

LYPSYKARJATILAN TUOTANTORAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUSLASKURI SÄHKÖLLE

Markus Meriläinen & Pasi Putkonen

Opinnäytetyö

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma



Savonia
ammattikorkeakoulu

Koulutusala Luonnonvara-ala	
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen ko.	
Työn tekijä(t) Markus Meriläinen & Pasi Putkonen	
Työn nimi Lypsykarjatilän tuotantorakennuksen energiankulutuslaskuri sähkölle	
Päiväys 26.3.2010	Sivumäärä/Liitteet 48 + 1 + CD
Ohjaaja(t) Hannu Viitala, Pirjo Suhonen, Jarkko Partanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Maatilojen taloudellinen tilanne on kiristynyt viime aikoina. Tuotteiden hinnat ovat alhaiset melkein kaikilla tuotantosuunnilla. Varsinkin maidon, lihan ja viljan hinta on heikko, tosin suhdanteista johtuvat vaihtelut ovat suuria. Maatilat yrittävät parantaa tulostaan hakemalla säästöjä ja tehostamalla toimintaansa. Nykyaikaisilla maitotiloilla on paljon energiaa kuluttavia koneita ja laitteita, koska automaatioaste on korkea. Ihmistyötä on siirretty koneiden hoidettavaksi, nämä tarvitsevat toimiakseen sähköä tai fossiilisijapolttoaineita. Näiden koneiden hankintahintojen, tehokkuuden, energiankulutuksen ja säästöjen optimoinnilla on mahdollista saada aikaan huomattavia säästöjä. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia energiankulutuslaskuri, joka palvelee ensisijaisesti uutta automaatiolypsyllä varustettua tuotantorakennusta suunnittelevaa viljelijää. Laskuria on mahdollista käyttää myös muihin tuotantosuuntiin ja jo valmiisiin rakennuksiin.</p> <p>Raportti sisältää teoriataustaa suomalaisen maatalouden energiankulutuksesta, tuotannosta, tehokkuudesta ja säästämisestä. Karjasuojien sähköiselle koneistukselle, jonka kulutuksia laskuri määrittelee, on myös oma osio. Tärkeimpinä kohteina laskuri laskee ilmaston, lannanpoiston, ruokinnan, valaistuksen, maidonjäähdytyksen, veden lämmityksen ja lypsyn vaikutuksen sähkön kulutukseen tuotantorakennuksessa. Laskurin tekemisen periaatteena oli pitää se yksinkertaisena ja käyttäjäystävällisenä. Yksinkertainen ja selkeä ulkoasu sekä selvät kohdat, mihin kukin käyttäjä tietonsa syöttää. Tuloksien tarkastelun tulee olla helppoa ja selvästi suurimpien kulutuskohteiden tulee käydä ilmi. Tämän tarkoituksena on herättää käyttäjä huomaamaan oman tilansa energiasyöpöt kohteet, ja laskurin tekstiosoiden tarkoitus auttaa energian kulutuksen hallinnassa.</p> <p>Laskuri toteutettiin koska aiempia sovelluksia ei ole olemassa. Laskuri tehtiin Microsoft Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Lähtötietoina syötetään moottoreiden määriä, moottoritehoja, käyttöaikoja ja käyttöasteita, myös sähkönhinta huomioidaan. Tuloksena saadaan kulutuslukemat ja kustannukset.</p> <p>Laskuriin voidaan tulevaisuudessa päivittää uusia ominaisuuksia. Esimerkkitulojen suurempi määrä vertailuaineistona antaisi tarkempia tuloksia. Energian kulutuksista on olemassa tutkittua aineistoa, mutta ne eivät ole pelkälle sähkölle. Jos laskuri olisi huomionnut myös konepolttoaineet, tutkimustulokset olisivat olleet hyödynnettävissä.</p>	
Avainsanat Energiankulutus, energian säästäminen, laskentaohjelma	
Julkinen	

Field of Study Agriculture and Rural development	
Degree Programme BSc, (Agr), Agriculture and Rural development	
Author(s) Markus Meriläinen ja Pasi Putkonen	
Title of Thesis Electricity counter for production building of dairy cattle	
Date 26.3.2010	Pages/Appendices 48+1+CD
Supervisor(s) Hannu Viitala, Pirjo Suhonen, Jarkko Partanen	
Project/Partners Savonia University of Applied Sciences	
<p>Abstract</p> <p>The economic situation of the farmer has tightened in recent times. The prices of products are low on almost all production fronts. Especially milk, meat and corn prices are low although cyclical fluctuations are large. Farms try to increase their income by seeking savings and intensifying their production. Modern day farms have many energy consuming machines and equipment, whose automation state is high. Human work has been transferred to machines and these need a lot of electricity and fossil fuel. The farmer can get big savings when he optimizes prices, maximizes their efficiency, power consumption and adjust the machines. The aim of our work is to create a calculation tool for energy consumption. This serves primarily farmers who are planning production buildings equipped with an automated milking system. The calculation tool can be also used for other production lines and already completed buildings.</p> <p>The report includes theoretical background of consumption, production, efficiency and saving of energy on Finnish farms. There is also a section for electrical machinery used in the protection of cows, whose energy consumption the tool also measures. The most important areas the calculation tool measures are ventilation, manure removal, feeding, lighting, milk chilling, heating of water and milking. The tool calculates how much energy each area uses. The most important principle of the tool is to keep it simple and user friendly, give it a simple and clear layout as well as give clear sections for data input of the user. Examination of results must be easy and the main objects of energy consumption apparent. The purpose of this tool is to draw attention to the farmer of those energy consuming spots and text components of the calculator to help manage energy consumption.</p> <p>The calculation tool was carried out because earlier applications do not exist. The calculator was made with the aid of the Microsoft Excel program. Source information fed into the calculator is that of the number of motors, motor power, operating times and utilization rates, also the price of electricity is taken into account. This gives as a result consumption figures and costs.</p> <p>The calculation tool can be used in the future to update new features. A greater number of showcase farms as a comparison would give more exact results. Research information exists about the consumption of energy in farms but not just for electricity. If the calculation tool would have taken into account also engine fuel the research results would have been more exploitable.</p>	
Keywords Energy consumption, energy saving, calculation tool	
Public	

1	JOHDANTO	5
2	ENERGIAN KULUTUS SUOMALAISILLA MAATILOILLA.....	7
3	ENERGIAN TUOTANTO JA TEHOKKUUS	9
3.1	Lämpöenergiantuotanto maatilalla	9
3.2	Metsäenergia	9
3.3	Muita lämmönlähteitä.....	10
3.4	Sähköntuotanto maatiloilla	11
3.5	Energiatehokkuus.....	11
3.6	Energiatehokkuuden edistäminen	12
4	KARJASUOJIEN ENERGIAKULUTTAVA KONEISTUS.....	13
4.1	Karjasuojien ilmanvaihto.....	13
4.2	Ilmanvaihto- ja energialaskelma laitevalintojen perusta.....	16
4.3	Karjasuojien valaistus	17
4.4	Ruokinta ja lannanpoisto	18
4.5	Lypsy, maidonjäähdytys ja maidosta vapautuvan lämmön hyödyntäminen.....	19
4.6	Moottorien hyötysuhteet	20
4.7	Lypsyrobotivertailu	20
4.8	Vasikoiden juotto ja harjakoneet.....	23
5	ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN	24
5.1	Energiasuunnitelma	25
6	LYPSYKARJATILAN TUOTANTORAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUSLASKURI	26
6.1	Laskurin tekeminen opinnäytetyönä.....	26
6.2	Suunnittelu	27
6.3	Lähteiden hankinta.....	28
6.4	Laskurin toteutus	29
6.5	Testaus.....	32
7	LASKURIN LOPULLINEN MUOTO	34
8	LASKURIN KÄYTTÖOHJE	38
8.1	Lähtötiedot	38
8.2	Laskuri	38
8.3	Tulokset.....	39
9	LASKURIN HYÖDYNTÄMINEN.....	40

10 PÄÄTÄNTÖ	41
LÄHTEET	43
LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Maatilojen taloudellinen tilanne on kiristynyt viime aikoina. Tuotteiden hinnat ovat alhaiset melkein kaikilla tuotantosuunnilla. Varsinkin maidon, lihan ja viljan hinta on heikko, tosin suhdanteista johtuvat vaihtelut ovat suuria. Maatilat yrittävät parantaa tulostaan hakemalla säästöjä ja tehostamalla toimintaansa. Maatiloilla energian hankinta muodostaa merkittävän kustannuksen, sähköä ja polttoaineita kuluu runsaasti. Tuotantopanosten ja energian hintoja voi kilpailuttaa, koska myyjiä on paljon ja kilpailu myös niillä aloilla on kovaa. Nykyisin tilat alkavat jo kiinnittää huomiota energian kulutukseen, ja haluavat alentaa energiakustannuksiaan.

Nykyaikaisilla maitoiloilla on paljon energiaa kuluttavia koneita ja laitteita, koska automaatioaste on korkea. Ihmistyötä on siirretty koneiden hoidettavaksi, mitkä tarvitsevat toimiakseen sähköä tai fossiilisia polttoaineita. Näiden koneiden hankintahintojen, tehokkuuden, energiankulutuksen ja säätöjen optimoinnilla on mahdollista saada aikaan huomattavia säästöjä. Halvin laite ei välttämättä ole käyttökustannuksiltaan paras eikä tehokkain, ja investoinnissa saatu säästö voidaan menettää korkeina käyttökustannuksina. Automaatioasteen korottaminen vähentää ihmistyötä, näin ihmiset jaksavat paremmin ja vapaa-aikaa jää enemmän. Muutaman euron säästöihin ei kannata uhrata omaa terveyttään, jota ei voi rahassa mitata.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia energiankulutuslaskuri, joka palvelee ensisijaisesti uutta automaatiolypsyllä varustettua tuotantorakennusta suunnittelevaa viljelijää. Laskuria on mahdollista käyttää myös muihin tuotantosuuntiin ja jo valmiisiin rakennuksiin. Laskuri kertoo syötettyjen lähtötietojen perusteella tuotantorakennuksen energiankulutuksen, tulokset ovat suuntaa antavia, ohjelma toimii myös oppaana kuinka energiaa on mahdollista säästää. Ohjelman käyttö halutaan pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja sen käyttö onnistuu aivan perus atk-taidoilla.

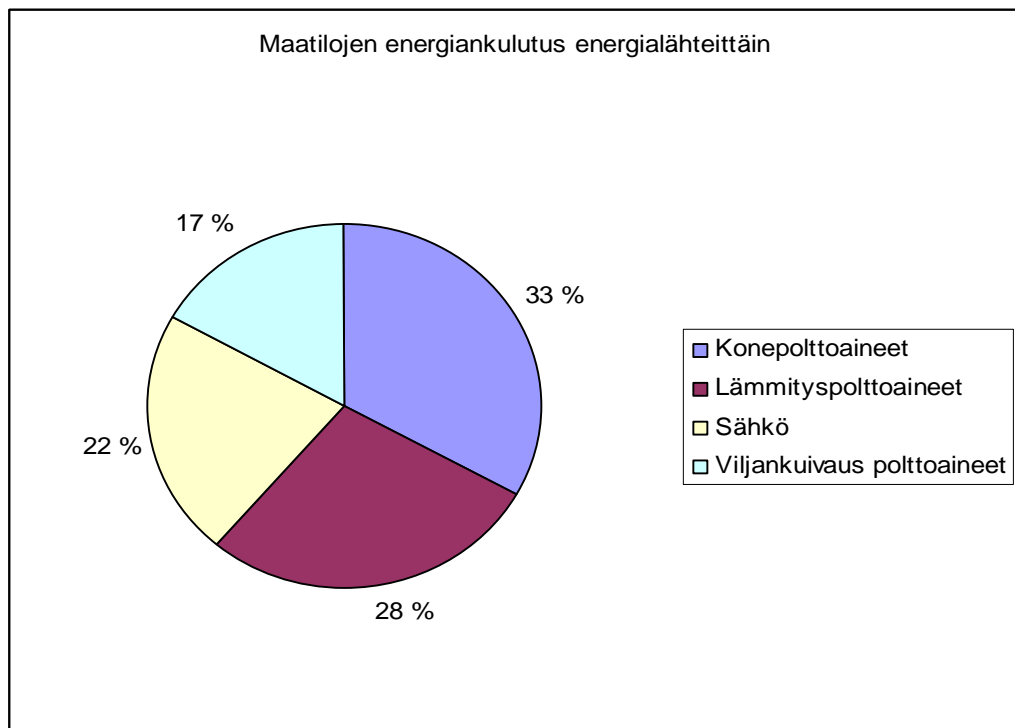
Laskurin tavoitteena on auttaa mahdollisimman suurta viljelijä joukkoa hallitsemaan tuotantorakennusten energiankulutusta niin suunnittelu, kuin toiminta vaiheessakin. Laskurin opasmaisen osion tavoite on auttaa saamaan säästöjä säätöjen ja laitevalintojen avulla, ja raportista selviää, kuinka suuria säästömahdollisuuksia maataloudessa onkaan.

Opinnäytetyö on toiminnallinen. Raportti sisältää teoriataustaa suomalaisen maatalouden energiankulutuksesta, tuotannosta, tehokkuudesta ja säästämisestä. Karjasuojien sähköiselle koneistukselle, jonka kulutuksia laskuri määrittelee, on myös oma osio. Valmistumisprosessi ja laskurin käyttöohje ovat myös osana raporttia. Tärkeimpinä lähteinä ovat olleet muun muassa TTS tutkimuksen ja ProAgria Kekusten Liiton julkaisut.

Työkalu laaditaan Microsoft Excel 2003 ja 2007 -taulukkolaskentaohjelmia hyväksikäyttäen. Laskettavien kohteiden valinnan perusteena on se, kuinka paljon ne kuluttavat energiaa ja kuinka niistä voidaan saada aikaan säästöjä. Tärkeimmät kohteet ovat ilmastointi, valaistus, lypsy ja ruokinta, myös muita osia on otettu mukaan.

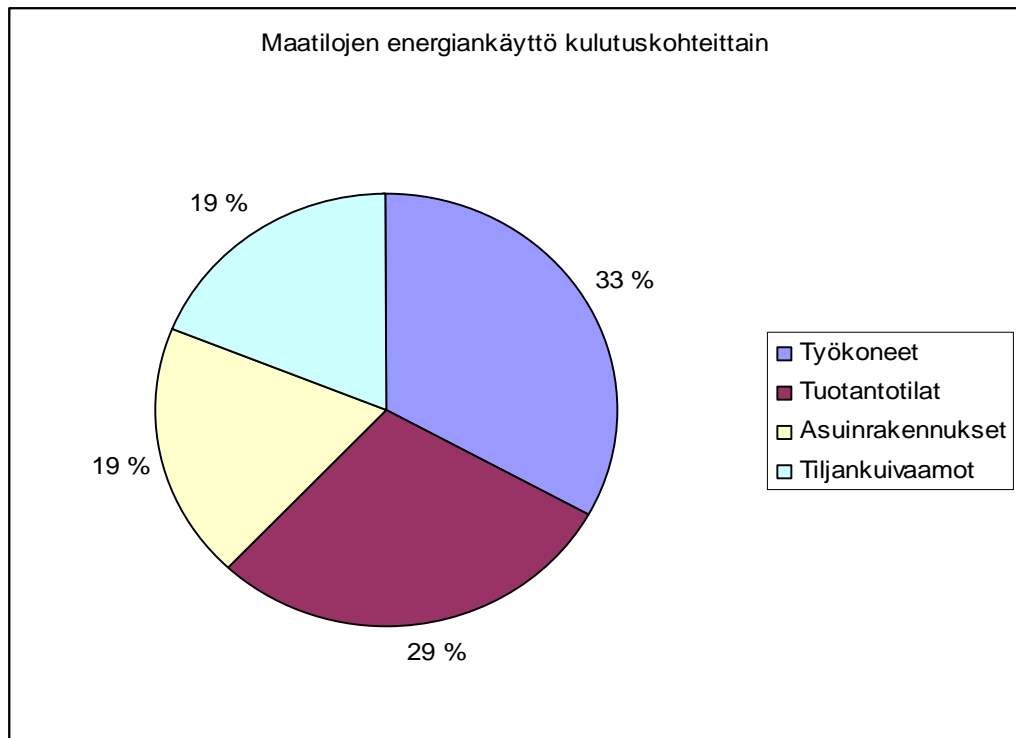
2 ENERGIAN KULUTUS SUOMALAISILLA MAATILOILLA

Suomalainen maatalous on perheviljelmämuotoista, jonka tunnusomaisia piirteitä on pieni tilakoko ja suuri tilojen määrä. Vuonna 2009 Suomessa oli noin 64 200 maatilaa, joiden keskimääräinen pinta-ala oli noin 36 pellohehtaaria. Maitotilojen keskilehmäluku oli 23,2 lehmää vuonna 2009. Yli puolet tiloista oli kasvinviljelytiloja, maitotiloja oli noin 19 %, ja muita nautatiloja noin 6 %. (Maataloustilastot 2009)



KUVIO 1. Maatilojen energiankulutus energialähteittäin (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007)

Maatiloilla kokonaisenergiankulutus on noin 12000 GWh vuodessa. Energiankäyttö jakautuu siten, että konepolttoaineiden osuus on 33 %, lämmityspolttoaineiden 28 %, sähkön 22 % ja viljankuivauksen polttoaineiden 17 %. Suurimpia energiankuluttajia työkoneet 33 % ja tuotantotilat 29 %. Asuinrakennusten ja viljankuivaamoiden osuus on molemmilla 19 %. (Kuvio 1; Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007, 7.)



KUVIO 2. Maatilojen energiankäyttö kulutuskohteittain (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007.)

Karjatiljan sähkönkulutus on kokonaisuudesta keskimäärin noin 20–30 %. Porsitussikalassa on suurimmat sähkölukutukset, koska joudutaan käyttämään lämpölamppuja porsaiden lämmitykseen. Suomalaisten maatilojen lämmityspolttoaineiden osuus on 44–56 % tilojen käyttämistä polttoaineiden kokonaismäärästä. Nautatilalla se on 27 %, koska lämmitystä ei tarvita, ja broilerikasvattamoilla 79 % korkean kasvatuslämpötilan vuoksi. (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007, 7.)

3 ENERGIAN TUOTANTO JA TEHOKKUUS

3.1 Lämpöenergiantuotanto maatilalla

Suomalaisilla mautiloilla on yleensä mahdollisuus tuottaa energiaa itse, varsinkin lämmöntuotanto on hyvin yleistä. Monesti tekniset ja kokoluokkaan liittyvät seikat rajoittavat tilojen omaa energiantuotantoa. Suurien tehokkaiden laitosten tekniikka ei ole monestikaan järkevästi sovellettavissa maatilaa vastaavaan kokoluokkaan. (Surakka 2009, 33.)

Lämpöä tuotetaan useimmiten polttamalla puuta tai muuta hyvin palavaa ja sallittua ainetta, esimerkiksi öljyä. Tulisijoina on useimmiten uuni tai lämmityskattila. Kattila on monesti sellainen, jossa voi polttaa yhtä tai kahta eri materiaalia, esimerkiksi puuta ja öljyä. (Solmio & Valkonen 2002, 18.)

Polttoaineiden sisältämä lämpö saadaan talteen yleensä yli 90 prosenttisesti. Lämmön varastointia ei saada tehokkaasti pitkäkestoiseksi ja siirrossa syntyy yleensä hyvin paljon häviöitä. Puu ja kevytpolttoöljy ovat mautilojen yleisimmät lämpöenergian lähteet. Öljy sisältää paljon energiaa ja sen käsittely on helppoa, mutta sen hinnan vaihtelut vaikeuttavat kustannusten arviointia. Kasviöljyjen käyttö on yleistynyt viime aikoina, ja niitä voi polttaa lämmöksi ja esteröimällä sitä voidaan käyttää koneiden polttoaineena. Turve on yleinen suurten lämpölaitosten polttoaine, mutta mautiloilla sen käyttö on harvinaista. (Surakka 2009, 35.)

3.2 Metsäenergia

Puu on uusiutuva, puhdas ja kotimainen energianlähde, ja sen korjuu ja hankinta työllistää metsänomistajia ja metsäammattilaisia. Energiapuun korjuu mautilan metsistä pitää metsät hoidettuina. Hake soveltuu hyvin mautilojen lämpöenergian lähteeksi. (Saksa ym. 1994, 5.)

Puu sisältää vähän energiaa ja sen polttaminen aiheuttaa hiukkaspäästöjä. Varastotilojen suhteen puupolttoaineet tarvitsevat kymmenkertaisesti tilaa verrattuna öljyyn. Energiapuiden korjuu on työlästä ja aikaa vievää työtä. Tosin melkein jokaiselta tilalta löytyy metsää, jonka hoitotarpeen seurauksena saadaan väkisinkin energiapuuta. (Surakka 2009, 36.)

Öljy voidaan helposti korvata pelletillä, polttolaitteet mahtuvat yleensä vanhoihin tiloihin ja investointi on yleensä pieni. Pellettien poltossa kattilan teho heikkenee, eikä pelkälle öljylle tarkoitettua kattilaa voida soveltaa pellettien polttoon. Pellettikilo sisältää 4,8 kWh energiaa ja tarvitsee vähemmän varastotiloja kuin hake ja pilkkeet. Hake on kuitenkin suosituin lämmöntuotantoon käytetty polttoaine maataloilla. Vaikka varastojen tulee olla suuria, se ei kuitenkaan aiheuta yleensä ongelmia. Hakkeen energiasisältöä on vaikea määrittellä, ja poltosta syntyy pellettiä enemmän tuhkaa. Tuhkalle tosin löytyy monta hyvää käyttökohdetta. (Surakka 2009, 36.)

3.3 Muita lämmönlähteitä

Osa tilan pelloista voidaan valjastaa tuottamaan peltoenergiaa. Energian tuotantoon soveltuvat niin yksi- kuin monivuotisetkin kasvit. Peltoenergian tuotannon tulee olla mahdollisimman energia- ja kustannustehokasta. (Bioenergia-verkkopalvelu 2009.)

Olki ja ruokohelpi ovat myös hyviä lämmönlähteitä, joita Suomessa on tosin aika vähän käytetty. Olkikilo sisältää energiaa noin 4,5 – 5,2 kWh, poltosta syntyy paljon tuhkaa. Sähköllä on paras hyötysuhde, ja sen käyttö helppoa ja investointi on usein halpa. (Surakka 2009, 37.)

Biokaasun käyttö on hiukan yleistynyt ja sitä on helppo polttaa, kuitenkin ympärivuotinen käyttö on maataloilla haastavaa. Hyvin pieni osa maataloista käyttää myös kivihiiltä ja maakaasua lämmöntuotantoon. Kilo maakaasua sisältää energiaa 10 kWh, eli lämpöarvo on korkea, ja käyttö on helppoa. Puutarhatila voi helposti hyödyntää poltossa vapautuvan hiilidioksidin kasvihuoneissa. (Surakka 2009, 37.)

3.4 Sähköntuotanto maataloilla

Suomessa sähköä tuottaa vain muutama maatila, ja nekin vain omiin tarpeisiinsa koska myynti ei ole kannattavaa. Tosin varavoimaa tuottavia generaattoreita löytyy monilta tiloilta, näitä käytetään sähkökatkojen aikana. Generaattorin hyötysuhde on heikko, eikä se siten sovellu jatkuvaan sähköntuotantoon. Myyntiin tuotettaessa sähköntuotantokapasiteetin tulisi olla useampia satoja kilowatteja, jotta tuotanto ja myynti ovat kannattavaa. (Surakka 2009, 40.)

Maatila voi tuottaa sähköä myös tuulivoimalla, jos alueen tuuliolot ovat suotuisat. Tuulivoimalla tila voi tuottaa suuren osan tarvitsemastaan sähköstä. Tuulivoimala on tarkkaan suunniteltava investointi, koska tuuliolot ovat usein hyvin vaihtelevat. Ennen investoinnin aloittamista on tehtävä tuulimittaukset, joiden avulla todellinen tuotantopotentiaali selviää. Suuret voimalat eivät monestikaan tahdo istua maisemaan erikoisen hyvin. (Surakka 2009, 40.)

3.5 Energiatehokkuus

Ajoneuvopolttoaineet muodostavat suurimman osan maatalojen energian kulutuksesta. Ajotavan muuttaminen taloudellisemmaksi saa aikaan säästöjä polttoaineen kulutuksessa. Viljan kuivaamisen rajoittamisella ja säilöntämenetelmän muutoksilla on mahdollista saada aikaan säästöjä. Edullisia kulutukseen ja säästämiseen vaikuttavia ratkaisuja saadaan lämmitysmuodon muutoksilla. (Kari 2009, 49.)

Kasvintuotannossa tuotantopanokset yritetään muuttaa tuotteiksi mahdollisimman tehokkaasti. Pellon hyvä tuottavuus parantaa viljelyn energiatehokkuutta, koska kilowatteina mitattu energia suhteessa sadon määrään pienenee, kun satoa tulee runsaasti. Kasvintuotannon energiatehokkuutta voidaan parantaa myös luonnon omilla tavoilla. Esimerkiksi viherlannoitus- ja esikasvivalinnoilla voidaan vaikuttaa muokkaus ja kasvinsuojelu tarpeeseen. Myös maan kasvukunnolla on merkitystä, ja siitä tulisi huolehtia riittävillä ojituksilla, kalkituksilla ja viljelykierrolla. (Kari 2009, 49.)

3.6 Energiätehokkuuden edistäminen

Tuotantorakennuksissa käytetään joko kokonaan tai osittaista luonnollista ilmanvaihtoa. Rehunjako ja siirtely tehdään kevyillä kuljettimilla tai koneilla. Tuotantorakennus suunnitellaan niin, että luonnon valolla saadaan valaistua aina kun se on mahdollista, ja rakenteiden tulee olla muutenkin valoisia. Valaistus voidaan myös osastoida ja ajastaa tarpeen mukaan, näin kulutus saadaan optimoitua. Lämmönlähteen tulee olla tehokas, jotta hyötysuhde saadaan korkeaksi. Rakennuksia lisäeristetään ja lämpöä otetaan talteen ilmasta, maidosta ja lannasta. (Toivonen 2009, 58.)

4 KARJASUOJIEN ENERGIAAKULUTTAVA KONEISTUS

Nykyaikaiset tuotantorakennukset pitävät sisällään paljon energiaa kuluttavaa koneistusta. Eläinten hyvinvointi ja työnkuvan muuttaminen vaativat koneita, jotka korvaavat ihmistyötä ja parantavat niin eläinten kuin ihmistenkin viihtyvyyttä. Esimerkiksi ilmanvaihto ja valaistus ovat tärkeitä hyvinvoinnin kannalta. Automaattilypsy ja – ruokinta taas vähentävät ruumiillisen työn tarvetta. Tuotokset nousevat useampien lypsy- ja ruokintakertojen ansiosta, mutta laitehankinnoilla investointikustannukset kasvavat. Toisaalta kallista ihmistyötä saadaan vähennettyä huomattavasti.

Lypsykarjanavetan suurimmat energiankulutuskohteet ovat lypsy, maidonkäsittely, ruokinta, valaistus ja ilmanvaihto. Lämmityksen ja ilmanvaihdon kulutus vaihtelee suuresti vuodenaikojen mukaan. Tinkiminen ilmanvaihdon määrässä johtaa usein huonoon navetta-ilmaan, jossa on liikaa kosteutta ja hiilidioksidipitoisuus on korkea. (Kirkkari & Lehtinen 2005.)

4.1 Karjasuojien ilmanvaihto

Karjasuojien ilmanvaihdon energiankulutus on 1200 GWh (10 %) kokonaiskäytöstä. Ilmanvaihto tarkoittaa raittiin ilman tuontia, haitallisten kaasujen poistoa ja lämpötilan hallintaa. Ilmastointi on koneellista tulo- ja poistoilman hallintaa, johon on lisätty jäähdytys- tai kostutusjärjestelmä. Mahdollisia energiansäästötoimenpiteitä liittyen ilmanvaihtoon ovat navetta-ilman kosteuden vähentäminen, säätöjen parantaminen ja koneellisen ilmanvaihdon vähentäminen. (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007, 16.)

Karjasuojissa kosteuden vähentämiskeinoja on kondenssiopintojen käyttö, johon tiivistyy osa karjasuojan ilmakehän kosteudesta. Näin ollen kosteaa ilmaa ei tarvitse poistaa koneellisesti. Pinnat asennetaan tuloilmaluukkuihin. Kondenssiopintojen ensisijainen tarkoitus on karjasuojien ilmanlaadun parantaminen, eikä energiankulutuksen vähentäminen. Kondenssiopintojen käyttö soveltuu pääosin lämpimien nautatilojen ja sikaloiden ilmanvaihtoon. (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007, 16.)

Karjasuojissa olisi merkittävä potentiaali lämmön talteenoton suhteen. Lämpöjärjestelmän rakentamisen ongelmia ovat pöly, kaasut ja jäätyminen. Siksi sen rakentaminen on kallista. Lihanautojen kasvattamoissa voitaisiin säästää energiaa rakentamalla kylmäpihattoja, joissa on painovoimainen ilmanvaihto. Säästöjä voidaan tehdä lähinnä uusia kasvattamoja suunniteltaessa. (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007, 16.)

Navetta ilman hiilidioksidipitoisuus määrittää ilmanvaihdon tarpeen, joka on talvella noin 60 – 80 m³ lehmäpaikkaa kohden. Kesäaikana ilmanvaihdon tarve kasvaa noin seitsemänkertaiseksi. Koneellinen ilmanpoisto on yleisin, se saa aikaan navettaan alipaineen ja korvausilma tulee korvausilmaluukuista vapaasti alipaineen vaikutuksesta. Yleisin poistopuhaltimen koko on 500 W, se poistaa ilmaa tehokkaimmillaan noin 7000 m³ tunnissa. Vuodessa se kuluttaa sähköä noin 3500 kWh:n verran. (Lehtinen 2009, 18.)

4.1.1 Alipainejärjestelmä

Korvausilma saadaan eläintilaan koneellisesti tai luonnollisesti luodun alipaineen avulla, alipaine on alle 30 KPa. Kun poistohormit eivät ole käytössä, ne tulee sulkea joko käsin tai automaattisesti niin sanotuilla perhospelleillä. Osa poistohormeista ei ole käytössä talvella, jolloin ilmanvaihdon määrää rajoitetaan. Sopivan alipaineen luomiseksi järjestelmän säätöjen tulee olla kohdallaan, parhaiten säätö onnistuu alipainemittarin avulla. Rakennuksen tulee olla tiivis, jotta muualta kuin korvausilmaluukuista ei virtaa sisään kylmää ilmaa. (VIRAKO 2006.)

4.1.2 Tasapainejärjestelmä

Tarpeellinen määrä korvausilmaa saadaan eläintilaan koneellisesti. Tuloilmaa voidaan lämmittää, mutta se vaatii kanavoinnin. Järjestelmässä on kuitenkin pieni alipaine 2 – 3 PA, poistopuhaltimien painehäviöt pienenevät. (VIRAKO 2006.)

4.1.3 Ylipainejärjestelmä

Eläintilaan saadaan ylipaine kun korvausilman tuonti on koneellistettu. Ylipaine kuitenkin työntää ilmankosteuden rakenteisiin ja saa rakenteet kostumaan, tämän takia järjestelmää ei suositella. (VIRAKO 2006.)

4.1.4 Luonnollinen ilmanvaihto

Sisä- ja ulkoilman tiheuserot sekä korvausilma- ja poistoaukkojen korkeuserot saavat aikaan ilman liikkeen eläintilassa. Korvausilmaluukkujen mitoitus siten, että luukun pinta-alaa on 2 neliösenttiä korvausilmakuutiota kohden. Poistoaukkojen pinta-alan tulee olla korvausilma-aukkojen pinta-alaa pienempi.

(VIRAKO 2006.)

4.1.5 Ilmanvaihdon ongelmia

Jos minimi-ilmanvaihto (ilmanvaihdon suuruus, jota ei saa alittaa) on liian isolla, navetta ilma kuivuu ja ilmanvaihto kuluttaa tarpeettomasti energiaa. Yksi nolla-asteinen ilmakuutio sisältää 0,345 W energiaa. Liian pieni minimi-ilmanvaihto aiheuttaa taasen, että navetan kosteus nousee liian korkeaksi, myös muiden haitallisten aineiden pitoisuudet nousevat. Alhaisella minimi-ilmanvaihdon tasolla tosin säästetään energiaa, mutta säästön paikka on väärä. (VIRAKO 2006.)

Laitteiden säädöistä johtuvia ongelmia ovat esimerkiksi väärät tuloilman heittopituuudet. Liian alhaisen virtausnopeuden takia ilma ei sekoitu kunnolla ja liian voimakkaat virtaukset aiheuttavat vedon tunnetta. Eläimen kohdatessaan ilmanvirtausnopeus ei saa ylittää 0,2 m/s. Jos maksimi-ilmanvaihto (poistaa ylimääräisen lämmön) on liian suuri, sisä- ja ulkolämpötilojen ero kasvaa Alipaineen kasvaessa poistopuhaltimet joutuvat liian kovalle rasitukselle. Ilmanvaihtokoneiden melu ei saa ylittää 65 dB. (VIRAKO 2006.)

4.1.6 Ilmanvaihtolaitteet

Poistopuhaltimet ovat yleensä aksiaalipuhaltimia, joiden kierrosnopeudet ovat joko 900 tai 1400 r/min. Painehäviöiden sietokyky on heikko varsinkin matalammilla kierrosluvuilla, mutta käyntiäänäni on hiljaisempi. Puhaltimien ottoteho on yleensä 200 ja 1000 watin väliltä. Poistohormien painehäviöitä aiheuttavat muodot, pinnat, säätöpelit, mutkat, ja sadehattu. Ilmanohjaukset puolestaan vähentää painehäviöitä. (VIRAKO 2006.)

Korvausilmaluukun pinta-alan tulee olla koneellisessa ilmanvaihdossa 1 neliösentti per 1 ilmakuutio tunnissa, kun ilmannoisuus on 2,78 m/s. Ilmannoisuus ei saa ylittää 5 m/s. Heittopituuteen vaikuttaa ulko- ja sisälämpötilan ero. (VIRAKO 2006.)

4.1.7 Eläinsuojan lämmitys

Eläinsuojia voidaan lämmittää vesikiertoisilla, ilmalämmitteisillä tai glykolikiertoisilla pattereilla. Glykolikiertoiset laitteet vaativat erityispumpun ja tiiviit liitokset. Myös sähkövastuksellisia lämmittimiä voidaan käyttää kun otetaan huomioon turvallisuus vaatimukset. Lämmitysratkaisuissa voidaan hyödyntää lämmön talteenottoa, tosin painehäviöiden lisääntyessä niiden taloudellinen vaikutus heikkenee. Maidon sisältämän lämmön talteenotto on hyödyntämiskelpoinen vaihtoehto. (VIRAKO 2006.)

4.2 Ilmanvaihto- ja energialaskelma laitevalintojen perusta

Minimi-ilmanvaihto määritellään sen mukaan, mikä on navetan pienin eläinmäärä. Minimi-ilmanvaihto vaikuttaa ratkaisevasti siihen millaiset ilmanvaihtolaitteet navetaan valitaan. Liian suuri minimi-ilmanvaihdon määrä nostaa huomattavasti rakennuksen lämmityskustannuksia. Maksimi-ilmanvaihto taas lasketaan suurimman navetassa olevan eläinmäärän mukaan. Maksimi-ilmanvaihto huolehtii siitä, että tuotantorakennuksen lämpötila pysyy oikealla tasolla, noin 3 – 4 astetta ulkolämpötilaa korkeampana. (VIRAKO 2006.)

Lämmitystehon tarve määritetään maantieteellisen mitoituksilämpötilan mukaan. Eläinten tuottama lämpöenergia riittää lämmittämään tuloilman, mutta rakenteiden kautta häviävää lämpöä voidaan joutua korvaamaan lisälämmityksellä. (VIRAKO 2006.)

Tuotantorakennuksen tasapainolämpötila tarkoittaa sitä, että eläinten tuottama lämpö korvaa ilmanvaihdon, ja rakenteiden aiheuttaman lämpöhäviön. Nautakarjarakennuksissa eläinten tuottama lämpö riittää -20 asteen tasapainolämpötilaan. Suomessa tarvitaan harvoin lisälämmitystä nautakarjarakennuksissa, joten sen kuluttama energiamäärä on pieni. (VIRAKO 2006.)

4.3 Karjasuojien valaistus

Karjasuojien valaistuksen energian kulutus on 500 GWh (4 % kokonaiskäytöstä). Valaistuksessa kannattaa hyödyntää luonnon valoa mahdollisimman hyvin, koska se on ilmaista. Tavalliset hehkulamput kannattaa vaihtaa energiansäästölamppuihin. Valojen käyntiaikamuutoksilla saadaan jonkin verran säästöä energiankulutukseen. Karjasuojissa kannattaa käyttää energiansäästölamppuja, joissa valojen käyntiajat ovat pitkiä. Hehkulamppujen käyttö on vielä suurta, koska ne maksavat murto-osan energiansäästölamppuista. (Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007, 17.)

Riittävä ja oikein mitoitettu 60 lehmän pihatton valaistus kuluttaa vuodessa 200 kWh energiaa lehmäpaikkaa kohden. Valoisat rakenteet ja vaaleat pinnat vähentävät keinovalon tarvetta, ja pienempitehoisten lamppujen valo riittää tarvittaviin luximääriin. Tummat pintamateriaalit voivat lisätä valotehon tarpeen jopa kolminkertaiseksi. Korkeataajuusloistevalaisin valaisee yhtä hyvin kuin normaali loisteputki, mutta tehontarve on vain puolet. Valaistuksen ajastaminen ja valaisimien oikea sijoittelu pienentää siihen kuluvaan energian määrää. Eläinten hyvinvoinnin ja tuotoksen kannalta korkeatuottoinen lehmä tarvitsee jopa 16 tuntia yli 200 luxin valoa, ja alle 50 luxin valoa vähintään 6 tuntia. (Lehtinen 2009, 18.)

Tuotantorakennuksen valaistus tulee luonnonvalosta ja keinovaloista. Ikkunoiden sijainnilla ja niiden koolla on suuri vaikutus luonnonvalon määrään. Riittävän luonnonvalon saamiseksi muunnetun ikkunapinta-alan tulee olla 2–4 % lattiapinta-alasta. Muunnettuun ikkunapinta-alaan vaikuttaa jokaisten ilmansuuntien kertoimet, jotka kerrotaan ikkunapinta-alalla. Kertoimia ovat Länsi- ja itä 1, etelä 1,5 ja pohjoinen 0,4. (Mela, työhyvinvointi 2008.)

Luonnonvalon määrään vähentävästi vaikuttavat puut, pensaat, räystäät ja ikkunoiden likaisuus. Ikkunoiden sijainnin rakennuksessa tulisi olla lähellä sisäkattoa, koska ylhäältä tuleva valo valaisee rakennuksen parhaiten. Pihamaalle näköyhteyden saamiseksi joidenkin ikkunoiden tulee olla kuitenkin alhaalla. Navettarakennuksen valaisimien tulee olla roiskevedenpitäviä, syöpymistä kestäviä ja pölysuojattuja. Sopivin valaisimien koteloluokka on IP34. Valaisimien tehoon vaikuttaa kotelon väri ja pintamateriaali. (Mela, työhyvinvointi 2008.)

Navettarakennuksen sisäkaton heijastuskyvyn tulee olla 70 – 90 %, lattian 20 % ja seinien 40 – 60 %. Katosta tuleva heijastuminen vähentää kenovalaistuksen tarvetta parhaiten. Navettaan tulevat loisteputket tulee asentaa pituussuunnassa seinäsuuntaisesti, jotta valaisimet valaisevat tasaisesti koko navettarakennuksen. Valaisimet tulee asentaa rakennukseen tiheästi ja yksiputkiseksi, tällöin saadaan tasainen valaistus navettarakennukseen. Navetassa tarvitaan myös yövaloja, joiden tehon tulee olla 25–60W. (Mela, työhyvinvointi 2008.)

4.4 Ruokinta ja lannanpoisto

Ruokinnan sähkönkulutukseen vaikuttaa ensisijaisesti sen automaatioaste. Ruokintaratkaisuja on hyvin monenlaisia, niissä tarvittavien sähkömoottoreiden määrä vaihtelee. Esimerkiksi täysautomatoitu seosrehuruokinta kuluttaa sähköä enemmän kuin osittain tai täysin manuaalinen rehunjako.

Traktorilla vedettävä apevaunu ja rehujen varastointi laakasiiloon on kaikkein energiaa kuluttavin ruokintamuoto. Lehmäpaikkakohtainen kulutus on noin 650 kWh vuodessa. Energiapiihin vaihtoehto on väkirehukioskien, kiskoruokkijan ja tornisiilon yhdistelmä. Tällä menetelmällä kulutus on noin 160 kWh lehmää kohden. Energian kulutus on vain yksi rehu- ja ruokintaketjun valintaperuste. Korjuuketjujen hinnat, soveltuvuus tilalle ja rehujen varastoinnin jälkeinen jatkokäsittely vaikuttavat hyvin paljon siihen, mikä milläkin tilalla on paras vaihtoehto. (Lehtinen 2009, 19.)

Lannanpoiston vaikutus energiankulutukseen riippuu myös käytettävien sähkömoottorien määrästä ja niiden käyttöajoista. Painovoimainen lietelantajärjestelmä ei kuluta energiaa lainkaan. Jos lantaa poistetaan raapoilla tai lantapuristimilla, niiden käyttöajat ja moottoritehot vaikuttavat sähkönkulutukseen. Koneiden moottorit ovat tehoiltaan yleensä 2 – 4 kW, erilaisten pumppujen tehot ovat 2 kilowatista ylöspäin. Puh-

taat käytävät parantavat eläinten sorkkaterveyttä, ja säästö syntyy pienemmistä lääkintäkuluista. (Lehtinen ym. 2006,18)

4.5 Lypsy, maidonjäähdytys ja maidosta vapautuvan lämmön hyödyntäminen

Lypsykoneen kulutukseen vaikuttaa paljon sen käyttöaika, automaattilypsyssä robotti on toiminnassa ympäri vuorokauden. Kulutuksissa ja koneiden tehoissa on laitekoh-
taisia eroja, joten kuvaavin kulutus saadaan lehmäkohtaisilla luvuilla (taulukko 1).
Suomalaisilla automaattilypsytiloilla lypsyn energiankulutus vaihtelee noin 270
kWh:sta jopa 715 kWh:n. vuodessa lehmää kohti. (Posio 2009, 38.)

Taulukko 1. Sähkön- ja vedenkulutus erimerkkisillä lypsyroboteilla (Rasmussen & Rasmussen 2002, Latvala & Suokangas mukaan 2005, 48.)

Laitetyyppi	Lely	DeLaval VMS	AMS Liberty	AMS Liberty
Lypsy-yksiköiden lkm	1	1	2	3
Lehmien lukumäärä	60	55	80	100
Sähkö kWh/päivä	65	149	128	105
Sähkö, kW	2,7	6,2	5,4	4,4
Vedenkulutus, m ³ /päivä	0,67	1,0 ¹⁾	0,61	0,69
Alin vedenkulutus/päivä	0,30	-	0,55	0,40
Ylin vedenkulutus/päivä	1,10	-	0,71	1,00

¹⁾ DeLavalin VMS:n vedenkulutus sisältää lattiapesun lypsyn jälkeen.

Maidonjäähdytys kuluttaa energiaa maitotiloilla. Jääpankkisäiliön koneisto on yleensä
pienitehoinen, mutta pesun kulutettavan energian määrä taas vastaavasti suurempi,
koska pesuvesi jäähtyy nopeasti. Suorahöyrysteinen maidonjäähdytys taas vaatii
tehokkaamman koneiston ja kuluttaa enemmän energiaa, mutta sen pesuun kuuluu
taas vähemmän energiaa. (Tiainen ym., 2005, 178.)

Kun maitoliträn lämpötila laskee yhdellä asteella, siitä vapautuvan lämmön määrä on 1,17 W. Maidosta vapautuva lämpö voidaan ottaa talteen lämmönvaihtimella, ja lämpöenergia voidaan hyödyntää joko juomaveden tai lypsyssä käytettävän veden lämmitykseen. Kun lämmin maito jäähdytetään varastointilämpöön, litrasta vapautuu lämpöä noin 40 W, lämmönvaihdin saa tästä talteen noin 30 W. Kun tämä lämpö hyödynnetään, maituhuoneen ilmanvaihdon tarve putoaa 10 prosenttiin. 10 000 litrasta saadaan vuodessa talteen 300 kW lämmitysenergiaa. (Lehtinen 2009, 20.)

4.6 Moottorien hyötysuhteet

Suurimpien sähkömoottoreiden hyötysuhteet nousevat yli 90 %:iin, pienimissä moottoreissa hyötysuhde jää noin 60 – 70 %:n tasolle. Bensiinimoottorin hyötysuhde on noin 25 % ja dieselillä hieman korkeampi. Isojen dieselmoottoreiden hyötysuhde voi olla jopa 40 %. (Sähkömoottori 2009). Sähkö- ja polttomoottorit eivät kuitenkaan käy koko aikaa täydellä teholla, vaan monesti käytössä on vain osa moottorin maksimitehosta.

4.7 Lypsyrobotivertailu

Tanskalainen FarmTest teki vuonna 2009 lypsyroboti vertailun tanskalaisilla maitotiloilla, testissä selvitettiin viiden eri automaattisen lypsyjärjestelmän sähkön ja veden kulutusta. Testissä olivat mukana (valmistaja/malli) DeLaval A/S / DeLaval VMS, Gea WestfaliaSurge Nordic / Titan, Lely Scandinavia A/S / LelyAstronaut A3, S.A. Christensen & Co. / RDS Futureline ja Agripartner ApS / Merlin. (FarmTest, 2009)

Lypsyroboti on kallis ja tarkkaan harkittava investointi. Korkean hankintahinnan lisäksi tilan talouteen vaikuttavat sen käytöstä aiheutuvat muuttuvat kustannukset. Testin osallistuneiden mallien valmistajat olivat myös mukana testauksissa ja saivat säätää robotit siten, että ne toimivat mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti. Kaikkien tilojen karjat olivat samaa holstein-friisiläistä rotua. (Rehnström 2010, 38.)

Automaattisessa lypsyssä roboti kuluttaa sähköä kompressoreihin, alipainepumppuihin, veden lämmittämisen, robotin pumppuihin ja robotin ohjaukseen. Testissä mukana olleiden koneiden sähkönkulutus vaihteli 185 – 490 kWh välillä vuodessa lehmää

kohden. Kymmenen sentin kilowattituntihinnalla se tekee vuodessa 33 – 66 euron laskun jokaista lehmää kohden. Myös tilojen välillä oli suuria eroja samanmerkkisillä roboteilla, jopa 30 % erot johtuivat robottien säädöistä. Oikeilla säädöillä ja riittävällä huollolla varmistetaan robotin energiatehokas toiminta. (Taulukko 2; Rehnström, 2010, 39.)

TAULUKKO 2. Lypsyrobotin sähkön ja veden kulutus maitotonnia ja lypsykerta koh-
ti. (FarmTest, 2009)

Suluissa oleva luku kertoo mittauskerran

Robottimalli	Lypsykertoja/ vuorokausi/ robotti	Lehmiä kpl/ robotti	Sähkön kulutus/ maitotonne	Sähkön kulutus/ lypsy	Pääpesujen määrä/ vrk	Lyhyiden pesujen määrä/ vrk	Robotin veden kulutus/ vrk	Veden kulutus/ maitotonne	Veden kulutus/ lypsy
RDS Future- line	161	64,7	33,7 kWh	0,36 kWh	3,0	0,2	295 litraa	174 litraa	1,83 litraa
VMS (1)	163	61,3	24,7 kWh	0,32 kWh	3,0	4,3	915 litraa	432 litraa	5,62 litraa
VMS (2)	159	67,0	19,4 kWh	0,27 kWh	3,0	3,5	735 litraa	328 litraa	4,64 litraa
Astronaut 3 (1)	186	66,5	19,4 kWh	0,20 kWh	2,2	8,6	575 litraa	301 litraa	3,08 litraa
Astronaut 3 (2)	172	57,5	20,5 kWh	0,21 kWh	3,0	0,6	550 litraa	317 litraa	3,20 litraa
Merlin (1)	134	62,6	41,0 kWh	0,44 kWh	3,0	3,9	865 litraa	598 litraa	6,43 litraa
Merlin (2)	141	58,0	31,4 kWh	0,33 kWh	3,0	2,7	895 litraa	598 litraa	6,36 litraa
Titan	309	133,3	57,6 kWh	0,54 kWh	2,1	1,4	965 litraa	334 litraa	3,12 litraa

Sähkön lisäksi robotit kuluttavat myös runsaasti vettä. Vettä kuluu utareiden pesuun, tilasäiliön putkiston puhdistamiseen, pääpesuun ja huuhteluihin lypsyn jälkeen ja huuhteluihin ennen ja jälkeen pääpesun. Testissä selvisi kuinka suurilla vedenkulutus erot voivat olla, vuodessa lehmää kohden robotit käyttivät 1,7 – 5,8 kuutiota vettä. Pääpesujen kulutus on suurinta, mutta niistä ei kannata tinkiä, koska maidon laatu voi huonontua bakteerien määrän lisääntyessä. (Rehnström, 2010, 40.)

Suuria vedenkulutuseroja selittää osittain robottien väärät säädöt. Runsas vedenkulutus lisää lietteen määrää, jonka varastoinnista ja kuljetuksista muodostuu kustannuksia. Piheimmän ja runsaimmin kuluttavan robotin välinen ero oli neljä kuutiota vettä lehmää kohden vuodessa, 130 lehmän navetassa se lisää lietteen määrää noin 500 kuutiota. Tanskalaisten laskelmien mukaan lietekuution varastoinnista ja levityksestä

aiheutuu neljän euron kustannus. Tässä tapauksessa on siis tiedossa 2000 euron lisälasku lietteen käsittelystä vuodessa. (Rehnström, 2010, 41.)

Kulutusten seuranta on tilalliselle kannattavaa työtä. FarmTestin mukaan veden ja sähkön kulutuksen seurantaan helpottamaan kannattaa asentaa omat mittarit. Mittareista aiheutuvat kustannukset maksavat itsensä nopeasti takaisin. Niiden avulla robotti saadaan optimoitua kulutuksen osalta aina huollon yhteydessä, ja kasvaneet kulutukset myös paljastavat robotin rikkiäisen tai väärissä säädöissä olevan kohdan. (Taulukko 3; FarmTest, 2009)

TAULUKKO 3. Vuosittaiset vedestä ja sähköstä aiheutuvat kustannukset lehmää kohti (FarmTest, 2009)

Vuosittaiset vedestä ja sähköstä aiheutuvat kustannukset lehmää kohti					
	Lely	Sac	DeLaval	Merlin	Titan
Lypsykertoja/ vuorokausi/ lehmä keskimäärin, kpl	3) 2,90	2,49	1) 2,52	2) 2,29	2,32
Veden kulutus, m ³ / lehmä/ vuosi	3,31	1,66	4,72	5,33	2,64
Veden kulutus, m ³ / lehmä/ vuosi, 2,5 lypsykertaa	2,85	1,67	4,68	5,82	2,84
Vuosittaiset vesikustannukset, €/ lehmä	13,40	7,90	22,00	27,40	13,40
Sähkön kulutus, kWh/ lehmä/ vuosi	215	324	275	321	456
Sähkön kulutus, kWh/ lehmä/ vuosi, 2,5 lypsykertaa	185	325	272	350	492
Vuosittaiset sähkökustannukset, €/ lehmä	20,00	34,90	29,20	37,70	52,90
Vuosittaiset vesi- ja sähkökustannukset, €/ lehmä, 2,5 lypsykertaa	33,30	42,8	51,30	65,00	66,20
1) Lypsykertoja ensimmäisessä testissä 2,66 ja toisessa 2,37/ vrk/ lehmä					
2) Lypsykertoja ensimmäisessä testissä 2,15 ja toisessa 2,43/ vrk/ lehmä					
3) Lypsykertoja ensimmäisessä testissä 2,80 ja toisessa 2,99/ vrk/ lehmä					

4.8 Vasikoiden juotto ja harjakoneet

Vasikoiden juotto hapanjuotolla voidaan toteuttaa joko vapaasti tai rajoitetusti. Vapaan juoton haittapuolena on se, että vasikat voivat sairastua helpommin ripuliin. Rajoitettuihin annosmääriin tarvitaan tietotekniikkaa ohjaamaan annostelua. Juottoautomaatti kuluttaa sähköä, mutta tähän ei saa takertua, koska vasikoiden hyvinvointi paranee ja ihmistyön määrä laskee. Automaatti annostelee juoman eläinkohtaisesti, juontikerrat ja kerta-annokset voidaan ohjelmoida koneeseen. Automaatin avulla juontia voidaan kontrolloida paremmin ja vasikoiden kehittyminen on varmempaa. (Alasuutari ym., 2006, 109.)

Karjajarja lisää eläinten hyvinvointia. Se asennetaan joko seinään tai pylvääseen. Harjoja on kiinteitä, joissa ei ole moottoria sekä moottorilla toimivia pyöriviä harjoja. Harjamalleja ja valmistajia on useita. Useimmissa pyörivissä harjoissa on ylikuormitussuojat ja turva-automaatiikat, jotka estävät lehmiä loukkaamasta itseään. Karjajarja säästää ihmistyötä, koska käsin harjaamisen tarve vähenee olemattomiin. Eläinlääkärin terveydentila kohenee, koska työläs ja raajoja rasittava harjaaminen poistuu. (Työterveyslaitos, 2008.)

5 ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN

Maataloudessa on arvioiden mukaan 17 % energiansäästöpotentiaali vuosikulutuksesta vuosien 2008 – 2016 välisenä aikana. Työkoneiden polttoaineissa on eniten mahdollisuuksia säästöjen toteuttamiseen. Muista säästökohteista parhaimpia ovat asuinrakennukset, viljan käsittely ja karjasuojat. (Taulukko 4; Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma, 48)

Maatiloilla on monia erilaisia keinoja säästää energiaa. Energian säästäminen alkaa jo suunnitteluvaiheessa. Energiaa ei säästetä, jos laitteiden hankintakustannus on pieni, koska yleensä halvin investointi osoittautuu käyttökustannuksiltaan kalleimmaksi. Uusi energiaa säästävä teknologia on hankintahinnaltaan kalliimpaa, mutta pienempien käyttökustannuksien ansiosta se maksaa itsensä takaisin jo muutamassa vuodessa. Kun energian säästö on kuolettanut laitehankinnan kustannukset, laitteet alkavat tuottaa tiloille rahaa. (Tertsunen, 2000, 2.)

TAULUKKO 4. Energiansäästöpotentiaali maataloudessa (Maatilojen energiaohjelman valmistelu, 2007)

Ryhmä	Kulutus GWh	Maksimi säästö- potentiaali	Säästöpotentiaali GWh
Työkoneet	4000	27 %	1080
Viljan käsittely	2300	14 %	320
Asuinrakennukset	2300	13,5 %	310
Lämmitetyt kasvihuoneet	2000	13,5 %	270
Karjasuojien ilmanvaihto	1200	15 %	180
Muu kulutus	1700	10 %	170
Karjasuojien valaistus	500	12,5 %	60
Yhteensä	14000	17 %	2390

Esimerkiksi pelkän valaistuksen ja ilmanvaihdon säästöpotentiaali on euroissa seuraavanlainen. Yhteensä se on 240 GWh = 240 000 000 kWh. Jos sähköhinta olisi vaikka 10 senttiä/kWh, olisi säästö 24 miljoonaa euroa.

5.1 Energiasuunnitelma

Nykyään maataloille tehdään energiasuunnitelmia, jotka voi laatia maaseutuviraston hyväksymä henkilö. Suunnittelu aloitetaan tarkastelemalla tilan nykyistä rakennetta, olosuhteita ja tuotantoa. Kartoituksessa selvitetään tilan nykyinen energiankulutus ja kustannukset. Suunnitelman tavoitteena on tehostaa tilojen energiatehokkuutta ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöä. Motiva ja Maaseutuvirasto ovat laatineet energiasuunnitelman tekoa varten ohjeistuksen (LIITE 1: MAATILAN ENERGIASUUNNITELMAN VAIHEET; Motiva, 2009.)

6 LYPSYKARJATILAN TUOTANTORAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUSLASKURI

6.1 Laskurin tekeminen opinnäytetyönä

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä on tarkoituksena tuottaa lypsykarjatilän tuotantorakennuksen energiankulutusta määrittelevä laskuri. Aluksi selvitetään onko muita vastaavia tuotoksia jo olemassa ja pohditaan, kuinka omalta osaltamme voisimme tuoda aiheeseen jotakin uutta. Työkalun osat, toimivuus ja sitä käyttävä kohderyhmä tulee olla selvillä jotta suunnittelussa edetään oikeaan suuntaan.

Riittävän ja hyvän suunnittelun jälkeen on helppoa ryhtyä valmistamaan varsinainen tuotos. Tosin prosessin edetessä suunnitelmat muuttuvat ja lopullinen tuotos voi poiketa paljonkin alkuperäisistä suunnitelmista. Erilaisten versioiden kokeileminen ja testaaminen kohderyhmällä antavat paljon hyödyllistä tietoa laskurin toimivuuden, ulkoasun ja tarpeellisuuden kannalta. Palautteen perusteella työkalun kehittäminen on helpompaa ja lopullinen tuotos näin ollen onnistuneempi.

Toiminnallisenkin opinnäytetyöntekijän on pystyttävä perustelemaan valintansa aiemman teorian perusteella. Opitun teorian ja käytännön yhdistäminen on se avain, jolla hyvä toiminnallinen opinnäytetyö saadaan aikaan. Sopivien käsitteiden valinta on tärkeä osa, koska niiden avulla työ pysyy raiteillaan, ja omille ratkaisuille on silloin oikeanlainen teoriapohja. Laskurin toteuttaminen ja siihen tehtävien ratkaisujen on siis pohjaututtava aiempaan teoreettiseen tietoon. Mutta kriittinen suhtautuminen aiempaan tietoon ja omien uusien ratkaisujen tekeminen on myös tärkeää. (Vilka & Airaksinen 2003, 41 – 44.)

Opinnäytetyön tuotos eli energialaskuri joudutaan muuttamaan myös tekstimuotoon. Laskurin käyttäjän kannalta välttämättömin tekstituotos on laskurin käyttöohje. Raportin tulee myös kertoa kuinka valmiiseen tuotokseen on päästy. Se antaa kattavan kuvauksen koko prosessista ja kuvaa, kuinka työ on edennyt ja millainen lopputulos on saatu aikaan. Hyvä raportti kertoo lukijalle kuinka työssä on onnistuttu. Laskurin käyttöohjeen ja kuvauksen tulee olla suunnattu kohderyhmälle, jota teksti puhuttelee. (Vilka & Airaksinen 2003, 65.)

6.2 Suunnittelu

Opinnäytetyön aihe saatiin joulukuussa 2008, ja aloituspalaveri pidettiin 19.12.2008. Opinnäytetyön suunnitelma esitettiin 30.1.2009. Lehtori Hannu Viitala oli mukana ideoimassa laskurin alkuvaiheita. Mietinnässä oli kohderyhmä, aihealueet ja laskurin toteutus ohjelma. Aika selvää oli se, että laskurista toteutetaan viljelijäversio, ja myös suunnittelijat voisivat sitä käyttää.

Laskurin suunnittelu lähti liikkeelle lähtötietojen kirjaamisella. Aluksi mukana olivat ilmastointi, ruokinta, lannanpoisto, lypsy, lypsyssä käytettävän veden lämmitys ja valaistus. Lisäksi mukaan otettiin maidonjäähdytys, vasikoiden juotto ja harjakoneet. Alusta asti oli selvää, että laskuri tehdään Microsoft Excel- taulukkolaskentaohjelmalla, muita vaihtoehtoja ei oikeastaan edes harkittu. Excel on siinä mielessä hyvä, että se löytyy monelta kotitietokoneelta, ja monet osaavat sitä jollain tavalla käyttää. Tosin laskurin tulee olla niin yksinkertainen, että pelkkä numeroiden syöttö soluihin riittää atk-taitojen osalta. Pari aikaisempaa Excelillä tehtyä vastaavan tyylistä työtä antoivat mukavasti neuvoa laskurin toteutukseen.

Kun suunnitelma oli valmis alkuvuodesta 2009, aloimme kysellä olisiko joku taho ollut kiinnostunut toimeksiantajan roolista. Ensiksi soitimme Työtehoseuran Jarmo Lehtiselle, hän sanoi olevansa kiireinen ja oma vastaavanlainen projekti oli käynnissä. Lehtinen kuitenkin piti ideastamme ja kannusti jatkamaan. Sitten soitimme ProAgrian Maarit Karille, joka kertoi myös olevansa kiireinen, mutta lupasi tutustua aikaansaannokseemme. Lähetimme hänelle suunnitelman ja selvitimme millainen työ olisi tulossa. Vastausta ei kuulunut ja lähetimme uuden sähköpostin, mutta jäimme ilman vastausta, joten annoimme asian olla.

Suunnitteluvaiheessa jututimme myös muutamia viljelijöitä ja kysyimme heidän mieltäpidettään ohjelman tarpeellisuudesta. Kukaan ei varsinaisesti ollut vastaan, mutta eivät kyllä olleet kaipailleetkaan sellaista työkalua, kun omia tuotantorakennuksia olivat suunnitelleet. He myös lupautuivat koekäyttäjiksi, kun laskuri olisi testauskunnossa.

Kun aihe oli valittu ja käsitys työn toteutustavasta oli selvillä, tuli aika laatia selvä työnjako. Suunnitelmaa kirjoitettiin yhdessä. Markus Meriläinen vastasi pääosin viitekehuksesta ja Pasi Putkonen kirjoitti suunnitelman muita osia, tietoja kerättiin yhdessä. Varsinaiseen tuotoksen toteuttamiseen valittiin sellainen työnjako, että Pasi vas-

tasi Excel-ohjelmalla tehtävän laskurin työstämisestä, koska Pasi oli opiskelujen aikana perehtynyt enemmän Microsoftin Office-ohjelmiin. Pasi vastasi kokonaisuudessaan työkalun teknisestä toteutuksesta, hän laati pohjat, kaavat ja lisäsi ohjeistavat tekstiosiot. Laskurin suunnittelu tehtiin yhteistyönä, jossa opettajilla oli myös sanansa sanottavana.

Selvä työnjako laskurin ja raportin välillä helpotti työntekoa, koska molemmilla oli oma rooli ja työmaa hyvin selvillä. Jatkuvaa neuvottelua ja neuvonantoa käytiin aktiivisesti puolin ja toisin koko prosessin ajan. Jos toinen kohtasi tilanteen, johon ei löytynyt heti ratkaisua, syntyneitä ongelmia pohdittiin yhdessä. Jos omat neuvot loppuivat, otettiin yhteyttä opettajiin.

Opinnäytetyön valmistuminen kesti melko kauan, koska työt sotkivat aikatauluja aika pahasti, ja aikaa opinnäytetyön tekemiselle ei aina tahtonut löytyä. Toisaalta ei pidetty kovaa kiirettäkään, eivätkä päivätuotokset olleet kovin usein mitään kovin suuria.

6.3 Lähteiden hankinta

Lähteinä on käytetty kirjoja, tiedotteita, Internetiä, tutkimusraportteja ja tutkielmia. Alkuun lähteiden hankinta tuntui haastavalta, koska energiankulutus maataloudessa ei ole vielä kovin tutkittu aihe. Muutamia hyviä teoksia löytyi heti alkuunsa, ja pitkin matkaa uusia käyttökelpoisia lähteitä putkahteli esiin.

Työtehoseuran tutkimukset ja maataloustiedotteet ja ProAgrian ”Tieto tuottamaan”-sarjan teokset ovat olleet merkittäviä lähteitä. Internetistä löytyi muun muassa ”Maatilojen energiaohjelman valmistelu”, ja Posion ”maito- ja lihanautatilojen energiankulutus”. Näiden lähteiden pohjalta työn teoriatausta on koottu.

Kuvat on otettu itse muun muassa MTT Halolan uudesta navetasta ja erään kiuruvetisen maidontuottajan parsipihatosta. Sama kiuruvetinen maidontuottaja on myös ideoinut ja koekäyttänyt laskuria. Lähteistä on myös otettu monet kuviot lähes sellaisinaan ja lähteiden lukujen perusteella tehty myös omia kuvioita ja diagrammeja.

6.4 Laskurin toteutus

Laskurin työstäminen Excel ohjelmalla aloitettiin alkuvuodesta 2009. Hannu Viitala oli teknisenä tukena kun Excelliin ruvettiin hahmottelemaan karkeaa ensimmäistä versiota laskurista. Opettajan läsnäolo oli välttämätön, koska omat Excel- taitomme eivät riittäneet tarvittavaan käytön hallintaan. Opettaja Jani Kekäläiselle olisi ollut myös käyttöä, mutta viivästynyt aikataulu johti siihen, että hän kerkesi vaihtamaan työpaikkaa.

Laskurin tekemisen periaatteena oli pitää se yksinkertaisena ja käyttäjä ystävällisenä. Yksinkertainen ja selkeä ulkoasu sekä selvät kohdat, mihin kukin käyttäjä tietonsa syöttää. Tuloksien tarkastelun tulee olla helppoa ja selvästi suurimpien kulutuskohteiden tulee käydä ilmi. Tämän tarkoituksena on herättää käyttäjä huomaamaan oman tilansa energiasyöpöt kohteet, ja laskurin tekstiosioiden tarkoitus auttaa energian kulutuksen hallinnassa.

Ensimmäisessä versiossa oli niin kutsutut tilankuvauskohdat, mihin kuvailtiin tilan nykyinen tilanne energiankulutuksen osalta, ja toiseen kohtaan pystyi kuvailemaan tulevan tilanteen. Näiden kohtien tarkoituksena on olla muistiona laskurin käyttäjille, mikä helpottaa vanhan ja uuden tilanteen keskinäistä vertailua. Myös sähkö- ja polttoainelaskuille oli omat kohtansa. Sähkön hinta sekä yö- ja päiväsähkön suhde syötettiin myös lähtötietosivulle. Myöhemmin konepolttoaineista luovuttiin ja keskityttiin ainoastaan sähkökulutukseen.

Laskurin ensimmäinen välilehti (kuvio 4) oli nimetty lähtötietosivuksi, sillä siihen syötetään ne tiedot, joiden perusteella laskuri laskee energiankulutuksen. Ensimmäisen version lähtötietosivulla olivat paikat ilmastoinnille, ruokinnalle, lannanpoistolle, lypsylle, maidon jäädytykselle, valaistukselle ja lypsyssä käytettävän veden lämmitykselle. Jokaisen osan kohdalla oli paikat sähkömoottorien lukumäärälle, moottoriteholle, käyttöajalle ja käyttöasteelle. Valaistus ja vedenlämmitys poikkesivat hieman. Valaistuksessa oli valaisinten määrä ja teho ja vedenlämmityksellä varaajan vastuksen teho.

Tulokset sivulla oli omat kohdat jokaiselle kulutuskohteelle. Niistä kävi ilmi vuorokausi- ja vuosikustannukset ja vuorokausi- ja vuosikohtaiset kulutuslukemat. Tulokset välilehden alareunassa oli kohta, joka näytti suurimman kulutuskohteen ja yhteen

lasketut kulutus- ja kustannuslukemat. Grafiikoita ja ohjeistavia infovälilehtiä ensimmäinen versio ei pitänyt sisällään.

Ensimmäinen versio oli hyvin karkea hahmotelma tulevasta, mutta usko siihen että työ voisi onnistua, alkoi lujittua. Ensimmäisen version jälkeen tehtiin ajatustyötä ja hahmoteltiin paperille uusia versioita. Vasikoiden juoton ja veden lämmityksen laskentakohdista luopumista harkittiin.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
3	LÄHTÖTIEDOT												
4													
5	Tilankuvaus: Vallitseva tilanne												
6	Tilankuvaus: Tuleva tilanne												
7													
8	Nykyiset kustannukset: Sähkölasku												
9	Nykyiset kustannukset: Polttoainelasku												
10													
11	Sähkönhinta €/kWh			0,35									
12													
13	Yö- ja päiväsiähkön suhde			100/0									
14													
15	Sähkömoottorin hyötysuhde												
16	Sähkömoottorin käyttöaste %												
17													
18	Ilmastointi:												
19	Sähkömoottoreiden lukumäärä	moottorienteho kW		käyttöaika h/vrk	käyttöaste %	kWh							
20		6	2,5	24	50 %	180							
21	Ruokinta												
22	Sähkömoottoreiden lukumäärä	moottorienteho kW		käyttöaika h/vrk	käyttöaste %								
23		1	10	3	70 %	21							
24	Lannanpoisto												
25	Sähkömoottoreiden lukumäärä	moottorienteho kW		käyttöaika h/vrk	käyttöaste %								
26		4	3	2	100 %	24							
27	Lypsy												
28	Sähkömoottoreiden lukumäärä	moottorienteho kW		käyttöaika h/vrk	käyttöaste %								
29		2	2,7	18	40 %	38,88							
30	Maidon jäädytys												
31	Sähkömoottoreiden lukumäärä	moottorienteho kW		käyttöaika h/vrk	käyttöaste %								
32		2	4	2	100 %	16							
33	Valaistus												
34	Valojen määrä	Valaisimen teho W		käyttöaika h/vrk	käyttöaste %								
35		60	50	24	70 %	50,4							
36	Lypsyssä käytettävän veden lämmitys												
37											yhteensä	330,28 kWh/vrk	115,508

KUVIO 4. Laskurin ensimmäinen versio.

Maaliskuun lopulla 2009 toinen versio laskurista (kuvio 5) oli valmis. Laskuriin oli lisätty grafiikat ja infovälilehdet, jotka tässä vaiheessa olivat vielä ilman tekstejä. Infovälilehdille pääsee klikkaamalla kunkin osan hyperlinkkiä. Huhtikuun aikana aloitettiin infovälilehtien sisällön tuottaminen. Infolehtien tekstiosiot kirjoitettiin opinnäytetyöraporttiin ja siirrettiin sieltä Exceliin. Kaikkia kohtia ei vielä tässä vaiheessa saatu valmiiksi. Grafiikoiden ulkoasua ja tutkimisen selkeyttä mietittiin tarkoin, lopulta päädyimme ympyrä- ja pylväsdiagrammeihin.

6.5 Testaus

Vuoden 2010 alussa laskuria ruvettiin testaamaan viljelijöillä ja opiskelijatovereilla. Selkein puute siinä vaiheessa oli selkeän ulkoasun puute, ja sen myötä käyttäjäystävällisyys oli heikko. Grafiikoiden diagrammit olivat liian suuria, eivätkä ne näkyneet yhdellä näytöllä, vaan niitä joutui rullaamaan pienellä näytöllä.

Valaistus- kohdassa valojen määrä pudotusvalikossa oli liian pieni, koska monilla käyttäjillä navetassa saattoi olla jopa toistasataa valaisinta. Tässä vaiheessa kunkin osa-alueen valintoihin oli vain yksi mahdollisuus. Eli esimerkiksi useampia erikokoisia sähkömoottoreita sisältäneet kohdat pystyi täyttämään vain yhdellä eri moottorikoolla. Tältä osin laskuria korjattiin ja vaihtoehtojen määrä lisättiin kolmeen (kuvio 6). Kolme ei ollut vielä riittävä määrä ruokinnan ja valaistuksen osalta, joten niihin tuli kaiken kaikkiaan kuusi riviä.

Tekstit olivat joidenkin mielestä liian pienellä, kun eivät osanneet muuttaa tekstin kokoa painamalla Control- näppäintä ja rullaamaan samaan aikaan hiiren rullalla, tämä tosin johti osien häviämiseen näytön ulkopuolelle. Tämä täytyy eliminoida ohjeistamalla se käyttöohjeessa. Muutenkin tekstit olivat pienet ja lukeminen hankalaa. Teksti osioiden fonttikokoa suurennettiin kokoon 16. Fonttina oli vielä tässä vaiheessa Times New Roman, palautteen perusteella fontti vaihdettiin lopussa Arialiksi.

Kun kaavat ja muut tarvittavat osiot olivat melkein valmiit, alkoi ulkoasun miettiminen. Erilaisia väri vaihtoehtoja mietittiin ja ohjelman ulkoasua sekä käyttöä pyrittiin selkeyttämään. Tässä vaiheessa laskurin toiminta perustui normaaleihin Excelin kaavoihin, mitään erikoisempia funktioita ei ollut käytössä, eikä laskuri sisältänyt ohjelmointia.

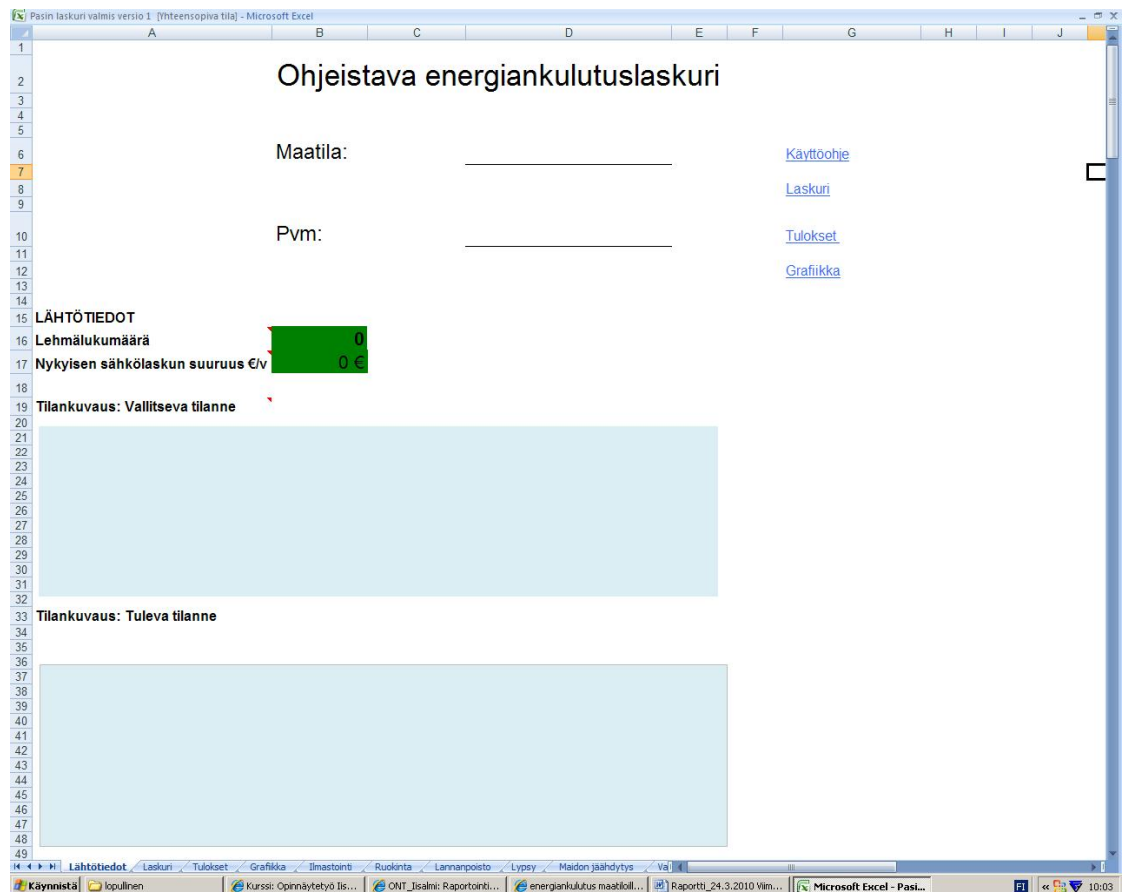
Viimeisellä testi kierroksella laskuriin valittiin esimerkki tila. Tilan laskuriin syötetyt tiedot antoivat yhtenevän tuloksen tilan todellisten kulutuksien kanssa. Laskurista saatuja tietoja pystyy vertaamaan esimerkkitilan tuloksiin.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	O	P
22			0					0	100 %	0		0,0			
23			0					0	100 %	0		0,0			
24															
25										54		21,2			
26															
27															
28															
29			2		1			22	100 %	66		25,9		10 %	
30			2		1			0	100 %	0		0,0			
31			2		1			0	100 %	0		0,0			
32										66		25,9			
33															
34															
35			6		1			4	100 %	24		9,4		10 %	
36			2		1			4	100 %	8		3,1			
37			2		3			4	100 %	24		9,4			
38															
39										56		22,0			
40															
41															
42			2		1			24	100 %	48		18,9		10 %	
43			0					0	100 %	0		0,0			
44			0					0	100 %	0		0,0			
45															
46										48		18,9			
47															
48															
49			2		1			2	100 %	4		1,6		8 %	
50			1		1			2	100 %	2		0,8			
51			0					0	100 %	0		0,0			
52															
53										6		2,4			
54															
55															
56			10		1			24	100 %	2,4		0,9		15 %	
57			0					0	100 %	0		0,0			
58			0					0	100 %	0		0,0			
59															
60										2,4		0,9			
61															
62															
63			1		1			4	100 %	4		1,57		2 %	
64			0					0	100 %	0		0			

KUVIO 6. Laskuriin on lisätty rivejä kunkin osion kohdalle, jotta erikokoiset moottorit voidaan huomioida.

7 LASKURIN LOPULLINEN MUOTO

Lähtötiedot sivu on laskurin ensimmäinen välilehti. Lähtötietosivulla on kohdat tilan nimelle ja päivämäärälle. Hyperlinkkien avulla pääsee käyttöohjeeseen, laskuriin, tuloksiin ja grafiikkaan. Hyperlinkit ovat sarakkeessa G, riville 16 laitetaan suunniteltu uuden rakennuksen lehmälukumäärä, laskuri antaa sen perusteella vertailuluvut. Riville 17 syötetään nykyisen tilanteen vuosittainen sähkönkulutus euroina, jota verrataan tuloksissa laskelmasta saatuihin tuloksiin. Tilan kuvauksille on omat tekstiruudut lähtötietosivulla, joita voi käyttää muistiinpanojen tekemiseen. Tekstiruutujen alapuolelta alkaa laskurin käyttöohje, jonka luettuaan jokaisen käyttäjän tulisi hallita ohjelman käyttö (kuvio 7).



KUVIO 7. Laskurin ensimmäinen sivu

Laskurisivun yläosan solut on kiinnitetty, varsinainen laskelman tekeminen alkaa tältä sivulta, ja sivulle syötetään suurin osa laskelmassa tarvittavista tiedoista. Kuukausihinta syötetään riville 4 vihreällä merkittyyn soluun, ja laskuri laskee viereen kuukausihinnat yhteen. Kommentista saa tietoa tarvittavasta sulakekoosta ja klikkaamalla

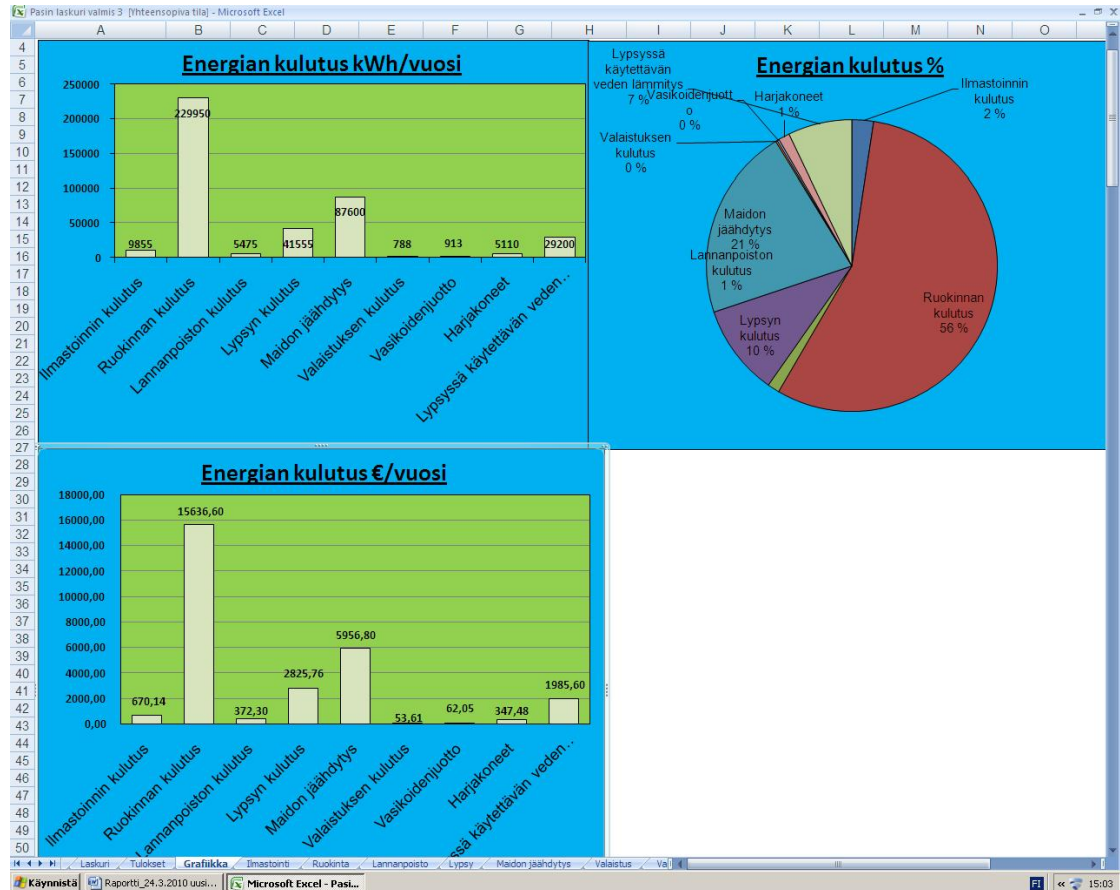
kuukausihinta- hyperlinkkiä näkee Savon Voiman kuukausihintaesimerkit. Riville 7 laitetaan yö- ja päiväsähkön hinnat, kausisähkön käyttäjä merkitsee hinnan vain päiväsähkö- kohtaan. Riville 10 laitetaan tuntien mukaan yö- ja päiväsähkön suhde. Vain päiväsähkön luku laitetaan, ja laskuri muuttaa yösähkön automaattisesti. Näin välteetään laskuvirhe vuorokauden tunneissa. Laskuriin tehty kaava laskee automaattisesti sähkön keskihinnan. Sarakkeessa K on hyperlinkit lähtötietoihin, tuloksiin ja grafiikkaan. Sarakkeessa O on vertailutilan tulokset. Vertailutilan moottorien tehot on mitattu osittain, laskelman antama tulos on ollut yhtenevä tilan nykyisen sähkönkulutuksen kanssa (kuvio 8).

Ohjeistava energiankulutuslaskuri		Laskelmasta saadut tulokset		Vertailutilan tulokset	
		kWh	Kulutus %	kWh	
Ilmastointi Sähkomoottoreiden lukumäärä: 5 Moottoriteho kW: 0,45 Käyttöaika h/vrk: 24 Käyttöaste %: 50% kWh: 27 Kulutus %: 2,4		27	2,4	67,2	
Ruokinta Sähkomoottoreiden lukumäärä: 10 Moottoriteho kW: 0,45 Käyttöaika h/vrk: 7 Käyttöaste %: 60% kWh: 630 Kulutus %: 56,0		630	56,0	105,6	
Lannanpoisto Sähkomoottoreiden lukumäärä: 10 Moottoriteho kW: 0,5 Käyttöaika h/vrk: 3 Käyttöaste %: 100% kWh: 15 Kulutus %: 1,3		15	1,3	3,4	
Lypsy Sähkomoottoreiden lukumäärä: 3 Moottoriteho kW: 5,5 Käyttöaika h/vrk: 23 Käyttöaste %: 30% kWh: 113,85 Kulutus %: 10,1		113,85	10,1	75,9	
Maidon jäähdytys Sähkomoottoreiden lukumäärä: 10 Moottoriteho kW: 3 Käyttöaika h/vrk: 8 Käyttöaste %: 100% kWh: 240 Kulutus %: 21,3		240	21,3		

KUVIO 8. Laskuri- Välilehti

Riviltä 16 alkaa eri osa-alueiden tietojen syöttö. Vihreillä merkittyihin soluihin syötetään tarvittavat tiedot. Sarakkeeseen B syötetään sähkomoottoreiden lukumäärä, E-sarakkeeseen laitetaan moottoriteho kilowatteina, G-sarakkeeseen laitetaan moottorin käyttöaika tunteina vuorokauden kohden. I-sarakkeeseen syötetään moottorien käyttöaste prosentteina. Käyttöasteen arviointi on hankalaa, ilmastoinnissa se vaihtelee eniten, muissa se on lähempänä maksimia. Sarakkeen J siniset solut kertovat

Grafiikka- välilehti esittelee tulokset diagrammien avulla. Ensimmäinen pylväsdia-grammi kertoo osa-aluekohtaisen vuosikulutuksen kilowatteina. Ympyrädiagrammista näkee kunkin osa-alueen osuuden prosentteina kokonaiskulutuksesta. Euromääräiset osa-aluekohtaiset vuosikustannukset näkyvät pylväsdiaagrammista. Pylväitä ja kakun-paloja tarkastelemalla huomaa hyvin eri osien eroja (kuvio 10).



KUVIO 10. Grafiikka- Välilehti

8 LASKURIN KÄYTTÖOHJE

Laskurin käyttöohje on laskurin ensimmäisellä sivulla. Hyperlinkki käyttöohjeeseen on sarakkeessa G rivillä kuusi. Käyttöohje alkaa riviltä 72, muilta välilehdiltä ei ole linkkiä käyttöohjeeseen, vaan siihen pääsee vain lähtötieto sivun kautta.

8.1 Lähtötiedot

Laskurin tulokset ovat suuntaa antavia, mutta niiden avulla voi hahmottaa suuntia kulutuksista, ja eniten kuluttavat osat tulevat esille. Laskurin sivuilla näette usein punaisia kolmioita joista saa lisätietoja, teksti tulee näkyviin, kun viet hiiren osoittimen kolmion päälle. Jos laskelman jotkin osat jäävät näyttönne ulkopuolelle, voitte muuttaa kokoa painamalla Control- näppäintä ja rullata samaan aikaan hiiren rullaa alas-päin. Maatila kohtaan voitte kirjoittaa tilan nimen ja laskelman toteutusajankohdan voi merkitä päivämäärä- kohtaan. Suunnitellun parsipaikkojen määrän syöttämällä saatte laskelmaan vertailuluvut, jotka on laskettu esimerkkitalan tuloksien avulla. Kohtaan nykyiset sähkökustannukset syötetään tilan nykyinen vuotuinen sähkökustannus. Tämä ei ole kuitenkaan välttämätön laskelman kannalta. Tilan kuvausruutuihin voitte tehdä muistiinpanoja, joista on hyötyä tilanteiden vertailuissa. Varsinaiseen laskuriin pääsee klikkaamalla Laskuri- linkkiä. Liikkuminen laskurin sisällä tapahtuu klikkailemalla sinisiä linkkejä.

8.2 Laskuri

Laskuri- sivulla voitte syöttää tietoja vain vihreällä värillä merkittyihin ruutuihin. Kommentista (vie hiiren osoitin pienen punaisen kolmion päälle, jolloin kommentti tulee näkyviin) saatte tiedon käytettävästä sulakekoosta. Sinisellä merkityn kuukausihintasanan klikkaus vie teidät taulukkoon, josta näkyy sulakekoon mukaisia kuukausihintoja. Sieltä pääsee pois klikkaamalla takaisin-kohtaa. Valitkaa sopiva kuukausihinta ja syöttäkää se kk- hinta kohtaan, voitte hakea kuukausihintoja myös Internetistä sähköyhtiöiden sivuilta. Seuraavaksi syöttäkää yö- ja päivä sähkö- hinta, jos käytätte kausisähköä, niin merkitkää hinta vain päivä sähkö- kohtaan. Yö- ja päivä sähkö- suhde merkitään tunteina, merkitse vain päivä sähkö- osuus. Laskuri muuttaa yö sähkö- automaattisesti, ja laskee sähkö- keskihinnan. Kunkin osa-alueen (ilmastointi, ruokinta jne.) tiedot syötetään kohtiin Sähkömoottoreiden lukumäärä, Moottoriteho kW, Käyttöaika h/vrk ja Käyttöaste prosentteina. Valaistuksen teho on watteina. Kussakin

osassa on useampi rivi erikokoisia moottoreita varten. Tuloksia pääsee tarkastelemaan klikkaamalla Tulokset- linkkiä.

8.3 Tulokset

Tulokset- sivulla voitte tarkastella laskelman antamia tuloksia. Sivun yläreunasta näkee laskelman kokonaiskulutuksen kWh/vuosi, mikä osa-alue kuluttaa eniten sekä laskelman koko vuoden sähköhinnan. Nykyisen ja lasketun välinen kustannusero näkyy myös. Mikä osa-alue kuluttaa eniten kohdan alle tulee sen osa-alueen sinisellä merkitty otsikko. Jota klikkaamalla saa lisätietoja kuinka osa-alue vaikuttaa energian kulutukseen ja onko siinä mahdollista säästää. Jokaiselle osalle on oma tekstiosio, joista saa tietoa niiden energian kulutuksesta, ja kuinka sitä voi pienentää. Niihin on linkit Laskuri- ja Tulokset- sivuilla. Tulokset on esitetty myös graafisessa muodossa Grafiikka- välilehdellä. Ensimmäinen pylväsdiagrammi kertoo osa-aluekohtaisen vuosikulutuksen kilowatteina. Ympyrädiagrammista näkee kunkin osa-alueen osuuden prosentteina kokonaiskulutuksesta. Euromääräiset osa-aluekohtaiset vuosikustannukset näkyvät pylväsdiagrammista. Pylväitä ja kakunpaloja tarkastelemalla huomaatte hyvin eri osien eroja.

9 LASKURIN HYÖDYNTÄMINEN

Opinnäytetyön tuotoksena aikaan saatu energiankulutuslaskuri palvelee kaikkia uutta tuotantorakennusta suunnittelevia viljelijöitä. Laskuria on mahdollista käyttää myös muihin tuotantosuuntiin ja jo valmiisiin rakennuksiin. Laskuri kertoo syötettyjen lähtötietojen perusteella tuotantorakennuksen energiankulutuksen, tulokset ovat suuntaa antavia. Työkalu toimii myös oppaana kuinka energiaa on mahdollista säästää. Laskurin käyttö halutaan pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja sen käyttäminen onnistuu aivan perus atk-taidoilla.

Tärkeimpinä kohteina laskuri laskee ilmastonin, lannanpoiston, ruokinnan, valaistuksen, maidonjäähdytyksen, veden lämmityksen ja lypsyn vaikutuksen sähkön kulutukseen tuotantorakennuksessa. Laskurin avulla tuotantorakennusta suunnitteleva voi vertailla eri vaihtoehtojen kulutuksia ja saa tulokseksi kulutuslukemat ja energiakustannukset.

Laskurin osat on valittu suurimpien sähköenergiaa kuluttavien navetan sisäisten osien perusteella. Rajauksella yritetään saada työmäärä pysymään kohtuullisena. Laskuri kertoo vain kulutuksen ja energiakustannukset, jos laskelma huomioisi myös laitteiden hankintahinnat, se antaisi hyvän kuvan kokonaiskustannuksista. Laitteiden hankintahintojen selvitys jätetään kuitenkin ohjelman käyttäjän tehtäväksi.

Laskurin testauksessa käytetty esimerkkitala toimii myös laskurin vertailutilana. Navetassa on 140 lypsylehmää ja nuorkarjan tilat. Tilalla on kaksi lypsyrobotia, täysautomaatioitu ruokinta, koneellinen ilmanvaihto, ja ritilöiden päällä on riimuvetoiset raapat. Tilan tuotantorakennuksessa on paljon sähkömoottoreita. Laskurilla laskettu tilan kulutus oli yhtenevä tilan todellisen kulutuksen kanssa. Ainakin tässä tapauksessa laskuri osoitti toimivuutensa, mutta useampien vastaavien testauksien jälkeen voisimme olla varmoja ohjelman toimivuudesta. Sen antamat tulokset riippuvat hyvin paljon syötettyjen tietojen todenmukaisuudesta. Laskurin kaavat ovat yksinkertaista matematiikkaa, ja ne on osoitettu toimiviksi testaamalla ja tarkistamalla.

10 PÄÄTÄNTÖ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada aikaan energiankulutuslaskuri, jonka avulla tuotantorakennusten energiankulutusta on mahdollista hahmottaa sekä saada tuloksina kulutus ja kustannuslukemat. Alkuperäisenä ideana oli, että laskuri olisi huomionnut myös konepolttoaineet ja mahdollisesti lämmityksessä käytettävän energian, mutta rajaus tehtiin lopulta tuotantorakennuksen sisäisiin osiin ja sähköenergian kulutukseen. Työn toimeksiantajana toimi Savonia-ammattikorkeakoulu.

Laskurista tuli mielestämme selkeä ja toimiva, ulkoasuvaihtoehtoja olisi ollut niin monia kuin oli tekijöitä ja testaajiaakin. Laskurin käyttö on helppoa ja yksinkertaista ja suunniteltu yksinkertainen ja helppokäyttöinen viljelijäversio kuvaa hyvin lopputulosta. Laskurilla saa nopeasti tiedon siitä mitä suuruusluokkaa sähkön kulutus tuotantorakennuksessa tulee olemaan. Viljelijöillä ei ehkä ole aina kovin tarkkaa käsitystä, minäkö kokoisia sähkömoottoreita missäkin kohdassa käytetään. Mutta suunnittelijoilla sitä vastoin tietoa saattaa olla enemmän. Tarkempaan lopputulokseen päästäisiin jos laskuri tarjoaisi enemmän tietoa teknisestä puolesta, tiedon hakeminen jää nyt kuitenkin laskurin käyttäjän tehtäväksi.

Laskurin työstäminen Excelillä ei aina sujunut aivan ongelmitta, mutta tarvittavaa atk-tukea oli kyllä hyvin saatavilla. Opettajat osasivat neuvoa hyvin, ja kirjaston teoksista sai myös itse haettua apua Excelin käyttöä koskeviin ongelmiin. Aikataulujen noudattaminen ei yleensäkään onnistunut ja siksi työn valmistuminen viivästyi, mutta sille oli mielestämme hyväksyttävä syy.

Jos samanlaisen työn aloittaminen olisi nyt edessä, panostaisimme varmasti enemmän toimeksiantajan hankkimiseen. Toimeksiantajan kautta olisi mahdollista saada lähteitä ja erilaista aineistoa työtä varten. Excel oli mielestämme paras ohjelma laskurin toteutukseen, koska se löytyy monen käyttäjän koneelta, ja monet sitä myös osaavat käyttää.

Laskurin lopullinen julkaisupaikka ei ole vielä tiedossa. Ainakaan omaa nettisivustoa ei olla tekemässä, vaan yritämme tarjota sitä jonkin organisaation julkaistavaksi. Valtion omistama Motiva Oy olisi hyvä organisaatio, koska sen toiminta keskittyy muutenkin energia-asioihin. Laskuria on mahdollista käyttää myös opetukseen.

Laskuriin voidaan tulevaisuudessa päivittää uusia ominaisuuksia. Muun muassa useampi esimerkkitali tarkalla tilan kuvauksella auttaisi käyttäjiä hahmottamaan, millaista suuruusluokkaa erilaisten tilojen sähköenergian käyttö olisi. Esimerkkitalojen suurempi määrä vertailuaineistona antaisi tarkempia tuloksia. Energian kulutuksista on olemassa tutkittua aineistoa, mutta ne eivät ole pelkälle sähkölle. Jos laskuri olisi huomionnut myös konepolttoaineet, tutkimustulokset olisivat olleet hyödynnettävissä.

Laskurin avulla voi hyvin vertailla eri vaihtoehtojen vaikutusta tilan energiankulutukseen. Muun muassa esimerkkitalan tapauksessa koneellisen ilmanvaihdon vaihtaminen painovoimaiseen toi vuodessa yli tuhannenkuudensadan euron säästöt. Näitä asioita kannattaa pohtia, kun uusia rakennuksia suunnitellaan.

LÄHTEET

Airaksinen T., Vilkkä A. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi

Alasuutari S., Manni K., Rautala H. 2006. Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Helsinki: Opetushallitus.

Brodfeldt, T. Ek, F. Enroth, A. Hämäläinen, E. Kari, M. Kirkkari, A-M. Kuisma, J. Laihanen, M. Lampinen, A. Lappi, M. Lehtinen, J. Penttinen, L. Surakka, M. Toivonen, A. 2009. Maatilayrityksen energiaopas. Tieto tuottamaan 130. Helsinki: ProAgria Maa-seutukeskusten liitto.

Haapala H., Hoikkala P., Kaivola A., Kettunen A., Lavonen A., Manninen E., Mäkelä K., Puustinen M., Riipinen T., Tiainen R., Valkonen J. 2005. Maatilatalouden teknologia. Helsinki: Opetushallitus.

Kirkkari, A-M. & Lehtinen, J. 2005. Työtehoseuran maataloustiedote 12/2005 (585). Helsinki: TTS.

Koneviesti 6/2009. Vertailu: Ilmanvaihtolaitteiden säätimet ja Karjasuojien ilmanvaihtopuhaltimet. 2009. Helsinki: Viestilehdet Oy.

Rehnström, K. 2001. Käytännön Maamies; Suuria eroja lypsyrobottien sähkön ja veden kulutuksessa. Helsinki: Yhtyneet Kuvalehdet Oy.

Saksa, T. & Tuovinen, J. 1994. Puusta Energiaa. Mikkeli: Helsingin yliopisto.

Solmio, H. & Valkonen, J. 2002. Hakkeen käyttö ja haketekniikan kehitystarpeet maataloilla. Helsinki: TTS.

Tertsunen S., Tertsunen V. 2000. Energian käyttö ja säästö maataloilla. Oitmäki: Agro-elektro Oy.

Painamattomat lähteet:

Automaattisen lypsyjärjestelmän käyttöönotto: Kannattavuus ja hankintaan vaikuttavat tekijät. [Viitattu 21.4.2009]. Saatavissa:
http://ptt.fi/dokumentit/rap192_26060611.pdf

Bioenergia-Verkkopalvelu, Energiaa pelloilta. [Viitattu 27.2.2010] Saatavissa:
http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/perustietoa_bioenergiasta/energiaa_pelloilta/

Maataloustilastot 2009 [Viitattu 23.3.2010] Saatavissa:

<http://www.maataloustilastot.fi/tilasto/32>

Maatilan energiasuunnitelman ohjeistus 2010 [Viitattu 22.3.2010] Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/energiatehokkuussopimus/maatilat/energasuunnittelijan_tyokaluja

Maatilaräkisteri 2007. [Viitattu 15.1.2009]. Saatavissa:

http://www.matilda.fi/servlet/page?_pageid=568,570,193&_dad=portal30&_schema=PORTAL30

Maatilojen energiaohjelman valmistelu 2007. [Viitattu 16.1.2009]. Saatavissa:

http://www.mmm.fi/attachments/5eWDKveQh/5AvoLTbC0/Files/CurrentFile/MOTIVA_MENO_LOPPURAPORTTI_final.pdf

Maito- ja lihanautatilojen energiankulutus. Pro Gradu Mikko Posiol. [Viitattu 2.4.2009].

Saatavissa:

http://www.bioenergia.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=2974&name=file

Mela Vakuuttavaa hyvinvointia [Viitattu 2.2.2010] Saatavissa:

<http://www.mela.fi/Sisaltosivu.aspx?path=172,115,342,1091,1099>

Power and water consumption – with AMS. [Viitattu 20.2.2010] Saatavissa:

<http://www.landbrugsinfo.dk/Tvaerfaglige-emner/FarmTest/Filer/Farmtest61-AMS-UK-web.pdf>

Suomen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma 2007. [Viitattu

14.1.2009]. Saatavissa:

http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/finland_fi.pdf

Sähkömoottori. Wikipedia [Viitattu 16.4.2009]. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori>

Työterveyslaitos Automaattinen karjarahja- vähentää käsin harjaamista [Viitattu 25.4.2010]
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Ergonomia/Ergonomiaa+eri+aloilla/Maatalouden+ergonomiaratkaisut/Kotielaintyot/automaattinenkarjarahja.htm>

VIRAKO. Viljelijä rakennuttaa. Maatilarakentamisen tietokirjasto. TTS Tutkimus. [Viitattu 2.2.2010] Saatavissa:
<http://www.tts.fi/rakentaminen/ilmanvaihtosuunnittelu.htm#sijoitus>

LIITTEET

LIITE 1: MAATILAN ENERGIASUUNNITELMAN VAIHEET (MOTIVA 2009.)

Tilaaminen

- Maatilan energiaohjelmaan liittynyt tila valitsee Mavin listauksesta hyväksytyt energiasuunnitelman laatijan ja tilaa hänet tekemään tilalleen suunnitelman.
- Tila täyttää esitietolomakkeen (mm. energian kulutustiedot, tuotantosuunta, tuotantomäärät) tai hyödynnetään jo tehtyä omavalvontasuunnitelmaa.

Vaihe 1. Käynnistäminen**A. Kenttäpäivä tilalla (energiasuunnittelija & tilan oma henkilö)****1. Nykytilatarkastelu, täytetyn esitietolomakkeen/omavalvontasuunnitelman läpikäynti (ohje: 1/3 kenttäpäivän ajankäytöstä): tarkastelu, tarkistus ja täydentäminen**

- Energian kulutus- ja tuotantotietojen tarkastelu yhdessä viljelijän kanssa (omaan tuotantoon liittyvä ja myydyt palvelut eriytettyinä).
- Energian käytön ominaisarvojen tarkastelu ja tulkinta, vertailu saatavissa oleviin tilastotietoihin.

Suurimmat energian käytön kulutuskohteet, esim. jaolla

- rakennusten lämmitys
- sähköjärjestelmät ja -laitteet
- ajoneuvot, työkoneet.

Bioenergian nykyinen käyttö ja tuotanto

=> **Jatkotoimenpide-ehtotuksia raporttiin.**

=> **Painopistealueet ja tarkemmin tarkasteltavien kohteiden esiin nosto.**

2. Energian käytön tehostamismahdollisuuksien ja bioenergian käytön tilakohtaiset painopistealueet, niiden alustava analysointi sekä työkalut ja energiapalvelut (ohje: 1/3 kenttäpäivän ajankäytöstä).**3. Jatkotoimiin sitoutuminen, jatkotoimenpiteistä sopiminen ja toimenpiteiden kirjaaminen (ohje: 1/3 kenttäpäivän ajankäytöstä)**

- havaitut tärkeimmät tehtävät energian hallinnan kehittämiseksi.
- todettujen taloudellisten energian käytön ja uusiutuvien tehostamistoimenpiteiden kirjaaminen tai tarkempien jatkotöiden käynnistysuunnitelma tilan ehdoin (yksityiskohtaisemmat analyysit, mittaukset, taloudellisuuslaskelmat ja investointitarpeet).

B. Energiasuunnitelmaraportin laadinta (energiasuunnittelija)

- raportin laadinta.
- raportin toimittaminen tilalle, raporttikopio ELY-keskukseen sekä laadunvarmistusta ja tulosten seuranta varten operaattorille (Motiva Oy).

Vaihe 2. Seuranta ja energiatehokkuustoimien toteutus sekä energiatehokkuuden jatkuva parantaminen

- Energiasuunnitelman raportoinnissa esitettyjen jatkotoimenpiteiden toteuttaminen.
- Toteutus tilan ehdoin vaiheessa 1 sovitun aikataulutuksen mukaisesti.
- Energianhallinnan jatkuva kehittäminen ja energiatehokkuuden jatkuva parantaminen.
- Toteutuksen ja tulosten seuranta (seurantatiedot operaattorille?).