

Juha Sarviluoma

## **Lämpölaitosyrittäminen**

Hake- ja turvelämpölaitoksen kannattavuusedellytykset

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Elintarvike- ja maatalous yksikkö

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike- ja maatalous yksikkö

Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalouden tuotantotalous

Tekijä: Juha Sarviluoma

Työn nimi: Lämpölaitosyrittäminen: Hake- ja turvelämpölaitoksen kannattavuusedellytykset

Ohjaaja: Erkki Laitila

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 73

Liitteiden lukumäärä: 17

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yleisellä tasolla oleva kustannuslaskelmamalli lämpölaitosyritykselle ja koota tärkeimmät tätä toimialaa koskevat kannattavuustekijät yhteen. Teoreettisen tarkastelun ja hypoteesilaskelmien jälkeen haastateltiin asiantuntijoita. Asiantuntijahaastattelujen avulla korjattiin laskelmat lopulliseen muotoonsa.

Lämpöyrittäjät tuottavat lämpöä paikallisesti yleensä kotimaisilla polttoaineilla. Lämpöyrittäjäkohteet ovat useimmiten pienehköjä lämpölaitoksia. Tässä työssä esimerkkilaskelmat on tehty huipputeholtaan 150 kilowatin ja yhden megawatin lämpölaitoksista. 150 kilowatin laitoksella tarkasteltiin pienen kohteen mielekkyyttä yrittäjäkohteeksi, mutta se osoittautui liian pieneksi. Yhden megawatin laitos on tyypillinen lämpöyrittäjäkohde. Huipputeholtaan yhden megawatin laitoksesta tehtiin laskelma kolmella eri konseptilla. Ensimmäisessä vaihtoehdossa oli 500 kW kiinteän polttoaineen kattila ja samankokoinen öljyhuippukuormakattila. Toisessa vaihtoehdossa oli kaksi 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattilaa ja kolmannessa vaihtoehdossa yksi yhden megawatin kiinteän polttoaineen kattila. Kaikilla kolmella mallilla huipputeholtaan yhden megawatin laitoksen energiantuotantokustannus pysyi kilpailukykyisellä tasolla.

Tässä työssä oleellisimmiksi kannattavuustekijöiksi osoittautuivat riittävä lämmöntuotantomäärä, yrittäjän ammattitaito sekä hyvälaatuinen ja laitokseen sopiva polttoaine. Riittävän tuotantomäärän ja asiakastyytyvyyden kannalta on tärkeää, että laitos on varmatoiminen. Perustamiskustannuksissa ei näin ollen kannata säästää toimintavarmuuden kustannuksella.

Avainsanat: Lämpölaitos, lämpöyrittäjä, hake, turve, kannattavuus.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: Ilmajoki School of Agriculture and Forestry

Degree programme: School of Food and Agriculture

Specialisation: Farm Management and Production Economics

Author/s: Juha Sarviluoma

Title of thesis: Heating plant business: Profitability requirements for wood chip and peat fuelled heating plants

Supervisor(s): Laitila Erkki

Year: 2013

Number of pages: 73

Number of appendices: 17

---

The aim of the thesis was to create a general cost accounting model for heating plant business and to draw together the main profitability factors for this business area. After a theoretical analysis and hypothetical calculations, specialists were interviewed to correct and finalise the calculations.

Heating plant entrepreneurs produce heat locally, using mainly domestic fuels. Heating plant businesses are most often small-scale plants. In this thesis, sample calculations were made of heating plants with a maximum output of 150 kW and 1 MW. The viability of 150 kW plants for business uses was analysed, but these plants proved to be too small. Instead, one Megawatt plants were found to be typical for heating plant business. Calculations were made of plants with a maximum output of 1 MW on the basis of three different concepts. The first alternative included a 500 kW solid fuel boiler and an oil-fired peak load boiler with the same output. The second alternative included two 500 kW solid fuel boilers, and the third alternative had one solid fuel boiler with the maximum output of 1 MW. The energy production costs of all three alternatives with the maximum output of 1 MW was reported to be competitive.

According to this thesis, a sufficient volume of heat produced, the entrepreneur's professional skills and a good-quality fuel that is suitable for the plant were found to be the most important profitability factors. Plant reliability is key to a sufficient production volume and customer satisfaction. Initial costs should, therefore, not be economised on to the detriment of plant reliability.

Keywords: Heating plant, heat entrepreneur, wood chip, peat, profitability

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 LÄMPÖYRITTÄMINEN .....	9
3 HAKE- JA TURVELÄMPÖLAITOSLIIKETOIMINTA.....	11
3.1 Lämpölaitoksen mitoittaminen.....	11
3.2 Investointituet.....	13
3.3 Liiketoiminnan rakenne .....	14
3.3.1 Kustannukset .....	14
3.3.2 Tuotos .....	20
3.4 Lämpölaitoksen kustannusrakenne.....	21
3.5 Jukka Ohrankämmenen korjaukset.....	24
3.6 Samu Kallin ja Janne Asellin korjaukset.....	25
3.7 Petri ja Pentti Rautjärven haastattelu .....	26
3.8 Hypoteesilaskelmiin tehdyt muutokset .....	26
3.9 Tulosten tarkastelu.....	26
3.9.1 Huipputeholtaan 150 kW:n laitos.....	26
3.9.2 Huipputeholtaan 1 MW:n laitos .....	31
3.9.3 Herkkyystarkastelu 150 kW:n laitoksen osalta .....	44
3.9.4 Herkkyystarkastelu 1 MW:n laitoksen osalta .....	45
4 KANNATTAVUUSTEKIJÄT .....	47
4.1 Jukka Ohrankämmenen haastattelu.....	47
4.2 Risto Lauhasen haastattelu.....	47
4.3 Samu Kallin ja Janne Asellin haastattelu .....	49
4.4 Rautjärvien haastattelu .....	50
5 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
LÄHTEET .....	53

LIITTEET.....55

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1 Työn rakenne. ....	8
Taulukko 1 Energiantuotantokustannuslaskelma 150 kW laitos, hake.	28
Taulukko 2 Energiantuotantokustannuslaskelma 150 kW laitos, turve. ....	29
Taulukko 3 Energiantuotantokustannuslaskelma 150 kW asiakkaan laitos, hake.	30
Taulukko 4 Energiantuotantokustannuslaskelma 150 kW asiakkaanlaitos, turve.	31
Taulukko 5 Lämmöntuotantokustannuslaskelma 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila ja 500 kW öljyhuippukuormakattila, hake. ....	33
Taulukko 6 Energiantuotantokustannuslaskelma 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila ja 500 kW öljyhuippukuormakattila, turve. ....	34
Taulukko 7 Energiantuotantokustannuslaskelma 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila ja asiakkaanöljyhuippukuormakattila, hake. ....	35
Taulukko 8 Energiantuotantokustannuslaskelma 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila ja asiakkaanöljyhuippukuormakattila, turve. ....	36
Taulukko 9 Energiantuotantokustannuslaskelma kaksi kertaa 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila, hake. ....	37
Taulukko 10 Energiantuotantokustannuslaskelma kaksi kertaa 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila, turve. ....	38
Taulukko 11 Energiantuotantokustannuslaskelma kaksi kertaa 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila, asiakkaan laitos, hake. ....	39
Taulukko 12 Energiantuotantokustannuslaskelma kaksi kertaa 500 kW kiinteämpolttoaineenkattila, asiakkaan laitos, turve. ....	40
Taulukko 13 Energiantuotantokustannuslaskelma 1 MW kiinteämpolttoaineenkattila, hake. ....	41
Taulukko 14 Energiantuotantokustannuslaskelma 1 MW kiinteämpolttoaineenkattila, turve. ....	42
Taulukko 15 Energiantuotantokustannuslaskelma 1 MW kiinteämpolttoaineenkattila, asiakkaan laitos, hake. ....	43
Taulukko 16 Energiantuotantokustannuslaskelma 1 MW kiinteämpolttoaineenkattila, asiakkaan laitos, turve. ....	44

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Hake</b>	Puusta tehtyä pientä lastua, jonka palakoko on 30–50 mm
<b>Kokopuu</b>	Oksineen korjattua energiapuuta
<b>kW</b>	Kilowatti, tuhat wattia.
<b>kWh</b>	Kilowattitunti, energian yksikkö, joka vastaa kilowatin tehoa tunnin ajan
<b>Lämpöyrittäjä</b>	Yrittäjä, jonka toimiala on lämmöntuotanto
<b>MW</b>	Megawatti, miljoona wattia
<b>MWh</b>	Megawattitunti, energian yksikkö, joka vastaa megawatin tehoa tunnin ajan
<b>Palaturve</b>	Turvetta, joka on puristettu halkaisijaltaan 40–70 mm:n ja pituudeltaan 50–200 mm:n kokoisiksi, lieriön malliseksi palasiksi
<b>Ranka</b>	Karsittua energiapuuta
<b>kpa</b>	Kiinteä polttoaine
<b>PÖ</b>	Polttoöljy

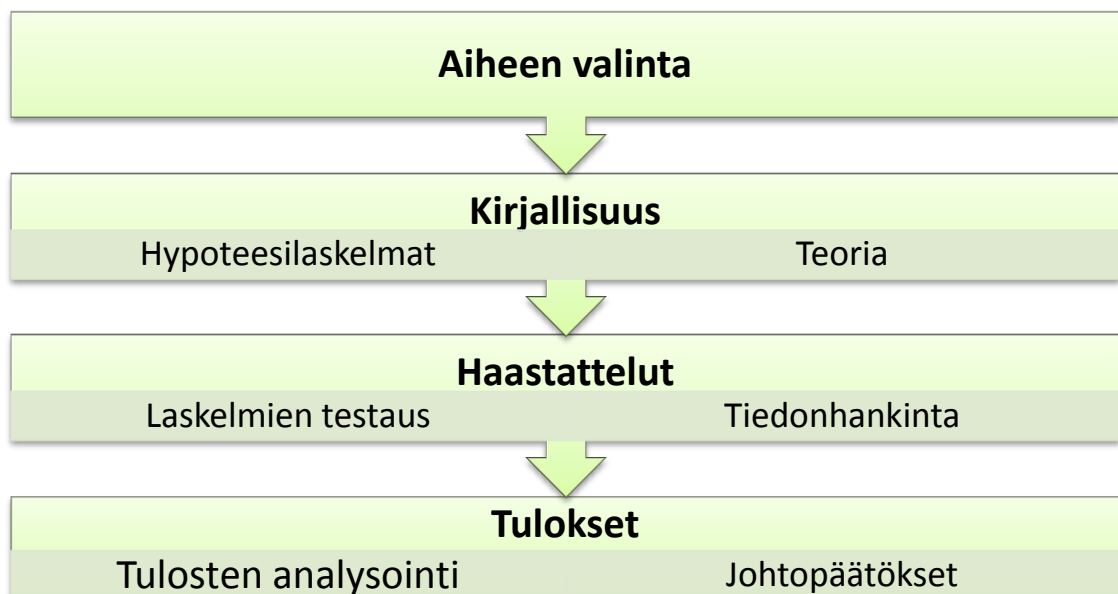
# 1 JOHDANTO

Lämpöyrittäjyydellä tarkoitetaan lämpöenergian tuottamista paikallisesti ja lämmön myymistä käyttäjälle ennalta sovittuun hintaan. Pääasiallinen polttoaine on puu, mutta polttoaineena käytetään myös turvetta, puunjalostuksen sivutuotteita ja peltobiomassoja. (Lämpöyrittäjyys 6.8.2012.)

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda malli niistä tekijöistä, jotka on vähintään huomioitava lämpöliiketoimintaa suunniteltaessa. Tätä ei ole tarkoitettu valmiiksi malliksi, jota voi käyttää suoraan johonkin kohteeseen. Kyseessä on pikemminkin yleinen malli, jonka avulla lämpöyrittäjä voi ottaa huomioon tärkeimmät lämpöliiketoiminnan kannattavuuteen vaikuttavat seikat. Tässä opinnäytetyössä esiteltävät laskelmat on tehty yleisellä tasolla, eikä niiden takana ole mitään yksittäistä, konkreettista kohdetta. Laskelmat perustuvat siis olettamuksiin.

Alan ammattilaisia haastatteleamalla on haettu tähän työhön kokemuksen tuomaa tietoa ja näkökulmaa. Asiantuntijahaastattelujen perusteella laskelmat on korjattu mahdollisimman todenmukaisiksi.

Haastatteluista haetaan myös kokemuksia, mitkä asiat ovat tärkeitä lämpöyrittäjätoiminnassa. Haastatellut asiantuntijat ovat myös kertoneet kokemuksiaan lämpöyrittäjätoiminnasta ja antaneet aloittaville lämpöyrittäjille käytännön vinkkejä seikoista jotka kannattaa ottaa huomioon lämpöyrittäjätoimintaa suunniteltaessa.



Kuvio 1 Työn rakenne.



## 2 LÄMPÖYRITTÄMINEN

Suomessa lämpöyrittäjiä on ollut 1990-luvun puolivälistä alkaen. Tyypillisiä kohteita alkuvaiheessa olivat kuntien kiinteistöt, kuten koulut ja vanhainkodit. Ensimmäiset kiinteään polttoaineen laitokset olivat kooltaan useimmiten 200–500 kW. Vuonna 2007 yrittäjävetoisia laitoksia oli noin 300 ja yrittäjiä 150. Laitosten keskip koko oli vuonna 2007 hieman yli 500 kW. (Ojaranta, Puhakka, Tuomi & Solmio 2007, 212) Vuonna 2012 lämpöyrittäjiä oli 500, ja toiminta kehittyi jatkuvasti. Aluelämpölaitoksia näistä laitoksista on kolmannes, ja loput ovat kiinteistökohtaisia laitoksia. (Lämpöyrittäjyys 6.8.2012.)

Lämpöyrittäjä hoitaa lämpölaitosta. Lämpöyrittäjän työhön kuuluvat polttoaineen toimitus, laitoksen hoito, puhtaanapito ja päivystys. Asiakkaan tehtävänä on energian kuluttaminen ja laskun maksaminen. (Lämpöyrittäminen 2006.)

Hyvä kohde lämpöyrittäjälle on kiinteistö, jossa tarvitaan paljon lämpöä. Kiinteistössä on hyvä olla valmiina vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Tällaiset kiinteistöt ovat yleensä kuntien, yritysten tai yhteisöjen omistuksessa. Ne on aiemmin lämmitetty useimmiten öljyllä, joka nyt korvataan kiinteällä polttoaineella. Vanhat öljylämmityslaitteistot voidaan jättää varajärjestelmäksi, jota voidaan käyttää myös huippujen tasaamiseen. (Lämpöyrittäminen 2006.)

Kiinteistön omistaja saa näin kotimaisella polttoaineella tuotettua energiaa samaan tai hieman edullisempaan hintaan kuin aiemmin öljylämmitystä käytettäessä. Kiinteistön omistajan ei tarvitse huolehtia laitoksen huollosta ja päivystyksestä eikä polttoaineen hankinnasta. Laitosinvestoinnin voi tehdä kiinteistön omistaja tai lämpöyrittäjä; siitä sovitaan aina tapauskohtaisesti. Jos investoinnin tekee lämpöyrittäjä, säästyy kiinteistön omistajalla pääomaa muihin investointeihin. (Lämpöyrittäminen 2006.)

Lämpöyrittäjät ovat tyypillisesti maatalousyrittäjiä, jotka harjoittavat perusmaatalouden lisäksi metsätaloutta tai turvetuotantoa. Lämpöyrittäjyys tarjoaa mahdollisuuden nostaa tuotteiden jalostusastetta ja näin saada lisäarvoa tuotteille. (Lämpöyrittäminen 2006.)

Lämpöyrittäjyydessä on useita toimintamalleja. Suurimmat erot liittyvät laitoksen omistukseen ja polttoaineen hankintaan. Laitoksen voi omistaa asiakas, yrittäjä tai kolmas osapuoli. Jos lämpöä tuotetaan asiakkaan omistamalla laitoksella, yrittäjälle ei koidu kustannuksia laitoksen olemassaolosta. Lämmöntuotantokustannukset ovat tällöin siis alhaisemmat kuin omalla laitoksella, joten myös asiakkaan energiasta maksama hinta jää alhaisemmaksi. Asiakas voi periä laitoksesta yrittäjältä vuokraa, joka siirtyy suoraan energian hintaan. Tällainen järjestely tulee kysymykseen, jos asiakkaalla on tarvetta jakaa kustannuksia eri tulosyksiköiden välillä.

Laitoksen voi omistaa myös erillinen yritys, esimerkiksi kunnallinen osakeyhtiö, joka on perustettu hallinnoimaan lämpölaitoksia. Yhtiön ainut tulonlähde saattaa olla laitoksen vuokra, tai kyseinen yhtiö voi ostaa energian yrittäjältä ja myydä sen taas asiakkaille. Tällöin laitoksesta aiheutuvat kustannukset lisätään energian hintaan tässä vaiheessa.

Polttoaineen hankinta on yleensä lämpöyrittäjän vastuulla, mutta se voi olla myös asiakkaan vastuulla osittain tai kokonaan. Osittain tai kokonaan asiakkaan vastuulla oleva polttoaineen hankinta soveltuu hyvin tilanteisiin, joissa asiakkaalla syntyy jonkin prosessin sivutuotteena käyttökelpoista energiaraaka-ainetta, esimerkiksi sahanpurua tai kutteria.

### 3 HAKE- JA TURVELÄMPÖLAITOSLIIKETOIMINTA

#### 3.1 Lämpölaitoksen mitoittaminen

Tässä työssä käsitellään kiinteän polttoaineen lämpölaitoksia, jotka käyttävät polttoaineenaan haketta tai turvetta. Sekä hake- että turvelämpölaitokset ovat teknisesti identtisiä, mutta käytettävä polttoaine erottaa ne toisistaan. Hakelämpölaitoksesta puhuttaessa tarkoitetaan kiinteän polttoaineen lämpölaitosta, joka käyttää polttoaineenaan haketta. Vastaavasti turvelämpölaitos käyttää polttoaineenaan turvetta. Hakkeella tässä yhteydessä tarkoitetaan rangasta valmistettua metsähaketta ja turpeella palaturvetta.

Lämpölaitoshankinnan ensimmäinen vaihe on mitoitus. Oikea mitoitus on tärkeä edellytys kannattavalle lämpöliiketoiminnalle. Laitoksen koon kasvaessa nousee myös hinta merkittävästi. (Piipari 2013a.) Alanen, Rousku ja Solmi (2005, 14) esittelevät joitakin nyrkkisääntöjä laitoksen mitoitukseen. Rakennuskuutiota kohden tarvittava enimmäisteho on 20–30 wattia. Kiinteänpolttoaineenkattilan tehon ollessa noin puolet huipputehon tarpeesta, voidaan sillä tuottaa 85–90 % vuotuisesta energiantarpeesta. Asuinrakennuksen energiankulutus on normaalisti 40–50 kWh huonekuutiota kohti vuodessa. Kiinteän polttoaineen kattilan tehoa voidaan arvioida myös seuraavalla nyrkkisäännöllä: hakekattilan teho on neljä kertaa öljynkulutus kuutiometreinä. Ennen laitoksen hankintaa on kuitenkin syytä käyttää ammattilaista oikean mitoituksen varmistamiseksi. Myös Piipari (2013a) piti puolta huipputehontarpeesta järkevänä mitoituksena isommissa kohteissa. Alasen, Rouskun ja Solmion (2005, 16) mukaan yli 500 kW:n laitoksissa kokonaisteho tuotetaan yleensä kahdella kattilalla siten, että puolet huipputehosta tuotetaan kiinteällä polttoaineella.

Esimerkiksi kohteessa, jossa huipputehontarve on 1 000 kW, valitaan usein 500 kW:n laitos, jonka hinta on noin 120 000–130 000 € (alv 0 %). Lisäksi hankitaan 500 kW:n öljyhuippukuormakattila, jonka hankintahinta on 30 000 € (alv 0 %). Näin laitoksen hankintahinnaksi muodostuu 150 000–160 000 € (alv 0 %), kun taas 1 000 kW:n kiinteän polttoaineen laitos maksaisi noin 350 000–1 000 000 € (alv 0

%). Jos käytetään öljyhuippukuormakattilaa, jonka mitoitettu teho on puolet huipputehosta, öljyllä katetaan vain 10–20 % vuotuisesta lämmöntarpeesta, mutta investointikustannus on alle puolet koko energiatarpeen kattavasta laitoksesta. (Piipari 2013a).

Vara- ja huippukuormakattilaa mitoitettaessa on mietittävä, mitoitetaanko se huippukuormalle vai vain puolelle teholle. Järjestelmään voidaan asentaa varaaja, jolla tasataan hetkellisiä huippuja. Kiinteän polttoaineen kattilan mitoitus on onnistunut, kun hyötysuhde on hyvä, kesäkäyttö vaivatonta ja mahdollinen lämmöntarpeen laajentuminen huomioitu. (Alanen, Rousku & Solmio 2005, 14.)

Laitosta hankittaessa on valittava tarkoituksenmukainen syöttölaitteisto, polttoainevarasto ja tuhkanpoistojärjestelmä. Laitteiston lisäksi tarvitaan rakennus, johon laitteet asennetaan. Valmista lämpökonttia varten on tehtävä perustukset. Hormin mitoitukseen on myös kiinnitettävä huomiota, koska hyvä veto on tärkeää paloturvallisuuden vuoksi. On myös pohdittava, tarvitaanko sosiaalituloja.

Laitosta hankittaessa on siis kaiken kaikkiaan ratkaistava, millainen rakennus, kattila, automatiikka, säätö- ja hälytyslaitteet, tuhkanpoisto, paisuntajärjestelmä, pumput, verkosto ja paloturvallisuuslaitteet halutaan. Piha-alueet on suunniteltava niin, että niillä on turvallista liikennöidä ajoneuvoilla, joilla haketta toimitetaan laitokselle. Ympäristö vaikuttaa myös savupiipun pituuteen. (Alanen, Rousku & Solmio 2005, 15–16.)

Hakevaraston koon mitoittamiseen ei ole yhtä ainuttakaan oikeaa kaavaa. Yksi malli on mitoittaa varasto niin, että sinne mahtuu kerralla tuotavan kuorman lisäksi viiden päivän tarve (Alanen, Rousku & Solmio 2005, 16). Konttimallisissa laitoksissa tästä mitoituksesta saatetaan joutua tinkimään. Piiparin (2013a) mukaan Säättötulen kontteihin mahtuu noin viiden päivän tarve kerralla, mikäli laitosta ajetaan täydellä kapasiteetilla. Tämä on kuitenkin vähemmän kuin tavanomainen kuormakoko.

Mitoituksen jälkeen tehdään hankintaohjelma, jolloin päätetään, mitä laitoksen ja verkoston osia tehdään itse ja mitkä hankitaan valmiina. Varmin tapa hankkia toimiva kokonaisuus on hankkia laitos ja verkko avaimet käteen -periaatteella,

valmiiksi säädettyinä ja koekäytettyinä. (Alanen, Rousku & Solmio 2005, 14–15.) Avaimet käteen -periaatteella hankittu laitos ei välttämättä ole kaikkein edullisin vaihtoehto, eikä sellaista ole aina edes saatavilla. Alasen Rouskun ja Solmion (2005, 15) mukaan luontevia urakkarajoja ovat perustukset, rakennustyöt sekä kattilan ja verkoston laipat. Urakkarajat tulee määritellä hankintaohjelmassa. Hankintaohjelman ei ole tarkoitus olla yksityiskohtainen osaluettelo, vaan kuvaus laitokselta vaadituista ominaisuuksista. Laitetoimittaja puolestaan mitoittaa laitteet siten, että tavoitearvot saavutetaan hankintaohjelmassa nimetyllä polttoaineella. (Alanen, Rousku & Solmio 2005, 15.)

Hankintaohjelmassa määritellään mitoituspolttoaine ja sen laatu, esimerkiksi hake, jonka kosteus on 40 %. Tällä polttoaineella laitoksen tulee saavuttaa halutut arvot. Nämä arvot sovitaan takuuarvoiksi, joiden tulee täytyä. Tällaisia ovat muun muassa pienin ja suurin teho, jolla laitos toimii moitteettomasti, kattilan hyötysuhde, savukaasujen maksimilämpötila ja jäännöshappipitoisuus 100 prosentin teholla; samoin on syytä määritellä sähkön käyttö 100 prosentin teholla. Myös savukaasujen suurin sallittu kiintoaine- ja häkäpitoisuus on määriteltävä.

Näitä arvoja tarkkaillaan takuuaikana, jolloin tehdään takuumittaukset. Mikäli arvot eivät täyty, korvataan niitä hankintaohjelmassa määriteltyjen sanktioiden mukaisesti. Osa poikkeamista voidaan korvata rahalla. Laitetoimittaja maksaa sovittun summan, mikäli laitteisto ei saavuta sovittuja arvoja. Savukaasujen kiintoainepitoisuus tulee myös korjata määritellylle tasolle. (Alanen, Rousku & Solmio 2005, 15.)

### **3.2 Investointituet**

Investointitukea on mahdollista saada ELY-keskukselta tai työ- ja elinkeinoministeriöltä kymmenestä kahteenkymmeneen prosenttia. ELY-keskus pystyy myöntämään tukea enintään 3 000 000 euron investointihankkeisiin ja 250 000 euron selvityshankkeisiin. Tätä suuremmat hankkeet käsitellään ministeriössä. (Energiapalvelut 30.1.2013.)

Investointitukea on mahdollisuus saada pääasiassa puupolttoainetta käyttäviin lämpölaitoksiin, jotka tulevat suurkiinteistöjen, taajamien tai teollisuuden tarpeisiin. Investointitukea voi saada myös metsähakkeen ja teollisuuden jätepuuhakkeen tuotantokalustoon. (Energiapalvelut 30.1.2013.)

### 3.3 Liiketoiminnan rakenne

#### 3.3.1 Kustannukset

Kustannus on operatiivisen laskentatoimen käsite, jonka kaava on

$$\text{kustannukset} = \text{tuotannontekijöiden määrä} * \text{yksikköhinta} \quad (1)$$

(Jyrkkiö & Riistama 2001, 46).

Kustannukset voidaan jakaa muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Muuttuvat kustannukset riippuvat suoriteyksikköjen määrästä ja toimintasuhteesta. Toimintasuhde kertoo, kuinka paljon tuotetta tuotetaan. Kiinteät kustannukset aiheutuvat potentiaalitekijöistä eli koneiden ja rakennusten käyttökelpoisuuden heikkenemisestä ajan myötä. Potentiaalitekijöiden lisäksi pääomaa sitoo raaka-aine sekä lyhytaikaisten tuotannontekijöiden varasto. Kiinteitä kustannuksia ovat myös esimerkiksi vuokrat, lämmitys, valaistus ja perusmiehityksen palkat. Näiden kustannusten määrä ei riipu tehdyistä suoriteyksiköistä, vaan ajan kulumisesta. Siten niitä voidaan kutsua myös aikakustannuksiksi. (Riistama & Jyrkkiö 1999, 62–67.)

Kiinteitä pääomakustannuksia ovat pitkävaikutteisista tuotantovälineistä, esimerkiksi koneista ja rakennuksista, aiheutuvat kustannukset. Näiden hankintamenosta aiheutuvat kustannukset ovat korko ja poisto. Pääomakustannuksia ovat myös vakuutukset ja varastot. (Jyrkkiö & Riistama 2001, 111.)

Muuttuvia kustannuksia esimerkkilaskelmassa ovat polttoaine, hake, turve ja öljy, sekä sähkö ja tuhkan hävittäminen. Konetyö on muuttuva kustannus, jonka määrä riippuu käytetyn polttoaineen määrästä. Sen tarkka arvioiminen on vaikeaa, joten sen määrä on arvioitu vain laitokseen mukaan. Liikepääoman korko on muuttuva kustannus, johon vaikuttaa polttoaineen määrä. Liikepääoman korkoa käsitellään tarkemmin myöhemmin.

Ihmistyö käsitellään kiinteänä kustannuksena. Sen määrä ei juuri muutu lämmöntuotantomäärän mukaan. Kunnossapitokustannus käsitellään myös kiinteänä kustannuksena. Lisäksi kiinteisiin kustannuksiin lasketaan muut kustannukset ja yleiskustannukset, joita ei voida yksilöidä.

Kustannuslaskennassa poistoilla jaetaan pitkäaikaisen tuotannon tekijän kustannus sille ajanjaksolle, jolla sitä käytetään. Poistojen määrä perustuu hankintahinnan ja jäännösarvon erotukseen. Arvon alenemista aiheuttavat ajan kulumisen ja käyttö. Ajan kuluessa mallit ja teknologia vanhenevat, käyttö puolestaan kuluttaa koneita. Molemmat syyt vaikuttavat kaikkiin pitkävaikutteisiin tuotantovälineisiin. Jos ajan kulumisesta johtuvat syyt ovat ratkaisevia, käytetään ajan mukaisia poistoja. Kulumisesta johtuvan arvon aleneminen poistetaan käytön mukaan. (Jyrkkiö & Riistama 2001, 111–112.)

Poistomenetelmiä, joilla poistot jaksotetaan, on useampia. Tasapoistossa hankintahinnan ja jäännösarvon erotus jaetaan tasan koko pitoajalle. Tämä on yksinkertaisuutensa vuoksi suosittu tapa tehdä poistoja. Degressiivistä eli alenevaa poistomenetelmää käytettäessä poistot pienenevät vuosittain. Käytönmukaisessa poistomenetelmässä poistot tehdään koneen käynnissäolon mukaan. Substanssipoisto soveltuu esimerkiksi kaivosteollisuuteen, jolloin poisto suoritetaan raaka-aineen kulumisen mukaan. Kustannuslaskennassa poistojen tarkoitus on varmistaa kaikkien kustannusten huomioiminen. (Jyrkkiö & Riistama 2001, 112–113.)

Esimerkkilaskelmassa käytetään tasapoistoa. Se on määritelty hankintahinnan, jäännösarvon ja pitoajan eli taloudellisen käyttöajan perusteella siten, että hankintahinnasta on vähennetty jäännösarvo, ja tulos on jaettu pitoajalla.

Tasapoisto on järkevä vaihtoehto tällaisessa tapauksessa, kun laitoksesta saadaan joka vuosi yhtä suuri hyöty. Näin myös kustannukset tulee jakaa tasan koko pitoajalle.

Esimerkkilaskelmassa hankintahintana on käytetty laitevalmistajan antamaa hintaa. Laskelmassa on käytetty Säättötuuli Oy:n lämpökontteja. Jäännösarvo on laitoksen arvo taloudellisen käyttöiän lopussa. Jäännösarvon määrittäminen kiinteälle lämpölaitokselle on hankalampaa kuin kontille, sillä sitä ei käytännössä pysty siirtämään. Laitoksen voi myydä paikalleen, mutta ostajakunta on hyvin rajallinen. Laitteiden myyminen ja siirtäminen on sen sijaan mahdollista. Loppuun käytetyillä laitteilla ei juuri jäännösarvoa ole, toisin kuin käyttökelpoisilla laitteilla. Pannu ja palopää kuluvat huomattavasti nopeammin korjauskelvottomiksi kuin syöttölaitteet. Lämpökontti voidaan siirtää toiseen paikkaan, joten se on helpommin myytävissä eteenpäin. Jäännösarvoa, johon on lisätty peruskunnostuskustannus, on laitoksen uusi jälleenhankinta-arvo. Esimerkkilaskelmassa on arvioitu jäännösarvon olevan kymmenen prosenttia laitoksen hankintahinnasta.

Poistot tuotantovälineistä tulee suorittaa käytössäolo- eli pitoaikana. Usein hankittavien koneiden pitoaika on melko helppo määrittää, mutta pitkään käytössä oleville koneille se on arvioitava. (Jyrkkiö & Riistama 2001, 112.)

Pitoaika eli taloudellinen käyttöikä tarkoittaa laitoksen arvioitua kestoikää eli sitä, kauanko laitos kestää. Laitoksen todellista kestoaikaa voidaan pidentää peruskunnostuksella, mutta laskentaa varten pitoaika tulee määrittää siten, että laitosta ei tänä aikana tarvitse peruskunnostaa. Peruskunnostuksen jälkeen tulee määrittää uusi pitoaika ja päivittää laskelma ja määrittää jälleenhankinta-arvo edellä kuvatulla tavalla. Pitoajan määrittämisessä kannattaa ottaa huomioon myös lämmöntoimitussopimuksen pituus. Laitoksen olemassaolokustannus tulee jakaa sille ajalle, mille laitos on hankittu. Kiinteistöjen lämmöntarve on pitkäaikaista. Yrittäjän näkökulmasta laitos hankitaan sopimuskautta varten, joten yrittäjän on saatava kuoletettua laitos sopimuskauden aikana. Esimerkissä on ajateltu, että lämmöntuotantosopimus on kymmenen vuotta, joten pitoaikana on käytetty kymmentä vuotta.



Kustannuslaskennassa korko voidaan huomioida sisällyttämällä kustannuksiin koko pääoman korko ja vieraan pääoman korko, tai korot voidaan jättää huomioimatta. Mikäli korkoja ei huomioida kustannuslaskennassa, ne tulee huomioida kussakin laskentatilanteessa erikseen. Korkojen sisällyttäminen kustannuksiin helpottaa vaihtoehtojen taloudellisuuden vertailua. Hyvä esimerkki tästä on vertailu oman ja vuokratun tuotantovälineen välillä. Ainoastaan vieraan pääoman koron huomioiminen vaikeuttaa yritysten keskinäistä vertailua, koska rahoitusrakenne vaikuttaa tuotantokustannuksiin. Mikäli korkoja ei sisällytetä ollenkaan kustannuksiin, varaston läpimenoajan vaikutusta tuotannon kannattavuuteen ei voida mitata. Läpimenoajan pidentyessä myös tuotantoon sitoutuneen pääoman määrä lisääntyy. Edellä mainitut tekijät puoltavat koko pääoman koron sisällyttämistä kustannuksiin. (Jyrkkiö & Riistama 2001, 115.)

Kun kustannuslaskennassa otetaan huomioon koko toimintaan sitoutuneen pääoman korko, on tiedettävä käyttö-, vaihto- ja rahoituspääoman määrät. Rahoitus- ja vaihto-omaisuuden arvo on yleensä helppo määrittää, mutta käyttöpääoman määrän määrittämiseen on useampia vaihtoehtoja. Arvoperusteena voidaan pitää hankintahintaa. Hankintahinta on kuitenkin ensimmäisen vuoden jälkeen turhan suuri, jos poistoina vapautuneet varat sijoitetaan uudelleen yrityksen tuotantoprosessiin. Kirja-arvoa voidaan käyttää johdonmukaisena arvoperusteena silloin, kun markkinahinnat eivät ole vaihdelleet. Kirja-arvo muodostuu, kun hankintahinnasta vähennetään suunnitelmanmukaiset poistot. Nykykäyttöarvo kertoo pitkävaikutteisen tuotantovälineen arvon laskentakaudella. Se määritellään vähentämällä jälleenhankinta-arvosta poistot, jotka on määriteltävä jälleenhankinta-arvon ja pitoajan perusteella. (Jyrkkiö & Riistama 2001, 116.)

Käytössä oleva pääoma on joko omaa tai vierasta. Vieraan pääoman koron määrittelee rahoittaja, joka rahoituksen myöntää yritykselle (Jyrkkiö & Riistama 2001, 116). Oman pääoman korko kannattaa määritellä vaihtoehtokustannusperiaatteella. Vaihtoehtokustannus määritellään toiseksi parhaan sijoituksen mukaan, eli vaihtoehtokustannuksena voidaan pitää tästä menetettyä tuottoa. Tuotoksi lasketaan siis toiseksi parhaan vaihtoehdon tuotto. (Ryhänen 2012, kohta 4.3.1.)

Esimerkkilaskelmassa on käytetty vain yhtä arvioitua korkoprosenttia, koska laskelma ei ota kantaa siihen, onko sijoitettu pääoma omaa vai vierasta ja missä suhteessa pääoma jakautuu omaan ja vieraaseen. Esimerkin arvoperusteena on käytetty yksinkertaistettua mallia, jossa hankintahinnasta on vähennetty jäännösarvo ja saatu luku on jaettu puoliksi. Tällä tavoin on määritetty keskimääräinen sidotun pääoma määrä. Tällä tavalla laskettu korko on alkuvaiheessa liian pieni ja loppuvaiheessa liian suuri sidottuun pääomaan nähden.

Kunnossapito sisältää laitoksen huolto- ja kunnossapitokustannukset. Oman työn osuus käsitellään laskelmassa työ-kohdassa. Kunnossapitokustannus sisältää valmistajan valtuuttaman huoltajan tekemän vuosihuollon sekä arvion varaosista aiheutuvista kuluista. Esimerkkilaskelmassa on käytetty Säättö tuli Oy:n myyntijohtaja Piiparin esittämää arviota kyseisen laitoksen huoltokustannukseksi.

Polttoainekustannus on vuodessa kuluvan polttoaineen hankintakustannus. Esimerkkilaskelmassa polttoainekustannus on sidottu tuotettuun energiamäärään. Polttoaineen määrä on laskettu siten, että tuotettu energiamäärä on jaettu polttoaineen energiasisällöllä ja lisäksi jaettu hyötysuhteella (tuotettu kWh/hakkeen kWh/m<sup>3</sup>/hyötysuhde). Polttoaineella on jokin markkinahinta, jonka käyttäminen on helppo tapa tehdä laskelma. Hakkeen hinta voidaan määrittellä myös laskemalla puuraaka-aineen markkinahinnan sekä haketuksen ja kuljetuksen hinnan perusteella käyttövalmiin polttoaineen hinta. Turpeen hinta määräytyy markkinoiden mukaan. Turpeen hintaan vaikuttaa alue, jolla turvetta halutaan käyttää, ja kesän sääolosuhteet. Turpeen käyttö onnistuu esimerkkinä olevissa kiinteän polttoaineen kattiloissa hyvin, ja se on haketta tehokkaampaa polttoainetta. Turvetta käyttävien laitosten rakentamista ei tueta samalla tavalla kuin hakelaitoksia.

Sähköä tarvitaan lämmön tuotantoon: ilman sitä laitos ei toimi eivätkä pumput pyöri. Sähkön kulutukseen vaikuttaa itse laitos, joten helpoin tapa onkin selvittää laitetoimittajalta, minkä verran kyseinen laitos kuluttaa sähköä. Sähkön hinta on puolestaan markkinahinta, joka koostuu sähköenergian hinnasta ja siirtomaksusta. Esimerkkilaskelmassa sähkön kulutus on määritelty laitevalmistajan antamien

sähkönkulutustietojen avulla. Piiparin (2013a) mukaan laitos kuluttaa 22–27 kilowattituntia sähköä tuotettua lämpömegawattituntia kohden.

Työ koostuu pääasiassa polttoainehuollosta, päivystyksestä ja määräajoin tehdystä huollosta ja puhdistuksesta. Tässä mallissa työ sisältää vain ihmistyön, joka kuuluu laitoksen hoitamiseen ja polttoaineen hankkimiseen valmiina. Mikäli puu hankitaan kokonaisena ja haketetaan tai haketutetaan, on syytä laskea tästä aiheutuva työnmenekki lisäksi tähän työnmenekkiin.

Konetyö sisältää polttoaineen siirron varastosta käyttöpaikalle laitoksen siiloon. Tähän vaikuttaa huomattavasti se, miten etäällä hakevarasto on. Konetyötä ei välttämättä tule ollenkaan, jos alihankkija toimittaa hakkeen suoraan lämpölaitoksen siiloon. Tästä huolimatta jonkinlainen puskurivarasto on hyvä olla ainakin pieniä lämpökontteja varten. Esimerkkinä käytetyssä 150 kW:n lämpökontissa on 16 m<sup>3</sup>:n siilo ja 500 kW:n lämpökontissa 27 m<sup>3</sup>:n siilo (Biolämpökontit [viitattu 21.2.2013]). Näin pienet siilot edellyttävät käytännössä jonkinlaista puskurivarastoa tai hyvin pientä kuljetuskalustoa, sillä ainakin kuorma-autoissa konttikoko on yleensä vähintään noin 40 m<sup>3</sup>. Traktorin käärytkin ovat usein niin isoja, että koko kuorma ei mahdu ainakaan 16 m<sup>3</sup>:n siiloon. Esimerkkilaskelmassa konetyön osuudeksi on laskettu laitoksen siilon täyttö viiden päivän välein.

Liikepääoman korko on korvaus liiketoimintaan etupainotteisesti sidotulle pääomalle (Ryhänen & Sipiläinen 2012, kohta 5.4.1.). Tässä tapauksessa liikepääoman korko on polttoaineeseen sitoutuneena olevan pääoman korko. Liikepääoman korkoa laskettaessa on käytetty samaa korkovaatimusta kuin laitoksen hankinnallakin. Esimerkkilaskelmassa on ajateltu, että varastossa on keskimäärin vuoden tarvetta vastaava polttoainemäärä. Siihen sitoutunut pääoma tarkoittaa hakkeen ja turpeen määrää kerrottuna hinnalla. Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrässä on huomattavaa tapauskohtaista vaihtelua. Polttoaineesta syntyvä kustannus tulee jyvittää oikealle ajalle sen mukaan, minkä verran polttoainevarasto poikkeaa tasan vuoden tarpeesta. Mikäli varastoa ei käytännössä ole, eli jos polttoaine ostetaan laitoksen siiloon toimitettuna tai

muutaman päivän tai viikon tarve kerralla, jää liikepääoman korkokustannus merkityksettömän pieneksi.

### 3.3.2 Tuotos

Teho kertoo, kuinka paljon laitos tekee työtä ajan yksikköä kohden (Lehto, Luoma, Havukainen & Leskinen 2005, 13). Tehoa käytetään laitoksen mitoittamisessa. Laitos voidaan mitoittaa oikein, kun tiedetään, kuinka paljon lämpöä kuluu.

Käyttöaika on vuotuinen tuntimäärä, jonka laitos on toiminnassa. Esimerkkilaskelmassa käyttöaika on määritelty laskemalla vuodessa olevien tuntien määrä, josta on vähennetty kymmenen vuorokautta, koska tämän ajan kattilan ajatellaan olevan kylmänä huoltotöiden takia.

Käyttöaste kertoo, kuinka suuri osa laitoksen teoreettisesta maksimikapasiteetista on käytössä. Käyttöasteeseen vaikuttaa laitoksen mitoitus suhteessa lämmöntarpeeseen. Kun laitos on mitoitettu huipputehontarpeelle, käyttöaste jää huomattavasti alemmas kuin puolelle huippukuormasta mitoitettun laitoksen käyttöaste. Käyttöastetta laskee myös energiantarpeen vaihtelu vuodenaikojen mukaan, koska laitoksen huipputehoa ei yleensä kesällä pystytä hyödyntämään. Käyttöaste voidaan määrittää helposti, kun tiedetään energian tarve ja laitoksen teoreettinen maksimikapasiteetti. Käyttöaste on laskettu jakamalla tuotettu energiamäärä teoreettisella maksimituotoksella. Tuotettu energiamäärä on arvio siitä, kuinka paljon kyseisellä laitoksella voidaan tuottaa lämpöä vuodessa. Teoreettinen maksimi on laskettu kertomalla teho, käyttöaika ja hyötysuhde.

Hyötysuhde on polttolaitteiston, lähinnä kattilan, ominaisuus. Hyötysuhteella tarkoitetaan osuutta polttoaineen sisältämästä kokonaisenergiasta, joka saadaan talteen. Hyötysuhteen kaava on

$$\text{hyötysuhde} = \text{koneen tuottama energia} / \text{koneen ottama energia} \quad (2)$$

(Lehto ym. 2005, 15.)

Hyötysuhde on aina alle sata prosenttia. Laitteiden hyötysuhteen saa parhaiten selville kysymällä valmistajalta. Esimerkkilaskelmassa käytetty hyötysuhde on valmistajan antama luku.

Vuotuinen lämmöntuotantomäärä ilmaistaan kilowattitunteina vuodessa, ja se kertoo vuodessa tuotetun lämpöenergian kokonaismäärän. Hypoteesilaskelmissa on käytetty Piiparin (2013b) arviota, jonka mukaan 150 kW:n laitoksella voidaan tuottaa 500 MWh vuodessa ja 500 kW:n laitoksella puolestaan 2000 MWh vuodessa. Korjatussa esimerkkilaskelmassa 150 kW:n laitoksen lämmöntuotantomäärää on laskettu asiantuntijalausuntojen pohjalta 350 MWh:iin vuodessa. Viimeisessä esimerkkilaskelmassa on vertailulaskelma 1 MW:n laitoksella, joka toimii pelkällä kiinteällä polttoaineella. Tähän tuotetuksi energiamääräksi on määritetty 500 kW:n laitoksen kiinteän polttoaineen ja huippukuormakattilan tuottama energiamäärä yhteensä. Todelliseen kohteeseen laitosta suunniteltaessa lähdetään liikkeelle energiantarpeen arvioinnista.

Kustannus tuotettua lämpöyksikköä kohden saadaan jakamalla kokonaiskustannukset tuotettujen lämpöyksiköiden määrällä. Esimerkkilaskelmasta saadaan vastaukseksi megawattitunteja.

### 3.4 Lämpölaitoksen kustannusrakenne

Seuraavaksi esitellään hypoteettiset kustannuslaskelmat, jotka esitettiin asiantuntijoille haastattelujen yhteydessä. Haastatteluiden avulla pyrittiin löytämään laskelmien mahdolliset virheet ja korjaamaan ne.

Laskelmia on kolme kappaletta, joista ensimmäinen on tehty 150 kW:n laitokselle. Toinen laskelma on tehty 500 kW:n laitokselle, jossa on lisäksi huippukuormakattila. Kiinteän polttoaineen laitos on mitoitettu puolelle huippukuormasta. Kolmas laskelma on vaihtoehto, jossa korvataan huippukuormakattila hankkimalla isompi kiinteän polttoaineen laitos, tässä se on 1 MW:n laitos.

Laskelmassa poisto on määritetty vuotta kohti. Poisto on laskettu jakamalla uuden laitoksen hankintahinnan ja jäännösarvon erotus pitoajalla. Jäännösarvoksi on arvioitu kymmenen prosenttia laitoksen hankintahinnasta. Piiparin (2013a) mukaan 150 kW:n lämpökontti maksaa 60 000 €, 500 kW:n lämpökontti maksaa 130 000 € ja 1 MW:n laitos maksaa 400 000 €. Kaikki esillä olevat hinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja.

Poistossa on pelkän lämpökontin lisäksi huomioitu perustukset ja kanaali. Perustusten kustannukseksi Piipari (2013a) arvioi kymmenen prosenttia lämpökontin hankintahinnasta. Kanaali maksaa Piiparin (2013a) mukaan 150 kW:n laitokselle 42 €/m ja 500 kW:n ja 1 MW:n laitokselle 100 €/m. Pienemmän laitoksen kanaalin tarpeeksi arvioin 20 metriä ja isomman laitoksen kanaalin tarpeeksi 50 metriä. Kanaalille ja perustuksille ei ole laskettu jäännösarvoa, koska ne eivät ole markkinakelpoisia käyttöajan jälkeen, toisin kuin varsinainen lämpökontti.

Korko on laskettu vuotta kohden, samoin kuin poisto. Korko on laskettu tässä laskelmassa yksinkertaisella mallilla, jossa hankintahinnasta on vähennetty jäännösarvo, johon on lisätty perustusten ja kanaalin hankintahinta. Saatu summa on jaettu puoliksi, kerrottu korkoprosentilla ja jaettu pitoajalla. Näin saadaan keskimääräinen koron määrä, joka on pitoajan alkupuolella liian pieni ja loppupuolella liian suuri.

Kunnossapito on arvioitu kokonaissummana vuotta kohden. Piiparin (2013a) mukaan sopivia huoltokustannuksia ovat 150 kW:n laitokselle 1000 €/v, 500 kW:n laitokselle 2000 €/v ja 1 MW:n laitokselle 4000 €/v.

Hakkeen ja turpeen kulutus on laskettu polttoaineen energiasisällön avulla tuotetusta kokonaisenergiamäärästä. Tuotetun energian määrä on jaettu hakkeen ja turpeen kesken kertomalla se prosenttiosuudella, jolla eri polttoaineita käytetään. Tämän jälkeen tulos on jaettu kyseisen polttoaineen energiasisällöllä. Lopuksi kokonaisuus on vielä jaettu hyötysuhdeprosentilla, jotta saadaan todellinen polttoaineen kulutus. Tässä laskelmassa on käytetty polttoaineena pelkkää haketta, jonka energiasisältö on 800 kWh/m<sup>3</sup> (Laatuseloste 2012).

Turpeen energiasisältönä on käytetty 1400 kWh/m<sup>3</sup> (Maatilojen energiankäyttö 17.11.2009).

Sähkön kulutuksessa on käytetty laskennallisena arvona 25 kWh/tuotettu MWh, joka on johdettu Piiparin (2013a) arviosta. Sähkön kokonaiskulutus on laskettu kertomalla sähkön kulutus tuotettua energiayksikköä kohden tuotettujen energiayksikköjen määrällä. Sähkön hintana on käytetty taulukkoarvoa 9 snt/kWh (Hintatilastot 2013).

Laitoksen vaatimaksi päivittäiseksi työmääräksi on arvioitu keskimäärin puoli tuntia. Työ sisältää päivystyksen sekä laitoksen huoltoon ja ylläpitoon liittyvät työt. (Piipari 2013a). Päivittäinen työmäärä kerrotaan vuoden päivien lukumäärällä eli 365:llä. Työn hinnaksi on arvioitu 15 €/h. Konetyö on arvioitu siten, että laitoksen siilo täytetään viiden päivän välein läheisestä varastosta. Konetyön hintana olen käyttänyt 50 €/h.

Liikepääoman korko on laskettu kertomalla liikepääoman määrä samalla korkoprosentilla kuin laitoksen kustannus. Liikepääoman määränä on käytetty polttoaineen vuosikustannusta. Tässä työssä on arvioitu, että pääomaa sitoutuu polttoaineeseen keskimäärin vuoden tarvetta vastaava määrä.

Muut kustannukset ovat kuluja, joita ei ole osattu yksilöidä aiemmin. Nämä kulut sisältävät esimerkiksi kirjanpidosta sekä puhelimen ja auton käytöstä aiheutuvat kulut.

Tuotos muodostuu tehon, käyttöajan, käyttöasteen ja hyötysuhteen tulona. Tästä saadaan tuotetun energian määrä. Teholla tarkoitetaan laitoksen tehoa ja käyttöajalla vuoden kokonaistuntimäärää, josta on vähennetty kaksi vuorokautta huoltoja varten. Käyttöaste on arvio, jonka avulla saatiin järkevältä kuulostava kokonaistuotos. Hyötysuhde on laitoksen ominaisuus, jonka Piipari (2013a) arvioi olevan 85 %.

500 kW:n laitos on ajateltu mitoitettavaksi puolelle huippukuormasta, joten huippukuormalaitokseksi tarvitaan öljykattila, jolla tuotetaan puuttuva lämpömäärä. Öljylaitos käsitellään laskelmassa erillisenä laitoksena. Kaikki laskelmat on tehty

samoin perustein kuin kiinteän polttoaineen laitoksessa. Piiparin (2013c) mukaan lisähintaa öljylaitteistosta tulee 30 000 €. Tällöin huippukuormakattila on samassa kontissa biolämpölaitoksen kanssa. Kattilat kytketään rinnan, ja automatiikka käynnistää öljykattilan silloin, kun biokattilan teho ei riitä.

Toinen vaihtoehto on, että huippukuormalaitoksena käytetään kiinteistön vanhaa öljyjärjestelmää. Tässä tapauksessa laskelma sisältää vain työn ja polttoaineen kustannukset. Lisäksi automatiikkaan tarvitaan ominaisuus, jolla saadaan ohjattua vanhaa öljyjärjestelmää siten, että öljykattila käynnistyy, kun lisää lämpöä tarvitaan.

Öljyn kulutus on laskettu öljyn energiatiheydellä 10 kWh/l, joka on kerrottu tarvittavalla energiamäärällä. Saatu öljymäärä on kerrottu öljyn hinnalla 1,1 €/l (Hintatilastot 2013).

### **3.5 Jukka Ohrankämmenin korjaukset**

Karvian kaukolämpölaitoksen hoitaja Jukka Ohrankämmenin antoi haastattelun 26.3.2013. Ohrankämmenin kommentoi esimerkkilaskelmissa käytettyjä lukuja käytännön kokemukseensa perustuen.

Esimerkkilaskelmissa pitoaikana käytetty kymmenen vuotta on Ohrankämmenin mukaan liian lyhyt. Viisitoista vuotta vastaa paremmin aikaa, jonka tämä laitteisto kestää suunnitellun mukaisessa käytössä. Kahdeksan prosentin koron hän laskisi neljään prosenttiin, koska korkotaso on jo pitkään ollut alhainen. Käytäntö on osoittanut myös, että seisokkiaikaa tarvitaan ainakin viisi vuorokautta. Työn hinnan on oltava sillä tasolla, että sillä saa tarvittaessa ammattitaitoista sijaistyövoimaa, joten työn hintaa on nostettava esimerkkilaskelman 15 eurosta 20 euroon. Öljykattilan kunnossapitokustannusta Ohrankämmenin pienentäisi esimerkkilaskelman tuhannesta eurosta noin puoleen eli 400–500 euroon.



### 3.6 Samu Kallin ja Janne Asellin korjaukset

Ikaalisissa kaukolämpöä tuottavan Kavon Oy:n toimitusjohtaja Samu Kallin ja hallituksen puheenjohtaja Janne Asellin haastattelussa 15.4.2013 kävi ilmi, että laskelmassa käytetty 150 kW:n laitoksen lämmön tuotantomäärä on optimistinen. Jäännösarvoa Kalli ja Asell (2013) pitivät turhan matalana. Heidän mukaansa realistinen jäännösarvo kymmenen vuoden käytön jälkeen olisi 20–30 % hankintahinnasta. Jäännösarvon suuruuteen vaikuttaa kuitenkin laitosvalmistaja. Yhden megawatin huipputeholla olevan laitoksen kanaalin hintaa he pitivät liian alhaisena. Laskelmissa käytettyyn 85 %:n hyötysuhteeseen pääsyä he epäilivät ja totesivat, että 80 % on realistisempi. Seisokkiaikaa Kallin ja Asellin mukaan kertyy noin päivä per kuukausi, eli noin kaksi viikkoa vuodessa. Heidän mukaan polttoaineen laatu vaikuttaa seisokkiaikana huomattavasti.

Esimerkkilaskelmassa käytetty hakkeen hinta 18 €/m<sup>3</sup> on Kallin ja Asellin (2013) mukaan vähimmäismäärä, mitä kannattaa käyttää. Työn hinta esimerkkilaskelmissa on myös liian alhainen. Heidän mukaansa se pitäisi kaksinkertaistaa 30 euroon tunnissa. Työn hinnan nostoa he perustelevat sillä, että tähän hintaan on pystyttävä hankkimaan myös pätevä tuuraaja tarvittaessa. Haastattelussa nousi esille myös, että laskelmasta puuttuu kokonaan päivystyksen kustannus. Päivystävän huoltajan on oltava laitoksella tunnin kuluessa hälytyksestä. Päivystäjän on oltava aina lähtövalmiina, eikä hän voi poistua kovin kauas laitoksesta. Kallin ja Asellin käsityksen mukaan huoltoon kuluu enemmän rahaa kuin hypoteesilaskelmassa on käytetty. Lisäksi he huomasivat, että laskelmista puuttui kokonaan tuhkan hävittämisestä aiheutuva kulu. Puulla tämä kustannus on huomattavasti pienempi kuin turpeella. Turpeen tuhka on jätettä, joka täytyy käytännössä viedä kaatopaikalle, kun taas puun tuhkaa voidaan käyttää lannoitteena. Lisäksi turpeesta tulee moninkertainen määrä tuhkaa puuhun verrattuna.

### 3.7 Petri ja Pentti Rautjärven haastattelu

Honkajoella kaukolämpöä tuottavan Lämpö Rautjärvi Oy:n yrittäjän haastattelu 15.4.2013. Petri ja Pentti Rautjärvi pitivät hypoteesilaskelmissa käytettyä 150 kW:n laitoksen 500 MWh:n tuotosta liian suurena ja totesivat että 300–400 MWh olisi realistisempi. Kanaalin ja hakkeen hintaa he sen sijaan pitivät liian matalana. Hakkeen hinnaksi heidän mielestään voisi arvioida 19–20 €/m<sup>3</sup>. Turpeen hintana he käyttäisivät 23 €/m<sup>3</sup>, mikä on alhaisempi kuin hypoteesilaskelmassa käytetty 28 €/m<sup>3</sup>. Myös työn määrää ja hintaa he pitivät liian alhaisina. Työtunnin hintana tulisi käyttää vähintään 20 €/h. Laskelmassa käytetty hyötysuhde ja sähkönkäyttömäärä ovat Rautjärvien mukaan liian optimistisia. (Rautjärvi & Rautjärvi 2013.)

### 3.8 Hypoteesilaskelmiin tehdyt muutokset

Asiantuntijoille esitetyt hypoteesilaskelmat ovat liitteinä (liitteet 2–17). Haastatteluiden perusteella hakkeen hintaa nostettiin kahteenkymmeneen euroon kuutiolta. Kiinteän polttoaineen hyötysuhdetta puolestaan laskettiin 80 prosenttiin ja öljyn hyötysuhdetta 92 prosenttiin. Sähkön kulutusta nostettiin 27 kilowattiin tuotettua megawattia kohden. Tuhkan hävittämiskustannus lisättiin laskelmaan. Työn hintaa nostettiin 30 euroon tunnilta ja työn määrää lisättiin tuntiin vuorokaudessa. Laskelmien lähtötietotaulukko on liitteenä (liite 1).

### 3.9 Tulosten tarkastelu

#### 3.9.1 Huipputeholtaan 150 kW:n laitos

Pienellä laitoksella lämmön tuotantokustannukset tuotettua lämpöyksikköä kohti nousevat kaikkein korkeimmiksi. Lämmöntuotannon kustannukset ovat kuitenkin vielä kilpailukykyiset öljyyn verrattuna, jos lämpöä tuotetaan 500 MWh vuodessa. Näin suuren tuotantomäärän toteutuminen vaatii hyvän kohteen, jossa on runsaasti kulutusta myös kesällä. Haastattelujen perusteella 350 MWh olisi

realistisempi. Tällä tuotantomäärällä kustannukset nousevat merkittävästi lämpöyksikköä kohti. Tällöin kustannukset ovat jo melko lähellä öljyllä tuotetun lämmön hintaa tai jopa ylittävät sen.

Taulukoista 1–5 selviää energian tuotantokustannus, kun tuotantomääränä käytetään 350 MWh vuodessa. Taulukoissa 1 ja 2 laitoksen omistaa lämpöyrittäjä ja taulukoissa 3 ja 4 laitoksen omistaa asiakas. Taulukoiden 1 ja 3 laskelmassa on käytetty polttoaineena haketta ja taulukoissa 2 ja 4 turvetta.

Taulukko 1 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 150 kW:n laitos, hake.

<b>Laitos 150 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	6084 €/v	6084 €
Korko	1 v	243 €/v	243 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	547 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	10938 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	9450 kWh	0,09 €/kWh	851 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	37 h	50 €/h	1825 €
LPO:n korko*	10938 €	8 %	875 €
Tuhkan hävittäminen	1 t	130 €/t	91 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>34856 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	150 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	34 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		350000 kWh	350 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,100 €/kWh</b>	<b>100 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

Taulukko 2 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 150 kW:n laitos, turve.

<b>Laitos 150 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	6084 €/v	6084 €
Korko	1 v	243 €/v	243 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	337 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	9423 €
Sähkö	9450 kWh	0,09 €/kWh	851 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	37 h	50 €/h	1825 €
LPO:n korko*	9423 €	8 %	754 €
Tuhkan hävittäminen	4 t	130 €/t	455 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>33585 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	150 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	34 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		350000 kWh	350 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,096 €/kWh</b>	<b>96 €/MWh</b>

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

Taulukko 3 Energiantuotannon kustannuslaskelma, asiakkaan 150 kW:n laitos, hake.

**Laitos 150 kW**  
**Asiakkaan laitos**

**Kustannukset**

Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	547 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	10938 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	9450 kWh	0,09 €/kWh	850,5 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	37 h	50 €/h	1825 €
LPO:n korko*	10938 €	8 %	875 €
Tuhkan hävittäminen	1 t	130 €/t	91 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>28529 €</b>

**Tuotos**

Teho	150 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	34 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		350000 kWh	350 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,082 €/kWh</b>	<b>82 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

Taulukko 4 Energiantuotannon kustannuslaskelma, asiakkaan 150 kW:n laitos, turve.

**Laitos 150 kW**  
**Asiakkaan laitos**

**Kustannukset**

Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	337 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	9423 €
Sähkö	9450 kWh	0,09 €/kWh	851 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	37 v	50 €/h	1825 €
LPO:n korko*	9423 €	8 %	754 €
Tuhkan hävittäminen	4 t	130 €/t	455 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>27257 €</b>

**Tuotos**

Teho	150 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	34 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		350000 kWh	350 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,078 €/kWh</b>	<b>78 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

### 3.9.2 Huipputeholtaan 1 MW:n laitos

Laskelmien mukaan pienin tuotantokustannus lämpöyksikölle tulee kahdella teholtaan 500 kW:n kiinteän polttoaineen lämpökonteilla (taulukot 9 ja 10) tilanteessa, jossa toinen laitos on huippukuormalaitos ja toinen peruskuormaa varten. Kaikkein suurimmat kustannukset muodostuvat yhdestä yhden megawatin laitoksesta (taulukot 13 ja 14). Tämä johtuu kalleimmasta hankintahinnasta, joten tämän laitoksen kannattavuutta rasittavat suuret pääomakulut. Yhtenä vaihtoehtona käsiteltiin yhdistelmää, jossa käytetään 500 kilowatin kiinteän

polttoaineen kattilaa ja 500 kilowatin öljyhuippukuormakattilaa. Tässä vaihtoehdossa pääomakustannukset ovat kaikkein pienimmät, mutta tuotettua lämpöyksikköä kohden kustannukset ovat suuremmat kuin kahdella 500 kilowatin kiinteän polttoaineen laitoksella.

Taulukoissa 7 ja 8 on laskettu sellaisen lämpölaitoksen kustannukset, jossa korvataan öljylämmitys kiinteän polttoaineen järjestelmällä ja jätetään vanha öljykattila huippukuormakattilaksi. Esimerkissä on ajateltu, että lämpörittäjälle koituu kustannuksia tässä tapauksessa ainoastaan öljykattilan ylläpidosta, ei sen olemassaolosta. Taulukoissa 5 ja 6 yrittäjä omistaa myös öljyhuippukuormakattilan. Öljyhuippukuormakattilan olemassaolon kustannuksella on melko pieni vaikutus lämmöntuotantokustannukseen, joka on noin euro megawattituntia kohden.

Asiakkaan omistaessa laitoksen edullisimmat lämmöntuotantokustannukset ovat yhden megawatin laitoksella (taulukot 15 ja 16). Tämä johtuu siitä, että pääomakustannusta ei ole huomioitu. Samaan lopputulokseen päästään kahdella 500 kilowatin laitoksella (taulukot 11 ja 12). Kokonaan kiinteällä polttoaineella polttoainekustannus on kaikkein pienin.



Taulukko 5 Lämmöntuotannon kustannuslaskelma, oma 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattila ja oma 500 kW:n öljyhuippukuormakattila, hake.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Poisto PÖ	1 v	2700 €/v	2700 €
Korko PÖ	1 v	108 €/v	108 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	3125 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	62500 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Öljy	38363 l	0,89 €/l	34032 €
Sähkö	54000 kWh	0,09 €/kWh	4860 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko*	65161 €	8 %	5213 €
Tuhkan hävittäminen	4 t	130 €/t	520 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>143660 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	59 %		
Hyötysuhde	80 %		
<i>Yhteensä kpa</i>		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	92 %		
<i>Yhteensä PÖ</i>		352941 kWh	353 MWh
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,061 €/kWh</b>	<b>61 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 6 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattila ja oma 500 kW:n öljyhuippukuormakattila, turve.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Poisto PÖ	1 v	2700 €/v	2700 €
Korko PÖ	1 v	108 €/v	108 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	1923 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	53846 €
Öljy	38363 l	0,89 €/l	34032 €
Sähkö	54000 kWh	0,09 €/kWh	4860 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko*	56507 €	8 %	4521 €
Tuhkan hävittäminen	20 m <sup>3</sup>	130 €/t	2600 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>136394 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	59 %		
Hyötysuhde	80 %		
<i>Yhteensä kpa</i>		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	92 %		
<i>Yhteensä PÖ</i>		352941 kWh	353 MWh
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,058 €/kWh</b>	<b>58 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 7 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattila ja asiakkaan öljyhuippukuormakattila, hake.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos, asiakkaan öljylaitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	3125 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	62500 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Öljy	38363 l	0,89 €/l	34032 €
Sähkö	54000 kWh	0,09 €/kWh	4860 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko*	65161 €	8 %	5213 €
Tuhkan hävittäminen	4 t	130 €/t	520 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>140852 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	59 %		
Hyötysuhde	80 %		
<i>Yhteensä kpa</i>		<i>2000000 kWh</i>	<i>2000 MWh</i>
Hyötysuhde PÖ	92 %		
<i>Yhteensä PÖ</i>		<i>352941 kWh</i>	<i>353 MWh</i>
<b>Yhteensä</b>		<b>2352941 kWh</b>	<b>2353 MWh</b>
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,060 €/kWh</b>	<b>60 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 8 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattila ja asiakkaan öljyhuippukuormakattila, turve.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos, asiakkaan öljylaitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	1923 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	53846 €
Öljy	38363 l	0,89 €/l	34032 €
Sähkö	54000 kWh	0,09 €/kWh	4860 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko*	56507 €	8 %	4521 €
Tuhkan hävittäminen	20 t	130 €/t	2600 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>133586 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	59 %		
Hyötysuhde	80 %		
<i>Yhteensä kpa</i>		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	92 %		
<i>Yhteensä PÖ</i>		352941 kWh	353 MWh
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,057 €/kWh</b>	<b>57 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 9 Energiantuotannon kustannuslaskelma, kaksi 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattilaa, hake.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v	2 kpl	
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Huippukuormakattila, kiinteä polttoaine</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto kpa	2 kpl	13500 €/v	27000 €
Korko kpa	2 kpl	540 €/v	1080 €
Kunnossapito (huolto) kpa	2 kpl	2000 €/v	4000 €
Hake	3676 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	73529 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	63529,41 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko*	73529 €	8 %	5882 €
Tuhkan hävittäminen	5 m <sup>3</sup>	130 €/t	612 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>135421 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW	2 kpl	1000 kW
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	35 %		
Hyötysuhde	80 %		
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,058 €/kWh</b>	<b>58 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 10 Energiantuotannon kustannuslaskelma, kaksi 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattilaa, turve.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v	2 kpl	
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Kiinteän polttoaineen huippukuormakattila</b>			
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	2 kpl	13500 €/v	27000 €
Korko kpa	2 kpl	540 €/v	1080 €
Kunnossapito (huolto) kpa	2 kpl	2000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2262 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	63348 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko*	63348 €	8 %	5068 €
Tuhkan hävittäminen	24 t	130 €/t	3059 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>126873 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW	2 kpl	1000 kW
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	35 %		
Hyötysuhde	80 %		
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,054 €/kWh</b>	<b>54 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 11 Enerigantuotannon kustannuslaskelma, kaksi asiakkaan 500 kW:n kiinteään polttoaineen kattilaa, hake.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v	2 kpl	
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Kiinteään polttoaineen huippukuormakattila</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Kunnossapito (huolto) kpa	2 kpl	2000 €/v	4000 €
Hake	3676 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	73529 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	73529 €	8 %	5882 €
Tuhkan hävittäminen	24 t	130 €/t	3059 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>109788 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW	2 kpl	1000 kW
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste			
Hyötysuhde	80 %		
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,047 €/kWh</b>	<b>47 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

Taulukko 12 Energiantuotannon kustannuslaskelma, kaksi asiakkaan 500 kW:n kiinteään polttoaineen kattilaa, turve.

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v	2 kpl	
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Kiinteään polttoaineen huippukuormakattila</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Kunnossapito (huolto) kpa	2 kpl	2000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2262 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	63348 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko*	63348 €	8 %	5068 €
Tuhkan hävittäminen	24 t	130 €/t	3059 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>98793 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW	2 kpl	1000 kW
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste			
Hyötysuhde	80 %		
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,042 €/kWh</b>	<b>42 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin



Taulukko 13 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 1 MW:n kiinteän polttoaineen kattila, hake.

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	40500 €/v	40500 €
Korko	1 v	1620 €/v	1620 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	3676 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	73529 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	73529 €	8 %	5882 €
Tuhkan hävittäminen	5 m <sup>3</sup>	130 €/t	612 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>149461 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	35 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,064 €/kWh</b>	<b>64 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

Taulukko 14 Energiantuotannon kustannuslaskelma, oma 1 MW:n kiinteän polttoaineen kattila, turve.

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	40500 €/v	40500 €
Korko	1 v	1620 €/v	1620 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2262 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	63348 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko*	63348 €	8 %	5068 €
Tuhkan hävittäminen	24 t	130 €/t	3059 €
Muut kulut	1 v	3000 v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>140913 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	35 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,060 €/kWh</b>	<b>60 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

Taulukko 15 Energiantuotannon kustannuslaskelma, asiakkaan 1 MW:n kiinteän polttoaineen kattila, hake.

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
Kustannukset	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	3676 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	73529 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	73529 €	8 %	5882 €
Tuhkan hävittäminen	5 t	130 €/t	612 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>107341 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	35 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,046 €/kWh</b>	<b>46 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

Taulukko 16 Energiantuotannon kustannuslaskelma, asiakkaan 1 MW:n kiinteän polttoaineen kattila, turve.

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
Kustannukset	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2262 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	63348,42 €
Sähkö	63529 kWh	0,09 €/kWh	5718 €
Työ	365 h	30 €/h	10950 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko*	63348 €	8 %	5068 €
Tuhkan hävittäminen	24 t	130 €/t	3059 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>98793 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika	8520 h		
Käyttöaste	35 %		
Hyötysuhde	80 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,042 €/kWh</b>	<b>42 €/MWh</b>

\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

### 3.9.3 Herkkyystarkastelu 150 kW:n laitoksen osalta

Pienellä laitoksella kannattavuus vaatii jostakin tinkimistä. Kun työn määrä pudotetaan puoleen tuntiin päivässä ja turpeen hinta 23 euroon kuutiolta, tuotantokustannukset putoavat 75 euroon megawattituntia kohden. Kun polttoaineena käytetään haketta, työn määrä on puoli tuntia päivässä ja hakkeen hinta on 18 euroa kuutiolta, energian megawattituntikustannus on 81 euroa. Näiden muutosten lisäksi lämmöntuotantomäärän lisääminen hypoteesilaskelmien

500 megawattitunnin tasolle pienentää energian tuotantokustannusta hakkeella 66 euroon megawattitunnilta ja turpeella 61 euroon megawattitunnilta. Nämä luvut ovat jo kilpailukykyisiä.

Jos pelkästään lämmöntuotantomäärää lisätään taulukoissa 1 ja 2 esiteltyjen laskelmien 350 megawattitunnista 500 megawattituntiin, lämmön tuotantokustannus putoaa hakkeella 81 euroon megawattitunnilta ja turpeella 77 euroon megawattitunnilta.

Mahdollinen 20 prosentin investointituki 150 kilowatin hakelämpölaitoksessa pienentäisi energiantuotantokustannusta 100 eurosta 96 euroon megawattitunnilta.

#### **3.9.4 Herkkyystarkastelu 1 MW:n laitoksen osalta**

Kiinteällä polttoaineella tuotetun lämmön tuotantomäärän putoaminen suunnitellusta 2000 megawattitunnista 1500 megawattituntiin nostaa lämmöntuotantokustannusta. Esimerkiksi hakkeella toimivan 500 kilowatin kiinteänpolttoaineen laitoksella, jossa on samankokoinen öljyhuippukuormalaitos, tuotantokustannus nousee 61 eurosta 66 euroon megawattitunnilta. Turpeella vastaava muutos on 58 eurosta 63 euroon megawattitunnilta. Laitoksessa, jossa on kaksi hakkeella toimivaa 500 kilowatin kiinteän polttoaineen kattilaa, tuotantokustannus nousee 58 eurosta 65 euroon megawattitunnilta. Turpeella vastaava muutos on 54 eurosta 61 euroon megawattitunnilta. Yhden megawatin kiinteän polttoaineen kattilalla tuotettaessa tuotantokustannus nousee hakkeella 64 eurosta 73 euroon megawattitunnilta ja turpeella 60 eurosta 69 euroon megawattitunnilta.

Työn määrän lisääntyminen yhdestä tunnista kahteen päivässä nostaa tuotantokustannusta kaikissa vaihtoehdoissa noin viisi euroa megawattitunnilta. Myös seuraava tunti vaikuttaa suurin piirtein saman verran, eli voi sanoa, että tunti lisätöitä päivässä nostaa megawattikustannusta viisi euroa.

Polttoaineen hinnanmuutokset vaikuttavat lämmöntuotantokustannukseen seuraavasti: Kun turpeen hinta laskee 28 eurosta 23 euroon kuutiometriltä, joka on Rautjärven (2013) mukaan tämän hetken hintataso pientuottajilla, laskee turpeella tuotetun energian tuotantokustannus noin viisi euroa megawattitunnilta kaikilla laitosmalleilla. Kun hakkeen hinta laskee 20 eurosta 18 euroon, se alentaa energian tuotantokustannusta noin neljä euroa megawattitunnilta kaikilla esimerkkilaitoksilla. Hakkeen hinnan nousu 20 eurosta 22 euroon nostaa kaikissa vaihtoehdoissa energian tuotantokustannusta kolmella eurolla. Turpeen hinnan nousu kahdella eurolla nostaa tuotetun energian hintaa kahden euron verran megawattitunnilta.

Laitoksessa, jossa on 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattila ja 500 kW:n öljyhuippukuormakattila, kymmenen euron korotus kiinteän polttoaineen hintaan nostaa energiantuotantokustannuksen hakkeella 61 eurosta 75 euroon megawattitunnilta ja turpeella 58 eurosta 67 euroon megawattitunnilta. Kahdella 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattilalla vastaava kymmenen euron kiinteän polttoaineen hinnankorotus nostaa energiantuotantokustannuksia hakkeella 58 eurosta 74 euroon megawattitunnilta ja turpeella 54 eurosta 64 euroon megawattitunnilta. Yhden megawatin laitoksessa vastaava muutos nostaa energian tuotantokustannuksia hakkeella 64 eurosta 80 euroon ja turpeella 60 eurosta 70 euroon megawattitunnilta.

Öljyn hinnan nouseminen heikentää öljyhuippukuormakattilan kannattavuutta. Jos öljyn hinta on 1,05 €/l nykyisen 0,89 €/l sijaan, nousee tuotetun megawatin kustannus kolmella eurolla, hakkeella 61 eurosta 64 euroon ja turpeella 58 eurosta 61 euroon megawattitunnilta. Tämä on hakkeella sama kuin yhden megawatin hakelaitoksella tuotetun megawatin kustannus.

## 4 KANNATTAVUUSTEKIJÄT

### 4.1 Jukka Ohrankämnen haastattelu

Jukka Ohrankämnen (2013) mukaan lämpöliiketoiminnassa tärkeitä tekijöitä ovat polttoaineen laatu ja hinta. Laskelmissa on oletuksena, että polttoaine täyttää tietyt laatuvaatimukset ja että hintaa vastaa laatuvaatimuksia. Ohrankämnen (2013) mukaan hakkeen laatu on helpommin ennakoitavissa kuin turpeen. Hake sisältää energiaa 0,7–0,8 MWh/m<sup>3</sup>, kun taas turpeen energiasisältö vaihtelee niinkin paljon kuin 1–1,5 MWh/m<sup>3</sup> välillä. Turpeen laatuun vaikuttavat suuresti tuotantokauden säät ja kentän laatu. Hakepuut tulee hankkia jo edellisenä keväänä seuraavaa lämmityskautta varten, ja puupinot tulee peitellä hakkeen laadun varmistamiseksi. (Ohrankämnen 2013.)

Laitoksen mitoitus vaikuttaa kannattavuuteen niin, että oikealla laitoksen mitoituksella hyötysuhde on korkea. Laitoksen tulisi käydä suurimman osan vuodesta 50–60 %:n teholla, jolloin hyötysuhde on paras. Lisäksi oikein mitoitettulla laitoksella öljyn käyttömäärä jää mahdollisimman pieneksi. Laitoksen pitää olla hyvin suunniteltu. Siinä tulee käyttää yksinkertaista tekniikkaa ja sen tulee olla varmatoiminen, niin että ulkopuolisen ammattivun tarve jää mahdollisimman pieneksi. Laitos tulee sijoittaa keskeiselle paikalle, jolloin kaukolämpö verkosto jää mahdollisimman lyhyeksi. Lyhyt verkosto vähentää verkostohävikkejä ja näin myös polttoaineen tarvetta. (Ohrankämnen 2013.)

Ohrankämnen (2013) pitää tärkeänä myös riittävää volyyymiä lämmön tuotannossa. Liikevaihdon pitää olla riittävän suuri, eikä se saisi jäädä suunniteltua tasoa pienemmäksi.

### 4.2 Risto Lauhasen haastattelu

Bioenergia-alan dosentti Risto Lauhasen (2013) mukaan hakkeen energiasisältö on tilanteen mukaan 0,6–1,0 MWh/m<sup>3</sup>, keskimäärin 0,8 MWh/hakekuutio.

Hakkeen laatuun kannattaa panostaa, mutta ”ylilaatuakaan” ei kannata tuottaa, sillä siitä ei makseta. Laadukkaan pienpuuhakkeen kosteus on keskimäärin 30–35 %. Alle 1 MW:n laitoksillakaan ei kannata kuivattaa tämän alle, koska kuivatuksesta syntyy ylimääräisiä kustannuksia.

Hakkeen hyvästä laadusta ja alhaisesta kosteudesta puhutaan, mutta Lauhanen (2013) uskoo, ettei liian kuivasta hakkeesta haluta maksaa ylimääräistä, kun suurilla laitoksilla polttokosteus turpeellakin on noin 40 % ja metsähakkeella 40–45 %. Pienet laitokset ja lämpöyrittäjät pystyvät panostamaan laatuun eri tavalla, jolloin kuivemman hakkeen käyttäminen on järkevää.

Hyvälaatuisen hakkeen tuotantoketju lähtee jo metsästä. Lauhasen (2013) mukaan karsitun rangan suosio on kasvussa monestakin syystä. Karsittu ranka kuivuu paremmin, kun hakkuukoneen syöttörullat ovat rikkoneet (aisanneet) osan kuoresta. Logistiikka onnistuu nykyisellä kuljetuskalustolla, joten ei tarvita risuautoja. Rangan haketus on helpompaa, ja karsittua rankaa hakettaessa ravinteikkaat neulaset jäävät metsään, mikä on hyväksi varsinkin karuille maille. Karsittua rankaa hakattaessa hakkuukertymä pienenee verraten kokopuuhun, mutta myös varastotilan tarve pienenee ja logistiikka helpottuu. Vaikka kuljetuksessa säästetäänkin, karsitun rangan korjaaminen on silti kalliimpaa kuin kokopuun, koska hakkuutyö on hitaampaa. Karsittuja rankapuita hakettaessa tai murskattaessa saadaan kuitenkin palakooltaan tasalaatuista haketta. Sen sijaan kokopuita hakettaessa mukaan pääsee oksia sekä neulasten ja lehtien viheraineita.

Laadukkaan hakkeen varmistamiseksi rankakasat on hyvä peittää. On kuitenkin otettava huomioon, miten kauan rankoja on tarkoitus varastoida kyseisessä paikassa. Mikäli kasat ajetaan pian hakkuun jälkeen käyttöpaikalle tai terminaaliin, ne kannattaa peittää vasta siellä. (Lauhanen 2013.)



### 4.3 Samu Kallin ja Janne Asellin haastattelu

Samu Kallin ja Janne Asellin (2013) haastattelussa polttoaine ja sen laatu nousi tärkeäksi tekijäksi yhteistyökumppanin ja itse laitoksen laadun ohella. Polttoaineen laatu vaikuttaa laitoksen toimintaan. Laadukkaalla polttoaineella laitos toimii hyvin ja aiheuttaa huomattavasti vähemmän hälytyksiä. Polttoaineen laatu vaikuttaa myös laitoksen kunnossapitokustannuksiin. Turve on hakea kuluttavampi polttoaine, sillä sen joukossa on enemmän epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat häiriöitä ja vikoja laitokseen. Polttoainesiiilon tulisi olla riittävän suuri. Sinne pitää pystyä purkamaan koko kuorma, mielellään yhdistelmäkuorma, vaikka siellä olisikin vielä polttoainetta, joten siilon pitäisi olla ainakin 20 % suurempi kuin kuormakoko. Siiloa ei voi päästää täysin tyhjäksi, jotta lämmöntuotannon jatkuvuus varmistuisi. Siilon tulee myös tyhjäntyä kokonaan automaattisesti.

Pienille laitoksille Kallin ja Asellin (2013) mukaan hake kannattaa tehdä karsitusta rangasta hyvän laadun varmistamiseksi. Pienissä laitoksissa polttoaineen on oltava korkealaatuista ja riittävän kuivaa, oli kyseessä sitten hake tai turve.

Lisäksi Kalli ja Asell (2013) pitivät tärkeänä, että polttoaine riittää pyhien yli, eli siilossa pitäisi olla ainakin viiden päivän tarve. Heidän mielestään päivystyksessä on riittävästi työtä pyhäpäiville. Yhteistyökumppanit ovat myös tärkeitä. Laitoksen hoitaminen on haastavaa työtä, johon tarvitaan pitkä perehdytys. Laitoksen hoitaja ei voi päivystää jatkuvasti, vaan työstä irtautumisen tulisi myös olla mahdollista. Tarvitaan siis sijaisia tai varapäivystäjiä.

Kallin ja Asellin (2013) mukaan laitoksen valinta vaikuttaa huomattavasti sen työllistävyyteen ja kunnossapitokustannuksiin. Laitoksen valintaan vaikuttaa myös lämmitettävä kohde. Mikäli lämmöntarve vaihtelee suuresti, kahden kattilan malli on hyvä, koska matalan kuorman aikaan toinen laitos voidaan sammuttaa. Tasaisella kuormalla yksi kattila on parempi, koska se kuluttaa vähemmän sähköä ja siinä on vähemmän huoltokohteita, joten sen ylläpito tulee halvemmaksi.

#### 4.4 Rautjärvien haastattelu

Petri ja Pentti Rautjärven (2013) mukaan polttoaineen hinta ja laatu ovat lämpörittäjäjyden kannattavuuden kannalta erittäin merkittäviä tekijöitä. He pitivät omavaraista polttoainehuoltoa tärkeänä ja korostivat myös oman työn tärkeyttä. Heidän mukaansa polttoaineen laatu vaikuttaa suoraan huolto- ja työkustannuksiin, koska polttoaineen huono laatu lisää häiriöitä ja työn määrää.

Laitosta hankittaessa on mietittävä, mitä polttoainetta laitoksessa tullaan käyttämään, ja se on otettava huomioon laitoksen suunnittelussa. Rautjärven mielestä hypoteesilaskelmissa käytetty yhden megawatin laitoksen hinta on korkea ja kaikki esimerkkilaitokset tarvitsevat jonkinlaisen lisäsiilon. (Rautjärvi & Rautjärvi 2013.)

Tuhkaa voidaan hyötykäyttää, mutta sen käyttämiseen tarvitaan lupa. Turpeen tuhkaa voidaan käyttää esimerkiksi tienpohjissa. (Rautjärvi & Rautjärvi 2013.)

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lämpöyrittäjyyden kannattavuuden perusteet luodaan jo laitoksen suunnitteluvaiheessa. Hyvin suunniteltu ja toteutettu laitos toimii ilman turhaa työtä eikä aiheuta suuria kunnossapitokustannuksia. Laitoksen hankintahinta on tärkeä valintakriteeri, mutta se yksin ei takaa kannattavaa liiketoimintaa. Lisäpanoksella laitosta hankittaessa voidaan pienentää huoltokustannuksia ja pidentää laitoksen käyttöaika. Kannattavuus on laskettava aina tapauskohtaisesti.

Asiantuntijoille esitetyt hypoteesilaskelmat olivat huomattavan optimistisia. Asiantuntijoiden kommenttien pohjalta tehdyissä laskelmissa lämmöntuotantokustannukset ovat korkeammat kuin hypoteesilaskelmissa.

Korjattujen laskelmien perusteella näyttää siltä, että 150 kilowatin lämpölaite on liian pieni yrittäjäkohteeksi. Näin pienellä yksiköllä ei pysty tuottamaan energiaa kilpailukykyiseen hintaan. Haastatteluissa esiin nousseiden arvioiden mukaan megawattitunnin hinnan pitäisi olla 70–85 euroa, jotta se olisi kilpailukykyinen öljyn kanssa. Lämmöntuotantokustannukset 150 kilowatin laiteksella olivat 78–100 euroa. Alin kustannus (78 €) saavutetaan asiakkaan omistamalla laiteksella, jossa käytetään polttoaineena turvetta. Korkein lämmöntuotantokustannus muodostui yrittäjän omalla laiteksella, jossa poltetaan haketta.

Huipputeholtaan yhden megawatin laiteksella lämmön tuotantokustannus pysyy huomattavasti alemmalla tasolla. Kaikissa esimerkkitapauksissa lämmöstä saatava tuotto kattaa tuotantokustannukset ja yritystoiminta tuottaa voittoa. Lämmöntuotantokustannus megawatin laiteksella oli 42–64 euroa. Edullisin lämmöntuotantokustannus saavutettiin asiakkaan laiteksella, jonka kapasiteetti riittää tuottamaan kaiken lämmön turpeella. Korkein tuotantokustannus muodostui yrittäjän laiteksella, jonka kiinteän polttoaineen kattilan kapasiteetti oli puolet huipputehontarpeesta eli 500 kilowattia. Loput lämmöstä tuotetaan 500 kilowatin huippukuormakattilalla, jossa käytetään kiinteänä polttoaineena haketta.

Asiakkaan omistamalla laiteksella lämmöntuotantokustannukset ovat luonnollisesti pienemmät, koska niihin ei lasketa laitoksen olemassaolon aiheuttamaa

kustannusta. Yrittäjän omistamaa laitosta koskevat laskelmat kertovat lämmöntuotannon kokonaiskustannuksen.

Hintamuutokset ja polttoaineiden hintasuhteiden muutokset vaikuttavat lämpöyrittäjyyden kannattavuuteen. Öljyn hinnan nousu parantaa kannattavuutta, mikäli kiinteiden polttoaineiden hinta ei nouse yhtä paljon energiayksikköä kohden.

Riittävä lämmön tuotantomäärä on välttämätön kannattavuuden kannalta. Tuotantomäärä 150 kW:n laitoksella on kannattavan liiketoiminnan kannalta liian vähäinen. Omaan käyttöön pienelläkin kiinteän polttoaineen laitoksella saa öljyä edullisempaa lämpöä, mutta yrittäjän kannalta 150 kW:n laitos on liian pieni.

## LÄHTEET

- Alanen, V-M., Rousku, P. & Solmio, H. 2005. Lämmön tuotannon tekniikka. Teoksessa: A. Kokkonen & I. Lappalainen (toim.) Hakelämmöstä yritystoimintaa. Kuopio: Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Motiva Oy & Työtehoseura, 14–25.
- Biolämpökontit. [Verkkosivu]. Kauhajoki: Säättötili Oy. [Viitattu 21.2.2013]. Saatavana: <http://www.saatotuli.fi/tuotehaku.asp?sua=2&lang=1&reid=1&nav=10010013>
- Energiapalvelut. 30.1.2013. [Verkkosivu]. Vaasa: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. [Viitattu 4.5.2013]. Saatavana: <http://www.ely-keskus.fi/fi/elykeskukset/pohjanmaanely/yritystoimintateknologiajainnovaatiot/energiapalvelut/Sivut/default.aspx>
- Hintatilastot. 2013. [Verkkosivu]. Helsinki: Energiamarkkinavirasto. [Viitattu 18.3.2013]. Saatavana: <http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>
- Jyrkkiö, E. & Riistama, V. 2001. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. 13.–14. uud. p. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- Kalli, S. & Asell, J. 2013. Kavo Oy. Haastattelu 15.4.2013.
- Laatuseloste: Puun energiakäyttö. 24.4.2012. [Verkkosivu]. Vantaa: Metla. [Viitattu 5.3.2013]. Saatavana: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/laatu/puupolttoaine.htm>
- Lauhanen, R. 2013. Yliopettaja. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Haastattelu 27.3.2013.
- Lehto, H., Luoma, T., Havukainen, R. & Leskinen, J. 2005. Fysiikka 2: Lämpö, aallot. Helsinki: Tammi.
- Lämpöyrittäisyys. 6.8.2012. [Verkkosivu]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 3.2.2013]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/lampoyrittajyys](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampoyrittajyys)
- Lämpöyrittäminen. 2006. [Verkkosivu]. Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskus. [Viitattu 3.2.2013]. Saatavana: <http://www.puulakeus.net/39.html>
- Maatilojen energiankäyttö 17.11.2009. [Verkkosivu]. TTS Tutkimus. [Viitattu 9.3.2013]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/files/2858/Maatilojen\\_energiankaytto\\_17\\_11\\_2009.pdf](http://www.motiva.fi/files/2858/Maatilojen_energiankaytto_17_11_2009.pdf)

Ohrankämmen, J. 2013. Energiapalvelu Ohrankämmen Oy. Haastattelu 26.3.2013.

Ojaranta, P. Puhakka, A. Tuomi, S. & Solmio, H. 2007. Lämpöliiketoiminnan sopimusmallien ja liiketoiminnan taloudellisen kannattavuuden tutkimus ja kehittäminen. Teoksessa: E. Alakangas (toim.) Puupolttoaineiden pientuotannon ja –käytön panostusalue: Vuosikatsaus 2007. [Verkkokirja]. Helsinki: Tekes, 211–221. [Viitattu 4.2.2013]. Saatavana: [www.tekes.fi/fi/document/42982/pienpuu\\_vuosikatsaus\\_2007\\_pdf](http://www.tekes.fi/fi/document/42982/pienpuu_vuosikatsaus_2007_pdf)

Piipari, P. 2013a. Myyntijohtaja. Säättö tuli Oy. Haastattelu 8.2.2013.

Piipari, P. 2013b. Myyntijohtaja. Säättö tuli Oy. Tekstiviesti 15.2.2013.

Piipari, P. 2013c. Myyntijohtaja. Säättö tuli Oy. Puhelinkeskustelu 13.3.2013.

Rautjärvi, P. & Rautjärvi, P. 2013. Lämpö Rautjärvi Oy. Haastattelu 15.4.2013.

Riistama, V. & Jyrkkiö, E. 1999. Operatiivinen Laskentatoimi: Perusteet ja hyväksikäyttö. 16. uud. p. Porvoo: WSOY.

Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. 2012. Katetuottomenetelmä tuotannon suunnittelussa. Teoksessa: M. Ryhänen & T. Sipiläinen (toim.) Maatalousyrityksen johtaminen ja tuotannon suunnittelu. Opetusmoniste luonnos 3/2012. Julkaisematon.

Ryhänen, M. 2012. Tuotannon suunnittelun teoreettiset perusteet. Teoksessa: M. Ryhänen & T. Sipiläinen (toim.) Maatalousyrityksen johtaminen ja tuotannon suunnittelu. Opetusmoniste luonnos 3/2012. Julkaisematon.

## LIITTEET

**LIITE 1 Lähtötietotaulukko****Kulut****Kiinteät kulut****Laitos**

	L1		L2		L3	
	Määrä	Hinta	Määrä	Hinta	Määrä	Hinta
Laitoksen teho	150 kW		500 kW		1000 kW	
Laitoksen hankintahinta		60000 €		130000 €		400000 €
Jäännösarvo		6000 €		13000 €		40000 €
Perustukset 10 % laitoksen hankintahinnasta		6000 €		13000 €		40000 €
Kanaali	20 m	42 €/m	50 m	100 €/m	50 m	100 €/m
Pitoaika	10 v		10 v		10 v	
Tasapoisto		6084 €/v		13500 €/v		40500 €/v
Korko	8 %	243 €/v	8 %	540 €/v	8 %	1620 €/v
Hyötysuhde kpa	80 %		80 %		80 %	
Tuotettu energiamäärä	350 MWh/v		2000 MWh/v			
Käyttöaika (vuodessa tunteja) -2 vrk	8520 h/v		8520 h/v		8520 h/v	
Huippukuormakattilan hankintahinta				30000 €		30000 €
Huippukuormakattilan jäännösarvo				3000 €		3000 €
Huippukuormakattilan poisto				2700 €/v		2700 €/v
Huippukuormakattilan korko				108 €/v		108 €/v
Huippukuormakattilan hyötysuhde			92 %			



**Muuttuvat kulut****Polttoainekustannus**

	Määrä	Hinta	Määrä	Hinta	Määrä	Hinta
-Hake		20 €/m <sup>3</sup>		20 €/m <sup>3</sup>		20 €/m <sup>3</sup>
-Palaturve		28 €/m <sup>3</sup>		28 €/m <sup>3</sup>		28 €/m <sup>3</sup>
-Kevyt polttoöljy				0,89 €/l		
Tuhkan hävittäminen		130 €/t		130 €/t		130 €/t
Työ	1 h/pv	30 €/h	1 h/pv	30 €/h	1 h/pv	30 €/h
Konetyö	37 h	50 €/h	55 h	50 €/h	73 h	50 €/h
Huolto	1 krt/v	1000 €/v	1 krt/v	2000 €/v	1 krt/v	4000 €/v
Huippukuormakattilan kunnossapito			1 krt/v	1000 €/v		
Muut liiketoiminnan kulut	1 krt/v	2000 €/v	1 krt/v	3000 €/v	1 krt/v	3000 €/v

**Sähkön kulutus**

	kWh/tuotettu		kWh/tuotettu		kWh/tuotettu	
Sähkö	0,027 kWh	0,09 €/kWh	0,027 kWh	0,09 €/kWh	0,027 kWh	0,09 €/kWh

**Polttoaineet****Hake**

Energiasisältö	800 kWh/m <sup>3</sup>	
Osuus tuotetusta energiasta	100 %	0 %
Tuhkapitoisuus	2 kg/MW	

**Turve**

Energiasisältö	1300 kWh/m <sup>3</sup>	
Osuus tuotetusta energiasta	0 %	100 %
Tuhkapitoisuus	10 kg/MW	

**Öljy**

Energiasisältö	10 kWh/l
Säiliön koko	3000 l

**LIITE 2 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 150 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, hake.**

<b>Laitos 150 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	6084 €/v	6084 €
Korko	1 v	243 €/v	243 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	735 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	13235 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	12500 kWh	0,09 €/kWh	1125 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	37 h	50 €/h	1825 €
LPO:n korko**	13235 €	8 %	1059 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>29309 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	150 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	45 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		500000 kWh	500 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,059 €/kWh</b>	<b>59 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

**LIITE 3 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, asiakkaan 150 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, hake.**

<b>Laitos 150 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Kustannukset</b>			
Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	735 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	13235 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	12500 kWh	0,09 €/kWh	1125 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	37 h	50 €/h	1825 €
LPO:n korko**	13235 €	8 %	1059 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>22982 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	150 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	0		
Hyötysuhde	1		
kWh yhteensä		500000 kWh	500 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,046 €/kWh</b>	<b>46 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

**LIITE 4 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 150 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, turve.**

<b>Laitos 150 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	6084 €/v	6084 €
Korko	1 v	243 €/v	243 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	452 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	12670 €
Sähkö	12500 kWh	0,09 €/kWh	1125 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	37 h	50 €/h	1825 €
LPO:n korko**	12670 €	8 %	1014 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>26698 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	150 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	45 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		500000 kWh	500 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,053 €/kWh</b>	<b>53 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

**LIITE 5 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, asiakkaan 150 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, turve.**

<b>Laitos 150 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Kustannukset</b>			
Kunnossapito (huolto)	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	452 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	12670 €
Sähkö	12500 kWh	0,09 €/kWh	1125 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	37 v	50 €/h	1825 €
LPO:n korko**	12670 €	8 %	1014 €
Muut kulut	1 v	2000 €/v	2000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>22371 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	150 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	45 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		500000 kWh	500 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,045 €/kWh</b>	<b>45 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa polttoainetta vuodeksi eteenpäin

**LIITE 6 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 500 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, hake, öljyhuippukuormakattila.**

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Poisto PÖ	1 v	2700 €/v	2700 €
Korko PÖ	1 v	108 €/v	108 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	2941 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	52941 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Öljy	37152 l	0,887097 €/l	32957 €
Sähkö	50000 kWh	0,09 €/kWh	4500 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko**	55602,47 €	8 %	4448 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>123170 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	54 %		
Hyötysuhde	85 %		
<i>Yhteensä kpa</i>		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	95 %		
<i>Yhteensä PÖ</i>		352941 kWh	353 MWh
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,052 €/kWh</b>	<b>52 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 7 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, asiakkaan 500 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, öljyhuippukuormakattilalla, hake.**

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>			
Kunnossapito (huolto)	1 v	2000 €/v	2000 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000
Hake	2941,176 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	52941 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Öljy	37152	0,887097 €/l	32957
Sähkö	50000 kWh	0,09 €/kWh	4500 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738
LPO:n korko**	52941,18 €	8 %	4235 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000
<b>Yhteensä</b>			<b>106109 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	54 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	95 %		
kWh yhteensä PÖ		352941 kWh	353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,045 €/kWh</b>	<b>45 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 8 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 500 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, turve, öljyhuippukuormakattila.**

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Poisto PÖ	1 v	2700 €/v	2700 €
Korko PÖ	1 v	108 €/v	108 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	1810 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	50679 €
Öljy	37152 l	0,887097 €/l	32957 €
Sähkö	50000 kWh	0,09 €/kWh	4500 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko**	53340,02 €	8 %	4267 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>120726 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	54 %		
Hyötysuhde	85 %		
<i>Yhteensä kpa</i>		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	95 %		
<i>Yhteensä PÖ</i>		352941 kWh	353 MWh
<b>Yhteensä</b>		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,051 €/kWh</b>	<b>51 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä



**LIITE 9 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, asiakkaan 500 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, öljyhuippukuormakattilalla, hake.**

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>			
Kunnossapito (huolto)	1 v	2000 €/v	2000 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	1810 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	50679 €
Öljy	37152 l	0,89 €/l	32957
Sähkö	50000 kWh	0,09 €/kWh	4500 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738
LPO:n korko**	50678,73 €	8 %	4054 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000
<b>Yhteensä</b>			<b>103665 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	54 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		2000000 kWh	2000 MWh
Hyötysuhde PÖ	95 %		
kWh yhteensä PÖ		352941 kWh	353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,044 €/kWh</b>	<b>44 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 10 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 500 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, hake, asiakkaan öljylaitos, asiakkaan öljyhuippukuormakattila.**

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos, asiakkaan öljylaitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	2941 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	52941 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Öljy	37152 l	0,887097 €/l	32957 €
Sähkö	50000 kWh	0,09 €/kWh	4500 €
Työ	183 h	15 €/h	2737,5 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko**	55602,47 €	8 %	4448 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>120362 €</b>

<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	54 %		
Hyötysuhde	85 %		
<b>Yhteensä kpa</b>		<b>2000000 kWh</b>	<b>2000 MWh</b>
Hyötysuhde PÖ	95 %		
<b>Yhteensä PÖ</b>		<b>352941 kWh</b>	<b>353 MWh</b>
<b>Yhteensä</b>		<b>2352941 kWh</b>	<b>2353 MWh</b>
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,051 €/kWh</b>	<b>51 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 11 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 500 kW:n kiinteän polttoaineen laitos, turve, asiakkaan öljylaitos.**

<b>Laitos 500 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos, asiakkaan öljylaitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	85 %		
<b>Öljyosuus</b>	15 %		
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto kpa	1 v	13500 €/v	13500 €
Korko kpa	1 v	540 €/v	540 €
Kunnossapito (huolto) kpa	1 v	2000 €/v	2000 €
Kunnossapito (huolto) PÖ	1 v	1000 €/v	1000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	1810 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	50679 €
Öljy	37152 l	0,89 €/l	32957 €
Sähkö	50000 kWh	0,09 €/kWh	4500 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	55 h	50 €/h	2738 €
LPO:n korko**	53340 €	8 %	4267 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>117918 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	54 %		
Hyötysuhde	85 %		
<b>Yhteensä kpa</b>		<b>2000000 kWh</b>	<b>2000 MWh</b>
Hyötysuhde PÖ	95 %		
<b>Yhteensä PÖ</b>		<b>352941 kWh</b>	<b>353 MWh</b>
<b>Yhteensä</b>		<b>2352941 kWh</b>	<b>2353 MWh</b>
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,050 €/kWh</b>	<b>50 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 12 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, kaksi 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattilaa, hake.**

**Laitos 500 kW** 1 v 2 kpl  
**Bio-osuus** 100 %  
**Kiinteän polttoaineen huippukuormakattila**

<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto kpa	2 kpl	13500 €/v	27000 €
Korko kpa	2 kpl	540 €/v	1080 €
Kunnossapito (huolto) kpa	2 kpl	2000 €/v	4000 €
Hake	3460 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	62284 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	58823,5 kWh	0,09 €/kWh	5294 €
Työ	182,5 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	62283,7 €	8 %	4983 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>114028 €</b>

<b>Tuotos</b>			
Teho	500 kW	2 kpl	1000 kW
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	32 %		
Hyötysuhde	85 %		

**Yhteensä** 2352941 kWh 2353 MWh  
**Kustannukset/kWh** 0,048 €/kWh 48 €/MWh

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 13 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, kaksi 500 kW:n kiinteän polttoaineen kattilaa, turve.**

**Laitos 500 kW** 1 v 2 kpl  
**Bio-osuus** 100 %  
**Kiinteän polttoaineen huippukuormakattila**

Kustannukset	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Poisto kpa	2 kpl	13500 €/v	27000 €
Korko kpa	2 kpl	540 €/v	1080 €
Kunnossapito (huolto) kpa	2 kpl	2000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2129 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	59622 €
Sähkö	58824 kWh	0,09 €/kWh	5294 €
Työ	183 h	15 €/h	2738 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	59622 €	8 %	4770 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>111153 €</b>

**Tuotos**

Teho	500 kW	2 kpl	1000 kW
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	32 %		
Hyötysuhde	85 %		

<b>Yhteensä</b>	2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>	<b>0,047 €/kWh</b>	<b>47 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 14 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 1 MW:n kiinteän polttoaineen laitos, hake.**

**Laitos 1000 kW** 1 v  
**Oma laitos**  
**Bio-osuus** 100 %

<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	40500 €/v	40500 €
Korko	1 v	1620 €/v	1620 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	3460 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	62284 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	58824 kWh	0,09 €/kWh	5294 €
Työ	183 h	15 €/h	2737,5 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	62284 €	8 %	4983 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>128068 €</b>

**Tuotos**

Teho	1000 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	32 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,054 €/kWh</b>	<b>54 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 15 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, asiakkaan 1 MW:n kiinteän polttoaineen laitos, hake.**

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
Kustannukset	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	3460 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	62284 €
Turve	0 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	0 €
Sähkö	58824 kWh	0,09 €/kWh	5294 €
Työ	183 h	15 €/h	2737,5 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	62284 €	8 %	4983 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>85948 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	32 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,037 €/kWh</b>	<b>37 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä

**LIITE 16 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, 1 MW:n kiinteän polttoaineen laitos, turve.**

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Oma laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
<b>Kustannukset</b>	<b>Määrä</b>	<b>à-hinta</b>	<b>Yhteensä</b>
Poisto	1 v	40500 €/v	40500 €
Korko	1 v	1620 €/v	1620 €
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2129 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	59622,04 €
Sähkö	58824 kWh	0,09 €/kWh	5294 €
Työ	183 h	15 €/h	2737,5 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	59622 €	8 %	4770 €
Muut kulut	1 v	3000 v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>125193 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	32 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,053 €/kWh</b>	<b>53 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä



**LIITE 17 Hypoteesilaskelma lämmöntuotantokustannuksista, asiakkaan 1 MW:n kiinteän polttoaineen laitos, turve.**

<b>Laitos 1000 kW</b>	1 v		
<b>Asiakkaan laitos</b>			
<b>Bio-osuus</b>	100 %		
Kustannukset	Määrä	à-hinta	Yhteensä
Kunnossapito (huolto)	1 v	4000 €/v	4000 €
Hake	0 m <sup>3</sup>	18 €/m <sup>3</sup>	0 €
Turve	2129 m <sup>3</sup>	28 €/m <sup>3</sup>	59622,04 €
Sähkö	58824 kWh	0,09 €/kWh	5294 €
Työ	183 h	15 €/h	2737,5 €
Konetyö	73 h	50 €/h	3650 €
LPO:n korko**	59622 €	8 %	4770 €
Muut kulut	1 v	3000 €/v	3000 €
<b>Yhteensä</b>			<b>83073 €</b>
<b>Tuotos</b>			
Teho	1000 kW		
Käyttöaika*	8712 h		
Käyttöaste	32 %		
Hyötysuhde	85 %		
kWh yhteensä		2352941 kWh	2353 MWh
<b>Kustannukset/kWh</b>		<b>0,035 €/kWh</b>	<b>35 €/MWh</b>

\*Vuodessa tunteja

\*\*Polttoaineeseen sitoutuneen pääoman määrä, varastossa kiinteää polttoainetta vuodeksi eteenpäin ja lisäksi yksi säiliöllinen polttoöljyä