

Alexi Tuominiemi

**Lämpöpumppu sikalan lietteen jäädytyksessä ja lämpö-  
energian lähteenä**

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Ilmajoen yksikkö

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotalous

Tekijä: Aleksi Tuominiemi

Työn nimi: Lämpöpumppu sikalan lietteen jäähdytyksessä ja lämpöenergian lähteenä

Ohjaaja: Jussi Esala

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: 3

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää teorian kautta sikalan lietekuiluihin asennettavan lämmönkeruujärjestelmän hajua pienentävä vaikutus ja samalla selvittää lietteen jäähdytyksen kautta saatava lämpötehon määrä sekä hyötykäytön mahdollisuudet. Työssä selvitettiin myös laajennuksen jälkeinen lämmitystehon tarve koko sikalan osalta ja mitoitettiin lietekuiluista lämpöä talteenottavan järjestelmän toiminta keskuslämmityskattilan rinnalla.

Jäähdytyksen yhteydessä talteenotettava lämpöenergian määrä on merkittävä, mutta ei kuitenkaan riitä yksinään kattamaan sikalan lämmitystarvetta. Lietekuilulämmön hyväksikäyttö on edullista tuotantosuunnassa, jossa voidaan kyseinen lämpö kohdentaa matalalämpölämmittämiseen.

Kohdetilalla lietekuiluista saatava lisälämpö riittää turvaamaan laajennuksen jälkeisen lämmitysenergiatarpeen, joka mahdollistaa nykyisen lämmitysjärjestelmän säilymisen ennallaan ja on näin ollen pakollisena järjestelmänä edullinen ja perusteltu lisälämmönlähde.

Opinnäytetyössä esitettyjen tarjousten tarkempi sisältö ja tarjousten laatija jätetään tarkoituksella julkistamatta.

Avainsanat: Lämpöpumppu, hajupitoisuus, lämpöteho, jäähdytys.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: Ilmajoki School of Agriculture and Forestry

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Farm Management and Production Economics

Author/s: Aleksi Tuominiemi

Title of thesis: Heat pump system for cooling slurry to prevent odour and for heating the piggery

Supervisor(s): Jussi Esala

Year: 2013

Number of pages: 35

Number of appendices: 2

---

The main point of this thesis was to find out in theory, how much slurry cooling system can provide thermal energy and what are the positive consequences for indoor air and odour emissions, which are caused by lower slurry temperature. Also in this thesis, it was calculated how much heating power pig house needs after enlargement and dimensioned size of the slurry cooling system function alongside the central heating system.

The energy, which is produced by slurry cooling system, is significant but it is not enough to fully cover the need of the pig house heating. Slurry cooling energy is the most economic to use in those production sectors where low temperature- and floor heating are used.

Keywords: Heat pump, odour emissions, thermal power, cooling.

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Tausta.....	7
1.2 Tavoite .....	8
2 TOIMINNASTA AIHEUTUVA HAJUHAITTA .....	9
2.1 Hajuhaitan määrittäminen .....	9
2.2 Hajun muodostumiseen vaikuttavat tekijät .....	10
2.3 Lämpötilan vaikutus .....	10
3 MAALÄMMÖN TEKNIikka .....	12
3.1 Maalämmön toimintaperiaate.....	12
3.2 Lämpökerroin .....	14
3.2.1 Perinteisen maalämmön keruuvaihtoehdot.....	15
3.3 Mitoittaminen ja tuotetun energian kohdentaminen.....	16
4 CASE- TUOMINIEMI.....	17
4.1 Maalämmön soveltaminen sikalaolosuhteissa .....	17
4.1.1 Lämmönkulutus ja -tarve.....	17
4.2 Lietekuilujäähdytys.....	19
4.3 Lannan lämpöpotentiaali.....	21
4.4 Tilan nykyinen lämpöenergian tarve ja järjestelmä.....	23
4.5 Järjestelmien yhdistelmä.....	24
4.6 Maalämmön lämpöenergiayksikön hinta .....	26
5 MAALÄMPÖINVESTOINTI .....	27
5.1 Tarjoukset .....	27
5.2 Valinta.....	27
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	29
LÄHTEET.....	30

LIITTEET.....	32
---------------	----

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1 Lämpötilan vaikutus lannan hajunmuodostukseen (Puumala, M. Grönroos, J 2004).....	11
Kuva 2 Kuvan kohta 1 kuvaa maalämmön keruupiirin kiertoa. Kohta 2 on höyrystin. Kohta 3 on kompressori. Kohta 4 on lauhdutin ja kohta 5 on paisuntaventtiili. Lämpöpun toiminta (Suuri lämpöpumppukirja, 16) .....	13
Kuva 3 Tulistimella varusteltu lämpöpumppu (Kustannussäästöjä lämpöpumpulla, 3).....	14
Kuva 4 Lietekuilun pohjalla oleva lämmönkeruuputkisto. (Pellon lämpöpumppu [Viitattu 15.5.2013]).....	20
Kuva 5 Laajennuksen uusi joutilasosasto <b>1</b> . Porsitusosasto <b>2</b> . Välikastvattamo <b>3</b> . Vanhan sikalan remontoitu tiineytysosasto <b>4</b> . (Rintasalo 2013).....	21
Kuva 6 Tilakeskuksen asemakaava (Rintasalo 2013), jossa on piirrettynä keskuslämmityskattilalta lähtevät lämpökanaalit. Vihreä linja kuvaa asuinrakennusten lämpökanaalia, ruskea kuvaa nykyistä tuotantorakennuksen lämpökanaalia ja sininen kuvaa uutta rakennettavaa lämpökanaalia.....	25
Taulukko 1. Tuotantoeläinten lämmön- ja kosteuden tuotanto, suositellut huoneilman talviaikaiset arvot sekä ilmanvaihdon maksimi ja minimi tarpeet. (Rakentamismääräykset ja ohjeet, 3 [Viitattu 13.5.2013]).....	18
Taulukko 2. Eläinsuojan ohjeellinen lisälämmön tarve (Rakentamismääräykset ja ohjeet, 5 [Viitattu 13.5.2013]).....	19
Taulukko 3 Lämpötehopotentiaaleja lannan alkulämpötilan, massan ja lannan loppulämpötilan eri arvoilla .....	22

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Sikatalous elää suuren muutoksen aikaa tällä hetkellä. Monet tilat joutuvat lopettamaan tuotannon kannattavuusongelmien vuoksi. Vuonna 2012 tuotannosta luopui ennätysmäärä tuottajia. Tuotantoa jatkavien tilojen oli toteutettava eläinten hyvinvointisäädösten mukaiset muutokset, koskien muun muassa pitopaikkojen tila-vaatimuksia vuoden 2012 loppuun mennessä.

Tuottajien määrän merkittävä aleneminen asettaa tuotantoa jatkaville yrityksille paineen suomalaisen sianlihan saatavuudesta tulevaisuudessa. Sikatalouden taloudellisesta ahdingosta huolimatta tuottava ja taloudellisesti kannattava toiminta on mahdollista saavuttaa, mutta se asettaa yrittäjän yhä suuremman haasteen eteen.

Tuominiemen tilalla on suoritettu osittainen SPV kauppa vuoden 2013 alussa. Tilan toimintaa jatketaan nykyisin maatalousyhtymänä, jossa on neljä osakasta. Tilan nykyinen toiminta on mitoitettu kahden työntekijän työpanokselle. Yhtymässä on siis työvoimaresurssia hyödyntämättä kahden työntekijän työpanoksen verran. Nykyinen tuotanto ei riitä turvaamaan työpaikkaa jatkossa neljälle osakkaalle, mikäli toimintaa ei kehitetä.

Tilan nykyinen tuotantorakennus on rakennettu vuonna 1996, missä on 115 emakopaikkaa. Kokoluokaltaan se on vielä keskikokoinen, mutta on jäämässä niin eläinmäärällisesti kuin teknisestikin kehityksessä jälkeen. Tuotanto-olosuhteet eivät vastaa tarpeita, ja uusien hyvinvointisäädösten vuoksi sikalassa joudutaan tekemään taloudellisesti kannattamatonta remontointia karsinarakenteiden ja ritilämateriaalin vuoksi. Tämä kaikki yhdessä vaikutti siihen, että yhtymässä alettiin suunnitella uutta tuotantorakennusta ja tuotannon merkittävää laajentamista.

Tämän opinnäytetyön aihe lähti kehittymään konkreettisen tarpeen kautta. Uutta tuotantorakennusta suunniteltaessa yhtenä ongelmana oli kasvavan lämpöenergian tarpeen täyttäminen. Nykyinen tuotantorakennuksen lämpöenergian tuotannossa käytetään turvelämmitysjärjestelmää. Järjestelmän teho on 150 kW, joka on

mitoitettu kattamaan kaksi tuotantorakennusta (joista nykyinen välikasvattamo jäisi pois laajennuksen valmistuessa), kaksi omakotitaloa ja traktoritallin. Yksi selkeä ratkaisu olisi tietysti suurentaa turvejärjestelmää riittävästi, mutta se jättäisi kuitenkin tarpeen vaihtoehtoiselle energianlähteelle, joka olisi syytä olla tämän kokoluokan eläinsuojassa.

Eri vaihtoehtoja pohdittaessa maalämpöteknologia herätti suurta kiinnostusta. Maalämmön hyväksikäyttö sikatilalla on todennäköisesti edullista, sillä sikalassa käytetään paljon lattialämmitystä, jossa maalämmön hyötysuhde on korkea. Nykyinen turvelämmitysjärjestelmä säilytetään ennallaan ja tarvittava lisälämpö haetaan lietekuilujen pohjasta maalämpöteknologialla. Yrittäjiltä kuultujen kokemusten perusteella lietekuiluista olisi mahdollista saada merkittäviä määriä lämpöenergiaa talteen ja kyseisen tekniikan ansiosta ilman laadunkin pitäisi huomattavasti parantua.

Uuden tuotantorakennuksen tullessa lainvoimaiseksi 04.01.2013 Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirasto (Vuorela 2012, 10) asetti vaatimuksen ympäristöluvas- sa, että ”rakennettavan sikalarakennuksen laajennusosan lietekuiluihin tulee asentaa lämpöä keräävä jäähdytysputkisto, jolla lietekuiluissa oleva liete pidetään mahdollisimman viileänä”. Aluehallintovirasto perusteli päätöstään siten, että uusi tuotantorakennus ei saisi merkittävästi lisätä lähinaapureihin kohdistuvaa ajoittais- ta hajuhaittaa. Tämä linjaus siis sinetöi maalämpöteknologian käytön uudessa tuo- tantorakennuksessa.

## **1.2 Tavoite**

Tämän opinnäytetyön tavoite on selvittää Tuominiemen tilan sikalalaajennuksen lisäenergian lähteen, lietekuiluista lämpöenergiaa talteen ottavan järjestelmän mi- toitus sekä teoreettisella tasolla selvittää mahdollisia hyötytekijöitä, joita syntyy kuiluissa olevan lietteen lämpötilan alenemisen kautta. Pohdinnan alla on myös kustannusten muodostuminen investointivaiheessa ja mikä on kyseisen järjestelyn keskimääräinen lämpöyksikön hinta verrattuna nykyiseen turvelämmitykseen.

## 2 TOIMINNASTA AIHEUTUVA HAJUHAITTA

Ihmisten suvaitsevaisuus kotiympäristössään esiintyvään hajuun, on laskenut viimevuosien aikana. Hajun mittauksessa käytettävä teknologia kehittyy ja luo uusia mahdollisuuksia ohjeistaa ja seurata eri lähteiden hajupäästöjä ja hajukuormaa. Suomen nykyisen lainsäädännön mukaan on ensisijaisesti ehkäistävä hajupäästön haittavaikutusta. Laki kieltää hajun esiintymisen vain silloin, jos hajut aiheuttavat viihtyisyys- tai terveyshaittaa. Edellytyksenä on kuitenkin kokonaisvaltainen kuva hajun esiintymistiheyden ja haittavaikutusten välisestä suhteesta. Asukkaiden kokemus hajuhaitta muodostuu monimutkaisten syy-seurausyhteyksien kautta, joihin vaikuttavat fysikaaliset ja henkilökohtaiset tekijät. (Arnold. 2006, 13)

### 2.1 Hajuhaitan määrittäminen

Hajuhaittaa voidaan kuvata prosenttiosuutena niistä lähialueen asukkaista, jotka kokevat toiminnasta aiheutuvan hajun selkeänä ympäristön viihtyisyyshaittana. Hajuhaitan muodostumiseen liittyy hajun voimakkuus eli hajupitoisuus, joka ilmaisee montako kertaa ilmaa on laimennettava jotta se olisi hajutonta. Hajupitoisuus voidaan ilmaista hajuyksikköinä kuutiometriä kohden ( $\text{hy}/\text{m}^3$ ). Hajuhaitan määrittämisessä käytetään myös termiä hajukuorma, joka kuvaa hajun esiintymistiheyttä. Hajukuorma lasketaan hajun esiintymistiheytenä prosentteina kokonaisajasta. (Arnold 2006, 9)

Hajuhaitan objektiivinen mittaaminen ja viihtyisyyshaitan määrittäminen on monin paikoin haasteellista. (Arnold 2002, 48) Hajupitoisuutta mitataan pääosin aistinvaraisesti ja viihtyvyyshaittaa mitataan eläinsuojan lähialueella elävien ihmisten kokemusten perusteella. Ihmiset suhtautuvat erilaisiin hajuihin eri tavoin. Toisia ihmisiä ei pieni ajoittainen haju haittaa millään muotoa, mutta joku toinen saattaa taas kokea pienenkin hajun tuulahduksen selkeänä viihtyisyyden alentumana. Monesti myös naapuruston henkilösuhteet vaikuttavat siihen, miten ajoittaiseen hajuun suhtaudutaan.

Viihtyisyyshaitan niin sanottu no-effect tasona (taustataso) pidetään 10 % asukasosuutta, joka kokee hajuhaitan häiritseväksi. Merkittävän viihtyisyyshaitan rajana pidetään 25 - 50 % asukasosuutta. (Arnold. 2006, 13)

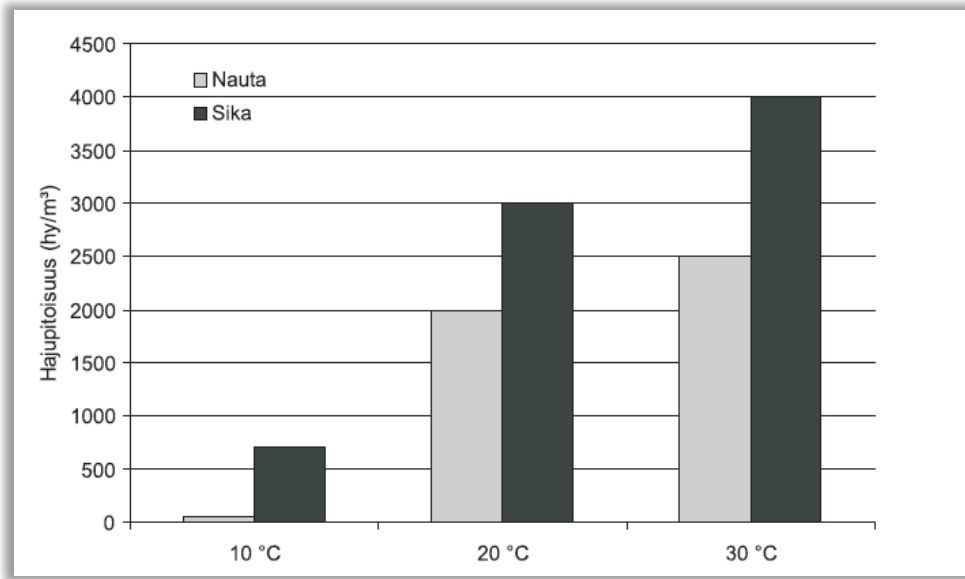
## **2.2 Hajun muodostumiseen vaikuttavat tekijät**

Valtaosa kotieläintilojen hajupäästöistä on peräisin eläinten lannasta. Hajuyhdisteet ovat eri kosteus- ja lämpötilaolosuhteissa tapahtuvien anaerobisten prosessien hajoamistuotteita. Näitä hajuyhdisteitä muodostuu jo eläinten suolistossa ja prosessi jatkuu olosuhteista riippuen lannan varastoinnin aikana. Yhdisteitä haihtuu ilmaan lannan keräyksen, käsittelyn ja varastoinnin yhteydessä. Hajuja muodostuu myös jätteiden käsittelystä tai hajuyhdisteet ovat sitoutuneet eläintuotannon pölypartikkeleihin, jotka ovat peräisin rehusta, kuivuneesta lannasta ja jätteistä. (Arnold 2002, 9)

## **2.3 Lämpötilan vaikutus**

Lietteen lämpötilalla on merkittävä vaikutus ammoniakkikaasujen muodostumiseen sikalassa. Eläinsuojan lannanlämpötilaa laskemalla voidaan tehokkaasti vähentää lannan hajuyhdisteiden muodostumista ja niiden haihtumista ilmaan. Puumala (2004) on havainnollistanut kuvaajan muodossa lämpötilan vaikutusta sian ja nautan lannan hajunmuodostukseen. Sian lannassa 20 °C lämpötilan alenema laski hajupitoisuuden 4000 hajuyksiköstä noin 700 hajuyksikköön. (Kuva 1)

Lietekuilun jäädyttämisen kautta eläinsuojan hajupitoisuus on alentunut noin 30 %. Jäädytys voidaan suorittaa jäädytyskellukkeilla, jotka ovat lietepinnan päällä tai lietekuilun pohjavaluun asennettavilla vesiputkilla (Puumala 2004, 57). Lietekuiluista viilennyksen yhteydessä kerättävä lämpöenergia on oiva lisälämmönlähde.



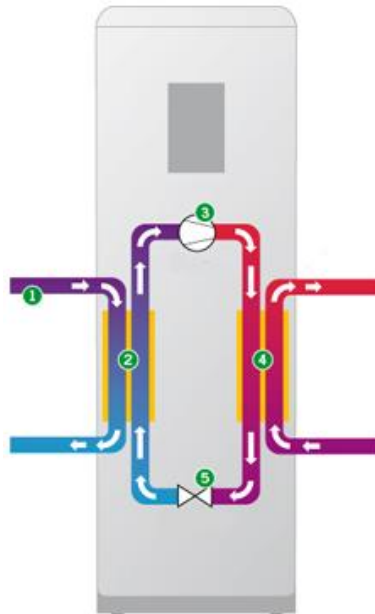
Kuva 1 Lämpötilan vaikutus lannan hajunmuodostukseen (Puumala, M. Grönroos, J 2004)

### **3 MAALÄMMÖN TEKNIikka**

Lämmitysöljyn ja sähkön hinnan nousun myötä vaihtoehtoiset lämmitysmuodot ovat nostaneet päätään. Maalämpö on herättänyt mielenkiintoa varsinkin omakotitalorakentamisen parissa. (Michaelsen 2006, 24). Maalämpö on erittäin vaivaton, helppo ja käyttökustannuksiltaan edullinen, vaikkakin investointikustannus on vielä kohtalaisen korkea. Maalämmön edullisuus perustuu siihen, että se hyödyntää pääasiassa maahan varastoitunutta auringon säteily- ja maaperän geotermistä lämpöenergiaa. Maan lämpö ei sinänsä maksa yhtään mitään, vain järjestelmässä olevat sähköpumput ja kompressorit vievät sähköä, josta lämmityksen energiakustannus muodostuu. Lämpökertoimen suuruus vaikuttaa siihen, miten edulliseksi maalämpö käyttökustannuksiltaan muodostuu.

#### **3.1 Maalämmön toimintaperiaate**

Maalämmön toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Järjestelmässä on kolme erillistä kiertoa (Kuva 2). Ensin on lämmönkeruupiiri, joka kerää lämpöä porakaivosta, maapiiriltä, vesistöistä tai tuotantorakennuksen lantakourusta. Seuraavaksi on itse lämpöpumppu, jossa on suljettu kylmäainekierto. Lämpöpumpussa kiertävä kylmäaine muuttaa olomuotoaan kaasusta nesteeksi ja päinvastoin. Kolmas kierto on lämmönjakokierto, joka vie tuotetun lämmön lämmitettävän rakennuksen lämmitysjärjestelmään.

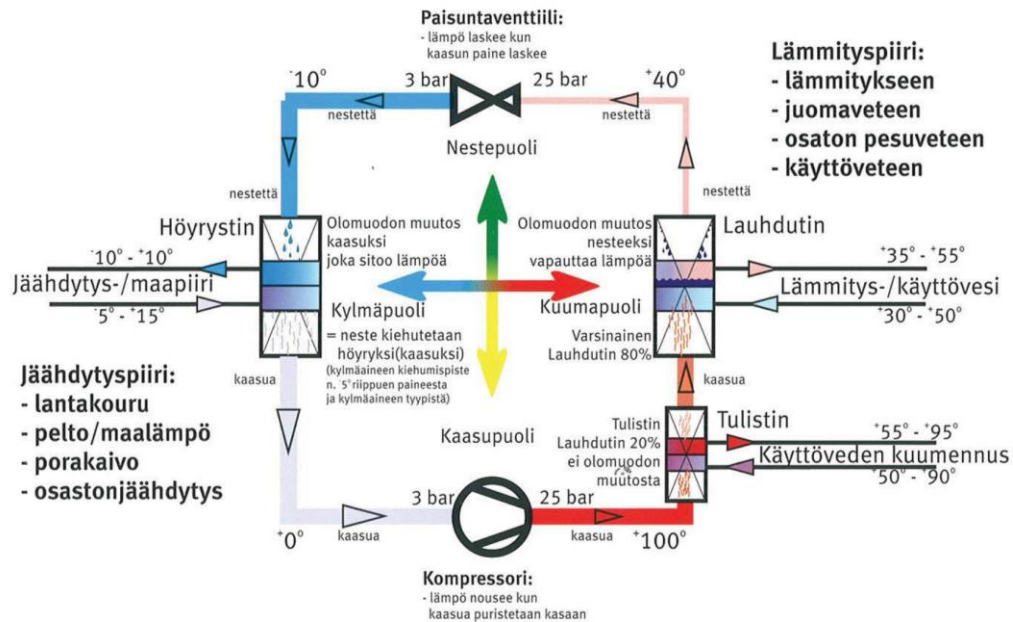


Kuva 2 Maalämpöpumpun toiminnan periaatekuva. Kuvassa on eriteltyä maalämpöpiiri (1), Höyrystin (2), Kompressori (3), Lauhdutin (4) ja paisuntaventtiili (5). (Suuri lämpöpumppukirja, 16)

Lämmönkeruuneste kiertää keruuputkistossa ja siirtää keruupiirin ympäriltä lämpöenergiaa höyrystimelle (1). Höyrystimessä lämmönkeruuneste kohtaa maalämpöpumpun jääkylmän kylmänestepiirin, jolloin kylmäaine lämpenee muutamia asteita ja höyrystyy (2). Kompressori puristaa kaasuuntuneen kylmäaineen korkeaan paineeseen jolloin lämpötila nousee jopa 100 °C (3). Kuumentunut kylmäaine johdetaan lämmönvaihtimelle, jossa kylmäaine luovuttaa lämpöenergiaa ohivirtaavalle lämmityspiirin vedelle ja muuttuu olomuodoltaan takaisin nesteeksi (4). Kylmäaineen kierto jatkuu vielä paisuntaventtiiliin, jossa sen paine laskee, jolloin myös lämpötila laskee (5). Prosessi alkaa uudestaan, kun kylmä kylmäaine kohtaa keruupiirin lämpimän lämmönkeruunesteen. (Suuri lämpöpumppukirja, 16). Järjestelmästä riippuen käyttöveden lämmittäminen tapahtuu joko varaajassa olevalla sähkövastuksella tai maalämpöpumpussa olevalla tulistimella. Tulistin käyttää noin 20 % kompressorin puristamasta kuumasta kylmänestekaasusta käyttöveden kuumennukseen (kuva 3).

Maalämpöpumppu soveltuu parhaiten niin sanotun matalan lämmön lämmönlähteeksi, kuten lattialämmitykseen, jossa kiertoveden lämpötilaa ei tarvitse nostaa

korkeaksi. Maalämpöä voidaan hyödyntää myös kesällä rakennuksen jäähdyttämässä. (Lämpökaivo 2009, 10.[Viitattu:05.04.2013])



Kuva 3 Tulistimella varusteltu lämpöpumppu (Kustannussäästöjä lämpöpumpulla, 3)

### 3.2 Lämpökerroin

Lämpökerrointa COP (coefficient Of Performance) käytetään arvioitaessa lämpöpumpun tehokkuutta. COP- arvo kertoo annetun teoreettisen lämmöntuoton suhteen laitteiston käyttöön tarvittavaan sähköenergiaan. COP- arvo  $\varphi = 3,0$  tarkoittaa, että lämmitysteho on kolminkertainen sähköverkosta otettuun tehoon nähden. Esimerkiksi sähköteholtaan 10 kW pumppu tuottaisi 3,0 lämpökertoimella 30 kW lämpöenergiaa. Vuositasolla pumppun tehokkuutta kuvataan SPF- arvolla, joka on kokovuoden keskiarvona laskettu lämpökerroin. COP- arvojen mittaaminen on standardoitu niin, että olosuhteet mittauksessa ovat kaikille laitteille samanlaiset. (Hokka, J. 2012, 18) COP- arvoa nostavia käytännön tekijöitä ovat korkea keruupiirin lämpötila ja lämpöenergian kohdentaminen matalalämpö lämmittämiseen.

### 3.2.1 Perinteisen maalämmön keruuvaihtoehdot

Maahan varastoitunutta auringon säteilyn tuottamaa energiaa voidaan kerätä kolmenlaisilla keruupiireillä. Keruupiiri voi olla joko porakaivossa, jossa lämpö on kuitenkin pääasiassa geotermistä energiaa, pintaputkistona noin 1,0-1,2 metrin syvyydessä tai vesistön pohjassa olevana putkistona (Lindell 2012, 9). Keruupiirissä käytettävän liuoksen on oltava jäätyvätöntä nestettä  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ :een asti. Laimennettu liuos sisältää noin 28 painoprosenttia etanolia ja pieniä määriä metyylietyyliketonia ja metyyli - isobutyylketonia (Hatva 2008, 75).

Yleisin maalämmön keruupiiri on porakaivo. Porakaivojen syvyydet vaihtelevat 100 metristä 200 metriin riippuen lämmitettävästä rakennuksesta ja maaperästä. Mikäli tehoa kaivataan lisää, voidaan porakaivojen lukumäärää kasvattaa. Porakaivojen etuja ovat tasainen lämpötila vuodenajasta riippumatta ja vähäinen tilantarve tontilla. Porakaivo porataan peruskallioon. Peruskallion yläpuolisen maa-aineksen matkalta reikä on putkitettava. Mitä lähempänä porattava kallio on, sen parempi. Kallioon poraaminen on edullisempaa, kuin putkittaminen. (Lindell 2012, 9)

Jos kallioperä on liian syvällä ja porakaivon poraamiselle ei ole taloudellisia perusteita ja tontilla on tilaa, voidaan keruuputkisto asentaa kenttään. Kenttään asennettu keruupiiri kaivetaan noin 1,0 - 1,2 metrin syvyyteen. Putkistoa ei saa asentaa kuitenkaan syvemmälle, sillä vuodenaikojen vaihtelun aiheuttaman maan lämpenemisen pitää ulottua putkiston upotussyvyyteen. Putkiston silmukoiden tulisi olla maan jäätyneen vuoksi vähintään noin 1,5 metrin etäisyydellä toisistaan. Näin ollen keruukenttä voi hyvinkin viedä tilaa jopa  $1000\text{ m}^2$  tai enemmän. Keruukentän etuja ovat porakaivoa selkeästi edullisemmat perustamiskustannukset ja tarvittaessa ainakin osa asennustöistä voidaan tehdä omatoimisesti. Varjopuolena puolestaan on voimakkaampi vuodenaikojen lämpötilojen vaihtelun vaikutus energian saantiin ja sitä kautta pumpun lämpökertoimeen. Talven kovimmilla pakkasilla, kun lämpöä tarvitaan eniten, keruupiiri on viileimmillään ja kesällä päinvastoin. (Lindell 2012, 9-10)

Vesistöön asennettava keruuputkisto on edullisin vaihtoehto perustamiskustannuksiltaan. Keruuputkisto lasketaan järven tai lammen pohjaan painojen avulla. Vain rakennuksen ja vedenrajan väli kaivetaan maahan ja mahdollisesti eristetään.

Vesistöön sijoitettavan keruuputkiston etuna on tasainen lämpötila ympäri vuoden. (Lindell 2012, 10) Ongelmaksi voi muodostua putkiston pysyvyys vesistön pohjassa. Mikäli ankkurointia ei ole hoidettu huolella, voi mahdollinen jäänyt vesikerros putken pinnalla nostattaa putken ylös.

### **3.3 Mitoittaminen ja tuotetun energian kohdentaminen**

Maalämpöjärjestelmä voidaan mitoittaa täysi- tai osateholle. Osatehojärjestelmässä lämpöpumppu kattaa noin 60-85% lämpötehon tarpeesta talven kovimmilla pakkasilla. Täystehopumppu kattaa kaiken lämmityksen ja lämpimän käyttöveden energiatarpeen ilman lisävastuksia. (Huolellinen suunnittelu, 5) Täystehomitoitus voi kuulostaa ensi kuulemalta paremmalta ja tehokkaammalta mitoitustavalta kuin osatehomitoitus. Maalämpöjärjestelmän tärkein ominaisuus on kuitenkin energiataloudellisuus, ja osatehomitoituksella voidaan saavuttaa aivan yhtä hyvä, usein jopa jonkin verran parempikin energiataloudellisuus kuin täystehomitoituksella (Maalämpö [Viitattu 17.4.2013]).

Osatehomitoitettu järjestelmä on hankintakustannuksiltaan edullisempi, ja noin 80 % tehopeitto riittää tuottamaan 99 % vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta (Maalämpö [Viitattu 17.4.2013]). Tuotantorakennuksessa osatehoisen lämpöpumpun osuuden määrittäminen on vaikeampaa. Kovinkaan monessa tuotantorakennuksessa ei ole mittausjärjestelmää, joka antaisi tarkan tiedon järjestelmien osuuksista ja toteutuneesta COP- arvosta.

## 4 CASE- TUOMINIEMI

### 4.1 Maalämmön soveltaminen sikalaolosuhteissa

#### 4.1.1 Lämmönkulutus ja -tarve

Sika luovuttaa lämpöä ympärilleen ihon kautta säteilemällä sekä hengityksen kautta. Osa lämmöstä sitoutuu vesihöyryyn, jota haihtuu niin ihon pinnalta, kuin hengityselimistökin. Sian lämmöntuotanto on aineenvaihdunnassa kehittyvää lämpöä ja sitä erittyy eri tuotantovaiheissa eri määriä, imetysaikana eniten. Taulukossa 1 on kuvattu tuotantoeläinten lämmön ja kosteuden luovutus, ilmanvaihdon maksimi ja minimi määrät sekä suosituslämpötilat.

Tuotantorakennuksen lämmönkulutus riippuu ulko- ja sisälämpötilojen erosta, ilmanvaihtotarpeesta, rakenteiden U-arvosta sekä rakennuksen koosta ja muodosta. Ilmanvaihdon määrä liittyy olennaisesti rakennuksen lämpötasapainoon, jossa eläinten ja lämpöä kehittävien laitteiden lämpöteho tulisi olla yhtä suuri, kuin rakennuksen seinien, katon ja lattian läpi virtaavan ja ilmanvaihdon mukana menevän lämpötehon summan (Rakennusmääräykset ja ohjeet, 4 [Viitattu 13.5.2013]) Myös tuotantorakennuksessa olevien eläinten määrä ja tuotantovaihe vaikuttavat lisälämmitystehon ja ilmanvaihdon tarpeeseen. Osastojen välinen lämpötilojen ero voi olla jopa yli 10 °C. Merkittävin tekijä lisälämmityslaitteen tehon määrittämisessä on kuitenkin sisä- ja ulkolämpötilan ero. Noin 90 % lämmitysenergiasta kuluu kylmän korvausilman lämmittämiseen (Viita 2010, 21).

Taulukko 1. Tuotantoeläinten lämmön- ja kosteuden tuotanto, suositellut huoneilman talvi-aikaiset arvot sekä ilmanvaihdon maksimi ja minimi tarpeet. (Rakentamismääräykset ja ohjeet, 3 [Viitattu 13.5.2013])

Eläin	Paino kg	Eläinten ikä, Kk (vrk)	Suositus- lämpötila °C	Suht. Kost:n max-%	Lämmön- luovutus W/el.	Kosteuden luovutus		Ilmanvaihto m <sup>3</sup> /h	
						g/h	min.	max.	
Lypsylehmä	400..500		12	85	700	400	55	310	
- "-	600		12	85	800	450	65	330	
- "-	700		12	85	850	500	70	360	
Hieho ja ummessa oleva lehmä	500		12	85	600	400	50	240	
Nuorkarja, uudistus	400	18	12	85	500	300	40	200	
- "-	300	9	12	85	400	250	30	150	
- "-	150	5	12	85	250	150	20	100	
Vasikka	75	2	12	85	100	75	10	55	
Lihakarja	600	20	12	80	600	750	110	250	
- "-	500	16	12	80	550	500	80	230	
- "-	300	10	12	80	400	450	55	180	
- "-	200	6	12	80	350	350	50	150	
- "-	100	3	12	80	250	200	30	100	
Emakko + pikkuporsaat,(7kpl)	200+10x7		16(32)	80	550	450	35	250	
Joutilas emakko	200		12	80	350	100	20	150	
Karju	200	12	12	80	350	100	20	150	
Nuoremakko, uudist.	<200	<3	16	80	150	75	20	150	
Pikkuporsas	20	3	20	80	60	60	5	30	
- "-	10	1	22	80	30	40	3	30	
Tuotannossa oleva emakko (Kaikki eläimet samassa tilassa - emakot, pikkuporsaat, karjut)			16	80	480	220	35	260	
Lihotussika, jatkuva tuotanto	30...110	3...7	16	80	110	100	10	70	
Lihotussika, kierroskasvatus	110	5...7	16	80	200	150	15	100	
- "-	90	3...5	16	80	150	120	13	80	
- "-	60	2...3	16	80	100	90	10	60	
- "-	30	1...2	18	80	75	70	7	40	

Maa- ja metsätalousministeriön ohjeistuksen (Rakentamismääräykset ja ohjeet, 5) mukaan Suomi on jaettu neljään eri alueeseen. Siinä on määritelty kotieläinrakennusten suunnittelussa käytettävät ulkoilman mitoitustilapöytä. Taulukossa 2 on kuvattu eläinsuojan lisälämmityksen tarvetta W/m<sup>2</sup>. Taulukon laskennan perusteina ovat kotieläinrakennusten mitoitus-, lämpötila- ja ilmanvaihtosuositukset. Lisälämmitystä tarvitsevan tuotantorakennuksen ulkoseinän maksimi U-arvo Pohjanmaan Ely-keskuksen alueella on 0,04 W/m<sup>2</sup>K.

Laajennuksen jälkeen tuotantorakennuksen kokonaispinta-ala on noin 2855 m<sup>2</sup> joka tarkoittaisi taulukon 2 arvoilla 140 kW lämmitysjärjestelmää.

Taulukko 2. Eläinsuojan ohjeellinen lisälämmön tarve (Rakentamismääräykset ja ohjeet, 5 [Viitattu 13.5.2013])

Alue	Eläin-tilan pinta-ala m <sup>2</sup>	Navetta0.11... 0.13 Ny/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Emak-kosika- la 0.1... 0.2 Em/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Liha-sikalala 0.6... 1.0 S/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Kana- la12... 15 Ka/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Broile- ri kanala n.20 Br/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
I	≤ 300	25	40	50	5	90
	> 300	20	35	45	0	75
II	≤ 300	35	45	60	10	95
	> 300	30	40	55	5	80
III	≤ 300	45	50	70	20	100
	> 300	40	50	60	10	85
IV	≤ 300	60	60	80	30	110
	> 300	55	55	70	20	95

Korj.kerroin	ALUE I	ALUE II	ALUE III	ALUE IV
C <sub>1</sub>	1.0	1.1	1.2	1.3
C <sub>2</sub>	1.0	1.1	1.3	1.6

Kaksikerroksisessa rakennuksessa käytetään kerrointa - 0.75

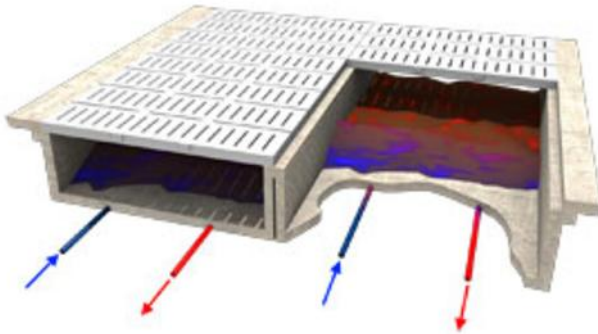
Alueet	TE-keskus
I	1.Uusimaa, 2.Varsinais-Suomi, 3.Satakunta
II	4.Häme, 5.Pirkanmaa, 6. Kymi, 7. Etelä-Savo, 11.Etelä-Pohjanmaa, 12.Pohjanmaa
III	8. Pohjois-Savo, 9. Pohjois-Karjala, 10. Keski-Suomi, 13. Pohjois-Pohjanmaa, 14.Kainuu
IV	15. Lappi

## 4.2 Lietekuilujäähdytys

Maalämpö on emakkosikalan lämmönlähteenä otollinen, sillä sikalassa käytetään paljon lattialämmitystä. Maalämpö on parhaimmillaan silloin, kun käytettävää lämpöä ei tarvitse nostaa normaalin käyttöveden lämpötilaan. Tavalliseen käyttöön tulevaa vettä joudutaan lämmittämään vielä lisäksi sähkövastuksen avulla, joka syö maalämmön hyötysuhdetta ja samalla laskee sen taloudellisuutta.

Uuden sikalarakennuksen jokaiseen osastoon tulee lattialämmitys. Joutilasosastolla emakoille suunniteltu makuualue lämmitetään eläinten viihtyvyyden parantamiseksi ja lämmitys pitää lattian myös kuivana. Porsitusosaston porsituskarsinoissa lämminvesikierto asennetaan porsaiden makuualueelle asennettavaan lämpölevyyn. Vieroitusosastolla jokaisen makuukatoksen alle asennetaan lattialämpö, jotta porsaas hakeutuisivat pesään ja se pysyisi kuivana. Lattialämpö ja makuukatos luovat karsinaan kaksoisilmaston, jossa makuukatoksen alainen lämpötila nousee selkeästi osaston yleislämpötilaa korkeammaksi.

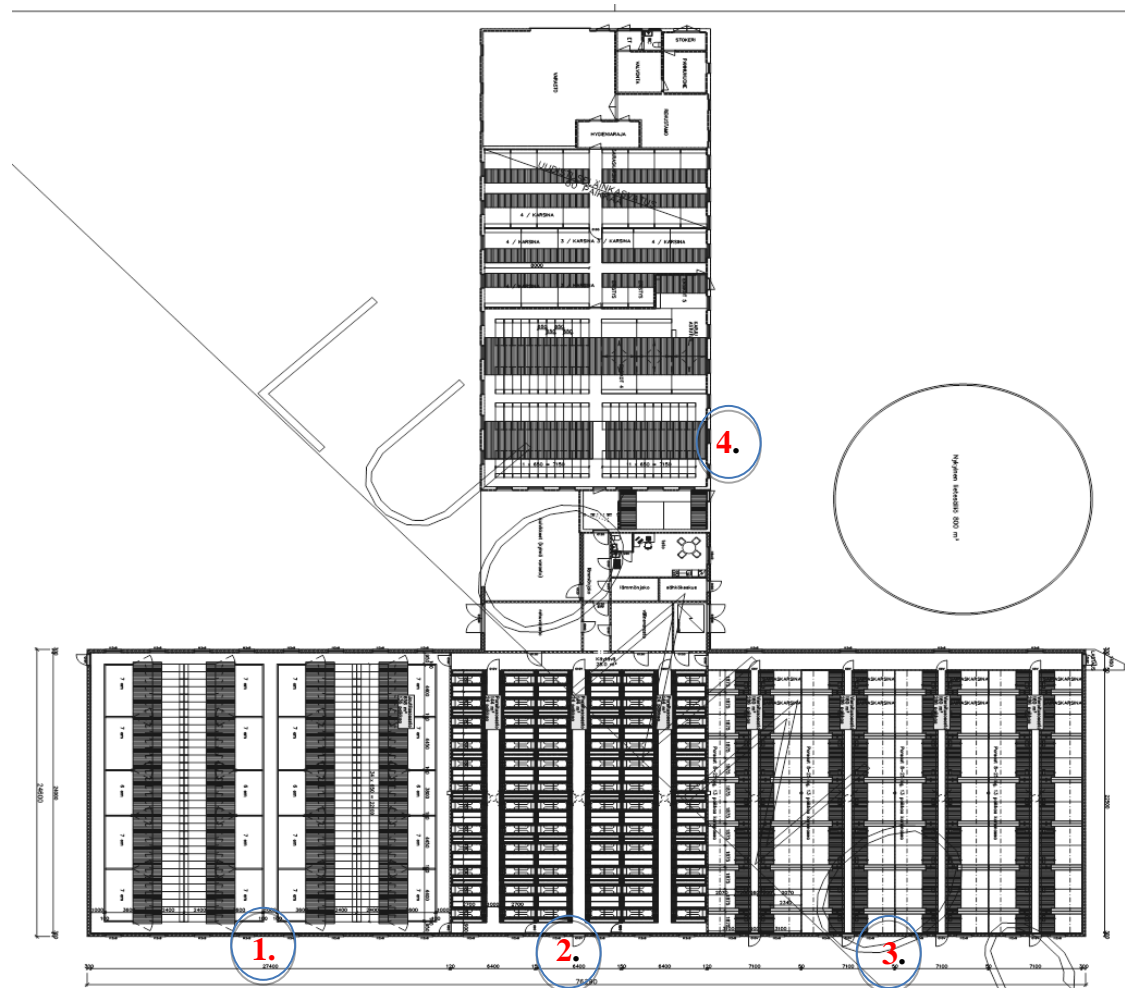
Lämpöä keräävä putkisto asennetaan uuden tuotantorakennuksen rakennusvaiheessa lietekuilujen pohjaan ennen pohjavalujen tekemistä (Kuva 4).



Kuva 4 Lietekuilun pohjalla oleva lämmönkeruuputkisto. (Pellon lämpöpumppu [Viitattu 15.5.2013])

Lämmönkeruupiirejä tulee 18 siten, että yksi lietekuilu muodostaa yhden keruupiirin. Uudessa laajennusosassa on tilat joutilaille emakoille, porsitusosasto ja välikasvattamo. Kuvassa 3 (Rintasalo 2013) on sikalan pohjakuva, jossa näkyy sikalan rakenne ja eri osastojen sijainti. Joutilasosastolla (1) on 129 emakkopaikkaa neljässä rivissä. Kuiluja on neljä ja näin ollen lämmönkeruupiirejä joutilasosastolle tulee neljä, yhteensä 176 metriä. Porsitusosastolle (2) tulee 72 porsituspaikkaa kuuteen riviin, kolmeen eri osastoon. Porsituskarsinan rakenne on kokoritulälattia, jossa koko karsinan ala on lietekuilua. Porsitusosastolla lämmönkeruupiirejä tulee kuusi, yhteensä 264 metriä. Välikasvattamossa (3) on noin 1144 välikasvatuspaikkaa neljässä eri osastossa, kahdeksassa rivissä. Keruupiirejä tulee kahdeksan, yhteensä 352 metriä.

Keruupiirien yhteenlaskettu matka on 792 metriä. Lisäksi vanhaan remontoitavaan sikalan osaan (4) on mahdollista laittaa noin 150 metrin pituinen keruupiiri.



Kuva 5 Laajennuksen uusi joutilasosasto **1.** Porsittusosasto **2.** Välikastvattamo **3.** Vanhan sikalan remontoitu tiineytisosasto **4.** (Rintasalo 2013)

### 4.3 Lannan lämpöpotentiaali

Lietteeseen varastoitunut ja käytettävissä olevan energiamäärän laskemiseen voidaan käyttää lietteen ominaislämpökapasiteettia. Sian lietteen ominaislämpökapasiteettia ei ole määritetty, joten laskennassa voidaan käyttää hyväksi veden ominaislämpökapasiteettia, joka on  $4,19 \text{ kJ}/(\text{kgK})$ . Sianlietteen koostumus on noin 95 % nestettä ja noin 5 % kuiva-ainetta. Laskennassa käytettävä lietteen massa lasketaan tässä työssä ohjearvojen perusteella. Uuden tuotantorakennuksen eläinmäärä on 267 emakkoa.

Laskennallisesti emakko porsainen tuottaa vuositason 7m<sup>3</sup> lietettä (Valtioneuvosto 2013). Näillä arvoilla uuden tuotantorakennuksen kuilujen kautta läpikulkevan lannan määrä ilman pesuvesiä on noin 1870 m<sup>3</sup>/vuodessa. Varovainen oletama on, että kokonaismassa pesuvedet mukaan luettuna on noin 2100 tonnia. Pesuvesien lämpötila on kuumavesipesurilta lähtiessä noin 70 – 80 °C. Osa pesuveden lämmöstä haihtuu melko nopeasti ilmanvaihdon mukana ja osa menee veden mukana lietekuiluun lietteen sekaan.

Lantavirran tehon laskemiseen käytetty laskukaava:

$$P = c * \Delta T * m/t$$

Jossa:

$c$  on ominaislämpökapasiteetti,  $\Delta T$  on lämpötilan muutos ja  $\frac{m}{t}$  on massavirta per sekunti

Lämpötilan alenema on laskennallisesti noin 27 °C, sillä lietelannan korkein lämpötila lantakuilussa on hetkellisesti 37 °C ja aluehallintoviraston päätöksen (Vuorela 2012, 10) mukaan lanta on jäähdytettävä 10 °C: seen. Näillä arvoilla laskettuna lietelantavirran potentiaalinen lämpöteho on noin 7,5 kW, joka käytännössä tarkoittaa noin 150 m<sup>2</sup> neliön suuruisen alan lämmitystehoa. (Unkuri, 2013)

Taulukossa 3 on laskettu lantaan varastoituneen energian määrää. Lasketut lämpöenergia-arvot perustuvat oletamaan, jossa lietekuilussa olevan lietteen lämpötila alenee energian talteenoton kautta 10 °C :seen. Taulukossa on myös laskettu paremman kokonaiskuvan hahmottamiseksi eri alkulämpötilan ja massan vaikutusta varastoituneen energian määrään. Lähtökohtana laskelmassa kuitenkin pidetään, että massa on 2100 tonnia ja lannan alkulämpötila 37 °C.

Taulukko 3 Lämpötehopotentiaaleja lannan alkulämpötilan, massan ja lannan loppulämpötilan eri arvoilla

	Kuilussa oleva liete 10 °C			Kuilussa oleva liete 5 °C		
	Massa / vuosi			Massa / vuosi		
	2000	2100	2200	2000	2100	2200 Tn
Lannan alkulämpötila 37 °C	7,17	<b>7,53</b>	7,89	8,5	8,93	9,35 kW
Lannan alkulämpötila 35 °C	6,64	6,98	7,31	7,97	8,37	8,77 kW

Lannan alkulämpötila 32 °C	5,85	6,14	6,43	7,17	7,53	7,89 kW
----------------------------	------	------	------	------	------	---------

Mikäli lannasta halutaan enemmän lämpöenergiaa hyötykäyttöön, voidaan lannan lämpötilaa laskea ympäristöluvassa vaadittua 10 °C alemmaksi. Taulukossa 3 on havainnollistettu, kuinka lannan kuilulämpötilan laskeminen 5 °C: seen vaikuttaa potentiaalisen lämpöenergian määrään. Viiden lämpöasteen ero, massan ollessa 2100 tonnia ja lietteen alkulämpötila 37 °C, on noin 1,4 kW. Tällä teholla maalämpöpumpun kautta ajettuna voidaan todeta olevan jo selkeä hyöty.

Kuilussa olevan lietteen lämpötilaa ei kuitenkaan kannata laskea paljoa alle 5 °C, koska siitä seuraa lannan kohmettumisen ja jäätyminen riski. Tanskalaisten kokeiden mukaan lanta voidaan jäähdyttää jopa 3 °C tasolle. (Puumala 2004, 58). Kohmettunut liete ei kulje imulannanpoistojärjestelmässä riittävän hyvin, vaan voi pahimmassa tapauksessa tukkia putkistot. Jäätyminen voi johtaa lämmönkeruulinjaston rikkoutumiseen, koska keruunesteenä on käytetty monesti pelkkää vettä.

LVI- suunnittelijan (Unkuri 2013) mukaan yksi lattianeliö vaatii 50 W lämmitystehtoa, jotta se riittää talven kovimpia pakkasia vastaan. Uuden tuotantorakennuksen lattiapinta-ala on noin 2126 m<sup>2</sup>, joka tarkoittaisi tällä laskukaavalla noin 106 kW tehoa. Koko sikalan lattiapinta-ala on 2855 m<sup>2</sup>, jolloin lämpötehon tarve on noin 140 kW.

Lietekuiluista saatava energia kohdennetaan lattialämmitykseen. Maalämmön hyötysuhde on parhaimmillaan silloin, kun lämpöä ei tarvitse nostaa käyttöveden lämpötilaan. Lattialämmityksessä käytettävän kiertoveden menolämpötila on noin 37 °C ja paluueden lämpötila enimmillään 5 °C alhaisempi (Unkuri 2013). Lattian pinnan lämpötila ei kuitenkaan saisi nousta paljoa 25 °C korkeammalle.

#### 4.4 Tilan nykyinen lämpöenergian tarve ja järjestelmä

Tilan nykyinen lämmitysjärjestelmä on Ala-talkkarin keskuslämmityskattila, joka polttaa palaturvetta. Kattila on teholtaan 150 kW, jossa on 160 kW palopää. Järjestelmä lämmittää tällä hetkellä kaksi omakotitaloa, kaksi tuotantorakennusta ja yhden traktoritallin. Traktoritallin pinta-ala on noin 150 m<sup>2</sup>, asuinrakennusten yh-

teenlaskettu pinta-ala on 350 m<sup>2</sup>, tuotantorakennusten pinta-ala on 1050 m<sup>2</sup>, joista vanhempi lämpöä hukkaava rakennus (noin 300 m<sup>2</sup>) poistuu käytöstä. Yhteenlaskettu lattiapinta-ala on 1550 m<sup>2</sup>.

Traktoritallin kyljessä on turvevarasto, johon mahtuu noin 30 m<sup>3</sup> palaturvetta. Turvevarastossa on jousipurkain, joka syöttää turpeen automaattisesti vaakaruuvien kautta lokerosyöttimelle ja sitä kautta keskuslämmityskattilan palopesään. Kattilasta lämpö siirretään lämpökanaalia pitkin molempiin omakotitaloihin ja sikalan vanhan öljykattilan varaajaan, joka toimii varalämpöjärjestelmänä.

Omakotitalojen laskennallinen tehontarve on 20 kW, traktoritalli 5 -10 kW, nykyinen sikala noin 35 - 40 kW, ja vanha sikala noin 35 kW. Lämpökanaalin lämpöhukka on arvioitu olevan noin 10 - 15 kW luokkaa.

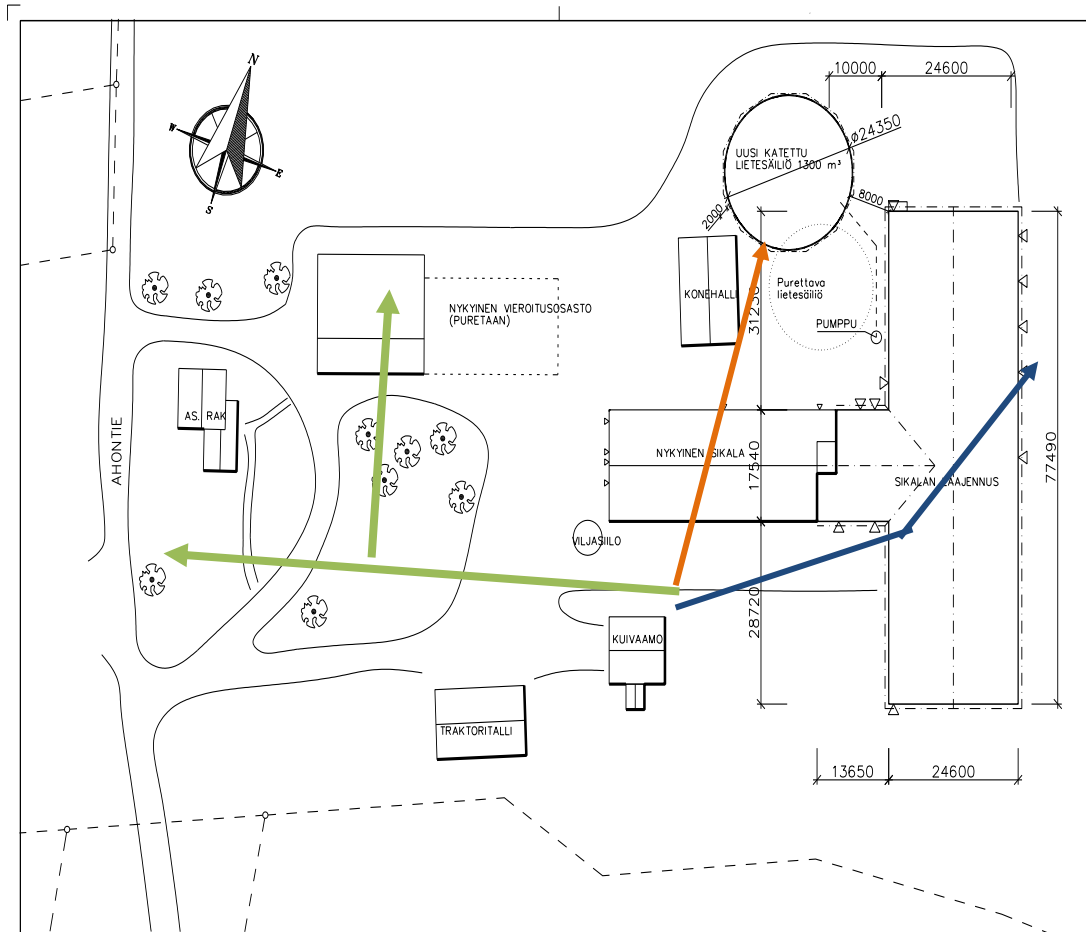
Turvetta kuluu nykyisellä eläinmäärällä keskimäärin noin 260 m<sup>3</sup> vuodessa. Yksi kuutio palaturvetta sisältää noin 1,1 - 1,5 MWh energiaa (Energaturve [Viitattu 13.5.2013]) Nykyinen järjestelmä tuottaa siis noin 285 - 390 MWh lämpöenergiaa vuodessa turpeen laadusta riippuen. Palaturpeen verollinen (ALV 24%) hinta vuoden 2012 syksyllä oli noin 31 €/m<sup>3</sup>. Turvelämmityksen muuttuvat kustannukset ovat noin 8060€ /vuosi. Energiayksikön hinnaksi 1,1 – 1,5 MWh / m<sup>3</sup> energiasisällöllä laskettuna muodostuu 0,028 – 0,020 € / kWh.

#### 4.5 Järjestelmien yhdistelmä

Turvelämmitys toimii päälämmitysjärjestelmänä ja lisälämpöä haetaan lietekuilulämmöllä. Lietekuilulämpö kohdennetaan täysin lattialämmityspiiriin. Lattialämmityspiiri rakennetaan puskurivaraajan kautta siten, että siihen on mahdollista ajaa myös turvelämmitysjärjestelmästä apulämpöä, mikäli lietekuilun lämpö ei riitä. Järjestelmien yhdistelmässä nykyinen lämmitysjärjestelmä säilyy ennallaan. Ainoa muutos on uusi lämpökanaali, jossa viedään lämmin käyttövesi ja lämpö sikalan laajennusosan eri osastojen deltaputkille. Kuvan 4 asemakaavapiirroksesta näkyy uuden rakennettavan lämpökanaalin paikka.

Vanhan tuotantorakennuksen pois jääminen ja lietekuiluista saatavan lämmön hyväksikäyttö mahdollistaa nykyisen turvejärjestelmän säilymisen ennallaan laajen-

nuksen valmistuttua. Koko lämmitysjärjestelmän lämmityskapasiteetti on noin 160 kW, joka pitäisi riittää hyvin kattamaan koko sikalan lämmityksen tarve.



Kuva 6 Tilakeskuksen asemakaava (Rintasalo 2013), jossa on piirretty keskuslämmityskattilalta lähtevät lämpökanaalit. Vihreä linja kuvaa asuinrakennusten lämpökanaalia. Ruskea kuvaa nykyistä tuotantorakennuksen lämpökanaalia. Sininen kuvaa uutta rakennettavaa lämpökanaalia.

Kahden lämmitysjärjestelmän yhdistelmä luo turvaa myös eläinten hyvinvointia ajatellen. Jos jostain syystä toinen järjestelmästä hajoaa tai sen toimintaan tulee pitkä katkos, riittää toisesta lämmitysjärjestelmästä lämpöä ainakin pienimmille porsaille. Tilalla on käytössä varavoimajärjestelmä, joten suuret sähkökatkoksetkaan eivät aiheuta suurempaa katkosta lämmittämiseen.

#### **4.6 Maalämmön lämpöenergiayksikön hinta**

Järjestelmän lämpöpumpun sähköverkosta ottama teho on noin 5 kW / h. Koko Suomen keskiarvona, sähkön verollinen hinta on 12,2 snt / kWh (Sähkön hintaverailu 2013). Pumpun oletetaan pyörivän noin 12 tuntia / vuorokaudessa. Vuorokausikustannus on noin 7.2 €. Pumppu tuottaa päivässä 180 - 240 kWh lämpöenergiaa. Maalämmön energiayksikön hinnaksi muodostuu siis 3.0 – 5.1 snt / kWh.

## 5 MAALÄMPÖINVESTOINTI

### 5.1 Tarjoukset

#### A) Tarjous 1

1. Maksimoitu hyöty maalämmöstä

Tarjouksessa järjestelmän veroton hinta ilman porakaivoja on 56900 €

2. Pelkkä jäähdytys

Tarjouksen veroton hinta on 22100 €

#### B) Tarjous 2

Tarjouksen veroton hinta on 39600 €

#### C) Tarjous 3 / LVI- suunnittelu

Suunnittelun ja toteutuksen veroton hinta-arvio 20000 – 25000 €

### 5.2 Valinta

Lietekuilujäähdytyksestä on monenlaisia toisistaan selkeästi poikkeavia näkemyseroja laitetoimittajilla. Prosessin alkupuolella suurta ihmetystä aiheutti järjestelmän tehottomuus ja hinta.

Tilan nykyinen järjestelmä on käyttökustannuksiltaan edullinen ja riittäisi melkein yksistään kattamaan koko lämmitystarpeen. Siksi kallis investointi pienen lisälämmön vuoksi ei kuulostanut kovin hyvältä. Alkuarviointien perusteella ja pohdinnan jälkeen selkeimmäksi vaihtoehdoksi muodostui tarjous 1, kohta kaksi. Valmis paketti lietekuilujen jäähdyttämiseen, josta saisi noin 10 kW lämpöenergiaa nykyisen lämmitysjärjestelmän tueksi. Ainoa huolenaihe oli järjestelmien yhteensovittaminen ja teknillinen monimutkaisuus.

Uuden tuotantorakennuksen suunnittelun edetessä ja rakennusurakoitsijan kanssa neuvoteltaessa esiin nousi sikalan LVI- suunnitelman tarpeellisuus. Urakoitsijaksi valikoituneella rakennusurakoitsijalla ei ole aikaisempaa kokemusta sikalarakentamisesta. LVI-suunnitelman todettiin tuovan selkeyttä ja tehokkuutta rakentajan toimiin työvaiheissa, jossa vaaditaan LVI- töiden huomioimista.

Yhteistyökumppaniksi valikoitui LVI- suunnittelija Kokkolasta. Suunnittelija tekee koko sikalan LVI- suunnitelman ja samalla suunnittelee yksinkertaisen ja tilakokonaisuuteen soveltuvan lietekuilulämpöä hyväksikäyttävän järjestelmän. Tuottoteholtaan 20 kW järjestelmä on hieman ylisuuri nykytilanteeseen. 20 kW pumppu mahdollistaa sikalan ulkopuolisen maapiirin tai porakaivon lisäämisen jälkeensä, mikäli siihen on tarvetta. Nykytilanteeseen optimaalinen lämpöpumpun tuottoteho olisi 10 – 15 kW kokoluokassa. Ylilämmön purku kesän helteillä kohdennetaan muihin tilakeskuksessa sijaitseviin rakennuksiin.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maalämmön hyväksikäyttö maataloudessa on nyt ja tulevaisuudessa erittäin potentiaalinen lämmitysvaihtoehto. Lietekuiluista saatavan lämpöenergian määrä ei kuitenkaan itsessään riitä kovinkaan pitkälle. Päätoimisena lämmitysjärjestelmänä se vaatii rinnalleen porakaivoja tai maapiirin. Lietekuiluista jäädytyksen yhteydessä kerättävän lämmön kohdentaminen tuotantorakennuksen lämmittämiseen on hyvä ja edullinen vaihtoehto, mikäli lämmityksessä voidaan käyttää matalalämpölämmittämistä.

Lietekuilussa olevan lietteen lämpötilan laskemisella alle 10 °C: seen on todettu olevan merkittävä vaikutus hajun muodostumiseen. Case Tuominiemi projektissa maalämpötekniikan käyttöä lietekuilujen jäädyttämisessä ja lämmön talteenoton hyväksikäyttöä harkittiin jo ennen Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintoviraston ympäristölupapäätöstä. Tila koki tärkeäksi myötävaikuttaa lähiasukkaiden viihtyvyyteen ja haluaa minimoida tilakeskuksesta aiheutuvaa ajoittaista hajuhaittaa.

Tilan tämänhetkinen keskuslämmitysjärjestelmä on käyttökustannuksiltaan edullinen. Alueellisella palaturpeen hinnalla ja laatuarviolla laskettuna lämpöenergian hinnaksi saatiin noin 2.8 snt / kWh. Lietekuilulämmön lämpöyksikön hinnaksi vastaavasti muodostui 3.0 – 5.1 snt / kWh. Keskuslämmityskattilan osalta hukkalämpöä ja työn osuutta ei ole otettu huomioon. Laskenta perustui viimevuosien kuluksen keskiarvoon (m<sup>3</sup>/vuosi), turpeen energiasisältöön MWh/m<sup>3</sup> ja palaturpeen hintaan €/m<sup>3</sup>.

Järjestelmältä odotetaan ennen kaikkea sisäilman laadun parantumista ja halpaa lämpöenergiaa nykyisen lämmitysjärjestelmän tueksi. Lisäksi lietekuilujen jäädytys tuottaa kokonaisuutta ajatellen riittävän määrän lämpöä, mikä mahdollistaa nykyisen keskuslämmitysjärjestelmän säilymisen ennallaan. Näin ollen Lämpöpumpulla tuotettu lisäenergia on edullista verrattuna siihen, että päätoimista lämmitysjärjestelmä jouduttaisiin suurentamaan vain noin 10 kW vuoksi.

## LÄHTEET

Arnold, M., Kuusisto, S., Wellman, K., Kajolinna, T., Räsänen, J., Sipilä, J., Puumala, M., Sorvala, S., Pietarila, H., & Puputti, K. 2006. Hajuhaitan vähentäminen maatalouden suurissa yksiköissä: Hajun ohjeistuksen mahdollisuudet. VTT tiedotteita 2323, 13.

Arnold, M. 2002. Eläinsuojien hajuhaitat - ohjeistusmallit, arviointi ja vähentäminen sekä käytäntö eri maissa: Susies – Loppuraportti 12.3.2002. Alueelliset ympäristöjulkaisut 264, 48 - 49.

Energiaturve. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Megaturve Oy. [Viitattu 13.5.2013]. Saatavana: <http://www.megaturve.com/suomi/tuotteet.html>

Hatva, T., Lapinlampi, T. & Veinonen, S. 20.9.2008. Kaivon paikka. [Verkkosivu]. Helsinki: Edita Prima Oy. [Viitattu 29.4.2013]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=93897&lan=Fi>

Hokka, J. 03/2012. Maalämpöpumpun COP- arvon selvittäminen ja oppimistehtävien ideointi: Tampereen ammattikorkeakoulun opi enempi- oppimisympäristö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäyte-työ.

Huolellinen suunnittelu on onnistuneen toteutuksen avaintekijä. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu 14.4.13]. Saatavana: [http://www.motiva.fi/files/6058/Lampoa\\_omasta\\_maasta.pdf](http://www.motiva.fi/files/6058/Lampoa_omasta_maasta.pdf)

Juvonen, J. 2009. Ympäristöopas. Lämpökaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Suomen ympäristökeskus. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108597&lan=fi>

Kosola, T. 2013. LVI- vastaava. Pellon Group Oy. Tarjous 20.1.2013

Lindell, M. Wecström, H. 2012. Maalämpöpumput: valtakunnan ensimmäinen maalämpöpumppuvertilu. Tekniikan maailma 18E/2012. 6-17

Maalämpö. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Vantaa: Senera Oy. [Viitattu 17.4.2013]. Saatavana: <http://www.senera.fi/index.php?id=1>

Michaelsen, R. 2006. Suuri suomalainen tee se itse –käsikirja: Lämmitys. 1 painos. Bonnier publications A/S.

Pellon lämpöpumppu. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Pellon Group Oy. [Viitattu 15.5.2013]. Saatavana: <http://www.pellon.com/Suomeksi/Sikatalous/Lampopumppu/Lampopumppu>

- Pellonpaja- Kustannussäästöjä lämpöpumpulla. Energia talteen ja hajuhaitat minimiin kotieläinrakennuksissa lämpöpumpputekniikalla. Ei julkaisuaikaa. Esite.
- Porakaivo. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Lahti: Suomen Porakaivo Oy. [Viitattu 25.4.2013]. Saatavana: <http://www.suomenporakaivo.fi/porakaivot/>
- Puumala, M., Grönroos, J. 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen: Toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus. Helsinki: Edita Prima Oy. Ympäristön suojele 708
- Rakentamismääräykset ja ohjeet. Maa- ja metsätalousministeriö, liite 10. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Saatavana: <http://www.mmm.fi/attachments/maaseutujarakentaminen/5iiBVUyGW/L10-rmoC22-01.pdf>
- Rintasalo, H. 2013. Rakennussuunnittelija. Farmplan Oy. Luonnospiirustusten esittely 7.2.2013.
- Routakangas, T. 2013. Hankintapäällikkö. Timotek Oy. Tarjous 11.2.2013.
- Suuri lämpöpumppukirja. Thermia Partners Oy. 2013. 16.
- Sähkön hintavertailu. 14.5.2013. Hintatilastot. [Verkkosivu]. Helsinki: energiamarkkinointivirasto. [Viitattu 14.5.2013]. Saatavana: <http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>
- Unkuri, P. 2013. LVI-insinööri. LVI- suunnittelu Pauli Unkuri Ky. Haastattelu 15.4.2013.
- Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamiseksi. 5.4.2013. Lantalan ohjetilavuus 12 kk varastointiaikaa varten eläintä kohden. [Verkkosivu]. Ympäristökeskus. [Viitattu 7.4.2013]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/?node=22947&lan=fi>
- Viita, T., Mannfors, B. & Hautala, M. 2010. Tuotantoeläinrakennuksen ilmanvaihto: Ilmanvaihto ja lämmitysenergiälaskurit. Helsinki: Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos/Agroteknologia
- Vuorela, M. 4.12.2012. Eläinsuojan ympäristölupa, porsastuotanto [Verkkajulkaisu] Vaasa: Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintovirasto. [Viitattu 14.4.2013] Saatavana: [http://www.avi.fi/fi/virastot/lansijasisasuomenavi/Ymparistojavesitalousluvut/Ymparistolu-vat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/Vuosi%202012/lssavi\\_paatos\\_185\\_2012\\_1\\_2012\\_12\\_04.pdf](http://www.avi.fi/fi/virastot/lansijasisasuomenavi/Ymparistojavesitalousluvut/Ymparistolu-vat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/Vuosi%202012/lssavi_paatos_185_2012_1_2012_12_04.pdf)

## LIITTEET



