

# ANTTILAN TILAN ENERGiantuotannon Kehittäminen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Maaseutuelinkeinot, Mustiala

Kevätlukukausi, 2021

Lasse Anttila

Tekijä Lasse Anttila

Vuosi 2021

Työn nimi Anttilan tilan energiantuotannon kehittäminen

Ohjaajat Timo Teinilä

## TIIVISTELMÄ

Työn tilaajana toimii Anttilan tila Vilppulasta, joka sijaitsee Pohjois-Pirkanmaalla. Anttilan tilalla harjoitetaan viljanviljelyä 240 peltohehtaarilla ja metsätaloutta 340 hehtaarin alalla, lisäksi tila harjoittaa myös koneurakointia. Anttilan tilalla on viisi lämmitettävää rakennusta sekä viljan kuivaamo, joiden lämpöenergiantuotanto tulisi uusia. Nykyinen lämmitys on hyvin työläs johtuen monista pienistä lämmityskattiloista. Lisäksi kaikki laitteistot alkavat olla käyttöikänsä loppupuolella. Asuinrakennukset lämpiävät pääasiassa klapeilla, tuotantorakennukset hakkeella ja kuivaamo öljyllä. Nykyinen lämmityskustannus on 35 700 € vuodessa. Energian osuus tästä on 26 000 € ja loput työ- sekä huoltokustannuksia. Uuden lämmitysratkaisun tulisi käyttää uusiutuvaa energiaa, jotta siihen olisi mahdollista saada maatalouden osalta 40 % investointituki. Uusiutuvia energian lähteitä on onneksi monia ja erilaisia vaihtoehtoja niiden hyödyntämiseen löytyi viisi, joista yksi osoittautui parhaaksi. Vaihtoehtoiksi löytyi yksi iso hakekattila, kahden hakekattilan yhdistelmä, panoskattila, biolämpökontin ja hakepannun yhdistelmä, sekä biolämpökontin ja maalämmön yhdistelmä. Laskelmien, tarjousten ja haastatteluiden perusteella kannattavimmaksi vaihtoehdoksi valikoitui 150 kW hakepannun ja biolämpökontin yhdistelmä, joiden yhteenlaskettu vuosikustannus on 25 350 €.

Avainsanat Bioenergia, lämmitys, maatalous

Sivut 50 sivua ja liitteitä 1 sivua

Rural industry

Abstract

Mustiala

---

Author Lasse Anttila

Year 2021

Subject Development of energy production at Anttila farm

Supervisors Timo Teinilä

---

## ABSTRACT

The work is commissioned by Anttila farm in Vilppula, which is located in North Pirkanmaa. The Anttila farm has grain cultivation on 240 hectares of arable land and forestry in an area of 340 hectares and the farm also carries out machine contracting. Anttila farm has five heated buildings and a grain drying plant, the thermal energy production of which should be renewed. The current heating is very laborious due to the many small boilers. In addition, all equipment is at the end of its service life. Residential buildings are mainly warmed up by firewood production buildings with wood chip and drying plant with oil. The current heating cost is €35,700 per year. Energy accounts for €26,000 of this and the rest consists of work and maintenance costs. The new heating solution should use renewable energy in order to receive 40 % investment aid for agriculture. Fortunately, there are many renewable energy sources, and five different options for utilising them were found, one of which turned out to be the best. The alternatives were one large wood chip boiler, a combination of two wood chip boilers, a batch boiler, a combination of a bioenergy heating container and a wood chip boiler and a combination of a bioenergy heat container and geothermal heat. Based on calculations, offers and interviews, the most profitable option was a combination of 150 kW wood chip boiler and bioenergy heat container with a combined annual cost of 25,350 €.

Keywords Bioenergy, heating, agriculture

Pages 50 pages and appendices 1 pages

## Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	1
2	Kohdetilan esittely .....	1
2.1	Asuinrakennukset .....	2
2.2	Tuotantorakennukset .....	4
3	Energian kulutus .....	9
3.1	Asuinrakennukset .....	10
3.2	Tuotantorakennukset .....	14
4	Nykyinen kustannus .....	17
4.1	Polttopuiden hinta .....	18
4.2	Hakkeen hinta .....	21
4.3	Lämmitystyö .....	22
5	Vaihtoehtoiset energiantuotantomuodot .....	23
5.1	Suora sähkölämmitys .....	24
5.2	Maalämpö .....	24
5.3	Ilma-vesi-lämpöpumppu .....	25
5.4	Hake .....	25
5.5	Puupalot .....	25
5.6	Kokopuu .....	25
5.7	Pelletti .....	26
5.8	Olki .....	26
5.9	Turve .....	26
5.10	Öljy .....	27
5.11	Kaasu .....	27
5.12	Kivihiili .....	27
5.13	Kaura .....	27
5.14	Ruokohelpi .....	28
5.15	Esipuhdistusjäte .....	29
6	Investointituki .....	29
7	Sähköntuotanto .....	30
8	Laitteistovaihtoehdot .....	30
8.1	Lämpökanaali .....	30
8.2	Radiaattori kuivurille .....	34
8.3	Lämpökeskus .....	35

8.4	Hargassner .....	36
8.5	ETA .....	37
8.6	Heizomat .....	37
8.7	Thermia maalämpö .....	38
8.8	Alfaflame lämpökontti .....	38
8.9	Faust .....	39
9	Päätelmät .....	39
9.1	Investoinnin hinta .....	40
9.2	Vuosikustannus .....	40
10	Lopputulos .....	42
	Lähteet.....	43

## Liitteet

Liite 1      Lämpökeskuksen pohjapiirros

## **1 Johdanto**

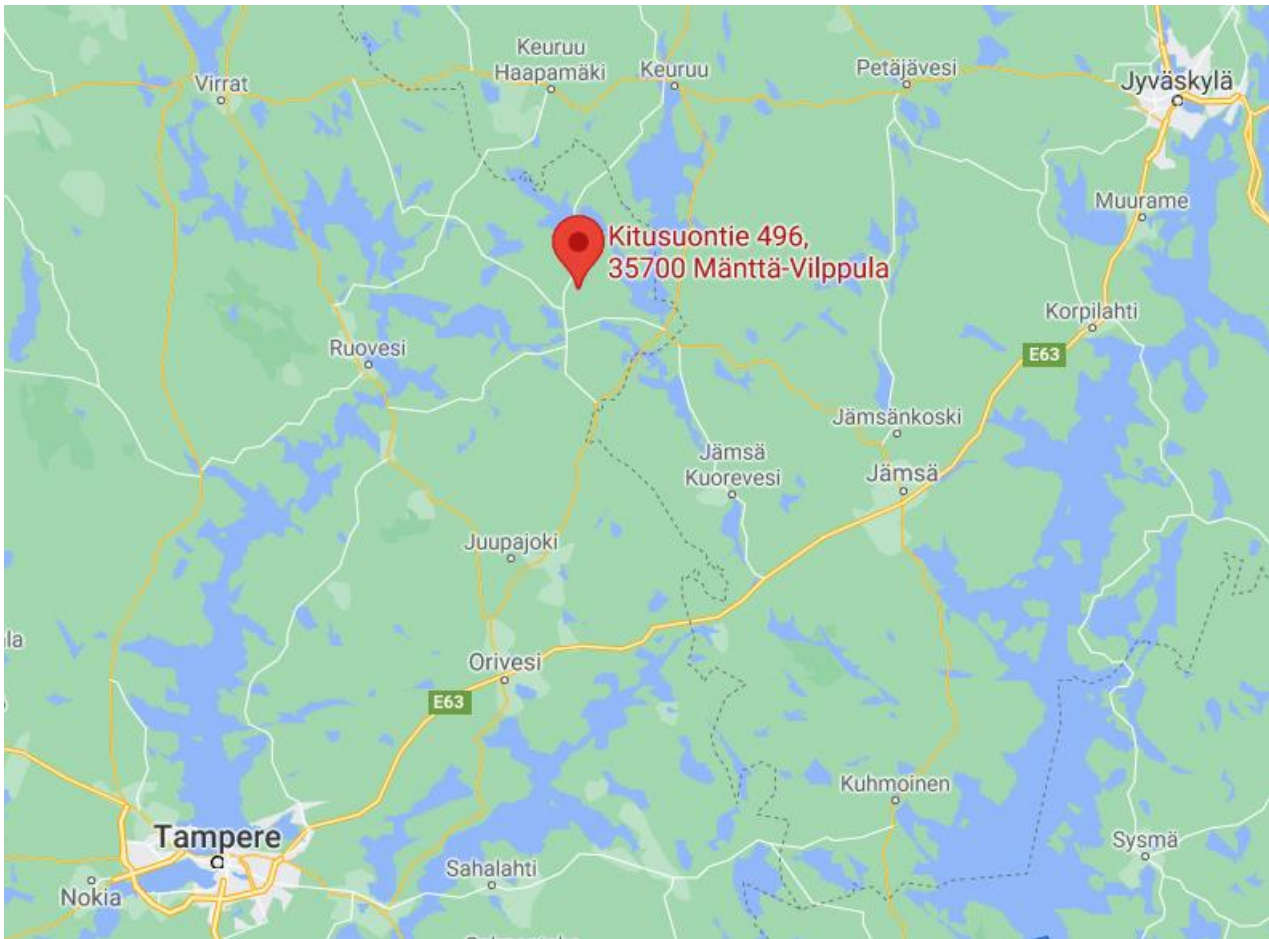
Tämän työn tarkoitus on pohtia eri energiantuotantomalleja, selvittää niiden kustannuksia ja soveltuvuutta käytännön näkökulmasta toimeksiantajatilän lämmitystarpeisiin. Nykyiset lämmitysjärjestelmät ovat käyttöikänsä päässä. Lisäksi neljästä eri lämmityskattilasta huolehtiminen on erittäin työlästä lämmityksen perustuessa pääasiassa klapeihin. Kuivaamon osalta myös öljylämmityksestä halutaan eroon. Työn tulosta on tarkoitus hyödyntää lähitulevaisuudessa tilan kehittämiseen. Työssä käytetyt hinnat ovat verollisia ellei toisin mainita, sillä osa työstä käsittelee yksityistaloutta.

## **2 Kohdetilan esittely**

Anttilan tila sijaitsee Vilppulassa, Pohjois-Prkanmaalla. Tilan päätuotantosuunta on kasvinviljely, jota harjoitetaan tällä hetkellä 240 hehtaarin alalla. Tämän lisäksi harjoitetaan monenlaista koneurakointia ja metsätaloutta. Metsätalous tuo tilalle merkittävän osan vuosituloista, sillä sitä harjoitetaan 340 hehtaarin pinta-alalla.

Nykyisellään tilalla on viisi lämmitettävää rakennusta, joita lämmitetään neljällä eri järjestelmällä. Näiden lisäksi kuivurilla on oma perinteinen öljypannu. Tulevaiuudessa lämmintä konehallia olisi tarkoitus tehdä noin 300 m<sup>2</sup> lisää.

Kuva 1 Anttilan tilan sijainti (Google Maps)



## 2.1 Asuinrakennukset

Tilalla on kaksi asuinrakennusta. Näistä kahdesta uudempi, niin sanottu päätalo, on vuonna 1987 rakennettu kaksikerroksinen kivi/puutalo. Alakerta on betonia ja on louhittu kallion sisään, yläkerta on puurakenteinen. Talon kokonaispinta-ala on 240 m<sup>2</sup>. Talo lämpiää Arimaxin 35 kW alapalokattilalla, joka käyttää polttoaineenaan klapeja. Kattila on uusittu vuonna 2004 ja lämminvesivaraaja vuonna 2016. Lisäksi yläkerrasta löytyy leivinuuni ja puuhella. Leivinuunia lämmitetään pakkasilla lähes päivittäin. Talon energiatehokkuutta on parannettu vuonna 2011 uusimalla rakennukseen ovet ja ikkunat. Talon vintti olisi myös mahdollista muuttaa asuinkäyttöön, jolloin kokonaispinta-ala kasvaisi 80 m<sup>2</sup>. Talossa asuu neljä henkeä.



Kuva 2 Päätal



Tilan vanha talo, niin sanottu papanpuoli, on siirretty nykyiselle paikalle 1925. Talo on kaksikerroksinen, hirsirunkoinen, vuorattu puutalo. Kokonaispinta-ala tässä on 130 m<sup>2</sup>. Taloa on remontoitu muutamaan otteeseen, viimeisen kerran 1997, jolloin siihen on uusittu katto, ikkunat, vuoraus, sekä tehty pieni laajennus eteiselle ja pesutiloille. Talo lämpiää vuonna 1965 remontin yhteydessä asennetulla hella-keskuslämmityskattilalla. Tämän lisäksi varaajassa on 6 kW sähkövastus, joka toimii yösähköllä. Käyttövesi lämpiää 2017 asennetulla sähkövaraajalla. 2018 taloon asennettiin myös ilmalämpöpumppu, jota käytetään tällä hetkellä peruslämmön ylläpitämiseen, sillä talo on tyhjillään.



Kuva 3 Vanha talo



## 2.2 Tuotantorakennukset

Tilalla on 1996 rakennettu lämmin 96 m<sup>2</sup> korjaamorakennus sekä 300 m<sup>2</sup> vuonna 1974 rakennettu vanha sikala. Nämä rakennukset lämpiävät 1995 asennetulla 60 kW Ala-Talkkarin Veto-hakekattilalla. Kattilan ohjausjärjestelmä on uusittu ja modernisoitu vuonna 2015 tapahtuneen tulipalon takia.

Kuva 4 Vanha sikala





Kuva 5 Korjaamo ja konehallit



Pihassa on myös 108 m<sup>2</sup> vanha navetta, joka toimii tällä hetkellä autotallina ja varastona. Navetasta noin kolmannes on pidetty lämpimänä kahden 3 kW sähköpuhaltimen ja vanhan muuripadan voimin. Tulevaisuudessa rakennusta olisi tarkoitus saneerata ja muuttaa se kokonaan lämpimäksi.

Kuva 6 Vanha navetta



Myös lämmintä konehallia olisi tarkoitus tehdä tulevaisuudessa lisää. Tilalla se onnistuu melko helposti, sillä olemassa olevaa hallitilaa pystyy eristämällä muuttamaan lämpöiseksi 300 m<sup>2</sup>. Kuivaamona tilalla on 360 hl kokoinen vuonna 2004 asennettu Mega Antti, joka lämpiää 500 kW öljypannulla.



Kuva 7 Kuivaamo



### 3 Energian kulutus

Tämänhetkisen energiankulutuksen tarkka laskenta osoittautui erittäin haastavaksi. Polttopuun keskimääräisestä vuosikulutuksesta ei ole tarkkoja tietoja, eikä kaikissa käyttökohteissa ole erillistä mittausta sähkön kulutukselle. Niitä ei myöskään tarkasti pysty laskemaan, joten seuraavat luvut ovat arvioita ja valistuneita arvauksia.

Koko tilalla kuluu vuodessa puoli liiteriä klapeja eli seitsemän kappaletta, kuuden pinokuutiometrin pinoa, energiamäärältään tämä vastaa 55 860 kWh. Kiintokuutioina tämä on 27,5 m<sup>3</sup>. Polttopuiden kokonaiskulutuksen arvio on suhteellisen tarkka, sen jakaminen eri tulipesiin onkin jo huomattavasti epätarkempaa.

Hakkeen vuosikulutus on myös melko tarkasti arvioitavissa, mutta sen jakautuminen sikalan ja korjaamorakennuksen välillä ei, joten en ole sitä lähtenyt erittelemään. Myös kuivaamon öljyn kulutuksen vaihteluväli ja keskiarvo on jokseenkin tarkasti tiedossa. Kaikista hankalin arvioitava on sähkön kulutus lämmityksessä, sillä Anttilan tilalla on vain yksi sähkömittari.

Taulukko 1 Energiankulutus

Rakennus	kulutus/v	yksikkö	polttoaine	energia sisältö kWh	Kulutettu energia kWh
Päätalo	27	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	1330	35910
Päätalo				1	0
Päätalo sauna	5,2	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	1330	6916
Päätalo leivinuuni	2,6	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	1330	3458
vanha talo	5,9	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	1330	7847
vanha talo	10300	kWh	sähkö	1	10300
verstas+sikala	100	irto m <sup>3</sup>	hake	800	80000
verstas+sikala	500	kWh	sähkö	1	500
navetta	1,5	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	1330	1995
navetta	3650	kWh	sähkö	1	3650
kuivuri	20 000	l	polttoöljy	10	200000
					350576

### 3.1 Asuinrakennukset

Päätaloa lämmitetään kesällä kolmesta neljään kertaan viikossa ja talvipakkasilla jopa kaksi kertaa päivässä. Yhteen lämmityskertaan kuluu aikaa hieman yli puoli tuntia. Asiaa pohdittua päädyttiin tulokseen, että lämmittämiseen kuluu keskimäärin puoli tuntia vuorokaudessa eli 182 tuntia vuodessa. Puuta laskettiin kuluvan samalla ajattelumallilla 0,074 pino-m<sup>3</sup> päivässä eli 27 pino-m<sup>3</sup> vuodessa. Lisäksi laskettiin, että saunassa palaa vuosittain 5,2 pino-m<sup>3</sup> ja leivinuunissa 2,6 pino-m<sup>3</sup>. Kilowattitunneiksi muutettuna tämä tarkoittaa siis lämmityskattilan osalta 35 910 kWh, saunan 6 916 kWh ja leivin uunin osalta 3 458 kWh. Sähköä käytetään päätalon lämmitykseen vain satunnaisesti.



Kuva 8 Päätalon pannuhuone



Vanhan talon lämmitys on huomattavasti työläämpi, johtuen pesän pienestä koosta. Talon ollessa nykyisellään tyhjänä valkean pitäminen pesässä keskittyy lähinnä talveen. Talvella taloa joutuu lämmittämään useamman kerran päivässä, kun taas syksyllä ja keväämmällä pärjätään harvemmalla lämmityksellä. Tässäkin tapauksessa koitettiin pohtia keskimääräistä lämmitystä ja päädyttiin siihen, että lämmitys vie aikaa puoli tuntia päivässä, seitsemänä kuukautena vuodesta, eli 106 tuntia vuodessa. Pesän koosta johtuen puita täytyy käydä lisäämässä useasti ja lämmitys sitookin yhden henkilön kolmen tunnin ajaksi joka lämmityspäivä, eli 640 h vuodessa. Puita laskettiin kuluvan vuodessa 5,9 pino m<sup>3</sup> eli 7 847 kWh.

Vanha talo lämpiää myös sähköän voimalla, varaajassa on kaksi 3 kW sähkövastusta, jotka toimivat yösähköllä. Vastuksien tarkkaa päälläoloaikaa ei pystytty tarkistamaan mistään, mutta jos laskisi niiden olevan päällä 8 h/vrk 7 kuukautena vuodesta, tekisi se 1440 kWh kuussa, 9800 kWh vuodessa. Lisäksi ilmalämpöpumppu on päällä tarvittaessa. Lämpöpumpun vuosikulutukseksi voisi arvioida 500 kWh. Sähköä säästyisi paljon, jos sähkövastuksien sijaan lämmittäisi enemmän ilmalämpöpumpulla. Tässä on kuitenkin tekninen ongelma, koska yläkertaan menevät kiertovesiputket menevät ulkoseinässä ja jäätyvät, ellei siellä kierrä koko ajan yli 35°C vesi.

Kuva 9 Vanhan talon hella -keskuslämmityskattila



### 3.2 Tuotantorakennukset

Vanhassa navetassa puhaltaa kaksi 2 kW sähkölämmittintä, jotka ylläpitävät lämmön kymmenen asteen tienoilla. Näidenkään todellisesta energian kulutuksesta ei ole tarkkaa tietoa, mutta arviona voisi sanoa, että termostaatit pitävät lämmittimiä päällä keskimäärin 5 h päivässä 6 kk vuodessa. Kuukaudessa sähköä menisi 608 kWh ja vuodessa 3650 kWh

Vanhaa navettaa lämmitetään myös siellä olevalla muuripadalla keskimäärin pesällinen päivässä, 7 kk vuodessa. Puita kuluu noin 1,5 pino-m<sup>3</sup> vuodessa eli 1995 kWh/vuosi. Aikaa lämmitykseen kuluu kerralla noin vartti eli vuodessa se tekee 53 h.

Verstas ja sikala lämpiävät yhteisellä hakepannulla, haketta kuluu vuodessa noin 100 hake-m<sup>3</sup> eli noin 80 MWh/vuosi. Sitä, miten energian kulutus jakaantuu rakennusten välillä, on vaikea arvioida. Lisäksi kesäkuukausina hakepannun ollessa pois päältä lämpiää verstaan käyttövesi 3 kW sähkövastuksella. Sen sähkön kulutukseksi arvioidaan 500 kWh/vuosi.



Kuva 10 Sikalan ja korjaamorakennuksen hakekattila



Kuva 11 Hakesiilo



Kuivuri lämpiää kevyellä polttoöljyllä, jonka kulutus vaihtelee vuosittain todella paljon olosuhteiden ja kuivausmäärän mukaan. Öljyn kulutus vaihtelee 15 000 ja 27 000 litran välissä ollen keskimäärin noin 20 000 litraa vuodessa.

## 4 Nykyinen kustannus

Taulukko 2 Nykyinen kustannus

Rakennus	Energian hinta	Työn hinta	konetyö	Huolto yms.	Yht.€
Päätalo	2035	3094		220	5349
Päätalo	0	0		0	0
Päätalo sauna	392	0		10	402
Päätalo leivinuuni	196	0		10	206
vanha talo	445	1802		520	2767
vanha talo	1514	0		0	1514
verstas+sikala	2673	1700	806	519	5698
verstas+sikala	74	0		0	74
navetta	113	901		15	1029
navetta	537	0		0	537
kuivuri	18000	0		115	18115
Yht. €	25979	7497	806	1409	35691

Nykyinen lämmityskustannus muodostuu pitkälti polttopuiden ja hakkeen teosta. Nykyiset kustannukset saa näyttämään juuri siltä kuin itse haluaa, sillä kulutettu työaika ja polttopuumäärät perustuvat arvioihin. Myös se minkä arvon laskee omalle työlle vaikuttaa laskelmiin oleellisesti. Täten laskelmat saa näyttämään hyvinkin erilaisilta riippuen siitä kuka ne laskee. Tässä työssä on pyritty laskemaan ne mahdollisimman totuudenmukaisesti ja realistisesti.

Polttopuut tilalla tehdään alusta loppuun asti itse. Hakkeen osalta haketus ostetaan ulkopuoliselta urakoitsijalta, muut työvaiheet tehdään omana työnä. Koska nykyinen energia tuotetaan itse omasta metsästä, vaikuttaa hintaan se, kuinka paljon omalle työlleen hinnoittelee arvoa.

Toinen iso kustannus lämmitysjärjestelmistä on niiden käyttö. Klapikattilat vaativat paljon täyttöä, puiden kускаusta ja tuhkien tyhjäämistä. Hakepannu toimii huomattavasti vähemmällä työmäärällä. Työtunnin hintana käytän 17 €/h ja konetyön hintana 80,6 €/h, hinnat perustuvat siihen mitä saisi, jos urakoitsisi ulkopuoliselle. Myös nämä hinnat ovat verollisia.

Tilan kaikki lämmitysjärjestelmät ovat niin vanhoja, että pääoma- ja kuoletuskustannuksia niissä ei enää ole. Nuohous- ja huoltokustannuksia tietysti löytyy jonkin verran. Nuohous maksaa vuositasolla 109 € ja huoltoon, sekä korjaustöihin arvioidaan kuluvan 1 300 € vuodessa.



Kokonaisuudessaan nykyinen lämmitys tilalla maksaa laskelmien mukaan keskimäärin 35 700 € vuodessa. Kuivaamon osuus tästä on reilu 18 000 €. Työn osuus kustannuksista on 7500 €.

Taulukko 3 Nykyinen energiakustannus

Rakennus	kulutus/v	yksikkö	polttoaine	hinta	yht €
Pääatalo	27	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	75,38	2035
Pääatalo					0
Pääatalo sauna	5,2	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	75,38	392
Pääatalo leivinuuni	2,6	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	75,38	196
Vanha talo	5,9	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	75,38	445
Vanha talo	10300	kWh	sähkö	0,15	1514
Verstas+sikala	100	irto m <sup>3</sup>	hake	26,73	2673
Verstas+sikala	500	kWh	sähkö	0,15	74
Navetta	1,5	pino m <sup>3</sup>	sekapilke	75,38	113
Navetta	3650	kwh	sähkö	0,15	537
Kuivuri	20 000	l	polttoöljy	0,90	18000
					25978

#### 4.1 Polttopuiden hinta

Polttopuiden kokonaiskulutus on noin 27,5 kiinto-m<sup>3</sup> eli 42 pino-m<sup>3</sup> vuodessa. Polttopuut tehdään Anttilan tilalla itse alusta loppuun. Puut hakataan omasta metsästä, kuljetetaan liiterille, pilkotaan ja pinotaan kuivumaan. Polttopuun raaka-aineena tilalla käytetään lähinnä pystykuivia sekä latvarankoja, jotka metsäyhtiölle myyessä menevät energiapuiksi. Tällä hetkellä Metsägroup maksaa karsitusta energiapuusta 30 €/kiinto-m<sup>3</sup>, joten laskelmissa käytetään tätä puun hintana. Puut kuljetetaan metsästä kotiin omalla kalustolla. Yleensä puut tuodaan samalla, kun kone ajetaan tilakeskukselle eli harvemmin niitä haetaan varta vasten. Laskennassa on kuitenkin laskettu kuljetuksellekin hinta, sillä puun tarpeen kasvaessa niitä on pakko hakea varta vasten. Polttopuiden pilkkomisen ja pinoamisen hoitaa tilan emäntä. Laskelmissa käytetään työtunnin hintana 17 €/h. Polttopuut pilkotaan Massey-Ferguson 165 S traktorilla ja Japa 700 klapikoneella. Traktorin hankintahinta oli kaksi vuotta sitten 1000 € ja klapikoneen 4 000 €. Polttopuut varastoidaan vanhoissa liitereissä pinottuna. Laskelmissa käytetään pääsääntöisesti pino-m<sup>3</sup>, sillä

polttopuiden nykykulutus oli helpoin laskea tässä muodossa. Itsetehtyjen polttopuiden hinta pino-  
m<sup>3</sup> on 75,38 € eli irtom<sup>3</sup> 46,57 €. Vapailta markkinoilta ostettuna sekaklapien hinta vaihtelee 45-  
55 € irtom<sup>3</sup>. (Halkoliiteri n.d) Näin ollen itse tehdyt polttopuut ovat edullinen vaihtoehto, sillä  
ostettuihin puihin pitää vielä lisätä rahti sekä pinoaminen.

Taulukko 4 Konekustannuslaskelma polttopuiden teossa

Konekustannuslaskelma				
Traktoriytötunnin hintalaskelma			MF165 + jopa 700	
Traktorin hankintahinta			5 000	€
Käyttöaika			10	v
Jäännösarvo			3 000	€
Vuotuinen käyttö			50	h
Peruskustannus				
Poisto			200	€
Korko			5 %	200 €
Säilytys			Laske säilytyskustannus vuotta k	€
Vakuutukset ym.			0,15 %	7,5 €
Peruskustannus yhteensä			407,5	€
Peruskustannus käyttötuntia kohden			8,15	€
Käyttökustannus				
Polttoaine		5	0,9	225 €
Voiteluaine		50	4	200 €
Ajajan palkka			17	850 €
Kunnossapito			3 %	150 €
Käyttökustannus yhteensä			1425	€
Peruskustannus			407,5	€
Käyttökustannus			1425	€
Yhteensä			1832,5	€
Riski			5 %	91,63 €
Työtunnin hinta			38,48	€

Taulukko 5 Polttopuiden teko

Polttopuiden teko	kiinto m <sup>3</sup> /h	€/h	kiinto m <sup>3</sup> teko €		
	1,08	38,48	35,63		
puiden pinoaminen	kiinto m <sup>3</sup> /h	€/h	kiinto motin pinoaminen		
	0,65	17	26,15		
Valmiin kiintokuution hinta			61,78		
Puun kuljetus €/m <sup>3</sup>	puun hinta €/m <sup>3</sup>	Tekeminen €/m <sup>3</sup>	€/kiinto m <sup>3</sup>	€/pino m <sup>3</sup>	€/irto m <sup>3</sup>
24,18	30	61,78	115,96	75,38	46,57
	kwh/pino m <sup>3</sup>	€/ pino m <sup>3</sup>	€/kWh		
	1330	75,38	0,057		
kiinto	pino	irto			
1	1,53	2,49			

Kuva 12 Anttilan tilan polttopuu työmaa



## 4.2 Hakkeen hinta

Kuten polttopuiden, niin myös hakkeen raaka-aine kerätään itse omasta metsästä ja kuljetetaan omalla kalustolla työmaalta tullessa tilalle. Puun hintana käytetään tässäkin 30 €/kiinto-m<sup>3</sup>.

Urakoitsija ottaa syntyneestä hakekuutiosta 4,34 €/hake m<sup>3</sup>. Anttilan tilalla haketta kuivataan varastoon rakennetulla kylmäilmakuivurilla, josta syntyy myös pieni kustannus. Kokonaiskustannus omalla hakkeella on 26,73 €/hake-m<sup>3</sup>. Vapailta markkinoilta haketta saa 20-25 €/hake-m<sup>3</sup>+ rahti. Itse tuotettu hake pyörii samassa hinnassa vapailta markkinoilta ostetun kanssa.

Taulukko 6 Hakkeen hinta

puu €/m <sup>3</sup>	kuljetus €/m <sup>3</sup>	€/kiinto m <sup>3</sup>	€/hake m <sup>3</sup>	haketus €/hake m <sup>3</sup>	kuivaus €/m <sup>3</sup>	hakkeen kok. hinta €/hake m <sup>3</sup>
30	24,18	54,18	21,67	4,34	0,72	26,73
€/hake m <sup>3</sup>	kWh/hake m <sup>3</sup>	€/kWh				
26,73	800	0,033				



Kuva 13 Hakevarasto



### 4.3 Lämmitystyö

Iso kustannus tällä hetkellä on monen erillisen kattilan vahtiminen ja täyttäminen. Oman työnhän voisi tietysti ajatella olevan ilmaista, mutta näemme, että lämmitykseen käytetyn ajan voisi käyttää johonkin tuottavaan, joten tässä työssä arvostetaan omaa työtä 17 € edestä tunti. Kaikkien neljän kattilan lämmittämiseen kuluukin vuodessa 441 työtuntia eli hieman alle 7500 €.

Klapikattiloiden osalta tämä merkitsee sitä, että työn arvo on päätalon osalta puolitoistakertainen polttopuiden arvoon nähden. Vanhan talon osalta se on nelinkertainen ja vanhan navetan osalta lähes kahdeksankertainen. Hakepannun osalta työpanoksen ja konetyön yhteenlaskettu arvo on lähes sama kuin itse hakkeen arvo. Työn arvo muodostaa kokonaisuutena noin puolet tilan lämmityskustannuksista, mikäli kuivaamoa ei oteta huomioon. Laskelmissa on huomioitu ainoastaan lämmityksen vaatima fyysinen työ. Todellisuudessa lämmitystyö kuitenkin sitoo talvella

yhden henkilön tilalle koko päiväksi. Lämmittäjä, eli yleensä tilan emäntä, tekee lämmitystyön ohessa muun muassa kirjanpitoa ja kodin askareita. Tälle päivystämislle ei ole laskettu arvoa, koska sille on hyvin hankalaa arvioida hinta. Niin kauan kuin joku pystyy päivystämään tilalla ja käyttämään väliajat hyödyksi, ei asia ole ongelma, eikä tuota kustannuksia. Mutta jos tulee tilanne, että lämmityksen takia jää tekemättä jotain muuta tuottavaa työtä, tulee lämmityksestä kallista. Tämä täytyy pitää mielessä johtopäätöksiä tehtäessä.

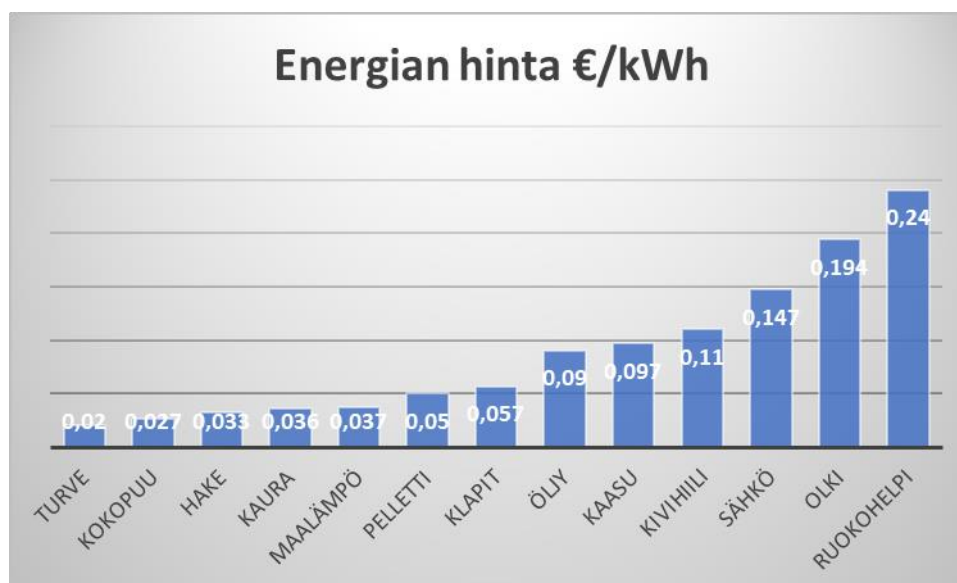
Taulukko 7 Lämmitys työn hinta

Rakennus	kulutettu aika h/v	hinta€/h	yht €		Nuohous €/v	Huolto €/v	Konetyö €/v	yht €/v	yht €/v
Pääatalo	182	17	3094		20	200		220	3314
Pääatalo			0					0	0
Pääatalo sauna			0		10			10	10
Pääatalo leivinuuni			0		10			10	10
vanha talo	106	17	1802		20	500		520	2322
vanha talo	0		0					0	0
verstas+sikala	100	17	1700		19	500	806	1325	3025
verstas+sikala			0					0	0
navetta	53	17	901		15			15	916
navetta								0	0
kuivuri					15	100		115	115
	441		7497					2215	9712

## 5 Vaihtoehtoiset energiantuotantomuodot

Vaihtoehtoisia energiantuotantomuotoja ja -tapoja on monia. Anttilan tilan kohdalla tulee pohtia, onko järkevintä tehdä yksi iso lämmityskattila vai useampi pieni. Lähtötietoina laskelmissa käytetään nykyisen puun kulutuksen mukaan laskettua energian kulutusta. Tällä hetkellä vuodessa kuluu noin 350 MWh energiaa. Uudessa lämmitysjärjestelmässä tilalla halutaan kuitenkin huomioida mahdollisuus lisätä lämmintä hallitilaa 300 m<sup>2</sup>, jolloin vuotuinen energian tarve kohoaa 440 MWh:iin vuodessa. Mikäli tilalle rakennetaan yksi lämpökeskus, aiheutuu lämpökanaaleissa energiahäviöitä 44,5 MWh edestä, eli kokonaisenergian tarve olisi 482,5 MWh vuodessa.

Taulukko 8 Energian hinta



## 5.1 Suora sähkölämmitys

Suoran sähkölämmityksen kulut on helppo laskea. 240 MWh sähköä maksaisi 35 268 €. Sähkön hintana käytetään tämänhetkistä sähkön hintaa, joka on yöllä 13,19 snt/kWh ja päivällä 16,2 snt/kWh. Laskelmissa käytetään näiden hintojen keskiarvoa. Mikäli kolme nykyistä puukattilaa korvattaisiin sähkökattiloilla, olisi kolmen 42 kW kattilan yhteenlaskettu investointikustannus noin 11 200 € + asennustyöt (Taloon n.d). Toki pääsulakkeiden vaihtaminen kahdeksastakymmenestä kahteensataan ampeeriin ja syöttökaapelin uusiminen kustantaisi arviolta 5000 € ja liittymän vaihtaminen 8569 €. Kattiloiden yhteistehon ollessa 126 kW muodostuu virrantarve huippukuormalla 182,6A/vaihe. Tämä saadaan kaavasta  $I=P/3/U_p$ , jossa I on virta ampeereina, P teho watteina, 3 vaiheiden määrä ja  $U_p$  vaihejännite, eli  $126\,000\text{W}/3/230\text{V}=182,6\text{A}$ . (Taimila, haastattelu 18.3.2021)

## 5.2 Maalämpö

Maalämmössä tuotetun kilowatin hinta riippuu täysin lämpöpumpun hyötysuhteesta. Sähkön hinnan ollessa keskimäärin 14,7snt/kWh ja maalämpöpumppujen hyötysuhteen liikkuesssa 3,5 ja 4,5 välillä muodostuu maalämmöllä tuotetun energian hinnaksi 3,7snt/kWh. Anttilan tilalla



maalämmön hankintahintaa nostaa merkittävästi maaperä. Kallio on tilakeskuksen pihapiirissä niin lähellä pintaa, ettei lämmönkeruupiirien kaivaminen onnistu, vaan joudutaan poraamaan lämpökaivot. (Lähteenmäki, haastattelu 20.4.2021)

### 5.3 Ilma-vesi-lämpöpumppu

Samoin kuin maalämmössä ilma-vesi-lämpöpumpun tuottaman energian hinta riippuu täysin sen hyötysuhteesta. Ilma-vesi-lämpöpumput soveltuvat parhaiten lattialämmityskohteisiin, sillä niissä kiertoveden lämpötila on alhainen. Tällöin niillä päästään jopa 4,4 hyötysuhteeseen. Kuitenkin yli 20 asteen pakkasella ilma-vesi-lämpöpumppu menee suoralle sähkölle. Sähkön hinta on keskimäärin 14,7 snt/kWh. Mikäli koko vuoden keskimääräinen hyötysuhde olisi tuon 4,4 niin energian hinnaksi muodostuisi 3,3 snt/kWh (Pikkarainen, haastattelu 22.4.2021)

### 5.4 Hake

Hake hankitaan itse omana työnä lukuun ottamatta haketusta. Tarkempi selitys hakkeesta löytyy osiosta 4.2. Itse tehty hake kustantaa 26,73 €/hake-m<sup>3</sup>. Hakkeen energiasisällön ollessa 800 kW/hake-m<sup>3</sup> muodostuu energian hinnaksi 3,3 snt/kWh. (bioenergianeuvoja n.d)

### 5.5 Puuhalot

Klapit tehdään itse omasta puusta. Tarkempi selvitys klapeista osiossa 4.1. Klapien energianhinta 5,7 snt/kWh.

### 5.6 Kokopuu

Mikäli Anttilan tilalle valitaan panoskattila, olisi siellä mahdollista polttaa kokopuuta. Kokopuulla tuotettu energia olisi edullista, sillä kokopuu on hyvin vähän prosessoitua. Kokopuun hinta muodostuu puun hinnasta 30 €/kiinto-m<sup>3</sup> ja kuljetuksesta 24,18 €/kiinto-m<sup>3</sup>. Eli puun hinnaksi tulee 54,18 €/kiinto-m<sup>3</sup>. Kiintokuutiassa sekapuuta on noin 2 MWh energiaa eli kokopuusta tuotetun energian hinnaksi muodostuu 2,7snt/kWh

## 5.7 Pelletti

Hyvä kotimainen energian lähde olisi puupelletti. Anttilan tilalle pelletti pystyttäisiin hakemaan omalla kalustolla, sillä Vapon pellettitehtaalle on matkaa vain 9 km. Vapo ilmoittaa pelletin energian hinnaksi 5 snt/kWh. (Vapo n.d)

## 5.8 Olki

Yksi vaihtoehto energian lähteeksi on olki. Oljen korjuuseen Anttilan tilalla ei ole kalustoa vaan paalaus pitäisi ostaa urakoitsijalta. Esimerkiksi Pollen Paali urakoi suurkanttipaalausta silppuavalla paalaimella 60 €/tonni. Oljesta he maksavat isännille 10 €/tonni, joten käytetään sitä oljen arvona. Lisäksi täytyy laskea paaleille rahti pellolta tilalle, jota arvioidaan tulevan 5 €/tonni. Näin ollen oljen hinnaksi muodostuisi verollisena 93 €/tonni. Oljen energiasisällön ollessa keskimäärin 4,8 MWh/tonni muodostuu oljen energiahinnaksi 19,4 snt/kWh. Näin ollen olkienergia on kallista, toki oljen korjuu helpottaa muokkaustöitä ja pienentää puimurin polttoaineen kulutusta. Näille on kuitenkin hankala määritellä selkeää euromääräistä arvoa. (Kuusela, haastattelu 16.3.2021)

## 5.9 Turve

Turpeen hintaa oli hieman hankala löytää mutta tilastokeskuksen energiataulukon mukaan turpeen energian hinta on 2 snt/kWh. (Stat n.d) Pienenä ostajana turvetta tuskin kuitenkaan saa tuohon hintaan, mutta muutakaan lähdettä ei löytynyt, joten työssä käytetään tätä. Suomen nykyisen ilmasto- ja energiapolitiikan takia, turpeen saatavuus voi kuitenkin tulevaisuudessa olla haasteellista, joka luultavasti nostaa sen hintaa yhdessä kiristyvän verotuksen kanssa. Turve on muutenkin hieman hankalaa poltettavaa yksinään pienessä kattilassa, mutta sekoitettuna hakkeeseen se on erinomainen polttoaine.

## 5.10 Öljy

Öljyn käyttö lämmityksessä olisi helppo ja vaivaton ratkaisu. Investointina öljykattilat ovat huomattavasti hakepannuja edullisempia. Öljy ei kuitenkaan näytä tällä hetkellä tulevaisuuden energian lähteeltä lämmityksessä. Öljyenergian hinta on 9 snt/kWh.

## 5.11 Kaasu

Nestekaasu olisi varsinkin kuivurille hyvä ja tehokas lämmitysmuoto kaasun erinomaisen hyötysuhteen vuoksi. Kaasun hyötysuhde kuivurilla lähentelee 100 %, sillä kaasu palaa erittäin puhtaasti, jolloin savukaasut voidaan johtaa viljamassan läpi. Anttilan tilalla ei ole mahdollisuutta liittyä kaasuputkeen, jolloin kaasusäiliö ja höyrystin pitäisi joko ostaa tai vuokrata. Tässä tapauksessa vuokraaminen olisi byrokraattisesti helpoin vaihtoehto. Kaasusäiliön ja höyrystimen verollinen vuokrahinta olisi 1240 €/v. Itse kaasun hinta olisi 1240 €/t eli 9,7 snt/kWh. Kaasun energiasisältö on 12,8 MWh/t (Kaitasalo, haastattelu 6.4.2021)

## 5.12 Kivihiili

Tehokas mutta ei kovinkaan ekolokinen lämmönlähde olisi kivihiili. Kivihiilen etuina ovat sen suuri energiatiheys ja kova palamislämpötila. Kivihiiltä on markkinoilla kahta eri laatua. Antrasiitin tonnihinta on 1050 € ja energiatiheys 8,1 kWh/kg eli energianhinta on 0,13 €/kWh.

Kivihiilen hinta 860 €/t ja energiasisältö 7,8 kWh/kg. Näin ollen energian hinnaksi muodostuu 0,11 €/kWh. (kotteria n.d)

## 5.13 Kaura

Yksi mahdollinen energianlähde olisi kaura, jota Anttilan tilalla viljellään. Viljan polttaminen ei kuitenkaan tunnu mielekkäältä vaihtoehdolta, mutta otetaan se kuitenkin mukaan laskelmiin. Laskennallisesti kuutiosta kauraa irtoaa 2350 kWh energiaa. Kauran keskimääräinen

hehtolitraino on 56 kg ja tonnihinta 150 €, jolloin kauralla tuotetun energian hinnaksi muodostuu 3,6 snt/kWh. (Ala-Talkkari ym. 2009)

### 5.14 Ruokohelpi

Ruokohelpi olisi Anttilan tilan suopelloille hyvä ja satoisa viljelykasvi. Syväjuurisena kasvina sillä olisi maata parantava vaikutus. Ruokohelven viljelykustannukset ovat maltilliset sen vähäisen lannoitustarpeen ja kasvuston pitkän eliniän takia. Ruokohelpi korjataan energiakäyttöön keväällä lumen sulamisen jälkeen. Ruutikuivan ruokohelven korjuu on haastavaa ja tulipalojen riski on suuri. Anttilan tilalla ei ole ruokohelven korjuuseen sopivaa kalustoa, joten korjuu pitäisi ostaa urakoitsijalta. Halukasta urakoitsijaa ruokohelven korjuuseen voi kuitenkin olla hankalaa löytää. Ruokohelven kuiva-ainesato sato vaihtelee kuuden ja kahdeksan tonnin välillä hehtaari. (Rahkonen 2006)

Jos laskelmissa käytetään Pollenpaalin paalaushintaa eli 60 €/t (Kuusela, haastattelu 16.3.2021) ja TTS:n urakointihinnastosta katsottua niiton keskihintaa, 40 €/ha ja karhotuksen keskihintaa 23 €/ha. MTT:n laskelmien mukaan ruokohelven viljelykustannukset ovat vuonna 2004 olleet 90 €/ha, kun otetaan inflaatio ja rahan arvon heikkeneminen huomioon, nykykustannus olisi siis 112,5 €/ha. (Stat n.d) Lisäksi rahtia voisi ajatella tähänkin 5 €/t. Kokonaiskustannus 7 t hehtaarisadolla olisi siis verollisena 112 €/t. Ruokohelven energiasisällön ollessa 4,5 MWh/t ruokohelven energianhinnaksi muodostuu 24 snt/kWh.

Ruokohelvestä löytyvä tieto oli joka lähteessä vanhaa, mutta sitä oli hyvin saatavilla. Lähteistä ja uutisista kävi selväksi, että ruokohelpi energiakäytössä oli lyhyenajan innostus, joka kaatui taloudellisen pohjan puuttuessa. (Koivisto 2020)

### 5.15 Esipuhdistusjäte

Yksi mahdollisuus polttoaineeksi on kuivaamon esipuhdistajan, sekä lajittelijan jäte. Anttilan tilalla sitä syntyy vuodessa noin 100 m<sup>3</sup>. Esipuhdistusjäte sisältää paljon energiaa, sillä kuutiossa jätettä on 1500 kWh energiaa. Anttilan tilalla tämä tarkoittaa siis 150 000 kWh vuodessa. Hakkeen hintaan verrattuna se tarkoittaa siis 4950 € arvosta energiaa. Esiputsausjäte on käytännössä ilmaista energiaa, sillä tällä hetkellä se joudutaan ajamaan kilometrin päähän läjitysalueelle.

Esiputsausjätteen ongelma poltossa on sen hienojakoisuus eikä se näin ollen toimi yksinään, mutta hakkeeseen sekoitettuna sen poltto onnistuu hyvin.

## 6 Investointituki

Maatalouden energiatuotantoon on mahdollista saada 40 % avustus siltä osin, kun energiaa käytetään maatalouden tuotantotoiminnassa. Tuen ehtona on, että energiantuotannossa hyödynnetään uusiutuvaa energiaa. Puuta hyödyntävän lämmöntuotantolaitoksen osalta hyväksytty kustannus on ensimmäiseltä 100 kW 800 €/kW, 100–250 kW välillä 500 €/kW ja 250 kW ylittävältä osalta 230 €/kW. Kuivaamon ilmakattilan osalta hyväksytyksi kustannukseksi ilmoitetaan 200 €/kW. Siitä mitä hyväksyttäviin kustannuksiin lasketaan, sanotaan näin: *”Sisältää rakennuksen, siilon, piipun, kattilan, polttimeen ja muun toiminnalle välttämättömän tekniikan”*.

Mikäli lämpö tuotetaan maaperää, kalliota, vettä, aurinkoa, ilmaa tai tuulta hyödyntäen, hyväksytty kustannus on ensimmäisen 100 kW osalta 1200 €/kW ja 100 kW ylittävältä osalta 800 €/kW. Hyväksyttäviin kustannuksiin hyväksytään *”keruujärjestelmä, pumppu, varaaja, laitteisto ja tekninen tila”*. Lämmönjakokanavan kohdalta kustannuksia hyväksytään 130 €/juoksumetri sisältäen kaivu- ja täyttötyöt. Hyväksytyt kustannukset katsotaan arvonlisäverottomista hinnoista ja kilowatit määritellään laitteiston nimellistehon mukaan. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden investointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 262/2019)

## 7 Sähköntuotanto

Sähköntuottaminen puusta lämmön ohella olisi hyvin mielekäs ratkaisu ja tähän on olemassa laitteistoja. Laitteistojen toimintaperiaate on suhteellisen yksinkertainen. Puuta kuumennetaan hapettomassa tilassa, jolloin siitä saadaan haihtumaan palavia kaasuja, joilla käytetään polttomoottoria, joka taas pyörittää generaattoria. Laitteistot ovat vielä kuitenkin hyvin kalliita. Jotta tämänkaltaiset laitteistot olisivat taloudellisesti kannattavia, niiden käyttöaste pitäisi olla yli 90 %. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteistoa pitäisi pystyä käyttämään täysillä myös kesähelteellä. Anttilan tilan lämmönkulutus on kuitenkin kesällä niin pieni, ettei laitteistojen tuottamaa lämpöä pystytä hyödyntämään. (Mäntylä, haastattelu 31.3.2021)

Kotimainen Volter on yksi tällaisten laitteistojen valmistaja. Heidän laitteistonsa tuottaa 100 kW lämpöä ja 40 kW sähköä. Toinen laitevalmistaja on itävaltalainen Hargassner, jonka laitteisto tuottaa 60 kW lämpöä ja 20 kW sähköä. Volterin laitteiston verollinen hinta on 241 366 €. (Haapakoski, haastattelu 31.3.2021) Hargassnerin laitteisto on vielä niin uusi, ettei maahantuoja pystynyt laskemaan sille hintaa.

Sähköntuottamista auringon avulla ei tässä työssä käydä lävitse, sillä tilalla on olemassa parin vuoden takaiset laskelmat aurinkopaneelien kannattavuudesta. Ainakaan tällä hetkellä aurinkopaneelit eivät ole Anttilan tilalla taloudellisesti kannattava investointi.

## 8 Laitteistovaihtoehdot

Tarjouksia pyydettiin eri laitteisto valmistajilta, kanaalintoimittajilta, sekä rautakauppailta, jotta saatiin realistisia hintatietoja laskelmien pohjaksi. Tarjousten ja hinta tietojen saaminen osoittautui yllättävän haasteelliseksi tehtäväksi.

### 8.1 Lämpökanaali

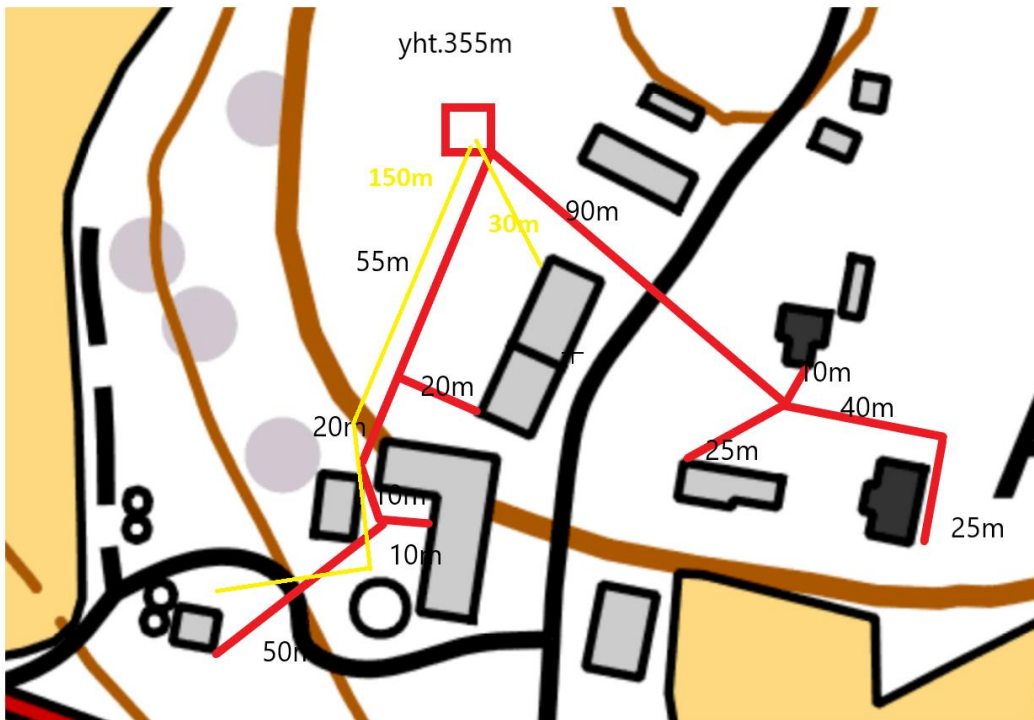
Mikäli Anttilan tilalle tehdään yksi iso lämpökeskus pitää lämpöä siirtää eri rakennuksiin ja kuivaamolle kanaalia pitkin. Lämpökanaali on rahallisesti merkittävä osa investointia, varsinkin

kuivaamolle menevä kanaali on hinnakasta. Myös kanaalin kaivaminen maahan tulee aiheuttamaan kustannuksia, sillä kallio on tilakeskuksen pihassa hyvin pinnassa, mikä aiheuttaa varmasti tarvetta räjäytystöille. Kanaali pystytään räjäytyksiä lukuun ottamatta kaivamaan omana työnä. Kallion takia kanaalin kaivuulle on erittäin vaikea laskea tarkkaa kustannusta. Laskelmissa kanaalin kaivamiselle on kuitenkin laitettava jokin hinta, arviolta 6000 €. Myös kanaalin tehohäviö on merkittävä. Riippuen lähteestä lämpökanaalien energiahukaksi ilmoitetaan 15-30 W/m. (Hiitelä, haastattelu 29.4.2021)

Alkuperäinen suunnitelma lämpökeskuksen sijoitukselle oli pressuhallin päässä, konehallirivistön takana lähellä hakevarastoa. Työn ja laskelmien edetessä kävi kuitenkin selväksi, että lämpökeskus on saatava lähemmäksi kuivuria, ettei kanaalin investointikustannus nouse liian suureksi. Myös tehohäviöt olisivat nousseet todella suuriksi tällä paikalla. Alkuperäisen suunnitelman mukaan kanaalia olisi tullut yhteensä 355 m, josta 120 m kallista 90 mm teräsputkea. 90 mm kanaalin energiahäviö suhteessa 40 mm kanaaliin on puolet suurempi koska se on ns. sinkkuputkea, kun taas 40 mm kanaali on duplexia. Duplexissa meno- ja paluuputki ovat saman eristeen alla, kun taas sinkkuputkessa ne ovat erikseen. Alkuperäisen suunnitelman mukaan kanaalin tarvikekustannus olisi ollut 43 125 € ja energiahäviö 125 000 kWh vuodessa eli hakkeella tuotettuna 4 125 € vuodessa. (Kivinen, haastattelu 20.4.2021) Konehallirivin päässä hakevarastosta lämpökeskukseen olisi ollut matkaa 30 m ja kuivaamon esiputsausjätevarastosta 150 m.



Kuva 14 Alkuperäinen kanaalikartta. Punainen=kanaali, keltainen=polttoaineen siirtomatka.

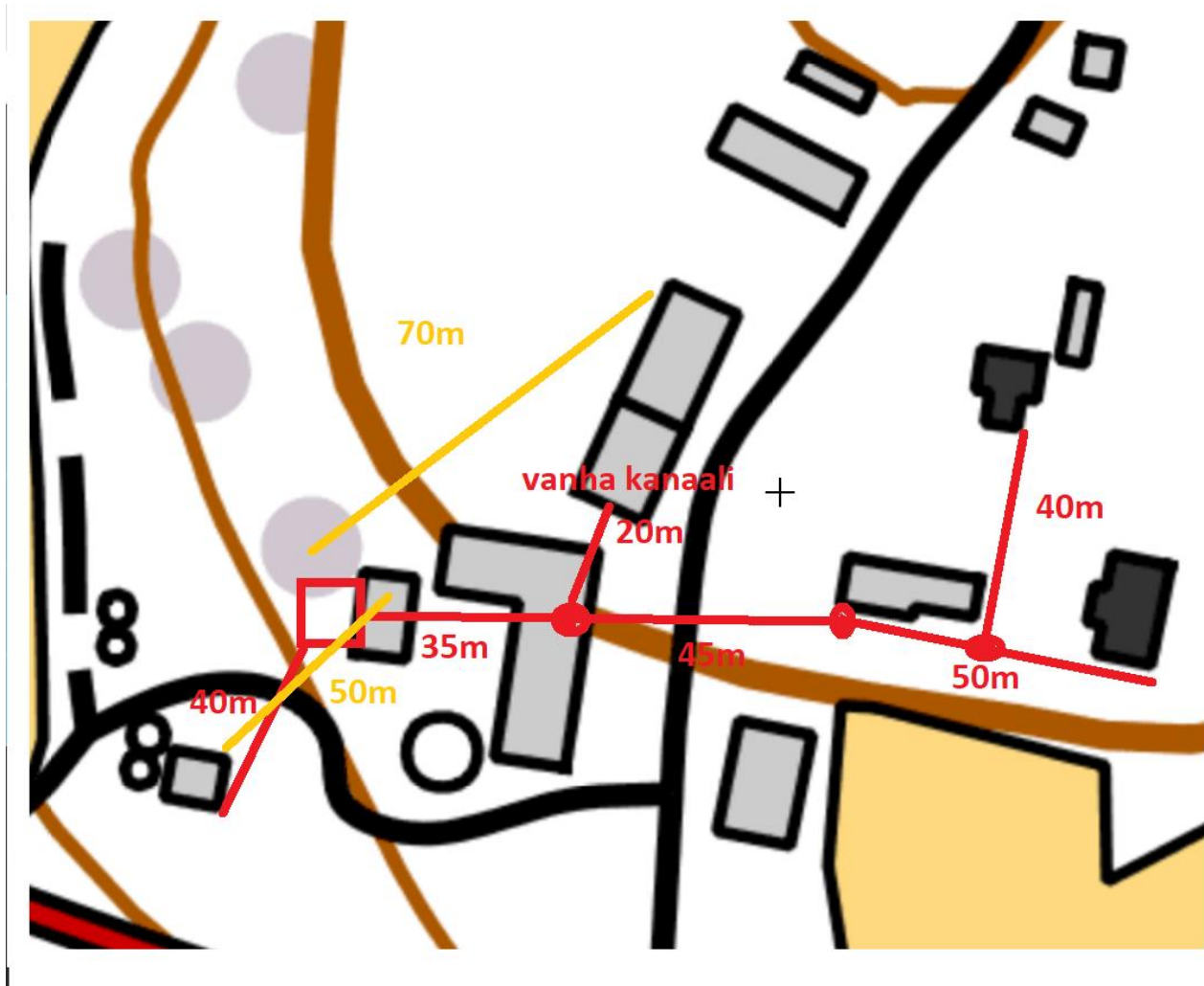


Pienen pohdinnan jälkeen uusi paikka lämpökeskukselle löytyi sikalan takaa puisen kärrytallin paikalta. Tähän sijoitettuna kuivaamolle saadaan tehtyä täysin oma kanaali järkevästi, jolloin se pystytään pitämään kesä kylmillään eikä energiahäviöitä siltä osin synny. Matka kuivaamolle myös lyhenee sadalla metrillä. Uuden suunnitelman mukaan konehalleille ja asuinrakennuksille menevä kanaali vietäisiin ensiksi sikalan sisällä vanhaan pannuhuoneeseen. Tällöin verstaan syötössä pystytään hyödyntämään jo olemassa olevaa kanaalia. Sikalan pannuhuoneesta lähtisi myös kanaali pihan lävitse kohti vanhaa navettaa ja asuinrakennuksia.

Uudella sijoittelulla 90 mm kanaalia tulisi 40 m ja 40 mm kanaalia 170 m ja vanhaa kanaalia 20 m. Kanaalin tarvikkeiden hinnaksi tulisi nyt 15 616 € ja energiahäviöksi 44 000 kWh vuodessa, mikä hakkeella tuotettuna merkitsee 1460 € vuodessa. Energiahäviötä pienentää uudessa suunnitelmassa merkittävästi se, että kuivurin kanaali ja radiaattori voi olla puolet vuodesta täysin kylmillään, jolloin ne eivät hukkaa energiaa.

Uudella sijoittelulla lämpökeskuksen etäisyys nykyisestä hakevarastosta kasvaa 70 metriin, joka hieman lisää käyttökustannuksia. Toisaalta taas matka esiputsausjätevarastoon lyhenee 50 metriin.

Kuva 15 Uusi kanaalikartta. Punainen=kanaali, keltainen=polttoaineen siirtomatka.



Taulukko 9 Kanaalin hinta ja energiahäviö

Kanaali	määrä m	hinta €/m	yht. €	energiahäviö kW/h/m	h/v	kWh/v	€/kWh	€/v
90	80	85,4	6832	0,02	4380	7008	0,033	231
40+40	170	51,67	8784	0,02	8760	29784	0,033	983
vanha	20	0	0	0,03	8760	5256	0,033	173
Radioattori	1			0,5	4380	2190	0,033	72
			15616			44238		1460

## 8.2 Radiaattori kuivurille

Mikäli Anttilan tilalle päädytään rakentamaan yksi iso lämpökeskus, pitää lämpö siirtää kanaalia myöten kuivurille. Anttilan tilan kuivaamo toimii alipaineella, jolloin öljypannun vaihtaminen radiaattoriin ei aiheuta suurempia muutoksia. Esimerkiksi Agrosa Oy valmistaa 750 kW radiaattoria hintaan 5850 €. (Agrosa n.d) Kuivaamolle menevästä lämpökanaalista tulee hieman arvokas, sillä se täytyy tehdä metalliputkesta korkean vedenlämpötilan takia.

Kuivaamon radiaattori ei saa päästä jäätymään talvella. Jäätymisen ehkäisemiseksi on olemassa muutama eri vaihtoehto. Kuivurin piirissä voidaan käyttää veden sijasta glykolia. Glykolin lämmönsiirto-ominaisuudet ovat kuitenkin vettä huonompia ja lisäksi lämpökeskukselle tarvitsee laittaa erillinen lämmönvaihdin, jossa lämpö siirretään vedestä glykoliin. Lämmönvaihdin maksaa 19 200 €. (Mattsson, haastattelu 1.4.2021)

Toinen vaihtoehto olisi laskea kuivurin lämpöpiiri sekä radiaattori tyhjäksi, tämä on kuitenkin työlästä ja riski siitä, että vettä jääkin radiaattoriin, on suuri.

Kolmas vaihtoehto olisi kantaa radiaattori talveksi lämpöiseen talliin, jolloin ei tarvitse miettiä, tuliko se varmasti tyhjäksi. Tässäkin tapauksessa kanaali jää maahan ja sen tyhjeneminen tulee varmistaa. Kanaalin kiertoveden jatkuva vaihtaminen lisää kuitenkin korroosiota, sillä uuden veden mukana kanaaliin kulkeutuu happea. Suljetussa piirissä, jossa vettä ei vaihdeta, happi kuluu pois eikä uutta tule tilalle.

Neljäs ja Anttilan tilalla varmasti järkevin ratkaisu on eristää radiaattori talveksi ja pitää siellä pieni kierto päällä koko ajan. Radiaattorin ja kanaalin lämpimänä pitäminen kuluttaa kuitenkin energiaa, josta aiheutuu kustannuksia. Ylimääräisen 40 m kanaalin pätkän lämpimänä pitäminen kuluttaa 1,6 kW energiaa tunnissa, lisäksi radiaattorin lämmittämiseen voisi laskea 0,5 kW tunnissa. Koska radiaattorissa tarvitsee pitää lämpö päällä vain silloin, kun on riski sen jäätymisestä, riittää, että siellä kiertää vesi vain puolet vuodesta. Tällöin vuodessa kuluisi 9200 kWh energiaa eli hakkeella tuotettuna 300 €/v.

### 8.3 Lämpökeskus

Yksi merkittävä kustannus on lämpökeskuksen rakentaminen. Lämpökeskusrakennukseen on olemassa monia erilaisia ratkaisuja sekä materiaalivevaihtoehtoja. Karkea kustannusarvio laskettiin 100 m<sup>2</sup> lämpökeskukselle, johon sopii 700 kW laitteisto. Rakennusmateriaaleiksi valittiin puu ja betoni, sillä lautavuorattu rakennus istuu hyvin Anttilan tilan pihapiiriin muiden vastaavien joukkoon. Puu on rakennusmateriaalina myös kestävä. Rautarunko pelti-villa-pelti elementillä voisi olla hieman edullisempi, mutta se häviää puurunkoiselle rakennukselle käyttöiässä, muokattavuudessa ja korjattavuudessa.

Lämpökeskuksen kustannusarvio laskettiin Hargassnerin toimittaman pohjakuvan perusteella. (liite 1) Rakennus nousisi 15 cm betonilaatan päälle. Pannuhuone ja hakesiilo erotettaisiin toisistaan 4 m korkealla valuharkkoseinällä. Hakesiiloon tulisi 2 m korkeat valuharkkoseinät ja loppuosa puurunkoa. Pannuhuoneen runko olisi puuta ja eristeenä käytettäisiin 150 mm lasivillaa. Sisältä pannuhuone levytetään kaksinkertaisella kipsilevyllä riittävän paloluokan aikaansaamiseksi. Koko rakennus vuorattaisiin pystylaudoituksella. Karkea kustannusarvio töineen ja veroineen olisi hieman alle 45 000 €. Mallina käytetty Hargassnerin toimittama lämpökeskuksen pohjakuva löytyy liitteestä 1.

Taulukko 10 Lämpökeskusrakennuksen kustannusarvio

	määrä	yksikkö	hinta €	hinta yht €
eristeet	125	m <sup>2</sup>	8,4	1050
betoni	20	m <sup>3</sup>	255	5100
raudat	100	m <sup>2</sup>	5	500
Antura muotti	50	m	16,4	820
				0
raudat	1000	m	0,55	550
valuharkko	100	m <sup>2</sup>	30	3000
betoni	10	m <sup>3</sup>	300	3000
				0
ruoteet	500	m	1,33	665
lankku 5"	500	m	1,85	925
kipsilevy	220	m <sup>2</sup>	9,4	2068
kivivilla	100	m <sup>2</sup>	12,5	1250
lauta 5"	2400	m	0,82	1968
kattopellit 3mm	150	m <sup>2</sup>	8,25	1237,5
Kattotuolit	12	kpl	120	1440
				0
konetyö	25	h	80,6	2015
rakennustyö	320	h	37	11840
Pientarvikkeet	1	kpl	5000	5000
Palo ovi	1	kpl	1200	1200
				43628,5

Mikäli hakekeskuksesta ei oteta lämpöä kuivurille, voidaan pannun koko pudottaa 150 kW:iin, mikä myös pienentää lämpökeskuksen kokoa oleellisesti ja pudottaa rakennuskustannukset alle puoleen isoon keskukseen verrattuna.

Jos taas valitaan panoskattila, tarvitsee se ainoastaan betonilaatan allensa, joka syntyy jo 4000 eurolla.

## 8.4 Hargassner

Itävaltalainen Hargassner tarjoaa kohteeseen kahta 330 kW hakekattilaa, jotka toimisivat rinnakkain. Molempia kattiloita syötettäisiin omalla 4,5 m jousipurkaimella. Laitteistoon liitettäisiin kaksi 8 m<sup>3</sup> varaajaa, joita vastaan kattilat kävisivät. Kahden kattilan ratkaisu on hieman



arvokkaampi kuin yhden, mutta Anttilan tilan tapauksessa tämä on varmasti toimivampi järjestelmä. Kuivausajan ulkopuolella lämmön tarve on hyvin pieni, jolloin 330 kW kattilaa on huomattavasti helpompi hallita kuin 600 kW kattilaa. Hargassnerin älykäs järjestelmä ajaa kattiloita varaajia vastaan eli kattilat huolehtivat ainoastaan varaajien lämpötilan pysymisestä annetuissa viitearvoissa. Energiankulutuksen ollessa vähäistä kattila sammuu automaattisesti, kun varaajan tavoitelämpö on saavutettu. Kun varaajan lämpötila laskee annetun rajan alle, kattila käynnistyy automaattisesti. Kuivausaikana energiankulutuksen ollessa korkealla käynnistyy molemmat kattilat automaattisesti. Järjestelmä osaa myös käyttää kattiloita tasaisesti, jolloin niiden käyttöikä pitenee ja kattilat kuluvat tasapuolisesti. Kyseisen laitteiston hinta on 173 000 € (Mäntylä, haastattelu 31.3.2021)

## 8.5 ETA

Latvaenergia tarjoaa itävaltalaisista ETA:n 500 kW hakekattilaa 5 m jousipurkaimella. Myös ETA:n ohjausjärjestelmä on älykäs ja toimii samalla periaatteella kuin Hargassner eli pannun kuormana toimisi iso varaaja. Yhden ison kattilan etuna ovat edullisempi hankintahinta kuin kahden kattilan järjestelmässä. Yhden kattilan järjestelmässä myös huoltokohteita on vähemmän. Yhden ison kattilan heikkous on kuitenkin kesäkuukaudet, jolloin energiankulutus on vähäistä, tällöin ison kattilan hallinta on haastavaa, vaikka järjestelmään olisikin kytketty isot varaajat. ETA:n hinta on 151 000 € (Yrjänä, haastattelu 9.4.2021)

## 8.6 Heizomat

NHK- keskus edustaa Suomessa Saksalaista Heizomatia. He tarjoavat Anttilan tilalle 150 kW pannua 3 m jousipurkaimella. Kahden edellisen tapaan myös Heizomatia ohjataan älykkäästi ja sitä ajetaan varaajaa vasten. Pienen kattilan etuja ovat hankintahinta ja helppokäyttöisyys myös kesällä. Heikkoutena pienessä kattilassa on, että teho ei riitä kuivaamon energiantuotantoon. Myöskään kaikkea esiputsausjätettä ei pystytä hyödyntämään pienen kattilan energianlähteenä. Heizomatin verollinen hankintahinta on 50 500 €. (Rantala, haastattelu 8.4.2021)

## 8.7 Thermia maalämpö

Energiset Pirkanmaa tarjoaa Thermian maalämpöpumppuja. Toteutusvaihtoehtoja pumpuissa on kaksi. Joko yksi iso lämpöpumppu, joka vaatii seitsemän lämpökaivoa tai kuusi erillistä lämpökaivoa sekä pumppua. Yhden ison lämpöpumpun kustannusarvio on 150 000 €. Kuuden erillisen pumpun kustannusarvio on 132 000 €. Maalämmön suhteen erilliset koneikot ovat selvästi edullisempi ratkaisu kuin yksi iso, sillä silloin säästytään kanaalin aiheuttamilta kustannuksilta. Nykyisten lämpöpumppujen elinikä on noin 20 vuotta. (Lähteenmäki, haastattelu, 20.4.2021)

## 8.8 Alfaflame lämpökontti

Mikäli tilan kuivaamolle halutaan tuottaa lämpö erillisellä kattilalla, on yksi hyvä vaihtoehto Alfaflamen lämpökontti. Lämpökontti on suhteellisen edullinen ja ennen kaikkea vaivaton ratkaisu kuivaamon lämmöntuotantoon. Lämpökontin verollinen hinta tarvittavilla varusteilla on 102 133 €. Muutos ja asennustyöt kuivurille ovat edulliset sillä lämpökontti tarvitsee vain ilmakehän ja sähkön syötön. (Saare, haastattelu 6.4.2021)

Kuivaamon muuttamiselle öljyltä bioenergialle on mahdollista saada 40 % avustus verottomasta hinnasta eli maksettavaa jäisi veroineen 69 000 €. Öljyn vaihtaminen hakkeeseen tarkoittaisi suoraan 12 000 € säästöä energiakustannuksissa. Koska hakelaitos on kuitenkin aina työllistävämpi kuin öljypannu, niin voimme ajatella, että todellinen säästö olisi kymppitonnin luokkaa. Tämä tarkoittaisi sitä, että lämpökontti maksaisi itsensä takaisin seitsemässä vuodessa nykytilanteeseen verrattuna. Lämpökontti olisi myös mahdollista vuokrata talveksi esimerkiksi kasvihuoneen tai teollisuushallin lämmittämiseen, mikäli sopiva yhteistyökumppani löytyy.

## 8.9 Faust

Kardonar bioenergy solutions edustaa Suomessa tanskalaista Faustin paalikattilaa, jota myös panoskattilaksi kutsutaan. Panoskattilan ehdoton etu on sen kyky hyödyntää monenlaista poltettavaa materiaalia. Panoskattilaan ladataan nimensä mukaisesti kertapanos, joka poltetaan ja tämän jälkeen kattila ladataan uudestaan. Euroopassa polttoaineena näissä käytetään lähinnä olkipaaleja, mutta Suomessa yleisin polttoaine on koko puu. Panoskattilan polttoaine on edullista, sillä se on hyvin vähän prosessoitua ja sillä pystytään polttamaan esimerkiksi kantoja tai vaikkapa jätelautaa, joka muuten menisi hukkaan. Panoskattila myös toimitetaan valmiina pakettina ison varaajan kanssa, joten sille riittää betonilaatta, näin ollen säästetään rakennuskustannuksissa. Panoskattilan heikkouksia on sen korkea hankintahinta sekä paljon työtä vaativa käyttö. Kuivaus aikana kattilassa pitää polttaa kahdesta kolmeen pesällistä päivässä. Talvella lämmitystarve on pari kertaa viikossa ja kesällä noin kerran viikossa. Faustin hinta on 252 000 €. (Mattsson, haastattelu 1.4.2021)

## 9 Päätelmät

Laskelmien, kyselyiden ja tarjousten perusteella löytyi neljä erilaista, mutta toimivaa ratkaisua. Yhden ison lämpökeskuksen tekemiseen on kaksi vaihtoehtoa, joko iso hakelämpölaitos tai panoskattila. Kolmas vaihtoehto on toteuttaa rakennusten lämmittäminen erillisillä maalämpökoneilla ja kuivurin lämmittäminen erillisellä biokontilla. Neljäs vaihtoehto on tuottaa rakennusten tarvitsema lämpö pienellä hakelämpökeskuksella ja tuottaa kuivurille lämpö tässä tapauksessa biokontilla.

Tarjouksia kyseltiin yli kymmeneltä valmistajalta, joista vain viideltä tuli vastaus. Kotimaisista laitevalmistajista vain yksi vastasi tarjouspyyntöön. Myöskään ilma-vesi-lämpöpumpuista ei myyjien lupauksista huolimatta saatu tarjouksia joten, sitä vaihtoehtoa ei laskelmissa pystytty käyttämään.

## 9.1 Investoinnin hinta

Hankintahinnaltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui selvästi 150 kW hakeämpölaitoksen ja biolämpökontin yhdistelmä. Niiden verollinen investointikustannus olisi 193 000 € ja tähän saisi tukea 52 500 € eli maksettavaa veroineen jäisi 140 500 €. Kalleimmaksi osoittautui panoskattila, jonka investointikustannus tuen jälkeenkin menee yli 200 000 €.

Investointituki vaikuttaa laskelmissa oleellisesti, joten on hyvä ymmärtää sen laskuperiaate. Investointikustannuksille on määrätty maksimi hyväksytty investointikustannus. Tässä tapauksessa hyväksytty investointikustannus ei ylitä missään vaihtoehdossa, joten koko investoinnille on mahdollista saada 40 % tuki maatalouden osalta. Yhden ison lämpölaitoksen osalta on helppo perustella sen käyttö kokonaan maatalouden puolelle, sillä kuivaamo käyttää lämpölaitoksen koko tehon. 150 kW laitoksen ja lämpöpumppujen osalta sama tukioptimointi ei onnistu vaan näiden kohdalta on pakko laskea kolmannes kustannuksista yksityistaloudelle. Tämä siis pienentää niiden osalta tuettavaa summaa. Tuki myös maksetaan ainoastaan verottomasta hinnasta, jolloin vero tuen osalta jää maatalon maksettavaksi.

Taulukko 11 Investoinnin hinta

	yht €	yht verolla €	tuettava osuus €	tuki €	maksettavaa €	maksettavaa verolla €
Hakekattila Hargassner 660kW	209068	259244	204229	81692	127376	177553
Hakekattila ETA 500kW	191568	237544	186729	74692	116876	162853
Panoskattila Faust 715kW	236415	293155	231576	92630	143785	200524
Hakekattila Heizomat 150kW + AlfaFlame biolämpökontti 800kW	155554	192887	131126	52451	103103	140436
Thermia maalämpö 6x20kW + AlfaFlame biolämpökontti 800kW	188817	234133	153333	61333	127484	172800

## 9.2 Vuosikustannus

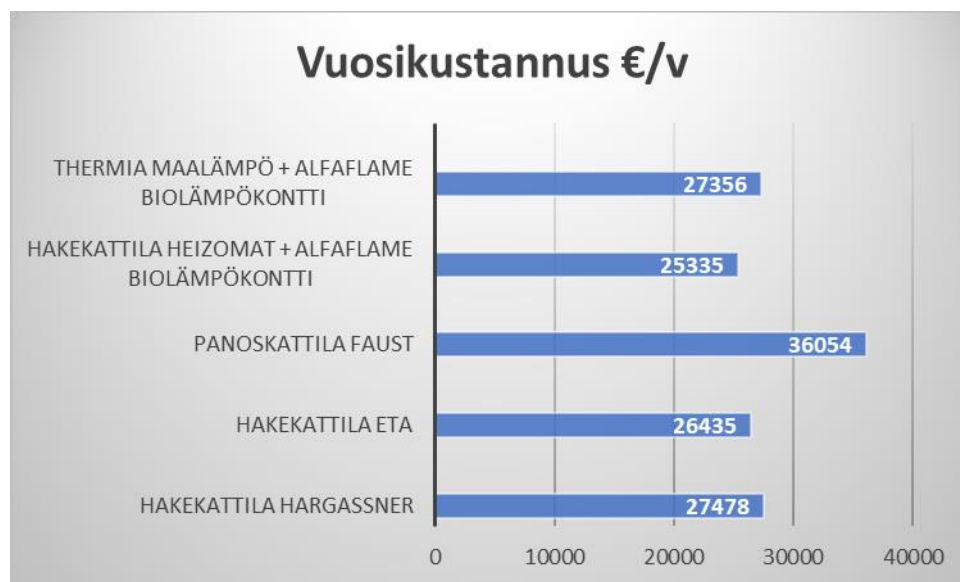
Kun investointiin lisätään laitteistojen vuotuiset käyttö- ja korkokustannukset niin investointien välinen ero tasoittuu huomattavasti. Edullisimpana vaihtoehtona pysyy edelleen 150 kW hakekattila ja biolämpökontti 25 350 € vuosikustannuksella ja kalleimpana panoskattila 36 050 € vuosikustannuksella. ETAn järjestelmä on toiseksi edullisin 26 450 € vuosikustannuksella.

Maalämmön ja biolämpökontin yhdistelmän vuosikustannukseksi muodostuu 27 350 € ja Hargassnerin laitteiston 100 € enemmän.

Laskelmissa olen jakanut laitteiston investointikustannuksen sekä 4 % koron 20 vuodelle, mikä on kaikkien laitteistojen oletettu käyttöikä.

Eri vaihtoehtojen välinen ero jää verrattaen pieneksi, joten pienikin muutos energian, huollon tai vuotuisen työn hinnassa voi muuttaa asetelmaa. Laskelmissa on huomioitu Hargassnerin, ETA:n ja Heizomatin, sekä biokontin yhdistelmän osalta ilmaisen esipuhdistusjätteen hyödyntäminen, mikä vähentää näiden energian hintaa 4950 € vuodessa verrattuna siihen, että kaikki energia tulisi hakkeesta. Maalämmön ja biokontin osalta esipuhdistusjätteestä on laskettu 2475 € hyöty, sillä kaikkea syntyvää esipuhdistusjätettä ei pysty polttamaan kuivausaikana, vaan osa pitää kuljettaa kompostoitavaksi niin kuin tähänkin asti.

Taulukko 12 Vuosikustannus





Taulukko 13 Vuosikustannuksen erittely

Laitteisto	investointi kustannus €	Korkokulut 4%	energianhinta €/v	energianhinta €/v	Konetyö h/v	konetyö €/v	Ihmistyö h/v	ihmistyö €/v	huoltokulut €/v	yht €/v
Hakekattila Hargassner	177553	74572	10973		25	2015	52	884	1000	27478
Hakekattila ETA	162853	68398	10973		25	2015	52	884	1000	26435
Panoskattila Faust	203338	84220	13028		80	6448	100	1700	500	36054
Hakekattila Heizomat + AlfaFlame biolämpökontti	140436	58983	6534	4125	25	2015	70	1190	1500	25335
Thermia maalämpö + AlfaFlame biolämpökontti	172800	72576	8806	4125	10	806	50	850	500	27356

## 10 Lopputulos

Lopputulemana voidaan todeta, että laskelmien mukaan 150 kW kattila rakennusten lämmittämiseen ja biolämpökontti kuivaamon energianlähteeksi on kustannustehokkain ratkaisu. Laskelmia pitää kuitenkin pohtia pienellä varauksella, sillä muuttujia on paljon. Pitää myös pohtia, onko kahden kattilan ratkaisu työmäärältään paras vai olisiko hieman kalliimpi yhden kattilan järjestelmä kuitenkin parempi. Maalämpö olisi vaivaton ja vielä järkihintainen ratkaisu, mutta sähkön hinnan suunta on koko ajan ollut ylöspäin hakkeen hinnan ollessa hyvin vakaa. Myös saamiini tarjouksiin tulee suhtautua pienellä varauksella, sillä kaikki myyjät eivät suhtautuneet opinnäytetyöhöni täydellä vakavuudella. Työn tulos kuitenkin selventää hyvin tulevat kustannukset ja antaa hyvän pohjan investoinnin tarkempaan suunnitteluun ja todellisten tarjousten pyytämiseen. Joka tapauksessa Anttilan tilan lämmitysjärjestelmät on pakko uusia muutaman vuoden kuluessa. Taloudellisestikin tämä on helppo perustella, sillä nykyisen kustannuksen ollessa 35 700 €/v kaikki muut esitetyistä vaihtoehtoista paitsi panoskattila ovat edullisempia tapoja lämmittää kuin nykyinen järjestelmä. Oletuksena myös laitteistojen hyötysuhde paranee laitteistojen uusimisen myötä, jolloin polttoainekustannuksissa tulee säästää tätäkin kautta.

## Lähteet

Agrosa (n.d) *Radiaattorin hinta*. Haettu 2.4.2021 osoitteesta

<http://www.agrosa.fi/vesi-ilma-lammonvaihtimet/>

Ala-Talkkari H, Esala J, Heikkilä P, Huovinen M, Koivisto M, Kuronen K, Piipari P, Rintamaa J, Törmä J & Viirimäki J. *Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella – opas*. (2009) Seinäjoki: Metsäkeskus Etelä-Pohjanmaa. Haettu 20.4.2021 osoitteesta

<http://www.puuenergiafoorumi.net/docs/viljankuivausopas.pdf>

Bioenergianeuvoja (n.d) *Hakkeen energiasisältö*. Haettu 2.2.2021 osoitteesta

<https://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/hake/>

Halkoliiteri. (n.d) *Polttopuiden hinta*. Haettu 1.2.2021 osoitteesta

<http://www.halkoliiteri.com/?id=170>

Koivisto H 2020 *Tulevaisuuden bioenergialla on kovat vaatimukset – Ruokohelpi piti olla uusiutuvan energian puhtoinen innovaatio*, Kolummi Maaseutu Media. Haettu 10.4.2021 osoitteesta

<http://www.maaseutumedia.fi/ruokohelpi-uusiutuvan-energian-innovaatio/>

Kotteria (n.d) *Kivihiilen hinta*. Haettu 2.3.2021 osoitteesta

<https://kotteria.com/hiilet/lammityshiilet/>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden investointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 262/2019. Haettu 9.5.2021 osoitteesta

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190262>

Rahkonen J 2006 *Ruokohelpin tie pellolta polttoon*, Ruokohelpi opas Motiva Oy. Haettu 10.4.2021 osoitteesta

[http://www.motiva.fi/files/7937/Ruokohelpin\\_tie\\_pellolta\\_polttoon.pdf](http://www.motiva.fi/files/7937/Ruokohelpin_tie_pellolta_polttoon.pdf)

Ruokavirasto (n.d) *Maatalouden investointituet*. Haettu 2.4.2021 osoitteesta

<https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/tukikohteet2/>

Stat (n.d) *Rahan arvo ennen ja nyt*. Haettu 14.3.2021 osoitteesta

<https://www.stat.fi/tup/laskurit/rahanarvonmuunnin.html>

Stat (n.d) *Turpeen hinta*. Haettu 25.3.2021 osoitteesta

[https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi\\_2020\\_04\\_2021-03-11\\_tau\\_002\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi_2020_04_2021-03-11_tau_002_fi.html)

Taloon (n.d) *Sähkökattiloiden hinta*. Haettu 2.3.2021 osoitteesta

<https://www.taloon.com/sahkokattilat>

Vapo (n.d) *Pelletin hinta*. Haettu 2.3.2021 osoitteesta

[https://kauppa.vapo.fi/tuotteet/irtopelletti/?gclid=Cj0KCQjwrsGCBhD1ARIsALILBYp5LRONYjNG6TgCwLQ5o8LPxtDf\\_TF\\_X3yO-D2ofXU4-qfechp8sRsaAhxfEALw\\_wcB](https://kauppa.vapo.fi/tuotteet/irtopelletti/?gclid=Cj0KCQjwrsGCBhD1ARIsALILBYp5LRONYjNG6TgCwLQ5o8LPxtDf_TF_X3yO-D2ofXU4-qfechp8sRsaAhxfEALw_wcB)

## Haastattelut

Anttila J, Isäntä, Anttilan tila, haastattelu 6.1.2021

Anttila M, Emäntä, Anttilan tila, haastattelu 6.1.2021

Haapakoski J, CEO sales, Volter Oy, haastattelu 31.3.2021

Hiitelä J, Energia asiantuntija, ProAgria Etelä-Suomi ry, haastattelu 29.4.2021)

Kaitasalo L, Key Account Manager, Kosan Gas Finland Oy, haastattelu 6.4.2021

Kivinen P, Kauppias, Kivirauta Oy, haastattelu 20.4.2021

Kuusela A, Yrittäjä, Pollenpaali Oy, haastattelu 16.3.2021

Lähteenmäki T, Myyjä, Energiset Pirkanmaa Oy, haastattelu 20.4.2021

Mattsson P, Pääsuunnittelija, Kardonar Bioenergy Solutions Oy Ab, haastattelu 1.4.2021

Mäntylä J, Sales manager, Hargassner Finland, haastattelu 31.3.2021

Pikkarainen K, Myyjä, Lämpö Ykkönen Oy, haastattelu 22.4.2021

Rantala E, Myyjä, NHK- keskus, haastattelu 8.4.2021

Saare I, Myyjä, AlfaFlame Oy, haastattelu 6.4.2021

Taimila T Asiakasinsinööri, Elenia Oy, haastattelu 18.3.2021

Yrjänä S, Myyjä, Latvaenergia Oy, haastattelu 9.4.2021

## Liite 1: Hargassnerin havainnekuva lämpökeskuksesta

