

Sähköntuotannon ja -kulutuksen yhteensovittaminen sikalassa – case study

Petri Kapuinen

Tuotantojärjestelmät, Luonnonvarakeskus, Turku, FINLAND

e-mail: petri.kapuinen@luke.fi

Maatilalla tuotetusta sähköstä saadaan paras tuotto, kun se käytetään kokonaisuudessaan samalla kiinteistöryhmällä. Tällöin se kokonaisuutena maksaa tilalle siirtomaksun ja useimmissa tapauksissa myös sähkön valmisteveron palauttamatta jäävän osuuden verran vähemmän. Usein tuotannon ja kulutuksen huiput ovat eri aikaan. eTu-hankkeen (Energiantuotannon ja -käytön tulevaisuus maataloilla) osana tutkittiin mahdollisuuksia sovittaa yhteen sähköntuotanto ja -kulutus erässä suurehkoissa emakkosikalassa. Sikalan sähkönkulutustiedot kerättiin jakeluyhtiön palvelusta tuntidatana. Läheisen säähavaintoaseman säädätä kerättiin Ilmatieteenlaitoksen palvelusta mm. ilmanvaihdon kulutuksen lämpötilariippuvuuden selvittämiseksi. Yksittäisten kulutuskohteiden kulutusta mitattiin etäluettavilla tiedonkeruulaitteilla. Niillä mitattiin mm. erilaisella teknologialla varustettujen porsitusosastojen valaistuksen, ilmanvaihdon ja lämpölamppujen sähkönkulutusta kohteesta riippuen runsaan vuoden ajan, jolloin saatiin mittaustietoa eri osastojen sähkönkulutuksesta ja sen jakautumisesta näiden kesken eri vuodenaikoina. Kiertoaika osastoilla on suhteellisen lyhyt, joten tietoa saatiin esimerkiksi usealta laktaatiokaudelta. Vastaavaa dataa kerättiin myös välikasvatamosta sekä siemennys- ja joutilasosastolta. Tiedonkeruulaitteilla kerätystä datassa havaintoväli on minuutti. Sikalan erikoisuutena lämmityksessä on lämpöpumppujärjestelmä, jonka lämmönlähteenä on lantakanavien lanta. Lämmön pumppaaminen lannasta alentaa sen lämpötilaa ja sitä kautta kaasujen tuotantoa, mikä mahdollistaa pienemmän minimi-ilmanvaihdon. Lämpöpumppujärjestelmän sähkönkulutus on kovilla pakkasilla noin puolet sikalan sähkönkulutuksesta. Sen tehokerroin muodostuu ratkaisussa varsin korkeaksi, koska lannan lämpötila on selvästi korkeampi kuin esimerkiksi maan. Muita hallitsevia kulutuskohteita ovat lämpölamput, joiden kulutus ei oleellisesti vaihtele vuodenaikojen mukaan, sekä siemennysosaston valaistus, jolla pyritään edistämään emakoiden tiinehtymistä. Valaistuksen kulutuksessa on lähinnä sama vuorokausirytmä vuodenaikojen riippumatta ja sitä säädellään kellokytkimillä. Valaistus voi kytkeytyä päälle myös liittyen koneelliseen ruokintaan. Porsitusosastoilla valaistuksen osuus kulutuksesta on pieni. Ilmanvaihdon kulutus moninkertaistuu porsitusosastoilla kesähelteillä suhteessa minimi-ilmanvaihtoon, mutta silti sen merkitys jää lämpölamppujen kulutuksen varjoon. Kokonaisuutena sikalan kulutus noudattaa vuorokausirytmä, jossa kulutushuippu on keskipäivällä ja minimi yöllä. Kulutusprofiili antaa hyvät lähtökohdat omalle sähköntuotannolle aurinkopaneeleilla. Kulutuksen tasoittaminen vuorokauden sisällä on haasteellista, koska keskeinen syy vuorokausivaihteluun on valaistus, joka on päällä päivällä työntekijöiden mutta myös emakoiden tiinehtymisen edistämiseksi. Vuorokauden sisäisen kulutuksen tasaamiseksi osa henkilökunnasta ja emakoista pitäisi siirtää yövuoroon.

Avainsanat: sähkönkäyttö ja -tuotanto, sikala, aurinkopaneeli, lämpöpumppu

Johdanto

Maatilalla esimerkiksi aurinkopaneeleilla tai biokaasusta tuotetusta sähköstä saadaan paras tuotto, kun se käytetään kokonaisuudessaan samalla kiinteistöryhmällä (Eduskunta 2013). Kiinteistöryhmällä tarkoitetaan kiinteistöä tai useamman kiinteistön muodostamaa ryhmää, jolla on sama omistajapohja. Tällöin se kokonaisuutena maksaa tilalle siirtomaksun ja useimmissa tapauksissa myös sähkön valmisteveron palauttamatta jäävän osuuden verran vähemmän (Eduskunta 1996, Verohallinto 2021). Toistaiseksi muille kiinteistöryhmille sähkö on siirrettävä yleisen sähköverkon kautta. Tällöin sähköverkkoiluvan haltija perii siirrosta siirtomaksun itselleen ja sähkön valmisteveron valtiolle. Sähköstä maksetaan pörssisähkön hinta vähennettynä sähkönostajan määrittelemä marginaali. Nykyisellään on mahdollista, että sähköntuotantoa esimerkiksi aurinkopaneeleilla on toisen kiinteistöryhmän alueella (Eduskunta 2013). Eri kiinteistöryhmien sähköverkot eivät kuitenkaan saa yhdistyä. Nykyisellään energiayhteisö on mielekäs lähinnä tilanteissa, jossa samalla kiinteistöryhmällä on useita asuntoja tai muita eri toimijoiden sähköä kuluttavia toimintoja, jotka ovat vuokralla ko. kiinteistöryhmällä. Tulevaisuudessa on odotettavissa, että sähkömarkkinalaki mahdollistaa sähkön myymisen suoraan lähellä olevalle toiselle kiinteistöryhmälle (Elenia ja VTT 2021). Tällaista kutsutaan kiinteistörajat ylittäväksi energiayhteisöksi. Tällaisella energiayhteisöllä voi olla vain yksi liittymä yleiseen sähköverkkoon. Se huolehtii oman sähköverkon kunnossapidosta.

Usein kiinteistöryhmän sisällä tapahtuva sähköntuotanto ja -kulutus toteutuvat eri aikaan. Tämä on ongelmallista, koska sähkön varastoitavuus on rajallista ja toistaiseksi vielä kallista. Tuotannon ja kulutuksen kohdentaminen on pitänyt toteutua samalla kiinteistöryhmällä, jotta se on ollut taloudellisesti kannattavaa.

Sähkön markkinahinnan nousu vuoden 2021 aikana ja alkuvuodesta 2022 on lisännyt sähkön verkkoon myynnin kannattavuutta (Tilastokeskus 2022). Aurinkopaneelien sähköntuotanto on suurimmillaan kesällä ja silloinkin keskipäivällä. Biokaasulaitoksen sähköntuotanto on periaatteessa tasaisempaa, ja sen toiminnan kannalta on tärkeää, että kulutus olisi päivän parin keskiarvona suhteellisen tasaista, koska kaasun varastoinnin kannalta tämä alkaa olla kohtuullisten kustannuksien varastointiajan yläraja. Järjestelmien yksikkökustannukset alenevat niiden koon kasvaessa, jolloin yksikkökoon kasvu tekee maatilojen sähköntuotannon entistä kannattavammaksi. Kasvinviljelytiloilla sähkönkulutus on harvoin tasaisesti niin suuri, että sähköntuotanto aurinkopaneeleilla omaan käyttöön olisi taloudellisesti mielekästä. Sen tilanne rinnastuu lähinnä omakotitalokiinteistöön. Jos viimeaikainen sähkönhinnan nousu jää pysyväksi, taloudelliset perusteet jopa verkkoon syöttöön ovat kuitenkin yhä useammin olemassa. Sähköntuotanto aurinkopaneeleilla on mielekkäintä kotieläintiloilla, joilla sähkönkulutus yleensä on niin suuri ja jatkuva, että aurinkopaneelien yksikkökustannus muodostuu kohtuulliseksi. Niilläkin sähkönkulutus saattaa keskittyä joihinkin vuorokauden tunteihin, mikä voi tuoda haasteita aurinkopaneelien sähköntuotannon ja -kulutuksen yhteensovittamiseen. Kulutusten uudelleenajoittaminen toiminnan kanssa voi olla tuotannon kannalta monissa tapauksissa liian hankalaa. Esimerkiksi lypsykarjataloudessa lypsyajoja ei oikein voi siirtää. Aurinkopaneelien sähköntuotannon profiili sopii yhteen kaikkein parhaiten ilmanvaihdon sähkönkäytön kanssa. Keskipäivällä aurinko paistaa yleensä kirkkaimmin, mutta ulkolämpötilakin on yleensä korkein, jolloin ilmanvaihto myös on suurimmillaan. Emakkosikalassa sähkönkulutus on päivällä myös monista muista syistä suurimmillaan. Mm. valot ovat päällä sekä sikojen että hoitajien takia. Valaistuksen sähkönkulutus päivällä on erityisen suuri siemennettävien emakoiden osastoilla. Tämän takia aurinkopaneelit sopivat hyvin yhteen emakkosikalalan toimintaan. Jos niitä ei ole, on selvästi tarvetta siirtää kulutusta yöaikaan. On kuitenkin muistettava se, että kaikki päivät eivät ole aurinkoisia edes kesällä. Aurinkopaneelien tuotanto voi silloin jäädä vaatimattomaksi, jolloin voi käydä niin, että kuukauden tehomaksu määryytyy tällaisen päivän tehohuipun mukaan. Kulutuksen rajoittaminen suunnitellusti ei yleensä ole mahdollista aiheuttamatta suurempia taloudellisia menetyksiä tuotannossa.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään emakkosikalalan sähkönkulutuksen jakautumista eri komponentteihin eri vuodenaikoina, kokonaiskulutuksen ja sen osien ajoittumista vuorokauden kuluessa eri vuodenaikoina sekä tämän tiedon pohjalta mahdollisuuksia vaikuttaa kulutusten ajoittumiseen niin, että kulutus saataisiin tasaisemmaksi vuorokauden aikana tavoitteena pienempi liittymäkoon tarve ja tehomaksut. Lisäksi arvioitiin aurinkopaneelijärjestelmän sähköntuotannon yhteensopivuutta kulutukseen.

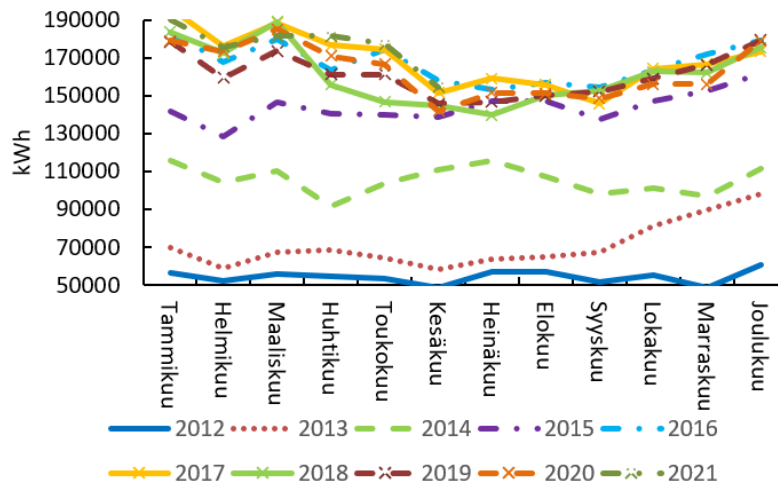
Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineisto kerättiin Ruskolla sijaitsevasta emakkosikalasta, jossa oli mittausten aikaan noin 3500 emakko, 9000 porsasta ja 200 nuorta siitossikaa. Sikalaa oli laajennettu 2013–2014, jota ennen sikalassa oli noin 1800 emakkoa. Sikalan sähkönkulutustiedot kerättiin jakeluyhtiön palvelusta tuntidatana niin pitkälti historiassa kuin sitä oli saatavissa. Turun lentoaseman säädädata kerättiin Ilmatieteenlaitoksen palvelusta mm. ilmanvaihdon ja lämpöpumppujärjestelmän kulutuksen lämpötilariippuvuuksien selvittämiseksi. Yksittäisten kulutuskohteiden kulutusta mitattiin etäluettavilla tiedonkeruulaitteilla (www.egauge.net). Niillä mitattiin mm. erilaisella teknologialla varustettujen porsitusosastojen valaistuksen, ilmanvaihdon ja lämpölampujen sähkönkulutusta kohteesta riippuen runsaan vuoden ajan, jolloin saatiin mittaustietoa eri osastojen sähkönkulutuksesta ja sen jakautumisesta näiden kesken eri vuodenaikoina. Kiertoaika porsitushuoneissa on suhteellisen lyhyt, joten tietoa saatiin sähkönkulutuksesta komponentteittain esimerkiksi usealta laktaatiokaudelta eri vuodenaikoina. Vastaavaa dataa kerättiin myös välikasvattamosta. Siemennys- ja joutilasosastolta dataa saatiin vain kokonaisuutena. Tiedonkeruulaitteilla kerättyssä datassa havaintoja oli minuutin välein sekunnin välein tehtyjen mittausten keskiarvona.

Sikalalan erikoisuutena lämmityksessä on vuoden 2015 alussa käyttöönotettu lämpöpumppujärjestelmä, jonka lämmönlähteenä on lantakanavien lanta. Lämmön pumppaaminen lannasta alentaa sen lämpötilaa ja sitä kautta kaasujen tuotantoa, mikä mahdollistaa pienemmän minimi-ilmanvaihdon. Lämpöpumppujärjestelmän tehokerroin muodostuu ratkaisussa varsin korkeaksi, koska lannan lämpötila on selvästi korkeampi kuin esimerkiksi maan. Sikalan sähkönkulutus on lämpöpumppujärjestelmän takia huomattavasti suurempi kuin vastaavan sikalan, jossa sitä ei ole. Niissä lämpö tuotetaan öljyllä, hakkeella tai vastaavalla. Kokonaisenergiakulutus lämmitykseen on kuitenkin selvästi pienempi kuin vastaavassa sikalassa, jossa lämpöpumppujärjestelmää ei ole. Lämpöpumppujärjestelmän sähkönkulutus eri ulkoilman lämpötiloissa raportoitiin.

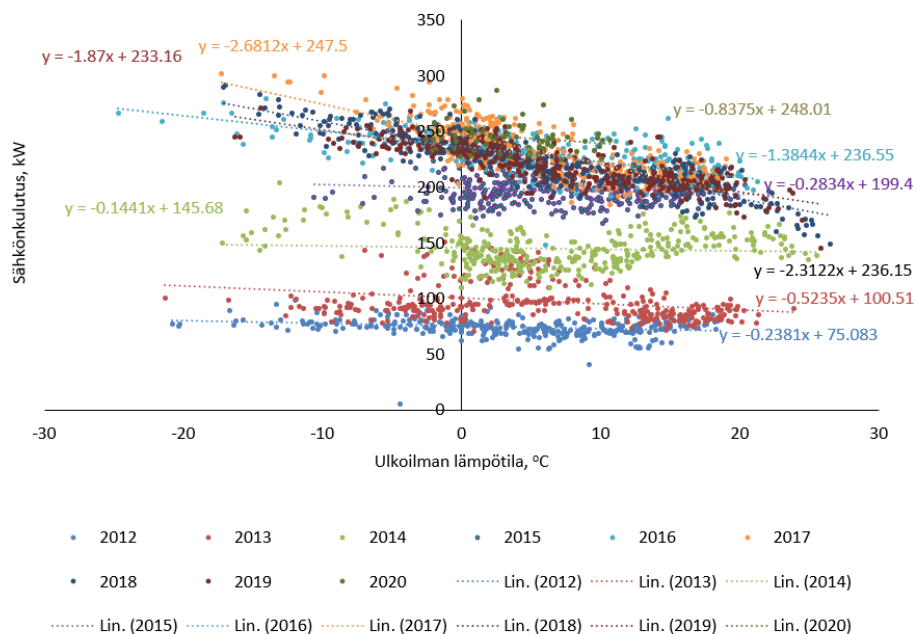
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Sikalassa 2013 toteutetun merkittävän laajennuksen takia vuosien 2012–2013 sähkönkulutus oli myöhempiä vuosia alemmalla tasolla (Kuva 1). Ennen tehtyä laajennusta se oli noin 650000 kWh vuodessa eli noin 361 kWh emakkopaikkaa kohti vuodessa. Laajennuksen jälkeen vuonna 2014 sähkönkulutus oli noin 1268000 kWh vuodessa eli 362 kWh emakkopaikkaa kohti vuodessa, joten emakkopaikkakohtainen sähkönkulutus säilyi samana. Lämpöpumpputjärjestelmän käyttöönoton jälkeen vuosina 2017–2020 sähkönkulutus oli keskimäärin noin 1964000 kWh vuodessa eli 561 kWh emakkopaikkaa kohti vuodessa. Sähkön kulutus lisääntyi 200 kWh emakkopaikkaa kohti mutta vastaavasti lämmitysöljyn käyttö väheni oleellisesti. Arvio maalämpöpumpputjärjestelmän tuottamasta lämpömäärästä on 2000000 kWh vuodessa sähkönkulutuksella 600000 kWh. Tuotettu lämpömäärä vastaa 90 %:n öljylämmityksen hyötysuhteella öljymäärää noin 220000 litraa vuodessa, kun nykyisellään öljyä kuluu noin 13000–18000 litraa sosiaalitulojen käyttöveden ja sikalan vanhan osan lattialämmityksiin. Lisäksi arvioidaan, että maalämpöjärjestelmä vähentää ilmanvaihdon tarvetta niin paljon, että lämpöä säästyy 1000000 kWh vuodessa, joka vastaa runsasta 100000 litraa öljyä vuodessa. Ennen viimeisen lämpöpumpputjärjestelmän asennusta joulukuussa 2014 sähkönkulutus oli kuukausitasolla varsin tasainen ympäri vuoden (Kuva 1). Sen jälkeen kulutus on ollut talvikuukausina suurempi kuin kesäkuukausina. Sikalassa on kuitenkin ollut aiemminkin vastaavia maalämpöpumpputjärjestelmiä ja vedenjäähdytysjärjestelmiä, joista on saatu sikalaan lämpöä, mikä ei kuitenkaan loogisesti näy sähkönkulutuksessa emakkopaikkaa kohti.



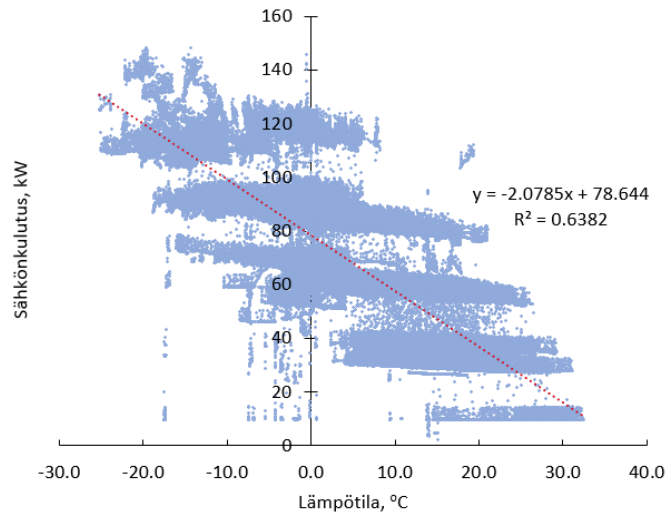
Kuva 1. Sikalan sähkönkulutus 2012–2021 eri kuukausina

Ulkoilman lämpötilalla ei ollut ennen uusimman lämpöpumpputjärjestelmän käyttöönottoa 2015 vaikutusta sähkönkulutukseen (Kuva 2), vaikka sikalassa oli aiemminkin ollut käytössä lämpöpumpputjärjestelmiä.



Kuva 2. Sikalan sähkönkulutus vuosina 2012–2021 eri ulkolämpötilojen vallitessa

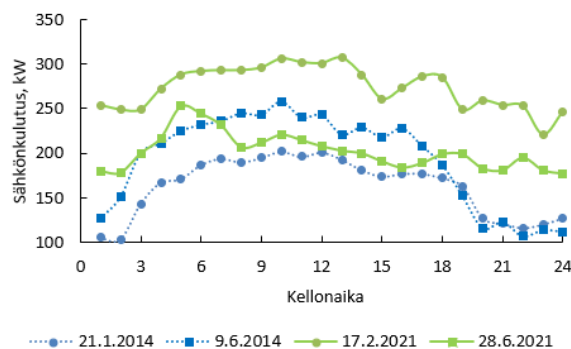
Aikaisempi lämpöpumppujärjestelmä oli rikkoontunut keväällä 2014, jolloin kyseisen vuoden öljynkulutus oli poikkeuksellisen suuri, noin 75000 litraa, kun se aiemmin oli ollut noin 5500 litraa vuodessa. Tämän lisäksi lämpöä tuotettiin lämpölampuilla porsitushuoneissa. Laajennuksen vaikutus sähkönkulutukseen näkyy täysimääräisenä vasta vuoden 2016 sähkönkulutuksessa. Tästä voidaan päätellä, että emakkosikalan sähkönkulutus ei ole ulkoilman lämpötilasta riippuva, jos lämmityksen pääenergianlähde on joku muu kuin sähkö. Viimeisimmän lämpöpumppujärjestelmän käyttöönotto näkyy sähkönkulutuksessa siten, että sähkönkulutus oli kylmällä säällä suurempi kuin lämpimällä (Kuva 2).



Kuva 3. Lämpöpumppujärjestelmän sähkönkulutuksen riippuvuus ulkoilman lämpötilasta

Lämpöpumppujärjestelmän sähkönkulutus oli enimmillään noin 145 kW, kun ulkoilman lämpötila oli alle -15°C (Kuva 3). Sen minimisähkönkulutus oli noin 10 kW, joka muodostui järjestelmän apulaitteiden, kuten kiertovesipumppujen, kulutuksesta. Sähkönkulutuksessa oli selvä trendi, jossa se kasvoi lineaarisesti ulkoilman lämpötilan laskiessa, $2.0785\text{ kW}/^{\circ}\text{C}$. Se ei kuitenkaan seurannut ulkoilman lämpötilaa kovin kiinteästi, koska lämpöpumppujärjestelmä ei ollut inverteri-mallia, joten sen kompressorit käynnistyivät yksi kerrallaan lämmöntarpeen mukaan täydellä teholla, jolloin kulutus lisääntyi portaittain. Vuoden kuluessa ajanjaksona 14.8.2020–14.8.2021 koko maalämpöpumppujärjestelmän sähkönkulutus oli 546079 kWh. Siitä lämpöpumpun 1 osuus oli 45.6 %, lämpöpumpun 2 oli 37.9 %, lämpöpumpun 3 0.6 % ja apulaitteiden 17.8 %. Lämpöpumpun 3 kulutuksen osuus oli pieni sen tähden, että se kävi vain hyvin kylmän ulkoilman lämpötilan vallitessa. Kaksi muuta lämpöpumppua, joissa kussakin oli kaksi kompressoria, kävi vuorotteluperiaatteella tasaisen kulumisen saavuttamiseksi. Lämpöpumpun 2 kulutus oli pienempi kuin lämpöpumpun 1, koska se on teholtaan pienempi.

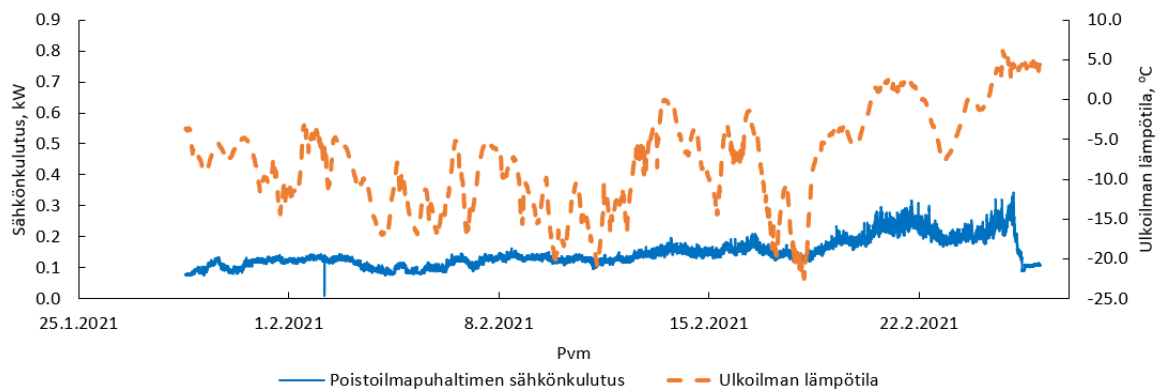
Viimeisimmän lämpöpumppujärjestelmän käyttöönoton jälkeen sikalan vuorokauden sähkökäytön profiili muuttui siten, että yöaikainen sähkökäyttö lisääntyi suhteessa päiväaikaiseen (Kuva 4).



Kuva 4. Sikalan sähkönkulutuksen vuorokausiprofiilit talvi- ja kesäpäivinä ennen (2014) ja jälkeen (2021) lämpöpumppujärjestelmän rakentamista. Päivien keskilämpötilat: -12.9°C (21.1.2014), 10.9°C (9.6.2014), -16.3°C (17.2.2021) ja 19.0°C (28.6.2021). Päivät ovat esimerkkejä, mutta niiksi on valittu talven osalta kylmät ja kesän osalta helteiset päivät.

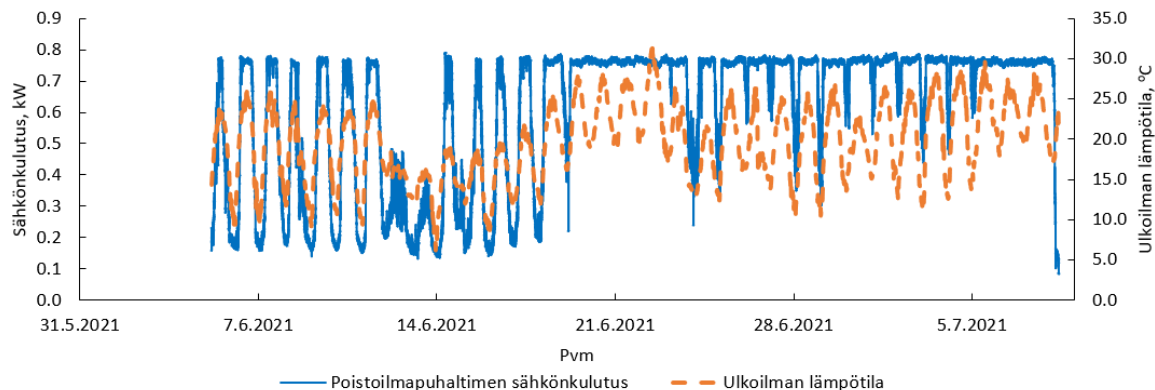
Kuvasta 4 voidaan todeta, että ennen lämpöpumppujärjestelmän asennusta talvi- ja kesäpäivän sähkönkulutuksen profiili oli varsin samanlainen. Päivällä aamukuudesta iltakuuteen sähkönkulutus oli noin kaksinkertainen suhteessa keskiyön aikaiseen kulutukseen. Lämpöpumppujärjestelmän asentamisen jälkeen sähkönkulutuksen vuorokausivaihtelu pieni, mutta talvi- ja kesäilmanvaihdon välille muodostui ero, koska lämpöpumppujärjestelmä käyttää lämmöntuotantoon sähköä öljyn sijasta. Kesällä päiväaikainen kulutus oli varsin samanlainen ennen ja jälkeen lämpöpumppujärjestelmän asentamista. Sen sijaan yöaikainen kulutus oli sen jälkeen suurempi. Ilman lämpöpumppujärjestelmää sähkönkulutus oli kesällä suurempi lähinnä ilmanvaihdon kulutuksen takia. Lämpöpumpun kanssa taas sähkönkulutus oli talvella suurempi.

Sikalan sähkönkulutuksen vaihtelu vuorokauden sisällä oli varsin samanlainen joka päivä. Kulutus oli suurimmillaan keskipäivällä ja pienimmillään yöllä. Tämä antaa varsin hyvät mahdollisuudet aurinkopaneelijärjestelmän tuottaman sähkön tehokkaaseen hyödyntämiseen. Sähkönkäytöllä ja paneelien tuotolla oli sama rytmi. Sopiva mitoitusteho olisi sikalan tarpeiden pohjalta runsaat 200 kVA:a, mutta sähkön viimeaikainen hinnannousu voi antaa taloudelliset perusteet suuremmallekin järjestelmälle. Aurinkopaneelijärjestelmällä pystyttäisiin oleellisesti vähentämään verkosta ostettavan sähkön käyttöä kesällä ja tasaamaan sen vuorokauden sisäisen käytön vaihtelua vuorokauden sisällä. Pilvisinä päivinä ja talvella paneelien tuotto on pieni. Suurimmat kulutushuiput ovat talvella keskipäivällä. Tämän takia sähköliittymän kokoa ei kuitenkaan voi pienentää aurinkopaneelijärjestelmän asentamisen jälkeen.



Kuva 5. Porsitushuoneen ilmanvaihdon sähkönkulutus talvi-ilmanvaihdossa laktaatiokauden kuluessa

Talvi-ilmanvaihdossa sikalan vanhemman osan porsitushuoneen ilmanvaihdon sähkönkulutus oli pieni, koska ilmanvaihto oli lähes minimi-ilmanvaihdon tasossa lähes koko ajan (Kuva 5). Erillisillä taajuusmuuntimilla varustettujen puhaltimien oikosulkumoottoreiden sähkönkulutus minimi-ilmanvaihtotilanteessa oli suhteellisen suuri suhteessa maksimi-ilmanvaihtotilanteen sähkönkulutukseen (Kuvat 5 ja 6). Ulkolämpötilan vaihtelut eivät oleellisesti vaikuttaneet ilmanvaihdon sähkönkulutukseen, vaan lähinnä siihen vaikutti porsaiden kasvun aiheuttama lämpökuorman kasvu.

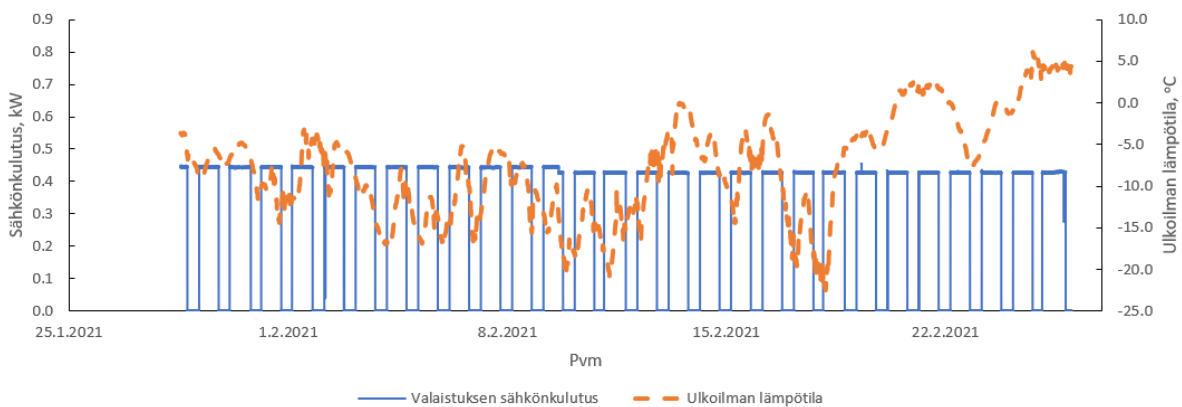


Kuva 6. Porsitushuoneen ilmanvaihdon sähkönkulutus kesäilmanvaihdossa laktaatiokauden kuluessa

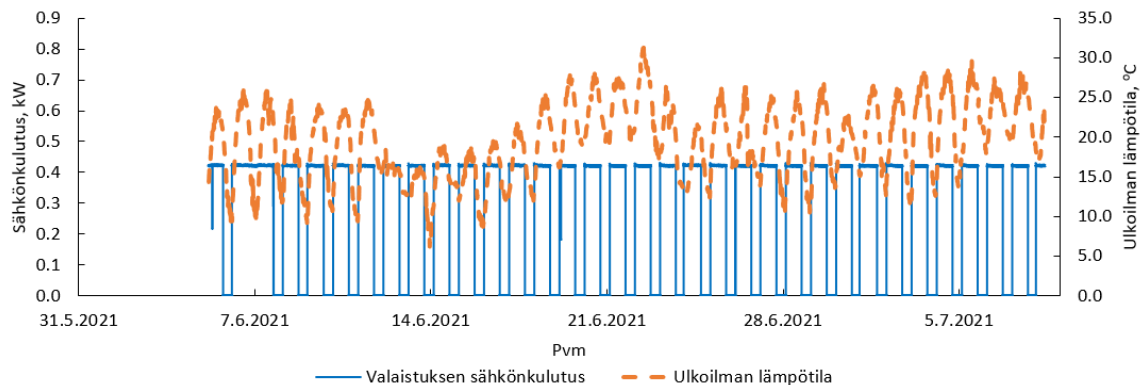
Hellekausina puhaltimet kävivät täysillä lähes koko vuorokauden (Kuva 6). Yöllä ulkoilman lämpötilan laskiessa ilmanvaihdon sähkönkulutus putosi rajusti. Laktaariokauden alussa ulkoilman lämpötila oli selvästi alempi

erityisesti yöllä, mikä näkyi selvästi alempana sähkönkulutuksena. Laktaatiokauden toisena neljänneksenä ulkoilman lämpötila oli tavallista alempi, jolloin ilmanvaihdon sähkönkulutuskin oli tavallista alempi. Kuitenkin tällöinkin porsaiden kasvu kyseisen jakson lopussa yhdessä ulkoilman lämpötilan hienoisen nousun myötä johti siihen, että ilmanvaihto kävi keskipäivällä täysillä. Laktaatiokauden keskivaiheilla myös yöt olivat lämpimiä, mikä johti siihen, että poistopuhaltimet kävivät täysillä yötä päivää. Ilmanvaihto oli täysillä myös laktaatiokauden lopussa ulkoilman yölämpötilojen ollessa korkeat ja porsaiden ollessa suuria. Ilmanvaihdon mitoitus oli rajoilla tilanteisiin, joissa ulkoilman lämpötila nousi yli 25 °C laktaatiokauden lopussa, jolloin porsaat ovat suuria. Tällöin sisäilman lämpötila saattaa karata yli tavoitteen, joka on 3 °C yli ulkoilman lämpötilan (Tuunanen ja Karhunen 1984). Tässä tilanteessa tavoitelämpötila ylitettiin reippaasti ulkoilman korkean lämpötilan takia, mutta mittauksissa oli vain muutama havainto, joissa lämpötilaero olisi ollut yli 3 °C, vaikka kesän 2021 kuumuus oli poikkeuksellinen. Hellekausien aikana kasvatulokset ovat potentiaalisesti kärsineet kuumuudesta (esim. Tuunanen ja Karhunen 1984).

Lämpötilalla ei ollut vaikutusta porsitushuoneen valaistuksen sähkönkulutukseen (Kuvat 7 ja 8). Tämä on hyvin odotettavissa oleva havainto, koska valaistusta ohjataan kellokytkimellä. Luonnonvalon määrällä ei ollut vaikutusta valojen käyttöön.

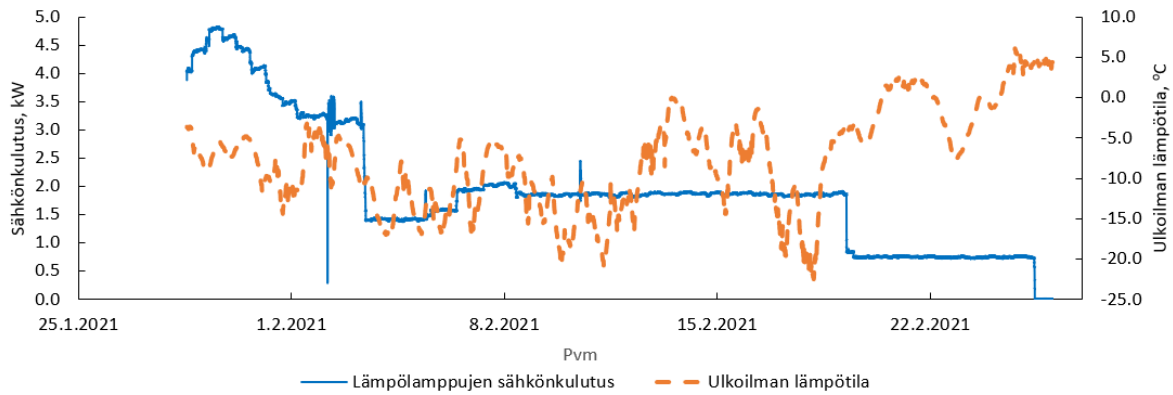


Kuva 7. Porsitushuoneen valaistuksen sähkönkulutus talvella laktaatiokauden kuluessa

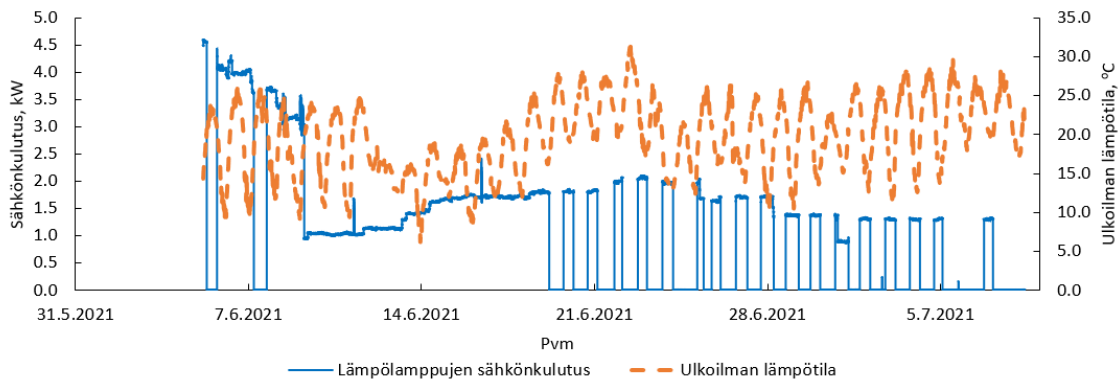


Kuva 8. Porsitushuoneen valaistuksen sähkönkulutus kesällä laktaatiokauden kuluessa

Lämpölamppujen sähkönkulutus oli sikalan vanhan osan porsitushuoneen sähkönkulutuksessa hallitseva komponentti talvella laktaatiokauden alkupuolella (Kuva 9). Talvikaudella esiintyvät ulkoilman lämpötilan muutokset eivät oleellisesti vaikuttaneet lämpölamppujen sähkönkulutukseen, koska lämpölamppujen päällä oloa ohjasi työntekijöiden subjektiiviset havainnot porsaiden olosuhteista. Työntekijöiden subjektiivinen harkinta lämpölamppujen päällä olosta johti siihen lopputulokseen, että helteillä laktaatiokauden lopussa lämpölamput olivat selkeästi kytketty pois päältä päiväajaksi, mikä näkyi selkeästi sähkönkulutuksessa.



Kuva 9. Porsitushuoneen lämpölampujen sähkönkulutus talvella laktaatiokauden kuluessa



Kuva 10. Porsitushuoneen lämpölampujen sähkönkulutus kesällä laktaatiokauden kuluessa

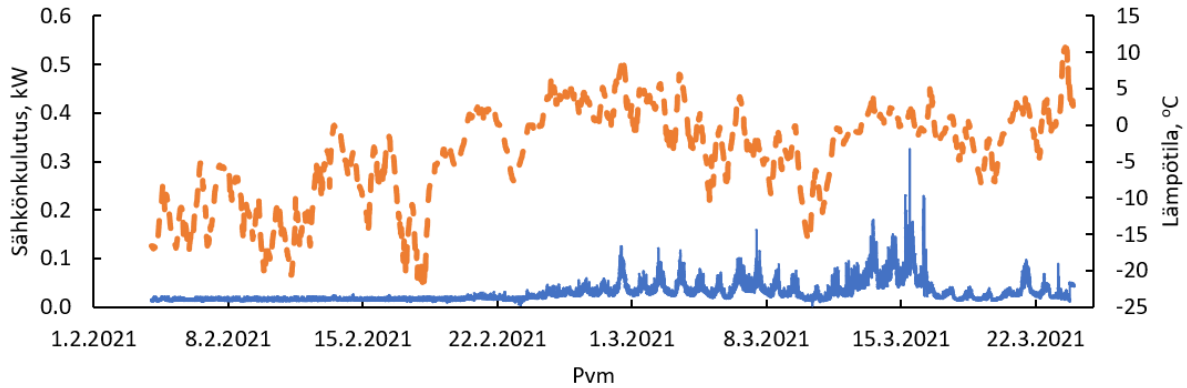
Porsitushuoneen sähkönkulutuksessa ei ollut laktaatiokautta kohti kovin oleellista eroa talven ja kesän välillä (Taulukko 1). Porsitushuoneessa oli 36 emakkopaikkaa, joten pahnuetta kohti sähköä kului noin 46 kWh. Laktaatiokausien pituudet saattavat olla hieman erilaiset, kuten oli tässäkin tapauksessa, millä on jonkinlainen vaikutus sen aikana kuluvan sähkön määrään. Kesällä näytti kuluvan sähkö vähemmän päivää kohti. Merkityksellisempää lienee kuitenkin tuotettua porsasta kohti käytetty sähköenergian määrä. Kulutuksen jakautuminen eri toiminnoille oli erilainen talvella ja kesällä. Kesällä lämpölamput olivat päälle vähemmän kuin talvella, jolloin niiden osuus kokonaiskulutuksesta oli pienempi, mutta niiden osuus kulutuksesta oli silti hallitseva. Vastaavasti ilmanvaihdon osuus oli kesällä selvästi suurempi kuin talvella.

Taulukko 1. Porsitushuoneen sähkönkulutus yhden laktaatiokauden kuluessa talvella (28 pv) ja kesällä (33 pv)

		Talvi		Kesä	
			%		%
Yhteensä	kWh	1619	100	1581	100
Valaistus	kWh	189	11.7	218	13.8
Lämpölamput	kWh	1331	82.2	877	55.4
Ilmanvaihto	kWh	100	6.2	487	30.8
Ulkoilman lämpötila, °C		-7.6		19.6	

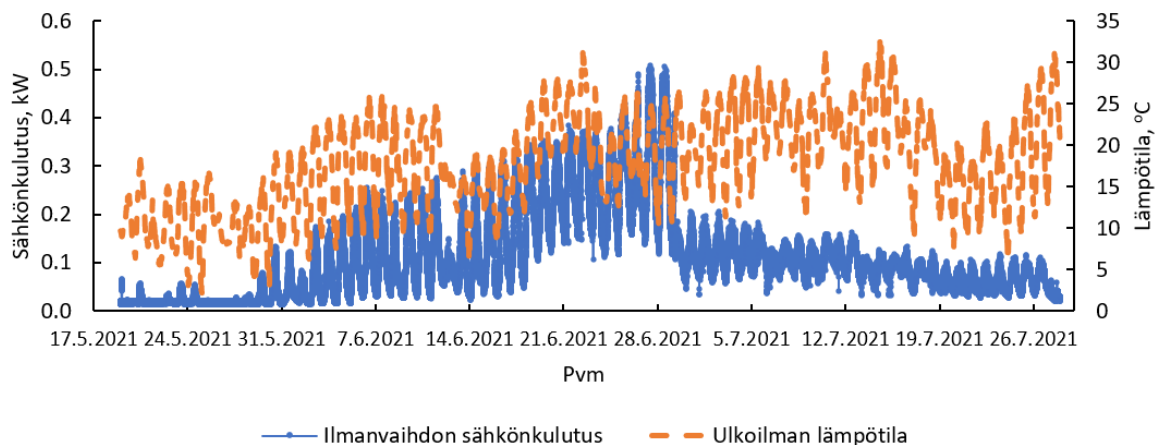
Välikasvattamon talvi-ilmanvaihdossa (keskilämpötila -3.8 °C) ilmanvaihdon sähkönkulutus oli suurimmillaan kasvatuskauden loppupuolella juuri ennen kuin merkittävä osa porsista myytiin ja ulkoilman lämpötila oli jo noin pari asetetta plussan puolella (Kuva 11). Suurimman osan kasvatuskauden alkua sähkönkulutus oli minimi-ilmanvaihdon kulustasolla. Kasvatuskaudella (47 vrk) sähkö kului 139 kWh eli 0.476 kWh per sisään tuotu porsas, josta valaistuksen osuus oli hallitseva 75.7 % lopun ollessa ilmanvaihdon osuutta. Välikasvattamon ilmanvaihto oli toteutettu Fancomin IF -puhaltimilla, joissa oli integroitu taajuusmuunnin pyörimisnopeuden säätämiseksi. Niiden

sähkönkulutus oli erityisesti minimi-ilmanvaihdon aikana selvästi pienempi kuin sikalan vanhan osan porsitusosastojen puhaltimien, jotka oli varustettu perinteisillä erillisillä taajuusmuuntimilla ja oikosulkumuottoreilla (Kuva 5). Yhden huoneen valaistuksen sähkönkulutus oli yksien putkien palaessa noin 200 W. Toiset saman tehoiset putket paloivat liittyen ruokintaan.



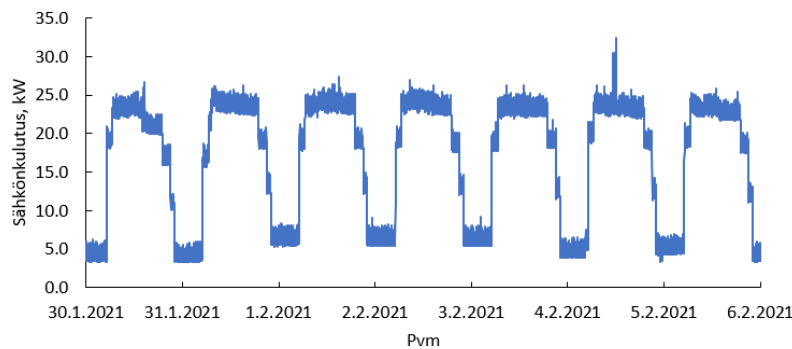
Kuva 11. Välikasvattamon ilmanvaihdon sähkönkulutus talvi-ilmanvaihdossa kasvatuskauden kuluessa

Välikasvattamon kesäilmanvaihdossa (keskilämpötila 17.8 °C) sähkönkulutus oli suurimmallaan kasvatuskauden puolessa välissä (Kuva 12). Tämä johtui siitä, että merkittävä osa mittauksen kohteena olleen huoneen suurimmista porsaista myytiin jo tässä kohdassa, koska ne olivat jo saavuttaneet tavoitepainonsa. Tämän jälkeen sähkönkulutus väheni oleellisesti, vaikka ulkoilman lämpötila oli korkea. Kasvatuskauden sähkönkulutus huoneessa oli 443 kWh eli 1.96 W per sisään tuotu porsas, josta valaistuksen osuus oli suurin 50.6 % ja loput ilmanvaihdon osuutta. Kasvatuskauden pituus oli 39 pv. Kesään osuvan kasvatuskauden sähkönkulutus oli selvästi suurempi kuin talvikauden suuremman ilmanvaihtotarpeen takia.



Kuva 12. Välikasvattamon ilmanvaihdon sähkönkulutus kesäilmanvaihdossa kasvatuskauden kuluessa

Siemennys ja joutilasosaston sähkönkäytön profiilille oli tyypillistä, että sähköä kului päivällä paljon ja yöllä vähän (Kuva 13). Yön kulutuksen (noin 5 kW) voidaan arvioida olevan ilmanvaihdon kulutuksen osuus, joka kesä helteillä kaksinkertaistui (aineistoa ei näytetä). Ilmanvaihdon kulutus on todennäköisesti ollut kesällä päivällä suurempi kuin yöllä, mutta sitä ei saa aineistosta irti. Talvikauden päivä- ja yökulutuksen erotuksen (noin 10 kW) voidaan arvioida olevan valaistuksen osuus. Valaistuksen sähkönkulutus oli myös kesällä ehkä ¼ talven vastaavasta vähän riippuen siitä, kuinka paljon ilmanvaihdon päiväkulutus oli yöaikaista suurempi. Siemennys ja joutilasosaston suuri sähkönkäyttö valaistukseen johtui siitä, että sillä pyrittiin edistämään emakoiden tiinehtymistä.



Kuva 13. Siemennys- ja joutilasosaston sähkökulutuksen profiili helmikuun 2021 alussa

Johtopäätökset

Lämpöpumppujärjestelmän sähkökulutus on kovilla pakkasilla noin puolet sikalan sähkökulutuksesta. Sen tehoeroin muodostuu ratkaisussa varsin korkeaksi, koska lannan lämpötila on selvästi korkeampi kuin esimerkiksi maan. Muita hallitsevia kulutuskohteita ovat lämpölamput, joiden kulutus ei oleellisesti vaihtele vuodenaikojen mukaan, sekä siemennysosaston valaistus, jolla pyritään edistämään emakoiden tiinehtymistä. Valaistuksen kulutuksessa on lähinnä sama vuorokausirytmä vuodenaikojen riippumatta, ja sitä säädellään kellokytkimillä. Valaistus voi kytkeytyä päälle myös liittyen koneelliseen ruokintaan. Porsitusosastoilla valaistuksen osuus kulutuksesta on pieni. Ilmanvaihdon kulutus moninkertaistuu porsitusosastoilla kesähelteillä suhteessa minimi-ilmanvaihtoon, mutta silti sen merkitys jää lämpölamppujen kulutuksen varjoon. Kokonaisuutena sikalan kulutus noudattaa vuorokausirytmä, jossa kulutushuippu on keskipäivällä ja minimi yöllä. Kulutusprofiili antaa hyvät lähtökohdat omalle sähkötuotannolle aurinkopaneeleilla. Kulutuksen tasoittaminen vuorokauden sisällä on haasteellista, koska keskeinen syy vuorokausivaihteluun on valaistus, joka on päällä päivällä työntekijöiden mutta myös emakoiden tiinehtymisen edistämiseksi. Vuorokauden sisäisen kulutuksen tasaamiseksi osa henkilökunnasta ja emakoista pitäisi siirtää yövuoroon.

Kirjallisuusviitteet

- Eduskunta 1996. Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta. Annettu Helsingissä 30. joulukuuta 1996. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961260>
- Eduskunta 2013. Sähkömarkkinalaki. Annettu Helsingissä 9. elokuuta 2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>.
- Elenia ja VTT 2021. Energiayhteisökäsikirja. 30 s. <https://www.elenia.fi/uutiset/elenia-julkaisi-vttin-kanssa-kasikirjan-energiayhteisöjen-perustamisesta>
- Tilastokeskus 2022. Energian hinnat. ISSN=1799-7984. 4. vuosineljännes 2021, Liitekuvio 5. Nord Pool Spot -sähköpörssin kuukausikeskiarvot. Helsinki: http://www.stat.fi/til/ehi/2021/04/ehi_2021_04_2022-03-10_kuv_005_fi.html
- Tuunanen, L. & Karhunen, J. 1984. Eläinsuojien mitoitus. Vakolan tutkimuslasku 39: 1–112. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/484430/vtselostus39.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Verohallinto 2021. Energiaverotus. Annettu 19. helmikuuta 2021. <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotus2/>