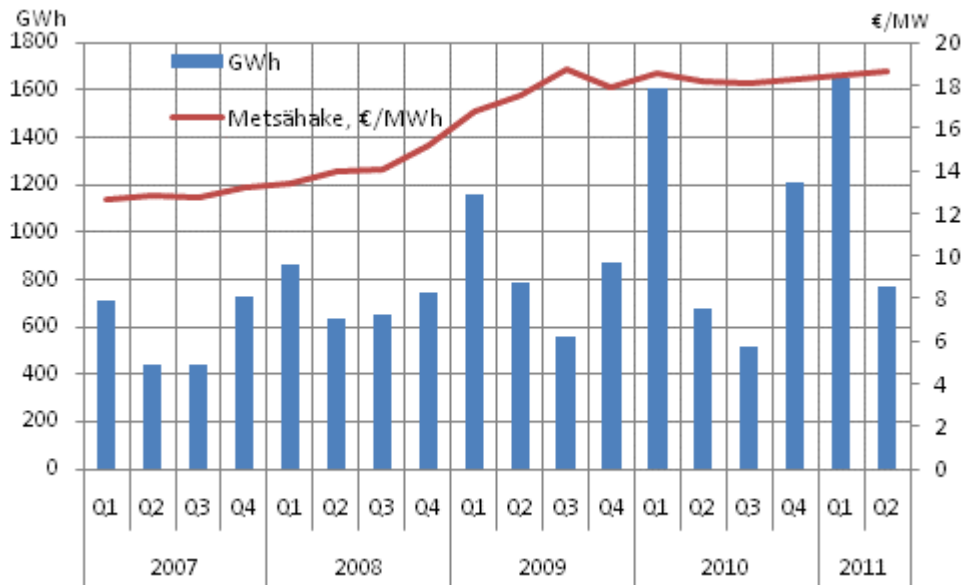
KUVA 8. Energian hinnankkehitys 2002 - 2012 öljy, pelletti ja sähkö (9)

Varaavan sähkölämmityksen ja suoran sähkölämmityksen hinnoissa on piestä eroa, mutta hinnan kehitys on kuitenkin samansuuruista molemmilla. Kuvassa 9 näkyy sähkön hinnan kehitys vuodesta 1999 vuoteen 2011.



KUVA 9. Sähkön hinnankkehitys 1999 - 2011 (11)

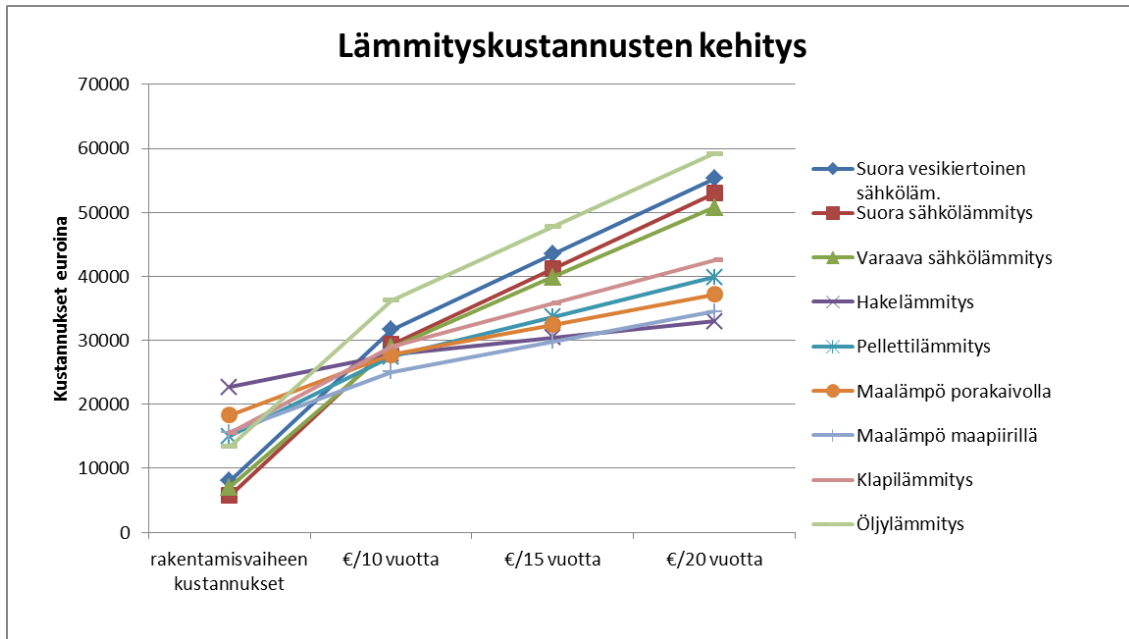
Metsähakkeen hinnankehitys kaaviomuodossa näkyy kuvassa 10. Hakkeen hinnan kehitys on noussut maltillisesti, eikä suuria hinnanmuutoksia ole tapahtunut.



KUVA 10. Metsähakkeen hinnan kehitys 2007 - 2011 (10)

## 6.5 Yhteenveto kustannuksista

Lämmöntuotannon kokonaiskustannukset, huomioituna rakennus-, hankinta-, asennus- ja käyttökustannukset kahdenkymmenen vuoden ajalta, on koottu taulukkoon 1. Kuvassa 11 kustannuskehitys on esitetty kaaviomuodossa. Kaaviokuvasta nähdään, miten kustannuskehitys lähtee muodostumaan eri lämmitysmuotojen välillä. Lämmitysmuotojen kustannuskehitys vaihtelee: osalla kehitys on maltillisempaa, kun taas osan kustannukset lähtevät nousemaan paljon voimakkaammin.



KUVA 11. Lämmityksen kumulatiiviset kustannukset kahdellekymmenelle vuodelle

**Sähkölämmityksen** lämmityskustannukset kahdenkymmenen vuoden ajalle koostuu seuraavista asioista. Ostettavan energian tarve on 18 926 kWh vuodessa ja sähkön ostohinta on 12,47 snt/kWh, mistä saadaan suoralle sähkölämmitykselle energian hinnaksi vuositasolla 2 360 euroa. Varaava sähkölämmitys on hiukan edullisempi, koska sähkön hinta on silloin hiukan matalampi eli 11,54 snt/kWh. Varaava sähkölämmitys olisi sähkölämmityksistä edullisin vaihtoehto kohteeseemme. Suoran vesikierto- ja kaapelilattialämmityksen kustannuksissa ei ole suurta eroa. Laitte- ja asennuskustannukset sähkölämmityksessä on 3 700 - 5 700 euroa.

**Klapilämmitystä** tarkasteltaessa energian kulutus on noin 27 037 kWh vuodessa, kun hyötysuhde on 70 %. Koivuklapi sisältää energiaa 1 010 kWh/i-m<sup>3</sup>. Vuodessa klapeja kuluu arvion mukaan 27 i-m<sup>3</sup>, mistä saadaan 50 €/i-m<sup>3</sup> hinnalla vuoden klapeille hinnaksi 1350 euroa. Asennus- ja hankintakustannuksia klapilämmitykselle kertyy 7 851 euroa. (23, s. 14.)



**Hakelämmityksen** vuoden lämmitysenergian kulutus 80 %:n hyötysuhteella on 23 658 kWh. Vuoden hakkeet maksaisivat 449 euroa, kun hakkeen hinta on 1,9 snt/kWh. Lisäksi stokeri kuluttaa sähköä vuodessa noin 500 kWh, mikä lisää kustannuksia 66 euroa vuodessa. Hakelämmitysjärjestelmän asennus- ja hankintakustannukset ovat 14 980 euroa. (23, s. 14.)

**Pellettikattilalla** kuluu lämmitysenergiaa vuodessa 23 658 kWh, kun hyötysuhde on 80 %. Pelletin ostohinta tällä hetkellä on 5,26 snt/kWh eli vuoden kulutus maksaisi 1 244 euroa. Muita kustannuksia syntyy stokerin kuluttamasta sähköstä vuodessa noin 500 kWh, mikä lisää kustannuksia 66 euroa vuodessa. Asennus- ja hankintakustannuksia syntyy 7 300 euroa. (23, s. 14.)

**Öljylämmityksen** kustannukset ovat sähkölämmityksen kanssa samaa tasoa. Tämän hetken lämmitysöljyn hinta on 10,53 snt/kWh. Vuodessa öljylämmityksen tarvitsema energian määrä on 21 754 kWh, kun hyötysuhde on 87 %. Tuolla energian kulutuksella vuoden polttoaineet maksaisivat 2 291 €. Asennus- ja hankintakustannukset ovat 5 670 euroa. (23, s. 14.)

**Maalämpöjärjestelmän** lämmitysenergian tarve on 18 926 kWh vuodessa, josta maalämmön tarvitsemaksi ostoenergiaksi saadaan 7 570 kWh, kun käytetään lämpökerrointa 2,5. Vuodessa sähköhinnaksi kertyy 944 euroa. Asennus- ja hankintakustannuksiin vaikuttaa maalämmön toteutustapa. Jos käytetään porakaivoa, kustannukset ovat 14 450 euroa, kun taas maapiirillä toteutettuna järjestelmä tulee maksamaan 11 774 euroa. (23, s. 14.)

**Teknisen tilan** rakentamisesta syntyy lisäkustannuksia 932 euroa neliometriä kohden. Kustannusten määräytymiseen vaikuttavat koko ja erityisvaatimukset. Klapi-, hake-, pelletti- ja öljylämmitykset tarvitsevat isomman ja riittävän paloeristyksen eli palosuojauksen EI 60. Käytetyt teknisen tilan koot ovat 8 m<sup>2</sup> ja 4 m<sup>2</sup>. (24.)

Suunnitellun omakotitalon kustannuksiltaan edullisimmaksi ja kannattavimmaksi lämmitysmuodoksi saatiin laskelmien avulla hakelämmityksen. Hakelämmityksen kustannukset kahdenkymmenen vuoden ajalle ovat 32 732 euroa eli

hiukan alhaisemmat kuin maapiirillä toteutetun maalämmön, jonka kustannuksiksi kertyi 34 382 euroa. Kalleimman ja halvimman välillä hintaero on reilut 26 000 euroa, vertaa taulukko 1. Hankinta-, asennus- ja rakennuskustannusten perusteella ei voida määritellä vielä, mikä lämmitysmuodoista tulee edullisimmaksi vaihtoehdoksi, koska käyttökustannukset vaihtelevat eri lämmitysmuodoilla hyvinkin paljon. Käyttökustannukset voivat nostaa lähtökustannuksiltaan halvimman vaihtoehdon kalleimmaksi. Kun vertailussa käytettiin tarkasteluvälinä kahtakymmentä vuotta, nähtiin miten käyttökustannukset vaikuttavat lämmityskuluihin. Laskelmat on tehty kumulatiivisena laskelmalla.

## 7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää suunnitellulle omakotitalolle kustannuksiltaan edullisin ja kannattavin lämmitysmuoto ja ratkaisu. Vertailussa huomioitiin hankinta-, asennus- ja rakennuskustannukset sekä käyttö- ja huoltokustannukset, joita tarkasteltiin kahdenkymmenen vuoden aikavälillä. Rakennus- ja hankintakustannustiedot hankittiin tarjouspyyntöjen kautta. Tarjouksia saatiin vaihtelevassa määrin. Tulosten luotettavuus olisi kasvanut, jos tarjouksia olisi saatu kattavammin ja kaikista lämmitysvaihtoehdoista yhtä laajasti.

Tuloksista nähdään kustannuskehitys ja niiden muodostuminen. Kustannukset muodostuvat kahdellekymmenelle vuodelle eri tavoin, joten hankintahetkellä kustannukset saattavat olla hyvinkin päinvastaiset mitä kokonaiskustannukset ovat kahdenkymmenen vuoden kuluttua. Lämmitysjärjestelmän hankintahetkellä saattaa tuntua, että halvin järjestelmä tulee edullisimmaksi vaihtoehdoksi, vaikka todellisuudessa käyttökustannusten myötä se voi tulla kalleimmaksi. Hankintahetkellä kannattaa rakentajan tarkastella vaihtoehtojen kustannuksia laajemmin, eikä pelkästään rakentamishetkellä syntyviä kustannuksia.

Lopulliset kustannukset määräytyvät kuitenkin käytännössä ja energianhinnankehityksen mukaan. Energianhinnankehitys on ollut pitemmän aikaa jo nousujohteista, joten voidaan olettaa, että niin jatkossakin tulee olemaan. Mutta on hyvin vaikea tietää, kuinka paljon eri lähteiden energioiden hinnat tulevat noustamaan ja kuinka suuret niiden väliset kustannukset ovat kahdenkymmenen vuoden kuluttua.

Vertailussa saatiin edullisimmaksi lämmitysmuodoksi hakelämmitys, jonka kanssa melkein samalle tasolle yltää maalämpö maapiirillä. Jos tarkastelussa huomioitaisiin myös viikoittainen lämmityksestä huolehtiminen, tulisi järkevämmäksi valita maalämpö, koska kokonaiskustannusten ero näiden kahden vaihtoehdon välillä on suhteellisen pieni ja maalämpö on lämmittäjää ajateltuna huolettomampi vaihtoehto.

Työn valmistuminen kesti kaksi vuotta, minkä aikana tapahtui kehitystä, niin määräyksissä kuin lämmitysjärjestelmissä. Jos olisimme huomioineet kehityksen, olisi vertailuun otettu uudet hybridijärjestelmät ja energiamääräykset. Kehityksen huomioiminen olisi mahdollisesti myös vaikuttanut lopputulokseen ja olisi tehnyt työn tekemisen haastavammaksi.

## LÄHTEET

1. Näin lämmitysjärjestelmä toimii. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/nain\\_lammitysjarjestelma\\_toimii](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/nain_lammitysjarjestelma_toimii). Hakupäivä 23.8.2011.
2. Lämpöä omasta maasta, opas maalämmöstä. 2008. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/3378/lampoa\\_omasta\\_maasta\\_maalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/3378/lampoa_omasta_maasta_maalampopumput.pdf). Hakupäivä 23.8.2011.
3. Harju, Pentti 2002. Lämmitystekniikan oppikirja. Penan Tieto-Opus Ky.
4. Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2009. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/2701/pientalon\\_lammitysjarjestelmat.pdf](http://www.motiva.fi/files/2701/pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf). Hakupäivä 25.8.2011.
5. Lämpöä puusta puhtaasti ja uusiutuvasti. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/1375/lampoa\\_puusta\\_puhtaasti\\_ja\\_uusiutuvasti\\_-\\_pellettilammitys.pdf](http://www.motiva.fi/files/1375/lampoa_puusta_puhtaasti_ja_uusiutuvasti_-_pellettilammitys.pdf). Hakupäivä 25.8.2011.
6. RakMk D3. 2010. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. Ympäristöministeriö.
7. Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu. Ympäristö. Saatavissa: <http://www.ymparito.fi/default.asp?contentid=380147&lan=FI>. Hakupäivä 29.8.2011.
8. Maatilan hakelämmitysopas. 2008. Metsäkeskukset. Saatavissa: [http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/DF1214EA-4540-4CDF-9B86-6C92B4093E84/10994/maatilan\\_hakelammitysopas.pdf](http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/DF1214EA-4540-4CDF-9B86-6C92B4093E84/10994/maatilan_hakelammitysopas.pdf). Hakupäivä 1.9.2011.

9. Tilastotietoja. Energian hintakehitys 2002–2012. Saatavissa: [http://www.pellettienergia.fi/images/stories/tiedostot/energian\\_hintakehitys\\_12\\_2012.pdf](http://www.pellettienergia.fi/images/stories/tiedostot/energian_hintakehitys_12_2012.pdf). Hakupäivä 14.3.2013.
10. Energian hinnat. Metsähake ei sisällä kantoja. Tilastokeskus. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi\\_2011\\_02\\_2011-09-22\\_kuv\\_007\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi_2011_02_2011-09-22_kuv_007_fi.html). Hakupäivä 12.10.2011.
11. Eräiden tyyppikuluttajien sähkön verollisen kokonaishinnan kehitys vuodesta 1992 lähtien. Energiamarkkinavirasto. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehitys1110.pdf>. Hakupäivä 12.10.2011.
12. Lämpöpumpun toimintaperiaate. SLO. Saatavissa: <http://www.slo.fi/www/fi/Ajankohtaista/tuoteuutisarkisto/Sivut/Dimplex-lampopumput.aspx>. Hakupäivä 15.1.2013.
14. Energian hintakehitys 2002 - 2012 pienkiinteistöissä. Pellettilämpö. Saatavissa: <http://www.pellettilampo.com/vanhat/yleinen.php>. Hakupäivä 30.1.2013.
15. Lämmityskattilat palamissuunnan mukaan. Edu.fi. Opetushallitus. Saatavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon\\_lammitys/kattilat\\_palamissuunnan\\_mukaan.htm](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/kattilat_palamissuunnan_mukaan.htm). Hakupäivä 31.1.2013.
16. Periaatekuva öljylämmitysjärjestelmästä. Kaukora. Saatavissa: <http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/animaatiot/Periaatekuva%20%C3%B6ljyl%C3%A4mmityksest%C3%A4.swf>. Hakupäivä 11.2.2013.
17. RT 93-10965. 2009. Asuntosuunnittelu. Talotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.
18. RakMk E9. 2005. Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus. Ohjeet 2005.

19. RakMk D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012.

20. RT 50-10755. 2001. Maalämmitys. Helsinki: Rakennustieto.

21. Sähkön kansainvälinen hintataso. 2011. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/kalvosarjat/sahkon-kansainvalinen-hintatilasto-1-puolivuotiskausi-2011>. Hakupäivä 13.3.2013.

22. Energiaverot. Veronmaksajat ry. 1.3.2013. Saatavissa: <http://www.veronmaksajat.fi/fi-FI/tutkimuksetjatilastot/kulutusverotus/energiaverot/>. Hakupäivä 13.3.2013.

23. RakMk D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007.

24. Haahtela-yhtiöt. TAKU-ohjelmisto. Vaatii kirjautumisen.

25. Kara, Mikko. 2005. Päästökaupan vaikutus pohjoismaiseen sähkökauppaan – Ehdotus Suomen strategiaksi. VTT tiedotteita. Saatavissa: [http://ktm.elinar.fi/ktm\\_jur/ktmjur.nsf/12b74ae4d1122aadc22565fa003211a6/af01283371565db9c2256f350042171a/\\$FILE/154642004.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/12b74ae4d1122aadc22565fa003211a6/af01283371565db9c2256f350042171a/$FILE/154642004.pdf). Hakupäivä 13.3.2013.

26. Öljyn hintaan vaikuttavat tekijät. 2013. Öljyalan keskusliitto. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/oljymarkkinat/oljyn-hintaan-vaikuttavat-tekijat>. Hakupäivä 13.3.2013.

<i>Taulukko 3.1. Lämmöntuottolaiteiden vuosihyötysuhteita eri lämmöntuottotavoilla.</i>	
Lämmöntuottotapa	Vuosihyötysuhde $\eta_{\text{lämmitys}}$ -
<b>Kaukolämpö</b>	1,0
<b>Sähkölämmitys</b>	1,0
<b>Öljy- ja kaasukattilat, enintään 35 kW</b>	
- tavanomainen kattila	0,87
- matalalämpötilakattila	0,90
- kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,93
<b>Öljy- ja kaasukattilat, yli 35 kW</b>	
- tavanomainen kattila	0,89
- matalalämpötilakattila	0,91
- kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,94
<b>Kaksoispesäkattilat</b>	
- öljylämmitys	0,80
- puulämmitys	0,70
<b>Puupolttoaineita käyttävät lämmöntuottolaitteet</b>	
Pellettikattilat	0,80
Hakekattilat	0,80
Pilkekattilat	0,70
Tulisijat	0,70
<b>Lämpöpumput</b>	
Maalämpöpumppu	2,5
Ulkoilmalämpöpumppu (lämpö vesivaraajaan)	2,0

D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, sivu 14. Lämmöntuottolaiteiden vuosihyötysuhteita eri lämmitystavoilla.



## Lämmityslaite tarjoukset

<b>Maalämpö</b>	tarjouksia 2 kpl	sis. Putkisto/kaivo, pumppu (sis. Varaaja, sähkövastus)
1. Maalämpö maapiirillä	11 030 €	
2. Maalämpö porakaivolla	14 453 €	
<b>Öljylämmityslaitteet</b>	tarjouksia 2 kpl	sis. Lämmityskattila, poltin, öljysäiliö, sähkövastus
1.	3 670 €	
2.	4 000 €	
<b>Klapilämmityslaitteet</b>	tarjouksia 2 kpl	sis. Lämmityskattila, varaaja, sähkövastus
1.	5 851 €	
2.	6 036 €	
<b>Hakelämmityslaitteet</b>	tarjouksia 4 kpl	sis. Lämmityskattila, siilo, syöttölaite, sähkövastus, palopää
1.	12 980 €	
2.	12 067 €	
3.	24 173 €	
4.	16 569 €	
<b>Varaava sähkölämmitys</b>	tarjouksia 1 kpl	sis. Varaaja tarvikkeineen
1.	2 721 €	
<b>Suora sähkölämmitys vesikiertoisena</b>	tarjouksia 2 kpl	sis. Ecowatti
1.	3 720 €	
2.	4 550 €	
<b>Suora sähkölämmitys</b>	tarjouksia 1 kpl	sis. Lattiakaapelit asennettuna
1.	5 760 €	
<b>Pellettilämmitys</b>	tarjouksia 3 kpl	sis. Lämmityskattilan, siilo, syöttöruuvi, sähkövastus
1.	5 501 €	
2.	5 300 €	
3.	6 000 €	

Tarjoukset jälleenmyyjiltä/valmistajilta.

TAKU™

## TAVOITEHINTA

7.5.2013

Sivu 1/1

Opetuskäyttö

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Hanke:  
1 1 Hanna Vääräniemi

Vaihe: opinnäytetyö  
Paikkakunta: Ouluun rajoittuvat ympäristökunnat  
Haaste-ind.: 77,0 / 1.2012  
Hintataso: 76,0 / 5.2013

## TILAOMINAISUUDET - TEKNIikka

### 1 MITAT JA MUOTO

Huoneala	8,0 hu <sup>m</sup>
Leveys * syvyys	3,0 x 2,7 m
Alapohjan erityisrakenteet	€/m <sup>2</sup>
Kerroskorkeus	2,5 m
Huonekorkeus	2,2 m
Jänneväli	9 m

### 2 SISÄILMASTO

Lämpötilanhallinta	
Lämmitetty, ei jäähd.; asunnot, virasto	
Lämpökuorma	35 W/m <sup>2</sup>
Tuloilma	l/sm <sup>2</sup>
Hallittu tuloilma	ei
Poistoilma	1 l/sm <sup>2</sup>
LTO, Hyötysuhde	
Kohdepoistot	k pl
Kostutus	
Ei kostutusta, normaali	

### 3 ÄÄNENERISTYS

Väliseinät	dB
Ovet	dB

### 4 VALAISTUS

Ikkunatarve ulkosseinässä	m <sup>2</sup>
Valaistus	
varastotason valaistus 10 W/m <sup>2</sup>	
Kattoikkuna	m <sup>2</sup>
Sisäikkuna	m <sup>2</sup>

### 5 LVI-JÄRJESTELMÄT

Vesipisteet	1 k pl
Viemäripisteet	k pl
Paineilmapiestit	k pl
Kaasupisteet	k pl
Sairaalaikaasupisteet	k pl
Sprinkler	ei
Muut IV-osat	€/m <sup>2</sup>
Muut putkiosat	€/m <sup>2</sup>

### 6 SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Pistotulpat	2 k pl
Teho	50 W/m <sup>2</sup>
Puhelin	k pl
Helppo muunneltavuus	ei
Sisäänpyyntökoje	k pl
ATK pistotulpat	k pl
Muu sähkötekniikka	€/m <sup>2</sup>

### 7 KALUSTEET

Työtaso	jm
Hyllyt	jm
Kaapit	kpl
Kiinteät Tuolit	kpl
Ikkunavarusteet	€/m <sup>2</sup>
Muut kal., varust. ja laitteet	€
Erillishankinnat	€/m <sup>2</sup>

### 8 JAKOSEINÄT

Asunnon väliseinät	m <sup>2</sup>
Asunnon sisäövet	kpl
Laminaattiseinät	m <sup>2</sup>
Lasiseinät	m <sup>2</sup>
Paljeovi 30dB	m <sup>2</sup>
Siirtoseinä 40dB	m <sup>2</sup>
Nostoverho	m <sup>2</sup>
Nostoseinä	m <sup>2</sup>

### 9 KUORMITUS, KESTÄVYYS, TURVALLISUUS

Lattikuorma	5 kN/m <sup>2</sup>
Kestävyys	
tavanomainen; esim toimistot	
Ovien palonkesto	60 min
Rakenteiden palonkesto	60 min

### 10 YHTEYDET JA VAIKUTUKSET MUUALLE

Käyntiovet	
Muista tiloista	kpl
Ulos	1 kpl
Nosto- ja taiteovet	
Muihin tiloihin	m <sup>2</sup>
Ulos	m <sup>2</sup>
Takka	kpl
Parveke	m <sup>2</sup>

### 11 SISÄPUOLISET PINTARAKENTEET

Seinien pintarakenteet	
ei käsittelyä	€/s einä-m <sup>2</sup>
Isäkustannukset	€/s einä-m <sup>2</sup>
Katon pintarakenteet	
ei käsittelyä	€/katto-m <sup>2</sup>
Isäkustannukset	€/katto-m <sup>2</sup>
Lattian pintarakenteet	
ei vaatimuksia	€/lattia-m <sup>2</sup>
Isäkustannukset	€/lattia-m <sup>2</sup>