

Sanna-Mari Sarvilahti

Korven koulutilan energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Elintarvike ja maatalous

Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantoprosessit

Tekijä: Sanna-Mari Sarvilahti

Työn nimi: Korven koulutilan energiatehokkuuden parantaminen

Ohjaaja: Juha Tiainen

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 0

Maatalous on riippuvainen fossiilisista polttoaineista, eikä sen ongelmana ole pelkästään uusiutumattomien energialähteiden vahingollisuus ympäristölle, vaan myös niiden jatkuvasti nousevat hinnat. Energiakustannuksista voidaan kuitenkin säästää, ja maatalojen on mahdollista vaihteittain irtautua fossiilisista polttoaineista ja siirtyä kohti ympäristöystävällisempää ja omavaraisempaa energiantuotantoa.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin Korven koulutilan energiankulutusta ja etsittiin sille mahdollisia energiansäästökohteita. Opinnäytetyön pohjana oli ProAgria Etelä-Pohjanmaan energiasuunnittelija Mika Mäenpään tekemä energiasuunnitelma, johon koulutilan kulutus oli laskettu käyttömuodoittain ja -kohteittain. Tarkasteltavina kohteina olivat navetta, sikala, konehalli, kuivuri ja työkoneet. Laskelmat ovat vuodelta 2016.

Korven koulutilalle suunniteltiin myös sille sopivia uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä, joilla voitaisiin korvata ainakin osa ostoenergiasta ja lisätä maatalan energiaomavaraisuutta. Mahdollisia vaihtoehtoja olisivat maalämpö, biokaasulaitos ja aurinkosähkö.

Vuonna 2016 tilan kokonaisenergian kulutus oli noin 1 075 026 kilowattituntia vuodessa, josta 664 000 kWh kului lämmitykseen. Säästötoimien jälkeen energiankulutus laski 512 790 kWh/v ja lämmönkulutus 190 862 kWh/v. Kustannukset tippuivat 88 489,20 eurosta 50 675 euroon vuodessa.

Avainsanat: maatalous, energiankulutus, energiatehokkuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and rural enterprises

Specialisation: Production processes

Author/s: Sanna-Mari Sarvilahti

Title of thesis: Improvement of Energy Efficiency on Korpi Teaching Farm

Supervisor(s): Juha Tiainen

Year: 2019

Number of pages: 46

Number of appendices: 0

Agriculture is dependent on fossil fuels and the problem is not just their harmfulness to the environment but also the constantly rising prices. However, it is possible to save in energy expenses and for farms to start gradually moving away from using fossil fuels and start becoming more environmentally friendly and self-sufficient in energy production.

This thesis examined the energy consumption of Korpi teaching farm and looked for possible ways to save energy. The base of this thesis was The Energy Plan done by Mika Mäenpää from ProAgria, South Ostrobothnia which calculated the energy consumption of the teaching farm by a way of usage and target. The examined targets were the cowshed, the pig house, the machine shop, the grain dryer and the work machines. The calculations were done in 2016.

Korpi teaching farm also received plans how to move forward with renewable energy which could be used to replace at least some of the bought energy and increase the energy self-sufficiency of the farm. Possible options could be geothermal heating, biogas and solar power.

In 2016 the overall energy consumption on the farm was 1 075 026 kWh per year from which the heating energy took 664 000 kWh. After the energy saving calculations were completed the energy consumption of the farm fell to 521 790 kWh/year and heating to 190 862 kWh/year. The costs decreased from 88 489.20 euro per year to 50 675 euro per year.

Keywords: agriculture, energy consumption, energy efficiency

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	7
2 MAATALOUDEN ENERGIANKÄYTTÖ SUOMESSA	9
2.1 Energiankulutus	9
2.2 Energiansäästö	10
3 KORVEN KOULUTILAN ENERGIANKÄYTTÖ.....	12
3.1 Energiakulutuksen jakautuminen	12
3.1.1 Navetta.....	15
3.1.2 Sikala	19
3.1.3 Viljakuivuri	24
3.1.4 Konehalli	24
3.1.5 Työkoneet	25
4 KOULUTILAN ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET	26
4.1 Tuotantorakennukset	26
4.1.1 Navetta.....	26
4.1.2 Sikala	30
4.1.3 Viljakuivuri	31
4.1.4 Konehalli	32
4.2 Työkoneet.....	33
4.3 Uusiutuvien energialähteiden käyttö	34
4.3.1 Maalämpö	35
4.3.2 Biokaasulaitos	35
4.3.3 Aurinkosähkö	36
4.4 Vacca Oy:n navetta.....	37
5 YHTEENVETO.....	38
6 POHDINTA	40

LÄHTEET 42

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Energiankulutuksen jakautuminen eri käyttökohteisiin	13
Kuvio 2. Kampuksen ja koulutilan sähkön- ja lämmönkulutuksen jakautuminen kuukausittain	14
Kuvio 3. Navetan energiankulutus	16
Kuvio 4. Yhden päivän energian kulutus lietsokeskukselle (vihreä katkoviiva) ja maidon jäähdytykselle (punainen katkoviiva) huhtikuun lopussa 2019	17
Kuvio 5. Sikalan energiankulutuksen jakautuminen eri käyttömuodoittain eri kohteisiin	21
Kuvio 6. Sikalan sähkönkulutus 27.2.-5.3.2019 väliseltä ajalta (vihreä katkoviiva)	21
Taulukko 1. Koulutilan energiankulutus ennen energiansäästötoimia.....	38
Taulukko 2. Koulutilan energiankulutus energiansäästötoimien jälkeen.	39

Käytetyt termit ja lyhenteet

kWh	Kilowattitunti; energian mittayksikkö
MWh	Megawattitunti; energian mittayksikkö, 1 MWh = 1 000 kWh
TWh	Terawattitunti; energian mittayksikkö, 1 TWh = 1 000 000 000 kWh
kWp	Kilowattipeak; aurinkosähkön yhteydessä käytetty tehon mittayksikkö. 1 kWp tuottaa 800–850 kWh sähköä vuodessa.

1 JOHDANTO

Tämä on Seinäjoen Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö, jossa tarkastellaan Korven koulutilan energiankulutusta. Työn pohjana on Maatilan energiasuunnitelma -raportti, jonka on laatinut ProAgria Etelä-Pohjanmaan energiasuunnittelija Mika Mäenpää. Koulutila oli vuosina 2016–2017 mukana kehittämis- ja yhteistyöhankkeessa Ravinne- ja energiatehokas maatila, jonka tiimoilta energiasuunnitelma tehtiin. Energiasuunnitelmaa on rahoittanut Maaseudun kehittämisohjelma 2014–2020.

SeAMK:n opetusmaatila sijaitsee Ilmajoen kunnassa Etelä-Pohjanmaalla. Tilalla on lypsynavetta sekä pieni yhdistelmäsikala. Opinnäytetyössä seurattiin koulutilan energiankulutusta ja pohdittiin ratkaisuja kulutuksen vähentämiseen. Tavoitteena oli kartoittaa paljon energiaa vievät vuotokohtat, parantaa tilan energiatehokkuutta ja pohtia energiaomavaraisuuden kasvattamisen mahdollisuuksia.

Suurin osa työssä käytetyistä luvuista ovat energiasuunnitelma-raportista. Raporttiin tiivistettiin tilan energiankäytön nykytila sekä tehtiin suuntaa antavia suunnitelmia energianhallinnan, energiatehokkuuden sekä uusiutuvien energialähteiden kehittämiseksi. Energiasuunnitelmassa on ProAgrian tekemiä taulukoita ja koosteita, jotka helpottivat tilan energiankulutuksen tarkastelua ja parannuskohteiden suunnittelua. Suunnitelmassa energiankulutus laskettiin kohteittain, joita olivat navetta, sikala, viljakuivuri, konehalli ja työkoneet sekä jaettiin energiankulutus energialähteittäin ja käyttökohteittain. Kuten suunnitelmassa, myös tässä opinnäytetyössä keskityttiin vain maatilaympäristöön; korjaamo, puutarha ja koulurakennukset jätettiin laskelmien ulkopuolelle.

Opetusmaatilan energiankulutusta tarkkailemaan asennettiin navetan sähkökeskukseen eGauge-mittari, joka mittasi sikalan, lietsokeskuksen, maidonjäähdytyksen ja rehunjakovaunun sähkönkulutusta vuorokauden ympäri. Sähkönkulutusmittarilla oli mahdollista seurata mitattavien kohteiden kulutusta pitkälläkin aikavälillä, aina laitteen asennuspäivästä nykyhetkeen asti.

Kehittämistoimenpiteitä on tehty tilalle jo vuoden 2018 aikana, jolloin Korven koulutila vuokrattiin yksityiselle maatilalle, Vacca Oy:lle. Opetus jatkuu tilalla tästä huoli-

matta normaalisti. Uudet yrittäjät saneerasivat navettaa niin, että se on teknologisesti ajan tasalla ja ekonomisesti kannattava. Energiatehokkuutta parannettiin poistamalla pihaton lämmitys, hyödyntämällä maidon jäähdytyksestä syntyvä hukkalämpö sekä vaihtamalla LED-valaisimia vanhojen valaisinten tilalle. (Tiainen 2017.)

2 MAATALOUDEN ENERGIANKÄYTTÖ SUOMESSA

2.1 Energiankulutus

Suomen ilmastossa intensiivinen maataloustuotanto tarvitsee paljon energiaa, ja Suomi on EU:n jäsenenä mukana päättämässä toimista, jotka tehostavat energian käyttöä ja hillitsevät ilmastonmuutosta. Vapaaehtoisesti solmitut toimialasopimukset velvoittavat eri aloja rakentamaan yhdessä menetelmiä ja työtapoja, joilla energiaa voitaisiin säästää ja sen käyttöä tehostaa. (Energiaa viisaasti maatilalla, [viitattu 31.3.2019].)

Suomessa maatalouden energiankulutus on noin 10 TWh, joka taas on lähes kolme prosenttia koko maan energiankulutuksesta. Suomen kokonaisenergiankulutukseen maatalouden energian säästötoimet eivät siis suuresti vaikuta, mutta yksittäiselle tilalle energian säästämällä voi olla huomattava vaikutus. (Ahokas ym. 2013, 14.)

Energian osuus maatalouden menoeränä kasvaa koko ajan. Vuosituhannen alussa energia kustansi noin 5 % kokonaismenoista, ja vuonna 2011 kustannus oli noin 8 prosenttia. Energiakustannusten osuuden ei odoteta pienenevän, joten energiasta johtuvien kustannusten merkitys kasvaa tulevaisuudessa, korostaen energiankäyttöä ja -säästöä. (Ahokas ym. 2013, 14.) Tilastokeskuksen (2017) raportin mukaan, vuoden 2016 jälkeen energian hinta on noussut 8,5 prosenttia. Korkeimpiin hintoihin vaikuttivat veronkorotukset sekä tuontipolttoaineiden kallistuminen.

Energiankulutusta on kahdenlaista, suoraa ja epäsuoraa kulutusta. Suoralla energiankulutuksella tarkoitetaan tilalle ostettua energiaa, kuten polttoaineita ja sähköä. Epäsuora energia taas tarkoittaa esimerkiksi ostettuja koneita ja lannoitteita, joiden valmistukseen ja kuljetukseen tarvittu energia on käytetty tilan ulkopuolella, mutta tuotteet on hyödynnetty vasta tilalla. Epäsuora energiansäästö vaikuttaa teollisuuden energiankulutukseen ja suora energiansäästö vastaavasti maatalojen energiankulutukseen. (Ahokas ym. 2013, 14.) Maataloudessa epäsuora energiankulutus on kuitenkin suurinta (Posio 2014).

Kankaanpää (2014) kirjoittaa, että yksittäisten maatilojen energiankulutus on hyvin erilaista, ja jopa samantyyppisten tilojen välillä kulutus on vaihtelevaa. Tämä kuitenkin kertoo siitä, että energiansäästäminen maataloilla on mahdollista. Kokonaiskustannuksista energian osuus on kasvanut energian hinnan nousun, lisääntyneen koneellistumisen ja työvaiheiden automatisoinnin takia.

Kasvinviljelytilojen energiankulutus on vastaavan kokoisia kotieläintiloja pienempää (Posio 2014). Erot yhtä suurilla, saman tuotantosunnan tiloilla, voivat johtua tuotantorakennusten ilmanvaihdosta, koneistuksen määrästä, sekä valaistuksen että lämmityksen toteutuksesta. Myös tilallisten omat kulutustottumukset vaikuttavat energiankulutukseen. (Lehtinen & Kirkkari 2006, 14.)

2.2 Energiansäästö

Suomalaisen maatalouden energiansäästöpotentiaali on merkittävä (LeaseGreen 2014). Suorasta energiankulutuksesta olisi mahdollista säästää suhteellisen helposti jopa 10–20 % (Energia-akatemia, [viitattu 9.4.2019]). Sähkön- ja öljynkäytössä olisi mahdollista säästää jopa 1 TWh, joka olisi noin 100 miljoonaa euroa vuodessa. Eniten säästömahdollisuuksia on erityisesti siipikarja- ja puutarhatiloilla. (LeaseGreen 2014.) Näillä aloilla lämmön ja valaistuksen tarve on suurta, mutta niihin on myös helppo kohdistaa säästötoimia, esimerkiksi energiansäästölamppuilla ja hukkalämmön talteenotolla.

Viimeisen puolen vuosisadan aikana maatalous on tullut riippuvaiseksi fossiilisesta energiasta. Työt ovat koneistuneet, ja lannoitteet tehdään maakaasua hyödyntämällä. Vaikka työvaiheet ovat koneistumisen myötä muuttuneet voimakkaasti, on energian säästäminen maataloilla silti mahdollista. Kaikki energiansäästötoimet eivät ole vielä taloudellisesti kannattavia, mutta energiaa voi säästää myös ilman suuria kustannuksia. Näkyvää säästöä saadaan aikaan jo koulutuksen ja pienten investointien avulla. Tärkeintä olisi, että tilat seuraisivat omaa energiankäyttöään, jotta paljon energiaa vievät kohteet ja mahdolliset vuotokohtat saataisiin selville. Näin turhaan kulutukseen pystyttäisiin puuttumaan entistä tehokkaammin ja nopeammin. (Ahokas ym. 2013, 3–4.)

Suomalaiset viljelijät ovat halukkaita lisäämään bioenergiaraaka-aineiden tuotantoa, ja heillä on siihen myös hyvät mahdollisuudet. Kiinnostus bioenergiayrittäjyyttä kohtaan on kasvanut viime vuosina. Mielenkiintoa lisäävät viljelijöiden halu vähentää tuotantonsa ja rakennustensa lämmityksen öljyriippuvuutta. (Silvennoinen ym. 2008, 1.)

Biokaasuntuotanto on Suomen maataloilla vielä toisaalta vähäistä. Suurin osa biokaasusta tuotetaan kaasuntalteenottolaitoksissa kaatopaikkojen yhteydessä. Biokaasun tuottaminen maataloilla on kuitenkin yhä enemmän esillä yhtenä energiantuotannon ja jätteiden hyötykäytön mahdollisena muotona. (Nikkola ym. 2006, 7.) Suomessa on tällä hetkellä noin 20 maatalouden biokaasulaitosta, jotka käsittelevät pääosin lantaa ja jonkin verran myös peltobiomassoja. Suunnitteilla ja rakenteilla on kymmeniä maatilamittakaavan laitoshankkeita, joiden käyttö perustuisi maatalouden massoihin. (Suomen biokaasuyhdistys 2019.)

Maanviljelijöillä on mahdollisuus näyttää esimerkkiä uusiutuvien energialähteiden käytössä ja innovaatioissa. Esimerkiksi sähköautojen lisääntymisen myötä tilat voisivat omien mahdollisuuksiensa mukaan toimia autojen latauspisteinä. (NFU 2018.)

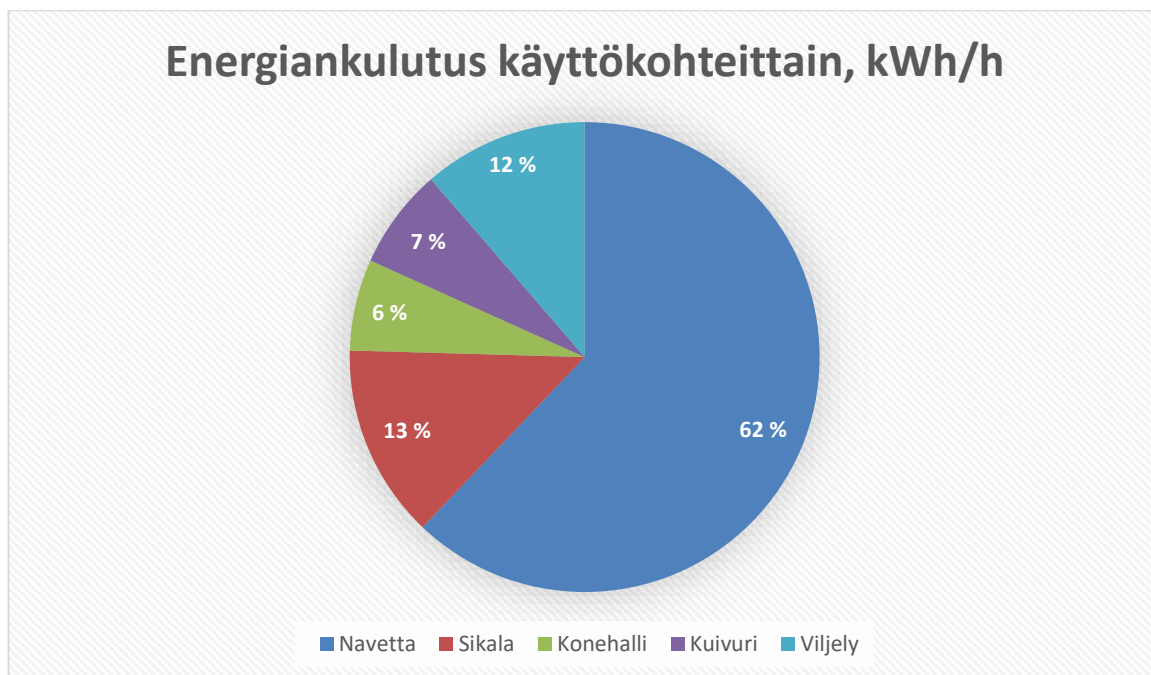
3 KORVEN KOULUTILAN ENERGIANKÄYTTÖ

3.1 Energiakulutuksen jakautuminen

Korven opetusmaatilan pääasiallisena tuotantosuuntana on maidontuotanto, ja tuotantotapana on tavanomainen viljely. Tilalla on lehmien lisäksi myös pieni yhdistelmäsikala. Molemmat tuotantorakennukset on rakennettu vuonna 2001. Tilakokonaisuuteen kuuluu myös konehalli sekä 1980-luvun lopulla rakennettu viljakuivuri. Viljelykäytössä on 182 hehtaaria peltoa, josta 84 hehtaaria on viljalla, 85 hehtaaria säilörehuna ja loput 13 hehtaaria laitumena. (Maatilan energiasuunnitelman esitietomake – Tilan perustiedot 2016.)

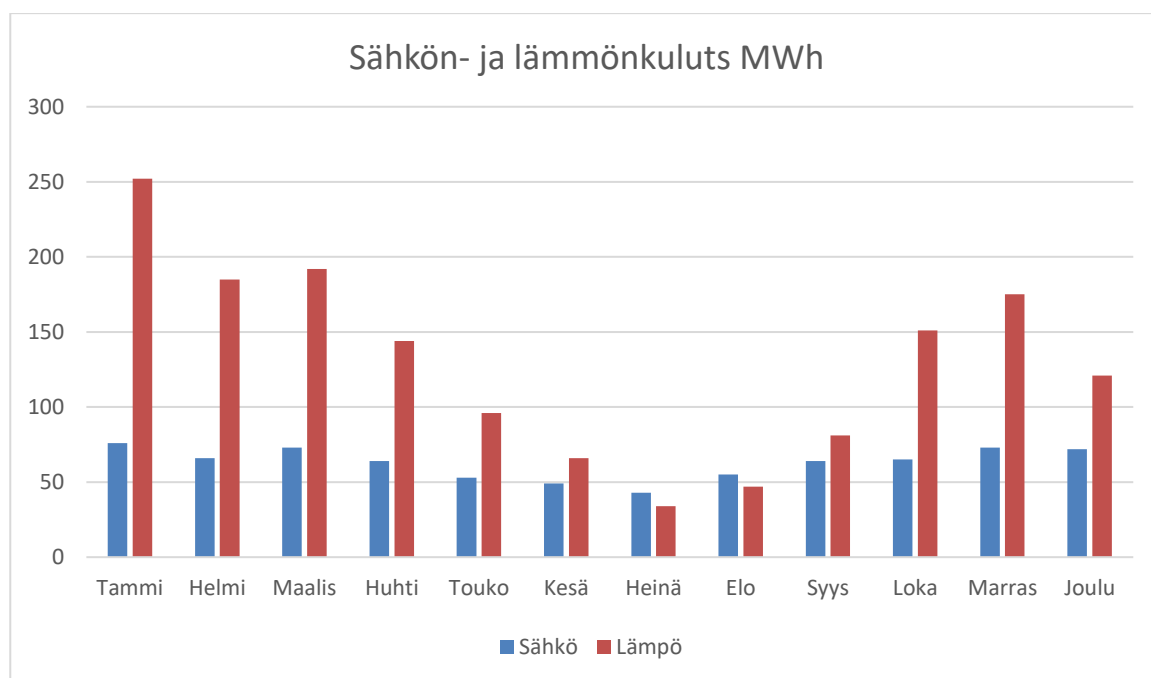
Vuonna 2016 koulutilan energiankulutus oli yhteensä 1 075 025 kilowattituntia. Kulutus jakautui käyttömuodoittain siten, että lämmönkulutus oli 672 247 kWh/v, sähkönkulutus 221 298 kWh/v, viljelyyn kuluva traktorityö 122 000 kWh/v ja lämmin käyttövesi 59 480 kilowattituntia vuodessa. (Mäenpää 2017, 7.) Tila ei tuota itse energiaa, vaan kaikki sen käyttämä energia tulee ostettuna.

Opetusmaatilan energiankäyttökohteista tuotantorakennukset, eli navetta ja sikala, vievät 75 % kaikesta energiasta, joka on yhteensä 811 061 kilowattituntia vuodessa. (Kuvio 1.) Navetta kuluttaa tästäkin määrästä valtaosan, 667 730 kWh/v eli 62 %. Sikalan 143 331 kilowattitunnin kulutus vuodessa on 13 % tilan kokonaisenergiankulutuksesta. Viljely kuluttaa 122 000 kWh energiaa vuodessa, joka on 12 % kaikesta kulutuksesta. Kuivuri kuluttaa seitsemän prosenttia ja konehalli loput kuusi prosenttia. Kuivurin kulutus on 74 333 kWh/v ja konehallin 67 632 kWh/v. (Mäenpää 2017, 7.)



Kuvio 1. Energiankulutuksen jakautuminen eri käyttökohteisiin (Mäenpää 2017, 7).

Korven koulutilan sähkönkulutus on suhteellisen tasaista vuodenaajasta riippumatta. (Kuvio 2.) Sähkön- ja lämmönkulutuslaskelmissa ovat mukana maatila ja koulurakennukset, joten luvut ovat suuntaa antavia tilan energiankulutuksen kuukausittaisista vaihteluista. Pienimmillään kulutus on heinäkuussa, jolloin kaikki opiskelijat ovat kesälomalla ja koulurakennusten kulutus on hyvin vähäistä. Lämmönkulutus luonnollisesti vaihtelee runsaasti vuodenaikojen mukaan. Kampuksen ja maatilán lämmönkulutus on yhteensä vuodessa 1 544 megawattituntia, jolloin maatilán osuus kaikesta lämmönkulutuksesta on noin $(672 \text{ MWh/v} / 1\,544 \text{ MWh/v}) * 100 = 44 \%$. Sähköä kuluu kaiken kaikkiaan 753 MWh/v, josta maatilán osuus on $(221 \text{ MWh/v} / 753 \text{ MWh/v}) * 100 = 29 \%$. Sähkönkulutusluvut ovat vuodelta 2015 ja lämpö vuodelta 2014. (Mäenpää 2017, 7.)



Kuvio 2. Kampuksen ja koulutilan sähkön- ja lämmönkulutuksen jakautuminen kuukausittain (Ilmajoentien tila ja kampus – Energialukuja 2015).

Vuoden 2019 maaliskuussa sähkön keskimääräinen myyntihinta oli 9,52 senttiä kilowattituntia kohden. Tällöin tilan sähkönkulutus maksaa noin $221\,298 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 21\,067,60$ euroa vuodessa. (Vaasan sähkö, [viitattu 14.4.2019].)

Tuotantorakennuksista navetta kuluttaa eniten sähköä, noin 147 000 kilowattituntia vuodessa, joka on 66 % kaikesta maatilalla kulutetusta sähköstä. Sikalan sähkönkulutus on noin 50 400 kWh vuodessa (23 %), konehallin 21 000 kWh/v (10 %) ja kuivurin 2 898 kilowattituntia vuodessa (1 %). (Mäenpää 2017, 7.)

Kurikan kaukolämmön verollinen kulutusmaksu kaukolämmölle vuonna 2018 oli 64,50 €/MWh. Kaukolämmön vuosittainen kustannus maatilalle on siten suurin piirtein $672 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 43\,344,00$ euroa. (Kurikan kaukolämpö 2018.)

Käyttökohteittain lämmönkulutus jakautuu niin, että navetta kuluttaa jälleen suurimman osan eli 481 076 kWh/v (72 %). Sikalan lämmönkulutus on noin 75 936 kWh/v (11 %), konehallin 43 800 kWh/v (6 %) ja kuivurin 71 435 kWh/v (11 %). (Mäenpää 2017, 7.)

Lämmintä käyttövettä kuluu tilalla 3 060 m³ vuodessa. Kilowatteina vedenkulutus on 59 480 kWh/v. Tästä luvusta navetan osuus on 39 654 kWh/v (67 %), sikalan 16 995

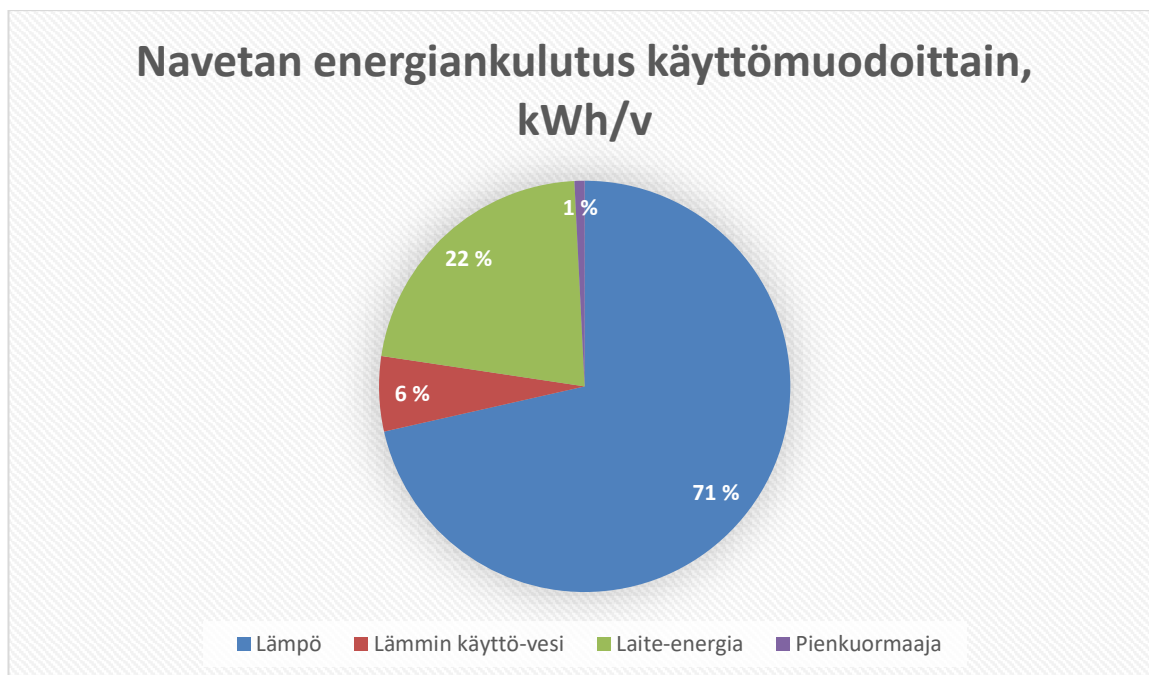
kWh/v (28 %) ja konehallin vaatimattomat 2 832 kWh/v (5 %). Viljakuivurilla lämmintä vettä ei kulu lainkaan. (Mäenpää 2017, 5–7.) Ilmajoen vesihuoltojärjestelmän kulutusmaksu oli vuoden 2018 taksan mukaan 4,36 €/m³ eli vedenkulutuksesta tila maksaa noin 3 060 m³ * 4,36 €/m³ = 13 341,60 € vuodessa (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018).

Lisäksi maatilan työkoneisiin ostettiin polttoöljyä noin 10 736 euron edestä. Kun polttoöljy lisätään muuhun energiankulutukseen, saadaan tilan vuosittaiseksi energia-kustannukseksi yhteensä noin 21 067,60 € + 43 344,00 € + 13 341,60 € + 10 736 € = 88 489,20 euroa.

3.1.1 Navetta

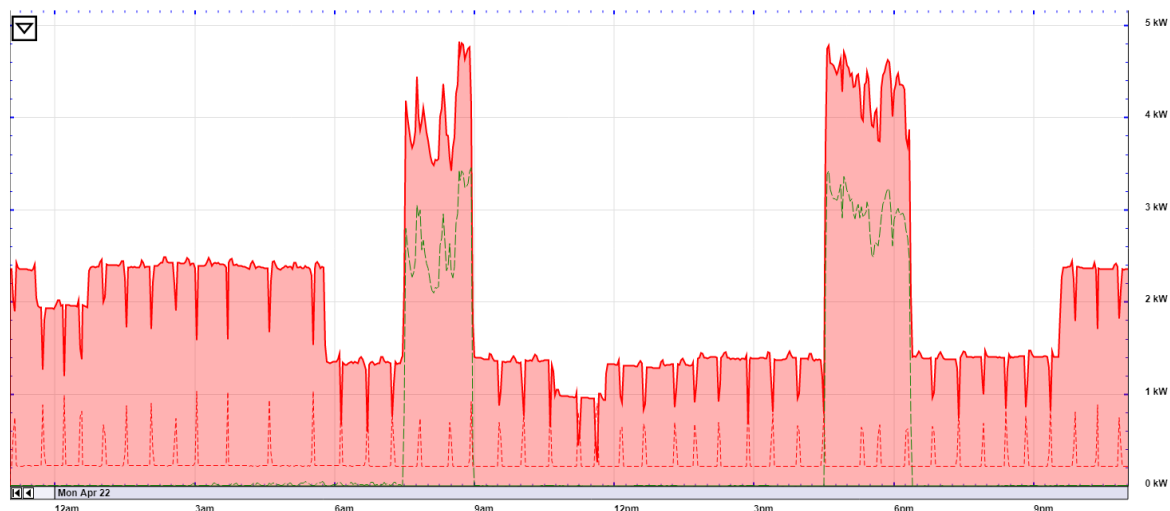
Opetusnavetassa on noin 40 lypsylehmää ja suunnilleen saman verran nuorkarjaa. Valtarotuina ovat ayrshire ja holstein, mutta muutamia suomenkarja yksilöitäkin löytyy. Lehmät lypsetään DeLaval merkisellä 2x2 tandem-lypsyasemalla ja yhdellä lypsyrobotilla. Säilörehu jaetaan jakovaunulla, ja väkirehua annostellaan kahdesta kioskista. Hiehoille ja vasikoille tuodaan heinää Avant-pienkuormaajalla. Vuonna 2016 tilalla tuotettiin 294 048 litraa maitoa, joka oli noin 7 350 litraa lehmää kohden. (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016.)

Pinta-alaltaan navetta on 1 930 m². Suurin osa alasta on lämmitetty, vain rehuvarasto on kylmä. Lämpimiä tiloja ovat pihaton lisäksi henkilökunnan tilat, luokkahuone ja maitohuone. Lämmitetyn pihaton takia navetan vuosittainen lämmönkulutus on todella suurta. (Kuvio 3.) Opetusnavetasta on tehty työntekijöille mahdollisimman käyttäjäystävällinen, ja lämpöä kuluukin jopa 481 076 kilowattituntia vuodessa (Mäenpää 2017, 7). Navetan seinillä on lämmitysputket, jolloin pihaton sisälämpötila pysyy noin 14 °C:ssa kylminäkin vuodenaikoina. Lämpöhäviön määrä nousee tiilassa suureksi, koska kylmän rehuvaraston ovia joudutaan pitämään auki rehukuljetusten aikana. Rehua jaetaan vähintään kahdesti päivässä. Lisäksi ovet eivät ole suljettuina tarpeeksi tiiviitä estääkseen kylmän ilman pääsyä pihaton puolelle. (Mäenpää, [viitattu 21.2.2019].)



Kuvio 3. Navetan energiankulutus (Mäenpää 2017, 7).

eGauge-sähkönkulutusmittari mittaa navetasta lietsokeskuksen, maidon jäähdytyksen ja rehunjakovaunun sähkönkulutusta. (Kuvio 4.) Lietsokeskus on 7 kW kokoinen, ja se on päivittäin käynnissä pari tuntia, yleensä aamuisin ja iltaisin. Vuodessa keskuksen kulutus on noin 3 833 kWh. Maidon jäähdytykseen kuluu tasaisesti energiaa vuorokauden ympäri ilman, että lypsyn ajankohdat erottuisivat sähkönkulutuksesta. Rehunjakovaunun kulutus on vuodessa vain 64 kWh, joten sen päivittäinen kulutus on niin vähäistä, että sähkömittari ei rekisteröi sen kulutusta tällä mittakavalla. (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016.)



Kuvio 4. Yhden päivän energian kulutus lietsokeskukselle (vihreä katkoviiva) ja maidon jäähdytykselle (punainen katkoviiva) huhtikuun lopussa 2019 (Korven opeusmaatilän eGauge -mittari 2019).

Navetan kokonaisenergiankulutus on 667 730 kilowattituntia vuodessa, jolloin energiankulutus eläinpaikkaa kohden on kaiken kaikkiaan $667\,730 \text{ kWh/v} / 80 \text{ kpl} = 8\,347 \text{ kWh/v}$. Lämpöä kuluu yhteensä 481 076 kilowattituntia vuodessa, joka tekee $481,076 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 31\,029,40$ euroa vuoden aikana. Yhden eläinpaikan lämmönkulutus on silloin $481\,076 \text{ kWh/v} / 80 \text{ kpl} = 6\,014 \text{ kWh}$ vuodessa, eli $6,014 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 387,90 \text{ €/eläin/v}$. (Kurikan kaukolämpö 2018.)

Opetusnavetalla kuluu sähköä noin 147 000 kWh vuodessa (Mäenpää 2017, 7). Sähkölasku on vuositasolla noin $147\,000 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 13\,994,40$ euroa. Ylivoimaisesti eniten sähköä navetassa vie sen valaistus, 45 727 kilowattituntia vuodessa (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 25.3.2019]). Valaistuksen korkea energiankulutus johtuu paitsi valaisimien määrästä, mutta erityisesti käytetyistä loisteputkivalaisimista, jotka eivät ole kovin energiatehokkaita.

Pihaton puolella olevat laitteet kuluttavat yhteensä 22 978 kWh vuodessa. Lypsyrobotin pesuri kuluttaa yksittäisistä laitteista eniten, jopa 9 490 kWh/v. Sontakoneen kulutus on 5 840 kWh/v, vasikoiden lämpölampujen 3 039 kWh/v ja kärpäsloukkojen 2 234 kWh/v. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 25.3.2019].)

Maitohuoneen laitteisto vie yhteensä 13 946 kWh energiaa vuodessa. Suurimmat yksittäiset kuluttajat ovat lypsykoneen pesuri, joka vie 6 570 kWh/v, ja maitotankin jäähdyttävä, joka kuluttaa 6 132 kWh vuodessa. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 25.3.2019].)

Navetassa on kaksi DeLavalin sontakonetta ja yhteensä kolme lantaraappa. Pihatossa niistä on kaksi, ja hiehojen vinoparkkien ja umpilehmien osastojen alla kulkee kolmas raappa. Lantaraapat liikkuvat yleensä parin tunnin välein, mutta niiden aikataulua voidaan kuitenkin muuttaa tai ne voidaan tarvittaessa pysäyttää kokonaan. Esimerkiksi laidunkauden aikana raappoja ei tarvitse pitää päivisin käynnissä kuin pienen hetken, koska lehmät tulevat pihattoon vain lypsyjen ajaksi, ja nuorkarja on ulkona vuorokauden ympäri.

Sontakoneet ovat 4 kilowatin kokoisia, ja yhden päivän aikana ne ovat päällä yhteensä pari tuntia. Niiden energiankulutus on silloin $2 \text{ kpl} * 2 \text{ h/pv} * 4 \text{ kW} = 16$ kilowattituntia päivässä. Jos eläimet olisivat sisällä myös kesäisin, kulutus olisi sontakoneiden osalta noin $16 \text{ kWh/pv} * 365 \text{ pv} = 5\,840 \text{ kWh}$ vuodessa. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 3.4.2019].)

Koulutilan lehmät kuitenkin siirtyvät ulos laidunkauden alettua, kuten myös hiehot ja vasikat. Pihatto on siis tähän aikaan vuodesta suurimman osan vuorokaudesta tyhjillään. Koska vain lypsävät lehmät tulevat sisätiloihin kesällä, käytetään vain pihatton puoleista sontakonetta aina lypsyjen jälkeen. Lantaraappa kulkee pihatton päästä päähän noin 10 minuutissa, joten kahdelta raapalta kestää noin $2 \text{ kpl} * (10 \text{ min/krt} * 2 \text{ krt}) = 40$ minuuttia puhdistaa molemmat lehmien lantakäytävät kahdesti päivässä. Sen energiankulutukseksi tulee silloin $0,67 \text{ h/pv} * 4 \text{ kW} = 3$ kilowattituntia päivässä.

Mikäli laidunkausi kestäisi esimerkiksi toukokuun puolesta välistä elokuun loppuun, laidunnuspäiviä kertyisi noin 100. Laidunkauden aikana energiaa kuluu yhteensä $3 \text{ kWh/pv} * 100 \text{ pv} = 300 \text{ kWh}$. Sontakoneita käytetään normaalisti laidunkauden ulkopuolella $365 \text{ pv} - 100 \text{ pv} = 265$ päivänä vuodesta. Tämän ajan energiankulutus on $16 \text{ kWh/pv} * 265 \text{ pv} = 4\,240 \text{ kWh}$. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 3.4.2019].) Yhteensä navetan sontakoneiden energiankulutus on siis lähemmäs $300 \text{ kWh} + 4\,240 \text{ kWh} = 4\,540 \text{ kWh}$ vuodessa. Sontakoneiden käytöstä maksetaan vuodessa yhteensä $4\,540 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 432,20 \text{ €}$. Pelkällä laidunkaudella säästetään siten jo itsessään noin $5\,840 \text{ kWh/v} - 4\,540 \text{ kWh/v} = 1\,300$ kilowattituntia energiaa vuodessa, joka on $1\,300 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 123,80$ euroa. (Vaasan sähkö, [viitattu 14.4.2019].)

Navetan sähkönkulutus on eläinpaikkaa kohden $147\,000 \text{ kWh/v} / 80 \text{ kpl} = 1\,838$ kilowattituntia vuodessa. Eläinpaikan hinta on silloin $1\,838 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 175 \text{ €/v}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 14.4.2019]).

Lämmintä vettä navetalla kulutetaan keskimäärin $39\,654 \text{ kWh}$ edestä vuodessa, joka on valtaosa koko maatilän vuosittaisesta $59\,480 \text{ kWh}$ kulutuksesta. Kuutioina maatilalla käytetään kaiken kaikkiaan $3\,060 \text{ m}^3$ vettä vuodessa. (Mäenpää 2017, 5–7.) Navetalla käytetään $(39\,654 \text{ kWh/v} / 59\,480 \text{ kWh/v}) * 100 = 67 \%$ tilan vedestä, eli noin $0,67 * 3\,060 \text{ m}^3 = 2\,050$ kuutiota vuodessa. Veden kustannukseksi tulee $2\,050 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 8\,938 \text{ €/v}$ (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018).

Lehmän vedentarve on noin 100 litraa vettä päivässä, helteellä jopa 150 litraa (Valio 2016). Vasikoiden vedentarve on vielä varsin vähäistä noin 5 – 30 litraa päivässä, mutta parin vuoden ikäiset hiehot juovat päivittäin jo 30 – 55 litraa vettä (Kekäläinen 2013). Lehmät juovat vuodessa $40 \text{ kpl} * 100 \text{ l/pv} * 365 \text{ pv/v} = 1\,460\,000$ litraa vettä. Nuorkarjan vastaava luku on $40 \text{ kpl} * 30 \text{ l/pv} * 365 \text{ pv/v} = 438\,000 \text{ l/v}$. Kaikesta käytetystä vedestä eläinten juomavedeksi menee $1\,460\,000 \text{ l/v} + 438\,000 \text{ l/v} = 1\,898\,000$ litraa. Loput $2\,050\,000 \text{ l/v} - 1\,898\,000 \text{ l/v} = 152\,000$ litraa kuluvat navetan puhtaanapitoon. Juomavesi on $1\,898 \text{ m}^3$, jolloin sen kustannukseksi tulee noin $1\,898 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 8\,275,30$ euroa vuodessa (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018). Eläintä kohden kustannus on $8\,275,30 \text{ €/v} / 80 \text{ kpl} = 103,40 \text{ €/v}$.

Navetan energiankäytön kokonaiskustannukseksi tulee vuositasolla siten sunnilleen $31\,029,40 \text{ €} + 13\,994,40 \text{ €} + 8\,938 \text{ €} = 53\,961,80$ euroa. Yhdelle eläinpaikalle tulee näillä kustannuksilla hintaa yhteensä $387,90 \text{ €} + 175 \text{ €} + 103,40 \text{ €} = 666,30$ euroa vuodessa.

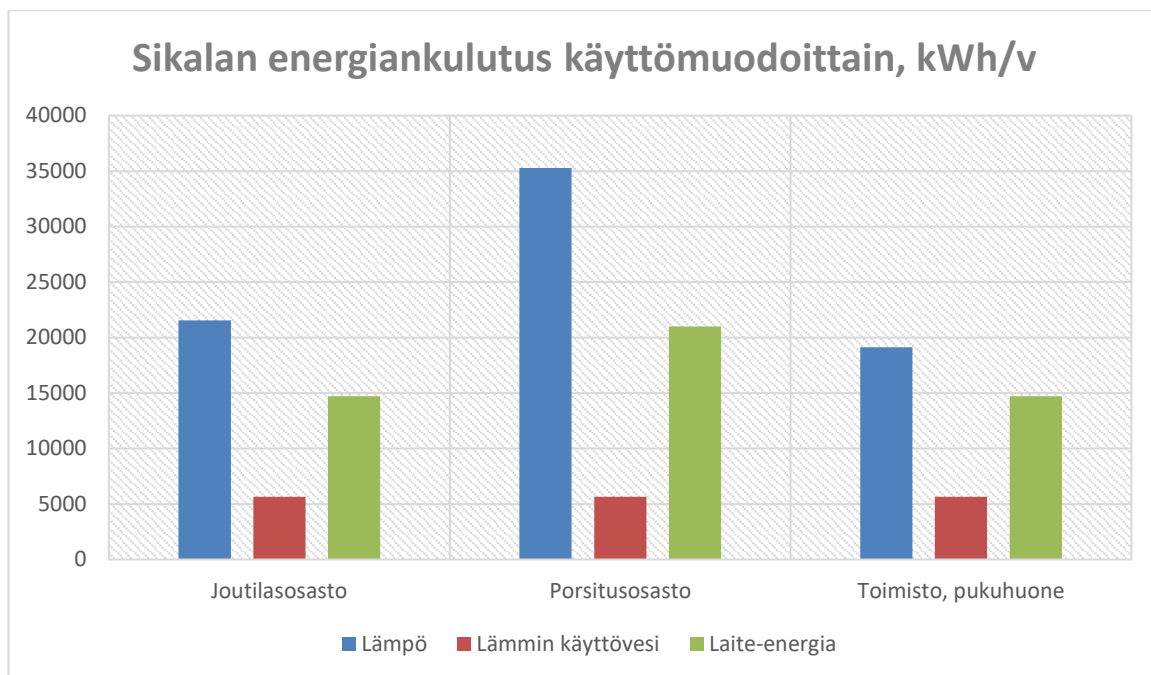
3.1.2 Sikala

Koulutilan yhdistelmäsisikalassa on tilat noin 125 sialle, mutta täysi kapasiteetti on harvemmin käytössä. Eläinmäärä on normaalisti noin 100 kappaletta, josta noin 20 kappaletta on emakoita ja 80 kpl porsaita. Emakoista noin viisi on imettäviä ja loput 15 kappaletta ovat joutilaita (tiineitä). Sikalan pinta-ala on 369 m^2 , joka on jaettu porsitus- ja joutilaspuoleen. Lisäksi rakennukseen kuuluu henkilökunnan tilat ja

rehu- ja kuivitusvarasto. Kuivitusvarastoa lukuun ottamatta kaikki tilat ovat lämpimiä. Porsitus- ja välikasvatuskarsinoita on molempia kahdeksan kappaletta. Joutilaspuolella on 26 kpl kippihäkkejä. Sikalassa on myös paikka yhdelle karjulle, mutta paikka on harvemmin täytettynä, joten siemennykset tehdään pääasiassa työntekijöiden toimesta. (Mäenpää 2017, 4.)

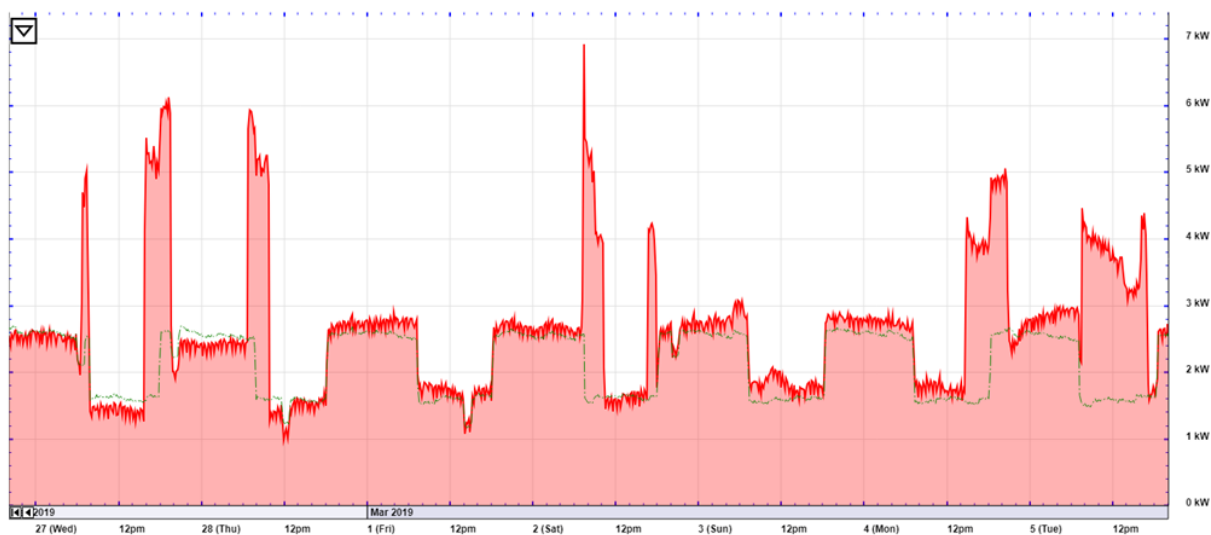
Imettävät ja joutilaat emakot ruokitaan DeLavalin kiskoruokkijalla kahdesti päivässä. Porsaiden rehu jaetaan käsin. Kahdella päätyraapalla varustettu sontakone on myös DeLavalilta. Sikalassa on jatkuvasti päällä oleva koneellinen ilmastointi, joka vie sisäilman ulos. Korvausilma tulee sisään luonnollisesti. Sikalassa on erittäin tärkeää, että lämpötila pysyy koko ajan tasaisena. Lämpötilavaihtelut voivat aiheuttaa sioille stressiä, joka taas on haitallista niiden terveydelle.

Joutilas- ja porsitusosastojen välillä ei ole ovea tai verhoa, koska ruokkijan pitää päästä kulkemaan tilassa esteettä. Vaikka osastojen välillä ilma kiertääkin vapaasti, on niiden lämmönkulutus kuitenkin keskenään erilaista. (Kuvio 5.) Porsituspuolen tulee olla joutilaspuolta lämpimämpi, jotta pikkupossujen menestyksenkäs kasvu on taattu. Porsituspuolen sisälämpötila on vuoden kylmimpäänkin aikaan 25 °C ja joutilaspuolen 17 °C (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016).



Kuvio 5. Sikalan energiankulutuksen jakautuminen eri käyttömuodoittain eri kohteisiin (Mäenpää 2017, 7).

Sikalan sähkönkulutus myötäilee maatilan sähkönkulutusta. (Kuvio 6.) eGauge-mittari ei kuitenkaan mittaa esimerkiksi navetan kokonaissähkönkulutusta, joka on sikalan kulutusta huomattavasti suurempaa. Piikit sähkönkulutuksessa johtuvat navetan lietsokeskuksesta.



Kuvio 6. Sikalan sähkönkulutus 27.2.-5.3.2019 väliseltä ajalta (vihreä katkoviiva) (Korven opetusmaatilán eGauge -mittari 2019).

Sikalassa energiankulutus on kaiken kaikkiaan 143 331 kWh/v, jolloin yhtä eläinpaikkaa kohden kuluu $143\,331 \text{ kWh/v} / 100 \text{ kpl} = 1\,433 \text{ kWh}$ vuodessa. Lämmönkulutus vie sikalan kokonaisenergiankulutuksesta reilut puolet, 75 936 kWh vuodessa. Lämpölaskun suuruus on siis $75,936 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 4\,897,90 \text{ euroa}$ vuosittain. Ilman osastojen erottelua yhden eläinpaikan lämmönkulutus on $75\,936 \text{ kWh/v} / 100 \text{ kpl} = 759 \text{ kWh/v}$, joka maksaa 49 €/v. (Kurikan kaukolämpö 2018.)

Joutilaspuolen lämmönkulutus on 21 540 kWh/v, joka on 1 389,30 €/v. Yhtä joutilaspaikkaa kohden kuluu tällöin lämpöä noin $21\,540 \text{ kWh/v} / 15 \text{ kpl} = 1\,436 \text{ kWh}$ vuodessa, joka on $1,436 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 92,60 \text{ euroa}$ eläinpaikkaa kohden (Kurikan kaukolämpö 2018).

Porsituspuolella lämmönkulutus on suurempaa, 35 280 kWh/v, joka on 2 275,60 euroa vuodessa. Lämmönkulutus eläinpaikkaa kohden on $35\,280 \text{ kWh/v} / 85 \text{ kpl} = 415$ kilowattituntia vuodessa. Yksi porsituspuolen paikka kustantaa siten $0,415 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 26,80 \text{ €/v}$ (Kurikan kaukolämpö 2018).

Sikalan kokonaissähkönkulutus on 50 400 kWh vuodessa (Mäenpää 2017, 7). Sähkölaskun suuruudeksi tulee $50\,400 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 4\,798,10 \text{ €/v}$. Ilman osastojen erottelua yhden eläinpaikan sähkönkulutus on $50\,400 \text{ kWh/v} / 100 \text{ kpl} = 504 \text{ kWh/v}$, joka on 48 euroa paikkaa kohden. (Vaasan sähkö, [viitattu 3.5.2019].)

Joutilaspuolella sähkönkulutus on 14 700 kWh/v, joka on 1 399,40 euroa vuodessa. Kulutus eläinpaikkaa kohden on silloin $14\,700 \text{ kWh/v} / 15 \text{ kpl} = 980 \text{ kWh/v}$, joka on $980 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 93,30 \text{ €}$ vuodessa. Porsitusosaston sähkönkulutus on vastaavasti 21 000 kWh/v, joka tekee 1 999,20 euroa vuodessa. Porsaspaikan energiankulutus on silloin $21\,000 \text{ kWh/v} / 85 \text{ kpl} = 247 \text{ kWh/v}$ ja hinta $247 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 23,50 \text{ €/v}$. (Vaasan sähkö, [viitattu 3.5.2019].)

Porsituspuolen kulutusta nostaa porsaiden viisi lämpölamppua, jotka kuluttavat yhteensä 7 665 kWh/v. Muita enemmän kuluttavia yksittäisiä laitteita ovat sontakone 5 840 kilowattituntia vuodessa ja ruokkija 2 008 kWh/v. Sikalan valaistukseen kuluu vuosittain 14 831 kilowattituntia. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 25.3.2019].)

Energiankulutus lämpimän käyttöveden osalta on sikalassa 16 995 kWh/v. Veden käyttö jakautuu tasaisesti eri osastojen välillä, noin 5 665 kWh/v per osasto. (Mäenpää 2017, 4–7.) Maatilalla käytetään lämmintä käyttövettä yhteensä 59 480 kWh/v, josta sikalan prosentuaalinen osuus on $(16\,995 \text{ kWh} / 59\,480 \text{ kWh/v}) * 100 = 29 \%$. Kuutioina vettä kuluu $3\,060 \text{ m}^3$, josta sikalan osuudeksi jää $0,29 * 3\,060 \text{ m}^3 = 887$ kuutiota. Lämpimän käyttöveden kustannus on siten sikalan osalta noin $887 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 3\,867,30 \text{ €}$ vuodessa (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018).

Imettävä emakko tarvitsee jopa 35 litraa vettä päivässä. Tiineillä emakoilla tarve on 10–20 l/pv. Välikasvatusporsaat tarvitsevat noin litran päivässä ja vielä imevät porsaat noin 0,5 litraa päivässä. (Atriatuottajat, [viitattu 20.5.2019].) Imettävillä vettä kuluu $35 \text{ l/pv} * 5 \text{ kpl} * 365 \text{ pv/v} = 63\,875 \text{ l/v}$ ja tiineillä $20 \text{ l/pv} * 15 \text{ kpl} * 365 \text{ pv/v} = 109\,500$ litraa vuodessa. Välikasvatusporsailta vastaava luku on noin $1 \text{ l/pv} * 50 \text{ kpl} * 365 \text{ pv/v} = 18\,250$ litraa vuodessa ja imevillä porsailta $0,5 \text{ l/pv} * 50 \text{ kpl} * 365 \text{ pv/v} = 9\,125$ litraa vuodessa. Sikalan vedenkulutuksesta juomavetenä kulutetaan 200 750 litraa, ja loput 875 000 litraa kuluvat puhtaana pitoon.

Yhtä imettävää emakkoa kohden juomavettä kuluu $63\,875 \text{ l/v} / 5 \text{ kpl} = 12\,775 \text{ l/v}$, tiinettä emakkoa kohden $109\,500 \text{ l/v} / 15 \text{ kpl} = 7\,300 \text{ l/v}$, välikasvatusporsasta kohden $18\,250 \text{ l/v} / 50 \text{ kpl} = 365 \text{ l/v}$ ja imevää porsasta kohden $9\,125 \text{ l/v} / 50 \text{ kpl} = 183$ litraa vuodessa. Porsituspuolella kuluu vettä yhteensä $12\,775 \text{ l/v} + 365 \text{ l/v} + 183 \text{ l/v} = 13\,323$ litraa vuodessa, joka on 13 m^3 . Sen hinnaksi tulee $13 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 56,70 \text{ €/v}$. Eläintä kohden porsituspuolen kustannus on $56,70 \text{ €/v} / 85 \text{ kpl} = 0,70$ euroa vuodessa. Joutilaspuolen 109 500 litran vuosikulutus on 109 m^3 , jolloin kustannus on $109 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 475,20 \text{ €/v}$. Tiinettä emakkoa kohden kustannus on $475,20 \text{ €/v} / 15 \text{ kpl} = 31,70$ euroa vuodessa. (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018.)

Erottelematta eläinryhmiä kuluu vettä $200\,750 \text{ l/v} / 100 \text{ kpl} = 2\,008$ litraa sikaa kohden. Vesi makaisi $2,008 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 8,80 \text{ €/v/eläin}$ (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018).

Sikalan energiankulutus maksaa yhteensä $4\,897,90 \text{ €} + 4\,798,10 \text{ €} + 3\,815 \text{ €} = 13\,511$ euroa vuodessa. Yksi joutilaspaikka kustantaa $92,60 \text{ €} + 93,30 \text{ €} + 31,70 \text{ €}$

= 217,60 € vuodessa ja porsaspaikka 26,80 € + 23,50 € + 0,70 € = 51 euroa vuodessa. Ilman osastojen erottelua yhden eläinpaikan hinta on 49 € + 48 € + 8,80 € = 105,80 €/v.

3.1.3 Viljakuivuri

Opetusmaatilalla on kartano Jaakko lämminilmakuivuri vuodelta 1989 (Virtuaalikyliä, [viitattu 24.2.2019]). Kuivuri on teholtaan 330 kW ja tilavuudeltaan se on 200 hehtolitraa. Vuonna 2016 sen energiankulutus oli 74 333 kWh/v. Kuivurin vuosittaisesta energiankulutuksesta 71 435 kWh on lämpöä ja loput 2 898 kWh sähköä. (Mäenpää 2017, 5-7.)

Vuodessa viljankuivaukseen kuluu 5 000 litraa lämmityspolttoöljyä, joka vastaa 51 000 kWh. Kuivauskertoja tulee viljelykaudessa noin 23 kappaletta ja yksi kerta kestää suunnilleen kahdeksan tuntia. Viljeltävästä alasta kuivaukseen tulee 57 hehtaaria. (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016.)

Kuivurin lämmitys maksaa $71,435 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ €/MWh} = 4 607,60 \text{ €}$ vuodessa (Kurikan kaukolämpö 2018) ja sähkö vain $2 898 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 275,90$ euroa vuodessa (Vaasan sähkö, [viitattu 18.4.2019]). Yhteensä kuivuri kustantaa siis $4 607,60 \text{ €/v} + 275,90 \text{ €/v} = 4 883,50 \text{ €/v}$.

3.1.4 Konehalli

Koulutilan konehalli on jaettu kahteen osaan, lämpimään ja kylmään halliin. Konehallin lämmin ala on 365 m² ja kylmä ala 535 m² eli hallin kokonaispinta-ala on 900 m². Kahden hallin välissä on pieni varasto ja huoltohuone, jotka ovat lämpimiä. (Mäenpää 2017, 4.)

Yhteensä konehallin energiankulutus on 67 632 kWh vuodessa. Lämmityksen osuus on 43 800 kWh/v ja sähkön 21 000 kWh/v. Lämmintä käyttöväettä hallilla kuluu varsin vähän, 2 832 kWh/v. (Mäenpää 2017, 7.) Konehallin valaistukseen kuluu 3 180 kWh/v (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016).

Lämmityksen hinnaksi tulee $43,80 \text{ MWh/v} * 64,50 \text{ MWh/v} = 2\,825,10 \text{ €/v}$ (Kurikan kaukolämpö 2018). Sähkön kustannus on noin $21\,000 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 1\,999,20 \text{ €/v}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 18.4.2019]).

Konehallin lämpimän käyttöveden osuus tuotantorakennusten kokonaiskulutuksesta on $(2\,832 \text{ kWh/v} / 59\,480 \text{ kWh/v}) * 100 = 4,8 \%$, joka on noin $0,048 * 3\,060^3 = 147 \text{ m}^3$ vuodessa. Veden kustannus on siten $147 \text{ m}^3 * 4,36 \text{ €/m}^3 = 640,90 \text{ €/v}$ (Vesihuoltolaitoksen taksat 2018). Konehallin energiankulutus maksaa yhteensä $2\,825,10 \text{ €/v} + 1\,999,20 \text{ €/v} + 640,90 \text{ €/v} = 5\,465,20 \text{ €}$ vuodessa.

3.1.5 Työkoneet

Työkoneet käyttävät energiaa yhteensä $124\,440 \text{ kWh/v}$, josta viljelyn osuus on $122\,000 \text{ kWh/v}$. Vuonna 2016 kevytpolttoöljyn kulutus oli $12\,200$ litraa, josta traktorit (7kpl), puimuri, pienkuormaaja ja kaivuri vievät noin $10\,287$ litraa. Loppu menee tilan henkilöautoihin. Kevytpolttoöljyn kustannus oli noin $10\,736 \text{ €}$ vuodessa. (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016.) Työkoneiden liikennepolttoaineiden osuus on tilan viljelyalaan suhteutettuna normaalilla tasolla (Mäenpää 2017, 5).

Korven koulutilalla on viljelyksessä 182 hehtaaria peltomaata. Vuonna 2016 tuosta alasta 84 ha oli viljalla, 85 ha nurmella ja 13 ha laitumena. Vilja kuivataan kuivurissa, joka saa energiansa lämmityspolttoöljystä. Säilörehua tehdään paaleihin ja rehutorniin, joka on tilavuudeltaan 500 m^3 . (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016.)

Suurin osa tilan pelloista on lähellä tilakeskusta, mutta muutamat peltolohkot ovat noin kymmenen kilometrin päässä tilasta. Tämä laskee peltoviljelyn kustannustehokkuutta hieman, mutta peltoalan ollessa yli 180 hehtaaria on väistämätöntä, että välimatkat osalle lohkoista tulevat olemaan pidempiä.

4 KOULUTILAN ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET

4.1 Tuotantorakennukset

Tuotantorakennuksista on mahdollista saada aikaan huomattavia säästöjä, varsinkin valaistuksen ja lämmityksen osalta. Osa säästötoimista ovat helppoja toteuttaa, tarvitaan vain lisätietoa siitä, miten työn voi tehdä mahdollisimman energiatehokkaasti. Energiankulutusta voidaan vähentää jo yksittäisillä työtavoilla ja töiden hyvällä suunnittelulla. Energiansäästötoimet on kuitenkin tehtävä niin, että eläintenhyvinvointi ei kärsi, koska energiankäyttö on voimakkaasti kytköksissä siihen. (Ahokas 2013, 3.)

Eläintenhyvinvoinnin lisäksi on säästötoimia tehtäessä otettava huomioon työntekijöiden työympäristölleen asettamat vaatimukset. Käyttömukavuus ja -helppous on pidettävä mielessä. Energiaratkaisujen on myös oltava tilalle räätälöityjä, koska yleispäteviä ratkaisuja ei ole olemassa.

4.1.1 Navetta

Navetta kuluttaa kaikista rakennuksista eniten energiaa, joten sen energiatehokkuuden parantamiseen on hyvä kiinnittää paljon huomiota. Energiansäästöpotentiaali on onneksi navetassa suuri. Sähkölaitteita on paljon, mutta mitään turhaa siellä ei oikeastaan ole, joten sähkönkulutuksen pienentäminen laitteita karsimalla ei onnistu. Nykyisestä järjestelmästä on kuitenkin mahdollista tehdä energiatehokkaampi suhteellisen pienillä muutoksilla. Varsinkin lämmityksestä luopumalla voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä.

Navetan energiankulutus vähenee merkittävästi, jos pihatton lämmitys lopetetaan. Navettarakennuksen tämän hetkinen lämmönkulutus on 481 076 kWh/v, joka maksaa tilalle 31 029,40 euroa vuosittain. Maitohuone, henkilökunnan tilat ja luokahuone on pidettävä jatkossakin lämpiminä, mutta niiden lämmönkulutusta tilalla ei osattu arvioida. Lämpimänä pidettävä ala olisi edelleen suhteellisen suuri, joten ver-

tailukohteena voisi käyttää esimerkiksi keskikokoisen omakotitalon vuotuista lämmityksen tarvetta. Sähkölämmitteinen 120 m² omakotitalo kuluttaa vuodessa noin 18 000 kilowattituntia (Koistinen 2017). Tämä maksaisi $18 \text{ MWh} * 64,50 \text{ €/MWh} = 1\,161$ euroa vuodessa. Kulutus vähenisi $481\,076 \text{ kWh/v} - 18\,000 \text{ kWh/v} = 463\,076$ kilowattitunnilla. Rahallista säästöä saataisiin $31\,029,40 \text{ €} - 1\,161 \text{ €} = 29\,868,40$ euroa.

Navetan sähkönkulutus oli 147 000 kWh/v eli 13 994 €/v. Luvussa 2.1.1. todettiin, että laidunkausi tuo jo itsessään 1 300 kWh ja 123,80 € vuotuiset säästöt sähkönkulutukseen, kun sontakoneiden ei tarvitse olla kesäisin päällä ympäri vuorokauden. Myös laidunkauden pidentäminen mahdollisuuksien mukaan toisi lisäsäästöjä sähkönkulutukseen.

Navetassa on oltava riittävä valaistus, ei vain työntekijöitä varten, vaan myös eläinten hyvinvoinnin takia. Kunnollinen valaistus kun voi kasvattaa maitotuotosta 6–10 prosentilla (Tanner 2017). Navetassa on 257 kappaletta loisteputkivalaisimia, jotka ovat kaikki teholtaan 0,058 kilowattia. Niiden käyttötunnit vaihtelevat sijainnin mukaan, jolloin loisteputkivalaistuksen kulutus on yhteensä

$$15 \text{ kpl} * 0,058 \text{ kW} * 24 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 7\,621 \text{ kWh/v}$$

$$200 \text{ kpl} * 0,058 \text{ kW} * 9 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 38\,106 \text{ kWh/v}$$

$$12 \text{ kpl} * 0,058 \text{ kW} * 5 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 1\,270 \text{ kWh/v}$$

$$30 \text{ kpl} * 0,058 \text{ kW} * 0,5 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 318 \text{ kWh/v}$$

47 315 kWh vuodessa. Loisteputkien lisäksi navetassa on 27 halogeenivalaisinta. Halogeenivalaisimia on kolmea eri tehoa ja niidenkin käyttötunnit vaihtelevat. Halogeenien kulutus on

$$11 \text{ kpl} * 0,03 \text{ kW} * 9 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 1\,084 \text{ kWh/v}$$

$$10 \text{ kpl} * 0,06 \text{ kW} * 1 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 219 \text{ kWh/v}$$

$$6 \text{ kpl} * 0,015 \text{ kW} * 1 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 33 \text{ kWh/v}$$

1 336 kWh/v. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 17.4.2019].) Navetan valaistuksen sähkönkulutus on näillä valaisimilla yhteensä $47\,315 \text{ kWh/v} + 1\,336 \text{ kWh/v} = 48\,651 \text{ kWh}$ vuodessa. Hintaa valaistukselle tulee $48\,651 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 4\,631,60 \text{ €/v}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 17.4.2019]).

Vaihtamalla loisteputkien ja halogeenilamppujen tilalle LED-valaisimet voidaan navetan sähkönkulutusta pienentää merkittävästi. 0,058 kilowattisen loisteputken korvaava LED-valo on teholtaan 20 W (Lamppuexpress 2019). Näiden LED-valojen kulutus olisi vuodessa

$$15 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 24 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 2\,628 \text{ kWh/v}$$

$$200 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 9 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 13\,140 \text{ kWh/v}$$

$$12 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 5 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 438 \text{ kWh/v}$$

$$30 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 0,5 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 110 \text{ kWh/v}$$

16 316 kilowattituntia. 0,03 kW halogeenivalot korvattaisiin 12 W LED-valaisimilla, 0,06 kW valot 5 W LED-valaisimilla ja 0,015 kW valot 8 W LED-valaisimilla (Lamppuexpress 2019). Näiden LED-valojen kulutus olisi yhteensä

$$11 \text{ kpl} * 0,012 \text{ kW} * 9 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 434 \text{ kWh/v}$$

$$10 \text{ kpl} * 0,005 \text{ kW} * 1 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 18 \text{ kWh/v}$$

$$6 \text{ kpl} * 0,008 \text{ kW} * 1 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 18 \text{ kWh/v}$$

470 kilowattituntia vuodessa. LED-valaistuksen kokonaiskulutukseksi tulisi silloin $16\,316 \text{ kWh/v} + 470 \text{ kWh/v} = 16\,786 \text{ kWh/v}$, joten se kuluttaisi $48\,651 \text{ kWh/v} - 16\,786 \text{ kWh/v} = 31\,865 \text{ kWh}$ vähemmän sähköä vuosittain loisteputkivalaistukseen verrattuna. LED-valojen kustannus olisi $16\,786 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 1\,598 \text{ €}$ vuodessa, jolloin rahallista säästöä tulisi $4\,631,60 \text{ €/v} - 1\,598 \text{ €/v} = 2\,763,60 \text{ €}$ vuodessa. LED-valoilla säästetään noin $(16\,786 \text{ kWh/v} / 48\,651 \text{ kWh/v}) * 100 = 34 \%$ normaaleihin loisteputkiin verrattuna. (Vaasan sähkö, [viitattu 17.4.2019]).

Jos pihatto muutetaan lämpimästä kylmäksi tilaksi, on LED-valaisimien vaihto navettaan järkevää myös tämän takia. LED-valojen tehokkuus ei vähene kylmässä tilassa, koska niistä syntyvä hukkalämpö on hyvin vähäistä. Valaisin ei kuluta energiaa tarpeettoman lämmön tuottamiseen. (The performance of LED lighting in cold weather conditions 2016.)

Valaistus voitaisiin myös automatisoida, koska useat virtapainikkeet eivät ole käytännöllisiä. Useilla painikkeilla valojen sytytyksestä ja sammutuksesta tulee työlästä ja siihen hukkuu työaika. Valojen virtapainikkeita voitaisiin hallita esimerkiksi tietokoneelta, jolloin työnteko helpottuisi, eivätkä valot jäisi erehdyksessä päälle työpäivän päätteeksi.

Valojen vaihtaminen energiansäästölamppuihin pienentäisi vuosittaisen sähkönkulutuksen 115 135 kilowattituntiin. Eläinpaikan sähkönkulutus olisi silloin noin $115\,135 \text{ kWh/v} / 80 \text{ kpl} = 1\,439$ kilowattituntia vuodessa, ja paikan hinnaksi tulisi $1\,439 \text{ kWh/v} * 0,0952 \text{ €/kWh} = 137 \text{ €/v}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 17.4.2019]).

Navetan energiankulutusta voitaisiin parantaa myös nostamalla maitotuotosta, jolloin maidon hyötysuhde paranisi ja kulutetulle energialle saataisiin enemmän vastinetta. Vuonna 2016 tuotettu maitomäärä oli vain 7 738 litraa per eläin. Tämä on reilusti alle maan keskiarvon, joka oli 9 542 litraa eläintä kohden (Keskituotos vuosi vuodelta lähempänä kymppitonna 2017). Valio maksoi tuottajille maidosta 34,50 senttiä litralta vuonna 2018 (Rummukainen 2018). Tällä hinnalla Korven koulutilan lehmästä saataisiin vuodessa $7\,738 \text{ l} * 0,3450 \text{ €/l} = 2\,669,60$ euroa. Jos maitomäärä saataisiin nousemaan esimerkiksi 8 500 litraan per lehmä, nousisi maitotili $8\,500 \text{ l} * 0,3450 \text{ €/l} = 2\,932,50$ euroon, joka olisi $2\,932,50 \text{ €} - 2\,669,60 \text{ €} = 262,90 \text{ €}$ enemmän eläimeltä vuodessa.

Näillä muutoksilla navetan energiankulutuksesta olisi mahdollista säästää jopa $463\,076 \text{ kWh/v} + 31\,865 \text{ kWh/v} = 494\,941$ kilowattituntia vuodessa ja $29\,868,40 \text{ €/v} + 2\,763,60 \text{ €} = 32\,632$ euroa vuodessa. Eläinpaikan hinnaksi jää lämmityksen poiston ja sähkölaskun pienenemisen jälkeen 240,40 euroa.

4.1.2 Sikala

Sikojen tuotantorakennuksen on oltava lämmin, ja tehokas ilmanvaihto on taattava eläinten hyvinvoinnin takia (Ahokas ym. 2013, 4). Ilmanvaihdon tarpeeseen vaikuttavat sikojen painot. Porsaille on tärkeää, että ilmanvaihto poistaa kosteutta, kun taas aikuiselle sialle tärkeämpää on ylimääräisen lämmön poisto. (Ahokas ym., [viitattu 17.4.2019], 2.)

Ilmanvaihdossa suurin osa lämmöstä virtaa ulos ja sisään virtaa kylmää ilmaa, joka taas on lämmitettävä huoneenlämpöiseksi. Lämpimän ilman virratessa ulos hukataan energiaa. Sisäilman laadun on pysyttävä hyvänä, mutta jos energiaa halutaan säästää, on hyvä ilmanlaatu saavutettava mahdollisemman vähäisellä ilmanvaihdolla. Poistoilman lämpö voidaan siirtää takaisin rakennukseen, jolloin on mahdollista säästää paljonkin energiaa. Lämmönvaihtimen avulla voidaan vähentää rakennuksen lämmityksen tarvetta kymmeniä prosentteja tai lämmitys voidaan joissain tapauksissa lopettaa kokonaan. Lämmönvaihtimen ongelmana on kuitenkin se, että se saattaa jäätyä pakkasella. (Ahokas ym., [viitattu 17.4.2019], 11.)

Sikalan lämmitykseen kuluu tällä hetkellä 75 936 kWh/v, jolloin esim. 10 % säästö lämmönvaihtimen avulla tarkoittaisi $75\,936 \text{ kWh/v} \cdot 0,10 = 7\,594 \text{ kWh}$ vähennystä vuosittaiseen lämmönkulutukseen. Rahallisesti säästöä saataisiin $7,594 \text{ MWh/v} \cdot 64,50 \text{ €/MWh} = 489,80 \text{ €}$ vuodessa (Kurikan kaukolämpö 2018).

Sikalan valaistus käyttää yhteensä 72 kappaletta loisteputkia, jotka ovat 0,058 kW kokoisia. Valoista 16 kpl on päällä 9 tuntia päivässä, 42 kpl 13,25 tuntia päivässä ja 14 kpl 0,005 h/pv. (Korpi energiankulutuslukuja, [viitattu 17.4.2019].) Niiden kulutus on vuositasolla yhteensä

$$16 \text{ kpl} \cdot 0,058 \text{ kW} \cdot 9 \text{ h/pv} \cdot 365 \text{ pv/v} = 3\,048 \text{ kWh/v}$$

$$42 \text{ kpl} \cdot 0,058 \text{ kW} \cdot 13,25 \text{ h/pv} \cdot 365 \text{ pv/v} = 11\,781 \text{ kWh/v}$$

$$14 \text{ kpl} \cdot 0,058 \text{ kW} \cdot 0,005 \text{ h/pv} \cdot 365 \text{ pv/v} = 1,5 \text{ kWh/v}$$

14 831 kilowattituntia. Näiden loisteputkien kulutus maksaa vuodessa $14\,831 \text{ kWh/v} \cdot 0,0952 \text{ €/kWh} = 1\,411,90 \text{ €}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 17.4.2019]).

Korvaamalla loisteputket vastaavilla 20 W LED-valoilla, kuluisi valaistukseen

$$16 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 9 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 1\,051 \text{ kWh/v}$$

$$42 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 13,25 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 4\,062 \text{ kWh/v}$$

$$14 \text{ kpl} * 0,02 \text{ kW} * 0,005 \text{ h/pv} * 365 \text{ pv/v} = 0,5 \text{ kWh/v}$$

5 114 kWh/v. Tämä olisi 14 831 kWh/v - 5 114 kWh/v = 9 717 kWh/v vähemmän. LED-valaistus maksaisi noin 5 114 kWh/v * 0,0952 €/kWh = 486,90 €/v (Vaasan sähkö, [viitattu 3.5.2019]), joka toisi 1 411,90 €/v - 486,90 €/v = 925 euron säästöt sähkölaskuun.

Lämmön tarpeen väheneminen 68 342 kilowattituntiin vuodessa tiputtaisi lämmönkulutuksen eläinpaikkaa kohden 68 342 kWh/v / 100 kpl = 683 kilowattituntiin, joka olisi 0,683 MWh/v * 64,50 €/MWh = 44,10 €/v. Sähkönkulutuksen pienentyminen 40 683 kWh/v tarkoittaisi, että eläinpaikkaa kohden kulutus olisi 40 683 kWh/v / 100 kpl = 407 kWh/v. Kustannukset laskisivat 407 kWh/v * 0,0952 €/kWh = 38,70 euroon. Kun näihin lisätään vielä vedenkulutus (8,80 €), saadaan eläinpaikan hinnaksi 91,60 €/v. Lämmönvaihtimella ja LED-valoilla olisi mahdollista saada sikalaan yhteensä 17 311 kWh energiansäästöt, jotka pienentäisivät kustannuksia 1 414,80 eurolla.

4.1.3 Viljakuivuri

Viljan kosteus vaikuttaa suuresti siihen, kuinka paljon kuivaukseen kuluu energiaa. Viljankuivaus kuluttaa noin 1,5 dl polttoöljyä yhtä poistettua vesikiloa kohden, joka on energiaksi muutettuna 1,5 kWh. Sähkönkulutus kuivausprosessin aikana on noin 10 % polttoaineen kulutuksesta. (Ahokas ym. 2013, 29.)

Ahokas ym. (2013, 4) mukaan oikeilla kuivaustavoilla ja kuivurin hyvällä eristämällä voidaan kulutuksesta saada pois jopa 10–30 %. Kuivauksessa syntyvää hukkalämpöä on myös mahdollista ottaa talteen ja käyttää uudelleen. Näin polttoaineenkulutusta voisi parhaassa tapauksessa pienentää jopa 50 %. Hukkaenergian hyötykäytöllä saadaan lyhennettyä myös kuivausaikaa. (Calefa, [viitattu 24.2.2019].)

Ahokas (2011) arvioi, että viljankuivauksessa energiankulutuksesta voisi säästää 0–15 % säätämällä öljypoltinta, 0–20 % kuivaamalla hyvän sään aikana, 10–20 % eristämällä, 10–15% kuivaamalla korkeassa lämpötilassa, 10–20 % välttämällä ylikuivaamista ja jopa yli 50 % ottamalla poistoilman talteen. Siirtymällä uusiutuviin polttoaineisiin voitaisiin öljyn käyttö jopa lopettaa. Hän korostaa, että ylikuivauksen välttäminen vähentää kuivaustarvetta, mutta kuivauksesta olisi mahdollista luopua kokonaan siirtymällä muihin säilöntämenetelmiin, esimerkiksi kokojyväsilöntään.

Koulutilan kuivuri olisi mahdollista lämpöeristää. Mäenpään (2017) mukaan eristämällä olisi mahdollista saada parhaimmillaan noin 15 % säästö kulutukseen. Vuodessa koulutilan kuivurin energiankulutus on lämmön osalta noin 71 435 kWh, joten 15 % säästöllä kulutus voisi tippua jopa $71\,435\text{ kWh} \cdot 0,15 = 10\,715\text{ kWh}$. Rahallisesti säästöä saataisiin silloin $10,715\text{ MWh} \cdot 64,50\text{ €/MWh} = 691,10\text{ €/v}$ (Kurikan kaukolämpö 2018).

4.1.4 Konehalli

Konehallin kohdalla sähkönkulutusta voidaan pienentää vaihtamalla loisteputket LED-valoihin. Hallissa on yhteensä 158 kappaletta loisteputkivalaisimia ja yksi halogeenilamppu. Loisteputket ovat 0,018 kW ja kattovalaisimena oleva halogeenilamppu 0,06 kW. Ne ovat päällä noin kuusi tuntia päivässä 183 päivänä vuodesta. Loisteputkien kulutus on silloin $158\text{ kpl} \cdot 0,018\text{ kW} \cdot 6\text{ h/pv} \cdot 183\text{ pv/v} = 3\,123\text{ kilowattituntia}$ vuodessa ja halogeenilampun 66 kWh/v. Valaistuksen kokonaiskulutus on siis $3\,123\text{ kWh/v} + 66\text{ kWh/v} = 3\,189\text{ kWh}$ vuodessa. (Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot 2016.) Valaistus maksaa $3\,189\text{ kWh/v} \cdot 0,0952\text{ €/kWh} = 303,60\text{ euroa}$ vuodessa (Vaasan sähkö, [viitattu 14.4.2019]).

Mikäli loisteputkien tilalle vaihdettaisiin niitä vastaavat 8 W LED-loisteputket, energiankulutus olisi $158\text{ kpl} \cdot 0,008\text{ kW} \cdot 6\text{ h/pv} \cdot 183\text{ pv/v} = 1\,388\text{ kWh/v}$. 60 W halogeenilampun vastapari on 7,5 W LED-lamppu. Sen energiankulutus olisi $0,0075\text{ kW} \cdot 6\text{ h/pv} \cdot 183\text{ pv/v} = 8\text{ kWh/v}$. LED-lamppujen kokonaisenergiankulutukseksi tulee silloin $1\,388\text{ kWh/v} + 8\text{ kWh/v} = 1\,396\text{ kWh}$ vuodessa (Lamppuexpress 2019). Energiaa säästyisi $3\,188\text{ kWh/v} - 1\,396\text{ kWh/v} = 1\,792\text{ kWh}$ vuodessa, joka olisi euroina noin $1\,792\text{ kWh} \cdot 0,0952\text{ €/kWh} = 170,60\text{ €/v}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 14.4.2019]).

4.2 Työkoneet

Energiakustannukset voivat vaihdella eri vuosina suuresti, joten helpoin tapa tasapainottaa tilan taloutta, ja saada aikaan säästöjä, on vähentää öljynkulutusta (Farmit, [viitattu 18.3.2019]). Parhaimmillaan polttomoottoreiden hyötysuhteet ovat 40–50 % riippuen moottorin kuormituksesta. Alhaisilla moottorin nopeuksilla päästään korkeita kierroksia parempaan hyötysuhteeseen. (Ahokas ym. 2013, 10.) Traktori toimii taloudellisimmalla tehoalueella, kun sitä kuormitetaan 70–80 prosentilla sen maksimitehosta. Ylläpitokuorma korostuu alikuormituksessa, ja lähellä maksimikuormaa polttoaineen kulutus nousee. Polttoaineenkulutusta on mahdollista vähentää jopa 10–20 %, jos kuljettaja valitsee moottorin kuormituspisteen ja ajonopeuden niin, että hyötysuhde olisi mahdollisimman hyvä. (Energiaa viisaasti maatilalla, [viitattu 31.3.2019].)

Työkoneiden energiankulutuksissa on paljon eroja, mutta kulutukseen voidaan vaikuttaa tuotantotavoilla (Ahokas ym. 2013, 4). Esimerkiksi kevytmuokkauksessa maata siirretään mahdollisimman vähän, ja kasvijätteet mullataan maan pintakerrokseen. Tämä säästää niin energiaa kuin aikaakin perinteiseen kyntöviljelyyn verrattuna. (Alikärri 2002.) Kyntämällä energiaa kuluu koko viljelyketjussa noin 1 123 kWh hehtaaria kohden. Jättämällä kynnön pois, ja siirtymällä suorakylvöön, energiaa kuluisi noin 782 kWh/ha. (Posio 2014.)

Koulutilalla oli vuonna 2016 84 hehtaaria peltoa viljalla. Jos kaikilla lohkoilla siirryttäisiin suorakylvöön, kuluisi energiaa yhteensä $782 \text{ kWh/ha} * 84 \text{ ha} = 65\,688 \text{ kWh}$ vuodessa. Kyntämällä energiaa kuluisi $1\,123 \text{ kWh/ha} * 84 \text{ ha} = 94\,332 \text{ kWh/v}$, joka on $94\,332 \text{ kWh/v} - 65\,688 \text{ kWh/v} = 28\,644 \text{ kWh}$ enemmän kuin suorakylvössä. Opetusmaatilalla pelloista osa on jo suorakylvössä, mutta maanmuokkaus on kuitenkin räätälöitävä jokaiselle peltolohkolle ja sillä viljeltävälle kasville sopivaksi.

Vuoden 2018 kesäkuussa kevyt polttoöljyn hinta oli 102 €/MWh, joten suorakylvön kustannus olisi suurin piirtein $65\,688 \text{ MWh/v} * 102 \text{ €/MWh} = 6\,700,20 \text{ €/v}$, ja kynnön vastaava luku olisi $94\,332 \text{ MWh/v} * 102 \text{ €/MWh} = 9\,621,90 \text{ €/v}$ (Energian hinnat 2018). Suorakylvöllä olisi mahdollista saada $9\,621,90 \text{ €/v} - 6\,700,20 \text{ €/v} = 2\,921,70$ euron ja 28 644 kilowattitunnin säästöt vuodessa.

Koulutilalla viljelyyn kului vuonna 2016 122 000 kWh, ja kevytpolttoöljyä ostettiin noin 10 736 eurolla. Siirtymällä suorakylvöön voisi kulutus tippua $122\,000\text{ kWh/v} - 28\,644\text{ kWh/v} = 93\,356\text{ kWh}$ vuodessa, ja polttoöljykustannukset voisivat pienentyä noin $10\,736\text{ €/v} - 2\,921,70\text{ €/v} = 7\,814,30$ euroon vuodessa.

Polttoaineen kulutukseen voi vaikuttaa myös huolehtimalla, että työkone on hyvässä kunnossa, ja että sen säädöt on tehty oikein. Esimerkiksi kuluneet äkeen piikit lisäävät vastustusta ja tylsät niittolaitteet tehon tarvetta. (Energiaa viisaasti maatilalla, [viitattu 31.3.2019].)

Työkoneiden kulutusta voidaan seurata kulutuskirjanpidon avulla, jolloin kaikki koneiden tankkaukset, niillä tehdyt työt ja arvio tehdystä alasta merkitään ylös. Näin saadaan tieto suurista kulutuseristä. Vähän kuluttavat työt saadaan selville, kun traktori tankataan jokaisen työvaiheen jälkeen, vaikka sille ei olisi muuten tarvetta. (Ahokas ym. 2013, 26.)

Tilalla pidetään jo nyt osittaista tankkauspäiväkirjaa traktoreiden polttoaineenkulutuksesta, mutta koska kyseessä on opetusmaatila, voi polttoaineenkulutuksen merkittävä pienentäminen olla haasteellista (Mäenpää 2017, 12). Taloudellista ajotapaa voidaan kuitenkin opettaa, jolloin opiskelijat käyttäisivät uutta tietoa koulun lisäksi myös sen ulkopuolella.

Työkoneiden energiatehokkuus paranee myös koneiden vaihtuvuuden kautta. Uudet työkoneet kuluttavat vanhoja koneita vähemmän, ja sisäänrakennetut mittarit, jotka valvovat polttoaineenkulutusta ja työn hyötysuhdetta, alkavat olla uusissa koneissa jo yleisiä.

4.3 Uusiutuvien energialähteiden käyttö

Opetusmaatilán energiatehokkuudessa on paljon parantamisen varaa, koska varsinkin sähkön ja lämmön osalta kulutus on suurta. Tilalla olisi mahdollisuuksia investoida uusiutuvaan energiaan, jolla voitaisiin ainakin osittain kattaa lämmön ja sähkön kulutusta. (Mäenpää 2017, 10.)

4.3.1 Maalämpö

Tilan lämmitysenergian tarve on suuri, joten osa ostetusta lämmöstä voitaisiin korvata itse tuotetulla. Koko energiatarpeen korvaaminen maalämmöllä ei olisi järkevää, koska maalämpöjärjestelmän pitäisi tällöin olla todella suuri. Nykyisestä lämmönkulutuksesta olisi kuitenkin mahdollista korvata noin puolet itse tuotetulla maalämmöllä. Loput lämmöstä tulisi edelleen kaukolämpöverkosta. Lämmitysjärjestelmä voisi olla suuruudeltaan esimerkiksi 300 MW, jolloin hankintakustannukset jäisivät noin 150 000 euroon. (Mäenpää 2017, 13.)

Hukkalämmön talteenotto ja hyödynnys on ilmaista energiaa. Maalämpöjärjestelmä saa kerättyä lämmön talteen muun muassa maasta, lietelannasta ja maidon jäädytyksestä. Järjestelmässä on myös mahdollisuus kohteen samanaikaiseen lämmitykseen ja jäädytykseen tai pelkkään lämmitykseen. (Lämpöässä, [viitattu 16.4.2019].)

4.3.2 Biokaasulaitos

Opetusmaatilalle voisi harkita myös oman biokaasulaitoksen rakentamista, jossa voitaisiin hyödyntää lantaa ja peltobiomassoja. Koulutilan energiantarpeisiin laitoksen tulisi olla lämpöteholtaan noin 300 MW. Reaktorin kokoluokka olisi noin 250 m³ ja jälkikaasuuntumisallas noin 550 m³. Kokonaiskustannukset olisivat 450 000 €:n luokkaa, mutta investointiin on mahdollista saada työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) yritystukea 29 %. (Mäenpää 2017, 13.) Kustannuksista korvattaisiin siis 450 000 € * 0,29 = 130 500 euroa, jolloin tilalle jäisi maksettavaksi 319 500 euroa.

Biokaasulaitoksella voitaisiin helpottaa energian ostopainetta. Biokaasulaitosprosessista muodostuva sähkön osuus oli noin 1/3 laitoksen tuottamasta energiasta. Sähköä puhdistetusta kaasusta syntyisi noin 250 MWh ja lämpöä 600 MWh. (Mäenpää 2017, 13.)

Tilan bioenergiapotentiaali on nykyisellään karkeasti arvioituna noin 908 077 kWh vuodessa. Jos biokaasulaitoksen tuottamaa energiaa haluttaisiin käyttää myös

kampuksen energiantarpeisiin, olisi biokaasulaitoksen oltava kooltaan tällöin huomattavasti suurempi. Myös peltobiomassojen tarve kasvaisi. (Mäenpää 2017, 10–13.)

4.3.3 Aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmä soveltuu yleensä hyvin maitotiloille korkean sähkönkulutuksen takia (Niemi, [viitattu 12.4.2019]). Järjestelmällä olisi mahdollista saada aikaan merkittäviä säästöjä erityisesti tilan kesäajan sähkönkulutukseen. Opetusmaatilain tarpeisiin riittäisi noin 40–50 kWp:n järjestelmä. Hankkeen kokonaiskustannukseksi tulisi noin 80 000 €, johon olisi mahdollista saada TEM:n yritystukea 25 %. Takaisinmaksu investoinnille voi olla parhaimmillaan jopa alle 10 vuotta. (Mäenpää 2017, 13.) Yritystuki kattaisi $80\,000\text{ €} \cdot 0,25 = 20\,000\text{ €}$, jolloin maksettavaa jäisi 60 000 euroa.

Aurinkopaneelin tehon ollessa 40 kWp, on paneelien kokonaispinta-ala silloin 250 neliometriä. Tämän kokoisen aurinkosähköjärjestelmän kesän vuorokausituotto voisi Etelä-Suomessa olla parhaimmillaan 300 kWh ja vuosituotto noin 36 000 kWh. (Finnwind, [viitattu 13.4.2019].) Etelä-Suomessa säteilyenergiaa saadaan noin tuhat kilowattituntia neliötä kohden. Keski-Suomessa vastaava luku on 900 kWh. (Finnwind, [viitattu 18.5.2019].)

Opetusmaatilalla sähkönkulutus on noin 221 298 kWh/v. Jos aurinkopaneeleista saataisiin maksimi vuosituotto, vähenisi ostosähkön tarve lähes $221\,298\text{ kWh/v} - 36\,000\text{ kWh/v} = 185\,298$ kilowattituntiin vuodessa. Keskimääräinen sähkön myyntihinta on maaliskuussa 2019 ollut 9,52 snt/kWh, jolloin sähkölaskun suuruus ennen aurinkopaneeleja olisi $221\,298\text{ kWh/v} \cdot 0,0952\text{ €/kWh} = 21\,067,60\text{ €/v}$ ja aurinkopaneelien asennuksen jälkeen $185\,298\text{ kWh/v} \cdot 0,0952\text{ €/kWh} = 17\,640,40\text{ €/v}$ (Vaasan sähkö, [viitattu 14.4.2019]). Säästöön jäisi silloin noin $21\,067,60\text{ €/v} - 17\,640,40\text{ €/v} = 3\,427,20\text{ €}$ vuodessa.

Aurinkopaneelien kannattavuus riippuu sähkön hintakehityksestä, mutta hintojen arvioidaan nousevan tulevaisuudessa 1–3 % vuodessa. Aurinkosähköön sijoittami-

seen ei liity suuria riskejä, koska sen laitteisto todennäköisesti toimii vielä laskennallisen pitoajan, joka on noin 30 vuotta, jälkeenkin. Lisäksi energiatehokkuus nostaa kiinteistön arvoa. Jos sähköä tulee enemmän kuin mitä itse pystyy käyttämään, voi ylijäämä sähköä myydä verkkoon. (Kyytsönen, 2017.)

4.4 Vacca Oy:n navetta

Vacca Oy aloitti Korven koulutilan yrittäjinä vuoden 2018 alussa. Yritys remontoi opetusnavetan nykyaikaiseksi 60 lypsylehmän pihatoksi. Lypsy hoidetaan pääasiassa Gea monobox lypsyrobotilla, mutta puolet vanhasta lypsyasemasta on tarkoitus ottaa satunnaiseen opetuskäyttöön. Pihaton lämmitys poistettiin remontin yhteydessä. (Fält 2019.)

Uudessa navetassa lehmät pääsevät ulkoilemaan jaloittelutarhaan vuoden ympäri. Uutta ovat myös syväkuivikeparret, joissa kuivikkeena on lannasta separoitu kuivajae. (Takalampi 2019.) Hiehot siirrettiin kylmäilmakuivurista muokattuun hiehonavetaan (Sarka-messut, [viitattu 29.4.2019]).

Myös työnkuva on yrittäjien myötä muuttunut aiempaa selkeämmäksi. Nyt opettajat voivat keskittyä pelkästään opettamiseen, koska yrittäjät huolehtivat tuotannosta ja työnjohdosta. (Takalampi 2019.) Lisäksi uudet yrittäjät ovat saaneet nostettua tilan keskituotosta, ja viimeisen 12 kuukauden keskiarvo on 8 838 kiloa. (Fält 2019.) Vuonna 2016 tilan keskituotos oli lehmää kohden noin 7 350 kiloa, joten kasvu on ollut huomattavaa.

5 YHTEENVETO

Koulutilan energiankulutus ennen tarkastelua oli huomattavan suurta ja säästötoimille oli selkeästi tarvetta. Alla tilan energiankulutus ja sen kustannukset on eroteltu käyttökohteittain ja -muodoittain. (Taulukko 1.) Silmiin pistävää on lämmönkulutuksen määrä ja sen kustannukset. Eläinpaikan kustannus oli navetassa näillä kulutusluvuilla 666,30 €/eläin/v ja sikalassa 105,80 €/eläin/v.

Taulukko 1. Koulutilan energiankulutus ennen energiansäästötoimia.

Kulutus		kWh/v	€/v
	Sähkö	221 298	21 067,60
	Navetta	147 000	13 994,40
	Sikala	50 400	4 798,10
	Konehalli	21 000	1 999,20
	Kuivuri	2 989	275,90
	Lämpö	672 247	43 344,00
	Navetta	481 076	31 029,40
	Sikala	75 936	4 897,90
	Konehalli	43 800	2 825,10
	Kuivuri	71 435	4 607,60
	Lämmin vesi	59 480	13 341,60
	Navetta	39 654	8 938
	Sikala	16 995	3 815
	Konehalli	2 832	640,90
	Traktoriyö (viljely)	122 000	10 736,00
Yhteensä		1 075 025	88 489,20

Tarkastelun jälkeen tilan kokonaisenergiankulutus saatiin laskemaan 1 075 025 kilowattitunnista vuodessa 521 790 kilowattituntiin vuodessa. (Taulukko 2.) Kulutuksesta saatiin vähennettyä yhteensä 553 235 kWh. Suurin osa säästöstä saatiin poistamalla pihaton lämmitys. Samalla kustannukset vähenivät 37 814,20 eurolla. Eläinpaikka navetassa kustantaisi muutosten jälkeen 240,40 € ja sikalassa 91,60 € vuodessa.

Taulukossa ei ole huomioitu uusiutuvien energialähteiden vaikutusta ostoenergian tarpeeseen. Esimerkiksi aurinkoenergiasta olisi parhaimmillaan mahdollista saada noin 30 000 kilowattitunnin ja 3 427,20 euron helpotus sähkönkulutukseen vuosittain.

Taulukko 2. Koulutilan energiankulutus energiansäästötoimien jälkeen.

		kWh/v	€/v
Kulutus			
	Sähkö	178 092	17 208,40
	Navetta	115 135	11 230,80
	Sikala	40 683	3 873,10
	Konehalli	19 285	1 828,60
	Kuivuri	2 989	275,90
	Lämpö	190 862	12 310,70
	Navetta	18 000	1 161
	Sikala	68 342	4 408,10
	Konehalli	43 800	2 825,10
	Kuivuri	60 720	3 916,50
	Lämmin vesi	59 480	13 341,60
	Navetta	39 654	8 938
	Sikala	16 995	3 815
	Konehalli	2 832	640,90
	Traktorityö (viljely)	93 356	7 814,30
Yhteensä		521 790	50 675

6 POHDINTA

Korven koulutilan energiankulutus on suurta, mutta sillä on onneksi paljon mahdollisuuksia säästää energiaa, jos vain tahtoa löytyy. Tila on saanut uudet ja innokkailta vaikuttavat yrittäjät, jotka ovat kiinnostuneita tekemään maatilasta kannattavan ja nykyaikaisen, ja jotka ovat jo nyt tehneet tilalla suuria muutoksia parempaan päin.

Opinnäytetyötä aloittaessani työn aihe ja tavoitteet tuntuivat selkeiltä, mutta suunnitelman edetessä tilanne alkoi vaikuttamaan hieman sekalaisemmalta. Säästökohteita on loputtomiin, ja kulutusta voi tarkastella kohteen ominaiskulutuksen näkökulmasta tai siitä, miten esimerkiksi laitteen erilaiset käyttötavat vaikuttavat sen energiankulutukseen. Lisäksi kulutus voidaan vielä jakaa suoraan ja epäsuoraan energiankulutukseen. Tärkein osa energiasuunnitelman tekoa olikin työn tarkka rajaaminen. Tässä työssä keskityttiin suoraan energiankulutukseen ja tarkasteltiin kohteiden ominaiskulutusta. Koulutilan energiankulutuksesta saatiin hyvä yleiskuva, mutta jokaisesta energiankäyttökohteesta ja -muodosta olisi ollut riittävästi asiaa omaksi opinnäytetyökseen asti.

Suunnitelmaa tehtäessä oli otettava myös tilan yksilölliset energiantarpeet huomioon. Koulutilan kohdalla esimerkiksi traktoreiden polttoaineiden suurista säästöhaaveista on joustettava, koska opetustilanteissa maltillista polttoaineenkulutusta on haastava saavuttaa. Energiansäästötoimien on kuitenkin oltava tilalle sopivia ja taloudellisesti kannattavia vaihtoehtoja. Yrittäjän näkökulmasta ei ole järkevää säästää energiaa kohteissa, jotka toimisivat hänen omia intressejään vastaan. Tässä tapauksessa esimerkiksi koneoppituntien vähentäminen ei olisi järkevä ratkaisu, koska tavoitteena on opettaa oppilaita käyttämään työkoneita oikein ja turvallisesti.

Päätelmät, joita tästä tutkimuksesta saatiin, ovat suuntaa-antavia. Jotta kulutusluvut olisivat luotettavampia, pitäisi kulutusta mitata useamman vuoden ajan, jolloin satunnaiset kulutuspiikit tai tavallista matalammat kulutusluvut eivät vaikuttaisi tulokseen merkittävästi. Näin saataisiin mitattavien kohteiden tarkat kulutuskeskiarvot. Tästä huolimatta työn lopputulos oli se, että maatilán energiankulutus pienentyi lähes 50 prosentilla ja kustannuksetkin tulivat alas lähemmäs 60 prosenttia. Kulutusta olisi mahdollisuus pienentää lisää, koska säästömahdollisuuksia on vielä paljon.

Toivottavaa olisi, että koulutilalla alettaisiin tästä eteenpäin tarkkailla energiankulu-
tusta säännöllisesti ja energiatehokkuutta pyrittäisiin jatkuvasti parantamaan.

Uudet yrittäjät ovat jo lyhyen ajan sisällä saaneet parannettua opetusmaatilán ener-
giatehokkuutta. Lämminpihatosta siirryttiin kylmään pihattoon, ja maitotuotosta on
saatu nostettua yli tuhannella kilolla. Suunnitelmia on ilmeisesti tehty jo tulevaisuu-
den varallekin. Korven koulutila vaikuttaa olevan hyvissä käsissä.

Vaikka investoinnit energiatehokkaaseen maatalaan voivat olla suuria, maksavat ne
itsensä takaisin pitkällä aikavälillä ja nostavat samalla kiinteistön arvoa. Isoja inves-
tointeja ei kuitenkaan ole välttämätöntä tehdä, kun jo pienillä taloudellisilla panok-
silla pääsee hyvin alkuun. Esimerkiksi valaistuksen vaihtaminen energiatehokkaam-
piin vaihtoehtoihin vanhojen lamppujen palaessa loppuun ei vaadi paljon. Myös työ-
tavoilla voi olla suuri merkitys kulutukseen, joten opetuksen merkitys korostuu. Maa-
seutualan koulutusohjelmilla on siten mahdollisuus vaikuttaa siihen, miten tulevat
maalouselalan ammattilaiset suhtautuvat energiaan ja sen käyttöön, ja olla näin vii-
toittamassa tietä energiatehokkaamman ja ympäristöystävällisemmän maatalouden
kehittämisessä.

LÄHTEET

- Ahokas, J. (toim.), Mikkola, H., Rajaniemi, M., Jokiniemi, T., Schäfer, W., Rossner, H., Astover, A., Talgre, L., Lauringson, E., Raave, H., Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., Frorip, J. & Kokin, E. 2013. Maatilojen energiankäyttö ENPOS-hankkeen tulokset. University of Helsinki: Faculty of agriculture and forestry. Department of Agricultural Sciences/ Publications 15.
- Ahokas, J. 2013. Energiankulutus ja säästö karjataloudessa. [Verkkojulkaisu]. Helsingin yliopisto: Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Maataloustieteiden laitos. [Viitattu 11.4.2019]. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20koneet.pdf>
- Ahokas, J. 30.11.2011. Energiansäästö viljankuivauksessa. [Verkkosivu]. Helsingin yliopisto: Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Maataloustieteiden laitos/Agroteknologia. [Viitattu 1.3.2019]. Saatavana: <https://docplayer.fi/8142318-Energiansaasto-viljankuivauksessa.html>
- Ahokas, J., Rajaniemi, M., Mikkola, H. & Turunen, M. Ei päiväystä. Karjarakennusten ilmanvaihto. [Verkkojulkaisu]. Energia-akatemia. [Viitattu 17.4.2019]. Saatavana: http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/74/Karjarakennusten_ilmanvaihto_netti.pdf
- Alikärri, O. 2002. Kevytmuokkaus on taitolaji. [Verkkosivu]. Maatilan Pellervo. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavana: https://www.pellervo.fi/maatila/3_02/kevyt-muok.htm
- Atriatuottajat. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Vesi sikojen ruokinnassa. [Viitattu 20.5.2019]. Saatavana: <https://www.atriatuottajat.fi/atriasika/ruokintajarehut/ruokinnan%20toteuttaminen/Vesi%20sikojen%20ruokinnassa/Sivut/default.aspx>
- Calefa. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Maaseudun Tulevaisuus Kiinnostaa - Viljan Kuivausta Energiatehokkaasti. [Viitattu 24.2.2019]. Saatavana: <http://www.calefa.fi/fi/ajankohtaista/maaseudun-tulevaisuus-kiinnostaa/>
- Energiaa viisaasti maatilalla. Ei julkaisuaikaa. Esite.
- Energia-akatemia. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Maatilojen energiakustannukset. [Viitattu 9.4.2019]. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/>
- Energian hinnat. 2018. [Verkkojulkaisu]. Tilastokeskus. [Viitattu 4.5.2019]. Saatavana: https://www.stat.fi/til/ehi/2018/02/ehi_2018_02_2018-09-12_fi.pdf
- Farmit. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Suorakylvö. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavana: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/viljelytekniikka/suorakylvo>

- Finnwind. 2019. [Verkkosivu]. Aurinkopaneelien soveltuvuus Suomeen? [Viitattu 18.5.2019]. Saatavana: <https://finnwind.fi/aurinkopaneeli-usein-kysyttya/>
- Finnwind. Ei päiväystä. [Verkojulkaisu]. Aurinko E+: Aurinkovoimalat maatalous-yrityksille ja maataloille avaimet käteen asennettuina. [Viitattu 13.4.2019]. Saatavana: https://finnwind.fi/wp-content/uploads/upload_photos/esitteet/Aurinkovoimala-maatilat-yleisesite.pdf
- Fält, K. 29.4.2019. Vacca Oy:n osakas. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastanaottaja: Sanna-Mari Sarvilahti. [Viitattu 29.4.2019].
- Hirvonen, T. 15.2.2019. Juupajokinen viljelijä muutti karjatilansa ilmastonmuutosta vastaan taistelevaksi hiilinieluksi. [Verkkosivu]. YLE. [Viitattu 9.4.2019]. Saatavana: https://yle.fi/uutiset/3-10642206?fbclid=IwAR1FwpLgPe46E-S1B4UxSZUpnAY0iotQXTOQnyqV4_Sn4qstlnA3ZTD5vAQ
- Ilmajoentien tila ja kampus -energiälukuja. 2015. [Excel-taulukko]. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavana Seinäjoen Ammattikorkeakoulun tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Kankaanpää, J. 11.7.2014. Maatilojen energiakustannuksissa on eroja. [Verkkosivu]. Maaseudun Tulevaisuus. [Viitattu 16.7.2017]. Saatavana: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/maatilojen-energiakustannuksissa-eroja-1.66358>
- Kekäläinen, M. 2013. Vasikan ja hiehon kasvatuksen vaikutus ensikon maidontuotantoon. [Verkojulkaisu]. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 20.5.2019]. Saatavana: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54025/Kekalainen.Maija.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Keskituotos vuosi vuodelta lähempänä kymppitonnia. 31.3.2017. [Verkkosivu]. Farmit. [Viitattu 3.4.2019]. Saatavana: <https://intra.seamk.fi/loader.aspx?id=723edfa7-e552-442a-a8a3-b0fb98846649>
- Koistinen, A. 15.1.2017. Omakotiasuja lopetti kotinsa yllämittämisen – Vuoden sähkölasku putosi 800 euroa. [Verkkosivu]. YLE. [Viitattu 18.5.2019]. Saatavana: <https://yle.fi/uutiset/3-9404540>
- Korpi energiankulutuslukuja. Ei päiväystä. [Excel-taulukko]. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavana Seinäjoen Ammattikorkeakoulun tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Korven opetusmaatilán eGauge. 2019. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.2.2019]. Saatavana: <http://egauge31548.egaug.es/57A4C/>

- Kurikan kaukolämpö. 1.10.2018. [Verkkajulkaisu]. Kaukolämmön palveluhinnasto. [Viitattu 21.3.2019]. Saatavana: https://www.kurikankaukolampo.fi/tiedosto-pankki/12/Kaukolammon_palveluhinnasto_10_2018.pdf
- Kyytsönen, J. 5.10.2017. Maatilan aurinkosähkö ei ole kovin kummainen sijoitus ilman tukea. [Verkkosivu]. Maaseudun Tulevaisuus. [Viitattu 12.4.2019]. Saatavana: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/talous/maatilan-aurinkos%C3%A4hk%C3%B6-ei-ole-kovin-kummainen-sijoitus-ilman-tukea-1.208348>
- Lamppuexpress.com. 2019. [Verkkosivusto]. Ammattilaistason valaistusta. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavana: <https://www.lamppuexpress.com/>
- LeaseGreen. 12.5.2014. [Verkkosivu]. Maatalouden energiansäästö – LeaseGreen modernisoi siipikarjatilan valaistuksen. [Viitattu 9.4.2019]. Saatavana: <https://leasegreen.fi/maatalouden-energiensaasto-leasegreen-modernisoi-siipikarjatilan-valaistuksen/>
- Lehtinen, J. & Kirkkari, A-M. 2006. Maatilan energian tarpeet. Teoksessa Luoma, H., Peltonen, S., Helin, J. & Teräväinen, H. (toim.) Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. Keuruu: ProAgria. Tieto tuottamaan 115, 14.
- Lämpöässä. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Maatilan lämmitys kotimaisella maalämmöllä. [Viitattu 16.4.2019]. Saatavana: <https://www.lampoassa.fi/43171-2/>
- Maatilan energiasuunnitelman esitietolomake – Tilan perustiedot. 23.11.2016. [Excel-tili]. [Viitattu 24.2.2019]. Saatavana Seinäjoen Ammattikorkeakoulun tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Mäenpää, M. 18.4.2017. Maatilan energiasuunnitelma: Energiasuunnitelmaraportti. ProAgria Etelä-Pohjanmaa ry.
- Mäenpää, M. Ei päiväystä. Ilmajoen koulutilan energiasuunnitelma. [Ppt-esitys]. ProAgria Etelä-Pohjanmaa. [Viitattu 21.2.2019]. Saatavana Energiasuunnitelmaraportin energiasuunnittelijan tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- NFU. 8.2.2018. [Verkkosivu]. Farming industry faces new opportunities in renewable energy. [Viitattu 3.6.2019]. Saatavana: <https://www.nfuonline.com/news/latest-news/farming-industry-faces-new-opportunities-in-renewable-energy/>
- Niemi, A. Ei päiväystä. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus ja kannattavuus maatilalla. [Verkkajulkaisu]. Pikes. [Viitattu 12.4.2019]. Saatavana: <https://www.pikes.fi/documents/89847/119153/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6+maatilalla.pdf/17c86b09-e872-4769-9d19-f57cc8712dce?version=1.0>

- Nikkola, E., Peltonen, S., Kolehmainen, M. & Pentti, S. 2006. Bioenergian tuotannon näkymät. Teoksessa Luoma, H., Peltonen, S., Helin, J. & Teräväinen, H. (toim.) Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. Keuruu: ProAgria. Tietotuotmaan 115, 7.
- Posio, M. 12.11.2014. Maatalouden energiankulutus. [Verkkajulkaisu]. Oulun ammattikorkeakoulu. [Viitattu 7.4.2019]. Saatavana: http://www.oamk.fi/hankkeet/bioelogia/docs/materiaalit/Mikko_Posio-Energiatehokkuus-Oamk.pdf
- Rummukainen, A. 19.4.2018. Valio laskee maidon tuottajahintaa: tilalliselle voi jäädä käteen vain 3 senttiä litralta. [Verkkosivu]. Yle. [Viitattu 18.4.2019]. Saatavana: <https://yle.fi/uutiset/3-10167080>
- Sarka-messut. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Esittelytilatiedot. [Viitattu 29.4.2019]. Saatavana: <https://pytinki.fi/wp-content/uploads/2019/01/Vacca-Oy-tilatiedot.pdf>
- Silvennoinen, H., Latvala, T., Järvinen, E., Toivonen, R., Rämö, A-K. & Pelkonen, P. 2008. Bioenergiaa metsistä ja pelloilta – Viljelijöiden suhtautuminen bioenergiaraaka-aineiden tuotantoon ja tarjontaan sekä bioenergiayrittäjyyteen. Helsinki. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja 211.
- Suomen biokaasuyhdistys. 15.1.2019. [Verkkosivusto]. Biokaasu ja maatilat. [Viitattu 10.4.2019]. Saatavana: <http://www.biokaasuyhdistys.net/tietoa-biokaasusta/biokaasu-ja-maatilat/>
- Takalampi, A. 31.1.2019. Yrittäjät ja Ilmajoen koulukampus ainutlaatuisen yhteistyöhön: Vacca Oy vuokrasi opetusnavetan. [Verkkosivu]. Maaseudun Tulevaisuus. [Viitattu 24.4.2019]. Saatavana: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/artikkeli-1.370942>
- Tanner, M. 13.2.2017. Valolla enemmän maitoa. [Verkkosivu]. ProAgria. [Viitattu 18.4.2019]. Saatavana: <https://www.proagria.fi/blogit/ruokintapoydalla/2017/02/13/valolla-enemman-maitoa>
- The performance of LED lighting in cold weather conditions. 1.12.2016. [Verkkosivu]. Lane Technical Sales. [Viitattu 19.4.2019]. Saatavana: <http://www.lane-techsales.com/led-lighting/the-performance-of-led-lighting-in-cold-weather-conditions/>
- Tiainen, J. 9.6.2017. Korven opetusmaatilan energiankäyttö. [Verkkosivu]. Ravinne- ja energiatehokas maatila. [Viitattu 14.4.2019]. Saatavana: <http://ravinnejaenergia.fi/fi/seduseamk-korven-koulutilan-energiankaytto-2015-16/>
- Tilastokeskus. 15.8.2017. [Verkkosivusto]. Energia kallistui edelleen, lannoitteiden hinnat laskivat. [Viitattu 12.9.2017]. Saatavana: http://www.stat.fi/til/ttohi/2017/02/ttohi_2017_02_2017-08-15_tie_001_fi.html

Vaasan sähkö. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Sähkön hinta – miten se muodostuu. [Viitattu 14.4.2019]. Saatavana: <https://www.vaasansahko.fi/teesahkosopimus/sahkon-hinta/>

Valio. 14.4.2016. [Verkkosivu]. Lehmän hyvinvointi on monien asioiden summa. [Viitattu 20.5.2019]. Saatavana: <https://www.valio.fi/yritys/artikkelit/lehman-hyvinvointi-on-monien-asioiden-summa/>

Vesihuoltolaitoksen taksat. 2018. [Verkojulkaisu]. Vesihuoltolaitoksen taksat 01.01.2018 alkaen. [Viitattu 30.3.2019]. Saatavana: [http://www.ilmajoki.fi/files/Tiedostot/VESIHUOLTOLAITOKSEN TAKSAT 2018.pdf](http://www.ilmajoki.fi/files/Tiedostot/VESIHUOLTOLAITOKSEN_TAKSAT_2018.pdf)