

Miika Tikkanen

# Biolämpökeskus maatilakäytössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööriytyö

12.05.2015

Tekijä Otsikko	Miika Tikkanen Biolämpökeskus maatilakäytössä
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 12.05.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Lehtori, Tomi Hämäläinen Toimitusjohtaja, Juha Kiviniemi
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, onko Kiviniemen Broiler Oy:n vuonna 2009 Latva-Kiviniemen tilalle rakennuttama biolämpökeskus ollut kannattava investointi ja mikä sen käyttämistä biopolttoaineista on energiatehokkain käytettäväksi.</p> <p>Työssä perehdytään lämpökeskuksen käyttämiin biopolttoaineisiin, palaturpeeseen, polttohakkeeseen sekä puupellettiin. Työssä käydään läpi lämpölaitoksen toiminta ja siihen liittyvät laitteet. Lisäksi tarkastellaan polttoaineiden aiheuttamia päästöjä, kattilan karkeaa säätöä sekä lämpökeskuksen paloturvallisuutta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin varmuus siitä, että lämmitysjärjestelmän vaihtaminen oli hyvä investointi, jonka takaisinmaksuaika oli yllättävän lyhyt. Polttoaineita vertailtaessa laskettiin energiatehokkain polttoaine, joksi osoittautui palaturve, joten sen käyttöön biolämpökeskuksessa panostetaan.</p>	
Avainsanat	Biolämpökeskus, biopolttoaineet, päästöt, stokeri, tuubikattila, maatala

Author Title	Miika Tikkanen Bio Heating Plant in Farm Use
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 12 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Tomi Hämäläinen, Lecturer Juha Kiviniemi, CEO
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to analyze if the new bio heating plant built in 2009 by Kiviniemen Broiler Oy was a profitable investment. Secondly, the goal was to examine which biofuel would be the most energy-efficient and cheapest solution for the bio heating plant.</p> <p>This thesis also explores the biofuels which are burned by this bio-heating plant, for example sod peat, wood chips and wood pellets. This thesis studies how the bio heating plant operates and its components are described as well. In addition, fuel emissions, boiler adjustment and the fire safety of this plant are examined.</p> <p>As a result of this thesis, it was discovered that changing the heating system was a good investment with a quite short payback period. In addition, when different fuels were compared, it was calculated that the cheapest and most energy-efficient fuel is sod peat and therefore the company invests in its use.</p>	
Keywords	Bio heating plant, bio fuels, emissions, stoker, tube boiler, farm

## Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Broilerinkasvatusolosuhteet	2
3	Biokattila maatilakäytössä	3
3.1	Lämmitettävät kohteet	3
3.2	Lämpökeskusrakennus	4
3.2.1	Polttoainevarasto	5
3.2.2	Stokeripoltin	8
3.2.3	Ohjauskeskus	10
3.2.4	Tuubikattila	11
4	Polttoaineet	13
4.1	Hake	14
4.2	Turve	15
4.3	Puupelletti	16
4.4	Kevyt polttoöljy	17
5	Polttoaineiden päästöt	18
6	Paloturvallisuus	20
7	Taloudellisuuslaskelmat	23
8	Päätelmät	26
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Lämpökeskuksen piirustukset	
	Liite 2. Kustannusarvio ja rakennusselostus, ProAgria Oy	

## 1 Johdanto

Suomessa on sääolosuhteiden takia pakollista lämmitellä kiinteistöjä ainakin talvella. Kaupungeissa ja taajamissa joissa välimatkat ovat lyhyitä on jo kauan suosittu kaukolämpöä. Se on Suomen käytetyin lämmityskeino 46 %:n osuudellaan. Harvaan asutuilla alueilla kaukolämpö ei kuitenkaan ole kannattavaa. Lämmön kuljettamisessa on lämpöputkien eristämisestä huolimatta aina hävikkiä, joka pitkillä matkoilla kasvaa liian suureksi. [1.]

Maatiloilla on perinteisesti poltettu omasta metsästä tehtyjä polttopuita. Niiden polttoon pieniä takkoja ja kamiinointia on rakennettu maalaistaloissa jokaiseen huoneeseen sekä eläimille tarkoitettuihin tiloihin. Kun Latva-Kiviniemen tilan ensimmäinen broilerihalli valmistui vuonna 1974, sen lämmitys aloitettiin silloin halvalla ja lähes ehtymättömäksi ajatellulla polttoöljyllä. Öljyn hinta on tämän jälkeen vaihdellut eri syistä johtuen useasti mikä on vaikuttanut näin myös tilan lämmityskustannuksiin.

Nyt tilalle on rakennettu kaksi muutakin broilerihallia ja lämmitettävä pinta-ala on moninkertaistunut. Kun öljyn hinta nousi 2000-luvun puolivälin jälkeen rajusti ja lämmitettäviä kohteita oli nyt enemmän, mielenkiinto halvempiin lämmitysratkaisuihin heräsi. Ajatuksena oli siirtyä fossiilisista, ympäristöä paljon saastuttavista polttoaineista kotimaisiin ja mahdollisesti omalta tilalta peräisin oleviin polttoaineisiin. Näin ollen päätettiin vuonna 2009 investoida kiinteillä biopolttoaineilla toimivaan lämpökeskukseen. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus kertoa lämpökeskuksen toiminnasta, sen käyttämisestä polttoaineista ja niiden päästöistä sekä selvittää investoinnin kannattavuus. [2.]

## 2 Broilerinkasvatusolosuhteet

Työn on tilannut Kiviniemen Broiler Oy, joka toimii Jalasjärvellä Latva-Kiviniemen tilalla. Se kasvattaa broilereita Atria Oy:lle. Kasvatus tapahtuu kolmessa hallissa. Kahdessa pienemmässä hallissa voi kasvattaa 24 000 broileria kummassakin ja isommassa hallissa 32 000 broileria. Broilerieriä kasvatetaan vuodessa noin 5 - 8. Broilerit tuodaan kasvatushalleihin hautomoilta vuorokauden sisällä kuoriutumisen. Broilerierän kasvataminen kestää 35 - 38 päivää, jonka jälkeen broilerit lähetetään teurastamoon. Tämän jälkeen kasvatushallit tyhjennetään, pestään, desinfioidaan ja kuivatetaan ennen seuraavan erän saapumista. Hallit ovat tyhjiään 2-4 viikkoa erien välissä menekistä riippuen. [3.]

Broilereita kasvatetaan olosuhteissa, jotka ovat linnuille optimaalisia sekä Suomen lainsäädännön ja kansallisen laatujärjestelmän mukaisia. Hallien lämpötilaa, kosteutta, rehu- ja vesiautomaattien toimintaa ja monia muita arvoja valvotaan tietokoneen avulla asuinrakennuksesta käsin. Olosuhteiden mennessä syystä tai toisesta asetettujen arvojen ulkopuolelle, järjestelmä antaa hälytyksen. Hälytys syntyy myös sähkökatkon sattuessa. Näin häiriöihin voidaan reagoida välittömästi vuorokauden ympäri. Esimerkiksi ulkolämpötilan ja kosteuden muutokset vaikuttavat hallin sisäolosuhteisiin, joita pyritään pitämään mahdollisimman stabiileina. Termostaattien ja anturien täytyy vastata näihin muutoksiin ja tehdä korjaavia toimenpiteitä useita kertoja vuorokaudessa. [4.]

Siipikarjan kasvatuksessa hygienia ja puhtaus näyttelevät suurta osaa tautien ehkäisemisen takia. Kasvatustiloihin kuljetaan aina tautisulkujen kautta, joissa ulkovaatteet vaihdetaan hallilla käytettäviin vaatteisiin. Näin estetään ulkoa sisälle kulkeutuvat bakteerit. Jokaista broilerieriä testataan salmonellan varalta ja linnuille annettava rehu on oltava testattua ja puhdasta. [3.]

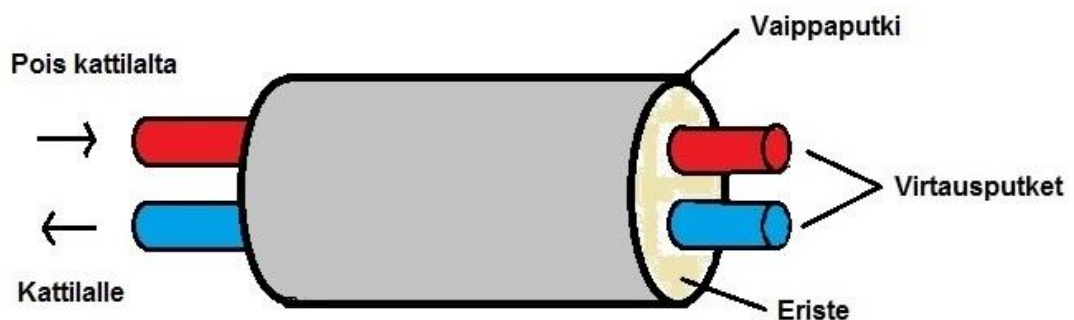
Hallien lämpötilaa lasketaan broilerierän aikana hiljalleen. Vain muutaman päivän vanhat tiput tarvitsevat enemmän lämpöä ja kosteutta kuin useita viikkoja vanhat broilerit. Pieniä untuvikkoja pidetään 35 °C:n lämpötilassa. Lämpötilaa lasketaan hitaasti siten, että kasvukauden lopussa halleissa on enää 19 - 20 °C. Suuret ulkolämpötilavaihtelut tuovat haastetta lämmityslaitteille. Kylmänä talvipäivänä 35°C:n lämpötilan pitäminen kolmessa suuressa hallissa vaatii lämmitysjärjestelmältä paljon tehoa. Toisaalta kesähelteillä 19 - 20°C:n lämpötila vaatii viilennystä, jota saadaan aikaan sumuttamalla kylmää vettä halleihin.

### 3 Biokattila maatilakäytössä

#### 3.1 Lämmitettävät kohteet

Latva-Kiviniemen tilan lämpökeskuksen tuottamalla lämmöllä lämmitetään tällä hetkellä kolme broilerikasvatushallia sekä asuinrakennusta. Asuinrakennuksessa pinta-alaa on 300 m<sup>2</sup> ja lämmitettävää tilavuutta 810 m<sup>3</sup>. Hallien pinta-ala on yhteensä 4 500 m<sup>2</sup> ja niiden lämmitettävä tilavuus noin 12 100 m<sup>3</sup>. Halleista ensimmäinen valmistui vuonna 1974 ja se on peruskorjattu vuonna 2005. Kokoa hallilla on 1 320 m<sup>2</sup>. Toinen samankokoinen halli valmistui vuonna 1997. Kolmas ja suurin broilerihalli valmistui vuonna 2011. Sen pinta-ala on 1 860 m<sup>2</sup>.

Lämpökeskukselta on vedetty lämpökanaalit asuinrakennuksen ja broilerihallien lämmönjakokeskuksille. Lämmönjakokeskuksissa putkien kuljettama lämpö siirretään lämmönsiirtimillä rakennusten lämmitysverkostoon. Lämpökanaali on pyöreä erilaisista muoveista valmistettu putki, jonka sisällä kulkee kaksi virtausputkea (kuva 2). Toisessa putkessa kulkee lämmin vesi lämmitettävien kohteiden lämmönjakokeskukselle ja toista pitkin vesi palaa takaisin kattilalle. Kanaalit on kaivettu maan sisään, noin metrin syvyyteen. Putken uloin kerros eli vaippaputki on kovaa ja vesitiivistä materiaalia. Esimerkiksi polyeteeniä. Virtausputkien ja vaipan välissä on polyuretaania, joka on taipuisaa ja hyvin eristävää materiaalia. Eristyksellä yritetään välttää lämmön johtumista ympäröivään maa-ainekseen. Silti parhaimpiakin eristeitä käytettäessä tässä ei täysin onnistuta ja hävikkiä lämmönsiirrossa syntyy aina. [5.]



Kuva 1. Lämpökanaalin havainnekuva [5.].

Asuinrakennusta lämmitetään tyypillisillä ilmapuhalluslämmityksellä. Broilerihalleissa sen sijaan lämmin vesi kiertää hallin seinillä olevissa putkissa säteillen lämpöä ympäristöön (kuva 2). Broilerihalleissa paksummat ja tehokkaammat lämmityspotket kiertävät seinän alareunassa ja pienemmät seinän yläreunassa. Putkea hallissa on yhteensä noin 2 km. Vanhemmissa ja pienemmissä halleissa noin 1,5 km. Hallien pitkille seinille on asennettu ilmapuhaltimet, jotka sekoittavat ilmaa (kuva 2).



**Kuva 2.** Broilerihallin lämmityspotket ja ilmapuhallin.

### 3.2 Lämpökeskusrakennus

Lämpökeskuksen sijainnilla on suuri vaikutus sen taloudellisuuteen. Keskuksen rakentaminen keskeiselle paikalle vähentää lämmönsiirrossa tapahtuvia hävikkejä. Kun kattilalta lämmintä vettä lämmitettäviin kohteisiin kuljettavat lämpökanaalit ovat mahdollisimman lyhyitä, myös niiden muodostama hävikki on pieni. Tämä otettiin huomioon, kun lämpökeskus rakennettiin vuonna 2009, jolloin tilan kolmas broilerihalli ei ollut vielä valmistunut. Hallin rakentaminen ja rakennuspaikka olivat kuitenkin silloin jo tiedossa, joten lämpökeskus saatettiin sijoittaa paikkaan, joka on tällä hetkellä lämmönkuljetuksen kannalta erinomainen (kuva 3)(liite 1).



Lämpökeskuksen yhteyteen on rakennettu maatalan korjaamohalli, jossa on mahdollista huoltaa tilan maatalouskoneita. Korjaamohalli on kooltaan 168 m<sup>2</sup> ja vie hallista hieman yli puolet. Lämpökeskuksen tiloihin kuuluu polttoainevarasto, polttoaineen syöttöruuvien huoltotila ja lämmityshuone.



**Kuva 3.** Rakennusten sijainti.

### 3.2.1 Polttoainevarasto

Tilalla käytettyjen biopolttoaineiden lämpöarvot ovat selvästi pienemmät kuin edellisellä polttoaineella kevyellä polttoöljyllä (taulukko 3). Tästä johtuen saman energiamäärän sisältävä määrä palaturvetta tai haketta vie moninkertaisen tilavuuden verrattuna öljyyn. Esimerkiksi irtokuutio haketta sisältää saman verran energiaa kuin 70 l kevyttä polttoöljyä. Näin ollen lämpölaitoksen yhteyteen rakennettiin suuri polttoainevarasto, johon mahtuu noin 200 kuutiota polttoainetta kerralla. [6.]

Lämpökeskuksen polttoainevaraston pinta-ala on 71 m<sup>2</sup> (kuva 4). Korkeutta sillä on noin 4 m. Varaston ovesta on mahdollista peruuttaa rekalla sisään, joten polttoaineen lisääminen on helppoa. Varaston betonilattiaan on upotettu kolme kappaletta tankopurkaimia ja ne kattavat noin 50 m<sup>2</sup> varaston lattia pinta-alasta. Tankopurkaimet kuljettavat niiden päälle kasattua polttoainetta sykäyksittäin vaneriseinän alitse ruuvikuljettimelle. Kuljettimien alle betoniin on upotettu lattialämmitys. Sen tarkoitus on pitää pohja sulana, jotta kostea polttoaine ei pakkasella jäätyisi lattiaan kiinni tai muodostaisi kasaumia. Tällöin polttoainetta kuljettavien tankopurkaimien toiminta saattaisi häiriintyä. Lattialämmitys on yksinkertainen rakenne, jossa pohjaan on upotettu harvakseltaan edestakaisin sivulta toiselle kulkeva putki jonka sisällä virtaa glykolia. Glykoli lämmitetään sähköllä.



**Kuva 4.** Polttoainevarasto.

Tankopurkain saa voimansa ruuvikuljetinhuoneen puolella olevasta runkopukista, jonka sisällä oleva sylinteri liikuttaa varaston lattialla olevaa tankoa edestakaisin (kuva 5). Varaston lattiassa tangon sivuilla olevat kolat ovat noin puolen metrin pituisia teräksestä valmistettuja lattarautoja, jotka on muotoiltu siten, että vetoliikkeellä tanko kuljettaa polttoainetta ruuvikuljettimelle päin. Toiseen suuntaan liikkeessä kola liukuu polttoaineen

alle, jolloin polttoaineen ei pitäisi liikkua pois päin ruuvista. Kun kolat on muotoiltu näin, tulee estettyä polttoaineen holvaantumisen eli syöttöä häiritsevien tyhjien onkaloiden muodostuminen polttoainekasaan. Tankopurkaimen edestakainen työliike tehdään hydraulisyntereillä, jotka saavat voimansa hydraulikoneikolta. Koneikon venttiileitä ohjaa ruuvikuljettimen päälle asetettu optinen, etäisyyttä mittaava valokenno. Kun kenno näkee polttoaineen ehtyneen ruuvikuljettimen päällä, hydraulikoneikko antaa tankopurkaimen hydraulisynterille voiman vetää polttoainetta polttoainevarastosta.



**Kuva 5.** Tankopurkaimen runkopukki ja hydraulisynteri.

Ruuvikuljettimen päälle on rakennettu erillinen pellettisyötin, joka mahdollistaa pelletin käyttämisen seospolttoaineena poltettaessa muuta kosteaa polttoainetta. Tämän on koettu toimivan hyvin, pelletti on toiminut ikäänkuin sytykkeenä esimerkiksi märän palaturpeen seassa. Pelletinsyöttimen rakenne on yksinkertainen. Se koostuu erillisestä, laitoksen ulkopuolelle sijoitetusta pellettivarastosta ja ruuvikuljettimesta, joka syöttää pellettejä ns. primääripolttoainetta kuljettavan ruuvikuljettimen sekaan. Seospolttoaineen ruuvikuljettimella on aikaohjaus, joka syöttää pellettejä asetetuin aikaväleihin.

### 3.2.2 Stokeripoltin

Tankopurkaimen vedettyä polttoaineen ruuvikuljettimelle, sen matka jatkuu seinän läpi lämmityshuoneeseen. Lämmityshuoneessa polttoaine kulkee heti pudotuskuiluun, joka toimii turvajärjestelmänä takatulen estoon. Pudotuskuilusta polttoaine tippuu itse syöttöruuville, joka syöttää polttoainetta ohjatusti palopäälle.

Stokeripoltin on yksinkertainen ja varmatoiminen polttinratkaisu. Se on erityisesti tarkoitettu kiinteiden polttoaineiden polttamiseen. Stokeripolttimessa syöttöruuvi työntää polttoainetta säännöllisin väliajoin palopäälle, jossa se palaa sinne puhallettavan palamisilman kanssa. Palopäälle on Säättötuuli Oy:n valmistama ja teholtaan 500 kW. Se on ulkoa kuution muotoinen ja sen avonainen sivu on liitetty kattilan kylkeen (kuva 6). Palopäässä on neliportainen, keraamisista kivistä valmistettu arina, jossa palo tapahtuu. Arinan sivuilla on reiät, joihin keskipakopuhallin syöttää halutun määrän ensiö- ja toisioilmaa. Ilma kulkee palopäälle vaipassa ja viilentää näin palopäätä. Stokeripolttimessa polttoaine pitää polton aluksi sytyttää käsin. Kun uutta polttoainetta syötetään tämän jälkeen tasaisesti, pysyy palaminen jatkuvana. Palopäälle syötettävä uusi polttoaine työntää edellään aikaisemmasta polttoaineesta jäänyttä tuhkaa, joka tippuu kattilan pohjalle. Lisäksi arinassa on edestakaisin liikkuvat rautatangot, jotka puhdistavat arinaa. [7.]

Stokeripolttimen ongelmat liittyvät usein polttoaineen epätasaiseen laatuun. Ruuvikuljettimet ovat alttiita häiriöille, joissa polttoaineen seassa olevat tikut tai juurakot jumittavat polttoaineen liikkumisen. Tavallisia tukoskohtia ovat pudotuskuilun ylä- ja alapää. Tukoksen sattuessa optiset anturit huomaavat, ettei polttoaine liiku kuljettimilla.

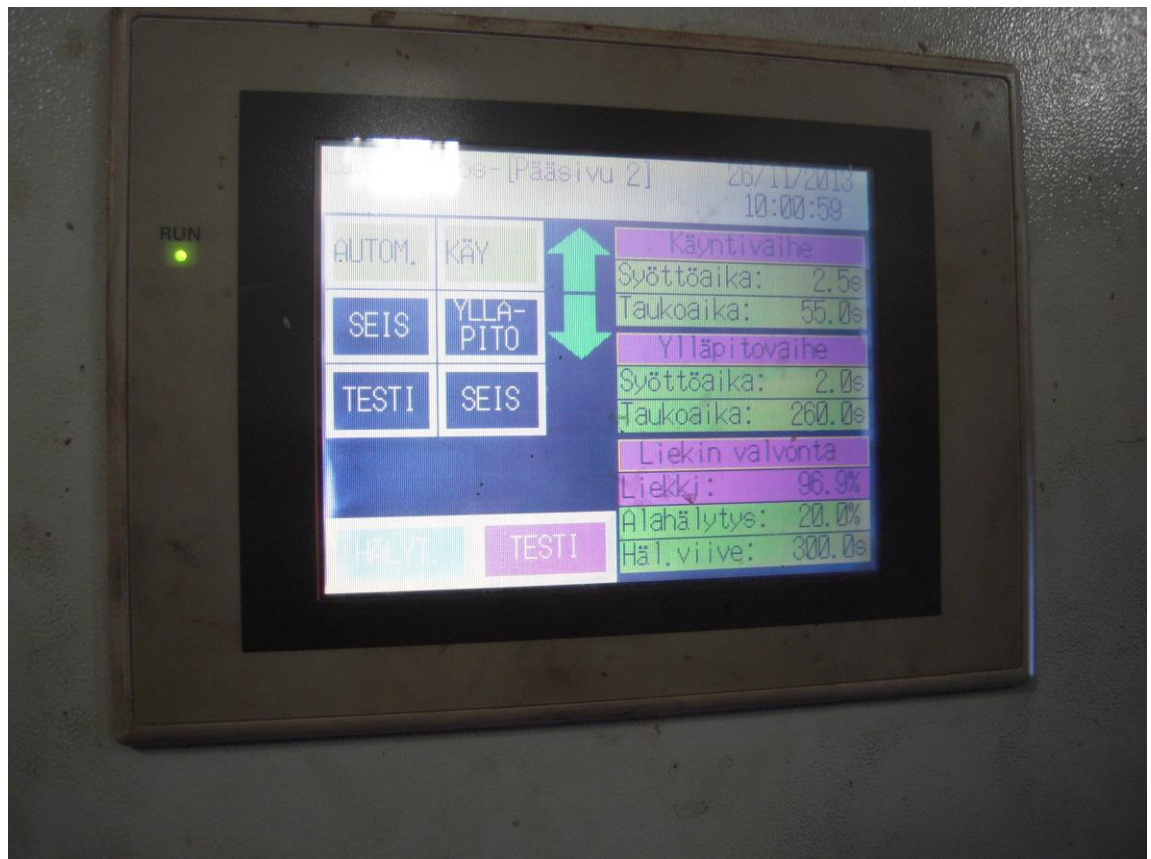
Ei ole kuitenkaan epätavallista, että oksanpätkä tai juurakonpala jää juuri anturin eteen ja ohjauskeskus luulee näin polttoaineen syötön toimivan normaalisti. Ilmoitus häiriöstä tapahtuu tällöin vasta, kun kattilan lämpötila laskee palamisen kokonaan sammuttua.



**Kuva 6.** Säättötili Oy:n valmistama palopää.

### 3.2.3 Ohjauskeskus

Polttoaineen (kuva 7) syöttöä säädellään Siemensin valmistamalla automaattisella ohjauskeskuksella. Ohjauskeskukseen on ohjelmoitu kaksi erilaista tilaa, käyntivaihe ja ylläpitovaihe. Käyntivaihe menee päälle, kun kattilassa oleva termostaatti kertoo kattilan lämpötilan laskeneen alle säätöarvon. Käyntivaiheen aluksi palopään ilmansyöttö kytkeytyy päälle ja ruuvisyötin alkaa syöttämään polttoainetta palopäälle. Kun lämpötila on noussut yli säätöarvon, syöttö menee ylläpitovaiheelle, jonka tarkoitus on pitää palopäässä ylläpitoliekki. Ylläpitovaiheessa polttoaineen syöttöaika on lyhyempi, mutta tauko-aika sen sijaan pitempi, kuin käyntivaiheessa.



**Kuva 7.** Ohjauskeskuksen kosketusnäyttöpaneeli.

Ohjauskeskuksen kosketusnäytöltä voidaan säätää syöttö- ja tauko-aikoja tilanteen mukaan. Palopäässä pitää olla jatkuvasti liekki, koska erillistä polttoaineen sytytystä ei ole. Liekin olemassaoloa ja suuruutta valvotaan optisella liekinvalvojalla. Liekinvalvoja on anturi, joka kertoo ohjauskeskukselle prosentuaalisesti, millainen liekki polttimessa palaa.

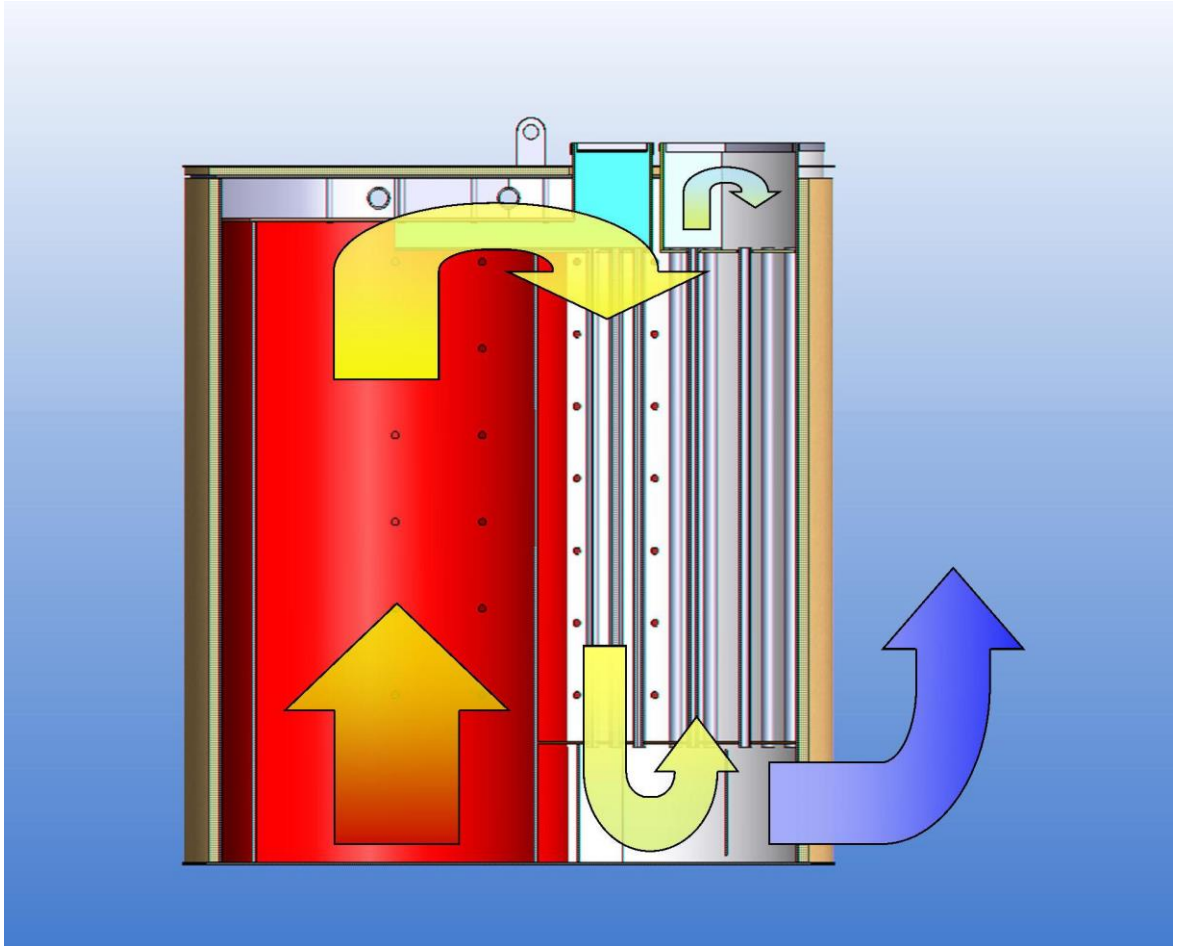
Liekin ollessa hyvä arvon tulisi olla lähellä 100 %:a. Kun arvo sen sijaan laskee lähelle nollaa, on se merkki liekin sammumisesta ja keskus tekee hälytyksen. Hälytys on tässä ohjauskeskus-mallissa mahdollista saada tekstiviestillä matkapuhelimeen, jolloin apua saadaan nopeasti paikalle. Sammunut liekki johtuu usein polttoaineensyötön häiriintymisestä, esim. kostean tai tikkuisen polttoaineen aikaan saamasta tukoksesta. Kuivalla ja tasalaatuisella polttoaineella tämäntyyppiset häiriöt ovat huomattavasti harvinaisempia. Myös liekinvalvojan nokeentuminen on tavallinen syy häiriöille. Nokeentumista voidaan vähentää palotapahtuman säätämällä. Ohjauskeskukselta on myös mahdollista seurata savukaasujen lämpötilaa. [8.]

#### 3.2.4 Tuubikattila

Lämpölaitoksessa kattilana on Hitsaustyö Kalliosaari Oy:n valmistama, erityisesti stokerikäyttöön tarkoitettu Bioheat 500-tuubikattila. Tuubikattilan toiminta perustuu lämmitysvettä sisältäviin tuubiputkiin, jotka kulkevat savukaasukanavassa edestakaisin. Lämmönsiirto on tehokasta, sillä useiden pyöreiden putkien lämmönsiirtopinta-ala on suuri. Tuubiputket ovat yhteydessä suureen vesitilaan, joka on kattilan vaipassa tulipintojen ja ulkokuoren välissä. Tuubikattilan vesitilavuus on korkea, 2 500 litraa, joten se varaa lämpöä hyvin. Toisaalta lämmitystehon vaihteluihin se ei vastaa kovin nopeasti ja lämmityksen aloittamiseen tauon jälkeen kuluu aikaa. [8.]

Kuvassa 8 on nähtävissä poikkileikkaus tuubikattilasta. Kiinteät polttoaineet palavat kaasuuntumisen takia suurella liekillä, joten punaisella merkitty kattilan tulipesä on suunniteltu suurikokoiseksi. Liekit eivät saisi osua kattilan tulipinnoille kulumisen takia. Tulipesän alaosassa sijaitsee tuhkasäiliö, jonne stokeri tiputtaa palaneen polttoaineen tuhkan. Säiliöstä tuhka siirtyy ruuvikuljettimella lämpölaitoksen ulkopuoliseen säiliöön. Savukaasut kulkevat tulipesän yläreunan yli savukaasukanavaan, jossa vesituubit sijaitsevat. Vesitilasta lähtevät lämpökanaalit kohti broilerihalleja ja asuinrakennusta. Lähtevän veden lämpötila on noin 83 °C ja palaavan noin 60-70 °C riippuen lämmönkulutuksesta. Vesi kiertää putkistossa keskipakopumppujen avulla. Jäähdytynyt savukaasu johdetaan savuhormiin kattilan alareunasta. Kattilan ja savuhormin välissä on savukaasuimuri, joka ylläpitää kattilan alipainetta eli vetoa. Ennen savukaasuimuria sijaitsee savukaasun lämpötila - anturi, joka on liitetty ohjausjärjestelmälle. [9.]

Savukaasun lämpötilaa on polton säädöillä pyritty pitämään yli 150 °C:n, sillä sitä alemmissa lämpötiloissa savukaasun vesihöyry voi lauhtua kattilan loppuosaan tai savuhormin pinnoille. Lämpötilan noususta voidaan seurata kattilan likaantumista, jota tapahtuu aina jonkin verran. Palamisessa syntynyt noki pakkaantuu kattilan tulipinnoille ja heikentää lämmönsiirtoa kattilavedelle. Siksi kattilaa on nuohottu noin kuukauden välein.



**Kuva 8.** Bioheat 500-tuubikattilan leikkauskuva [10.].



## 4 Polttoaineet

Tilalla käytettiin alun perin lämmityksen polttoaineena polttoöljyä. Ensimmäisen broilerihallin valmistumisen jälkeen on öljyn hinta monista syistä johtuen vaihdellut useaan otteeseen. Hinnan nousu on jo pitkään ollut huomattavissa, mutta jo pelkästään 2000-luvun aikana on kevyen polttoöljyn hinta yli kaksinkertaistunut. Useita erilaisia biopolttoaineita käyttävä biolämpökeskus soveltuu tilalle hyvin ja polttoaineita on nyt mahdollista saada läheltä ja halvemmalla. Kun ei olla riippuvaisia vain yhdestä polttoaineesta, on mahdollista säästää polttoainekustannuksissa hankkimalla kulloinkin edukkainta polttoainetta. [2.]

Tilan lämpökeskus on neljä vuotta vanha ja erilaatuisia polttoaineita on kokeiltu useita. Kokemusten perusteella on alettu selvästi panostaa laadukkaaseen polttoaineeseen. Laadukas polttoaine on tasalaatuista ja kuivaa eikä sisällä mitään siihen kuulumatonta, kuten maa-ainesta tai roskia. Se palaa tasaisesti ja sen syöttäminen on helppoa. Stokerilla on mahdollista polttaa huonolaatuisempaa polttoainetta, mutta häiriöiden määrä kasvaa huomattavasti.

Vuonna 2014 biopolttoaineista on käytetty vain palaturvetta ja haketta. Tilalla poltettiin aikaisemmin primääripolttoaineena myös puupellettiä, mutta poltinlaitteet koettiin ylimoitetuksi pelkästään sen polttoon. Lämpöarvonsa puolesta puupelletti on selvästi tehokkaampaa kuin hake ja palaturve, mutta laitteiston säätömahdollisuudet ovat rajalliset eikä polttoaineen syöttöä saatu niin optimaaliseksi, jotta pelletin polton koko kapasiteettia saataisiin hyödynnettyä. [6.]

Stokerilla olisi mahdollista polttaa muitakin kiinteitä polttoaineita kuten esimerkiksi turvebrikettiä, puubrikettiä ja turvepellettiä. Ne eivät hinnaltaan kuitenkaan ole niin kilpailukykyisiä, että niiden käyttö olisi kannattavaa. Polttoaineita on myös mahdollista polttaa sekaisin niin kuin tilalla on myös tehty. Luonnostaan kuivaa ja tasalaatuista mdf-pellettiä on käytetty kostean hakkeen tai palaturpeen seassa tukemassa palamista. Kokemukset tästä ovat olleet hyviä, mutta polttoainesekeitusten käyttö on pitkällä aikavälillä kalliimpaa, kuin käytettäessä laadukasta haketta tai palaturvetta. [6.]

#### 4.1 Hake

Hake on koneellisesti hakettua puuta. Hakelastun koko on tavanomaisesti 3 - 4cm, palahakkeen ollessa tätä hieman suurempaa. Sopivan pieni ja tasalaatuinen hake kulkee ongelmitta ruuvikuljettimella ja syöttöruuvilla, se myös palaa tasaisesti stokerissa polttoilman päästessä kulkemaan hyvin palojen väliin. Hakkeen valmistukseen käytettävää hakkuria ei Latva-Kiviniemen tilalla ole, joten oman metsän puuta hakettaessa on käytetty vuokrakoneita. Vuokrattava hakkuri on mahdollista saada tilan pihamaalle tai suoraan hakkuualueelle. Tilalle on myös ostettu haketta läheiseltä hakeyrittäjältä, mutta selvän säästön takia oman puutavaran käyttöä pyritään maksimoimaan.

Eri puilla on hieman erilaiset lämpöarvot ja myös hakkeen lämpöarvo riippuu käytetystä puusta. Tasalaatuisimpia hakkeita ovat ranka- ja kokopuuhake. Rankahake tehdään karstusta puusta ja se on hakkeista tasalaatuisinta. Kokopuuhake sisältää myös oksat, joiden pätkiä voi jäädä hakkeeseen. Metsätähdehake sen sijaan on laadultaan huonointa, sillä se valmistetaan metsähakkuista peräsin olevista oksakasoista. Tällöin hakkeen sekaan voi jäädä myös muuta maa-ainesta. Kosteus vaikuttaa suuresti hakkeen lämpöarvoon ja olisikin parasta, jos puu saisi kuivua ainakin kesän yli haketuksesta ennen käyttöä. Tuoreessa puussa on vettä 40 - 60% ja sen lämpöarvo on noin 1,8 - 2,2 kWh/kg. Kuivan puun lämpöarvo on yleensä 5,1 - 5,6 kWh/kg. Kostea puuta poltettaessa suuri määrä energiaa tuhlaantuu puun sisältämän veden hyörystymiseen, joka tapahtuu ennen kuin puu syttyy palamaan. Suuremmissa voimalaitoksissa voidaan polttaa hyvinkin kostea haketta, mutta tämän kokoluokan laitteilla kosteus tulisi olla alle 40 %, jolloin sen lämpöarvo on noin 800 - 900 kWh/i-m<sup>3</sup>. Laitokselle hake on ostettu juuri irtokuutiometreinä, joka sisältää noin 400 l kiinteää puuta. [10, s. 28 - 29].

Lämpökeskuksen hyvä toiminta riippuu paljon hakkeen laadusta. Epätasalaatuinen metsätähdehake ei sovellu stokerin pienille ruuvikuljettimille, sillä tikkujen ja oksien aiheuttama polttoaineen syötön häiriöt ovat turhan yleisiä. Metsätähdehaketta voidaan polttaa suuremmissa lämpölaitoksissa ja erilaisilla välineillä. Liian kostea hake sen sijaan palaa epäpuhtaasti tai sammuu, mikä aiheuttaa myös lisätyötä.

## 4.2 Turve

Lämpölaitoksen stokerpoltin mahdollistaa myös turpeen polton. Turve muodostuu soissa tapahtuvan hitaan maatumisen seuraksena. Soiden kosteus ja hapenpuute estävät kasvien normaalin hajoamisen. Tämän johdosta kasvit hajoavat hitaasti tasalaatuisiksi turvemassaksi. Turvesuon pinnalla on tuoreinta ja vähiten hajonnutta turvetta, joka ei sovi polttoaineeksi. Sen sijaan suon syvemmistä kerroksista saadaan maatuneempaa ja tiheämpää turvetta, jonka suuri hiilipitoisuus ja lämpöarvo mahdollistavat sen käytön energiantuotannossa. Huonona puolena runsaasti maatuneessa turpeessa on suuri tuhkamäärä, joka alentaa lämpöarvoa. EU luokittelee turpeen fossiiliseksi polttoaineeksi joutuksen sen hitaasta uusiutumisaikasta. Uutta turvetta syntyy luonnossa noin 0,2 - 1 mm:n paksuinen kerros vuodessa. Toisaalta eloperäiset turvemaat sitovat ilmasta hiilidioksidia. [11.]

Latva-Kiviniemen tilan stokerpoltin ja ruuvikuljettimet mahdollistavat palaturpeen käytön, joko pääasiallisena polttoaineena tai seospolttoaineena pelletin kanssa. Palaturve on kiinteää polttoainetta ja sitä valmistetaan nostamalla jyrsimellä turvesuosta, noin 0.5 m syvyydeltä turvemassaa ja muokkaamalla se mekaanisesti tiiviiksi sylinterin muotoisiksi pötköiksi. Palaturve on halkaisijaltaan 40 - 70 mm ja pituudeltaan 50 - 200 mm. Noston jälkeen turpeen annetaan kuivua turvesuolla auringon valossa välillä käänellen. Kosteuden laskettua noin 35 %:iin on palaturpeen lämpöarvo noin 3,3 - 3,6 kWh/kg. Palaturvetta poltettaessa on ongelmana ollut polttimen ajoittainen nokeentuminen ja suuri tuhkan muodostuminen. Huonolaatuista palaturvetta poltettaessa ongelmaksi muodostui turpeen seassa olleet juurakot ja muut maatumattomat kappaleet, jotka muodostivat polttoaineen syöttöön käyttökatkoja. [11.]

Turvetta voidaan käyttää polttoaineena muissakin muodoissa. Suuremmissa voimalaitoksissa käytetään jyrshinturvetta, jota valmistetaan jyrsimällä turvetta turvesuon pinnasta ja kuivattamalla sitä auringossa. Jyrshinturve on olomuodoltaan pölymäistä ja sen polttoon käytetään erityistä pölypolttokattilaa. Stokeripolttimella sitä ei pysty polttamaan.

Jyrshinturpeesta valmistetaan myös turvepellettejä, joita olisi mahdollista käyttää tilan stokeripolttimella. Turvepelletit valmistetaan puristamalla jyrshinturve halkaisijaltaan noin 12 mm:ä ja pituudeltaan 40 mm:n kokoisiksi pötköiksi. Puristusvaiheessa turpeessa oleva kosteus puristuu pois tehokkaasti. Näin ollen turvepelletin kosteusprosentti on jyrsin- ja palaturpeeseen verrattuna alhainen, noin 10 %, joten se ei jäädy eikä homehdu helposti.

Niiden lämpöarvo on palaturvetta suurempi, noin 4,5 - 5,2 kWh/kg. Suuren energiatihetyensä vuoksi pelletit eivät tarvitse niin suurta varastotilaa kuin palaturve. [11.]

### 4.3 Puupelletti

Puupelletti on haketta tiivimpi puupolttoaine. Pelletit valmistetaan yleensä sahanpurusta, hiontapölystä tai kutterinpurusta, jota syntyy esimerkiksi sahojen sivutuotteina. Pelletit valmistetaan puristamalla puuaines kovalla paineella rei'itetyn matriisin läpi. Pelletit ovat sylinterin muotoisia, halkaisijaltaan 6 - 12 mm ja pituudeltaan 10 - 30 mm olevia pötköjä. Ne pysyvät kasassa puussa itsessään olevan liimamaisen ligniinin avulla. Puupelletin kosteusprosentti on hakkeeseen verrattuna pieni, noin 10 % joten ne eivät jäädy tai homehdu helposti. Myös energiatiheys on haketta huomattavasti suurempi. Sama määrä energiaa vie tilaa puupelletteinä 3 - 4 kertaa vähemmän kuin hakkeena. Teollisesti tehdyn pelletin lämpöarvo on noin 4,7 - 4,8 kWh/kg. [6]

Tilalla on käytetty Jalasjärven Lämpö Oy:n valmistamia MDF-pellettejä. MDF-pellettejä valmistetaan MDF-levyistä valmistettujen listojen sivutuotteena syntyvästä sahanpurusta ja pölystä. MDF-levyt ovat havupuukuidusta ja erilaisista sideainesta puristettua lujaa materiaalia, jota käytetään paljon rakentamisessa ja esimerkiksi huonekaluissa. MDF-pelletit ovat toimineet käytössä varsin hyvin. Kuivuutensa ansiosta niiden varastointi ja syöttö on helppoa. Ne muodostavat tuhkaa hieman enemmän kuin normaalit puupelletit, mutta selvästi vähemmän kuin turve ja hake, joiden käytössä myös polttimen toiminta häiriintyy useammin. Kokemukset pelletin käytöstä ovat pääosin hyviä. Pellettejä poltettaessa polttoaineen syötössä tapahtuvia häiriöitä tulee paljon vähemmän verrattuna hakkeeseen tai palaturpeeseen. Se on myös teholtaan paras verretuista kiinteistä biopolttoaineista. Lämmityslaitteisto on kuitenkin hieman ylimitoitettu pelletin poltoon. Tästä johtuen nopeasti palava vaikkakin tehokas polttoaine ei ole toiminut halutulla tavalla ja kulutus on muita polttoaineita huomattavasti suurempaa. Näin ollen pellettiä on käytetty vain seospolttoaineena poltettaessa märkää haketta tai palaturvetta. Mdf-pelletin etuna verrattuna normaaliin puupellettiin on, ettei se hajoa sekoitettaessa märän hakkeen tai turpeen sekaan vaan se säilyttää muotonsa. [12.]

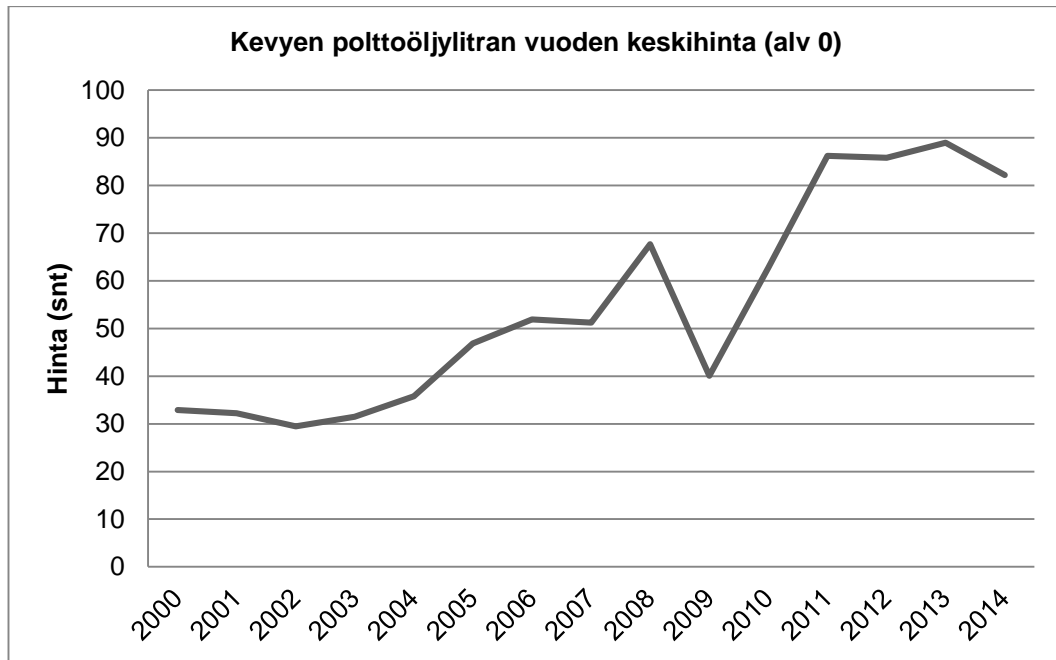
#### 4.4 Kevyt polttoöljy

Kevyttä polttoöljyä valmistetaan useiden prosessien avulla raakaöljystä, joka on tuhansien erilaisten hiilivetyjen seos. Raakaöljystä erotetaan erilaisia jakeita tislaamalla. Se tapahtuu niin sanotussa tislaustornissa, jossa raakaöljyä lämmitetään useiden satojen asteiden kuumuuteen ja eri jakeita saadaan eroteltua höyrystymisen myötä. Jakeita jatkojalostetaan tämän jälkeen monin tavoin ennen kuin ne ovat valmiita myytäväksi. Kevyt polttoöljy on energiasisällöltään varsin tehokasta lämpöarvon ollessa noin 10,02 kWh/litra. [1.]

Raakaöljy on syntynyt miljoonien vuosien aikana hiekka-, savi- ja lieterrokseen hautatuneista mikroskooppisen pienistä merieliöstä ja kasveista. Korkeassa paineessa ja lämpötilassa eliöt ovat hiljalleen muuttuneet öljyksi. Pienen tiheydensä vuoksi öljy on kulkeutunut maanpintaa kohti, kunnes vastaan on tullut läpäisemätön maakerros. Näihin kohtiin on muodostunut öljytaskuja, joista öljyä porataan tällä hetkellä ihmisten käyttöön. Suomessa ei ole omia öljyvarantoja, joten öljyä ostetaan erityisesti Venäjältä. [13, s.18.]

Öljy on fossiilinen polttoaine eli se ei käytännössä uusiudu koskaan. Fossiilisten polttoaineiden käyttöä on pyritty hillitsemään monin keinoin sillä ne ovat ympäristölle haitallisia ja aiheuttavat ilmaston lämpenemistä. Ilmaston lämpeneminen johtuu hiilidioksidipäästöistä, joita fossiiliset polttoaineet aiheuttavat. Öljyn kulutusta on pyritty vähentämään teknillisillä ratkaisuilla kuten taloudellisimmilla kattiloilla ja polttimilla tai siirtymällä kokonaan pois öljylämmityksestä, kuten Latva-Kiviniemen tilalla on tehty. [13, s.15.]

Vuodesta 2000 kevyen polttoöljyn hinta on yli kaksinkertaistunut (kuva 1). Hintaan vaikuttaa raakaöljyn hinnan nouseminen ja verotuksen nosto. Öljy on hallitsevassa asemassa maailman energiataloudessa ja öljyvarannot ovat jakaantuneet maille epätasaisesti, ja suurilla öljyntuottajamailla on mahdollisuus säädellä hintaa hyvinkin paljon. Hintaan vaikuttavat myös maailmantalouden tilasta johtuvat tarjonnan ja kysynnän lait. Pitkällä aikavälillä öljyn hinnan nousu on ollut havaittavissa vuosikymmeniä. Myös tisleiden kuten kevyen polttoöljyn hinta on noussut. Ostohintaan on vaikuttanut myös polttoaineverotuksen nostaminen. Vuonna 2011 eduskunta päätti nostaa öljytuotteiden verotusta. Tämän vuoden alusta tilalla käytetyn rikittömän kevyen polttoöljyn valmistevero on 16,34 snt/l. Polttoaineet ovat yrityksen tuotanto-ostoja, joten niiden arvolisävero on voitu vähentää myynnin verotuksesta. [14]



**Kuva 9.** Öljyn hinnan kehitys vuosina 2000 - 2014 [2].

## 5 Polttoaineiden päästöt

Lämmitykseen käytettävän polttoaineen vaihtoon syynä oli myös polttoaineen ympäristöystävällisyys. Polttoaineiden palaessa niistä vapautuu savukaasun mukana erilaisia yhdisteitä. Täydellisessä palamisessa vapautuu aina hiilidioksidia ja vettä, mutta myös muita yhdisteitä riippuen polttoaineesta. Erityisesti hiilidioksidipäästöjä on pyritty rajoittamaan, sillä niiden on tutkittu vauhdittavan kasvihuoneilmiötä. Hiilidioksidipäästöistä suurin osa muodostuu fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Palaturpeen hiilidioksidipäästöt ovat 367 g/kWh ja kevyellä polttoöljyllä 267 g/kWh. Biopolttoaineita poltettaessa vapautuu samalla tavalla hiilidioksidia, mutta polttoaineet ovat sitoneet sitä kasvaessaan itseensä, joten niitä ei lueta päästöiksi. [2.]

Tilan kattila on niin pieni, ettei sille Suomessa ole asetettu päästörajoja. Poltossa on kuitenkin kannattavaa pyrkiä mahdollisimman pieniin päästöihin kulloinkin käytetyillä polttoaineilla. Silloin myös palamisen hyötysuhde paranee. Palamisen säätöä suoritetaan polttoaineen muuttuessa tai laadun vaihdeltaessa sekä kattilan likaantumisen mukaan. Palamisen säätö tehdään savukaasun lämpötilan perusteella. Savukaasujen lämpötilaa on ensiö- ja toisioilman säätöjä ja polttoaineen syöttöä muuttamalla pidetty noin 150 °C:ssa. Sitä alhaisemmillä lämpötiloilla kaikki polttoaineesta vapautuvat kaasut eivät

välttämättä pala, mutta kattilan hyötysuhde on hyvä, kun sitä lämpimämpiä savukaasuja ei päästetä harakoille. Liian alhaisissa lämpötiloissa savukaasun sisältämä vesihöyry voi lauhtua kattilan ja savupiipun pinnoille ja näin haurastuttaa sitä. Savukaasujen lämpötila nousee hiljalleen, kun kattila likaantuu ja lämmönsiirto pienenee. Puhdistus tehdään kun lämpötila on noussut yli 200 °C:n. Tarkoituksena on pitää paloliekki valkokeltaisena, joka on merkki polttoaineen oikeanlaisesta palamisesta. Myös savukaasun väri kertoo, onko palaminen puhdasta. Savukaasun värin tulisi olla vaalean harmaata. Palamisen tarkempaan säätöön vaadittaisiin savukaasuanalysointori, jolla savukaasun koostumus olisi helposti nähtävissä. [15, s. 271 - 272.]

Kiinteitä polttoaineita poltettaessa ns. yli - ilmaa tarvitaan enemmän kuin käytettäessä öljyä, sillä happi ei sekoitu kiinteisiin polttoaineisiin niin helposti. Hiilimonoksidia eli häkää syntyy, kun polttoainetta poltetaan liian pienellä ilmamäärällä. Silloin polttoaineessa oleva hiili ei reagoi ilmassa olevan hapen kanssa täydellisesti. Hiilimonoksidia on syttyvä kaasu, joka voidaan vielä sen syntymisen jälkeen sytyttää sekundääri-ilman avulla palaamaan, joten oikeat palamisilman säädöt ovat tärkeitä. Palamaton hiilimonoksidia kulkeutuu savukaasujen mukana ulos kattilasta ja muuttuu hiilidioksidiksi saadessaan lisähappia. Häkä on ihmiselle myrkyllistä, sillä se syrjäyttää veressä olevan hapen. [15, s. 33.]

Rikkidioksidipäästöt riippuvat käytetystä polttoaineesta ja ne aiheuttavat haposateita. Rikkidioksidia syntyy kun polttoaineen sisältämä rikki reagoi palamisilman hapen kanssa. Haposateet muodostuvat pilvissä rikkidioksidin yhdistymisestä veden kanssa. Syntynyt rikkihappo sataa sadepisaroiden mukana luontoon vaurioittaen sitä. Tilalla käytetyistä polttoaineista eniten rikkiä sisältää turve, jonka rikkipitoisuus on 0,05–0,3 % kuiva-aineesta. Puussa rikkiä on alle 0,05 %. Nykyään käytetty kevyt polttoöljy on rikkittömä. [13, s. 40.]

Haposateita aiheuttavat myös typen oksidit. Ne aiheuttavat myös haitallisen alailmakehän otsonin syntyä, joka kiihdyttää ilmaston lämpenemistä. Typen oksidien päästöihin vaikuttaa käytetty polttoaine sekä polttotekniikka. Palamisen yhteydessä syntyy typen oksideista typpimonoksidia ja typpidioksidia. Niitä vapautuu polttoaineista sekä syntyy palamisilmassa olevien typen ja hapen reagoitessa keskenään. Tämä edellyttää yli 1400 °C:n lämpötilaa, eli päästöjä voidaan alentaa palamisen lämpötilaa laskemalla, mikä tosin alentaa kattilan hyötysuhdetta. Polttoaineista eniten typpeä sisältää turve, 1,0 - 3,0 % kuiva-aineesta. Puussa typpeä on 0,1–0,5 % ja polttoöljyssä 0,01–0,03%. [13, s. 50.]

Kiinteitä polttoaineita poltettaessa muodostuu myös hiukkaspäästöjä. Erityisesti puun polttamisesta vapautuu terveydelle vaarallisia pienhiukkaspäästöjä, jotka aiheuttavat hengityselinsairauksia sekä sydän- ja verisuonitauteja, koska ne ajautuvat pienen kokonsa takia aina keuhkorakkuloihin asti. Pienhiukkaset ovat pääosin peräisin polttoaineen sisältämästä tuhkasta, joka sisältää terveydelle haitallisia aineita kuten raskasmetalleja, mutta myös polttotapahtuman lämpötilalla on vaikutusta päästöjen määrään. Pienhiukkaspäästöjä on mahdollista pienentää erilaisilla suodattimilla ja sykloneilla, mutta niitä ei tilan laitteiston kokoluokan kattiloissa tarvitse olla. [17.]

Kiinteistä polttoaineista jää palamatta niiden sisältämä tuhka, joka koostuu suurelta osaltaan kalsiumista mutta myös muista aineista, joita polttoaineeseen on sen kasvaessa sitoutunut. Puupolttoaineissa tuhkaa on noin 0,4-0,6 % kuiva-aineen painosta ja turpeessa noin kymmenen kertaa enemmän, 4-6 %. Poltossa tuhkaa syntyy kuitenkin vielä enemmän sillä polttoaineet sisältävät aina hieman hiekkaa ja muita epäpuhtauksia. Sen lisäksi tuhkaan jää usein polttoaineesta palamatonta hiiltä. Tuhkaa on kahta eri laatua, pohjatuhkaa ja lentotuhkaa. Pohjatuhka jää polton jälkeen kattilan pohjalle, josta se on helppo kerätä tuhkaruuvilla pois. Lentotuhka sen sijaan kulkeutuu savukaasun mukana pois kattilasta tai jää sen muille pinnoille. Suuremmissa laitoksissa lentotuhka kerätään talteen erilaisilla suodattimilla. [10, s.28; 6.]

## 6 Paloturvallisuus

Lämpökeskuksissa paloturvallisuus on huomioitu erilaisilla laeilla ja säädöksillä.. Kyseisen lämpökeskuksen kattila on teholtaan alle 1 MW, joten sitä ei tarvitse rekisteröidä eikä sille tehdä viranomaisten toimesta määräaikaistarkastuksia. Näin ollen käyttäjällä on vastuu pitää kattila turvallisena. [18.]

Kiinteitä polttoaineita käyttävissä lämpökeskuksissa pitää olla kaksi toisistaan riippumatonta turvajärjestelmää. Niiden pitää toimia myös sähkökatkon sattuessa, joten turvajärjestelmiä varten on keskus varustettu varavoimakoneella, joka käynnistyy kun sähkökatkon pituus ylittää säädetyn ajan. Turvajärjestelmiä on erilaisia, ja ne riippuvat käytetystä polttoaineista ja lämpökeskuksen tehosta. Rakennuksen paloluokka määräytyy sen sijainnin mukaan. Asumiskäytössä olevien rakennusten yhteydessä olevat lämpökeskukset tulee palosuojata tehokkaammin, kuin erilliskäytöksissä. [18.]



Lämpökeskusrakennus on muista rakennuksista erillinen eikä palon leviämistä vaaraa ympäristöön ole. Paloluokaksi on määritetty P3, joka tarkoittaa ettei sen kantavilla rakenteilla ole erityisvaatimuksia. Lämmityshuone, jossa kattila sijaitsee on osastoitu määräysten mukaan EI60-luokan palon leviämistä hidastavilla eristeharkoilla ja tila on varustettu palo-ovilla. Lisäksi huoneeseen on asennettu automaattinen sprinklerijärjestelmä, joka kytkeytyy päälle lämmityshuoneen lämpötilan noustua liian suureksi. Ensisammutusta varten lämmityshuoneessa on käsisammutin sekä sammutusvesiletku. [18.]

Latva-Kiviniemen tilan lämpökeskussa tapahtui tulipalo vuoden 2010 talvella. Palo johtui ns. takatulesta, joka tarkoittaa tulen leviämistä palopäästä polttoainetta pitkin polttoainetarastolle päin. Takatuli sai alkunsa, kun broilerit lähetettiin pois ja lämmitystä ei enää tarvittu. Tuli jäi kuitenkin kytemään ruuvisyöttimen putkeen ja eteni aina polttoainetarastolle asti. Lämpökeskusrakennus kärsi mittavista vahingoista, ja se jouduttiin rakentamaan käytännössä täysin uudestaan. Polttoainetta syöttävä ruuvikuljetin oli varustettu säädösten mukaisesti vesisammutusjärjestelmällä, joka suihkuttaa syöttöruuviin vettä lämpötilan noustessa liian suureksi. Järjestelmä ei kuitenkaan toiminut ja kytevä polttoaine pääsi leviämään syöttöruuvia pitkin aina polttoainetarastoon asti sytyttäen rakennuksen tuleen.

Jälleenrakennetussa lämpökeskuksessa otettiin käyttöön pudotuskuilu, jossa polttoaine tippuu noin puolen metrin matkan siirtoruuvien ja syöttöruuvien välissä (kuva 10). Sen kautta polttoaineen takaisin päin palaminen tai kyteminen ei ole mahdollista. Pudotuskuilussa on lämpötila-anturi, joka hälyttää lämpötilan noustua liian suureksi. Silloin syöttöruuvi pyörii niin kauan, että kaikki polttoaine poistuu ruuvien putkesta ja palaminen loppuu.



**Kuva 10.** Pudotuskuilu.

## 7 Taloudellisuuslaskelmat

Työn ensisijaisena tarkoituksena oli laskea maatilan biolämpölaitosinvestoinnin kannattavuus sekä laskea sen takaisinmaksuaika tällä hetkellä. Kaikkia muuttujia ei laskuissa kuitenkaan ole pystytty ottamaan huomioon, joten saadut tulokset ovat karkeita arviota ja suuntaa antavia.

Lämpökeskuksen rakennesuunnittelun ja mitoituksen teki Etelä-Pohjanmaan ProAgria. Laitteiston mitoituksessa otettiin huomioon vasta suunnitteilla ollut kolmas broilerihalli, eli laitteisto oli sen valmistumiseen asti tarkoituksella ylimitoitettu. Lämpölaitoksen kustannukset on eritelty taulukossa 1. Ne ovat otettu ProAgrian tekemästä rakennussuunnitelmasta, ja ovat hyvin lähellä laitoksesta koituneita lopullisia kustannuksia (liite 2). Lämpökeskuksen rakentamiseen saatiin Ely-keskukselta haettavaa maatalouden investointitukea 20 % hyväksytyistä rakennuskustannuksista. Tukea myönnetään uusiutuvan energian tuotantoon liittyviin investointeihin. Myös lämpökeskuksen kanssa samoissa tiloissa olevan korjaamohallin kustannukset on vähennetty suurpiirteisesti yhteiskustannuksista. [19.]

Taulukko 1. Rakennuskustannusten erittely (liite 2).

Kustannusten lajittelu	Sisällys	Hinta (€)
Rakennuttajan kustannukset	Rahoituskulut, suunnittelu, neuvonta, työnjohto, luvat	12 000 €
Tontin ja rakennuksen maa ja pohjarakenteet	Raivaus, kaivuu, salaojitus, sorat	7 716 €
Perustukset ja alapohjarakenteet	Anturalaatta, sokkelit, lattian betonit	23 721 €
Runko- ja vesikattorakenteet	Tuulensuojalevyt, puurunko, kattotuolit, ym	52 987 €
Runkoa täydentävät rakenteet	Ikkunat, ovet, savuhormi	14 480 €
Kalusteet, varusteet, laitteet	Portaat, kulkusilta	500 €
LVIS laitteistot	Kattila, poltin, polttoaineen syöttölaitteet, tuhkanpoistolaitteet, sähköasennukset	69 500 €
Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset		5 096 €
Korjaamohallin kustannukset		-50 000 €
Energiatuki 20 %		-27 200 €
<b>Rakennuskustannukset yhteensä</b>		<b>108 800 €</b>

Tarkkoja biopolttoaineisiin siirtymisestä aiheutuneita säästöjä on mahdollista laskea vain vuodelta 2014, jolta tarkat kulutusmäärät ovat tiedossa. Lämpölaitoksen valmistuttua vuonna 2009 ja tuhouduttua tulipalossa vuotta myöhemmin on se ensimmäinen vuosi, kun lämmitykseen on käytetty pelkästään biopolttoaineita. Lämmitykseen mennyt energia joudutaan laskemaan vuonna 2014 käytetyn polttoainemäärän mukaan, koska lämmitysjärjestelmään ei ole asennettu energiamittaria. Myös tarkkoja hävikkejä ei ole mahdollista tietää, vaan niiden arviointiin on käytetty kirjallisuuslähteitä.

Taulukossa 2 on laskettu vuoden 2014 polttoaineiden kulutus. Haketta vuoden aikana kului noin 350 irtto-m<sup>3</sup>. Palaturvetta kului noin 800 m<sup>3</sup>. Palaturpeen kosteuden oletetaan olevan 40 % jolloin kuution oletetaan painavan 370 kg. Niiden yhteenlaskettu lämpöteho on 1221,8 MWh.

Taulukko 2. Vuoden 2014 lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden teho.

<b>Vuoden 2014 polttoaineiden kulutus</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Lämpöarvo</b>	<b>MWh</b>
Palaturve	800	3,3 kWh/kg	976,8
Polttohake	350	700 kWh/irtto-m <sup>3</sup>	245
		<b>yht</b>	<b>1 221,8</b>

Taulukossa 3 on laskettu eri polttoaineiden tuottaman kWh:n hinta. Laskuissa on käytetty tilalle ostettujen polttoaineiden viimeisimpiä hintoja sekä kevyen polttoöljyn maan keskihintaa 15.3.2015. Polttoaineiden hinnat sisältävät kuljetuskulut. Käytetty polttohake on ulkoisilta toimijoilta ostettu. Omasta metsästä tuotettu hake olisi huomattavasti halvempaa. Laskuissa huomataan palaturpeen ja polttohakkeen hintojen olevan lähes samalla tasolla. Pelletti on noin kaksi kertaa kalliimpaa ja kevyt polttoöljy yli kolme kertaa kalliimpaa kuin palaturve. [2.]

Taulukko 3. Tilalla käytettyjen polttoaineiden hinnat.

Polttoaine	Lämpöarvo	Hinta alv0	Hinta/kWh	Hinta/MWh
Polttohake	700 kWh irto- m <sup>3</sup>	20 €/m <sup>3</sup>	0,028 €	28 €
Palaturve	3,3 kWh/kg	25 €/m <sup>3</sup>	0,02 €	20 €
Pelletti	4,7 kWh/kg	175 €/tonni	0,037 €	37 €
Kevyt polttoöljy	10,02 kWh/l	0,74 €/l	0,07 €	70 €

Taulukossa 4 on laskettu, kuinka paljon tilan rakennusten lämmitys maksaisi vuodessa jokaisella polttoaineella erikseen, kun kulutuksena on käytetty vuoden 2014 kulutusta, 1221,8 MWh. Tuloksista huomataan polttoaineista saatavien säästöjen olevan todella merkittäviä lämmönkulutuksen ollessa näin suuri. Palaturvetta poltettaessa säästöt ovat laskujen mukaan noin 60 000 € verrattuna polttoöljyyn. On kuitenkin huomioitava ettei laskuissa ole otettu huomioon esimerkiksi lämmitysjärjestelmien tyypillisiä hyötysuhde-eroja. Öljylämmitykseksen hyötysuhde on joitain prosentteja parempi.

Kuten laskuista voidaan huomata, investointi on ollut erittäin kannattava. Parhaillaan noin 60 000 € vuosittaisella säästöllä lämpökeskuksen investoinnin takaisinmaksuaika on alle 2 vuotta, joten vuodesta 2009 toiminut lämpökeskus on jo maksanut itsensä takaisin.

Taulukko 4. Polttoaineiden vuosikustannukset.

Polttoaine	Hinta/MWh	Hinta vuoden 2014 kulutuksella (1221,8 MWh)
Polttohake	28 €	34 210 €
Palaturve	20 €	24 436 €
Pelletti	37 €	45 206 €
Kevyt polttoöljy	70 €	85 526 €

## 8 Päätelmät

Opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää, onko maatilalle rakennettu biolämpölaitos ollut taloudellisesti kannattava investointi verrattuna tilalla ennen käytettyyn öljylämmitykseen. Lisäksi tarkoitus oli selvittää taloudellisin biopolttoaine, jonka käyttöön tultaisiin panostamaan jatkossa.

Vaikka työssä tehdyt taloudellisuuskalkulaatiot ovat varsin karkeita, johtuen epätarkoista tiedoista, ne kertovat kuitenkin suuruusluokan, millaisia säästöjä polttoaineita vaihtamalla on mahdollista saada, kun maatilan lämmitykseen menevän energian kulutus vastaa noin seitsemääkymmentä pientaloa.

Taloudellisuuskalkulaatioista selvisi biolämpölaitoksen olevan erittäin hyvä investointi, jolla saadaan tuntuvia säästöjä vuosittain. Polttoaineiden hintoihin ja lämpöarvoon perustuvista laskuista nähdään palaturpeen olevan taloudellisin polttoaine, ja sitä kannattaisi käyttää niin paljon kuin mahdollista. Pelkästään palaturvetta polttamalla saataisiin teoreettisesti noin 60 000 € säästöt vuosittain. Tämän suuruisella säästöllä noin 110 000 € maksanut lämpökeskus olisi maksettu takaisin jo vuosia sitten. Laskuissa ei kuitenkaan ole otettu huomioon esimerkiksi lisääntyneitä työkustannuksia, sekä polttotekniikan hyötysuhteita, jotka ovat biolämpölaitoksissa öljykattiloita pienemmät. Todellinen takaisinmaksuaika on käytännössä lähempänä viittä vuotta.

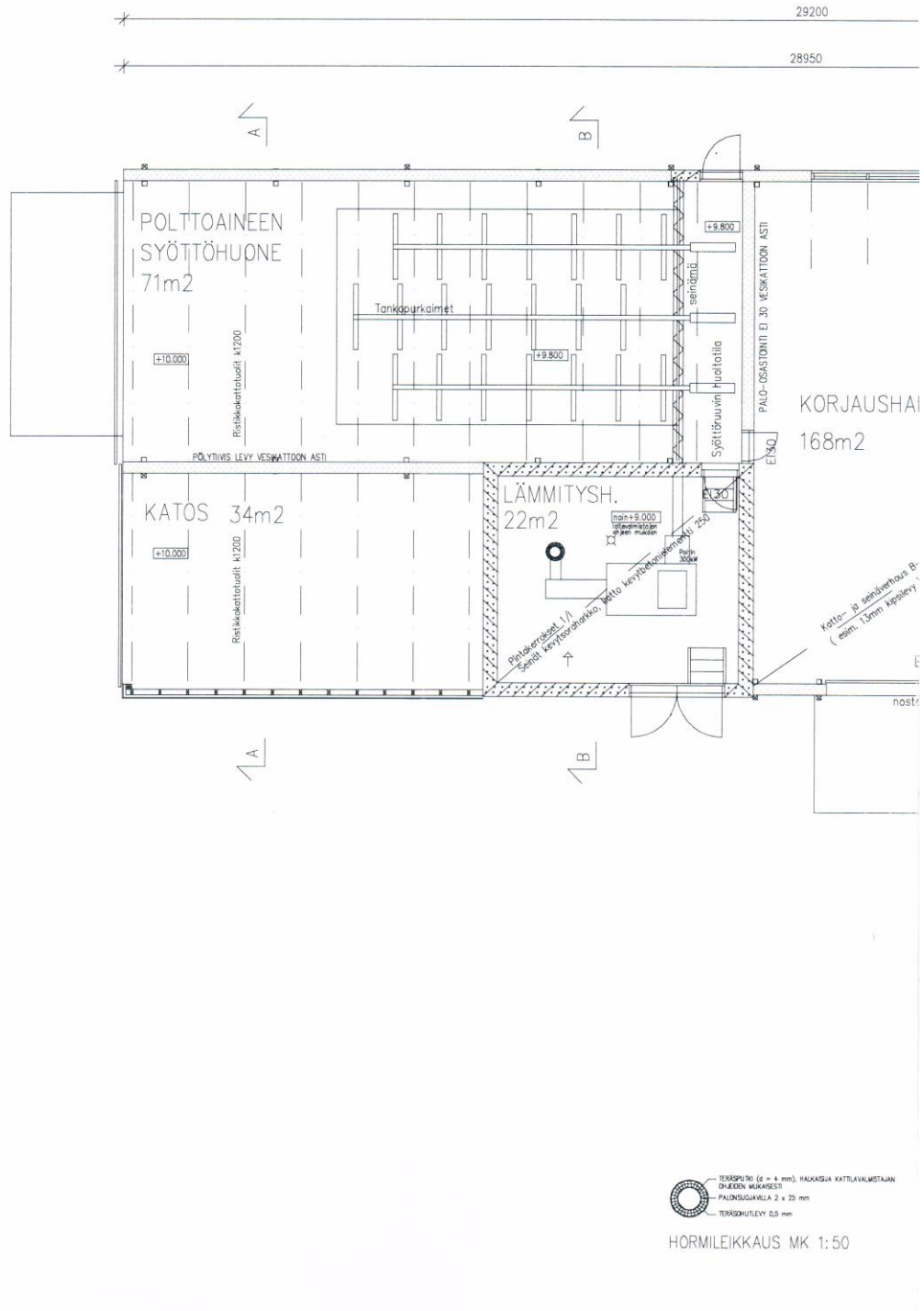
## Lähteet

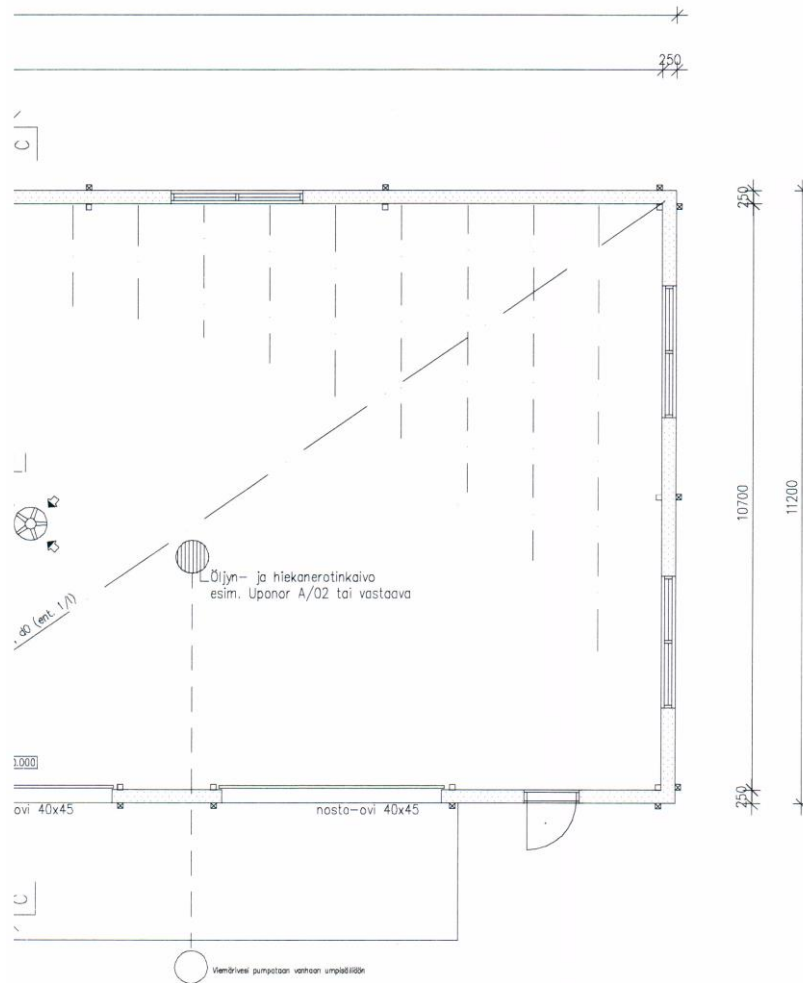
- 1 Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <<http://www.motiva.fi/kaukolampo> > Päivitetty 28.2.2014 Luettu 13.1.2015.
- 2 Raakaöljyn hintakehitys. Verkkodokumentti. Öljy- ja biopolttoaineala ry. <<http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/13-raakaoljyn-hintakehitys>> Luettu 30.3.2015.
- 3 Näin kasvatetaan BROILERI. Verkkodokumentti. SIIPI.net. <<http://www.siipi.net/index.php/broileriyhdistys/naeinkasvatetaanbroileri>> Luettu 3.1.2015.
- 4 Kansallinen laatujärjestelmä. Verkkodokumentti. SIIPI.net. <<http://www.siipi.net/index.php/broileriyhdistys/laatujaerjestelmae>> Luettu 3.1.2015.
- 5 Lämpökanaalit. Verkkodokumentti. Bio- Expert Oy. <<http://lammitysjarjestelmat.com/viljankuivatus/lampokanaalit/>> Luettu 16.3.2015.
- 6 Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Verkkodokumentti. VTT tiedotteita 2045. < <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>> Päiväty 2000 Luettu 16.2.2015.
- 7 Palopäät. Verkkodokumentti. Säätotuli Oy. <<http://www.saatotuli.fi/product.asp?sua=2&lang=1&s=208&nav=10010011>> Luettu 14.3.2015.
- 8 Bioheat tuubikattila. Verkkodokumentti. Bioheat. <[http://www.bioheat.fi/Bioheat/Tekniset\\_tiedot.html](http://www.bioheat.fi/Bioheat/Tekniset_tiedot.html)> Luettu 16.3.2015.
- 9 Tuote-esittely. Verkkodokumentti. Bioheat. <<http://www.bioheat.fi/Tuote-esittely.htm>> Luettu 16.3.2015.
- 10 Kokkonen Anssi & Lappalainen Iiris. 2005. Hakelämmöstä yritystoimintaa. Kuopio: Motiva.
- 11 Turpeen tuotanto ja käyttö. Verkkodokumentti. VTT tiedotteita 2550. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2550.pdf>> Päiväty 3.9.2010 Luettu 20.2.2015.

- 12 MDF- pelletit kokemuksia tuotannosta. Verkkodokumentti. Jalasjärven lämpö. <<http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelija/Documents/Investointi-tuet%202013.pdf>> Päivätty 8.4.2011 Luettu 15.2.2015.
- 13 Hellgrén Matti, Heikkinen Lauri, Suomalainen Lauri & Kala Janne. 1999. Energia ja ympäristö. Helsinki: Opetushallitus.
- 14 Energiaverotus. Verkkodokumentti. Tulli <[http://www.tulli.fi/fi/suomen\\_tulli/julkaisut\\_ja\\_esitteet/asiakasohjeet/valmisteverotus/tiedostot/021.pdf](http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/julkaisut_ja_esitteet/asiakasohjeet/valmisteverotus/tiedostot/021.pdf)> Päivätty Tammi-kuu 2014 Luettu 24.2.2015.
- 15 Wahlroos Lasse. 1979. Energia ja ympäristö. Kokemäki: T:mi Energiakirjat.
- 16 Energiantuotannon pienhiukkaspäästöt Suomessa. Verkkodokumentti. VTT tiedotteita 2300. <<http://www2.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2300.pdf>> Päivätty 2005 Luettu 17.4.2015.
- 17 Epäsuorasti vaikuttavat kaasut Verkkodokumentti. Ilmasto.org. <<http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuoneilmio-ja-ilmastonmuutos/epasuorasti-vaikuttavat-kaasut>> Päivätty 1998 Luettu 18.4.2015.
- 18 Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus. Verkkodokumentti. Finanssialan keskusliitto. <[http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Kiinteän\\_polttoaineen\\_lampokeskuksen\\_paloturvallisuus.pdf](http://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Kiinteän_polttoaineen_lampokeskuksen_paloturvallisuus.pdf)> Luettu 6.2.2015.
- 19 Maatilojen investointityöt. Verkkodokumentti. Maaseutuvirasto. <<http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelija/Documents/Investointi-tuet%202013.pdf>> Päivätty 2005 Luettu 3.4.2015.



Lämpökeskuksen piirustukset





RAKENNUKSEN PALOLUOKKA P3  
PALOVAARALLISUUSLUOKKA 1  
SUOJAUSTASO 1

- KATTILAHUONEEN OSASTOINTI **EI 60** ( A 60 ) ( PALAMATONTA MATERIAALIA ), KUN KATTILA > 25 kW
- SISÄPUOLISET PINTAKERROKSET LUOKKAA 1/I ( VAIKEASTI SYTYVÄ, PALOA LEVITTÄMÄTÖN )
- LÄMPÖKESKUKSESSA OLTAVA SAMMUTIN EN 43 A (TAI AB III E), 12 kg

	KERROSALA m <sup>2</sup>	TILAVUUS m <sup>3</sup>
LÄMPÖERISTETTY	206	1200
ERISTÄMÄTÖN	121	700
YHTEENSÄ	327	1900

## Kustannusarvio ja rakennus-selostus, ProAgria Oy

### ProAgria Etelä-Pohjanmaa

#### Rakennussuunnittelu, Etelä- ja Keski-Pohjanmaa

Huhtalantie 2

60220 SEINÄJOKI

Puh. (06) 4163111, fax (06) 4163448

### KUSTANNUSARVIO JA RAKENNUSSELOSTUS

Liite maaseutuelinkeinolain mukaisen rakennusinvestoinnin rahoitushakemukseen

Viranomainen täyttää tummennetut kohdat

01 Hakija	<b>Kiviniemen Broiler Oy</b>			07 Metsää, ha	
02 Henkilötunnus	<b>0178211-2</b>			08 Mets.tuotto k-m <sup>3</sup>	
03 Osoite	<b>Larvantie 100, 61640 ALA-VALLI</b>			09 Peltoa, ha	
04 Puh.nro	<b>050 5462572</b>			10 Vuokrapelt. ha	
05 Kunta ja kylä	<b>Jalasjärvi, Alavalli</b>			11 Peltoa, yht. ha	13 P-koord.
06 Tilan nimi ja RN:o	<b>Larva-Kiviniemi</b>			12 Tilan kok.ala, ha	14 L-koord.
Rakennustoimenpide		Kantavat pystyrakenteet		Rakennusmuoto	
X 15 Uusi	17 Peruskorjaus	X 25 Puu	27 Metall	X 35 1-taso	37 2-kerros
16 Laajennus	18 Ymp.parant.ym	26 Kiviaine	28 Muu	36 1½ kerros	38 Kellarillinen
Rakentamistapa		Alapohjarakenne		Rakennuksen yleisvarustelu	
X 19 Paikallatehty	X 23 Oman puu-	X 29Maanvarainen	30 Tuulettuva	X 39 Sähköistys	X 43 Kunnall.vesi
20 Elem.toimitus	tavarana osuus suuri	Julkisivumateriaali		X 40 Vesijohto	44 Sauna
X 21Oma työpan.suuri	24 Oman puu-	X 31 Puu	33 Metall	X 41 Lämminvesi	45 Autotalli
22Oma työpan. pieni	tavarana osuus pieni	32 Kiviaine	34 Muu	42 Viemäri	46 Autokatos
				47 Kaukolämpö	48 Vesikeskusl...
				49 Ilmakeskusl.	50 Suora sähköl.
				51 Varaava sähkö	52 Uunilämmitys
				53 Lämpöpumppu	54 Aurinkolämpö
				55 Leivinuuni	56 Kiuas, puu
				57 Kiuas, sähkö	58 Uusiutuva
				59 Uusiutumaton	

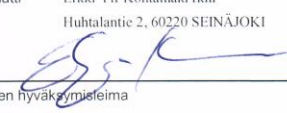
#### RAKENNUSSUUNNITELMASSA TOTEUTETUT VOLYYMITIEDOT

ASUINRAKENNUS	Vanhaa	Uutta	Yhteensä
60 Henkilömäärä	asukasta	asukasta	asukasta
61 1. huoneisto h+k/kk	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
62 2. huoneisto h+k/kk	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
63 Lämpökeskus/kW	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
64 Muut huoneistoalaan kuulumattomat tilat	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
65 Huoneistoala RT 120.22 mukaan yhteensä	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
66 Kerrosala	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
67 Rakennustilavuus	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

MUUT RAKENNUKSET	Määrä	Yks	Vanhaa	Uutta	Yhteensä
Rakennus			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
68			m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
69 Polttoaineen syöttöhuone	71	hsm <sup>2</sup>		85,0	85,0
71 Lämmityshuone	22	hsm <sup>2</sup>		28,0	28,0
72					
73					
74					
75					
76					
77 Korjaushalli	168	m <sup>2</sup>		178,0	178,0
78					
79 Hyötyala ja rak.tilavuus yht. hsm <sup>2</sup> , hsm <sup>3</sup>				291,0	291,0

#### KUSTANNUSTEN PÄÄJAOTTELU, mk ja € \*)

#### SUUNNITTELIJAT

80 0 Rakennuttajan kustannukset	71349 mk	12 000,00€	<b>Päsuunnittelija</b>	ProAgria Rakennussuunnittelu, Etelä- ja Keski-Pohjanmaa
81 1A Tontin maa- ja pohjarakenne	713 mk	120,00€	<b>Nimi ja ammatti</b>	Erkki Yli-Kohtamäki rkm
1B Rakennuksen maa- ja pohjarakenteet	45164 mk	7 596,00€	<b>Osoite</b>	ProAgria Etelä-Pohjanmaa, Huhtalantie 2, 60220 SEINÄJOKI
82 2 + 27 Perustukset ja alapohjarakenteet	141039 mk	23 721,00€	<b>Kustannusarvion laatija</b>	
83 3 Runko- ja vesikattorak. sekä vesikate	315046 mk	52 987,00€	<b>Paikka ja pvm.</b>	Seinäjoki 15.08.2007
84 4 Runkoa täydentävät rakenteet	86094 mk	14 480,00€	<b>Nimi ja ammatti</b>	Erkki Yli-Kohtamäki rkm
85 5 Sisäpuoliset rakenteet	mk		<b>Osoite</b>	Huhtalantie 2, 60220 SEINÄJOKI
86 6 Kalusteet, varusteet, laitteet	2973 mk	500,00€		
87 7 Lämpö, vesi, ilmastointi ja sähkö	56,600€ ilm. Alu 413228 mk	69 500,00€	<b>Allekirjoitus</b>	 60413KA1
88 8 ,9 Työmaan käyttö- ja yhteiskust.	30299 mk	5 096,00€	<b>TE-keskuksen hyväksymisleima</b>	
89 0...9 Rakennuskustannukset yhteensä	1105906 mk	186 000,00€		
90 Toimintainvestoinnit	mk			
91 Kustannukset yhteensä	1105906 mk	186 000,00€		
92 OHJEKUSTANNUS	1€ =	5,945730 mk		
93 Rakennuskustannusindeksi (pientalo/tuotantorakenne)				

\*) X Kustannukset esitetty arvonlisäverottomin hinnoin

<b>RAKENTAMISOSA JA SEN LYHYT SELOSTUS</b> Rak.osat pääryhm. 1...7 alaotsikoidaan ja numeroidaan MRO E2 rakennusosahinnaston mukaan Materiaalit ja mitat luettelomaisesti	Yks	Määrä Elem.toimitus, Peruskorjaus	Määrä Uudisrakennus	€/yksikkö	Elem.toimitus, Peruskorjaus Yhteensä Euroa	Uudisrakennus Laajennus Yhteensä Euroa
<b>0 RAKENNUKSEN KUSTANNUKSET</b>						
02 Hankkeen rahoituskulut	erä					3 000,00 €
03 Suunnittelu ja neuvonta	erä					6 000,00 €
05 Rakennuttaminen ja valvonta (mm. työnjohto ja rak.lupa)	erä					3 000,00 €
0 Yhteensä						<b>12 000,00 €</b>
<b>1A TONTIN MAA- JA POHJARAKENNUS</b> (Raivaus, maankaivu, tontin salaojat, pintarakenteet yms.)						
Rakennuspaikan raivaus	m2		400,0	0,30 €		120,00 €
1A Yhteensä						<b>120,00 €</b>
<b>1B RAKENNUKSEN MAA- JA POHJARAKENTEET</b> (Maan kaivu, louhinta, salaojat, sora täyttö, yms)						
Perustusten ja rakennuksen sisäpuolinen kaivu	m2		320,0	1,80 €		576,00 €
Rakennusten salaoja 80mm	jm		120,0	7,00 €		840,00 €
Salaojakaivo 300	kpl		4,0	160,00 €		640,00 €
Rakennusten pohjan soratäyttö	m2		320,0	12,00 €		3 840,00 €
Perustusten täyttö ja routaeristys	jm		100,0	17,00 €		1 700,00 €
1B yhteensä						<b>7 596,00 €</b>
1A ja 1B yhteensä						<b>7 716,00 €</b>
<b>2 PERUSTUKSET JA ALAPOHJARAKENTEET</b> (Anturat, perusmuurit ja pilarit, kantavat alapohjat, maanvaraiset alapohjat yms.)						
Anturalaatta teräsbetonia	jm		120,0	35,00 €		4 200,00 €
Hakesiilon perustus betonia "lantavarastolementti" tai valuharkosta	m2		36,0	65,00 €		2 340,00 €
Sokkeli valuharkosta	m2		26,0	42,00 €		1 092,00 €
Väliseinän sokkeli, harkko UH-100mm	m2		10,0	35,00 €		350,00 €
Perusmuuri kevytsoraharkosta RUH-200mm	m2		50,0	52,00 €		2 600,00 €
Perusmuuri kevytsoraharkosta RUH-340mm, perusmuurilevy	m2		20,0	78,00 €		1 560,00 €
Hakesiilon ja katoksen lattia betoni 120mm, teräsket 8mm #150	m2		115,0	27,00 €		3 105,00 €
Lämmitysh. lattia teräsbet. 100mm, polystyreeni 100mm	m2		22,0	38,00 €		836,00 €
Korjaushallin lattia teräsbet. 120mm, polystyreeni 50-100mm	m2		168,0	41,00 €		6 888,00 €
Kynnyslaatat teräsbetonia	m2		30,0	25,00 €		750,00 €
2 Yhteensä						<b>23 721,00 €</b>
<b>27 ERITYISRAKENTEET (Lantakourut, lantavarast. yms.)</b>						
27 Yhteensä						
2 ja 27 yhteensä						<b>23 721,00 €</b>

<b>RAKENTAMISOSA JA SEN LYHYT SELOSTUS</b> Rak.osat pääryhm. 1...7 alaotsikoidaan ja numeroidaan MRO E2 rakennusosahinnaston mukaan Materiaalit ja mitat luettelomaisesti	Yks	Määrä Elem.toimitus, Peruskorjaus	Määrä Uudisrakennus	€/yksikkö	Elem.toimitus, Peruskorjaus Yhteensä Euroa	Uudisrakennus Laajennus Yhteensä Euroa
<b>3 RUNKO JA VESIKATTORAKENTEET SEKÄ VESIKATE</b>						
(Kantavat ulko- ja väliseinät, väli- ja yläpohjat, portaat ulkotasot ja parvekkeet, ullakko- ja vesikattorakenteet)						
Lautaverhottu puurunkoinen ulkos. Runko ja eristevilla 125mm sisäp. höyrynsulku ja kipsilevy,						
ulkop. tuulensuoja, naulauslauta ja ilmaväli, ulkopaneeli >21	m2		180,0	74,00 €		13 320,00 €
Eristetty puuseinä, sisäverhouksena kevytsoraharkko	m2		15,0	98,00 €		1 470,00 €
Eristämätön seinä, puurunko, lautaverhous	m2		90,0	52,00 €		4 680,00 €
Hakevar. seinäarak. puurunko, vaneri 25mm ja yläosa 9mm	m2		150,0	68,00 €		10 200,00 €
Seinä, kevytsoraharkko RUH-200	m2		12,0	46,00 €		552,00 €
Seinä, kevytsoraharkko RUH-200, puurunko ja eristysvilla 125	m2		25,0	55,00 €		1 375,00 €
Väliseinät puurunko 50x100, eristysvilla 100, levyverhous	m2		60,0	29,00 €		1 740,00 €
Teräsbetonikatto, eristysvilla 300mm	m2		22,0	75,00 €		1 650,00 €
Ristikkokattotuolit k 1200	m2		320,0	16,00 €		5 120,00 €
Eristysvilla 200mm, muovi, harvalaudoitus, kipsilevy 13mm	m2		170,0	34,00 €		5 780,00 €
Aluskate, ruodelaud. pural-pinnoitettu tai maalattu peltikate	m2		290,0	22,00 €		6 380,00 €
Räystäslaudoitus	jm		90,0	8,00 €		720,00 €
3+51 vesikate yhteensä						<b>52 987,00 €</b>
<b>4 RUNKOA TÄYDENTÄVÄT RAKENTEET</b>						
(Ikkunat, ovet, kevyet väliseinät, tulisijat ja savupiiput)						
3-kertaiset ikkunat, listakiinnitys karmiin	m2		15,0	180,00 €		2 700,00 €
Palo-ovi	kpl		1,0	240,00 €		240,00 €
Ulko-ovet teräsrunko, lämpöer. sisäp. vaneri, ulkop. paneeli	kpl		2,0	320,00 €		640,00 €
Pari-ovet teräsrunko, lämpöer. sisäp. vaneri, ulkop. paneeli	kpl		1,0	800,00 €		800,00 €
Pari-ovet teräsrunko, ulkop. paneeli	kpl		1,0	1 200,00 €		1 200,00 €
Nosto-ovet	kpl		2,0	2 200,00 €		4 400,00 €
Räystäskourut, palotikkaat	erä		1,0	2 000,00 €		2 000,00 €
Savuhormi teräsrakenteinen	jm		10,0	250,00 €		2 500,00 €
4 Yhteensä						<b>14 480,00 €</b>
<b>5 SISÄPUOLISET PINTARAKENTEET</b>						
(Seinän, katon ja lattian pintarakenteet)						
5 Yhteensä						

<b>RAKENTAMISOSA JA SEN LYHYT SELOSTUS</b> Rak.osat pääryhm. 1...7 alaotsikoidaan ja numeroidaan MRO E2 rakennusosahinnaston mukaan Materiaalit ja mitat luettelonomaisesti	Yks	Määrä Elem.toimitus, Peruskorjaus	Määrä Uudisrakennus.	€/yksikkö	Elem.toimitus, Peruskorjaus Yhteensä Euroa	Uudisrakennus Laajennus Yhteensä Euroa
<b>6 KALUSTEET, VARUSTEET, LAITTEET</b>						
Lämmitysh. sisäpuoliset portaat ja kulkusilta terästä.	erä		1,0	500,00 €		500,00 €
6 Yhteensä						500,00 €
<b>7 LÄMPÖ, VESI, ILMASTOINTI JA SÄHKÖ</b>						
(Lämmönkehitys ja -jakelu, vesihuolto, viemäröinti, ilmanvaihto, sähköistys)						
Lämmityslaitteet kiinteälle polttoaineelle, hakkeen syöttö- laitteet, tuhkanpoistoruuvi ym.	erä					58 000,00 €
Lämpökanaalit eläinrakennuksiin	jm		40,0	100,00 €		4 000,00 €
Vestiasennukset	erä					1 000,00 €
Sisä- ja ulkopuoliset viemäriasennukset	erä					1 500,00 €
Sähköasennukset erillisen sähköistysuunnitelman mukaan	erä					5 000,00 €
7 Yhteensä						69 500,00 €
<b>8 - 9 TYÖMAAN KÄYTTÖ JA YHTEISKUSTANNUKSET</b>	erä					5 096,00 €
<b>0 - 9 RAKENNUSKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>						186 000,00 €
<b>TOIMINTAINVESTOINNIT</b>						
(Kotieläinrakennuksen laitteistot, kuivurikoneistot, ruokinta-automaatit, mekaaniset lannanpoistolaitteet yms.)						
Toimintainvestoinnit yhteensä						186 000,00 €
<b>RAKENNUS- JA TOIMINTAINVESTOINNIT YHTEENSÄ</b>						186 000,00 €
Ei lainoitettavien tilojen ja laitteiden rakennuskustannukset yhteensä					Korjaushalli ja katos	50 000,00 €
<b>LAINOITETTAVAT KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>						136 000,00 €
<b>LAINOITETTAVAT ELEMENTTITOIMITUS-, PERUSKORJAUS- JA UUDISRAKENNUS- JA LAAJENNUSKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>					808619 mk	136 000,00 €
<b>LYHYT SELOSTUS PERUSKORJAUS- JA YMPÄRISTÖPARANTAMISTOISTÄ</b>						
Tämä kustannusarvio on laadittu rakennusinvestoinnin rahoitushakemusta varten ja sen hinta-arviot perustuvat maa- ja metsätalousministeriön ohjeeseen RMO-E2.2 "rakennusosien ohjeellisia yksikkökustannuksia". Hankkeen todelliset kustannukset voivat olla korkeammat, mistä kustannusarvion laatija ei ole vastuussa.						
am <sup>2</sup> = asuinala; rm <sup>2</sup> = rakennusala (kerrosala); brm <sup>2</sup> = bruttoala; hym <sup>2</sup> = hyötyala; rm <sup>3</sup> = rakennustilavuus						