

---

# LÄMPÖENERGIAYHTIÖN PERUSTAMINEN

Kahden yrityksen keskitetty lämpöenergian tuotanto



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma

Lepaa, kevät/2013

*Olli-Matti Tuorila*

Olli-Matti Tuorila



LEPAA  
Puutarhatalouden koulutusohjelma  
Kasvihuone- ja taimitarhatuotanto

---

<b>Tekijä</b>	Olli-Matti Tuorila	<b>Vuosi</b> 2013
<b>Työn nimi</b>	Lämpöenergiayhtiön perustaminen. Kahden yrityksen keskitetty lämpöenergian tuotanto.	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää yhteiskäytössä olevan lämpölaitoksen perustamis- ja käyttökustannukset joiden perusteella arvioitiin lämpöyhtiön kannattavuutta eri laitos- ja polttoainevaihtoehtoilla. Kannattavuutta tarkasteltiin tapauksessa, jossa lämpöyhtiö toimii kahden yrityksen lämmöntoimittajana. Työn tilaajina olivat Tuorilan Puutarha ja Kensa-puu. Työssä hyödynnettiin saatavilla olevaa teoriatietoa eri polttoaineista, lämmitysjärjestelmistä, lämpöyrittäjyydestä ja lämpöyhtiön perustamisesta.

Työssä selvitettiin laskelmien avulla lämpöyhtiön jäsenten vuosittainen lämpöenergian kulutus. Lämpölaitoksen ja kaukolämpöverkon investointikustannukset selvitettiin tarjouspyyntöjen kautta. Kerättyjen tietojen perusteella tehtiin laskelmat yrityksen tuottaman lämpöenergian hinnan selvittämiseksi sekä yhtiön kannattavuuden arvioimiseksi. Laskelmat tehtiin 10 vuoden takaisinmaksuajalla. Lämpölaitosta ei mitoitettu huipputehotarpeen mukaan, vaan lämpöä tuotetaan tarvittaessa yhtiön jäsenten nykyisillä lämmitysjärjestelmillä uuden järjestelmän rinnalla.

Laskelmissa saatujen tulosten perusteella yhteiskäytössä oleva 3 MW:n hakelämpökeskus oli edullisin vaihtoehto pellettiin, öljyihin ja nestekaasuun verrattuna.

**Avainsanat** lämpöenergia, lämpöyrittäjyys, biopolttoaineet, hakelämmitys

**Sivut** 35 s. + liitteet 10 s.

LEPAA  
Degree Programme in Horticulture

---

<b>Author</b>	Olli-Matti Tuorila	<b>Year</b> 2013
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Establishing a Heat Energy Company. Centralized Heat Energy Production for Two Companies.	

---

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to find out the establishment and operating costs of a heating plant which were used to assess the profitability of the heat energy company with different heating plant and fuel alternatives. The heating plant was designed to common use for two companies. The profitability was measured in a case in which the company generates heat energy for two companies. The commissioners of the thesis were the companies Tuorilan Puutarha and Kensapuu. The theory of different fuels, heating systems, heat entrepreneurship and business establishment were exploited in the thesis.

The thesis studied annual heat energy consumption of the members of the heat energy company with the help of calculations. The investment costs of a heating plant and the district heating net were studied by calling for tenders. On the basis of the collected data calculations for determining the price were made of heat energy and the company's profitability analysis. The calculations were made for 10 years repayment period. The heating plant was not designed for peak power needs, but if necessary the heat is produced also in existing heating systems of companies alongside with the new heating system.

The calculation results illustrate that the 3 MW woodchip heating plant was the cheapest option when compared with pellets, oils and LPG.

**Keywords** thermal energy, heat entrepreneurship, bio-fuels, woodchip heating

**Pages** 35 p. + appendices 10 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	LÄMMITYSMUOTOJEN VERTAILU .....	3
2.1	Lämmityksessä käytettävät kotimaiset polttoaineet.....	3
2.1.1	Turve.....	3
2.1.2	Hake ja muut puuperäiset polttoaineet .....	4
2.1.3	Pelletti.....	4
2.1.4	Peltobiomassat ja muut biopolttoaineet.....	5
2.2	Lämmityksessä käytettävät fossiiliset polttoaineet .....	6
2.2.1	Nestekaasu .....	6
2.2.2	Kevytpolttoöljy ja raskaspolttoöljy .....	6
3	KIINTEÄN POLTTOAINEEN LÄMPÖLAITOKSET.....	7
3.1	Turpeen ja hakkeen polttoon tarkoitetut lämpölaitokset.....	8
3.2	Pellettien polttoon tarkoitetut lämpölaitokset .....	8
4	LÄMPÖENERGIAYHTIÖN PERUSTAMINEN .....	9
4.1	Yhtiömuoto.....	10
4.1.1	Osakeyhtiö.....	10
4.1.2	Osuuskunta .....	10
4.1.3	Yksittäinen lämpöyrittäjä ja yrittäjärenkaat .....	11
4.2	Ulkopuolinen lämpöyrittäjä vai itse omistettu lämpöyhtiö.....	11
4.3	Lämpölaitoksen sijainti .....	12
4.4	Luvat.....	13
4.4.1	Rakennuslupa lämpölaitokselle .....	13
4.4.2	Luvat kaukolämpölinjan perustamiseen .....	14
5	LÄMPÖENERGIAYHTIÖN KANNATTAVUUS CASE TUORILAN PUUTARHA JA KENSAPUU .....	14
5.1	Lämpölaitoksen kapasiteetti.....	14
5.1.1	Lämpöenergian tarve Kensapuulla .....	15
5.1.2	Lämpöenergian tarve Tuorilan Puutarhalla .....	16
5.2	Lämpölaitoksen mitoittava polttoaine.....	17
5.3	Keskitetyn lämmöntuoton kustannukset eri skenaarioissa.....	18
5.3.1	Lämpölaitoksen investointikustannukset.....	20
5.3.2	Kaukolämpölinjan investointikustannukset.....	21
5.3.3	Lämpölaitoksen käyttökustannukset .....	21
5.3.4	Lämpöenergian hinta eri polttoaineita käytettäessä .....	23
5.4	Lämpöenergiayhtiön kannattavuuslaskelmat .....	25
5.4.1	Tuet investointikustannuksiin.....	27
5.4.2	Keskitetysti tuotetun lämpöenergian kustannustehokkuus.....	28
5.4.3	Lämpöenergian hinta tuotettua energiayksikköä kohden .....	29
5.4.4	Lämpölaitoksen oikea mitoitus.....	30
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
	LÄHTEET .....	34

---

Liite 1	Kiinteät kustannukset eri laitosvaihtoehdoilla
Liite 2	Muuttuvat kustannukset eri laitosvaihtoehdoilla
Liite 3	Energian laskutus asiakkailta eri laitosvaihtoehdoilla
Liite 4	Lämmityskustannusten muutos Kensapuulla
Liite 5	Lämmityskustannusten muutos Tuorilan Puutarhalla
Liite 6	Lämmityskustannusten vertailu polttoaineittain
Liite 7	Huipputehontarve Tuorilan Puutarhalla
Liite 8	Kensapuun käsimaalaamokaappien lämmönkulutus
Liite 9	Kensapuun kuivausuunin lämmönkulutus
Liite 10	Lämmönkulutus Tuorilan Puutarhalla ja Kensapuulla

## 1 JOHDANTO

Globaalina ongelmana fossiilisten polttoaineiden käytölle on maapallon kasvihuoneilmiön voimistuminen. Kasvihuoneviljelijän energia- ja ilmastopöytäkirjaan mukaan fossiilisten polttoaineiden, eli öljyn, kivihiilen, maakaasun ja nestekaasun käyttö lämmitysenergian lähteenä aiheuttaa kolme neljäsosaa ihmisten aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. Kasvihuoneilmiö perustuu maapallon ilmakehään kertyvien kasvihuonekaasujen aiheuttamaan lämmöneristykseen, jonka vuoksi auringon säteilemä energia jää maapallolle, eikä säteile takaisin avaruuteen, mikä taas johtaa maapallon keskilämpötilan nousuun. Kasvihuonekaasuista merkittävimpiä ovat hiilidioksidi- ( $\text{CO}_2$ ), metaani- ( $\text{CH}_4$ ) dityypidioksidi- ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ja freonitason (CFC-yhdisteet) nousu maan ilmakehässä. (Gaia Group 2005. 2.)

Yhteiskunnallinen keskustelu hiilidioksidipäästöistä ja niiden vaikutuksesta kasvihuoneilmiöön sekä erilaisten tuotteiden aiheuttamaa hiilijalanjälkeä entistä tarkemmin seuraavat kuluttajat luovat yrittäjille paineita tuotteiden hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Yksi keino hiilijalanjäljen pienentämiseksi on syrjäyttää fossiilisten polttoaineiden käyttö lämmityksessä siirtymällä bioenergian käyttöön. Bioenergian käytön lisäämiseen on perusteena myös jatkuva energiakustannusten, erityisesti fossiilisten polttoaineiden hintojen nousu. Ympärivuotisessa kasvihuoneviljelyssä lämmityskustannukset ovat pelkästään fossiilisia polttoaineita käytettäessä erityisen korkeita, mikä saa yrittäjät pohtimaan biopohjaisten lämpöenergiälähteiden käyttöön siirtymistä.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää yhteiskäytössä olevan lämpölaitoksen perustamis- ja käyttökustannukset sekä selvittää laskelmien avulla lämpöyhtiön kannattavuus eri laitos- ja polttoainevaihtoehdoilla. Työn tavoitteena on myös selvittää lämpöenergian hinta energiayhtiön asiakkaille, sekä arvioida yhtiön toiminnan kannattavuutta asiakkaiden näkökulmasta. Työssä vertaillaan eri laitostoimittajien vaihtoehtoja yhteiskäytössä olevasta 3 MW:n hakelämpölaitoksista, joiden lisäksi työhön otettiin vertailuun mukaan myös yhteiskäytössä oleva 2 MW:n hakelämpölaitos, yrityskohtaiset 2 MW:n hakelämpölaitokset sekä 1,5 MW:n yrityskohtaiset pellettilämpölaitokset. Lämmöntuotantolaitosten lisäksi vertailussa oli työn tilaajien toiveesta mukana myös yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon laitos, eli CHP (Combined Heat and Power) laitos. Työn varsinaisena tilaajana on Tuorilan Puutarha Oy, sekä lämpöenergiayhtiön toinen osapuoli Kensapuu Oy.

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa eli luvuissa 2–4 käsitellään lyhyesti yleisimmin käytössä olevat lämmitysmuodot, kiinteän polttoaineen lämpölaitokset sekä lämpöenergiayhtiön perustamiseen liittyviä asioita yleisellä tasolla. Lämmitysmuodoista tarkempaa tarkastelua varten valittiin lämpöenergiayhtiön asiakkaiden Tuorilan Puutarhan ja Kensapuun käyttämät lämmitysmuodot sekä perustettavassa lämpöyhtiössä mahdollisesti käytettävät polttoaineet. Työssä käsitellään myös erilaisia kiinteän polttoaineen lämpölaitoksia, niiden toimintaperiaatteita ja soveltuvuutta eri käyttökoh-teisiin.

Työn käytännön osuudessa selvitettiin perustettavan lämpölaitoksen perustamis- ja käyttökustannukset case-muotoisesti, sekä tehtiin kannattavuustarkastelua varten tarvittavat laskelmat. Laskelmissa hyödynnettiin Bioenergian Erikoistumisopinnot -opintojakson opintomateriaalina saatuja laskelmapohjia.

## 2 LÄMMITYSMUOTOJEN VERTAILU

Energiatuotanto.info (2010) -sivuston mukaan lämpöenergian tuotantoon on nykyään tarjolla useita eri mahdollisuuksia alkaen pienen kokoluokan aurinkokeräimistä aina suuriin, kiinteän- ja fossiilisen polttoaineen lämpölaitoksiin. Lämpöä voidaan tuottaa myös yhdistetyn sähkön- ja lämmön-tuotannon laitoksilla, joilla saadaan lämpöenergian lisäksi sähköenergiaa. Mikäli lämpöenergian tuotanto yritykselle halutaan ulkoistaa, voidaan käyttää saatavuuden mukaan joko kunnan tarjoamaa kaukolämpöä tai lämpöyrittäjiä, jotka hoitavat lämmön tuotannon käyttökohteeseen. Eri energiamuodot jaetaan uusiutuvaan ja uusiutumattomaan energiaan.

Uusiutuvia energiamuotoja lämmöntuotannossa ovat bioenergia, erilaiset lämpöpumput, aurinkoenergia sekä geoterminen energia. Bioenergiaa saadaan puuperäisistä polttoaineista, peltobiomassoista, biokaasuista sekä kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoavasta osasta. Lämpöpumppuja ovat maa-, poistoilma-, ilma-, sekä ilma/vesilämpöpumput. Käyttöveden lämmitykseen käyttökelpoisia ovat myös aurinkoenergiaa hyödyntävät aurinkokeräimet. Geoterminen energia on kuumista lähteistä tai kalliopora-kaivoista hyödynnettyä maankuoren lämpöenergiaa, jossa lämpöenergiaa voidaan käyttää höyryturbiinien avulla sähkön tuottamiseen sekä kaukolämpönä.

Uusiutumattomia energiamuotoja lämpöenergian tuotannossa ovat fossiiliset polttoaineet sekä ydinvoimasta saatava lauhdelämpö. Fossiilisia polttoaineita ovat kivihiili, maakaasu, nestekaasu, turve sekä maaöljystä jalostetut kevyt- ja raskasöljy. (Energiatuotanto.info 2010.)

### 2.1 Lämmityksessä käytettävät kotimaiset polttoaineet

Kotimaisista polttoaineista puhuttaessa käytetään nykyään yleisimmin termiä biopolttaine tai bioenergia. Biopolttaineiksi kutsutaan polttoaineita, jotka on valmistettu fotosynteesin kautta syntyneistä eloperäisistä kasvimassoista eli biomassoista. Bioenergiaa ovat biokaasut, peltobiomasat, puuperäiset polttoaineet sekä kierrätyspolttoaineiden biohajoava osa. Uusiutuviin energiamuotoihin kuuluvat bioenergian lisäksi aurinko-, tuuli- ja vesien energia sekä maalämpö ja aalto- ja vuorovesien energiat. (Motiva 2012b.)

Tässä opinnäytetyössä käytetään termiä kotimainen polttaine, jota turve on kotimaisena fossiilisenä polttoaineena. Turvetta ei voida luokitella biopolttaineisiin kuuluvaksi.

#### 2.1.1 Turve

Turpeen käyttö lämpöenergian lähteenä on kiistanalainen asia, koska turpeen luokittelu uusiutuviin polttoaineisiin jakaa jyrkästi mielipiteitä. Aikaisemmin turve luokiteltiin Suomessa hitaasti uusiutuviin polttoaineisiin, mutta nykyään se luokitellaan fossiiliseksi polttoaineeksi. Turvevoimaloiden hiilidioksidipäästöt ovat hiilivoimaakin suuremmat, minkä



vuoksi uusien turvevoimaloiden rakentaminen on vähäistä. Turve on kuitenkin Suomessa erityisen hyvä kriisiajan polttoaine, koska energiakriisin sattuessa voidaan energiantuotannossa käyttää kotimaasta saatavaa polttoturvetta. Tämän vuoksi lämpölaitos kannattaa suunnitella siten, että polttoaineena voidaan käyttää myös turvetta. (Energianet.fi n.d.)

Käytettäessä turvetta lämpölaitoksen polttoaineena, tulee huomioida turpeen käyttöön kohdistuva valmistevero, joka täytyy maksaa lämpölaitoksen vuotuisen käytön ylittäessä 5000 MWh (Tuominen 2003, 66).

Turvetta käytetään energiantuotannossa jysinturpeena, palaturpeena ja turve-pelletteinä. Jysinturve soveltuu suuressa mittakaavassa käytettäväksi ja sen käyttäjinä ovat suuret lämpölaitokset sekä voimalaitokset (Vapo 2012). Kasvihuoneyrityksillä poltettava turve on pääasiassa palaturvetta tai turvepellettiä, jotka soveltuvat pienten ja keskikokoisten lämpölaitosten polttoaineeksi. Polttamalla turvetta puupolttoaineiden seassa voidaan vähentää kattilapintojen korroosiota, jota voi ilmetä pelkkiä puuperäisiä polttoaineita käytettäessä (Elinkeinoelämän keskusliitto 2009b). Palaturpeen tehollinen lämpöarvo on 1,4 MWh/irtokuutiometri, kun taas jysinturpeen tehollinen lämpöarvo on 0,9 MWh/irtokuutiometri (Suomen Bioenergiayhdistys ry, 2002).

### 2.1.2 Hake ja muut puuperäiset polttoaineet

Puuperäisiä polttoaineita, eli puuteollisuuden tuottamaa puujätettä, haketta, sahanpurua sekä metsätähdettä syntyy Suomessa paljon erityisesti metsäteollisuuden sivutuotteina. Näiden tuotteiden saatavuus ja hinta vaihtelevat eri alueilla. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2009b.)

Hake on puusta hakkuukoneella hakattua lastua, jonka raaka-aineena voi olla kokopuu, hakkuujätteet tai muu puujäte. Hakkeen kosteus sekä mekaaninen laatu vaikuttavat voimakkaasti lämpökeskuksen toimivuuteen. Hakkeen karkeusaste riippuu käytettävän hakkurin terien kunnosta sekä hakkurissa käytettävästä seulasta. Hakkeen kosteus vaikuttaa hakekuutiosta saatavan energian määrään, sillä märän hakkeen polttamisessa yhden vesilitran höyrystäminen palotapahtumassa vaatii noin 2 kWh energiaa (Maatilan pirkka, 2003). Polttohakkeen tehollinen lämpöarvo on 0,8 MWh/irtokuutiometri. (Suomen Bioenergiayhdistys ry, 2002.)

### 2.1.3 Pelletti

Pellettejä valmistetaan mekaanisen metsäteollisuuden tuottamista sivutuotteista kuten hiontapölystä, sahanpurusta ja kutterinlastusta, joita puristamalla saadaan aikaan tasalaatuisia ja tiiviitä pellettejä. Pellettien valmistuksessa purut hienonnetaan vasaramyllyssä, jonka jälkeen ne puristetaan pellettimatriisiin läpi pelleteiksi. Puukuiduissa oleva ligniini pehmenee prosessin korkean (160 °C) lämpötilan vuoksi ja sitoo puukuidut yhteen, jolloin pelletit säilyttävät hyvin sylinterimäisen muotonsa. (Motiva 2012a.) Puupellettien tehollinen lämpöarvo on 4,7 MWh/tonni (Suomen Bioenergiayhdistys ry, 2002.)

Koska pelletit ovat tiiviitä ja niiden kosteus on alhainen, on niiden energiasältö parhaimmillaan jopa nelinkertainen kosteaan hakkeeseen verrattuna. Niitä voidaankin käyttää yli 200 kW:n lämpölaitoksissa seospolttoaineena kostean hakkeen joukossa parantamaan polttoprosessia, mutta pienemmissä lämpölaitoksissa niitä käytetään ainoana polttoaineena. Pelletti tarvitsee hakkeeseen verrattuna vähemmän varastointitilaa, koska sen energiasältö on suuri. (Motiva 2012a.)

### 2.1.4 Peltobiomassat ja muut biopolttoaineet

Elintarviketuotantoon kasvatettujen kasvien tuotannon sivutuotteita, kuten olkia tai viljan kuorta, voidaan käyttää sellaisenaan useissa kiinteän polttoaineen lämpölaitoksissa. Peltobiomassasta voidaan jalostaa myös kaasumaisia tai nestemäisiä polttoaineita, kuten rypsiöljyä, jota voidaan käyttää lämmityskattiloiden lisäksi myös työkoneiden polttoaineena. Pelloilla voidaan elintarviketuotannon ohella kasvattaa myös varta vasten lämpöenergian tuottamista varten nopeasti kasvavaa biomassaa, kuten pajukasveja ja ruokohelmiä. (Kara, Helynen, Mattila, Viinikainen, Ohlström & Lahnalammi 2004, 124–125.)

Peltobioenergian tuotannosta ja käytöstä lämpölaitoksissa on tehty Hämeen ammattikorkeakoulussa Ympäristötekniikan koulutusohjelmassa opinnäytetyö, joka käsittelee ruokohelmin viljelyä ja käyttöä lämpölaitoksissa. Piispasen (2006, 8) tekemässä opinnäytetyössä vertailtiin ruokohelmin, kauran, hampun ja rypsin eroja energiantuotannon kannalta. Vertailusta kävi ilmi, että ruokohelmi tuotti näistä vaihtoehdoista eniten energiaa eli MWh/viljeltyä hehtaaria kohden. Työssä tehtyjen laskelmien perusteella ruokohelmi soveltui energiakasviksi parhaiten sen pienen lannoitustarpeen, pienten perustamiskustannusten sekä olemattoman rikkakasvi- ja tuholaistorjuntatarpeen vuoksi.

Peltoenergian käyttö kasvihuoneiden lämmitysmuotona oli melko vähäistä vuonna 2010, jolloin peltoenergian osuus puutarhatuotannon lämpöenergian kokonaiskulutuksesta oli 1,5 % eli 26 GWh (Tilastokeskus 2012).

Peltobiomassoja poltetaan usein sekapoltossa esimerkiksi turpeen kanssa, koska niiden käyttö yksistään voi aiheuttaa mm. kattilapintojen korroosiota. Perinteisiä polttoaineita alhaisempi lämpöarvo sekä viljelyn, keruun, käsittelyn ja kuljetuksen aiheuttamat kustannukset ovat hidastaneet peltobiomassojen käyttöönottoa. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2009b.)

Järviruokoa, joka kasvaa luonnon olosuhteissa jopa yli kolmemetriseksi, voidaan käyttää myös lämpöenergian lähteenä. Sen tehollinen lämpöarvo on samansuuruinen, kuin oljella ja ruokohelpillä. Toistaiseksi järviruon käyttö energiantuotannossa on ollut vähäistä, mutta se on varteenotettava vaihtoehto erityisesti rehevyydestä kärsivien järvien läheisyydessä, kun järven kuntoa yritetään parantaa järviruokokasvustoja niittämällä. (Motiva 2011.)

### 2.2 Lämmityksessä käytettävät fossiiliset polttoaineet

Fossiilisiin polttoaineisiin kuuluvat sellaiset polttoaineet, joiden ei katsota uusiutuvan luonnossa riittävän lyhyellä aikavälillä. Täten fossiilisia polttoaineita poltettaessa ilmakehään vapautuu hiilidioksidina vuosituhansien ja vuosimiljoonien aikana sitoutunut hiili eliöiden fossiloituessa maan alla. (Energiatuotanto.info 2010.)

Tässä yhteydessä käsitellään tarkemmin lämpöyrityksen kohderyhmässä Tuorilan Puutarhalla ja Kensapuulla vuonna 2012 käytössä olleita fossiilisia polttoaineita. Näiden polttoaineiden lisäksi lämmitykseen käytetään yleisesti myös kivihiihtä, antrasiittia sekä maakaasua. Myös turpeen katsotaan nykyään kuuluvan fossiilisiin polttoaineisiin, mutta se käsitellään tässä opinnäytetyössä kotimaisten polttoaineiden yhteydessä.

#### 2.2.1 Nestekaasu

Alakankaan (2000, 142–143) mukaan kaasumaisten polttoaineiden ominaisuuksia ovat niiden korkea syttymislämpötila, suuri palamisnopeus sekä laaja syttymisalue. Käytettävät nestekaasut ovat yleensä raakaöljyn jalostusprosessista syntyviä tuotteita, mutta niitä voidaan ottaa talteen myös eräiltä tuotantokentiltä samalla periaatteella, kuin maakaasuakin. Nestekaasut ovat propaania ( $C_3H_8$ ) tai butaania ( $C_4H_{10}$ ) sekä useimpien hiiliveytyjen seoksia. Propaanin tehollinen lämpöarvo on 12,8 MWh/tonni, kun taas butaanin tehollinen lämpöarvo on 12,65 MWh/tonni. Nestekaasun tehollisena lämpöarvona pidetään 12,861 MWh/tonni (Suomen Bioenergiayhdistys ry, 2002).

Kauppa- ja teollisuusministeriön (2003, 34) julkaiseman PK-yritysten energiaoppaan mukaan nestekaasut eivät ole laajasti käytössä pk-yritysten lämmitysmuotona, johtuen nestekaasujen korkeasta hinnasta. Nestekaasu toimitetaan käyttöpaikalle paineistettuina nestemäisinä kaasuina joko tankkiautoilla tai pulloissa riippuen käytön laajuudesta. Korkeasta hinnastaan huolimatta kasvihuoneyrityksillä nestekaasun käyttö lämmitysmuotona on perusteltua, koska nestekaasun poltosta syntyvää hiilidioksidia voidaan savukaasujen puhtauden ansiosta käyttää kasvihuoneissa hiilidioksidilannoitukseen.

Nestekaasun laajamittainen käyttö lämmitysmuotona vaatii nestekaasulaitteiston käyttäjältä TUKESin hyväksymän nestekaasun valvojan pätevyyskokeen suorittamista. Nestekaasulaitteistojen turvallinen käyttö edellyttää käyttäjältä laitteiston käyttökoulutusta, nestekaasun ominaisuuksien tuntemista sekä laitteiston toimintavarmuutta. Tähän kuuluvat myös laitteiston eli säiliön, putkiston, höyrystimen ja käyttölaitteiden kunnossapito, huolto ja tarkastukset. (Turvatekniikan keskus, 2006. 9.)

#### 2.2.2 Kevytpolttoöljy ja raskaspolttoöljy

Polttoöljyt saadaan erotettua raakaöljystä jalostuksen yhteydessä. Käyttöominaisuuksien mukaan jaoteltuina lämmityksessä käytettävät polttoöljyt

jaetaan raskaisiin ja kevyisiin öljyihin. Raskaat polttoöljyt, jotka ovat kevyitä öljyjä halvempia, vaativat kalliimmat polttolaitteet, jotka taas vaativat huoltoa sekä asiantuntemusta käyttäjiltä. Tämän vuoksi raskasöljy soveltuu käytettäväksi vähintään 500–1000 kW lämpölaitoksissa. Raskaspolttoöljyn rikki-, typpi- ja tuhkapitoisuudet ovat noin kymmenkertaiset kevytpolttoöljyyn verrattuna. Normaalin raskaan polttoöljyn tehollinen lämpöarvo on 11,278 MWh/tonni, kun taas vähärikkisen raskaan polttoöljyn lämpöarvo on 11,417 MWh/tonni. (Alakangas, 2000. 135–137; Suomen Bioenergiayhdistys ry, 2002.)

Kevyt polttoöljy on helposti juokseva ja puhtaasti palava neste, jonka polttamiseen käytettävät polttolaitteet ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja halpoja. Kevyt polttoöljy on kuitenkin raskasta polttoöljyä kalliimpaa ja se sopiikin hyvin alle 1000 kW polttolaitoksiin. Kevyen polttoöljyn tehollinen lämpöarvo on 11,806 MWh/tonni. (Alakangas, 2000. 135; Suomen Bioenergiayhdistys ry, 2002.)

### 3 KIINTEÄN POLTTOAINEEN LÄMPÖLAITOKSET

Kiinteän polttoaineen lämpölaitoksista käytetään jatkossa myös lyhennettä KPA -lämpölaitos. Kattilatyypin valintaan vaikuttavat yrityksen huipputehon tarve sekä vuosittainen lämpöenergian tarve, joten ne tulee bioenergian käyttöön investoitaessa ja laitteistoa suunniteltaessa ja mitoitettaessa selvittää ensimmäiseksi. Yritysten energiaoppaassa syksyn 2008 hintatasoilla tehtyjen esimerkkilaskelmien perusteella lämmöntuotannon yksikkökustannuksiin vaikuttavat käytettävää kattilakokoa enemmän huipun käyttöaika sekä käytettävä polttoaine. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2009a.)

Energia Suomessa -teoksen mukaan kiinteillä polttoaineilla toimivat kattilat ovat yleisimmin arina-, leijukerros- tai poltinkattiloita, kun taas neste-mäiset ja kaasumaiset polttoaineet poltetaan poltinkattiloissa. Keskkokoisten ja sitä suurempien kasvihuoneyritysten kokoluokassa käytetyt kiinteän polttoaineen lämmityskattilat ovat yleensä joko poltinkattiloita tai arinakattiloita. Arinakattiloita käytetään eniten alle 5 MW:n kokoluokan kiinteän polttoaineen kattiloissa. Tämän kokoluokan arinakattiloissa suurin osa tuhkasta jää arinalle, joten lentotuhkan poistamiseen savukaasuista riittää sykloni, jonka pohjalle savukaasuissa olevat hiukkaset laskeutuvat. Arinoiden päätyyppejä ovat joko vaakatasoon tai viistoon sijoitetut, kiinteät tai mekaaniset arinat. Myös pyörivää, keskeltä reunoille laskeutuvaa arinaa käytetään arinakattiloissa. Pienien kasvihuoneyritysten käyttöön soveltuvat hyvin kiinteän tasoarinan kattilat, jotka soveltuvat yksinkertaisen rakenteensa vuoksi hyvin hakkeen polttoon kiinteistökokoluokan kattiloissa. (Kara ym. 2004, 237–239.)

Leijukerros- eli leijupetikattilat, ovat yleisesti käytössä suurissa, yli 5 MW:n tehoisissa lämpölaitoksissa, koska niiden toimivuus on hyvä polttoaineen laadun vaihtelusta huolimatta. Koska leijukerroskattiloiden kokoluokka alkaa 5 MW:n tehosta, ovat ne yleisesti käytössä lähinnä suurilla kaukolämpölaitoksilla, sähköä tuottavilla energialaitoksilla sekä teollisuuden suurissa lämpölaitoksissa. Tyypillisesti leijukerroskattiloissa polte-

taankin useita eri polttoaineita, joiden keskikosteus voi olla jopa 60 %. Leijupetikattiloissa polttoaine syötetään paineilman avulla leijutettavan hiekkapedin päälle. Eri laitosvaihtoehdot on lueteltu taulukossa 1. (Kara ym. 2004, 239.)

Taulukko 1. Laitostyytit kiinteälle polttoaineelle. (Bioenergiatieto.fi)

Laitostyytit	Suosittelava kokoluokka	Käytettävät polttoaineet
Arinakattilat, liikkuva arina	alle 5 MW	Kiinteät polttoaineet, myös palaturve.
Arinakattilat, kiinteä arina	alle 1 MW	Kiinteät polttoaineet pl. palaturve
Leijukerroskattilat	yli 5 MW	Kiinteät polttoaineet, joiden keskikosteus voi olla jopa 60 %
Yläpalokattilat	Omakotitalo	Hake, halot
Alapalokattilat	Omakotitalo	Hake, halot
Kaksoispesäkattilat	Omakotitalo, Kiinteistökatilat	Hake, pelletti, halot, kevytöljy

### 3.1 Turpeen ja hakkeen polttoon tarkoitettut lämpölaitokset

Hakkeen ja turpeen poltossa yleisesti käytetyt kattilaratkaisut ovat stokeri-laitteita, joilla voidaan polttaa myös muita kiinteitä polttoaineita. Stokerilaitteissa polttoaine syötetään ruuvin avulla palopäähän. Haketta voidaan kuitenkin käyttää polttoaineena myös pienikiinteistöjen lämmittämiseen tarkoitetuissa yläpalo-, alapalo- sekä kaksoispesäkattiloissa. (Takko 2006b, 21.)

Hake ja turve vaativat pellettiä järeämmät polttoaineen syöttöruuvit sekä väljemmät kattilat polttoaineen suuremman kosteuden vuoksi. Tämän vuoksi hakkeen ja turpeen polttoon tarkoitettujen laitoksen investointikustannukset ovat korkeammat pellettilaitoksen investointikustannuksiin verrattuna. Hakelämpölaitokseen asennetaan yleensä myös automaattiset tuhkanpoisto laitteet, koska hakkeen tuhkapitoisuus on moninkertainen verrattuna pelletin tuhkapitoisuuteen. Hakelämpölaitos toimii automaattisesti tulipesään jäävän kytöpalon ansiosta, joten polttoprosessi saadaan uudelleen käyntiin, kun polttoainetta aletaan syöttää polttimelle. (HT Enerco n.d.)

### 3.2 Pellettien polttoon tarkoitettut lämpölaitokset

Pelkästään pellettien polttoon tarkoitettut kattilajärjestelmät ovat investointi kustannuksiltaan hakkeen poltossa käytettäviä stokeripolttimia halvempia, koska pellettien polttamiseen tarvittavat polttimet ja polttoaineen syöttöruuvit ovat kevytrakenteisempia hakkeen ja turpeenpolttoon tarkoitettui-

hin lämmityslaitoksiin verrattuna. Pellettien alhaisen kosteuden vuoksi voi kattilan rakenne olla kevyempi verrattuna hakkeen polttoon tarkoitettuihin lämmityskattiloihin, joka mahdollistaa pellettien polttoon tarkoitettujen kattiloiden pienemmän koon sekä laskee pellettilaitoksen investointikustannuksia. Isojen kiinteistöjen lämmitykseen ei ole yleensä tarjolla erityisiä pellettikattiloita, vaan tällaisissa käyttökohteissa käytetään yleisesti biopolttoaineiden polttoon tarkoitettuja kattiloita (Pellettienergia 2009).

Pellettipoltin voidaan asentaa myös öljykattilaan öljypolttimen tilalle, kunhan kattilan palotila on riittävän korkea puupellettien poltossa vapautuvien palavien kaasujen palamiselle. Vanhaa öljykattilaa hyödynnettäessä saadaan investointikustannukset alhaisemmiksi. Pellettikattiloissa täytyy huomioida, että kattilan tuhkatila on riittävän suuri, jotta tuhkanpoistovälit ovat kohtuullisia. Vaikka pellettien tuottama tuhkamäärä on hakkeeseen verrattuna huomattavan pieni, voidaan myös pelletin polttolaitoksissa tuhkanpoisto automatisoida tuhkanpoisto ruuveilla, joita on käytössä varsinkin kiinteistökokoluokkaa isommissa laitteistoissa. Mikäli pellettipoltin asennetaan vanhaan öljykattilaan, kattilan hyötysuhde ei todennäköisesti ole parhaalla mahdollisella tasolla. (Agrimarket n.d.)

Hankittaessa uutta pellettikattilaa, ovat vaihtoehtoina, laitospuolelta riippuen, varsinaiset pellettikattilat, stokerikattilat tai kaksoispesäkattilat. Kaksoispesäkattila mahdollistaa vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttämisen eli esimerkiksi puupilkkeiden tai öljyn polton samassa kattilassa. Pelletti- ja stokerikattiloilla päästään parhaimpaan palamishyötysuhteeseen. (Takko 2006b, 21)

Stokeripolttimella, eli ”kaikkiruokaisella” polttimella voidaan käyttää polttoaineena myös haketta, turvetta, sahanpurua ja peltobioenergiaa. Tämän vuoksi kattilaa hankittaessa kannattaa harkita pellettien polttamiseen myös stokeripoltinta, koska tällöin voidaan tarvittaessa käyttää myös muita kiinteitä polttoaineita. (Takko 2006a, 10.)

## 4 LÄMPÖENERGIAYHTIÖN PERUSTAMINEN

Lämpöyrittäjyydellä tarkoitetaan yrittäjien asiakkailleen toimittamaa lämmön tuotantoa joko aluelämpökeskuksissa tai kiinteistökohtaisissa lämpökeskuksissa. Lämpöyrittäjä tarjoaa yhä useammin lämmön tuotantoa kokonaistoimituksena, jossa lämpöyrittäjä vastaa lämmöntuotannon lisäksi lämpölaitosinvestoinnista (Vuorio 2012, 1).

Vuonna 2011 Markku Almin kirjoittaman Bioenergian toimialanjulkaisun mukaan lämpöyrittäjät olivat paikallisia lämpöenergian tuottajia, joiden pääpolttoaineena oli omista metsistä tai lähiseudulta hankittu puu. Lämpöyrittäjä huolehti lämpölaitoksen ylläpidosta sekä polttoaineen hankinnasta ja sai tuloja asiakkaan lämpöverkkoon tuotetusta energiasta. Mikäli lämpöyrittäjä vastasi myös lämpölaitosinvestoinnista, lämpöyrittäjä otti asiakkailtaan tuloja myös laitoksen investoinnin takaisinmaksua varten kuukausittaisen perusmaksun ja korkeamman lämpöenergian hinnan muodossa verrattuna yrityksiin, joissa lämpölaitosinvestointi oli asiakkaan vastuulla.

Suomessa oli vuoden 2010 lopussa 490 lämpöyrittäjän hoitamaa lämpölaitosta, joista aluelämpölaitoksia oli 155 ja kiinteistökohtaisia laitoksia 335 kappaletta. Koska osa lämpöyrittäjistä hoiti useita laitoksia, oli lämpöyrittäjien määrä laitosten lukumäärää vähemmän. Lämpöyrittäjätoiminnan käytössä olevien lämpölaitosten yhteenlaskettu kattilateho vuonna 2010 oli 284,3 MW ja laitosten keskimääräinen kattilateho oli 0,58 MW, eli 580 kW. Vuonna 2010 käyttöönotetut laitokset olivat kattilateholtaan keskimäärin 1 MW:n laitoksia. (Alm 2011, 47.)

### 4.1 Yhtiömuoto

Lämpöyrittäjätoiminta vuonna 2011 (2012, 2–3) -julkaisun mukaan 56 prosenttia lämpölaitoksista oli osakeyhtiö- tai osuuskuntamuotoisten lämpöyrittäjätoimintaa hoitavia. Näissä yhtiömuodoissa lämpölaitosten keskimääräinen kattilateho oli lähes kaksinkertainen verrattuna yrittäjien tai yritysrenkaiden hoitamiin lämpölaitoksiin ja ne myös tuottivat noin kaksi kolmasosaa lämpöyrittäjien tuottamasta lämpöenergiasta. Vuosien 1998–2011 aikana yrittäjärenkaiden hoitamien lämpölaitosten osuus on laskenut, kun taas osuuskuntien ja osakeyhtiöiden hoitamien lämpölaitosten osuus on noussut.

#### 4.1.1 Osakeyhtiö

Osakeyhtiöt hoitivat 181 lämpölaitoksen lämmöntuotantoa yhteensä 132 MW kattilateholla vuonna 2011. Osakeyhtiömuotoisten yritysten hoitamien lämpölaitosten keskimääräinen kattilateho oli 780 kW. (Vuorio 2012, 2.)

Osakeyhtiömuotoiset yritykset hoitivat tyypillisesti useampia lämpölaitoksia. Yrityksillä voi olla varsinaisen lämpöyrittäjätoiminnan lisäksi myös muuta liiketoimintaa, kuten haketuspalveluiden myyntiä ja lämpölaitosten rakentamista. Osakeyhtiöillä oli usein tavoitteena lämpöyrittäjätoiminnan kehittäminen yrityksen pääelinkeinoksi.

Osakeyhtiö mahdollistaa suurten laitosinvestointien tekemisen muita lämpöyrittäjätoimintamuotoja paremmin. Osakeyhtiö sopii erityisesti sellaisille lämpöyrittäjille, jotka investoivat esimerkiksi lämpölaitokseen tai haketuslaitokseen, mutta haluavat välttää suoraa henkilökohtaista velkavastuuta. Osakeyhtiö mahdollistaa myös lämpöyrittäjätoiminnan laajentamisen ja kehittämisen. (Kokkonen & Lappalainen 2005, 12–13.)

#### 4.1.2 Osuuskunta

Vuonna 2011 osuuskunnat hoitivat 102 lämpölaitoksen lämmöntuotantoa yhteensä 68 MW:n kattilateholla. Keskimääräinen kattilateho osuuskuntien hoitamissa lämpölaitoksissa oli 690 kW. (Vuorio 2012, 2.)

Kokkonen ja Lappalaisen (2005, 11–12) mukaan osuuskuntien toiminta-ajatuksena ei ole pääoman sijoittajien voiton maksimointi, vaan kustan-

nusten minimointi ja kustannustehokas toiminta, jotta lämpöenergiakustannukset olisivat pienet. Näin osuuskunnan jäsenet hyötyvät osuuskuntamuotoisesta lämmöntuottamisesta mahdollisimman paljon. Osuuskuntien jäsenten päätösvalta määrittyy jäsen ja ääni –periaatteella, joten osuuskunnan jäsenet ovat keskenään tasa-arvoisia.

Osuuskuntamuotoisessa lämpöyrytyksessä lämpöhuollosta vastaa kolmen jäsenen ryhmistä jopa yli 50 jäsenen ryhmiin, jotka voivat olla esimerkiksi metsänomistajia, jotka hoitavat yhteistyössä polttoaineen hankinnan ja lämmön tuottamisen asiakkaille. Osuuskuntamuotoinen toimintamalli on käyttökelpoisin aluelämpölaitoksissa ja muissa kohteissa, joissa vuosittainen polttoaineen kulutus on suurta. Osuuskunnan jäsenet voivat tehdä palkkatyötä osuuskunnalle, myydä polttopuuta ja/tai haketta, sekä saada tuloja sijoittamansa osuuspääoman korkona sekä osuuskunnan tuottamana ylijäämänä. Toimintamalleista laajemmassa osuuskunta omistaa lämpölaitoksen sekä lämmönjakeluverkon eli hoitaa lämmöntuotannon kokonaisuudessaan. Suppeammassa toimintamallissa osuuskunta vastaa laitoksen hoidosta ja polttoainehuollosta, mutta ei omista lämpölaitosta ja lämmönjakeluverkkoa. (Solmio, Tuomi & Valkonen 1995, 10; Kokkonen & Lapalainen 2005, 11–12.)

### 4.1.3 Yksittäinen lämpöyrittäjä ja yrittäjärenkaat

Vuonna 2011 yksittäiset lämpöyrittäjät ylläpitivät 178 lämpölaitosta, joiden yhteenlaskettu kiinteän polttoaineen kattilateho oli noin 70 MW. Yrittäjäreunkaiden vastuulla oli 42 lämpölaitosta, joiden kattilateho oli noin 12 MW. Keskimääräinen kattilateho yrittäjien hoitamissa lämpölaitoksissa oli 420 kW, kun taas yrittäjäreunkaiden hoitamien lämpölaitosten keskimääräinen kattilateho oli 300 kW. (Vuorio 2012, 2.)

Yksittäisiin lämpöyrittäjiin kuuluivat yrittäjät, jotka hoitivat paikallisten kiinteistöjen lämpöhuollon yhden tai useamman yrittäjän toimesta. Yksittäiset yrittäjät olivat usein maaviljelijöitä, joiden asiakkaina olivat usein kunnat, yritykset tai asunto-osakeyhtiöt. Lämpöhuolto voi olla joko yksittäisen yrittäjän, tai useiden yrittäjien muodostaman yrittäjäreunkaan vastuulla. Useissa tapauksissa lämpöyrittäjät toimittavat laitokselle polttoaineen sekä hoitavat lämmityksen ja laitoksen valvonnan. Yrittäjä voi myös omistaa lämpölaitoksen, jolloin yrittäjä vastaa lämmön toimittamisen lisäksi tarvittavista laiteinvestoinneista. Tällöin yrittäjä ottaa asiakkailtaan laitosinvestoinnin kattavat kulut kuukausittaisen perusmaksun muodossa. Lämpöyrittäjän taloudellinen riski on pienempi, mikäli lämpölaitosinvestointi on asiakkaan vastuulla. (Solmio ym. 1995, 10; Vuorio 2012, 3.)

### 4.2 Ulkopuolinen lämpöyrittäjä vai itse omistettu lämpöyhtiö

Lämpöenergiayhtiön perustamiseksi kahden yrityksen lämmöntuotantoa varten on valittava toimivin vaihtoehto tapauskohtaisesti. Mikäli lämmöntuotanto toteutetaan kokonaisvaltaisena lämpöyrittäjätoimintamuotona, ulkopuolinen lämpöyrittäjä tuottaa lämmön, huolehtii laitoksen polttoainehuollosta sekä vastaa laitoksen ja lämmönjakoverkon investointikustan-



nuksista. Tässä toimintamallissa yrittäjä laskuttaa asiakkailtaan yhtiön kiinteät kustannukset kuukausittaisen perusmaksun muodossa ja lämmön tuottamisesta syntyvät muuttuvat kustannukset laskutettavan energiamaksun muodossa, joka määräytyy asiakkaan lämmönkulutuksen perusteella. Jotta yrittäjän toiminta olisi taloudellisesti kannattavaa, yrittäjän laskuttama energiamaksu on korkeampi, kuin yrittäjälle itselleen lämpöenergian tuottamisesta koituva omakustannushinta.

Suppeammassa muodossa lämpölaitosinvestointi ja lämmönjakoverkon investointi voi olla näiden kahden yrityksen muodostaman yhtiön vastuulla, jolloin ulkopuolinen lämpöyrittäjä hoitaa ainoastaan laitoksen polttoainehuollon sekä laitoksen ylläpidon laitoksen huolto- ja korjaustöineen. Tässä toimintamallissa lämpölaitoksen hoitotyö tehdään alihankintana ulkopuolisen yrittäjän kautta, jolloin alihankkijalle maksetaan työstä ja lämmön tuottamisesta aiheutuvat kustannukset, eli laitoksen muuttuvat kustannukset energiamaksun muodossa. Energiamaksu määräytyy yhtiön asiakkaiden lämmönkulutuksen perusteella. Laitoksen aiheuttamat kiinteät kustannukset jäävät tässä toimintamallissa lämpöyhtiön jäsenten vastuulle, jolloin asiakkaat maksavat laitoksen kiinteät kustannukset lämpöyhtiölle eikä alihankkijalle.

Kahdelle yritykselle lämpöä tuottavan lämpölaitoksen ylläpito voidaan hoitaa myös palkkatyövoimalla, jolloin yritysten muodostama lämpöyhtiö omistaa lämpölaitoksen ja lämmönjakoverkon, ja palkkaa työntekijän hoitamaan lämpölaitoksen ylläpidon ja polttoainehuollon. Tässä toimintamallissa yhtiön palkkaama työntekijänä voisi olla esimerkiksi jommankumman yrityksen työntekijä tai toinen yhtiön omistajista, jolloin lämpöhuollosta vastaava työntekijä hoitaa laitoksen ylläpidon ja polttoainehuollon sivutoimisesti ansiotyönsä ohella.

Yhtiön asiakkaiden kannalta kokonaisvaltainen toimintamalli olisi riskitömin vaihtoehto, kun lämpöyhtiön toiminta ja laitoksen vaativat investoinnit olisivat täysin ulkopuolisen lämpöyrittäjän vastuulla. Toimintamallista riippumatta täytyy tehdä tarkka kirjallinen sopimus lämmön toimitamisesta asiakkaiden ja lämpöyrittäjän välillä, jossa sovitaan osapuolten vastuista ja energian hinnasta, joka voidaan myös sitoa öljyn hintaan. Sopimuksessa tulee ilmetä myös sopimuksen kesto.

### 4.3 Lämpölaitoksen sijainti

Lämpölaitoksen sijaintiin vaikuttavat alueen kaavoitus, sekä maa-alueiden omistajat, mikäli lämpölaitosta varten joudutaan hankkimaan maa-alueita. Lämpölaitoksen tulee sijaita mahdollisimman keskeisellä paikalla lämmityskohteisiin nähden, jotta lämmön siirtoa varten tarvittava lämmönjakeluverkosto olisi mahdollisimman lyhyt. Lämmönjakoverkoston pituus vaikuttaa verkoston investointi- ja käyttökustannuksiin. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002, 15.)

Ympäristö aiheuttaa laitoksen sijoittelulle omat raaminsa: savupiippu tulee sijoittaa sellaiseen paikkaan, että savukaasuista ei aiheudu ympäristölle haittaa. Savupiipun ohjeellisena korkeutena voidaan pitää 2,5 kertaa ym-

päröivien rakennusten korkeus, jolloin savun laskeutuminen alas on epätodennäköistä. Lämpölaitoksen vaatimaa runsasta polttoainetta ajaa varten laitoksen sijainti täytyy suunnitella sellaiseksi, että laitoksen aiheuttama polttoaineliikenne sujuisi ongelmitta ja siitä olisi mahdollisimman vähän haittaa alueen asutukselle. Lämpölaitoksen polttoainesiilon läheisyydessä täytyy olla myös riittävästi tilaa polttoainetta kuljettavien ajoneuvojen kääntymiseen. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002, 14–15.)

### 4.4 Luvat

Satakunnan ammattikorkeakoulun laatimassa julkaisussa, Hakelämpökeskuksen hankinta (2002, 15), painotetaan kaavoituksen asettamien esteiden selvittämistä lämpölaitoksen suunnitellulle paikalle jo heti suunnitelmien alkuvaiheessa. Tämän asian voi selvittää kunnan rakennustarkastajalta. Laitokselle asetettavista päästö- ym. rajoituksista taas täytyy varmistua ympäristöviranomaisten taholta. Alle 5 MW:n kattilalaitokset eivät kuitenkaan tarvitse ympäristölupaa, jos niiden käyttämä polttoaineen energiamäärä vuodessa on alle 54 terajoulea, joka vastaa 15000 megawattituntia.

Lämpölaitoksen rakentaminen vaatii rakennuslupien lisäksi paloviranomaisen hyväksynnän sekä kattilan sijoituspaikkaluvan. Juhani Peltolan mukaan sijoituspaikkaluvan kattilalaitoksen perustamista varten myöntävät mm. Inspecta ja Dekra –tarkastuslaitokset. Painelaitteen sijoittelussa ja sitä ympäröivien tilojen ja rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon vaurio- tai käyttöhäiriötilanteessa tapahtuva sisällön purkautuminen siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän vaaraa. Painelaitteen asianmukainen käyttö, tarkastus ja kunnossapito täytyy ottaa myös huomioon sijoitusta tehdessä. (Turvatekniikan keskus 1999; Peltola, haastattelu 2.10.2012.)

Yli 1 MW:n kiinteän polttoaineen lämpölaitos vaatii edellä mainittujen lupien lisäksi myös laitoksen rekisteröinnin. Rekisteröintejä varten tehtäviä tarkastuksia tekevät viralliset tarkastuslaitokset mm. Inspecta sekä Dekra (Peltola, haastattelu 2.10.2012). Jos laitoksen polttoaineena ei käytetä kiinteitä polttoaineita, rekisteröintivelvollisuus ei koske laitoksia, joiden teho on enintään 10 MW ja veden lämpötila on enintään 120 °C, tai veden lämpötilan ylittäessä 120 °C laitosteho voi olla enintään 1 MW. Rekisteröitävä painelaite on ilmoitettava rekisteröitäväksi ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa. Ilmoituksessa tulee esittää laitteen valmistajaa, maahantuojaa, omistajaa, haltijaa ja käytön valvojaa koskevat tiedot, valvontaviranomaisilta pyydetty rekisterinumero sekä painelaitteen tekniset tiedot ja sijainti. Valvontaviranomaisille on ilmoitettava myös muutokset koskien painelaitteen omistajaa, haltijaa, sijaintia ja käytön valvojaa. (Turvatekniikan keskus 1999; Peltola, haastattelu 2.10.2012.)

#### 4.4.1 Rakennuslupa lämpölaitokselle

Rakennusluvan saamiseksi täytyy rakennuslupahakemuksen liitteeksi olla piirustukset lämpölaitoksesta (Solmio ym. 1995, 22). Nämä piirustukset

saadaan helpoiten suoraan lämpölaitoksien toimittajilta tarjouspyyntöjen kyselyn yhteydessä, mikäli lämpölaitostoimittajien toimittamat laitokset tehdään saman kaavan mukaisesti.

Rakennusluvan lisäksi laitoksen paloturvallisuuden tarkastaa kunnan palo-  
viranomaisen ennen laitoksen käyttöönottoa. Jotta lisäkustannuksilta väl-  
tyttäisiin paloturvallisuuden tarkastuksessa, kannattaa hankkia kunnan pa-  
loviranomaiselta alustava hyväksyminen lämpölaitoksen suunnitelmille jo  
ennen rakennuslupahakemuksen tekemistä. (Solmio ym. 1995, 22.)

### 4.4.2 Luvat kaukolämpölinjan perustamiseen

Kaukolämpölinjan perustaminen vaatii maanomistajan luvan, mikäli läm-  
mönjakoverkkoa vedetään muiden maanomistajien maiden kautta. Kauko-  
lämpöverkon vetämiseksi sähkölinjojen alle täytyy kysyä tähän lupa myös  
sähköverkon omistajalta, joka ei yleensä suhtaudu tällaisiin hankkeisiin  
vastahankaisesti. (Puranen, haastattelu 2.10.2012.)

## 5 LÄMPÖENERGIAYHTIÖN KANNATTAVUUS CASE TUORILAN PUUTARHA JA KENSAPUU

Tässä luvussa käsitellään lämpöenergiayhtiön kannattavuuteen liittyviä  
laskelmia case muotoisesti Tuorilan Puutarhan ja Kensapuun tapauksessa.  
Aluksi selvitettiin tulevan lämpölaitoksen tarvittava kapasiteetti, jonka pe-  
rusteella voitiin investointikustannusten selvittämiseksi pyytää lämmitys-  
laitteistoista tarjouspyynnöt laitostoimittajilta. Tarjouspyynnöt pyydettiin  
kokonaiselle lämpölaitokselle sisältäen laitosrakennuksen, lämmityslait-  
teiston sekä polttoainevaraston. Tarjouspyyntö pyydettiin myös kauko-  
lämpölinjan toimittajalta, jotta laskelmiin saatiin kaukolämpölinjan inves-  
tointikustannukset selvitettyä.

### 5.1 Lämpölaitoksen kapasiteetti

Koska kiinteän polttoaineen lämpölaitosten investointihinnat ovat fossii-  
lisen polttoaineiden polttoon tarkoitettuihin lämpölaitoksiin verrattuna  
huomattavan korkeat, muodostavat investointikustannukset huomattavan  
osan kiinteällä polttoaineella tuotetun lämpöenergian hinnasta. Mitä lyhy-  
emmäksi lämpölaitoksen huipunkäyttöaika jää, sitä suurempi osuus läm-  
mön hinnassa on pääomakustannuksia.

Ennen kuin lämpölaitoksista ja niiden laitteistoista voidaan ottaa tarjous-  
pyyntöjä laitteistojen toimittajilta, täytyy olla tiedossa minkä tehoinen  
lämpölaitoksen lämmityskattilan tulisi olla. Tätä varten on selvitettävä  
huipputehon tarve, eli lämpöenergian kohteen korkein hetkellinen lämpö-  
energian tarve. Tehokkaasti kasvihuoneesta (Tuominen 2003, 66) kirjan  
mukaan lämmityslaitteiden yhteenlaskettu kapasiteetti tulee mitoittaa si-  
ten, että lämpöenergia riittää myös huipputehotarpeen aikana.

Vuosittaisen kokonaisenergiatarpeen saa selvitettyä parhaiten edellisvuosien kulutuksen perusteella, ottaen huomioon mahdolliset tuotannolliset muutokset. Kiinteän polttoaineen lämpölaitoksen mitoituksessa täytyy miettiä laitoksen tuottama energiaosuus kokonaisenergian tarpeesta. (Tuominen, sähköpostiviesti 10.9.2012.)

Kun huipputehon tarve on määritelty, voidaan sen perusteella laskea tulevan lämpölaitoksen kapasiteetti. Tässä tapauksessa vaihtoehtoina tulevan lämpölaitoksen kapasiteetiksi olivat uuden lämpölaitoksen perustaminen kattamaan koko lämmöntarpeen, jolloin olemassa olevat lämmityslaitteet syrjäytettäisiin, tai mitoittamalla uusi lämpölaitos jonkin verran huipputehontarvetta alhaisemmaksi, jolloin huipputehotarpeen aikana lämpöä voitaisiin tuottaa yritysten nykyisillä lämmitysjärjestelmillä. Koska lämpöenergiayhtiön toisella osapuolella, Tuorilan Puutarhalla oli jo käytössään kiinteän polttoaineen lämpölaitos, päätettiin tämä lämpölaitos jättää uuden lämpölaitoksen rinnalle. Tällöin kiinteästä polttoaineesta saatava lämpöenergia kattaisi molempien yritysten lämmöntarpeen miltei täysin myös huipputehotarpeen aikana. Koska tämä olemassa oleva laitos vaatii melko paljon käsityötä laitoksen alhaisen automatisoinnin vuoksi, kannattaisi tätä laitosta käyttää lämmöntuotantoon ainoastaan huipputehotarpeen aikana.

### 5.1.1 Lämpöenergian tarve Kensapuulla

Kensapuulla suurin tehontarve oli tehtaan toiminnan aikana kaikkien laitteistojen ollessa käytössä. Tehdas oli vuonna 2012 toiminnassa arkipäivisin kahdessa vuorossa, eli 16 tuntia vuorokaudessa, 5 päivää viikossa. Kensapuun laajentama käsimaalaamo ja kuivausuuni kuluttivat erityisen paljon lämpöenergiaa niihin johdettavan ulkoilman lämmittämiseen, joten sen energiantarve riippuu suoraan ulkolämpötilasta. (Mäkelä, haastattelu 10.10.2012.)

Hetkellisen lämpötehon tarve Kensapuulla oli yrityksellä tehtyjen laskelmien mukaan tehtaan käsimaalaamoon syksyllä 2012 tehdyn laajennuksen jälkeen 2400–2500 kW.

Vuoden 2011 kevytpolttoöljyn ja raskaspolttoöljyn kulutusten perusteella yrityksen vuotuinen energian tarve ennen käsimaalaamon laajennusta oli noin 2052 MWh vuodessa (Liite 10) ja laajennuksen jälkeen kulutus oli noin 3500 MWh vuodessa. Kensapuun laajennusosan vaikutus laskettiin ilmanvaihtokoneiden läpi virtaavan ilmamäärän sekä ulkolämpötilan keskiarvon ja lämmitetyn ilman erotuksen avulla. Ilmanvaihtokoneiden läpi virtaava ulkoilma lämmitetään 20 °C, joten käsimaalaamo tarvitsee lämpöenergiaa vain silloin, kun ulkoilman lämpötila on alhaisempi, kuin 20 °C. Lämpöenergian kulutus laskettiin ulkolämpötilan viikkokohtaisen keskiarvon perusteella joka viikolle erikseen. Ulkolämpötilana käytettiin Tuorilan Puutarhan sääaseman mittauksia vuodelta 2011. Ilman lämmittämiseen tarvittava energia voidaan laskea kaavasta:

$$\Delta E = c * m \Delta t \quad (1)$$

jossa  $\Delta E$  on lämmittämiseen tarvittava energia

$\Delta t$  on lämpötilan muutos

$c$  on aineen ominaislämpökapasiteetti

$m$  on ilmamäärä kg.

Yritys ilmoitti käsimaalaamon olevan käytössä 5 vuorokautta viikossa 16 tuntia päivässä. Käsimaalaamokaappien lämmönkulutuslaskelmat ovat liitteessä 8 ja kuivausuunin lämmönkulutus on liitteessä 9. Kensapuun lämmönkulutus laajennusosan valmistumisen jälkeen nousee laskennallisesti noin 1444 MWh vuodessa, joten tuleva lämpöenergian kulutus olisi noin 3500 MWh vuodessa (Taulukko 2).

Taulukko 2. Yritysten lämpöenergian kulutus vuonna 2011

	Lämmön kulutus MWh
Tuorilan Puutarha Oy	
Polttoainekulutus 6/2010 - 5/2011	5 469 MWh
Viljelytoimien muutokset	-420 MWh
Yhteensä	5 049 MWh
Kensapuu Oy	
Polttoainekulutus 2011	2 056 MWh
Kuivausuunin kulutus	425 MWh
Käsimaalaamon kulutus	1 019 MWh
Yhteensä	3 500 MWh
Yhteensä	8 549 MWh

### 5.1.2 Lämpöenergian tarve Tuorilan Puutarhalla

Tuorilan Puutarhan huipputehontarve selvitettiin kasvihuoneiden kateneliöiden perusteella. Aluksi otettiin kaikista kasvihuoneista mitat, joiden perusteella laskettiin huonekohtaisesti kateneliöt. Tämän jälkeen katteen pinta-alan, minimiulkolämpötilan sekä kasvihuoneen sisälämpötilan perusteella laskettiin huipputehon tarve huonekohtaisesti. Laskelmiin vaikuttivat katemateriaali, huoneen viljelyaikataulu sekä viljelylämpötila. Viljelylämpötilana pidettiin kyseisessä huoneessa viljeltävälle kasville käytettävää yölämpötilaa, koska huipputehon tarve on suurin yöaikaan, kun kasvihuoneen valotus on pois käytöstä. Koko yrityksen huipputehon tarve saatiin, kun laskettiin huonekohtaisesti lasketut huipputehontarpeet yhteen. Huipputehon tarve voidaan laskea kaavasta:

$$P = u * A * (ts - tu) \quad (2)$$

jossa

P on lämpöteho watteina

u on katemateriaalin lämmönläpäisykerroin eli u-arvo

A on katteen pinta-ala

ts on huoneen mitoittava sisälämpötila

tu on mitoittava ulkolämpötila.

Korkein huippu lämmönkulutuksessa muodostui laskelmissa maaliskuun aikana, jolloin kausiviljelyssä olevat kasvihuoneet otettiin käyttöön. Kun kasvihuoneen valotuskalustot ovat pois käytöstä, kuluu energiaa huomattavasti oikean viljelylämpötilan ylläpitämiseksi. Erityisesti lämpöä kuluttivat saneerauskuntoiset kasvihuoneet, joissa oli paljon lämpövuotoja. Huipputehotarpeen selvittämiseksi tehdyt laskelmat ovat liitteessä 7.

Kasvihuoneissa käytettävät suurpainenatriumvalaisimet tuottavat valon lisäksi huomattavan paljon lämpösäteilyä, joten niiden ollessa pois käytöstä täytyy tämä valaisimien tuottama lämpö tuottaa kasvihuoneeseen lämmityslaitteiston avulla. Tuomisen (sähköpostiviesti, 12.9.2012) mukaan suurpainenatriumvalaisimien luovuttama lämpöteho erään diplomityön mukaan on noin 90–92 % liitäntätehosta, jolloin valaisimista saataisiin suurin piirtein nimellistehon verran lämpöä, koska nimellisteholtaan 400 W:n valaisimien liityntälaitteet ottavat sähkövirtaa verkosta noin 440–460 W:n teholla.

Lämpöenergian vuotuinen kokonaistarve Tuorilan Puutarhalla on laskettu yrityksen tilikauden 6/2010–5/2011 polttoaineiden kulutustietojen perusteella (Taulukko 2). Vuotuinen lämpöenergian tarve Tuorilan Puutarhalla oli yrityksen tilikauden 2010–2011 aikana noin 5609 MWh. Ottaen huomioon yrityksen tuotannossa tapahtuneet muutokset vuoden 2012 aikana, pienenee yrityksen lämpöenergian tarve arviolta 420 MWh vuodessa, jolloin tuleva lämpöenergian tarve nykyisellä viljelymenetelmällä olisi noin 5049 MWh vuodessa.

## 5.2 Lämpölaitoksen mitoittava polttoaine

Ennen kuin tarjouspyyntöjä voitiin pyytää lämpölaitosten toimittajilta, täytyi olla tiedossa laitoksen mitoittava polttoaine, eli mitä polttoainetta lämpölaitoksessa suunniteltiin käytettäväksi. Mitoittava polttoaine sekä polttoaineen kosteus vaikuttivat kattilalaitoksen mitoittamiseen ja tämän myötä investointikustannuksiin. Polttoainetta valittaessa täytyi ottaa polttoaineen saatavuus huomioon, jotta polttoainetta olisi saatavissa varmuudella riittävät määrät. On myös huomioitava, että polttoaineen kulutus on suurinta kovien pakkasten aikana, kun polttoaineen laadun varmistus on vaikeinta. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002, 11.)

Käytettävän polttoaineen valintaan vaikuttaa vuotuisen lämmitystarpeen lisäksi yrityksen sijainti, koska polttoaineiden kuljetus paikallisilta tuottajilta tulee huomattavasti kannattavammaksi pitkien kuljetusmatkojen aihe-

uttamien kustannusten vuoksi. Erityisesti turpeen saatavuus vaihtelee paljon alueittain, koska saatavuus riippuu turpeennostosoiden sijainnista.

Tässä tapauksessa mitoittavaksi polttoaineeksi valittiin metsähake. Vaihtoehtoiseksi polttoaineeksi valittiin metsähakkeen ja Kensapuun MDF-levyistä peräisin olevan murskan ja hiontapölyn sekoitus. Metsähakkeen saatavuus laitoksen sijaintipaikkakunnalla on ollut hyvä ja hakkeen toimittajia alueella on riittävästi tämän kokoluokan laitoksen tarpeen kattamiseksi. Edellä mainittua vaihtoehtoista polttoainetta käytettäessä saataisiin polttoainekustannuksia alhaisemmiksi ja samalla voitaisiin hyödyntää muutoin jätteeksi menevä tuotannon sivutuote lämmityksessä. Samalla saataisiin myös hieman joustoa polttoainetoimituksiin, koska käytettäessä kyseistä sivutuotetta polttoaineena hakkeen rinnalla vähentäisi se hakkeen kulutusta. Näin ollen haketoimitusten määrä saadaan alhaisemmaksi.

MDF-levyistä tehty murska ja hiontapöly vaativat käytettävästä sekoitussuhteesta huolimatta polttolaitokselta ympäristöluvan saamista, joten hakkeen ja MDF-sivutuotteen sekoitus otettiin laskelmissa huomioon vaihtoehtoisena polttoaineena. (Mäkelä, sähköpostiviesti 18.12.2012). Tämän vuoksi laitosvaihtoehtolaskelmissa otettiin polttoainekustannuksissa huomioon vain puuhake (liitteet 1-5). MDF:n käyttö polttoaineena vaatii laitokselta myös 2,5 s:n viipymän polttilanteessa, jotta poltossa syntyvien savukaasujen epäpuhtaudet palavat. MDF:n polttamista varten tehtävät muutostyöt kattilarakenteisiin ja instrumentointiin nostavat investointikustannuksia arviolta 10–15 %.(Sutinen, sähköpostiviesti 2.1.2013.)

### 5.3 Keskitetyn lämmöntuoton kustannukset eri skenaarioissa

Tarjouspyyntöjen kautta saatujen tarjousten perusteella 3-3,2 MW:n lämpölaitosten hinta vaihteli eri toimittajien välillä 780 000 eurosta 1 595 000 euroon ALV 0 %. Eri laitosvaihtoehdoilla tehdyt laskelmat ovat liitteissä 1–5. Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon laitoksesta (CHP-laitos) ei tämän opinnäytetyön julkaisuun mennessä saatu tarjousta, joten CHP-laitoksen kustannuksina laskelmissa pidettiin vuonna 2011 CHP-laitostoimittajan ilmoittamaa höyryturbiinilaitoksen arvioitua hintaluokkaa, joka tuolloin oli 1 miljoonaa euroa / 3 MW lämpöä tuottava laitos ja 0,5 miljoonaa euroa sähköntuotantolaitteet edellä mainittuun laitokseen. CHP-laitoksen rakennuksen kustannuksina laskelmissa pidettiin samaa kustannusta, kuin Laatikattila Oy:n tarjouksessa. Laskelmissa sähkön myyntihintana pidettiin 37 €/MWh markkinahintaa. Sähkön syöttötariffina pidettiin 83,5 €/MWh, mutta syöttötariffihintaa ei otettu laskelmissa huomioon, koska tällöin laitosinvestointi ei olisi tukikelpoinen. Sähköntuotannon määrä CHP-laitoksessa olisi enintään 20 %, mutta koska laitos tuottaisi sähköä vain laitoksen toimiessa huipputeholla, arvioitiin sähköntuotantomääräksi 1/3 sähköntuotantomäärästä, jolloin sähköntuotantomääränä laskelmissa pidettiin 7 % tuotetusta lämpöenergiasta. (Kerola, haastattelu 4.12.2012.) Eri laitosvaihtoehdoilla tuotetun lämpöenergian pääomakustannukset ovat taulukossa 3.

## Lämpöenergiayhtiön perustaminen

Taulukko 3. Lämmön omakustannushinta eri laitostoimittajilla 3 MW:n lämpölaitoksilla.

	A1 (3 MW, hake)	A2 (3 MW, hake)	B (3,2 MW, hake)	C (3 MW, hake)	CHP (3 MW, hake)	
Tukikelpoiset investointikustannukset yhteensä	960 000	1 025 000	1 572 000	1 788 000	1 606 700	euroa
Investointikustannukset YHTEENSÄ	1 185 277	1 252 585	1 826 935	2 053 735	2 434 999	euroa
Pääomakulujen osuus lämmön hinnasta	14,3	15,1	21,8	24,5	30,2	€/MWh
Muuttuvien kulujen osuus	38,5	38,6	39,3	39,5	39,0	€/MWh
<b>LÄMMÖN OMAKUSTANNUS HINTA</b>	52,9	53,7	61,2	64,0	69,2	€/MWh
	451 880,6	459 280,2	523 028,2	547 313,7	591 539,1	€/a

Kaukolämpöputkesta ja laitoksen perustuksista pyydettiin tarjous yhdeltä yritykseltä. Arviolta 900 metriä pitkä kaukolämpölinja kustantaa tarjouksen perusteella 150 000 euroa asennettuna ALV 0 %. Perustuskustannus edullisimman laitostarjouksen pohjapiirustuksen perusteella oli 175 000 euroa ALV 0 %.

Tontin hintana pidettiin Keski-Pohjanmaalla vuonna 2010 ollutta pellon mediaanihintaa, joka tuolloin oli 7466 euroa hehtaarilta (Kauppahintatilasto 2012). Kansalaisen karttapaikka –palvelun avulla laskettuna maa-alueen pinta-alaksi arvioitiin 1,47 ha.

Laskelmissa kiinteän polttoaineen osuus lämmöntuotannosta 3 MW:n laitosratkaisulla oli 90 %, jolloin loput 10 % tuotettaisiin yritysten nykyisillä kevytöljykattiloilla kulutushuippujen ja huoltotaukojen aikana. Huipputehotarpeen aikana käytössä tulisi olemaan myös Tuorilan Puutarhan nykyinen kiinteän polttoaineen lämmitysjärjestelmä, jonka ansiosta kevytöljyn käyttö lämmityksessä tulisi olemaan erittäin vähäistä. Laitoksen suunniteltiin käyttävän polttoaineena puuhaketta, jonka hinta varastoon toimitettuna oli 25,2 euroa /MWh.

Taulukosta 3 ilmenee, että pääomakulut ovat CHP-laitoksen arvioituilla kustannuksilla laskettuna yli kaksinkertaiset verrattuna investointikustannuksiltaan halvimpaan laitokseen. Pääomakulujen osuus lämmöntuotannon kustannuksista vaihtelivat laitostoimittajien kesken pellettilaitoksen 13 prosentista CHP -laitoksen 44 prosenttiin.

3 MW:n hakelämpölaitosten rinnalla vertailussa olleiden 2 MW:n yhteis- ja erillishakelämpölaitosten lisäksi vertailuun otettiin yrityskohtaiset 1,5 MW:n pellettilämpölaitokset. Pellettilämpölaitoksissa tuotetun lämpöenergian hinnassa oli pienempi osuus pääomakustannuksista, kuin hakelämpölaitoksella tuotetun lämpöenergian hinnassa. Tämä selittyy pellettiläm-



pöläitoksen pienemmillä investointikustannuksilla sekä korkeammalla polttoaineen hinnalla hakelämpölaitoksiin verrattuna (Taulukko 4).

Taulukko 4. Lämmön omakustannushinta 2 MW:n yhteislämpölaivosvaihtoehdolla sekä 2 MW:n erillisillä hakelämpölaitoksilla ja 1,5 MW:n erillisillä pellettilämpölaitoksilla.

	D (2MW, hake)	D (2 MW, hake) /Tuorila	D (2 MW, hake) /Kensa	E (1,5 MW, pelletti) /Tuorila	E (1,5 MW, pelletti) /Kensa	
Tukikelpoiset investointikustannukset yhteensä	886 000	886 000	886 000	280 000	280 000	euroa
Investointikustannukset YHTEENSÄ	1 106 635	937 760	937 760	301 460	301 460	euroa
Pääomakulujen osuus lämmön hinnasta	13,4	22,0	27,1	7,0	8,7	€/MWh
Muuttuvien kulujen osuus	44,9	40,1	46,4	48,4	57,2	€/MWh
<b>LÄMMÖN OMAKUSTANNUS HINTA</b>	58,3	62,1	73,5	55,4	65,9	€/MWh
	498 668,7	313 477,1	257 394,2	279 899,5	230 536,8	€/a

Vertailussa Tuorilan 1,5 MW:n pelletti erillislämpölaitoksen investointikustannukset olivat melko lähellä 3 MW:n yhteiskäytössä olevan hakelämpölaitoksen tuottamia Megawattituntikohtaisia lämmönhintoja. 3 MW:n yhteisellä lämpölaitoksella lämmön omakustannushinta oli halvimmillaan 52,9 euroa /MWh, kun se omalla 1,5 MW:n pellettilaitoksella oli 55,4 euroa /MWh. Laskelmissa erilliset lämpölaitokset näyttävät Tuorilan Puutarhan kannalta huomattavasti edullisemmilta, kuin Kensapuun kannalta. Tämä johtuu Tuorilan suuresta vuosittaisesta energiantarpeesta sekä yrityksen nykyisestä KPA -lämpölaitoksesta, jota voidaan käyttää tulevan laitoksen rinnalla. Laskelmissa Kensapuun huipputehotarpeen aikainen lämpöenergia tuotettiin kevytöljyllä.

### 5.3.1 Lämpölaitoksen investointikustannukset

Lämpölaitoksen laskelmissa huomioidut investointikustannukset sisälsivät kaikki kustannukset, jotka koituvat lämpölaitoksen perustamisesta ostettavalle peltotontille. Kustannukset sisälsivät kaikki lämpölaitoksen perustamisesta syntyvät kustannukset kyseiselle maa-alueelle. Nämä kustannukset eivät sisällä lämmön siirrosta asiakkaille koituvia kustannuksia.

Laitostoimittajilta saadut tarjoukset sisälsivät laitoksen tarvittavat laitteet ja rakennukset rakennus- ja asennustöineen ilman perustuksia. Tämän lisäksi kustannuksia syntyi suunnittelutöistä, rakennusluvista ja lämmityskattilan sijoituspaikkaluvasta, tontille tehtävistä maa-alueistöistä sekä perustuksista ja tarvittavista liittymismaksuista.

- Lämpölaitoksen investointikustannukset sisälsivät laitoksen
- suunnittelutyöt
  - rakennus- ja asennustyöt
  - rakennusluvat sekä lämmityskattilan sijoituspaikkaluvan
  - maa-alue työt sekä perustukset sekä tontin ostohinnan
  - kiinteän polttoaineen kattilan sekä polttoaineen syöttölaitteet varustei-  
neen
  - kattilarakennuksen sekä polttoainevaraston
  - savupiipun sekä
  - vesi-, viemäri-, sähkö-, ja tietoliikenneliittymät.

### 5.3.2 Kaukolämpölinjan investointikustannukset

Lämmönjakoa varten perustettavan kaukolämpöverkon investointikustannuksiin vaikuttivat kaukolämpöputken malli, halkaisija, materiaali, eristyksen paksuus, pituus, maaston aiheuttamat esteet sekä putken suunnanmuutokset. Suomen Kaukolämpö ry (2003) julkaisun mukaan kaukolämpöputken materiaalina käytetyin on metalliputki, joka soveltuu 120 °C jatkuvalle ja 140 °C hetkelliselle menoveden lämpötilalle 1,6 MPa (16 bar) maksimipaineessa. Muoviputkijärjestelmien, joiden asentaminen on metalliputkiin verrattuna nopeampaa, heikkoutena on niiden alhaisempi lämpötilan ja paineen kesto. Muoviputkijärjestelmät soveltuvat maksimissaan 80 °C jatkuvaan ja 95 °C hetkelliseen menoveden lämpötilaan 10 barin maksimipaineessa. (Viitanen, Kiiskinen, Saviniemi, Sirola 2003. 5–7.)

Lämmönsiirtoa varten perustettavan kaukolämpölinjan investointikustannukset sisältävät

- kaukolämpöputken
- asennustyön
- pintatyöt putken asennuksen jälkeen.

Yrityskohtaisten lämmönjakokeskusten investointikustannukset kaukolämpöverkkoon liittymiseksi jätettiin laskelmien ulkopuolelle ja ne jäävät lämpöenergiayhtiön asiakkaiden maksettaviksi kaukolämpöverkkoon liittyttäessä. Laskettaessa lämpöenergian hintaa yrityskohtaisesti, otettiin laskelmissa huomioon lämmönjakokeskuksen investointikustannus siten, että lämmönjakokeskuksen investointihintana pidettiin 10 000 euroa ja takaisinmaksuaikana 10 vuotta.

### 5.3.3 Lämpölaitoksen käyttökustannukset

Lämpölaitoksen käyttökustannukset koostuivat lämmityksessä käytettävän polttoaineen kustannuksista, laitoksen sähköenergian kulutuksesta, huolto- ja korjauskustannuksista, laitoksen hoitotyön kustannuksista sekä hallintokuluista ja vakuutuksista.

Polttoaineen hinta käytettävälle polttoaineelle määräytyi polttoaineen yleisen hintatason, laadun, toimittajan ja toimitusmatkan mukaan. Laskettaessa kiinteän polttoaineen hintaa tuotettua lämpömegawattituntia kohden,

täytyi laskelmissa ottaa huomioon polttoaineen siilohinnan lisäksi polttoaineen kosteus, joka vaikuttaa polttoaineesta saatavaan lämpötehoon. Polttoainevertailussa puuhakkeen ja nestekaasun hintoina pidettiin Tuorilan Puutarhan maksamia hintoja, pelletin hintana pidettiin Kerolan puhelin keskustelussa ilmoittamaa hintaa, raskaspolttoöljyn hintana pidettiin Kensapuun öljystä maksamaa hintaa ja kevytpolttoöljyn hintana pidettiin Nesteen 3.12.2012 tarkistettua päivän hintaa lämpölaitoksen paikkakunnalle toimitettuna. MDF -pölyn hintana pidettiin pölyn siirrosta Kensapuulta lämpölaitokselle aiheutuvia logistisia kustannuksia. (Kerola, haastattelu 4.12.2012; Mäkelä, haastattelu 19.9.2012; Neste 2012.)

Laitoksen energiankulutukseen kuuluvat laitoksen käyttämä sähkö, jonka kulutus määräytyy pääasiassa laitoksen käyttötuntien mukaan. Sähkönkulutusta laitoksessa tosin on myös laitoksen vajaakäytön aikana, koska lämmönsiirrossa käytettävät kiertovesipumput ovat jatkuvasti käytössä. Laitosten omakäyttösähkön määrä vaihteli eri laitostoimittajilla 0,8–1,7 % tuotetusta lämpömäärästä, eli 1000 kWh lämmön tuottamiseen tarvittiin laitteistosta riippuen 8–17 kWh sähköä. Sähkön ostohintana laskelmissa pidettiin 100 €/MWh. Laitoksen sähkönkulutuksessa ei otettu huomioon kaukolämpöpumppujen sähkönkulutusta.

Laitoksen huolto- ja korjauskustannukset laskettiin prosentuaalisena arvona kyseisen laitoksen investointikustannuksista. Näin saatiin arvioidut kustannuserät huolto- ja korjauskustannusten vuosikustannuksista. Kuluvimpia kohteita laitteistoissa ovat muun muassa liikkuvat arinaraudat, tulipesän muuraukset sekä polttoaineen syöttöjärjestelmät ja tuhkanpoisto ruuvit.

Työkustannuksiin kuuluivat laitoksen huolto- tarkastus- ja korjauskäynteistä sekä polttoaineen hankinnasta ja mahdollisesta siirtelystä koituvat työntekijän arvioidut palkkakustannukset sivukuluineen. Lämpölaitoksen työkustannuksina pidettiin kaikkien haketta polttavien laitosvaihtoehtojen kohdalla 30 000 euroa vuodessa ja pellettilaitosten kohdalla 6000 euroa vuodessa (Kerola, haastattelu 4.12.2012).

Lämpölaitoksen polttoainekustannukset laskettiin ottaen huomioon laitoksen hyötysuhde, polttoaineen hinta sekä laitoksen tuottaman lämmön osuus kokonaislämmöntarpeesta. Laskelmissa oletettiin 3 MW:n lämpölaitoksen kattavan 90 % lämmöntarpeesta ja 2 MW:n lämpölaitoksen 75 % lämmöntarpeesta. Jäljelle jäävä 10 % lämmöntarpeesta tuotetaan yritysten nykyisillä lämmitysjärjestelmillä, joista Tuorilan Puutarhan KPA -lämpölaitoksella voitiin tuottaa arviolta kaksi kolmasosaa, eli 10 % kokonaislämmöntarpeesta. Öljylämmitykseen turvauduttaisiin vain huipputehotarpeen aikana, joten öljyn osuus kokonaislämmöntarpeesta olisi vain 2 %. Laskelmissa oletettiin, että Tuorilan nykyisellä KPA -laitoksella tuotettaisiin lämpöä lämpöyhtiön verkkoon, kun 3 MW:n lämpölaitoksen tuottama lämpöteho ei enää riitä kattamaan lämmöntarvetta. Kensapuun ja Tuorilan Puutarhan öljylämmityskattilat otettaisiin käyttöön vasta, kun kiinteän polttoaineen lämpölaitokset eivät riitä kattamaan lämmöntarvetta.

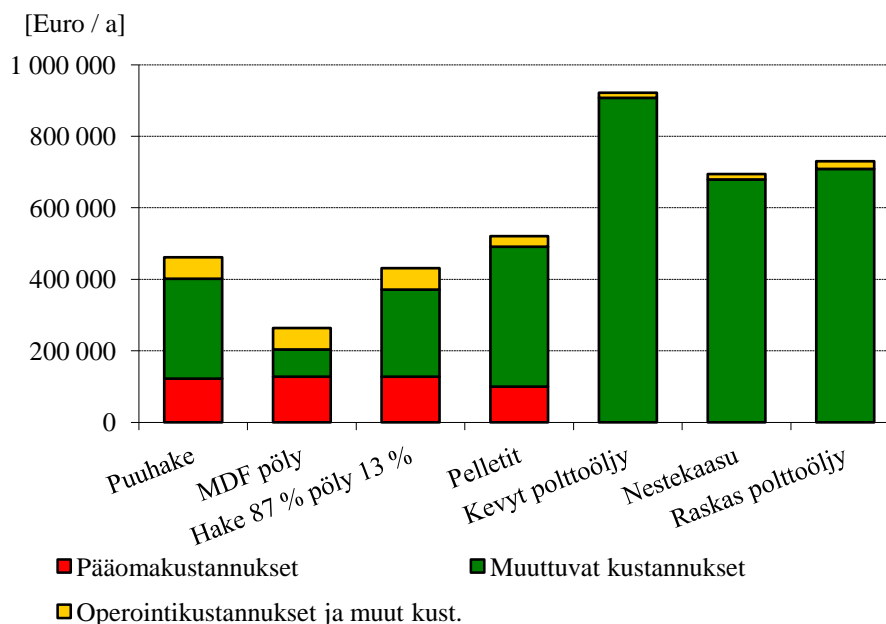
### 5.3.4 Lämpöenergian hinta eri polttoaineita käytettäessä

Kensapuun sivutuotetta syntyi vuodessa Himangan toimipisteessä noin  $1200 \text{ i-m}^3$ , jonka lisäksi Kaustisen toimipisteeltä tuli samaa tavaraa noin  $400 \text{ i-m}^3$  vuodessa, eli yhteensä noin  $1600 \text{ i-m}^3$  vuodessa. Mikäli polttoaineena käytettäisiin hakkeen ja MDF -murskan sekoitusta olisi järkevää hyödyntää sivutuotteena syntyvä MDF -murska täysin tulevan laitoksen polttoaineena. Laskelmien mukaisella lämmöntuotantomäärällä laskettuna muodostuisi syntyvän MDF -murskan määrän perusteella polttoaineiden sekoitussuhteeksi n. 87 % haketta ja n. 13 % MDF -murskaa. Tällöin olisi vuotuinen hakkeen tarve uudessa laitoksessa noin  $10\,436 \text{ i-m}^3$ , jonka lisäksi käytettäisiin MDF-murskaa noin  $1600 \text{ i-m}^3$ . Pelkkää puuhaketta käytettäessä vuotuinen hakkeen tarve uuden laitoksen osalta olisi noin  $12\,550 \text{ i-m}^3$ .

Edullisimman 3 MW:n lämpölaitostarjouksen mukaan laskettuna vuotuisissa lämmityskustannuksissa oli huomattavia eroja eri polttoaineiden välillä. Laskelmissa ei otettu huomioon olemassa olevien lämmitysjärjestelmien, eli kevyt- ja raskaspolttoöljykattiloiden sekä nestekaasukattilan investointikustannuksia, koska laskelmissa oletettiin käytettävän yritysten nykyisiä lämmitysjärjestelmiä.

Puuhaketta tai hakkeen ja pölyn sekoitusta käytettäessä lämmityskustannukset jäivät vuositasolla noin puoleen siitä, mitä ne olivat kevytpolttööljyllä. Pelkkä MDF-levyn työstämisestä syntyvä puujäte oli kuviossa mukana lähinnä vain vertailuarvona, koska kyseistä polttoainetta ei syntynyt tarpeeksi tämän kokoluokan laitoksen tarpeisiin. Lämmityskustannusten vertailulaskelmat polttoaineittain ovat liitteessä 6. Kyseiset laskelmat tehtiin edullisimman 3 MW:n hakelämpölaitostarjouksen perusteella, mutta kustannukset pellettilämmitykselle laskettiin 3 MW:n pellettilaitoksella (Kuvio 1). MDF -pölyä polttavien laitosten kustannuksissa on huomioitu kattilan 10 % korkeammat investointikustannukset.

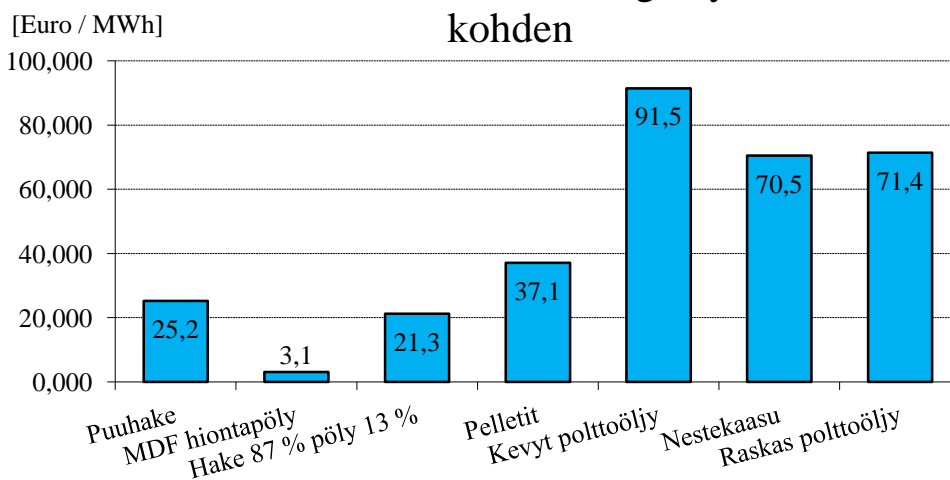
## Vuotuiset lämmityskustannukset yhteensä



Kuvio 1. Tuorilan Puutarhan ja Kensapuun yhteenlasketut vuotuiset lämmityskustannukset eri polttoaineilla.

Polttoainekustannukset tuotettua energiayksikköä kohden vaihtelivat eri polttoaineiden välillä melkoisesti (Kuvio 2). Polttoainekustannuksiltaan edullisimmaksi tulisi käyttää Kensapuun tuotannon sivutuotetta, eli MDF -levyjen työstöstä syntyvää puujätettä, mutta sitä ei normaalissa tehdastuotannossa synny tarpeeksi, jotta se riittäisi kattamaan tämän kokoluokan laitoksen polttoainetarpeen.

## Polttoainekustannukset energiayksikköä kohden



Kuvio 2. Polttoainekustannukset tuotettua megawattituntia kohden.

Kuviosta 2 käy ilmi, että polttoainekustannus pellettejä käytettäessä oli noin 1,5-kertainen hakekustannuksiin verrattuna, kun taas nestekaasun ja raskasöljyn polttoainekustannukset olivat noin 2,8-kertaisia hakekustan-

nuksiin verrattuna. Kevyen polttoöljyn polttoainekustannus oli noin 3,6-kertainen hakkeeseen verrattuna.

### 5.4 Lämpöenergiayhtiön kannattavuuslaskelmat

Kannattavuuslaskelmissa hyödynnettiin Bioenergian erikoistumisopinnot –opintojaksolla luennoineen Veli-Matti Alasen opiskelijoiden käyttöön luovuttamia laskentapohjia. Laskentapohjat oli tarkoitettu työkaluksi lämpöyrittäjille, jotta yrittäjän olisi helppoa hahmottaa investoinnin kannattavuutta. Työssä hyödynnettiin kahta eri laskentapohjaa. Alasen itse tekemällä laskentapohjalla laskettiin yrityksen kannattavuus eri laitosvaihtoehtoilla. Toinen laskentapohjista oli Altener BIOHEAT – projektissa kehitetty laskentapohja, jolla voitiin laskea lämmityskustannuksia eri polttoaineilla.

Laskentapohjissa oli valmiit laskentakaavat valmiina ja laskelmien tekemiseen riitti kustannusten syöttö niille tarkoitettuihin taulukkoihin. Laskelmia tosin täydennettiin vastaamaan paremmin juuri kyseistä lämpöyrittäshanketta. Alasen laskentapohjassa oli valmius vain yhden laitosvaihtoehdon laskemiseen kerralla, jonka vuoksi laskentapohjaa muutettiin siten, että laskelmaan tuli rinnakkain kaikkien tarjouksen jättäneiden laitostoimittajien laitosvaihtoehdot (liitteet 1–5). Eri laitostoimittajien laitosvaihtoehdot merkittiin laskelmiin kirjain- ja numerotunnuksella taulukoiden ja kaavioiden selkeyttämiseksi. Jäljempänä listaus laskelmissa käytetyistä tunnuksista, valmistajasta ja laitoksen tyyppistä:

- A1 = Sykäke Oy, 3 MW moduulirakenteisella 320 m<sup>3</sup> polttoainevarastolla
- A2 = Sykäke Oy, 3 MW hallirakenteisella 320 m<sup>3</sup> polttoainevarastolla
- B = Nakkila Oy, 3,2 MW, 330 m<sup>3</sup> polttoainevarastolla
- C = Laatukattila Oy, 3 MW, 500 m<sup>3</sup> polttoainevarastolla
- CHP = Hansapower 3 MW, arviohinta vuodelta 2011, rakennuksen hintana käytetty Laatukattila Oy:n tarjoamaa hintaa.
- D = Sykäke Oy, 2 MW moduulirakenteisella polttoainevarastolla
- E = Keisaripelletti Oy, 1,5 MW, pellettilaitos, laitostoimittajan arviohinta

Altener Bioheat –laskentapohja laski oletuksena lämmityksen kustannukset hakkeelle, pelletille, polttoöljylle sekä maakaasulle. Tätä laskentapohjaa muutettiin siten, että laskelmissa olivat mukana kaikki polttoainevaihtoehdot, joita laitoksessa voitaisiin hyödyntää, sekä lisäksi yritysten nykyiset lämmitysjärjestelmät. Muutoksen jälkeen laskelmassa olivat mukana hake, MDF –pöly, hakkeen (87 %) ja pölyn (13 %) sekoitus, pelletit, kevyt polttoöljy, nestekaasu sekä raskas polttoöljy (liite 6).

Lämpölaitosinvestoinnin vuotuinen tuotto voidaan laskea kaavasta:

$$Y = k_1 - k_2 \quad (3)$$

missä Y on vuotuinen tuotto

k<sub>1</sub> on käyttökustannukset / a, verrokki, yritysten nykyiset lämmitysjärjestelmät

k<sub>2</sub> on käyttökustannukset / a, lämpölaitos investointi

Yritysten nykyisten lämmitysjärjestelmien käyttöön verrattuna, 10 vuoden takaisinmaksuajalla laskettuna ja edullisimman tarjouksen perusteella, lämpölaitosinvestoinnin vuotuiseksi tuotoksi Y tulee Y = 500 405 euroa – 461 880 euroa, jolloin Y = 38 525 euroa vuodessa. Laskelmassa on huomioitu uuden järjestelmän kiinteät kustannukset ja muuttuvat kustannukset, mutta vanhan järjestelmän kustannuksista vain muuttuvat kustannukset ja Tuorilan kiinteän polttoaineen laitoksen nykyinen vuosittainen poisarvo.

Kun vuotuinen tuotto laskettiin vertaamalla uutta laitteistoa raskasöljyn käyttökustannuksiin, muuttuu kaava seuraavasti:

Y on vuotuinen tuotto

k<sub>1</sub> on käyttökustannukset / a, verrokki, raskasöljy

k<sub>2</sub> on käyttökustannukset / a, lämpölaitos investointi.

Vertaamalla uuden lämpölaitosinvestoinnin käyttökustannuksia raskasöljylaitoksen käyttökustannuksiin, tulee uuden laitoksen vuotuiseksi tuotoksi Y = 701 426 euroa – 461 880 euroa, jolloin Y = 239 546 euroa.

Investoinnin takaisinmaksuaika voidaan laskea kaavasta:

$$T = \frac{I_2 - I_1}{Y} \quad (4)$$

missä T on takaisinmaksuaika

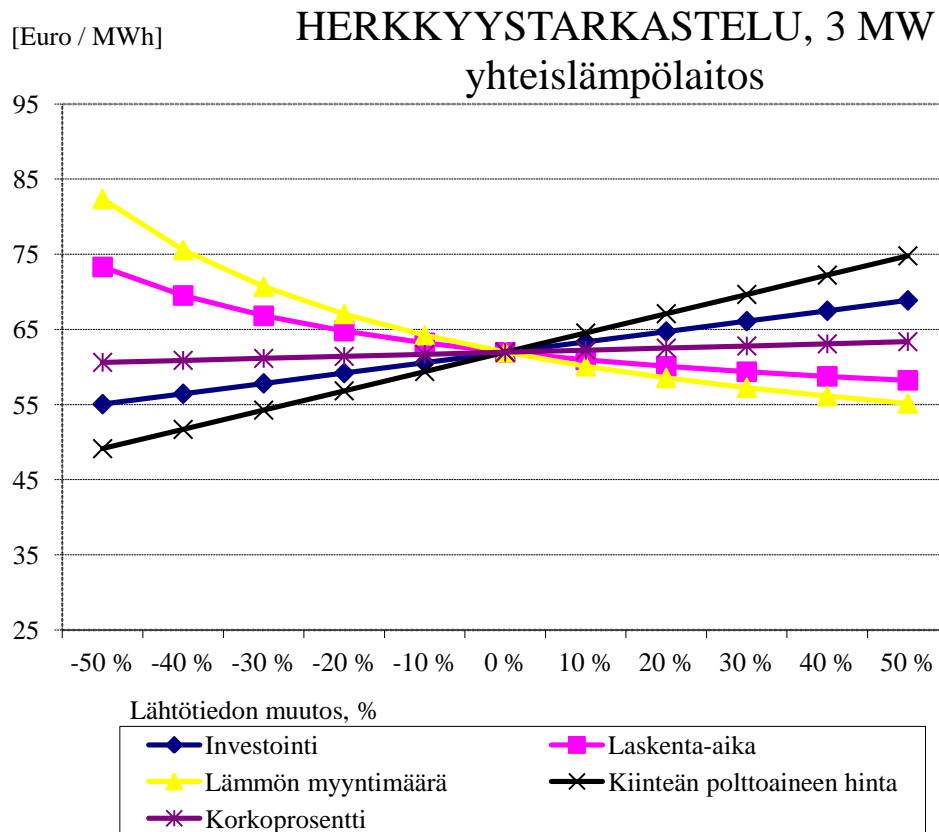
I<sub>2</sub> on lämpölaitos investointi

I<sub>1</sub> on verrokki investointi, raskasöljy

Y on vuotuinen tuotto

Vertaamalla uutta laitosten investointia raskasöljyn käyttöön, saadaan takaisinmaksuajaksi T = 1 039 631 – 0 / 239 546, jolloin T = 4,34 vuotta. Kyseinen laskelma on tehty vertaamalla investointia yritysten nykyisiin raskasöljykattiloihin, jolloin raskaan polttoöljyn lämmitysjärjestelmiin ei tarvitse investoida. Tämän vuoksi verrokki investoinnin kustannuksena on 0 euroa. Mikäli raskaan polttoöljyn lämpölaitoksen investointi otettaisiin huomioon, tulisi laskennallinen takaisinmaksuaika olemaan lyhyempi. Tässä menetelmässä ei otettu koron osuutta huomioon.

Vertaamalla uutta laitosten investointia yritysten nykyisiin lämmitysjärjestelmiin, saadaan takaisinmaksuajaksi T = 1 039 631 – 0 / 38 525, jolloin T = 26,99 vuotta.



Kuvio 3. Herkkyystarkastelu 3 MW:n yhteishakelämpökeskukselle edullisimman tarjouksen mukaan 10 vuoden takaisinmaksuajalla.

Tulkittaessa 3 MW:n yhteiskäytössä olevan hakelämpölaitoksen herkkyystarkastelua, ilmenee, että voimakkaimmin lämpöenergian omakustannushintaa nostaisi lämmön myyntimäärän vähentyminen lähtötilanteesta. Herkkyystarkastelun (Kuvio 3) mukaan lämmön omakustannushinta lasisi voimakkaimmin, mikäli käytettävän kiinteän polttoaineen hinta tulisi edullisemmaksi. Tässä taulukossa ei otettu huomioon lämmöntuottamista Tuorilan Puutarhan nykyisellä kiinteän polttoaineen lämpölaitoksella tulevan yhteislämpölaitoksen rinnalla. Tämän vuoksi lämmön omakustannushinta tässä Kuviossa 3 on korkeampi, kuin muissa tämän työn tuloksissa. Tämä kuvio tehtiin 90 % KPA tuotto-osuudella, jolloin loput 10 % tuotettiin kevytöljyllä.

#### 5.4.1 Tuet investointikustannuksiin

Sähköpostikeskustelussa Kalajoen kaupungin hanke- ja yritysasiamiehen Saila Kukkosen kanssa ilmeni, että tällainen kahden yrityksen omistama osakeyhtiömuotoinen lämpöyhtiö voi saada laitosisinvestointiin yritysoston energia-avustusta. Maaseutuoston energiarahoitusta tälle hankkeelle ei voitu myöntää, koska Ely-keskuksen maaseutuosto ei voi rahoittaa erillistä yhtiötä, joka tuottaa lämpöä vain ja ainoastaan omistajiensa omaan tarpeeseen. Yrityksistä Tuorilan Puutarha sopi maaseutuoston tuettaviin yrityksiin työntekijämääränsä puolesta, joka on alle 10 henkilötyövuotta, mutta Kensapuu ei korkean työntekijämääränsä vuoksi sopinut



maaseutuosaston tuettaviin yrityksiin. (Kukkonen, sähköpostiviesti 30.10.2012.)

Seppäsen (2012) mukaan tämänhetkinen energia-avustus investointiin olisi enintään 10–15 %, kun avustusmäärät vuonna 2011 olisivat olleet 25–30 %. Seppäsen mukaan hankkeen tukihakemukset kannatti siirtää ainakin seuraavan vuoteen, eli vuoteen 2013, koska energia-avustuksiin varatut rahat olivat vuodelta 2012 loppumassa. Tukien hakua kannattaa tarkemmin harkita vasta, kun vuoden 2013 energia-asetuksen sisältö on varmistunut ja mahdollisesti siirtää hanketta vuoteen 2014 saakka.

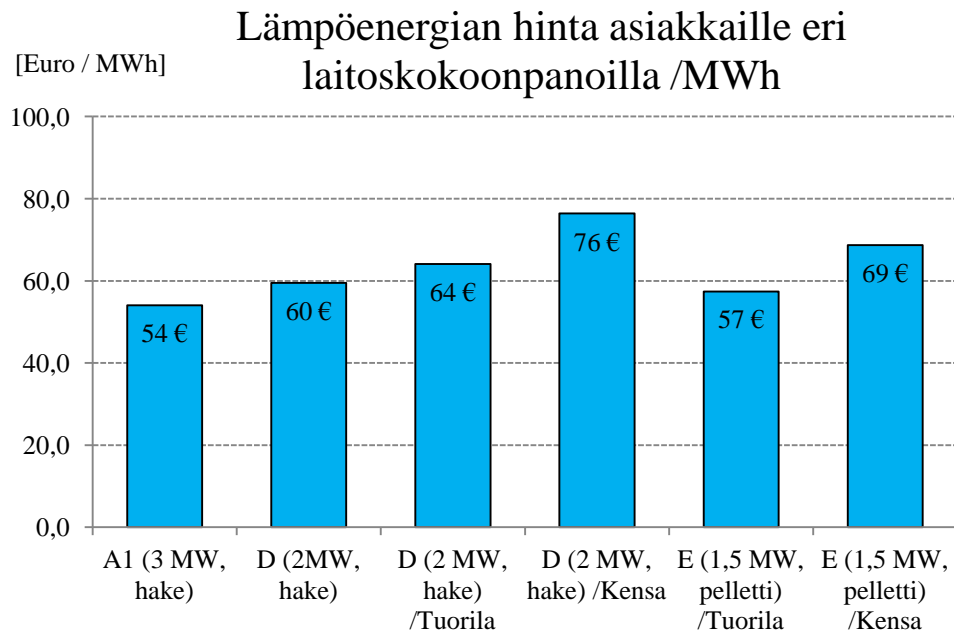
Tukikelpoisia investointikustannuksia ovat lämpölaitoksen perustamiskustannukset sekä suunnittelukustannukset pois lukien laitokseen tarvittavat sähkö-, vesi-, viemärointi-, ja Internet-yhteydet. Energia-avustus ei myöskään kattanut kaukolämpöverkon investointikustannuksia, yritysten tarvitsemia lämmönjakokeskuksia kaukolämpöputkeen liittymiseksi eikä yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon laitoksen sähkögeneraattoria ja muita sähköntuotantoa varten tarvittavia laitteistoja. Sähköntuotannon laitteisiin voi Seppäsen mukaan hakea investointitukia kuten muihinkin yritysten laiteinvestointeihin, mutta investointi tuen saatavuus voi olla epävarmaa. Sähköntuotannon laitteiston investointiin mahdollisesti saatava tuki jätettiin laskelmien ulkopuolelle. Energia-avustus ei kattanut korvausinvestointeja, vaan poistuvaa öljylaitosta. Tämän vuoksi laskelmissa Tuorilan Puutarhan osalta jätettiin investointiavustukset pois yrityskohtaisten lämpölaitosten osalta, koska yrityksellä on jo olemassa oleva kiinteän polttoaineen lämpölaitos. (Seppänen, haastattelu 15.11.2012.)

### 5.4.2 Keskitetysti tuotetun lämpöenergian kustannustehokkuus

Keskitetysti tuotetun lämpöenergian kustannustehokkuus selvitettiin vertailemalla yhteiskäytössä olevaa 3 MW:n sekä 2 MW:n hakelämpölaitoksia sekä yrityskohtaisia 2 MW:n hakelämpölaitoksia ja 1,5 MW:n pellettilämpölaitoksia toisiinsa. Nämä laitokset valittiin edullisimpien tarjousten perustella.

Yrityskohtaiset, nimellistehoaltaan 2 MW:n hakelämpölaitokset riittäisivät kattamaan Tuorilan Puutarhan huipputehontarpeesta noin 98 % ja Kensapuun huipputehontarpeesta noin 97 %. Yrityskohtaiset 1,5 MW:n pellettilämpölaitokset riittäisivät kattamaan Tuorilan Puutarhan huipputehontarpeesta noin 95 % ja Kensapuun huipputehontarpeesta 89 %. Huipputehontarpeen aikana Tuorilan Puutarhalla käytettäisiin yrityksen nykyistä KPA -lämpölaitosta ja Kensapuulla yrityksen nykyistä kevytöljylämmitystä.

Keskitetysti tuotettu lämpöenergia 3 MW:n hakelämpölaitoksella tuotettuna muodostui molemmille yrityksille edullisemmaksi ratkaisuksi verrattuna yrityskohtaisiin 2 MW:n -hakelämpölaitoksiin. Tuorilan Puutarhan osalta tämä ero oli, noin 10 € / MWh, eli 50 701 euroa vuodessa. Kensapuun energiakustannukset taas olisivat noin 22 € / MWh edullisemmat 3 MW:n yhteislämpökeskuksella, kuin yrityskohtaisella 2 MW:n hakelämpökeskuksella, jolloin myös vuotuiset energiakustannukset olisivat 78 290 euroa alhaisemmat.

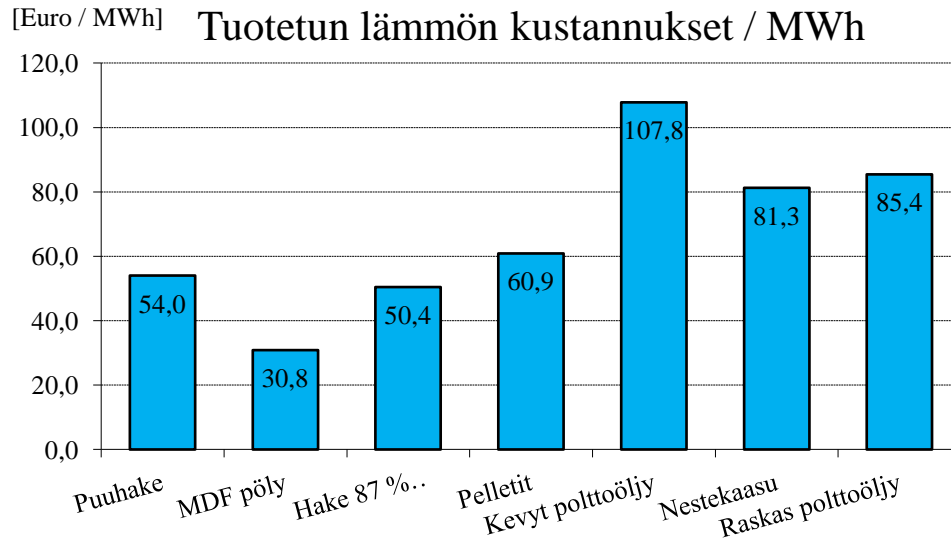


Kuvio 4. Lämpöenergian hinta 3 MW:n ja 2 MW:n yhteislämpölaitoksilla sekä yritys-kohtaisilla 2 MW:n hakelämpölaitoksilla ja 1,5 MW:n pellettilämpölaitoksilla.

Yrityskohtaisilla, 1,5 MW:n pellettilaitoksilla laskettuna Tuorilan Puutarhan lämpöenergian hinta olisi noin 3 € / MWh korkeampi, kuin 3 MW:n yhteiskäytössä olevalla hakelämpölaitoksella (Kuvio 4). Vuotuisissa lämmityskustannuksissa tämä tekisi 1,5 MW:n pellettilaitosratkaisun 17 124 euroa kalliimmaksi, kuin yhteiskäytössä oleva 3 MW:n lämpölaitos. Kensaapuulla 1,5 MW:n pellettilaitoksella tuotettu energia olisi noin 15 € / MWh kalliimpaa 3 MW:n hakelämpölaitokseen verrattuna, jolloin myös vuotuiset lämmityskustannukset olisivat 51 432 euroa korkeammat.

#### 5.4.3 Lämpöenergian hinta tuotettua energiayksikköä kohden

Tuotetun lämmön kustannukset megawattituntia kohden laskettuna vaihtelevat eri polttoaineilla 30,8–107,8 euron välillä. Kuviosta 5 ilmenee, että halvimmillaan tuotantokustannukset olisivat pelkkää MDF -pölyä polttoaineena käytettäessä ja kalleinta taas kevyt polttoöljyä käytettäessä.

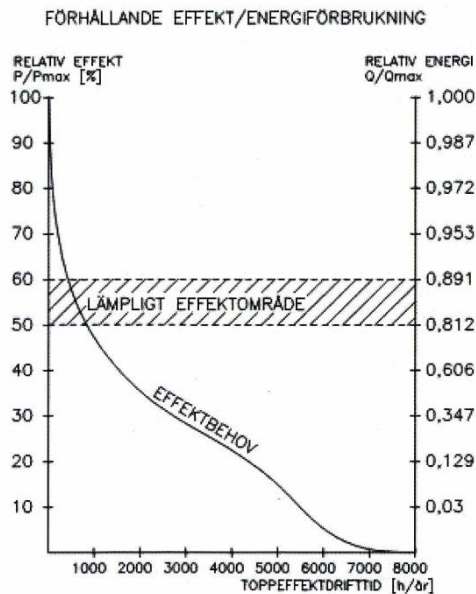


Kuvio 5. Tuotetun lämmön kustannukset euroa / MWh 10 vuoden takaisinmaksuajalla laskettuna.

Laskelmissa ei otettu huomioon öljy- ja kaasukattiloiden investointikustannuksia, koska kyseisten polttoaineiden kohdalla oletettiin käytettävän yritysten nykyisiä lämmitysjärjestelmiä. Kuvion 5 kustannuksista puuhake, MDF-pöly sekä hakkeen ja pölyn sekoitus on laskettu edullisimman, yhteiskäytössä olevan 3 MW:n hakelämpölaitostarjouksen mukaisesti. Pellettilämmön kustannukset on laskettu yhteiskäytössä olevan 3 MW:n pellettilaitoksen mukaisesti. Kevyen polttoöljyn, nestekaasun ja raskaan polttoöljyn kustannuksissa on huomioitu vain muuttuvat kustannukset, koska laskelmissa oletettiin käytettävän yritysten nykyisiä lämmitysjärjestelmiä.

#### 5.4.4 Lämpölaitoksen oikea mitoitus

Satakunnan ammattikorkeakoulun julkaiseman Hakelämpökeskuksen hankinta –teoksen mukaan peruslämmityslaitokseksi mitoitettavan kiinteän polttoaineen lämpölaitoksen nimellistehon tulisi olla 40–60 % huipputehontarpeesta. Tällöin peruslämmityskattilan energiantuotanto kattaa 80–90 % kokonaisenergian tarpeesta. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002, 8.)



Kuva 1. Lämmitystehotarpeen pysyvyyssäikä (Bäckström 2008).

Tuorilan Puutarhan ja Kensapuun yhteenlaskettu huipputehontarve oli noin 4700 kW. Näin ollen laskelmien mukainen 3 MW:n (3000 kW) lämpölaitos kattaisi noin 64 % huipputehontarpeesta. Yritysten yhteenlaskettu energiantarve sekä kaukolämpölinjan aiheuttama lämpöhävikki olivat yhteensä noin 8706 MWh. Kuvan 1 mukaan 3 MW:n laitos kattaisi noin 90 % lopullisesta lämmöntarpeesta, jolloin laitoksen vuotuisesti lämmöntuotoksi tulisi 7 836 MWh. Jakamalla laitoksen tuottama vuotuinen lämpöenergiämäärä laitoksen nimellisteholla, saadaan tulokseksi nimellistehon käyttöaika. Nimellistehon käyttöajaksi 3 MW:n laitoksella tulisi siis noin 2612 tuntia vuodessa.

2 MW:n yhteislämpölaitos kattaisi noin 43 % huipputehontarpeesta ja noin 75 % lopullisesta lämmöntarpeesta. Tällaisella laitoskokonaisuudella laitoksen vuotuinen lämmöntuotto olisi 6530 MWh, jolloin laitoksen nimellistehon käyttöaika olisi  $6530 \text{ MWh} / 2 \text{ MW} = 3265$  tuntia vuodessa.

Laskelmissa otettiin huomioon yritysten nykyiset lämmitysjärjestelmät siten, että Tuorilan Puutarhan nykyinen 1500 kW kiinteän polttoaineen lämpölaitos olisi etusijalla tulevan lämpölaitoksen rinnalla huipputehontuotamisessa. Vasta, jos huipputehontarve ylittäisi kiinteän polttoaineen lämpölaitosten yhteenlasketun nimellistehon, otettaisiin varalämmönlähteeksi jätetyt kevytöljykattilat käyttöön. Tällöin kiinteän polttoaineen käyttö voisi kattaa jopa 95–100 % lämmöntarpeesta, riippuen ulkolämpötilasta ja käytettävän polttoaineen laadusta. Laskelmissa käytettiin 98 %, koska öljylämmitystä saatetaan joutua käyttämään myös KPA laitosten huoltotaukojen ja mahdollisten häiriötilanteiden ja laiterikkojen aikana.

2 MW:n laitosvaihtoehdolla KPA laitokset kattaisivat yhteensä noin 74 % huipputehontarpeesta, jolloin molemmilla KPA laitoksilla voitaisiin tuottaa yhteensä noin 90 % lämmöntarpeesta, kun taas öljylämmitystä tarvittaisiin tuottamaan noin 10 % kokonaislämmöntarpeesta.

Kiinteän polttoaineen lämpölaitosten yhteenlasketuksi nimellistehon käyttöajaksi tulisi 3 MW:n laitosvaihtoehdolla laskettuna 1896 tuntia vuodessa, jolloin kiinteän polttoaineen lämpölaitokset olisivat yhteisteholtaan 4,5 MW. Alhainen nimellistehon käyttöaika selittyy Tuorilan nykyisen KPA lämpölaitoksen vähäisestä nimellistehon käyttöajasta, joka olisi 232 tuntia. 2 MW:n laitosvaihtoehdolla laskettuna vastaava nimellistehon käyttöaika molempien laitosten osalta olisi 2238 tuntia ja Tuorilan nykyisen KPA laitoksen osalta 870 tuntia.

Yrityskohtaisissa 2 MW:n hakelämpölaitoksissa investoinnin pääomakustannukset nousisivat liian korkeiksi, jolloin lämmön omakustannushinta ei ole enää kilpailukykyisellä tasolla. 2 MW:n yrityskohtaisilla hakelämpölaitoksilla laitos kattaisi Tuorilan Puutarhan huipputehotarpeesta noin 90 % ja Kensapuun huipputehontarpeesta noin 80 %. 1,5 MW:n pellettilämpölaitokset kattaisivat Tuorilan Puutarhan huipputehontarpeesta noin 68 % ja Kensapuun huipputehontarpeesta 60 %. Yrityskohtaisena lämmitysjärjestelmänä kilpailukykyisin vaihtoehto näillä yrityksillä olisi siis noin 1,5 MW:n lämpölaitos.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lämpöenergiayhtiön kannalta yhteislämpökeskushankkeen kannattavuutta tarkasteltaessa 3 MW:n hakelämpölaitos olisi kustannustehokas lämmitysratkaisu erityisesti jos lämpöyhtiö voisi tuottaa huipputehotarpeen aikaisen lämpöenergian Tuorilan Puutarhan nykyisellä hakelämpölaitoksella. Vaikka huipputehotarpeen aikainen lämpöenergia tuotettaisiin pelkästään kevytöljyllä, olisi lämpöenergian myyntihinta alhaisempi kuin fossiilisia polttoaineita eli raskasöljyä, nestekaasua ja kevytöljyä käytettäessä. Kiinteän polttoaineen lämpölaitoksen korkeiden investointikustannusten vuoksi lämpölaitosta ei ole järkevää mitoittaa huipputehotarpeen mukaan, koska huipputehotarpeen käyttöaika ei ole kuin enintään muutamia viikkoja vuodessa. Laitoksen korkeiden pääomakustannusten vuoksi lämpöenergian hintaan vaikutti erityisesti laitoksella tuotetun lämpöenergian myyntimäärä. Toinen lämmönhintaan voimakkaasti vaikuttava tekijä oli laitoksessa käytettävän kiinteän polttoaineen hinnan muutokset. Tämän vuoksi lämpöyhtiölle olisi suotuisaa käyttää polttoaineena Kensapuun sivutuotetta hakkeen rinnalla.

Yrityskohtaisesti yhteislämpökeskushankkeen kannattavuutta tarkasteltaessa oli eroja näiden kahden yritysten välillä. Kensapuun näkökulmasta kannattavimmaksi vaihtoehdoksi laskelmissa saatujen tulosten perusteella tuli selkeästi lämmön toimittaminen yhteiskäytössä olevalla 3 MW:n hakelämpölaitoksella. Tuorilan Puutarhan osalta lämmöntuottaminen 1,5 MW:n pellettilaitoksella olisi kalliimpaa, kuin 3 MW:n yhteislämpölaitoksella, mutta näiden laitosvaihtoehtojen välinen ero oli huomattavasti pienempi kuin Kensapuulla.

Yrityskohtaiset erot kannattavuudessa johtuvat lämmityskustannuksista, jotka koituvat yritysten nykyisillä lämmitysjärjestelmillä, kun lämpöenergiaa tuotetaan huipputehontarpeen aikana uuden järjestelmän rinnalla. Tuorilan Puutarhalla tämä huipputehotarpeen aikainen lämpöenergia voi-

taisiin tuottaa yrityksen nykyisellä hakelämpölaitoksella, kun taas Kensa-puulla huipputehotarpeen aikainen lämpöenergia tuotettaisiin kevytöljyllä.

Tuorilan Puutarhan näkökulmasta katsottuna kannattaisi lämpöenergia tuottaa jatkossakin yrityksen nykyisillä lämmitysjärjestelmillä, mikäli tuotannossa ei tapahdu muutoksia nykytilanteeseen nähden, eikä nykyisen lämmitysjärjestelmän kuntoa oteta huomioon. Ottaen huomioon yrityksen nykyisten lämmitysjärjestelmien kunto, jouduttaneen yrityksen lämmitys-järjestelmää lähivuosina modernisoimaan, koska tasainen lämmönsaanti on kasvihuoneyritykselle elintärkeää. Kensa-puun kannalta 3 MW:n yhteis-lämpökeskuksen perustaminen olisi taloudellisesti erittäin kannattavaa, koska yrityksen vuosittaiset lämmityskustannukset laskisivat tuntuvasti.

Koska lämmön hinnasta huomattava osuus koostuu pääomakustannuksista, olisi hankkeen aloittaminen järkevää siirtää ainakin seuraavaan tukikauteen, jolloin energiainvestointeihin saatava tuki saattaisi olla nykytilannetta korkeampi.

## LÄHTEET

- Agrimarket. n.d Pellettikattila. Viitattu 27.3.2012.  
<http://www.agrimarket.fi/main.cfm?iA=250961>
- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo 2000. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 2045, 135–137. <http://www.motiva.fi/files/685/t2045.pdf>
- Alm, M. 2011. Bioenergia. Toimialaraportit. Työ- ja elinkeinoministeriön ja ELY-keskusten julkaisu. Työ- ja elinkeinoministeriö. 24.11.2011, 47.
- Bioenergiatieto.fi. 2012. Polttotekniikka kiinteille polttoaineille. Viitattu 14.12.2012.  
[www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian\\_tuotanto/energiatuotannon\\_tekniikka/polttotekniikka\\_kiinteille\\_polttoaineille/](http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/)
- Elinkeinoelämän keskusliitto. 2009a. Investointilaskelmia. Yritysten energiaopas. Viitattu 27.3.2012.  
[http://www.sosiaaliala.fi/yritysten\\_energiaopas/fi/lammon\\_hankinta/investointilaskelmia.php](http://www.sosiaaliala.fi/yritysten_energiaopas/fi/lammon_hankinta/investointilaskelmia.php)
- Elinkeinoelämän keskusliitto. 2009b. Lämmön tuotannon polttoaineet. Yritysten energiaopas. Viitattu 27.3.2012.  
[http://www.sosiaaliala.fi/yritysten\\_energiaopas/fi/lammon\\_hankinta/lammon\\_tuotannon\\_polttoaineet.php](http://www.sosiaaliala.fi/yritysten_energiaopas/fi/lammon_hankinta/lammon_tuotannon_polttoaineet.php)
- Energiatuotanto.info. 2010. Fossiiliset polttoaineet. Viitattu 16.10.2012.  
<http://www.energiatuotanto.info/uusiutumaton-energia/fossiiliset-polttoaineet>
- Energianet.fi. n.d. Fossiiliset polttoaineet. Viitattu 16.10.2012.  
[www.energianet.fi/index.php?page=sahkuhuolto&osa=4](http://www.energianet.fi/index.php?page=sahkuhuolto&osa=4)
- Gaia Group Oy. 2005. Kasvihuoneviljelijän energia- ja ilmasto-opas. Pdf – tiedosto. Viitattu 21.3.2012. [www.motiva.fi/files/494/kasvihuone10.pdf](http://www.motiva.fi/files/494/kasvihuone10.pdf)
- HT Enerco. n.d. Hakelämmitys. Viitattu 27.3.2012.  
[http://www.htenerco.fi/fi/bioenergialammitys/toiminta\\_hakelammitys/?id=272](http://www.htenerco.fi/fi/bioenergialammitys/toiminta_hakelammitys/?id=272)
- Kara, M., Helynen, S., Mattila, L., Viinikainen, S., Ohlström, M. & Lahnalampi, M. Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. 3. painos. 2004 Helsinki: EDITA. 72, 237–239.
- Keski-Pohjanmaan Metsämarkkinointi Oy LKV. 2012. Kauppahintatilasto. Viitattu 3.12.2012. <http://www.kase.fi/~manupu/kauppahintatilasto.htm>
- Kauppa- ja teollisuusministeriö, Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliitto. 2003. PK-yritysten energiaopas. s.34. Viitattu 16.10.2012.  
[http://www.motiva.fi/files/4509/PK-yritysten\\_energiaopas.pdf](http://www.motiva.fi/files/4509/PK-yritysten_energiaopas.pdf)

Kokkonen, A. Lappalainen, I. 2005. Hakelämmöstä yritystoimintaa. Off-setpaineo L. Tuovinen. Kuopio 2005, 10–13.

Kukkonen, S. 30.10.2012 Hakelämpökeskus-investointi. Vastaanottaja Olli-Matti Tuorila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 15.11.2012.

Maatilan Pirkka. 2003. Kuivattu hake säästää energiaa. K-maatalouden asiakaslehti 4/2003 Viitattu 27.3.2012.

[http://www.maatilan.pirkka.fi/mp4\\_03/otsikko07.htm](http://www.maatilan.pirkka.fi/mp4_03/otsikko07.htm)

Motiva. 2011. Muut peltobiomassat. Viitattu 18.10.2012.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/peltoenergia/muut\\_peltobiomassat](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/peltoenergia/muut_peltobiomassat)

Motiva. 2012a. Pelletit. Viitattu 27.3.2012.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/pelletit](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/pelletit)

Motiva. 2012b. Uusiutuva energia. Viitattu 16.10.2012.

[www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia)

Mäkelä, R. 18.12.2012. Vs. MDF-hiontapöly. Vastaanottaja Olli-Matti Tuorila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 21.12.2012.

Neste. 2012. Laske polttoöljyn päivän hinta ja tee tilaus. Viitattu 3.12.2012.

[https://www.neste.fi/temperatilaus\\_yritys.aspx?path=2589%3b2655%3b2710%3b2734%3b2743%3b2629](https://www.neste.fi/temperatilaus_yritys.aspx?path=2589%3b2655%3b2710%3b2734%3b2743%3b2629)

Pellettienergiayhdistys. 2009. Suurkattilat ja polttimet. Viitattu 18.10.2012.

[www.pellettienergia.fi/index.php/tietoa/pellettilaemmitys/suuremmat-kohteet/laitteet/kattilat](http://www.pellettienergia.fi/index.php/tietoa/pellettilaemmitys/suuremmat-kohteet/laitteet/kattilat)

Piispanen, M. 2006. Peltobioenergian tuotanto ja käyttö lämpölaitoksissa. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2002. Hakelämpökeskuksen hankinta. Suomen Kaukolämpö ry, Motiva Oy, Huoltovarmuuskeskus, Suomen Kuntaliitto. Viitattu 13.10.2012.

[http://testshop.kunnat.net/product\\_details.php?p=33](http://testshop.kunnat.net/product_details.php?p=33)

Solmio, H. Tuomi, S. & Valkonen, J. 1995. Opas lämpöyrittäjälle. Työtehoseuran julkaisuja 346. Huhmari. KarPrint Ky, 10–11.

Suomen Bioenergiayhdistys ry. 2002. Bioenergia suomessa. Energiayksiköitä ja muuntokertoimia. Viitattu 16.10.2012.

[www.finbioenergy.fi/default.asp?SivuID=9205](http://www.finbioenergy.fi/default.asp?SivuID=9205)



Sutinen, J. 2.1.2013. Budjettitarjous. Vastaanottaja Olli-Matti Tuorila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 3.1.2013.

Takko, H. 2006a. Stokeri pelletin poltossa. Energiaopas 2006, 10. Viitattu 21.3.2012. <http://agrimarket.mederra.com/files/gallery/1220351667.pdf>

Takko, H. 2006b. Hakkeen polttolaitteet. Energiaopas 2006, 21. Viitattu 21.3.2012. <http://agrimarket.mederra.com/files/gallery/1220351667.pdf>

Tilastokeskus. 2012. Maa- ja puutarhatalouden energiakulutuksen jakautuminen tuotantosuunnittain ja energialähteittäin vuonna 2010. Excel – tiedosto. Viitattu 25.3.2012. [http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/modules/pubdlnct/pubdlnct.php?file=http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/energian\\_kulutuksen\\_jakautuminen.xls&nid=2642](http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/modules/pubdlnct/pubdlnct.php?file=http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/energian_kulutuksen_jakautuminen.xls&nid=2642)

Tuominen, J. 2003. Teoksessa Koivunen, T. (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Jyväskylä 2003. Gummerus Kirjapaino Oy. 3.painos, 66.

Tuominen, J. 12.9.2012. Re: Kasvihuoneiden energian tarve –laskelma. Vastaanottaja Olli-Matti Tuorila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 6.10.2012.

Tuominen, J. 10.9.2012. Re: Kasvihuoneiden energian tarve –laskelma. Vastaanottaja Olli-Matti Tuorila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 13.10.2012.

Turvatekniikan keskus Tukes. 1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta. 18.10.1999/953. Viitattu 13.10.2012. [www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19990953](http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19990953)

Turvatekniikan keskus Tukes. 2006. Nestekaasun turvallinen käyttö ja varastointi laitoksissa. Viitattu 16.10.2012. [www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_oppaat/nestekaasun\\_turv\\_kautto.pdf](http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/nestekaasun_turv_kautto.pdf)

Vapo. 2012. Jyrsinturvetta voima- ja lämpölaitoksiin. Viitattu 22.3.2012. [http://www.vapo.fi/fin/kunta\\_ja\\_yritysassiakkaat/biopolttoaineet/energiaturve/jyrsinturve/?id=157](http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysassiakkaat/biopolttoaineet/energiaturve/jyrsinturve/?id=157)

Viitanen, P. Kiiskinen, E. Saviniemi, A. Sirola, V. 2003. Kaukolämpöjohdojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. Suomen Kaukolämpö ry. Viitattu 10.11.2012. [http://energia.fi/sites/default/files/raporttil11\\_2003.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/raporttil11_2003.pdf)

Vuorio, K. 2012. Lämpöyrittäjätoiminta vuonna 2011. TTS:n tiedote Metsätyö, -energia ja yrittäjyys. 5/2012 (759). Vaasa.

### **HAASTATTELUT**

Kerola, J. Keisari Pelletti Oy. Haastattelu 4.12.2012

Mäkelä, T. Kensapuu Oy. Haastattelu 19.9.2012.

Mäkelä, T. Kensapuu Oy. Haastattelu 10.10.2012.

Peltola, J. Sykäke Oy. Haastattelu 2.10.2012

Puranen, O. PV-Putkitus Oy. Haastattelu 2.10.2012

Seppänen, P. Ely-Keskus. Haastattelu 15.11.2012

### **LASKENTAPOHJAT**

Alanen, V-M. 2012. Laskentapohjan jakoversio. Bioenergian erikoistumisopinnot-opintojakson verkkoaineisto. Hämeen ammattikorkeakoulu, Moodle. Viitattu 18.11.2012. <https://moodle2.hamk.fi/>

Alanen, V-M. 2012. Altener Bioheat –laskelma. Bioenergian erikoistumisopinnot-opintojakson verkkoaineisto. Hämeen ammattikorkeakoulu, Moodle. Viitattu 18.11.2012. <https://moodle2.hamk.fi/>

### **KUVAT**

Kuva 1. Bäckström, I. 2008. Växthusteknologi. Teoksessa Bork, M. Bäckström, I. Majabacka, P. Ohlis, N. Olofsson, T. Energihandbok för växthus. Svenska yrkeshögskolan, 24.

## KIINTEÄT KUSTANNUKSET ERI LAITOSVAIHTOEHDOILLA

	A1 (3 MW, hake)	A2 (3 MW, hake)	B (3,2 MW, hake)	C (3 MW, hake)	CHP (3 MW, hake)	D (2MW, hake)	D (2 MW, hake) /Tuorila	D (2 MW, hake) /Kensa	E (1,5 MW, pelletti) /Tuorila	E (1,5 MW, pelletti) /Kensa	
Tontin hinta	10975,02	10975,02	10975,02	10975,02	10975,02	10975,02					
Maa- ja aluetyöt sekä perustukset	175 000	180 000	190 000	190 000	190 000	175 000	175 000	175 000	0	0	euroa
Biokattila ja polttoaineen syöttölaitteet varusteineen	546 000	588 000	1 377 000	1 181 300	1 000 000	706 000	706 000	706 000	275 000	275 000	euroa
Öljykattila varusteineen											euroa
Rakennukset	234 000	252 000	0	411 700	411 700						euroa
Suunnittelu, rakennuttaminen, valvonta, luvat	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	euroa
Kaukolämpöputki	150 000	150 000	150 000	150 000	150 000	150 000					euroa
											euroa
Sähkö-, vesi-, viemäri- ja laajakaistayhteydet	7 860	7 860	7 860	7 860	3 060	7 860	7 460	7 460	7 460	7 460	euroa
CHP-laitoksen sähköntuotantolaitteiden kustannukset					500 000						
CHP-laitoksen liittäminen sähköverkkoon					76 429						euroa
Kustannusylitysvaraus	56 442	58 750	86 100	96 900	87 835	51 800	44 300	44 300	14 000	14 000	
Tukikelpoiset investointikustannukset yhteensä	960 000	1 025 000	1 572 000	1 788 000	1 606 700	886 000	886 000	886 000	280 000	280 000	
<b>Investointikustannukset YHTEENSÄ</b>	<b>1 185 277</b>	<b>1 252 585</b>	<b>1 826 935</b>	<b>2 053 735</b>	<b>2 434 999</b>	<b>1 106 635</b>	<b>937 760</b>	<b>937 760</b>	<b>301 460</b>	<b>301 460</b>	<b>euroa</b>
Lainamäärä	1 041 277	1 098 835	1 591 135	1 785 535	2 193 994	973 735	937 760	804 860	301 460	259 460	
Takaisinmaksuaika	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	a
Korkokanta	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	%
Annuiteettitekijä	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	0,1233	
Investointituki	144 000	153 750	235 800	268 200	241 005	132 900		132 900		42 000	
Jäännösarvo	46 500	49 500	76 350	87 150	103 085	42 800	35 300	35 300	13 750	13 750	
Tasaerämaksu	10 221	10 781	15 563	17 450	21 483	9 565	9 272	7 907	2 956	2 524	€/kk
	122 647	129 374	186 759	209 396	257 790	114 776	111 265	94 880	35 472	30 294	€/a
<b>Pääomakulujen osuus</b>	<b>14,3</b>	<b>15,1</b>	<b>21,8</b>	<b>24,5</b>	<b>30,2</b>	<b>13,4</b>	<b>22,0</b>	<b>27,1</b>	<b>7,0</b>	<b>8,7</b>	<b>€/MWh</b>
	27 %	28 %	36 %	38 %	44 %	23 %	35 %	37 %	13 %	13 %	%

## MUUTTUVAT KUSTANNUKSET ERI LAITOSVAIHTOEHDOILLA

	A1 (3 MW, hake)	A2 (3 MW, hake)	B (3,2 MW, hake)	C (3 MW, hake)	CHP (3 MW, hake)	D (2MW, hake)	D (2 MW, hake) /Tuorila	D (2 MW, hake) /Kensa	E (1,5 MW, pelletti) /Tuorila	E (1,5 MW, pelletti) /Kensa	
Myyty energia	8 549	8 549	8 549	8 549	8 549	8 549	5 049	3 500	5 049	3 500	MWh/a
Verkoston lämpöhävikki	158	158	158	158	158	158					MWh/a
Uudella järjestelmällä tuotettu energia, %	90 %	90 %	95 %	90 %	90 %	75 %	98 %	97 %	95 %	89 %	Lähde: er
MWh/a	7 836	7 836	8 271	7 836	7 836	6 530	4 948	3 395	4 796	3 115	MWh/a
Tuorilan Puutarhan KPA tuotettu energia	8 %	8 %	4 %	8 %	8 %	15 %	2 %	0 %	5 %	0 %	
MWh/a	697	697	348	697	697	1 306	101	0	252	0	MWh/a
Öljyllä tuotettu energia, %	2 %	2 %	1 %	2 %	2 %	10 %	0 %	3 %	0 %	11 %	
MWh/a	174	174	87	174	174	871	0	105	0	385	MWh/a
Hakkeen hinta siilossa	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	38,0	38,0	€/MWh
									PELLETTI	PELLETTI	
Öljyn hinta	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	€/MWh
<b>Kiinteän vuosikustannus</b>	232 184	232 184	245 083	232 184	232 184	193 486	146 607	100 600	214 417	139 258	€/a
<b>Tuorilan KPA vuosikustannus</b>	21 928	21 928	10 964	21 928	21 928	41 116	3 179	0	7 947	0	€/a
<b>Öljyn vuosikustannus</b>	18 304	18 304	9 152	18 304	18 304	91 518	0	11 037	0	40 470	€/a
<b>Korjaus, huolto</b>	11 853	12 526	18 269	20 537	24 350	11 066	9 378	9 378	3 015	3 015	€/a
<b>Omakäyttösähkö, käyttöaineet</b>	0,8 %	0,8 %	1,7 %	0,8 %	1,7 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	%/MWh
<b>Sähkön hinta</b>	0,8	0,8	1,7	0,8	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	€/MWh
	6 965	6 965	14 801	6 965	14 801	8 706	5 049	3 500	5 049	3 500	€/a
<b>Hallintokulut,vakuutus</b>	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	€/a
<b>Laitoksen hoitotyö</b>	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	6 000	6 000	€/a
<b>Tuotettu sähkömäärä</b>		<b>7 %</b>	<b>lämmöntuotannosta</b>		<b>522,4</b>						<b>MWh/a</b>
<b>Sähkön syöttötariffi</b>	<b>Tariffi - vero</b>	<b>76,5</b>	<b>€/MWh</b>		<b>15 817,5</b>	<b>€/a markkinahinnan mukaan (verot pois)</b>					<b>€/a</b>
<b>Sähkön markkinahinta</b>	<b>Hinta - vero</b>	<b>30,3</b>	<b>€/MWh</b>		<b>39 946,1</b>	<b>€/a tariffihinnan mukaan (verot pois)</b>					
<b>Sähkön verotus</b>											
<b>Muuttuvien kulujen osuus</b>	<b>38,5</b>	<b>38,6</b>	<b>39,3</b>	<b>39,5</b>	<b>39,0</b>	<b>44,9</b>	<b>40,1</b>	<b>46,4</b>	<b>48,4</b>	<b>57,2</b>	<b>€/MWh</b>
	73 %	72 %	64 %	62 %	56 %	77 %	65 %	63 %	87 %	87 %	
	329 233,6	329 906,7	336 268,9	337 918,2	333 748,9	383 892,8	202 212,0	162 514,4	244 427,4	200 243,0	€/a
<b>LÄMMÖN</b>											
<b>OMAKUSTANNUSHINTA</b>	<b>52,9</b>	<b>53,7</b>	<b>61,2</b>	<b>64,0</b>	<b>69,2</b>	<b>58,3</b>	<b>62,1</b>	<b>73,5</b>	<b>55,4</b>	<b>65,9</b>	<b>€/MWh</b>
	<b>451 880,6</b>	<b>459 280,2</b>	<b>523 028,2</b>	<b>547 313,7</b>	<b>591 539,1</b>	<b>498 668,7</b>	<b>313 477,1</b>	<b>257 394,2</b>	<b>279 899,5</b>	<b>230 536,8</b>	<b>€/a</b>

## ENERGIAN LASKUTUS ASIAKKAILTA ERI LAITOSVAIHTOEHDOILLA

ENERGIAN LASKUTUS ASIAKKAILTA	A1 (3 MW, hake)	A2 (3 MW, hake)	B (3,2 MW, hake)	C (3 MW, hake)	CHP (3 MW, hake)	D (2MW, hake)	D (2 MW, hake) /Tuorila	D (2 MW, hake) /Kensa	E (1,5 MW, pelletti) /Tuorila	E (1,5 MW, pelletti) /Kensa	
<b>Laskutettava perusmaksu</b>	<b>10 221</b>	<b>10 781</b>	<b>15 563</b>	<b>17 450</b>	<b>21 483</b>	<b>9 565</b>	<b>9 272</b>	<b>7 907</b>	<b>2 956</b>	<b>2 524</b>	€/kk
	122 647	129 374	186 759	209 396	257 790	114 776	111 265	94 880	35 472	30 294	€/a
<b>Laskutettava energiamaksu</b>	<b>39,7</b>	<b>39,8</b>	<b>40,5</b>	<b>40,7</b>	<b>40,2</b>	<b>46,1</b>	<b>42,0</b>	<b>49,3</b>	<b>50,4</b>	<b>60,1</b>	€/MWh
	339 233,6	339 906,7	346 268,9	347 918,2	343 748,9	393 892,8	212 212,0	172 514,4	254 427,4	210 243,0	
<b>Yrittäjävaraus / voitto</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	€/a
Pääomakulujen osuus lämmön	14,3	15,1	21,8	24,5	30,2	13,4	22,0	27,1	7,0	8,7	€/MWh
	27 %	28 %	35 %	38 %	43 %	23 %	34 %	35 %	12 %	13 %	%
<b>LASKUTUS YHTEENSÄ</b>	<b>461 880,6</b>	<b>469 280,2</b>	<b>533 028,2</b>	<b>557 313,7</b>	<b>601 539,1</b>	<b>508 668,7</b>	<b>323 477,1</b>	<b>267 394,2</b>	<b>289 899,5</b>	<b>240 536,8</b>	€/a
<b>LÄMMÖN HINTA /MYYYTY MWh</b>	<b>54,0</b>	<b>54,9</b>	<b>62,4</b>	<b>65,2</b>	<b>70,4</b>	<b>59,5</b>	<b>64,1</b>	<b>76,4</b>	<b>57,4</b>	<b>68,7</b>	€/MWh
<b>LÄMMÖN HINTA /TUOTETTU MWh</b>	<b>53,1</b>	<b>53,9</b>	<b>61,2</b>	<b>64,0</b>	<b>69,1</b>	<b>58,4</b>	<b>64,1</b>	<b>76,4</b>	<b>57,4</b>	<b>68,7</b>	€/MWh
Lämmityskulut Kensapuu	189105	192134	218234	228177	246284	208261		267394		240537	€/a
Omakustannushinta (=ei lämpöyrittäjää) Kensapuu	185010	188040	214140	224083	242190	204167		257394		230537	€/a
Lämmityskulut Tuorilan Puutarha	272776	277146	314794	329137	355255	300408	323477		289899		€/a
Omakustannushinta (=ei lämpöyrittäjää) Tuorilan Puutarha	266870	271240	308888	323231	349349	294502	313477		279899		€/a

## LÄMMITYSKUSTANNUSTEN MUUTOS KENSAPUULLA

Lämpöenergian hinta yrityksillä (nykytilanne)	A1 (3 MW, hake)	A2 (3 MW, hake)	B (3,2 MW, hake)	C (3 MW, hake)	CHP (3 MW, hake)	D (2MW, hake)	D (2 MW, hake) /Tuorila	D (2 MW, hake) /Kensa	E (1,5 MW, pelletti) /Tuorila	E (1,5 MW, pelletti) /Kensa	
<b>Kensapuu</b>											
Polttoainekustannukset 2011	152 570										
Huolto- ja käyttökustannukset	7 000										€/a
Käsimaalaamo investoinnin vaikutus	118 472	Raskasöljy		87 %	hyötysuhde						
<b>Kensapuun lämmityskulut nykyjärjestelmällä</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>278 042</b>	<b>€/a</b>
Kensapuun lämmityskulut uudella järjestelmällä	189 105	192 134	218 234	228 177	246 284	208 261		267 394		240 537	€/a
Lisäksi yrityksen maksettavaksi tulee lämmönjakokeskus kaukolämpöverkkoon liittymiseksi	1 000										€/a
Energiakustannusten muutos, Kensapuu	-87 937	-84 907	-58 808	-48 864	-30 758	-68 781		-10 647		-37 505	€/a
Energhinnan muutos, itse hoidettu lämpölaite (omakustannushinta)	-92 031	-89 002	-62 902	-52 959	-34 852	-72 875		-20 647		-47 505	€/a

## LÄMMITYSKUSTANNUSTEN MUUTOS TUORILAN PUUTARHALLA

Lämpöenergian hinta yrityksillä (nykytilanne)	A1 (3 MW, hake)	A2 (3 MW, hake)	B (3,2 MW, hake)	C (3 MW, hake)	CHP (3 MW, hake)	D (2MW, hake)	D (2 MW, hake) /Tuorila	D (2 MW, hake) /Kensa	E (1,5 MW, pelletti) /Tuorila	E (1,5 MW, pelletti) /Kensa	
											€/a
<b>Tuorilan Puutarha</b>											
Polttoainekustannukset 6/2010 - 5/2011	217 312		500 405	38 524	31						
Huolto- ja korjauskustannukset	10 097										€/a
Laitosten poistoarvo 2012	8 700										€/a
Työkustannukset	7 115										€/a
Viljelytoimien muutokset	-20 861	Energian keskihinta		80 %	hyötysuhde						
<b>Tuorilan lämmityskulut nykyjärjestelmällä</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>222 363</b>	<b>€/a</b>
Tuorilan lämmityskulut uudella järjestelmällä	272 776	277 146	314 794	329 137	355 255	300 408	323 477		289 899		€/a
Lisäksi yrityksen maksettavaksi tulee lämmönjakokeskus kaukolämpöverkkoon liittymiseksi	1 000										
Energiakustannusten muutos, Tuorila	51 413	55 783	93 431	107 773	133 892	79 045	101 114		67 536		€/a
Energiahinnan muutos, itse hoidettu lämpölaite (omakustannushinta)	45 507	49 877	87 525	101 867	127 986	73 139	91 114		57 536		€/a

## LÄMMITYSKUSTANNUSTEN VERTAILU POLTTOAINEITTAIN

<b>Altener BIOHEAT</b>								
<b>VDI 2067 standardin mukainen lämmityskustannusten vertailu</b>								
	unit	Puuhake	MDF pöly	Hake 87 % pöly 13 %	Pelletit	Kevyt polttoöljy	Nestekaasu	Raskas polttoöljy
Kattilan kustannukset	[€]	546 000	600 600	600 600	550 000	0	0	0
Asennuksen kustannukset	[€]	0	0	0	0	0	0	0
Rakennuskustannukset	[€]	234 000	234 000	234 000	0	0	0	0
<b>Kokonaiskustannukset</b>	<b>[€]</b>	<b>1 185 277</b>	<b>1 242 607</b>	<b>1 242 607</b>	<b>760 027</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Investointi miinus tuet</i>	[€]	1 041 277	1 090 417	1 090 417	676 777	0	0	0
Annuiteetti	[€/a]	122 647	128 032	128 032	99 961	0	0	0
<b>Pääomakustannukset</b>	<b>[€/a]</b>	<b>122 647</b>	<b>128 032</b>	<b>128 032</b>	<b>99 961</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Polttoainekustannukset	[€/a]	232 180	28 593	197 856	341 880	823 664	613 765	642 931
Lämpöhävikki	[€/a]	0	0	0	0			
Kattilan sähkökustannukset	[€/a]	6 965	6 965	6 965	8 706	3 918	3 918	3 918
<b>Muuttuvat kustannukset</b>	<b>[€/a]</b>	<b>279 377</b>	<b>75 790</b>	<b>245 053</b>	<b>390 818</b>	<b>907 202</b>	<b>679 059</b>	<b>708 999</b>
Korjauskustannukset	[€/a]	7 800	8 346	8 346	5 500	1 225	2 225	2 725
Helkilöstkustannukset	[€/a]	30 000	30 000	30 000	6 000	5 000	5 000	10 000
Savupiipun puhdistuskustannukset	[€/a]	300	300	300	300	200	150	300
Huoltokustannukset	[€/a]	3 753	3 207	3 207	0	300	300	300
Vakuutus, muut kustannukset	[€/a]	18 000	18 000	18 000	18 000	8 000	8 000	8 000
<b>Operointikustannukset ja muut kust.</b>	<b>[€/a]</b>	<b>59 853</b>	<b>59 853</b>	<b>59 853</b>	<b>29 800</b>	<b>14 725</b>	<b>15 675</b>	<b>21 325</b>
<b>Vuotuiset kust. yhteensä</b>	<b>[€/a]</b>	<b>461 877</b>	<b>263 675</b>	<b>432 938</b>	<b>520 579</b>	<b>921 927</b>	<b>694 734</b>	<b>730 324</b>
<b>Energian hinta / MWh</b>	<b>[€/MWh]</b>	<b>54,0</b>	<b>30,8</b>	<b>50,6</b>	<b>60,9</b>	<b>107,8</b>	<b>81,3</b>	<b>85,4</b>





## HUIPPUTEHTON TARVE TUORILAN PUUTARHALLA

		Huipputehon tarve eri huoneissa										
HUONEEN NUMERO		2	10	9	6	1	5	4	3	7	YHTEENSÄ	
Katteen pinta-ala	A	3192,12 m <sup>2</sup>	3357,771 m <sup>2</sup>	1208,079 m <sup>2</sup>	1619,357 m <sup>2</sup>	560,529 m <sup>2</sup>	932,979 m <sup>2</sup>	922,949 m <sup>2</sup>	1937,395 m <sup>2</sup>	794,515 m <sup>2</sup>		
Seinät (ja päädyt)	A				266,388	81,054	247,979	245,949				
Katto	A				1352,969	479,475	685	677				
					Lasi katto, seinät, pleksi, päädyt lasi	Lasi katto, seinät pleksi	Muovi katto, seinät pleksi	Muovi katto, seinät pleksi	Muovi	Muovi		
Katemateriaali		Akryyliken nolevy	Polykarbon aatti	Polykarbon aatti								
Katteen u-arvo	u	4,1	4,1	4,1	7,2	7,2	4,6	4,6	4,6	4,6		
Seinien u-arvo	u				4,1	4,1	4,1	4,1				
Huoneen sisälämpötila	ts	16	16	15	15	18	18	18	15	15		
Mitoittava ulkolämpötila	tu	-31,1	-24,2	-31,1	-31,1	-31,1	-24,2	-24,2	-17,7	-3,7		
Huoneen käyttöönotto		ympäri vuoden	Maaliskuu	ympäri vuoden	ympäri vuoden	ympäri vuoden	Maaliskuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu		
u*A*(ts-tu)	katto				449,08	169,50	132,97	131,42				
u*A*(ts-tu)	seinät				50,35	16,32	42,91	42,55				
u*A*(ts-tu)	yht	616,43 kW	553,43 kW	228,34 kW	499,43 kW	185,82 kW	175,88 kW	173,97 kW	291,42 kW	68,34 kW		
Lokakuu	yht	319,34	335,91	115,90	253,51	99,91	110,03	108,84	208,54		1551,98	
Marraskuu	yht	460,69	484,59	169,40	370,51	140,78					1625,97	
Joulukuu	yht	540,52		199,61	436,59	163,87					1340,60	
Tammikuu	yht	600,73		222,40	486,43	181,28					1490,83	
Helmikuu	yht	616,43		228,34	499,43	185,82					1530,02	
Maaliskuu	yht	526,13	553,43	194,16	424,68	159,71	175,88	173,97			2207,95	
Huhtikuu	yht	441,06	463,94	161,97	354,26	135,11	148,79	147,18	291,42		2143,72	
Toukokuu	yht	257,83	271,21	92,62	202,59	82,12	90,44	89,46	166,65	68,34	1321,27	
Kesäkuu	yht	257,83	271,21	92,62	202,59	82,12	90,44	89,46	166,65	68,34	1321,27	
Heinäkuu	yht	257,83	271,21	92,62	202,59	82,12	90,44	89,46	166,65	68,34	1321,27	
Elokuu	yht	257,83	271,21	92,62	202,59	82,12	90,44	89,46	166,65	68,34	1321,27	
Syyskuu	yht	257,83	271,21	92,62	202,59	82,12	90,44	89,46	166,65	68,34	1321,27	

Huipputehon tarve 2207,9498 MAALISKUUSSA



## KENSAPUUN KUIVAUSUUNIN LÄMMÖNKULUTUS

vk	Kuivausuunin kulutus											Energia /vk LTO	Energia /vk LTO huomioide n
	Ulkoilman lpt	Tuotetta van ilman lpt	Lämmitys tarve	Ilmamäärä m3 /h	ilmamäärä (kg)	ilman ominaislämp ökapasiteetti kJ/(kg °C)	Energia tunnissa (kJ)	Energia tunnissa kWh	Käyttö tunteja h/vk	Energia /vk	LTO		
1	-11 °C	50 °C	61 °C	9000	12243,4	1,01	751845,4	208,8	80	16707,8	30 %	11723,95	
2	-6 °C	50 °C	56 °C	9000	12004,9	1,01	680211,2	188,9	80	15115,9	30 %	10606,91	
3	-6 °C	50 °C	56 °C	9000	12004,9	1,01	680211,2	188,9	80	15115,9	30 %	10606,91	
4	-7 °C	50 °C	57 °C	9000	12065,0	1,01	698235,2	194,0	80	15516,5	30 %	10887,97	
5	-5 °C	50 °C	55 °C	9000	11925,8	1,01	656456,6	182,4	80	14588,0	30 %	10236,49	
6	-13 °C	50 °C	63 °C	9000	12379,3	1,01	792697,3	220,2	80	17615,6	30 %	12360,97	
7	-21 °C	50 °C	71 °C	9000	12792,5	1,01	917352,8	254,8	80	20385,8	30 %	14304,80	
8	-12 °C	50 °C	62 °C	9000	12285,0	1,01	764320,7	212,3	80	16985,0	30 %	11918,48	
9	-1 °C	50 °C	51 °C	9000	11737,4	1,01	599852,8	166,6	80	13330,2	30 %	9353,84	
10	-1 °C	50 °C	51 °C	9000	11770,8	1,01	609879,2	169,4	80	13553,0	30 %	9510,19	
11	-4 °C	50 °C	54 °C	9000	11876,9	1,01	641768,9	178,3	80	14261,6	30 %	10007,46	
12	-2 °C	50 °C	52 °C	9000	11814,0	1,01	622855,2	173,0	80	13841,3	30 %	9712,53	
13	-3 °C	50 °C	53 °C	9000	11862,3	1,01	637386,2	177,1	80	14164,3	30 %	9939,12	
14	2 °C	50 °C	48 °C	9000	11601,4	1,01	558921,6	155,3	80	12420,6	30 %	8715,58	
15	3 °C	50 °C	47 °C	9000	11569,1	1,01	549185,8	152,6	80	12204,2	30 %	8563,76	
16	4 °C	50 °C	46 °C	9000	11532,4	1,01	538126,7	149,5	80	11958,5	30 %	8391,31	
17	6 °C	50 °C	44 °C	9000	11450,9	1,01	513503,8	142,6	80	11411,3	30 %	8007,35	
18	4 °C	50 °C	46 °C	9000	11541,6	1,01	540884,7	150,2	80	12019,8	30 %	8434,32	
19	11 °C	50 °C	39 °C	9000	11210,0	1,01	440430,8	122,3	80	9787,4	30 %	6867,88	
20	9 °C	50 °C	41 °C	9000	11300,5	1,01	467954,4	130,0	80	10399,1	30 %	7297,07	
21	11 °C	50 °C	39 °C	9000	11214,3	1,01	441731,2	122,7	80	9816,3	30 %	6888,16	
22	13 °C	50 °C	38 °C	9000	11150,7	1,01	422333,5	117,3	80	9385,3	30 %	6585,68	
23	20 °C	50 °C	30 °C	9000	10846,8	1,01	328658,0	91,3	80	7303,6	30 %	5124,95	
24	14 °C	50 °C	37 °C	9000	11108,9	1,01	409527,8	113,8	80	9100,7	30 %	6386,00	
25	14 °C	50 °C	37 °C	9000	11108,9	1,01	409527,8	113,8	80	9100,7	30 %	6386,00	
26	16 °C	50 °C	34 °C	9000	11006,0	1,01	377945,8	105,0	80	8398,9	30 %	5893,52	
27	18 °C	50 °C	32 °C	9000	10933,5	1,01	355580,5	98,8	80	7901,9	30 %	5544,76	
28	16 °C	50 °C	34 °C	9000	10997,9	1,01	375445,5	104,3	80	8343,3	30 %	5854,53	
29	19 °C	50 °C	31 °C	9000	10870,3	1,01	335956,1	93,3	80	7465,8	30 %	5238,75	
30	17 °C	50 °C	33 °C	9000	10953,5	1,01	361762,2	100,5	80	8039,2	30 %	5641,16	
31	15 °C	50 °C	35 °C	9000	11034,5	1,01	386727,2	107,4	80	8594,0	30 %	6030,45	
32	11 °C	50 °C	39 °C	9000	11231,4	1,01	446942,7	124,2	80	9932,1	30 %	6969,43	
33	16 °C	50 °C	34 °C	9000	11001,9	1,01	376695,1	104,6	80	8371,1	30 %	5874,02	
34	16 °C	50 °C	34 °C	9000	11001,9	1,01	376695,1	104,6	80	8371,1	30 %	5874,02	
35	14 °C	50 °C	36 °C	9000	11075,7	1,01	399354,9	110,9	80	8874,6	30 %	6227,36	
36	15 °C	50 °C	35 °C	9000	11063,3	1,01	395556,3	109,9	80	8790,2	30 %	6168,13	
37	13 °C	50 °C	37 °C	9000	11125,5	1,01	414638,1	115,2	80	9214,3	30 %	6465,68	
38	10 °C	50 °C	40 °C	9000	11270,2	1,01	458729,0	127,4	80	10194,1	30 %	7153,22	
39	10 °C	50 °C	40 °C	9000	11244,3	1,01	450862,1	125,2	80	10019,2	30 %	7030,55	
40	8 °C	50 °C	42 °C	9000	11326,7	1,01	475902,9	132,2	80	10575,7	30 %	7421,02	
41	6 °C	50 °C	45 °C	9000	11455,4	1,01	514862,4	143,0	80	11441,5	30 %	8028,54	
42	6 °C	50 °C	44 °C	9000	11446,4	1,01	512146,3	142,3	80	11381,1	30 %	7986,18	
43	6 °C	50 °C	44 °C	9000	11450,9	1,01	513503,8	142,6	80	11411,3	30 %	8007,35	
44	7 °C	50 °C	43 °C	9000	11406,2	1,01	499977,9	138,9	80	11110,7	30 %	7796,44	
45	5 °C	50 °C	46 °C	9000	11500,6	1,01	528508,5	146,8	80	11744,7	30 %	8241,33	
46	4 °C	50 °C	46 °C	9000	11541,6	1,01	540884,7	150,2	80	12019,8	30 %	8434,32	
47	2 °C	50 °C	49 °C	9000	11638,6	1,01	570116,4	158,4	80	12669,4	30 %	8890,14	
48	2 °C	50 °C	49 °C	9000	11638,6	1,01	570116,4	158,4	80	12669,4	30 %	8890,14	
49	-1 °C	50 °C	51 °C	9000	11732,7	1,01	598425,2	166,2	80	13298,4	30 %	9331,58	
50	0 °C	50 °C	50 °C	9000	11690,1	1,01	585628,9	162,7	80	13014,1	30 %	9132,04	
51	0 °C	50 °C	50 °C	9000	11694,8	1,01	587046,1	163,1	80	13045,6	30 %	9154,14	
52	0 °C	50 °C	50 °C	9000	11690,1	1,01	585628,9	162,7	80	13014,1	30 %	9132,04	
										605993,7 kWh		425228,5 kWh	
										606,0 MWh/a		425,2 MWh/a	

## LÄMMÖNKULUTUS TUORILAN PUUTARHALLA JA KENSAPUULLA

<b>Energiankulutustaulukko</b>					
	Kulutus	yksikkö	energiasisältö kWh/yksikkö	Laitoksen hyötysuhde	Lämmön kulutus MWh
<b>Tuorilan Puutarha Oy</b>					
Kevytöljy	1509,1	l	11,86	87 %	16 MWh
Nestekaasu	80963,9	kg	12,88	90 %	939 MWh
Kuori	49,4	m <sup>3</sup>	600	80 %	24 MWh
Hake	1738,1	m <sup>3</sup>	735	80 %	1 022 MWh
Turve	1741,6	m <sup>3</sup>	1400	80 %	1 951 MWh
Pöly	1962,5	m <sup>3</sup>	967	80 %	1 518 MWh
Polttoainekulutus 6/2010 - 5/2011					5 469 MWh
Viljelytoimien muutokset					-420 MWh
<b>Yhteensä</b>					<b>5 049 MWh</b>
<b>Kensapuu Oy</b>					
Kevyt polttoöljy	16000	kg	11,86	87 %	165 MWh
Raskas polttoöljy	190000	kg	11,44	87 %	1 891 MWh
Polttoainekulutus 2011					2 056 MWh
Kuivausuunin kulutus					425 MWh
Käsimaalaamon kulutus					1 019 MWh
<b>Yhteensä</b>					<b>3 500 MWh</b>
<b>Yhteensä</b>					<b>8 549 MWh</b>