

Energiatehokkuudella kannattavuutta nautakarjatilaille

Raija Lankinen¹, Pasi Eskelinen², Teija Rantala³

1. Savonia-amk, PL 1000, 78211 Varkaus, [raija.lankinen\(at\)savonia.fi](mailto:raija.lankinen(at)savonia.fi)

2. Savonia-amk, PL 72, 74101 Iisalmi, [pasi.eskelinen\(at\)savonia.fi](mailto:pasi.eskelinen(at)savonia.fi)

3. Savonia-amk, PL 72, 74101 Iisalmi, [teija.rantala\(at\)savonia.fi](mailto:teija.rantala(at)savonia.fi)

TIIVISTELMÄ

Energiahuollolla ja siihen liittyvillä teknisillä ratkaisuilla on keskeinen vaikutus lypsykarjatalouden kannattavuuteen. Sen lisäksi että järjestelmävalinnoilla vaikutetaan suoraan tuotantoyksikön primäärienergiakustannuksiin, niin valinnoilla on välilliset vaikutukset rakennuksen ja tuotantoprosessin toimivuuteen sekä työntekijöiden ja eläinten hyvinvointiin.

Tässä tapaustutkimuksessa tavoitteena oli selvittää lypsykarjarakennuksen energiatase, energiankäytön jakautuminen eri kulutuskohteisiin sekä energiantuotantojärjestelmän toimivuus eri kuormitustilanteissa. Lisäksi pyrittiin määrittämään toteutetun tyyppisessä ratkaisussa mahdollisia energiansäästökohteita ja tarvittavia toimenpiteitä energiatehokkuuden edelleen parantamiseksi pyrkimyksenä pienentää energiakustannuksia ja näin edistää maidontuotannon kannattavuutta.

Tapaustutkimus liittyy Energiatehokas tuotantorakennus (ERKKA) -hankkeeseen, jossa selvitetään navettarakennusten energiatehokkuuden mahdollisuuksia sekä uusiutuvien energiamuotojen käytön kannattavuutta. Tässä tutkimuksessa kohteena oli maidontuotantoon keskittyvän tilan tuotantorakennuksen energiankäyttö, siellä toteutetut energiantuotantoratkaisut ja niiden toimivuus. Tutkimusjaksolla tuotantorakennukseen oli sijoitettu noin 120 eri-ikäistä nautaeläintä, joista lypsäviä oli keskimäärin 60 ja loput eri ikävaiheessa olevaa nuorta karjaa. Tilalla maidon tuotantoprosessi perustui yhden lypsyrobotin ja siihen liittyvien maidon käsittelyjärjestelmien käyttöön.

Tuotantorakennuksen ja tuotantolaitteiden energiankäytön määrittäminen perustui pääosin kohteesta kerättyihin mittaustietoihin. Lisäksi kulutustietoja arvioitiin laitteiden teknisten laitetietojen ja laitteiden käyttöaikojen perusteella sekä toimialalta julkaistujen tutkimustuloksia hyödyntäen. Mittaustulosten ja laitetietojen pohjalta laskettiin laite- tai prosessikohtaiset energiankulutukset ja sekä määritettiin tuotantoyksikön energiankäyttöä kuvaavat tunnusluvut. Tämän lisäksi navettatilan ilmanvaihtoa ja lämpöasetta mallinnettiin virtauslaskentaohjelmalla eri ulkoilman lämpötiloissa.

Tuotantorakennuksessa merkittäviä energiankulutuskohteita olivat muun muassa maidon tuotanto- ja jäädytysjärjestelmä, lämpimän käyttöveden valmistus, teknisten tilojen lämmitys, valaistus, lannan käsittelyjärjestelmät, eläinten ruokintajärjestelmä.

Tuotantorakennuksessa primäärienergiälähteenä oli sähköenergia. Lämpöenergiantuotanto perustui lämpöpumpun ja lämmitysjärjestelmän varaajiin sijoitettujen sähkövastuksien tuottamaan energiaan. Talviaikaan lämpöpumpussa energialähteenä käytettiin maalämpöä ja muina ajankohtina hyödynnettiin lannan lämpöenergiaa. Lämmönlähteen valinta tapahtui manuaalisesti ohjaamalla lämmönkeruunesteen virtaus haluttuun keruupiiriin.

Osa vuotuisesta energiankulutuksesta, kuten tilojen lämmitys, on ulkoilman lämpötilasta riippuvaista, kun taas tuotantoeläinten hoitoon ja maidon tuotantojärjestelmiin liittyvä energiankulutus pysyi melko vakiona.

ASIASANAT

Lypsykarjarakennus, maalämpöpumppu, energiatehokkuus

Johdanto

Lypsykarjatilan energiahuoltojärjestelmän investointi-, huolto- ja kunnossapitokustannukset sekä kulutetun energian määrä ja energian tai energiantuotannossa käytetyn polttoaineen hinta vaikuttavat suoraan maitokiloa kohden määritettäviin tuotantokustannuksiin ja näin toiminnan kannattavuuteen. Tilan energiantuotantoon ja -käyttöön liittyvät sekä energiatehokkuuteen vaikuttavat keskeiset päätökset tehdään usein tuotantoeläinrakennuksen rakentamispäätöksen tai peruskorjausvaiheen yhteydessä. Tällöin päätöksenteon tukena täytyy olla riittävästi tietoa eri energiantuotantovaihtoehdoista ja niiden soveltuvuudesta lypsykarjatilan tuotantoprosessiin ja toimintaympäristöön. Tilan energiahuoltoon liittyviä kysymyksiä ei pidä käsitellä irrallisena asiana, vaan valinnoilla on pyrittävä takaamaan teknisesti toimiva ja kustannustehokas maidon tuotantoprosessi ottaen huomioon tähän prosessiin liittyvät erityispiirteet ja vaatimukset. Tähän kokonaisuuteen sisältyy keskeisesti myös hyvän toimintaympäristön aikaansaaminen, mikä takaa eläimien ja työntekijöitä hyvinvoinnin sekä rakennuksen ja laitteiden pitkän käyttöiän. Päätöksentekovaiheessa tuleekin huomioida tuotantoprosessin ja tuotantorakennuksen koko elinkaari.

Energiatehokkuuden parantaminen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen perustuvan energiantuotanto-osuuden kasvattaminen sekä ympäristökuormitusten vähentäminen on keskeinen kansainvälinen ja myös Suomea kansallisesti sitova ilmasto- ja energiapoliittinen tavoite, mihin maatalaloudetkin ovat osaltaan velvoitetut osallistumaan. Kansallinen energiatehokkuussopimustoiminta kattaa laajasti elinkeinoelämän eri sektorit mukaan lukien maatalouden. Maatiloja koskeva sopimus on esitetty maatilojen energiaohjelmassa 2010 – 2016, joka ohjaa maatiloja pitkäjänteiseen energiatehokkuuden kehittämiseen ja uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseen.

Energiantuotannossa varsinkin metsäperäisen biomassan käyttö on luontainen uusiutuva energianlähde maaseudulla. Myös maalämpöpumppujen käyttö tuotantoeläinrakennusten lämmöntuotannossa on yleistynyt. Muiden uusiutuvien energialähteiden käyttöönotto, kuten aurinko, tuuli ja biokaasu, on toteutettu vasta yksittäisissä kohteissa. Energiantuotantojärjestelmän valintaan vaikuttavat keskeisesti vaihtoehtoisten energiatuotantoteknologioiden toiminnan luotettavuuden, järjestelmän investointi- ja käyttökustannusten ja polttoaineen/energian saatavuuden lisäksi energiantuotannon ylläpitoon tilalla käytettävissä olevat kone-, tila- ja henkilöresurssit.

Esimerkiksi puupohjaisen biopolttoaineen hankinta on henkilöresursseja sitovaa ja puunkorjukseen ja puupolttolaitteiden jatkokäsittelyyn soveltuvien erikoiskoneiden käyttöä vaativaa toimintaa, minä vuoksi se on lypsykarjatalouksissa usein järvevä ulkoistaa. Joissain kohteissa saattaa olla kannattava toteuttaa koko energianhankinta ostona ulkopuoliselta toimijalta, esimerkiksi paikalliselta lämpöyrittäjältä, ja keskittyä lypsykarjatilan perustuotantoprosessiin. Lämpöyrittäjällä tai tulevaisuudessa ehkä jopa pienen kokoluokan yhdistettyä lämpöä ja sähköä tuottavaa yksikköä (CHP-yksikkö) hallinnoivalla energiayrittäjällä on käytössä energiantuotantoon valjastettu laite- ja konekanta sekä energiantuotantoon liittyvä järjestelmäosaaminen. Tällainen palveluliiketoiminta saattaa olla lähitulevaisuudessa realistista yksittäisen suuren tuotantoyksikön tai useamman pienemmän energiaa tarvitsevan kohteen energiantuottajana.

Tilan energiankäytön tehokkuuteen voidaan vaikuttaa valitsemalla kohteeseen mahdollisimman energiatehokkaat, hyvällä hyötysuhteella toimivat kojeet ja laitteet ja toisaalta ottamalla energia talteen mahdollisista tuotantoprosesseihin liittyvistä tai rakennuksesta poistuvista hukkaenergiavirroista. Energiatehokkaasti toteutettu energiantuotantojärjestelmä pienentää primäärienergiankulutusta ja tästä aiheutuvia kustannuksia.

Lypsykarjatalouksissa tyypillisiä hyödynnettävissä olevia hukkaenergiavirtoja ovat muun muassa maidon jäädytyksestä vapautuva lämpöenergia, eläinten lannan sisältämä lämpö, pesuvesien ja ilman sisältämä lämpö. Hukkaenergiavirtojen hyödyntämisellä ei saa kuitenkaan vaarantaa tuotantoyksikön perustoimintoja, vaan niiden asettamat rajoitukset ja reunaehdot on otettava huomioon.

Tässä artikkelissa esitetty tapaustutkimus toteutettiin osana Energiatehokas tuotantorakennus (Erkka) –hanketta. Erkka -hankkeessa (2012 - 2014) tehtävänä on selvittää mahdollisuuksia parantaa lypsykarjatilojen taloudellista kannattavuutta tuotantoyksikön energiatehokkuutta parantamalla sekä toisaalta edistää uusiutuvien energialähteiden mahdollisuuksia ja käyttöönottoa maatalouden energiantuotannossa.

Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskohteen energiantuotantojärjestelmän kuvaus

Tässä tapaustutkimuksessa tavoitteena oli määrittää lypsykarjatilán tuotantoeláinrakennuksen energiatase, energiankáytön jakautuminen eri kulutuskohteisiin sekä energiantuotantojärjestelmán toimivuus eri kuormitustilanteissa. Lisäksi tehtävänä oli kartoittaa tutkimuskohteessa mahdollisia energiansäästökohteita ja tarvittavia toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi tavoitteena pienentää energiakustannuksia.

Tutkimuksen kohdetila oli vuonna 2012 valmistunut, yhden lypsyrobotin pihattonavetta, jossa tutkimusjakson aikana oli keskimäärin 60 lypsävää ja noin 60 eri ikävaiheessa olevaa nuorta karjaa. Maidon vuosituotanto lypsävää nautaa kohden oli noin 9400 EKM-kg/yksilö (Viljakainen 2013 s. 19). Tilalla suoritettiin mittauksia ja mittausjakso pituus oli noin puoli vuotta ajoittuen syksystä 2012 kevääseen 2013.

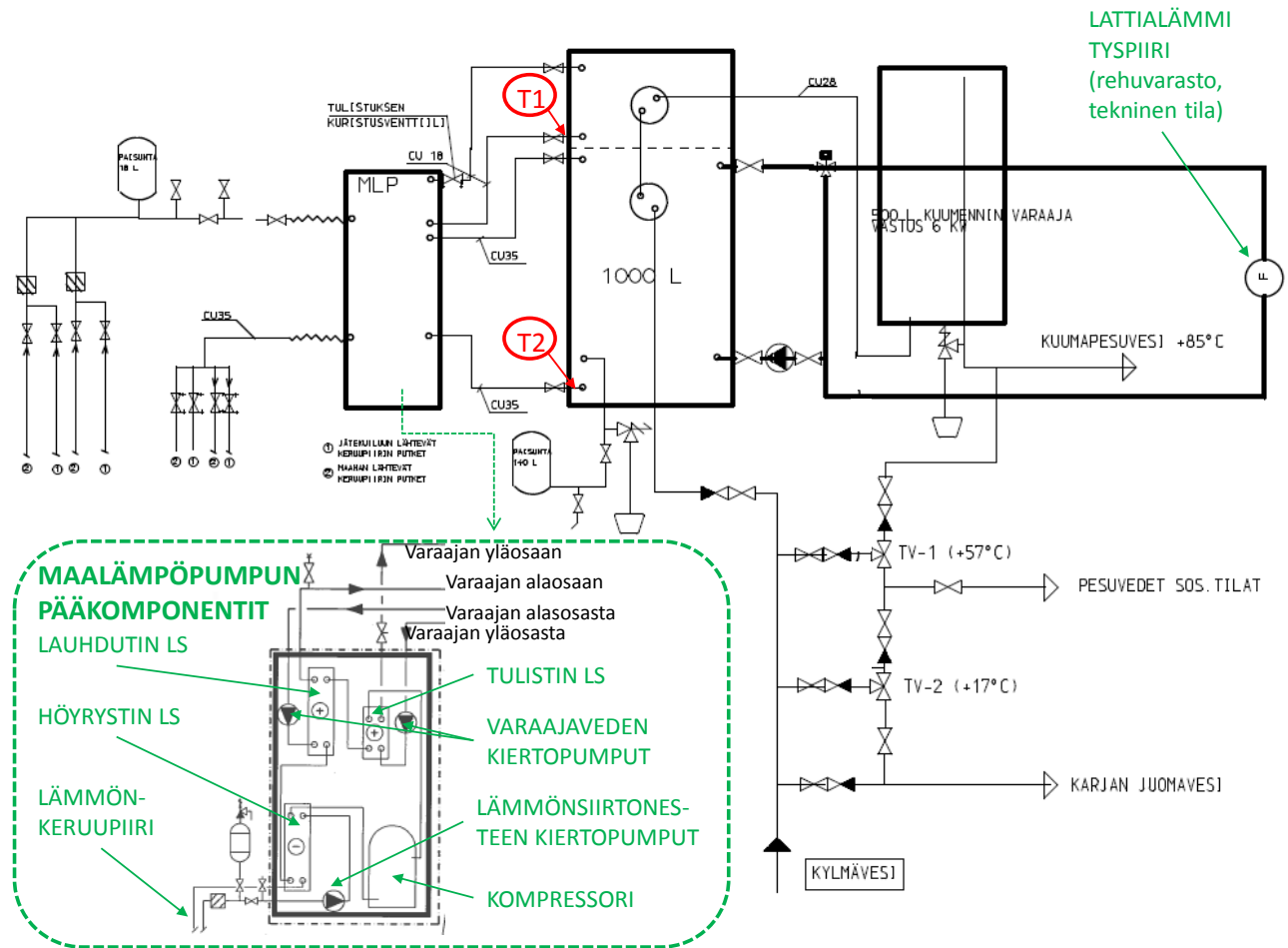
Kohdetilalla primäärienergiäláhteenä káytössä oli sähkö ja lämpöenergia tuotettiin lämpöpumpulla sekä varaajiin sijoitetuilla sähkövastuksilla. Tuotantoeláinrakennuksessa merkittäviä sähköenergian kulutuskohteita olivat lämpöenergian tuotannon lisäksi ruokintajärjestelmä, lypsyrobotti, maidon jäähdytys, valaistus ja lannan käsittely. Lämpöenergiaa káytettiin káyttöveden ja teknisten tilojen ja rehuvaraston lámmitykseen.

Lämpöenergian tuotannossa kesáaikana lämpöpumpun lámmönláhteenä oli lehmán lietelanta ja lámmönkeruuputkisto olin asennettu tuotantoeláinrakennuksen lantakourun pohjavaluuseen. Talviaikaan lámmönláhteenä toimi maaperä. Maapiirin keruuputkisto oli asennettu pintamaahan noin 1,0–1,2 metrin syvyyteen. Lantakouruun asennetun keruuputkiston pituus oli noin 300 metriä ja maaperään asennetun putken pituus noin 600 metriä.

Lämpöpumpulla tuotettu lämpöenergia siirrettiin lämpöpumpputyksikköön sijoitetun tulistus- ja lauhdelámmönsiirtimen välityksellä 1000 litran väliláipalliseen lämpövaraajaan. Tulistuslámmönsiirtimessä lámmenneellä vedellä ladattiin varaajan yläosaa ja lauhdelámmönsiirtimessä lámmenneellä vedellä varaajan alaosaa. Varaajan alaosaan varastoitunutta lämpöenergiaa (45–55 °C) hyödynnettiin káyttöveden esilámmitykseen sekä lattialámmitykseen. Varaajan yläosan kuumemmassa lámpötilassa olevalla vedellä (55– 65 °C) lámmitettiin káyttövettä noin 60 °C:een lámpötilaan. Káyttövettä lámmitettiin edelleen 500 litran kuumavesivaraajassa 6 kW sähkövastuksilla noin 80 °C:een lámpötilaan. 1000 litran varaajan alaosaan oli sijoitettu 2 * 4,5 kW sähkövastus ja yläosassa 6 kW sähkövastus huippu- ja varaenergiantuotantoa varten. Kuvassa 1 on esitetty tuotantoeláinrakennuksen lámmitysjärjestelmán LV-kytkentákaavio.

Tuotantoeláinrakennuksessa kaikki lámmín káyttövesi lámmitettiin noin 80 celsiusasteeseen ja káyttökohteesta riippuen veden lámpötilat säädettiin halutuksi termostaattiohjatulla kolmitie-sáátöventtiileillä sekoittamalla kuumaan veteen kylmää vettä.

Kuuman káyttöveden (80 °C) keskimääräinen vuorokausikulutus tutkimusjakson aikana vaihteli 500 litrasta 850 litraan keskiarvon ollessa noin 750 litraa/vuorokausi. Merkittävimmät lámpimán káyttöveden kulutuskohteet olivat lypsyrobotin pesu (40 °C ja 80 °C vesi) , maitotankin pesu (40 °C ja 80 °C vesi), eláinten juomavesi (17 °C vesi) sekä muut pesuvedet. Lypsyrobotissa toteutettiin 3 pääpesua vuorokaudessa sekä lypsyjen väliset huuhtelut. Maitotankin pesu suoritettiin joka toinen päivä tankin tyhjennyksen yhteydessä.



Kuva 1. Tutkimuskohteena olleen tuotantoeläinrakennuksen LV-kytkentäkaavio (kuvassa MLP = maalämpöpumppu).

Tuotantoeläinrakennuksessa lämmitettäviä tiloja olivat toimisto- ja sosiaalitalat, tekniset tilat sekä rehuvarasto. Lämmitetyissä tiloissa lämmönjako tapahtui lattialämmityksenä. Eläintiloja ei lämmitetty lukuun ottamatta nuorien vasikoiden oleskeluvyöhykkeitä. Eläintilassa lämmönlähteenä toimivat eläimet, eläinten jätökset, teknisten laitteiden lämpöhäviöt sekä lämmitetyistä tiloista tapahtuvat vuotoilmavirtaukset. Lämpöhäviöt tuotantoeläinrakennuksesta ympäristöön tapahtuivat rakennuksen vaipan läpi sekä ilmanvaihdon seurauksena. Tutkimuskohteena olleessa tuotantoeläinrakennuksessa eläintilassa oli painovoimainen ilmanvaihto ja toimisto-, sosiaali- ja teknisissä tiloissa käytössä oli lämmöntalteenottoyksiköllä varustettu koneellinen ilmanvaihto.

Aineisto ja menetelmät

Tuotantoeläinrakennuksen energiataseen määrittäminen, rakennuksen kokonaisenergiankulutus ja energiankulutuksen jakautuminen eri käyttökohteisiin perustuivat sähköenergian kulutustietoon, tilalla suoritetuihin mittauksiin sekä arvioimalla energiatarvetta ja energiankäyttöä teoreettisesti tuotantorakennuksen rakennetietojen, tilassa olleen eläinmäärän sekä tuotantolaitteiden teknisten laitetietojen ja niiden käyttötilatietojen perusteella. Ruokintaan kuluvan sähköenergian arviointi suoritettiin käyttäen Erkkahankkeessa kehitettyä Excel-pohjaista karjaruokinnan energiankulutuslaskentaohjelmaa (Kainulainen 2013).

Lämpöenergian tuotantoyksikön ja eri prosessilaitteiden energiankulutuksen selvittämistä varten suunniteltiin mittausjärjestelmä, asennettiin mitta-anturit, kerättiin mittausantureilta mittaustiedot minuutin välein ja tallennettiin mittaustiedot dataloggereihin myöhempää analysointia varten. Mittaustietoa kerättiin lämmöntuottojärjestelmästä (lämpöpumppu ja varaajat), käyttöveden lämmityksestä,

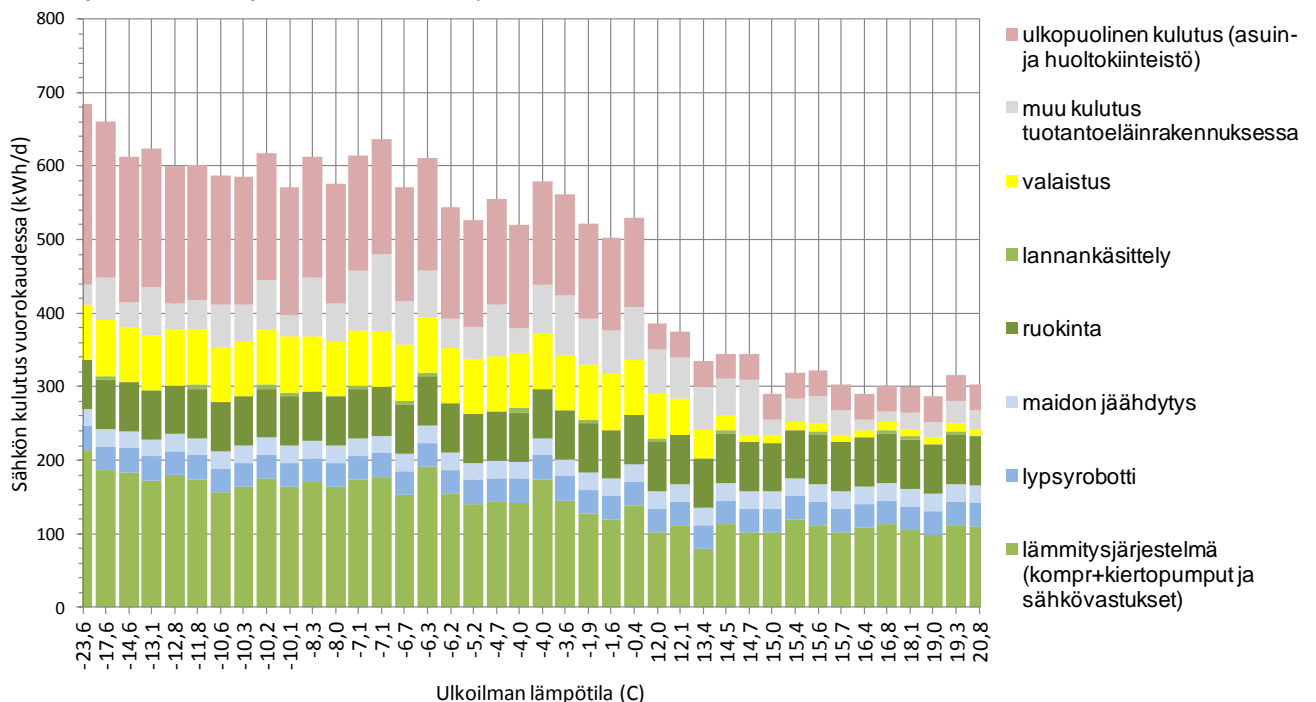
eläintilan ja ulkoilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Lisäksi mitattiin lämpöpumpun ja maidon jäädytyskoneikon sähkönkulutusta. Koko maatilan tuntikohtaiset sähkön kulutustiedot saatiin sähkölaitokselta ja tuotantoeläinrakennuksen sähkönkulutuksen selvittämiseksi kokonaissähkönkulutuksesta vähennettiin asuin- ja huoltorakennusten sähkönkulutus.

Tuotantoeläinrakennuksessa lämpöenergiaa kului lämpöhäviöinä rakennuksen vaipan läpi sekä ilmanvaihdon seurauksena. Rakennuksen lämpöhäviöitä arvioitiin teoreettisesti kuukausitasolla käyttäen laskelmissa tuotantoeläinrakennuksen rakennetietoja ja tilan sijaintipaikkakunnan kuukauden keskilämpötiloja (Ympäristöministeriö 2011). Rakennuksen energiataseen laskennassa eläintilassa oleskelevien eläinten ominaistuotto- ja ominaiskulutusarvojen arvioinnissa käytettiin Maa- ja metsätalousministeriön julkaisussa esitettyjä tietoja (Maa- ja metsätalousministeriö 2002). Määritettäviä arvoja olivat eläimistä vapautuva lämpöteho ja lämpömäärä, eläimistä haihtuva vesihöyryn määrä, eläinten juomaveden tarve, syntyvä lietemäärä sekä minimi ja maksimi ilmanvaihdon tarve. Talvella eläimistä syntyvä lämpökuorma lämmitti rakennusta ja lämpimänä vuodenaikana lämmöstä pyrittiin pääsemään eroon tehostamalla ilmanvaihtoa.

Mittauksien, laitteiden teknisten tietojen ja käyttötilatietojen perusteella määritettiin eri laitteille ja prosesseille vuorokautiset sähköenergian kulutustiedot sekä lämpöenergian tuotto- ja kulutustiedot. Kulutustietojen perusteella määritettiin likimääräinen energiankäytön jakautuminen eri kulutuskohteisiin sekä tuotantorakennuksen energiatase. Tuloksia tarkasteltiin ulkoilman lämpötilan funktiona. Kulutustietojen perusteella voitiin määrittää energiatehokkuutta kuvaavat tunnusluvut sekä kohteet, joiden energiatehokkuutta parantamalla voidaan pienentää primäärienergian tarvetta.

Tulokset

Tutkimuksen kohteena olevan tilan primäärienergiana käytettiin sähköenergiaa. Kuvassa 2 on esitetty ulkoilman lämpötilan funktiona tutkimusjakson aikana tilan vuorokautisia kokonaissähkönkulutuksia ja kulutuksen jakautumiset eri käyttökohteisiin.



Kuva 2. Tilan sähköenergian vuorokautinen kokonaiskulutus eri ulkoilman lämpötiloissa sekä kulutusjakaumat eri käyttökohteisiin.

Talviaikaan tilalle tulevasta kokonaissähkönenergiasta kului tuotantoeläinrakennuksen energiantarpeeseen 65 % – 75 % ja kesäaikana kulutuksen osuus oli noin 90 %. Kuvasta 2 on nähtävissä, että asuin- ja huoltorakennuksessa sähkön kulutus pieneni merkittävästi ulkoilman lämpötilan noustessa ja varsinaisen lämmityskauden loputtua. Tuotantoeläinrakennuksessa on valaistukseen kuluva sähkö-

energian arvioitu vähentyvän luonnonvalon lisääntyessä kevät- ja kesäaikana. Samoin ulkoilman lämpötilan nousun seurauksena tuotantoeläinrakennuksessa lämpöenergiatarve pieneni, koska tilojen lämmitystarvetta ei ollut. Lämpimän käyttöveden tarve samoin kuin eläinten ruokintaan ja maidon tuotantoon ja käsittelyyn liittyvä energian kulutus sitä vastoin oli ulkoilman lämpötilasta riippumaton. Maidon jäähdtykseen käytettävän sähköenergiatarve sitä vastoin todennäköisesti hieman suurenee kesäaikana. Taulukossa 1 on esitetty sähköenergian kulutusjakauma eri käyttökohteisiin tutkimusjaksolla syyskuu 2012 – kevät 2013.

Taulukko 1. Sähköenergian kulutuksen jakautuminen tuotantoeläinrakennuksessa.

Kulutuskohde	Kevät/alkukesi 2013 ulkolämpötila (12 – 21 °C)	Talvi 2012-2013 ulkolämpötila (-24 – 0 °C)
Sähköenergian vuorokautinen kulutus (kWh/d)	250 – 350 kWh/d	420 – 480 kWh/d
*Lämmitysjärjestelmä (lämpöpumppu ja sähkövastukset)	27 % - 43 %	32 % - 49 %
*Valaistus	2 % - 3 %	16 % - 20 %
*Ruokintajärjestelmä	19 % - 27 %	14 % - 18 %
*Lypsyrobotti	9 % - 13 %	7 % - 9 %
*Maidon jäähdtyys	7 % - 9 %	5 % - 6 %
*Lannan käsittely (käsittelypäivinä)	2 %	1 % - 1,4 %
*Muu kulutus	6 % - 32 %	6 % - 22 %

Tulosten tarkastelu

Lämmitysjärjestelmän sähköenergiankulutus oli merkittävin yksittäinen primäärienergian kulutuskohde, minkä vuoksi lämmöntuoton energiatehokkuuteen on syytä kiinnittää huomiota. Tavoitteena on oltava, että lämpöpumpulla pyritään tuottamaan mahdollisimman suuri osa tarvittavasta lämpöenergiasta ja että sähkövastuksissa tapahtuva suoran sähköenergian kulutus jää mahdollisimman pieneksi. Tutkimusjakson aikaisissa mittauksissa lämpöpumpun COP-luku (= lämpökerroin) vaihteli talviaikaan, maaperän toimiessa lämmönlähteenä, välillä 2,4 – 2,6. Kesäaikaan, kun lämmönkeruu tapahtui lantakourusta, vaihteli COP-luku vastaavasti välillä 2,6 -2,8.

Lietelanta on maaperään verrattuna korkeammasta lämpötilasta, mistä johtuen lämpöpumpun lämpökertoimen arvo oli suurempi. Lisäksi lietelannan jäähdtyttämisen tavoitteena oli vähentää kaasukomponenttien, kuten ammoniakki, haihtumista ilmatilaan.

Lypsykarjatalouksissa 80 °C:een ja 40 °C:een pesuvesien sekä eläinten noin 17 °C:een juomaveden kulutus oli huomattava. Käyttöveden lämmitys kuluttaa vuositasolla lähes puolet lämmitysenergiasta. Tuotantorakennuksen energiatehokkuutta olisi mahdollisuus parantaa esimerkiksi esijäähdtyttämällä lypsyrobotilta tulevaa maitoa esilämmittämällä sillä kylmää käyttövettä esimerkiksi eläimien juomavedeksi.

Lämpöenergiaa tuotantoeläinrakennuksessa käytettiin rehuvaraston sekä teknisten ja sosiaalitoimien lämmitykseen. Lämmitykseen käytetty energia kului lämpöhäviöihin rakennuksen vaipan läpi sekä ilmanvaihdon seurauksena. Tuotantoeläinrakennuksen vaipan läpi tapahtuvat lämpöhäviöt pitää pyrkiä minimoimaan, niin ettei rakenteisiin muodostu kylmiä pintoja, joihin sisätilan kosteus pääsee tiivistymään. Varsinkin yläpohjan rakenteisiin ja lämmöneristyksiin on kiinnitettävä huomiota, koska kostea vesihöyry pyrkii ilmaa kevyempänä rakennuksen yläosiin.

Varsinaista navettaa ei lämmitetty, vaan lämpölähteenä toimivat tilassa olleet eläimet, eläinten jätökset, tekniset laitteet ja muut mahdolliset lämpökuormat. Kylminä pakkasjaksoina ongelmaksi eläintilassa muodostui korkeat suhteellisen kosteuden arvot. Näin tapahtui varsinkin tilanteissa, kun pakkasjakson aikana eläintilan lämpötilaa pyrittiin pitämään kohtuullisena pienentämällä tilan ilmanvaihtoa.

Valaistus oli tutkimuksen kohteena olleessa tuotantoeläinrakennuksessa huomattava sähköenergian kuluttaja. Uusien energiatehokkaampien valaistustekniikoiden kehittäminen ja käyttöönotto tuotantoeläinrakennuksissa toisi huomattavia säästöjä sähkölaskuun.

Johtopäätökset

Tutkimuskohteena olleella lypsykarjatilalla lämmöntuotannossa oli käytössä lämpöpumppujärjestelmä, joka hyödynsi lämmönlähteenä lietalannan lämpöenergiaa. Kun lietalannan lämpötila laski +7 °C:een, ohjattiin lämmönkeruunesteen kierto pintamaahan asennettuun maapiiriin. Lantapiirin ollessa lämmönlähteenä, oli lämpöpumpun lämpökertoimen arvo lämmönlähteen korkeammasta lämpötilasta johtuen parempi kuin maapiiriä käytettäessä.

Lämpöpumpun pitkän käyttöiän ja lämmitysjärjestelmän energiatehokkaan toiminnan kannalta on tärkeää, että lämpöpumpun käynnistymiset ovat mahdollisimman vähäisiä ja käyntijaksot mahdollisimman pitkiä ja yhtenäisiä. Toisin sanoen lämmitysjärjestelmän ja lämpöpumpun mitoitukseen ja säätöön on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Lietelannan lisäksi myös muita hukkaenergiavirtoja tulisi tuotantoeläinrakennuksissa käyttää entistä tehokkaammin hyväksi erityisesti käyttökohteisiin, joihin hukkalämpö ajallisesti, energiamäärältään ja lämpötilatasoltaan soveltuu hyödynnettäviksi. Tästä esimerkkinä voisi olla maidon esijäähdytys kylmällä käyttövedellä ja lämmenneen veden hyödyntäminen eläinten juomavetenä.

Tutkimusjakson aikaisen kokonaissähkökulutusmittauksen perusteella voitiin karkeasti arvioida, että tilan vuotuinen kokonaissähkökulutus on noin 168,5 MWh/a, josta tuotantoeläinrakennuksen sähköenergiankulutus noin 131 MWh/a. Tällöin maitokiloa kohden määritetty ominaissähköenergiankulutus on noin 0,232 kWh/kg_{maito}. Jos sähköenergian hinta siirtomaksuineen on esimerkiksi 10 snt/kWh, on energiankulutuksesta johtuva kustannus tuotettua maitokiloa kohden 2,32 snt/kg_{maito}.

Kirjallisuus

Kainulainen, P. (toim.). 2013. Karjaruokinnan energiankulutuslaskuri. Oppilasprojektityö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala.

Maa- ja metsätalousministeriö. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. Liite 10 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista (100/01): Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto C2.2. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 9.2.2013]. Saantitapa: <http://www.mmm.fi/attachments/maaseutujarakentaminen/5iiBVUyGW/L10-rmoC22-01.pdf>

Viljakainen, A-L. 2013. Maa- ja lietalämmöntalteenotto lypsykarjatilalla. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala. 53 sivua. [Viitattu 12.11.2013]. Saantitapa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60054/Viljakainen_Anna-Liisa.pdf?sequence=1

Ympäristöministeriö. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 25.9.2013]. Saantitapa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf