

Opinnäytetyö (YAMK)

Insinööri (ylempi AMK), hajautettu energiantuotanto

Master of Engineering, Distributed Energy Systems

2024

Henna Lautala

Uusiutuvien energiaratkaisuiden hyödyntäminen maatalousyhtymässä



Opinnäytetyö (YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK), hajautettu energiantuotanto

Master of Engineering, Distributed Energy Systems

2024 | 74 sivua

Henna Lautala

Uusiutuvien energiaratkaisuiden hyödyntäminen maatalousyhtymässä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisilla uusiutuvan energian ratkaisuilla voitaisiin nostaa kohdemaatilan energiaomavaraisuutta.

Ympäristöystävällisyys, kestävä maatalous ja omavaraisempi energiantuotanto ovat tulevaisuuden maatalouden kulmakiviä. Tämän tapaustutkimuksen on tarkoitus selvittää, miten ja millaisia uusiutuvan energian tuotantomuotoja voitaisiin hyödyntää maatilalla. Työssä selvitettiin myös, pystytäänkö maatilalla toimimaan energiatehokkaammin, eli millä toimin pystytään vähentämään ostettavan sähköenergian tarvetta oman energiantuotannon lisäksi.

Tutkimus toteutettiin määrittämällä kohdemaatilan sähköenergian kokonaiskulutuksen tuntikeskiarvo ja rahoituskustannukset. Näiden perusteella määritettiin optimin kokoiset uusiutuvan energian ratkaisut, jotka parantavat tilan energiaomavaraisuutta nykyisestä tilasta. Lisäksi tutkimuksessa huomioitiin investoinnin rahoituskustannukset ja laskettiin investoinnin takaisinmaksuaika. Opinnäytetyön lopputuloksena oli tutkimustulosten perusteella kehittää maatilalle energiaomavaraisuuden suunnitelma.

Kohdemaatilan on tarkoitus tutkimuksen pohjalta toteuttaa investoinnit ja omavaraisuussuunnitelma sekä kehittää maatilaa kestävämpään suuntaan.

Asiasanat:

energiantuotanto, omavaraisuus, maatalouden tuottavuus, aurinkoenergia.

Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Master of Engineering, Distributed Energy Systems

2024 | 74 pages

Henna Lautala

Utilization of renewable energy solutions in the agricultural collective

The purpose of the thesis was to find out what renewable energy solutions could be used to increase the case – farm's self-sufficiency and thus productivity, when the farm could produce the energy it uses itself or utilize the energy it uses for recycling. The purpose was to reduce the agricultural collective's need to acquire energy from outside and to improve self-sufficiency by utilizing the most suitable renewable energy solution.

The research was carried out by determining the matter – average of the total electricity consumption of the farm. Based on these, renewable energy solution of the optimal size were determined, which improve the farm's energy self-sufficiency from the current state. In addition, the study took into account the amount of the investment and calculated the payback period for the investments. The final result of the thesis was to develop a plan for energy self-sufficiency based on the research results.

Based on the research the case – farm is planning to make the investments in the future and implement a self-sufficiency plan for the most suitable renewable energy solutions.

Keywords:

agricultural collective, self sufficiency, energy production, solar energy

Sisältö

1 Johdanto	8
2 Energiantuotanto maataloudessa	12
2.1 Keskeiset käsitteet	12
2.2 Ilmastonmuutoksen rooli maatalouden kehittämisessä	13
2.3 Energiantuotanto vaihtoehdot	15
2.3.1 Aurinkoenergia	15
2.3.2 Biokaasu	18
2.3.3 Energian talteenotto lauhteesta	20
2.3.4 Tuulivoima	22
2.3.5 Työstä pois rajatut energiantuotannon muodot	24
3 Maatalousyhtymän erityispiirteet	26
3.1 Eri yhtiömuodot Suomen maataloudessa	26
3.2 Kohdemaatila	27
3.2.1 Kohdemaatilan energian saanti ja tarve	31
4 Menetelmät	33
4.1 Kohdemaatilan sähkön kulutus ja tarpeen mitoitus	33
4.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen	37
4.3 Energian talteenotto lauhteesta	50
5 Tutkimustulokset	52
5.1 Aurinkosähkön investoinnin yhteenveto	53
5.2 Energian talteenotto lauhteesta investoinnin yhteenveto	62
5.3 Tilan omavaraisuus	65
6 Lopuksi	68
Lähteet	70

Liitteet

- Liite 1. Sun Energian aurinkoenergian tuotantolaskelman yhteenveto
Liite 2. Sun Energian aurinkoenergian tuotantolaskelman infoliite
Liite 3. Fin Solar aurinkosähkön kannattavuus, kustannus- ja tuottolaskelma järjestelmän elinkaaren aikana

Kuvat

- Kuva 1. Aurinkopaneelijärjestelmä maatalousrakennuksen katolle asennettuna. (1komma5, 2024) 17
- Kuva 2. Biokaasun tuotantoprosessin kuvaus (Motiva, 2013). 19
- Kuva 3. Maidon lämmöntalteenoton prosessikaavio (Turunen, 2020). 21
- Kuva 4. Tuulivoimala Vestan V47-660 tehokäyrä (Käpylehto, 2015). 23
- Kuva 5. Maatalous- ja puutarhayritykset Suomessa yritysmuotoon jaoteltuna viiden vuoden tarkastelujaksolla (Luonnonvarakeskus, 2023). 27
- Kuva 6. Maatalousyhtymän sähköenergian kulutus vuosina 2021-2024. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024). 34
- Kuva 7. Maatalousyhtymä Reponen sähköenergian vuosikulutus vuosina 2020-2024. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024). 35
- Kuva 8. Maatalousyhtymä Reponen vuoden 2023 sähköenergiankulutus kuukausittain. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024). 36
- Kuva 9. Maatalousyhtymä Reponen vuoden 2024 sähköenergian kulutus kuukausittain. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024). 37
- Kuva 10. Ote tilakeskuksen asemapiirroksista (Reponen, 2024). 38
- Kuva 11. Kohdemaatilan sijaintitiedoilla säteilyn määrä vuositasolla (PVGIS, 2024) . 39
- Kuva 12. Energiantuotannon taso kuukausittain (PVGIS, 2024). 40

Kuva 13. Maatalousyhtymän sähkön vuorokausikulutus kesäkuu 2024 (Vattenfall, 2024).	40
Kuva 14. Maatalousyhtymän sähkön vuorokausikulutus tammikuu 2024 (Vattenfall, 2024).	41
Kuva 15. Maatalousyhtymän sähkön vuorokausikulutus lokakuu 2024 (Vattenfall, 2024).	41
Kuva 16. Tarjouksen 2 simuloinnin tulokset (PV*SOL, 2024).	47
Kuva 17. Tarjouksen 1 simuloinnin tulokset (PV*SOL, 2024) .	47
Kuva 18. Aurinkosähköenergian osuus sähkön kulutuksesta (PV*SOL, 2024).	48
Kuva 19. Tuotetun aurinkoenergian käyttö (PV*SOL, 2024).	49
Kuva 20. Esimerkki suunnitelma aurinkosähköjärjestelmästä (PV*SOL, 2024).	49
Kuva 21. Putkimallinen esijäähdyttimen kytkentäperiaatteet (Manninen, 2019).	50
Kuva 22. Aurinkopaneeleille suunnitellun rakennuksen kattopinta-ala ja aurinkoenergian soveltuva ala (Sunenergia, 2024).	53
Kuva 23. Tilakeskuksen sähkön kulutus ja aurinkosähkön tuotannon arvio (Sunenergia, 2024).	54
Kuva 24. Sunenergian aurinkopaneelijärjestelmän hyödyt havainnollistettuna (Sunenergia, 2024).	55
Kuva 25. Sähköenergian kustannukset (Sunenergia, 2024).	57
Kuva 26. Esimerkki säästettävästä jäähdytystarpeesta (Manninen, 2019).	63
Kuva 27. Esimerkki DeLavalin esijäähdyttimen energiankulutuksen ja energiankustannussäästöstä vuositasolla (DeLaval, 2024).	64

Taulukot

Taulukko 1. Maitotilojen energiankulutus koottuna eri tutkimusten mukaan (Frorip, 2012).	9
Taulukko 2. Tilakeskuksessa sijaitsevat rakennukset (Reponen, 2024).	29
Taulukko 3. Lähtötiedot olevista ostosähkön kustannuksista.	44
Taulukko 4. Simuloinnin tuloksien vertailu Sun Energian tuloksiin.	46

Taulukko 5. Optimin aurinkosähköjärjestelmän tiedot.	56
Taulukko 6. Optimisti mitoitettun aurinkosähköjärjestelmän kustannusten yhteenveto.	58
Taulukko 7. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto ja kustannukset elinkaaren aikana.	60
Taulukko 8. Aurinkosähköjärjestelmän arvioitu tuottolaskelma.	61

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö keskittyy uusiutuvien energiaratkaisuiden toteuttamiseen tiloilla, jolloin voidaan vähentää ostettavan sähköenergian määrää, sekä lisätä kohdemaatilan energiaomavaraisuutta ja lisätä sen kannattavuutta. Tässä tapaustutkimuksessa toimii kohdemaatilana maatalousyhtymä. Työssä on käytetty lähteinä muun muassa ProAgrian, Motivan, Luonnonvarakeskuksen, Maa- ja metsätalousministeriön ja Ympäristöministeriön tuottamia materiaaleja, ohjeita ja dokumentteja maatiloille Suomessa. Lisäksi opinnäytetyö perustuu eri energiaratkaisuiden toimittajilta saatuihin materiaaleihin sekä maatalousyhtymän osakkailta saatuihin tietoihin, dokumentteihin ja tehtyihin haastatteluihin.

Aikaisemmin maatilojen kannattavuuden nostamisesta sekä energiankulutuksesta on tehty muutamia opinnäytetöitä sekä tutkimuksia. Tästä esimerkkinä Froripin ja kumppanien tutkimus maatilojen energiankulutuksesta, joka laajasti nitoo yhteen eri lähteistä aiheesta kirjoitettua. (Frorip, 2012) Aikaisemmissa töissä on yleensä pureuduttu johonkin energiatuotannon muotoon tai esimerkiksi maatilan energiatehokkuuden parantamiseen.

Maatilojen keskimääräinen kokonaisenergiankulutus jakautuu sähköenergiaan 20-30%, työkoneiden liikennepolttoaineiden energiaan 9-25% ja lämpöenergiaan n. 44-56%. Riippuen maatilan tuotantosunnasta, sääolosuhteista ja esimerkiksi sijainnista vaihtelua kokonaisenergian jakautumisessa eri energiamuotoihin on kuitenkin merkittävästi. (ProAgria, 2022) Työssä päädyttiin tarkastelemaan ostettavaa sähköenergiaa ja sen vähentämiseen ja optimointiin sekä tilalla jo syntyvän energian parempaan hyödyntämiseen ja talteenottoon.

Maatilojen energiankulutuksen mittaamiseen kWh/tuotettu maitokilogramma mahdollistaa paremman vertailumahdollisuuden. Lypsykarjatilojen energiankulutus voidaan arvioida olevan noin 0,1-0,3 kWh/tuotettu maitokilogramma. (Ahokas, 2013)

Tulokseen perustuvana energiankulutuksen mittarina voidaan pitää myös kWh/lypsylehmä, jonka avulla energiankäyttöä on mahdollista vertailla. Tällä mittarilla on mahdollista jakaa kokonaisenergiankulutus eri energiamuotoihin ja tätä kautta laskea kunkin energiamuodon kWh/lypsylehmä – kulutus. Tämä on vielä tarkempi kokonaisenergian mittari, jolla pystytään tekemään vertailua maatilojen välillä ja pureutumaan erityisesti energiaa kuluttaviin toimenpiteisiin. Yhtä lypsylehmää kohden vuodessa kuluu keskimäärin 1,5 MWh sähköä Työtehoseuran tutkimuksen mukaan. Tunnusluvuiksi maatilan lypsykarjan kokonaisenergian kulutukseksi voidaan esittää myös 2560 kWh/eläinpaikka ja 281 kWh/1000 litraa tuotettua maitoa (Kari, 2009).

Enpos-hankkeen artikkelissa esitelty opinnäytetyö kokoaa eri maiden tutkimusten laskemat lypsykarjatilojen energiankulutuksista tuotettua maitokilogrammaa kohden (Taulukko 1.). Vuosilta 1998 – 2009 olevat tutkimukset ja niiden mukaiset kulutusmäärät ovat väliltä 1,6-7 MJ/tuotettu maitokilogramma. Tutkimustulosten vaihteluväli on suuri ja saatujen tulosten vaihteluväli kertoo maatilojen erilaisista olosuhteista ja erilaisuudesta. (Frorip, 2012)

Taulukko 1. Maitotilojen energiankulutus koottuna eri tutkimusten mukaan (Frorip, 2012).

Tutkijat	MJ/tuotettu maitokg	Huomiot
Refsgaard & kump. 1998	3,3	
Refsgaard & kump. 1998	2,1	luomu
Ceberberg & Mattsson, 2000	3,5	
Ceberberg & Mattsson, 2000	2,5	luomu
Wells, 2001	1,84	Vaihteluväli 0,9-5,6
Hartman & Sims, 2006	3,9	Vaihteluväli 3-5,4
Grönroos, 2006	6,4	
Grönroos, 2006	4,4	luomu
Smil, 2008	5-7	
Thomassen & kump. 2008	5	
Thomassen & kump. 2008	3,1	luomu
Kraaz & Berg, 2009	3,5	
Mikkola & Ahokas, 2009	1,6	Rehuntuotannon energiankulutus
Mikkola & Ahokas, 2009	3,2	Rehuntuotannon ja asumisen energiankulutus

Useassa lähteessä tullaan samaan haasteeseen, joka Energia – Akatemian ENPOS – hankkeessakin mainitaan, eli maatalojen energiankäytön erilaisuus sekä luotettava vertailutiedon puute. (Ahokas, 2013). Energiankäytön tiedon puuttuminen on myös aikaisemmin tunnistettu ongelmaksi, eli maataloilla ei välttämättä ole ollut selkeää kokonaiskuvaa energiankäytöstään.

Energiansäästön todentaminen on ollut haasteellista ja maataloilla toimijoilla ei ole ollut tietoa käytännön energiankäytön tehostamisen mahdollisuuksista.

Lisäksi on huomioitava, että vertailua suomalaisten ja keskieuropalaisten maatalojen välillä on mahdotonta tehdä vertailukelpoisesti erilaisen ilmaston ja sen myötä energiankulutuksen erilaisuuden takia. (Ahokas, 2013)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten kohdemaatilan tilakokonaisuuden toiminnassa voisi hyödyntää uusiutuvia energiaratkaisuja ja näin nostaa tilan energiaomavaraisuutta. Työn tavoitteena on tutkia ja selvittää, millä uusiutuvilla energiaratkaisuilla maatalousyhtymä voisi vähentää ulkoa ostettavan energian tarvetta ja nostattaa tilakokonaisuuden omavaraisuutta.

Kohdemaatila on maatalousyhtymä, joka sijaitsee Varsinais – Suomessa Paimion kaupungissa, tilakokonaisuus koostuu noin 1,5 ha tilakompleksista, joka sisältää kaikki tuotantorakennukset sekä yhden asuinrakennuksen. Tätä työtä varten on haastateltu kohdemaatilan omistajia sekä heiltä on saatu lähtötietoja työn toteuttamiseksi. Tilalla on viljelyssä noin 134 ha peltoa, tilan liiketoimintaan kuuluu lisäksi urakointina mm. rehunteko- ja pyöröpaalaustöitä. Tilalla on 45 lypsylehmää sekä yhteensä noin 45 hiehoa ja lypsyvasikkaa. Tila tuottaa päivässä keskimäärin noin 1250 litraa maitoa. (Reponen, 2024)

Tilan ulkoa ostettavan sähköenergian kulutus on noin 58 000 kWh vuodessa. Tilan sähkön peruskulutus on noin 3800 – 4200 kWh/kk, joka kattaa vuorokausien aamu- ja iltalypsyt sekä maidon jäähdytykset ja lypsykoneiston pesun, jotka vievät suurimman osan kuukausittaisesta energiasta.

Talvikuukausina sähkönkulutus on kuitenkin keskiarvoisesti noin 6000 – 6800 kWh. (Reponen, 2024) Ostettavan sähköenergian määrään vaikuttavat varsinkin talven sääolosuhteet, jolloin tuotantorakennuksien mahdollista lisälämmitystä täytyy käyttää. Sähkön kustannuksien suuret vaihtelut tuovat

tilan talouteen epävarmuutta ja hallitsemattomia kustannuksia. Myös muut kustannukset kuten ulkoa ostettavat lannoitteet, polttoaine ja koneiden huollot ovat kallistuneet, joten omavaraisuutta pystytään lisäämään kevyiten tilalle ottamalla käyttöön uusiutuvia energiaratkaisuja ja vähentämään näin ostettavan sähkön määrää. Nämä toimet nostavat myös tilan kestävyyttä ja kannattavuutta.

Koska tilan kannattavuutta ja kestävyyttä pystytään kasvattamaan tilan energiaomavaraisuusastetta nostamalla, tämän työn tavoite on toteuttaa tilalle tutkimus, jolla selvitetään tilalle hyödyllisimmät uusiutuvan energianmuodot ja tehdään energiaomavaraisuuden suunnitelma. Työssä pureudetaan tilalle soveltuvimpiin uusiutuvan energian ratkaisuihin, jotka säästäisivät energiaa ja joissa pystytään hyödyntämään mahdollisimman hyvin jo tilalla olemassa olevia rakenteita, jotta investointikuluja voidaan hallita tehokkaasti. Työssä on tarkoitus myös laskea eri energiaratkaisujen toteuttamiselle investointikustannukset ja mahdollinen takaisinmaksuaika.

2 Energiantuotanto maataloudessa

Suomessa maatalouden käytetyimmät uusiutuvan energiantuotantomuodot ovat aurinkoenergian hyödyntäminen, biokaasun tuotanto, puupolttoaineiden hyödyntäminen, tuulivoima sekä geotermisen energian hyödyntäminen esimerkiksi maalämmön muotona. Valittavaan uusiutuvan energiantuotantomuotoon vaikuttavat mm. maatalon sijainti, maatalon tilakeskuksen oleva infra ja rakennukset sekä maatalolla käytössä olevat ja hyödynnettävät energianlähteet. Riippuen maatalouden suuntauksesta, energiantuotanto ja sen tarve vaihtelevat. Esimerkiksi kasviviljelyyn, kasvihuoneviljelyyn ja avomaaviljelyyn taikka eläintuotantoon tarvitaan aivan erityyppisiä energiantuotannon muotoja (Himanen, 2012).

2.1 Keskeiset käsitteet

Energia

Energia voidaan jakaa suoraan ja epäsuoraan energiankulutukseen. Suoralla energialla tarkoitetaan maatalolla tuotettua energiaa tai maatalolle ostettua energiaa. Esimerkiksi kasvinsuojeluaineiden, lannoitteiden ja koneiden valmistukseen käytetyllä energialla tarkoitetaan taas epäsuoraa energiankulutusta. (Ahokas, 2013)

Optimaalisella energiankäytöllä tarkoitetaan sitä, että tilan oma energiantuotanto mitoitetaan tilan käyttämän energian huippukuormitus huomioon ottaen, kuitenkin niin, että myös ylimääräiselle energialle olisi käyttöä vähemmän energiaa kulutettavana hetkenä. (Ahokas, 2013) On kuitenkin myös vaihtoehto mitoittaa enregiantuotanto tilalla jopa sivutoimiseksi liiketoiminnaksi, jolloin on tarkoituskin tuottaa energiaa oman tarpeen lisäksi myyntiin.

Energiatehokkuus

Energiatehokkuus tarkoittaa kulutuksen pienentämistä energiaa säästämällä. Maataloudessa energiatehokkuutta pyritään parantamaan muuttamalla eri

energiaa kuluttavia toimintoja siten, että voidaan vähentää energiankäyttöä työsaavutusta huonontamatta. Usein työsaavutus ja myös tulos paranevat kun energiatehokkuutta parannetaan. Energiatehokkuuden parantaminen ja parempaan työsaavutukseen ja tulokseen pääseminen vaativat lähes aina myös investointeja maataloilla. (Ahokas, 2013)

Energiankulutus

Energiankulutuksen mittaaminen on keskeinen osa kestäväen maatalouden kehittämistä, se auttaa tunnistamaan mahdollisuudet energiansäästöihin ja päästöjen vähentämiseen. Energiankulutusta on mahdollista mitata kahdella eri tavalla; top down – periaatteella, jota kutsutaan perusanalyysiksi, jossa yksinkertaisesti kulutettu energian määrä jaetaan eri kulutuksen osa – alueisiin tai bottom up – periaatteella, joka on yksityiskohtaisempi analyysi, missä lasketaan erikseen ja mitataan erikseen kunkin osa – alueen kuluttama energian määrä, jotka yhteenlaskettuna ovat kulutettu kokonaisenergiamäärä. (Ahokas, 2013).

Energiaomavaraisuus

Energiaomavaraisuudessa pyritään siihen, että ulkoa ei tarvitse ostaa energiaa. Maatilan tulisi käyttää saman verran tai vähemmän energiaa kuin se tuottaa. Omavaraisuutta pystyy mittaamaan eri aikaväleillä, esimerkiksi vuodessa, kuukaudessa, viikossa tai tunnissa. Osa tuotetusta energiasta voidaan myydä ja vastaava määrä tarvittaessa ostaa. (Ahokas, 2013)

2.2 Ilmastonmuutoksen rooli maatalouden kehittämisessä

Ilmastonmuutoksen hillitsemisessä maataloudella on suuri rooli. Maatalous on sekä kasvihuonepäästöjen lähde, että mahdollinen keino niiden vähentämiseen. Työ- ja elinkeinoministeriössä on laadittu Suomen vähähiilisyteen pyrkivät toimialakohtaiset tiekartat, joiden tavoitteena on saattaa Suomi hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi myös

maataloudessa tulee tehdä toimenpiteitä hiilinielujen vahvistamiseksi sekä hiilidioksidi- ja muiden päästöjen vähentämiseksi.

Suomessa maataloudella on mahdollisuus hillitä ilmastonmuutosta ja vähentää päästöjä. Tavoitteisiin pääsemiseksi tulee jokaisen toimivan maatilan toimia ja perehtyä toimiin, sillä energiankäyttäjistä muuntautuu koko ajan enemmän energian varastoijia ja – tuottajia, kuten teollisuudessa on jo alkanut toteutuakin. Tuotannon sivuvirtoja on kokoajan mahdollisempaa hyödyntää energiantuotantoon myös liiketoiminnan ja omavaraisuuden näkökulmasta. Tämä sama pätee myös maatalouden kehittymisessä. Maatalous ymmärretään vahvasti ruuantuotannoksi, jonka sivuvirtoina syntyy hyvin paljon erilaisia jakeita, kuten esimerkiksi kasvihuonekasvien naatit ja syötäväksi kelpaamattomat kasvien osat, mutta myös karjan lanta, pientareiden sekä luonnonhoitopeltojen nurmimassat. Maatalous tulee jatkossa kuitenkin mieltää myös mahdolliseksi energiantuottajaksi. Kannattavuutta parantavia tekijöitä, kuten kierrättäminen ja sivuvirtojen hyödyntäminen mahdollistaa myös energiantuotannon ja tätä kautta maatalouden ja tilojen saatavat hyödyt tulisi tuoda paremmin tuottajien tietoon. (Motiva, 2014)

Omana toimialana maataloudella on Työ- ja elinkeinoministeriön energiatehokkuustyöryhmän raportissa oma tiekartta, joka osoittaa maatalojen erilaisien sijaintien ja toimijoiden erilaisuuden toisiinsa nähden haasteeksi hiilineutraaliuden saavuttamisessa. Vähähiilisyystiekartassa on esitelty kolme skenaariota, joissa esille nousee sekä biokaasun, että aurinkoenergian hyödyntäminen ja tuotanto maataloudessa ja maataloilla. Lisäksi raportissa on mainittu hake – ja aurinkoenergia lisäyksenä uusiutuviin energialähteisiin ja maatalouden energiatehokkuuden parantamiseen. (TEM, 2019) Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK:n tekemässä Maatalouden vähähiilisyystiekartassa on lisäksi tuotu esille muutos maatalouden energiankäytössä ja tuottamisessa (MTK, 2024). Energiankäytön ja tuottamisen muutos on vaikuttanut suoraan maatalouden kannattavuuteen, mikä on toimialan yksi tärkeimpiä asioita. Tulevaisuuden maataloudessa tulee käyttää

energiaa tehokkaasti, vähentää päästöjä ja sivuvirtoja sekä parantaa toimialan kannattavuutta. (Vuorentola, 2012)

2.3 Energiantuotanto vaihtoehdot

Tässä kappaleessa käydään läpi kohdemaatilalla mahdollisia hyödynnettäviä uusiutuvan energian tuotantomuotoja sekä rajataan pois niitä energiantuotanto vaihtoehtoja, joita kohdemaatilalla ei ole mahdollista toteuttaa tai joita ei ole mahdollista kokonaisuudessaan hyödyntää kohdemaatilalla. Tästä työstä pois rajaaminen ei tarkoita, etteikö jokainen energiantuotanto vaihtoehto, joka työssä mainitaan olisi hyödyllinen ja järkevä toteuttaa jollain muulla tilalla tai tämän opinnäytetyön kohdemaatilalla jossain kohtaa tulevaisuudessa.

2.3.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia uusiutuvana energianlähteenä syntyy auringon säteilyenergiasta. Aurinkoenergian tuotanto on kasvanut jatkuvasti tuottoisammaksi energiatuotannon muodoksi, sillä aurinkopaneelit ja aurinkoenergiajärjestelmät ovat tehostuneet ja niiden hankintakustannukset ovat madaltuneet merkittävästi. Aurinkoenergian käyttö on energian tuotantomuoto, jossa pystytään tuottamaan energiaa ilmastovaikutuksia vähentäen. Aurinkoenergian käyttö vähentää muun muassa kasvihuonepäästöjä ja fossiilisista polttoaineista riippuvuutta. Aurinkoenergia on mahdollista muuttaa sähköksi tai lämmöksi käytetystä teknologiasta riippuen. Aurinkoenergian tuotannossa voidaan hyödyntää esimerkiksi aurinkopaneeleja tai aurinkokeräimiä. (Panwar, 2011)

Energiantuotantomuotona aurinkoenergia on nopeasti kasvava uusiutuvan energian tuotantomuoto ja siitä on tullut taloudellisesti hyvin kilpailukykyinen vaihtoehto perinteisille energiantuotantomuodoille. Aurinkoenergian hyödyntäminen perustuu aurinkosähköjärjestelmiin (PV-järjestelmät) ja aurinkolämpöjärjestelmiin. PV tulee sanoista photovoltaic ja tarkoittaa

”aurinkosähköä”, eli valosähköistä menetelmää, jolla on mahdollista muuntaa auringon säteily suoraan sähköksi aurinkopaneeleilla. PV – järjestelmissä auringon säteily muutetaan suoraan sähköksi aurinkopaneeleilla. Paneelit koostuvat aurinkokennoista, jotka ovat puolijohdemateriaaleja, yleisimmin piitä, joissa auringonvalo saa aikaan sähkövirran. (Green, 1982)

Aurinkolämpöjärjestelmissä taas aurinkokeräimet keskittyvät tuottamaan lämpöenergiaa, jota voidaan käyttää esimerkiksi veden lämmitykseen tai rakennusten lämmitysjärjestelmiin. (Kalogirou, 2004) Lisäksi muiden järjestelmien ja aurinkopaneelien valmistus voi olla resurssi-intensiivistä, mutta tekniikan kehittyessä on mahdollista vähentää entisestään myös ympäristövaikutuksia.

Aurinkoenergiatuotannolla on merkittävä osuus kestävän energiantuotannon tulevaisuudessa sekä mahdollisuuksissa ilmastonmuutoksen torjuntaan.

Aurinkoenergian hyödyntämisen etuina ovat päästöttömyys käytön aikana sekä uusiutuvuus. (Jacobson, 2011) Aurinkoenergian hyödyntämisen haasteita ovat toistaiseksi riippuvuus vuorokaudenajoista sekä sääolosuhteista.

Aurinkoenergian hyödyntämisen tehoon vaikuttaa myös merkittävästi aurinkokeräimien tai aurinkopaneelien asennustapa ja sijainti. Lisäksi aurinkopaneelien tai aurinkolämpöjärjestelmien asennustapa vaikuttaa aurinkoenergian tuotannon tehoon. Paneeleita voidaan asentaa pystyyn tai vaakaan, tai mahdollisimman optimaaliseen kulmaan, sekä maalle että esimerkiksi rakennuksien katoille, kuten esimerkiksi kuvassa 1. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat aurinkoenergian tuotannon tasaiseen tuotantoon ja saatavuuteen. (Louwen, 2016)



Kuva 1. Aurinkopaneelijärjestelmä maatalousrakennuksen katolle asennettuna. (1komma5, 2024)

Suomessa ja sen tyypisissä olosuhteissa, joissa vuodenaikavaihtelut rajoittavat aurinkoenergian käyttöä käytetään usein aurinkoenergiaa osana hybridijärjestelmää. (Moe, 2010)

Lisäksi olosuhteet ovat innostaneet Suomessa uusille innovaatioille, kuten maanviljelyn ja aurinkovoiman yhdistämiselle. Agrivoltaics – sähköenergian ja maanviljelyn rinnakkain tuotanto mahdollistaa aktiivisessa viljelykäytössä olevilla pelloilla energiantuotannon PV – järjestelmän avulla. Tätä on kokeiltu ja tutkittu Euroopassa ja Ruotsissa, mutta Suomen ensimmäinen tutkimushanke aiheesta on aloitettu vuoden 2024 alussa, jossa on mukana Turun Ammattikorkeakoulu, Helsingin yliopisto ja uusiutuvan energian yhtiö Energiequelle. Agrivoltaics – mallissa on mahdollisuudet luoda optimaalinen toimintamalli pohjosiin oloihin, joissa luodaan kestävän maanviljelyn tai muun maatalouden ja uusiutuvan energiantuotannon yhdistämisen. Parhaimmillaan tämä edistäisi kestävän kehityksen ja ilmastotoimien tavoitteiden toteutumista koko Suomessa.

Agrivoltaics – tuotantomallissa oleellista on paneelien sijoitus viljelykasvien yhteyteen, viljelykasveille soveltuvin aurinkopaneelityyppi, sekä paneelien kallistuskulma, korkeus ja etäisyys. Vahvuuksia tuotantomallissa on se, että valmiissa viljelymaassa ei ole varjostusta, jolloin kestävästi ei ole tarve esimerkiksi metsän hakkaamiseen aurinkopaneelijärjestelmän tieltä.

Oleellisia seikkoja tässä tuotantomallissa on myös valita soveltuvimmat viljely- tai maatalouden tuotantomuodot. Paneelien varjostus ei esimerkiksi häiritse marja- tai salaattiviljelmiä, jossa viljeltävät kasvit eivät kaipaa suoraa auringonvaloa samalla tavalla kuin esimerkiksi viljakasvit. Myös laiduntamisen yhdistäminen agrivoltaics – tuotantomalliin on mahdollista ja edistäisi samalla tavalla myös kestävämpää maankäyttöä. (Ikonen, 2024)

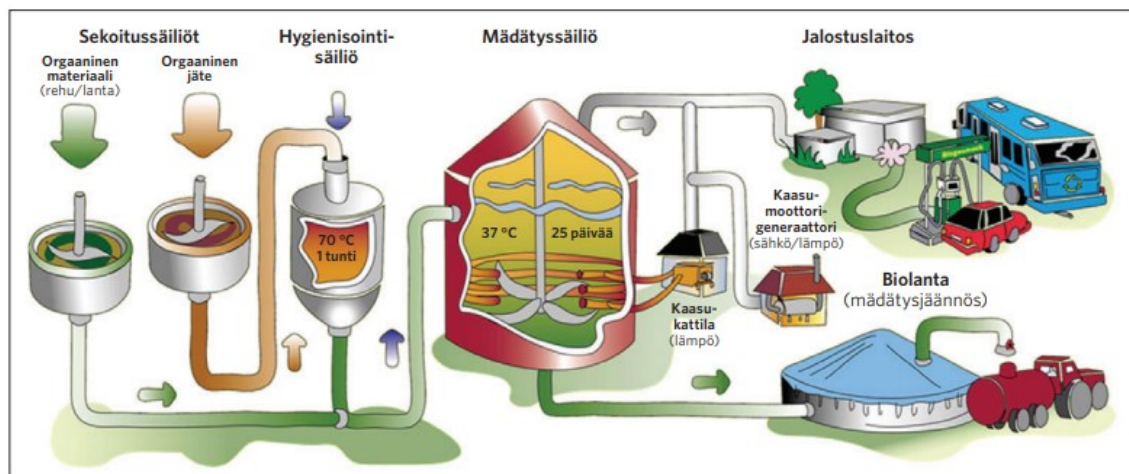
2.3.2 Biokaasu

Lypsykarjatilalla biokaasun hyödyntäminen pystyy merkittävästi parantamaan tilan energiaomavaraisuutta ja vähentämään ympäristövaikutuksia. Biokaasua voidaan tuottaa tilan orgaanisista sivuvirroista, kuten kasvijätteestä, mutta eritoten lantajätteestä. Biokaasulaitoksen on mahdollista tuottaa sekä lämpöä, että sähköä ja jäännöstuote eli mädätysjäte voidaan käyttää tehokkaana lannoitteena. (ProAgria, 2022) Lannan hyödyntäminen lannoitteena peltomaalle on hyvin yleistä tiloilla, joilla lantajätettä syntyy, sillä se vähentää ulkopuolisen lannoitteen hankintatarvetta. Mädätysjätteen hyödyntäminen edelleen lannoitteena tukee biokaasulaitoksen rakentamista, sillä sen avulla tuotettua sivuvirtaa, eli lantajätettä pystytään maatalousyhtymässä hyödyntää hyvin tehokkaasti ja monipuolisesti.

Biokaasulaitoksen alkuinvestoinnin kustannukset vaihtelevat sen koon ja kapasiteetin mukaan, mutta alkuinvestointi voi olla pienempien biokaasulaitoksein osalta 100 000 – 500 000 euroa. Investoinnin takaisinmaksuaika riippuu siitä, kuinka paljon biokaasua voidaan hyödyntää ja tuottaa ja kuinka paljon energiaa tilalla tarvitaan ja missä muodossa.

Biokaasulaitoksen tuottamaa sähköä voidaan myös myydä verkkoon takaisinmaksua nopeutettaessa. (Motiva, 2013)

Tilan infrastruktuuriin tarvitaan käytännön muutoksia mm. oleviin lantala – rakennuksiin, jotta mädätysjäte saadaan varastoitua asianmukaisesti ennen pelloille ajoa. Tähän voidaan hankkia joko erilliset säiliöt tai järjestää lisätilaa lantalalle. Lisäksi tilan infraan tulee huomioida biokaasureaktorin rakentaminen. Biokaasureaktorissa mädätetään kaasua orgaanisesta aineesta. Olevat lantala – rakennukset voivat toimia biokaasureaktorin raaka – aineen lähteenä. Lisäksi tilan sähkön ja lämmön jakelujärjestelmässä tulee huomioida biokaasulaitoksessa tuotettu energia, jotta se pystytään huomioimaan tilan eri osissa (ProAgraria, 2019).



Kuva 2. Biokaasun tuotantoprosessin kuvaus (Motiva, 2013).

Biokaasun tuotantoprosessi perustuu mädätykseen täyssekoitteisessa mädätys säiliössä (Kuva 2.). Mädätys säiliöstä mädätysjäte voidaan hyödyntää lannoitteena viljelymaalle lietalan tavoin ja tuotettu kaasu hyödynnetään energian- ja sähkön tuotantoon. (Motiva, 2013)

Biokaasulaitoksissa lämmön- ja sähköntuotannossa lämpö on kuitenkin aina päätuote. Sähköä voitaisiin tuottaa biokaasusta esimerkiksi biokaasua polttamalla kaasukäyttöiseksi muunnetussa dieselmoottorissa tai ottomoottorissa. Moottori pyörittää vuorostaan tahdistettua generaattoria

vakiokiertoluvulla sähköverkkoon. Biokaasulaitoksien suunnittelussa tulisi pyrkiä siihen, että järkeviä käyttökohteita tuotetulle lämmölle löytyisi. Motivan biokaasun tuotanto maatilla – dokumentissa, joka on tuotettu yhdessä työ- ja elinkeinoministeriön kanssa ehdotetaan tällaisissa tilanteissa kaasulinjan vetämistä esimerkiksi lähellä sijaitsevaan kuntakeskukseen, teollisuuslaitokseen tai vastaavaan. (Motiva, 2013)

Biokaasulaitoksen kapasiteetti ja koko riippuvat tilan eläinten määrästä ja käytettävästä orgaanisesta materiaalista, pääosin siis lantajätteestä. Lypsykarjatiloilta on tyypillisesti pienemmät biokaasulaitokset kuin suurilla sikatiloilla tai isoilla yhdistetyillä maatiloilla. Lypsykarjatilojen laitokset ovat kuitenkin riittävän tehokkaita usein kattamaan tilan energiantarpeen. Biokaasulaitoksen rakentaminen vaatii rakennusluvan lisäksi myös ympäristölupia sekä joissain tapauksessa ereillisiä ympäristöselvityksiä. (ProAgria, 2019)

Uusiutuvan energian investointeihin on mahdollisuus hakea esimerkiksi Maaseuturahastolta ja ELY-keskukselta, jotka voivat myöntää tukia biokaasulaitoksen rakentamiseen. Tuki auttaisi huomattaviin alkuinvestointikustannuksiin merkittävästi kustannuksia alentavasti. (ProAgria, 2019)

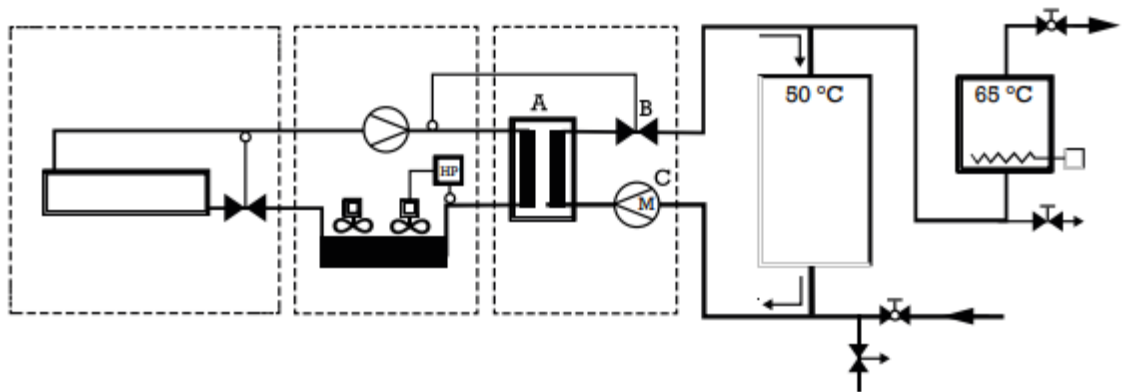
2.3.3 Energian talteenotto lauhteesta

Hyvin toimiva maidon esijäähdytin vähentää maidon jäähdytystarvetta tilasäiliössä noin puolella. Esijäähdytinjärjestelmän tehokkuuteen ja lämmönsiirron tehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi sen asennus- ja liitântä tapa. maidon jäähdytystarpeen merkittävä vähentäminen esijäähdytyksellä pienentää tilasäiliön energiankulutusta merkittävästi. (Turunen, 2020)

Markkinoilla on tarjolla useita ratkaisuja, jotka auttavat vähentämään energiankulutusta maidon jäähdytysprosessissa ja hyödyntämään hukkalämpöä ja sen talteenottoa jäähdytysprosessista. Molemmissa on samantyyppinen toimintaperiaate, eli maito esijäähdytetään, jossa järjestelmä käyttää vettä

maidon esijäähdytykseen. Lämmin maito virtaa esijäähdyttimen läpi ja samalla vesi jäähdyttää maidon ennen maitotankin varsinaista jäähdytysprosessia.

Veteen talteenotettu lämpöenergia voidaan hyödyntää muualla tilalla esimerkiksi lämpimän veden tuottamiseen, kuten laitteiden pesuun tai lehmien juomaveden lämmittämiseen. Myös rakennuksien lämmitykseen syntynyttä lämpöenergiaa voitaisiin hyödyntää.



Kuva 3. Maidon lämmöntalteenoton prosessikaavio (Turunen, 2020).

Yllä oleva kuva avaa maidon lämmöntalteenottoa lauhteesta prosessina ja syntyneen lämmön hyödyntämistä käyttöveden lämmittämiseen. Kuvassa vasemmalla on tilasäiliö maidolla ja oikealla lämminkäyttövesisäiliö. Kuvassa A kuvaa levylämmönvaihdinta, B venttiiliä ja C kiertovesipumppua, jonka kautta saadaan lämpö hyödynnettyä lämpimään käyttövesisäiliöön (Turunen, 2020).

Lauhdevesijärjestelmästä olisi hyötyä mm. ympäristöystävällisyyden näkökulmasta, sillä energian talteenotto parantaa tilan kestävyttä, omavaraisuutta ja vähentää energiahukkaa. Lisäksi energiankulutuksen ja ostetun sähköenergian määrän vähentäminen pienentää tilan energiakustannuksia ja investointi maksaa itsensä takaisin kustannussäästönä. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa muun muassa markkinasähkön hinta sekä investoinnin suuruuden lisäksi tilalle tehtävät tarvittavat muutostyöt, eli kaikki muutostyöt, mitä vaadittaisiin, jos lauhdevesijärjestelmä tai esijäähdytin otettaisiin käyttöön. Energiansäästö olisi kuitenkin suuri hyöty, sillä maito

saadaan esijäähdyttimellä valmiiksi matalampaan lämpötilaan ennen maitotankkiin siirtymistä ja tämä laskisi huomattavasti maitotankin jäähdytyslaitteiston energiankulutusta, eli tilan ostettavan sähköenergian määrä vähenisi (Turunen, 2020).

2.3.4 Tuulivoima

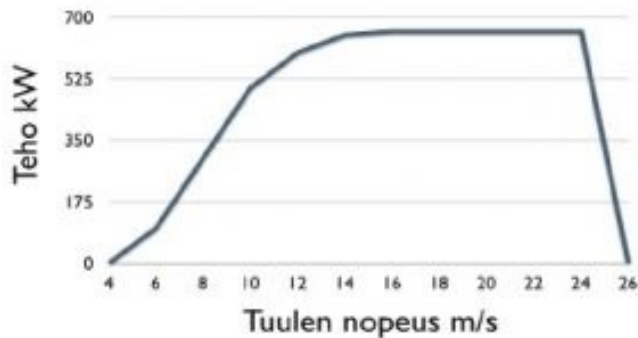
Tuulivoiman hyödyntäminen vähentäisi ostettavan sähköenergian tarvetta ja voisi kannattavana mahdollistaa tilalle jopa lisätulon lähteen. Tuulivoima erityisesti maataloilla on kasvava trendi. Tuulivoimatekniikan kautta syntyvä uusiutuva energia voidaan hyödyntää tilan omaan sähkön tuotantoon, kuten esimerkiksi valaistukseen, lypsylaitteiden käyttöön ja tilan muiden laitteiden sähkönkulutuksen kompensointiin (Himanen, 2012).

Tuulivoimaa tuotantovaihtoehdoksi valittaessa tulee huomioida, että alkukustannukset ovat tässä vaihtoehdossa merkittävät. Investointikustannukset ja takaisinmaksuaika voivat olla tuulivoimalan kohdalla huomattavat. Kuitenkin, jos tuuliolosuhteet ovat optimit ja tila käyttää paljon energiaa, voi investoinnin takaisinmaksuaika myös lyhentyä huomattavasti tuulivoimalan ollessa käytössä (Käpylehto, 2015).

Tuulivoimalan rakentamisen hyötyjä ja energiansaannin luotettavuutta lisäävä tekijä maatilalle on mm. se, että tuulivoimalan voi yhdistää energianvarastointijärjestelmään, jolloin energiaa voidaan käyttää silloinkin, kun tuuli ei puhalla. Tuulivoima on ympäristöystävällistä ja uusiutuva energianlähde, joka parantaa maatalan kestävyyttä eikä aiheuta käytön aikaisia hiilidioksidipäästöjä. Tuulivoimalan rakentaminen vastaisi energiaomavaraisuuden kysymykseen tuotantomuotona, sillä se pystyisi merkittävästi vähentämään maatalan riippuvuutta ulkoisesta sähköenergian tarpeesta ja sähköenergian ostamisesta. Tämä säästää energian ostokustannuksissa pitkällä aika välillä (Himanen, 2012).

Tuulivoimalan rakentamisessa on kuitenkin huomioitava, että tilan läheisyydestä tulisi löytyä tuulivoimalan rakentamiselle otollinen alue, jossa tuulennopeudet

olisivat korkeita ja tuuliolosuhteet mahdollisimman vakaat. Suomessa avoimet maaseutualueet ovat yleensä erityisen otollisia alueita tuulivoiman hyödyntämiseen Suomen rannikkoalueiden lisäksi (Käpylehto, 2015).



Kuva 4. Tuulivoimala Vestan V47-660 tehokäyrä (Käpylehto, 2015).

Yllä kuvassa 4 on kuvattu esimerkki tuulivoimalan tehokäyrästä. tuotantoarvoihin vaikuttaa erilaisten tuulivoimaloiden lisäksi myös tuuliolosuhteet. Tuulivoimaloita voi hankkia sekä uutena, että käytettynä. Tämä vaikuttaa sekä rakentamiskustannukseen, mutta myös tuulivoimalan huoltokustannuksiin. (Käpylehto, 2015)

Rakennuslupa ja lupaprosessi voi kuitenkin tuulivoimalan kohdalla olla haastava ja ainakin huomioitava asia, vaikka kyse olisi pien tuulivoimalasta. Tuulivoimaloiden rakentaminen vaatii aina rakennuslupia, mutta myös ympäristöselvityksiä ja nämä vaikuttavat rakentamisen aloitusaikatauluun, mutta myös hankkeen toteutusaikaan merkittävästi (Himanen, 2012).

Vaikka tuulivoimainvestoinnit ovat merkittäviä, maatiloilla on mahdollisuus hakea avustuksia ja investointitukea uusiutuvan energian tuotantoon. Investoinnin alkuvaiheen kustannuksia mahdollisesti hillitsisi esimerkiksi energiatehokkuustuet sekä maaseudun kehittämisohjelmien kautta myönnettävät tuet (Ahokas, 2013).

2.3.5 Työstä pois rajatut energiantuotannon muodot

Geoterminen energia olisi hyödyllisintä esimerkiksi kasvihuoneissa, joissa maalämmön avulla voitaisiin parantaa viljelyolosuhteita ja pidentää kasvukautta Suomen vallitsevista olosuhteista. Maalämpö ei kuitenkaan toimi järkevimpänä energiantuotantomuotona opinnäytetyön kohdemaatilalla, joten se on rajatut pois tästä työstä. Maalämpöä voitaisiin mahdollisesti suunnitella tilaan kuuluvaan asuinrakennukseen, jossa on nykyiseltään öljylämmitys ja vesikiertoiset patterit, mutta tuotantorakenteisiin sitä ei ole tehokasta soveltaa (Motiva, 2014).

Puupolttoaineiden käyttö, kuten pelletti, puru tai hake, voisi olla tehokasta tilojen energiantuotantoon tai tilojen lämmitykseen. Tämäkin vaihtoehto rajataan pois tästä opinnäytetyöstä, koska kohdemaatilalla ei ole merkittävää määrää metsää, eli sen metsäteollisuuden osuus on pieni. Lisäksi puupolttoaineiden käyttö olisi yksinkertaisinta hyödyntää esimerkiksi tilojen lämmittämiseen, jota ei maatilantojen tuotantotiloissa tarvita. Myös tässä vaihtoehdossa olisi mahdollista miettiä tilaan kuuluvan öljylämmitteisen asuinrakennuksen lämmitysmuodon uusimista öljylämmityksestä puupolttoaineisiin, mutta muuta tehokasta hyötyä tilalle tästä energiantuotanto vaihtoehdosta ei ole (Motiva, 2014).

Lisäksi työstä päätettiin rajata pois tuulivoimala ja biokaasulaitos uusiutuvan energian tuotannon vaihtoehtoina, sillä näiden energiantuotannon ratkaisuiden alkuinvestointikustannukset ovat merkittävät, vaikka molempien rakentamisessa ja hankinnassa voisikin hyödyntää myös saatavilla olevia tukia. Lisäksi molemmat työstä pois rajatut tuotantomuodot olisivat vaatineet suurempia rakenteellisia muutoksia sekä lisärakentamista ja – rakennuksia olevaan tilakeskukseen, joka nostaa alkuinvestoinnin kustannuksia entisestään. Nämä lisärakennukset tilakeskuksessa olisi mahdollisesti aiheuttaneet myös olevan infran uusimista uusien tie – ja kulkuväylien rakentamisen muodossa, jotta energiantuotantorakennukset saadaan liitettyä oleviin tilakeskuksen rakennuksiin ja tuotantorakennuksiin. Kohdemaatilan toive oli keskittyä tuotantomuotoihin, joissa pystyvät hyödyntämään parhaiten olemassa olevia

tilakeskuksen tiloja ja rakennuksia sekä maltillisilla alkuinvestoinneilla nostattaa tilan omavaraisuutta ja energiatehokkuutta.

3 Maatalousyhtymän erityispiirteet

Tässä kappaleessa käsitellään, millaisia yhtiömuotoja Suomen maataloudessa toimii ja millä perusteilla yritysmuoto valikoituu. Yritysmuodon valintaan vaikuttaa maatalon toiminta, sen toiveet kehittymiselle ja kasvulle, verotuksen näkökulma sekä mm. EU lainsäädännön vaatimukset, jotka ohjaavat toimintaa tietyntyyppisiin toimintamuotoihin.

3.1 Eri yhtiömuodot Suomen maataloudessa

Suomen maataloudessa on mahdollista hyödyntää eri yritysmuotoja, kuten avoin yhtiö, kommandiittiyhtiö, osakeyhtiö, toiminimi, osuuskunta, konserni tai verotuksellinen yhtymä. (Yrittäjät, 2024)

Yritysmuodoista yleisimpiä ovat henkilöyhtiöt, eli avoin yhtiö ja kommandiitti yhtiö sekä verotuksellinen yhtymä, joka on osakeyhtiötä kevyempi yhtiömuoto kuin konserni tai osakeyhtiö. Osuuskunta on yhtiömuotona harvinaisempi yhtiömuoto. Nykyinen trendi kasvattaa maatalouden tuotantoyksiköiden kokoa on alkanut lähivuosina lisäämään osakeyhtiöiden perustamista toimialalla (kuva 5). Osakeyhtiö on yhtiömuotona erilainen kuin muut yllä mainitut yritysmuodot siksi, että osakeyhtiö on erillinen oikeushenkilö, eli vastaa itse omasta toiminnastaan ja velvoitteistaan kuten lainoista. (Yrittäjät, 2024)

Verotusyhtymä vaati kaksi tai useamman henkilön muodostamaan yhteenliittymän, jonka tarkoituksena on kiinteistön vuokraus, viljely ja käyttö. Verotusyhtymää kutsutaan sen toiminnan luonteen mukaan metsä-, kiinteistö- tai maatalousyhtymäksi. (Verohallinto, 2024) Tässä yhteydessä verotusyhtymää kutsutaan maatalousyhtymäksi sen toiminnan luonteen mukaisesti.

		2019	2020	2021	2022	2023
KOKO MAA	YHTEENSÄ (oikeudellinen muoto)	46 827	45 630	44 689	43 540	42 271
	Yksityinen henkilö	40 212	39 068	38 149	37 082	35 865
	Maatalousyhtymä	4 046	4 015	3 939	3 880	3 819
	Perikunta	1 144	1 059	1 020	948	909
	Osakeyhtiö	1 088	1 164	1 269	1 332	1 393
	Muut yhtiöt	265	251	242	233	223
	Muut	72	73	70	65	62

Kuva 5. Maatalous- ja puutarhayritykset Suomessa yritysmuotoon jaoteltuna viiden vuoden tarkastelujaksolla (Luonnonvarakeskus, 2023).

Suomessa oli vuonna 2023 yhteensä 42 271 maatilaa, lukumäärä on ollut laskeva jo vuosia. Verrattuna vuoteen 2022 lukumäärä väheni 1269 maatilalla (Luonnonvarakeskus, 2023). Viiden vuoden tarkastelujaksolla nähdään yllä olevasta taulukosta, että maatalouden eri yritysmuotojen jakosuhteet ovat pysyneet kuitenkin toistaiseksi samana, vaikka kokonaislukumäärä vuosittain on vähentynyt (kuva 5.).

3.2 Kohdemaatila

Kohdemaatilana toimiva maatalousyhtymä on lypsykarjatila Varsinais-Suomessa, Paimiossa. Maatalousyhtymän perustamisen jälkeen tilalla aloitettiin sukupolvenvaihdos prosessi, jonka seurauksena tilan jatkaja omistaa tällä hetkellä tilasta noin 52% ja vanhempi sukupolvi molemmat noin 24%. Maatalousyhtymällä on yhteensä kolme omistajaa. Näin osittaisena sukupolvenvaihdoksena toteutettu tilakauppa mahdollisti tilan kehityksen tehokkaammin. Tilanjatkaja pystyy hyödyntämään mm. nuoren viljelijän etuja ja tukia investointeihin ja tilan kehitykseen ollessaan tilan enemmistön omistaja. (Reponen, 2024)

Tila koostuu lypsykarjatilän tilakokonaisuudesta, jossa sijaitsee kaikki tuotantorakennukset. Tilalla on viljelyssä noin 134 ha peltoa, joka jakautuu seuraavasti:

- 5 ha laidunnurmea
- 97,5 ha rehunurmea
- 15,5 ha kauraa
- 7 ha härkäpapua
- 8 ha seosviljalla (herna/härkäpapu/maissi/linssi/vilja)
- 1 ha luonnonhoitonurmea

Tilalla noudatetaan viljelykiertoa eli rehunurmet perustetaan pääasiassa suojaviljaan ja samoilla viljelylohkoilla pidetään säilörehunurmea noin viisi vuotta ennen uudistamista. Tästä johtuen viljeltyjen peltöjen lajikejaot vaihtelevat vuosittain. Viljelystä pellostä on noin 25 ha omaa peltoa ja noin 109 ha vuokrapeltoa. Kaikki peltöjen sato käytetään tilalla lypsykarjan ruokintaan. Pellot sijaitsevat tilakeskuksen läheisyydessä tai kohtuullisen matkan päässä.

Kaikki tilan viljely tehdään maatalousyhtymän omilla koneilla, pois lukien viljan puinti, joka ostetaan urakointina. Säilörehun korjuu tehdään pyöröpaaleina ja pyöröpaaleille on tilakeskuksen läheisyyteen perustettu useampi varastointipaikka, jotta rehun siirto syöttöön olisi joustavaa ja tehokasta ympärivuoden.

Valaistus on hoidettu tilakeskuksen eri tuotantorakennuksissa loisteputkilla. Rakennusten ulkovalot toimivat liiketunnistimella. Ulkovalaistusta on lisätty vaiheittain, kun pihatto on tullut käyttöön ja eläinten ohjattu liikkuminen on lisääntynyt tilakeskuksessa. Ulkovalaistus koetaan myös turvallisuustekijänä. Sähköllä toimivia koneita ovat mm. parsinavetan lypsykonekokonaisuus, viljakuivuri ja maitotankin jäädytintin. Tilalla on generaattori poikkeustilanteita varten, joka toimii sähkön tuotannon varajärjestelmänä. (Reponen, 2024)

Taulukko 2. Tilakeskuksessa sijaitsevat rakennukset (Reponen, 2024).

Rakennus	Pinta-ala (m ²)	Rakentamisvuosi
Parsinavetta	230	1973
Kuivuri		2005
Kylmäpihatto	480	2013
Latoja 2 kpl	300	1950
Katettu lantala	410	1998
Lantala, kattamaton	480	2013
Nuorkarjasuoja ja rehuvarasto	170	2006
Lantala ja korsirehuvarasto	170	2006

Tilakeskukseen kuuluu yhden asuintalon lisäksi yllä olevan taulukon (Taulukko 2.) mukaiset rakennukset, kuten navetta, pihatto, korsirehuvarasto sekä varastorakennuksia ja kuivuri. Lämmitettäviä rakennuksia on ainoastaan asuinrakennus, jossa on öljylämmitys. Muita lämmitettäviä tiloja on natevan maito- ja tankkihuone sekä pihatton toimistohuone, näissä tiloissa on sähköpatterit, joita käytetään tarvittaessa, eli pääsääntöisesti vain talvikuukausina. Tuotantoeläimet tuottavat lämpöä ja näin lämmittävät tuotantorakennukset tarvittavilta osin. (Reponen, 2024)

Yritysmuodon valikoituminen

Maatalousyhtymä valikoitui kohdemaatilan yritysmuodoksi siksi, että se oli kevyt perustaa ja toteuttaa. Yhtymän osakkaita veloitetaan työskentelemään yhteisellä tilalla, mutta osakkaat voivat sopia työnjaosta, päätöksenteosta ja vastuista itsenäisesti keskenään. Yhtymällä on sopimusvapaus, mutta myös velvollisuus sopia esimerkiksi hankinnoista osakkaiden kesken yhteisesti. Yhtymää ei myöskään veroteta, vaan yhtymän tulot ja menot jaetaan osakkaiden kesken ja jokainen maksaa verot omasta osuudestaan yhtymän tulosta. Yhtymän tuotot ja riskit jakautuvat osakkaiden kesken suhteessa heidän osuuksiinsa yhtymässä. (ProAgria, 2019)

Toinen mahdollinen yhtiömuoto olisi esimerkiksi ollut osakeyhtiö, jonka etuna olisi ollut se, että osakeyhtiö toimii erillisenä oikeushenkilönä, eli osakkaat eivät hanki yhtiön lainoja henkilökohtaisesti, vaan lainat ja hankinnat haetaan yhtiölle. Kuitenkin, useasti lainojen vakuudet ovat osakkaiden henkilökohtaista omaisuutta, ei vain yrityksen. Maatalousyhtymän voi kuitenkin myöhemmin muuttaa osakeyhtiöksi, mikäli se olisi toiminnalle ja sen kehitykselle paras mahdollinen. Jos yritysmuodon muuttaa yhtymästä osakeyhtiöksi, ei toimintamuodon muutoksesta aiheudu myöskään irtaimen tai kiinteän omaisuuden luovutuksen tuloveroseurauksia. Varainsiirtoveroa ei myöskään peritä kiinteän omaisuuden siirrosta, kun kyse on toimintamuodon muutoksesta. (ProAgria, 2019)

Haasteina maatalousyhtymässä saattaa olla päätöksenteon haasteet, sillä yhteistyö kaikessa päätöksentekoa vaatii hyvät pelisäännöt ja selkeää kommunikaatiota, jotta erimielisyyksiä ei syntyisi. Erimielisyydet päätöksenteossa vaikuttavat maatalousyhtymässä herkästi suoraan tilan toimintaan. Lisäksi omistusosuuksien myynti on yhtymässä hankalaa, sillä omistuksen ja omaisuuden jakaminen voi aiheuttaa yhtymälle sekä osakkaalle haasteita, mikäli joku osakas haluaisi irtautua yhtymästä. Yhteisomistus sopii erityisesti perheiloille, joilla sitoutuminen tilan pitämiseen ja jatkamiseen on korkealla tasolla. (ProAgria, 2019)

Maatalousyhtymän yhteisomistajuus mahdollistaa työnjaon ja resurssien tehokkaan hyödyntämisen. Myös verotuksen näkökulmasta maatalousyhtymä voi yhtiömuotona olla osakkaille edullista, sillä yhtymän verotus menee osakkaiden henkilökohtaisten tulojen mukaan. (ProAgria, 2019)

Tästä syystä maatalousyhtymä oli sukupolvenvaihdoksen tullessa ajankohtaiseksi järkevin vaihtoehto kohdemaatilalla. Yhtymä ei myöskään sulje ovia tulevaisuuden kehitykselle ja vaihtoehdoille, mikäli yritysmuotoa tulisi maatalousyhtymän toiminnan ja elinkeinonharjoittamisen puitteissa muuttaa. (Reponen, 2024)

Yhtymämuotoinen yritystoiminta maataloudessa edellyttää kuitenkin selkeää sopimusta yhtymän toiminnasta ja osakkaiden välisistä suhteista.

Sopimuksessa olisi hyvä määritellä eri vastuut ja velvollisuudet jokaisella osapuolelle. Sopimukseen voisi aukikirjata muun muassa päätöksenteon periaatteet sekä esimerkiksi osakkaiden väliset taloudelliset vastuut ja työpanokset. (ProAgria, 2019)

3.2.1 Kohdemaatilan energian saanti ja tarve

Tilan kaikki tarvittava sähköenergia ostetaan. Tilalla on toistaiseksi ollut kiinteä hintainen sähkösopimus, joka mahdollistaa tilan energiakustannusten ennakkoinnin. Nykyinen sähkösopimus on 12kk kiinteä sopimus 7,09 snt/kWh, eli hyvin tavallisen suuruinen kiinteähintainen sähkösopimus, tähän päälle tulee sähkön siirron kustannukset ja sähkövero, jotka tekevät ostettavan sähkön kokonaiskustannuksesta noin 0,15 €/kWh. Suurimmat sähkön kulutuksen energiapiikit ovat tilalla aamulla klo 7-10 välillä sekä iltapäivällä klo 16-19 välillä. Näinä aikoina tapahtuu karjan lypsäminen sekä maidon jäähdyttäminen ja maitokoneiston pesu, jotka toteutetaan kaikki sähköenergialla.

Tuotantorakennukset eivät tarvitse erillistä lämmönlähdettä, vaan tuotantoeläimet tuottavat tarvittavan määrän lämpöä, joka lämmittää ympäröivät tilat. ilmanvaihto ja viilennys on hoidettu mekaanisesti sekä painovoimaisesti. Talvikaudelle tilat, joissa on pysyttävä tasainen peruslämpö on lisäksi asennettu sähköpattereita (Reponen, 2024)

Kohdemaatilalla on hyödynnetty hyvin vähän uusiutuvia energianmuotoja tai uudistettu energiaratkaisuja, vaikka tilaa onkin kehitetty, remontoitu ja laajennettu tasaisesti. Tuotantoeläimien lämmön tuottaminen on kuitenkin hyvin hyödynnetty ja huomioitu tilasuunnittelussa, jolloin erillisiä lämmitysjärjestelmiä ei tilan tuotantorakennuksiin ole tarvittu. Tilapäinen lämmönsaanti on toteutettu tuotantorakennuksien tiloihin sähköpattereihin, mikä varmasti on ollut tehokkain ratkaisu.

Ulkoa ostettu sähköenergia ei ole ollut aikaisemmin tilalle haaste, mutta energiakriisin puhkeamisen jälkeen ja sähkön hinnan noustessa samalla, kun kohdemaatilaa on jatkuvasti laajennettu ja tarkoitus laajentaa tulevaisuudessakin, on tullut ajankohtaiseksi miettiä tilan energiaomavaraisuutta ja ostettavan energian optimointia sekä mahdollisesti jopa omaa energiantuotantoa tilan lisätulonlähteenä. Lisäksi energiantalteenottoa tilalla pystyttäisiin edistämään paljonkin, joka mahdollistaisi esimerkiksi käyttöveden lämmitystä talteenotetulla energialla, mikä vähentäisi erillistä käyttöveden lämmityksen tarvetta. (Reponen, 2024)

Opinnäytetyön tutkimus ja laskelmat perustuvat kohdemaatilan oleviin olosuhteisiin. Energiaomavaraisuuden astetta ja energiatehokkuutta nostettaessa on kuitenkin huomioitava, että valittavat uusiutuvan energianratkaisut olisivat sellaisia, että niiden kapasiteettia voisi tilan tarpeiden kasvaessa laajentaa, tai matalilla investoinneilla kasvattaa tulevaisuudessa.

4 Menetelmät

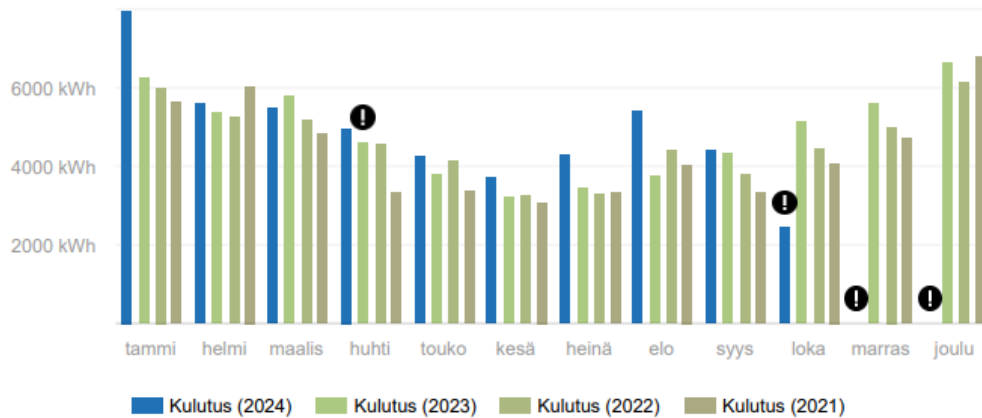
Riippumatta valittavista järjestelmistä, energiajärjestelmät tulee kilpailuttaa ja työn asentaja valita huolellisesti. Uusille järjestelmille toimittajat antavat takuuajan, joka tuo varmuutta hankintaan. Asennuksesta tehdään sopimus niin, että asentaja vastaa mahdollisista takuuajan korjauksista. Usein järjestelmätoimittajalta kuitenkin toimitetaan avaimet käteen – periaatteella kokonaispaketti, jolloin he vastaavat myös asennustyöstä. Tämä on maatalousyhtymälle riskittömin hankintatapa.

Kunnan rakennusvalvonnan kanssa on selvitettävä kunnan olevat käytänteet, kuten tarvitsevatko esimerkiksi aurinkopaneelit rakennuslupaa tai toimenpidelupaa. Myös paneeleiden asennustapa saattaa vaikuttaa tähän, eli asennetaanko aurinkopaneelit oleviin rakennuksiin ja niiden kattoihin, vai esimerkiksi pystysuunnassa pelto – alalle ja miten se vaikuttaa esimerkiksi viljeltävään pinta – alaan.

Investointeja suunnitellessa on myös hyvä selvittää mahdolliset saatavat tuet, kuten aikaisemmin mainittu ELY-keskuksen investointituki maatalousyhtymille energiajärjestelmien uusintaan ja – hankintaan. Tukihakemuksiin on oma aikataulunsa ja tämä on hyvä huomioida jo investoinnin suunnittelun yhteydessä, sillä tuen saaminen vaikuttaa rakentamisen aloitukseen suoraan.

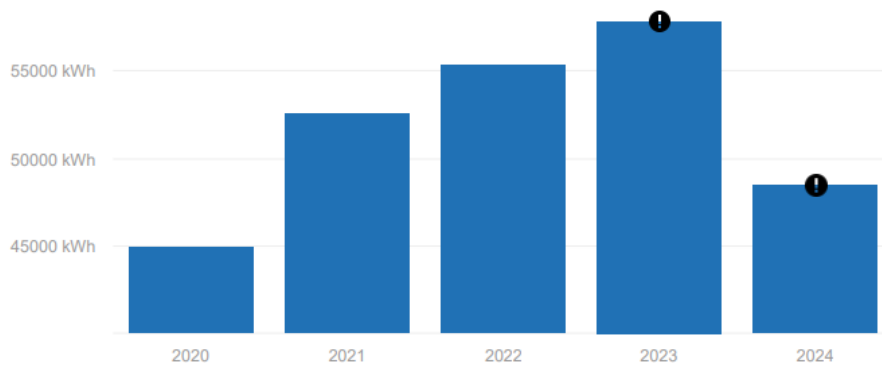
4.1 Kohdemaatilan sähkön kulutus ja tarpeen mitoitus

Vuodesta 2022 eteenpäin energiakriisin seurauksena sähkön hinta on ollut nousussa vielä 2024 vuoden alkupuolelle. Energiakriisissä nousseet haasteet eivät ole minnekään hävinneet ja tämä näkyy esimerkiksi siinä, millaisia sähkösopimuksia toimijat, yritykset ja kuluttajat pystyvät tällä hetkellä solmimaan sähköyhtiöiden kanssa.



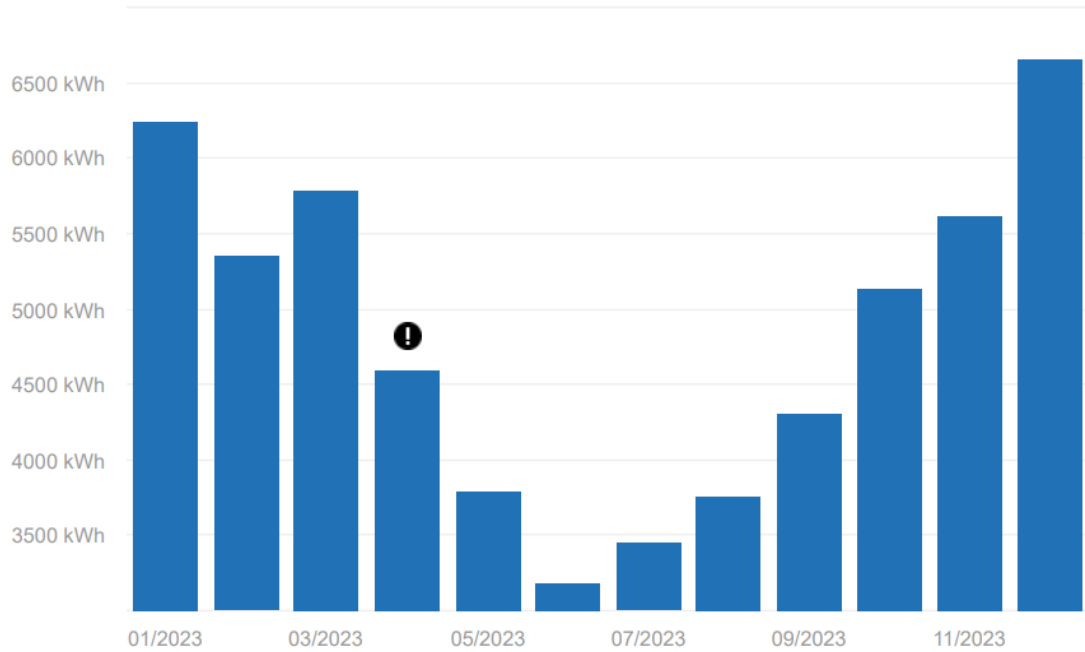
Kuva 6. Maatalousyhtymän sähköenergian kulutus vuosina 2021-2024. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024).

Vaikka maatalousyhtymän tuotantorakennuksien sähköenergian vuosikulutus on tällä hetkellä noin 55 000 kWh/v, on sähkönkulutuksen kasvuun varauduttava. Tilan sähkön kulutus on kasvanut samassa suhteessa lypsettävän karjamäärän lisääntyessä vuosin 2021-2024 välillä (kuva 6) ja tilan kasvu jatkuu myös tulevaisuudessa. Tila on jatkossa laajentumassa pihattoon asennettavalla lypsyrobotilla ja apevaunulla, jolloin vuositason sähkönkulutus nousee merkittävästi, arviolta lähemmäksi 90 000 kWh/v. Tähän laajennukseen on aurinkoenergia järjestelmässä hyvä varautua niin, että paneelijärjestelmää on mahdollista jatkaa tarpeen mukaan. Tämän työn mitoitus ja tulokset on laadittu oleviin olosuhteisiin kohdemaatilalla.



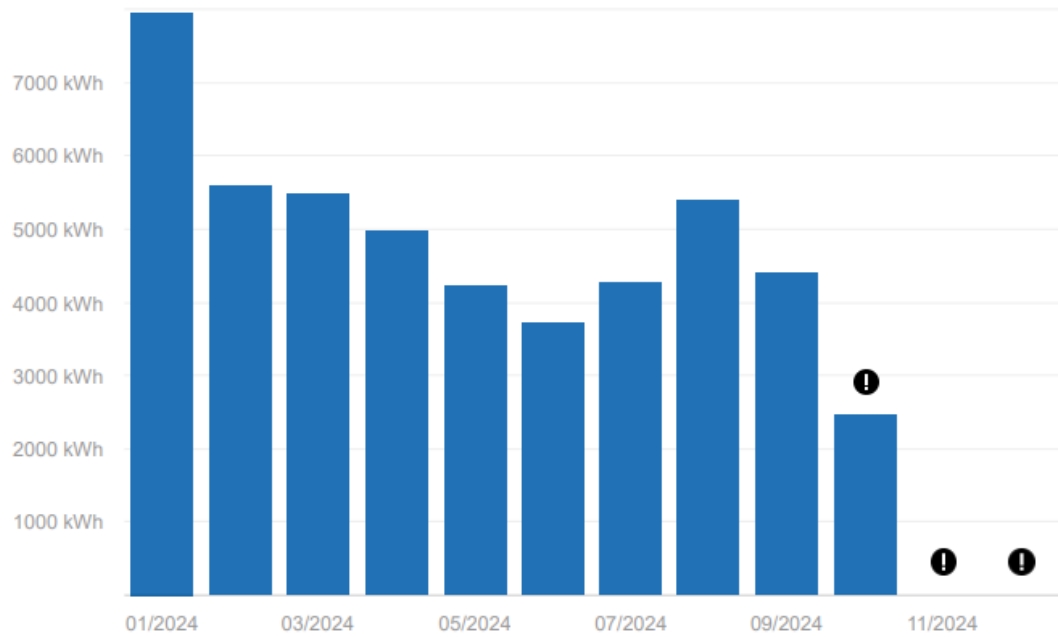
Kuva 7. Maatalousyhtymä Reposen sähköenergian vuosikulutus vuosina 2020-2024. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024).

Tilan karjamäärän lisääntyminen vaikuttaa suoraan sähkönkulutuksen määrään, sillä lypsettäviä tuotantoeläimiä ollessa enemmän päivittäiset lypsyajat pitenevät ja maidon määrä kasvaa, jolloin myös maidon jäähdyttämiseen menevä sähköenergian määrä lisääntyy, kuten kuvassa yllä (kuva 7) on esitetty. Energiankulutukseen vaikuttaa myös suoraan sääolosuhteet, eli kuinka kylmät sääolosuhteet ovat esimerkiksi talviaikaan ja kuinka lämmintä on kesäaikaan. Lisäksi talviaikaan sähkön hinta on yleensä huomattavasti kalliimpaa kuin kesäaikaan. Tilalla on käytössä kiinteähintainen sähkösopimus, joten vuodenaika ei vaikuta sähkön hintaan. Kulutus kuitenkin on talvikuukausina huomattavasti korkeampaa, kuten kuva alla osoittaa (kuva 8).



Kuva 8. Maatalousyhtymä Reposen vuoden 2023 sähköenergiankulutus kuukausittain. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024).

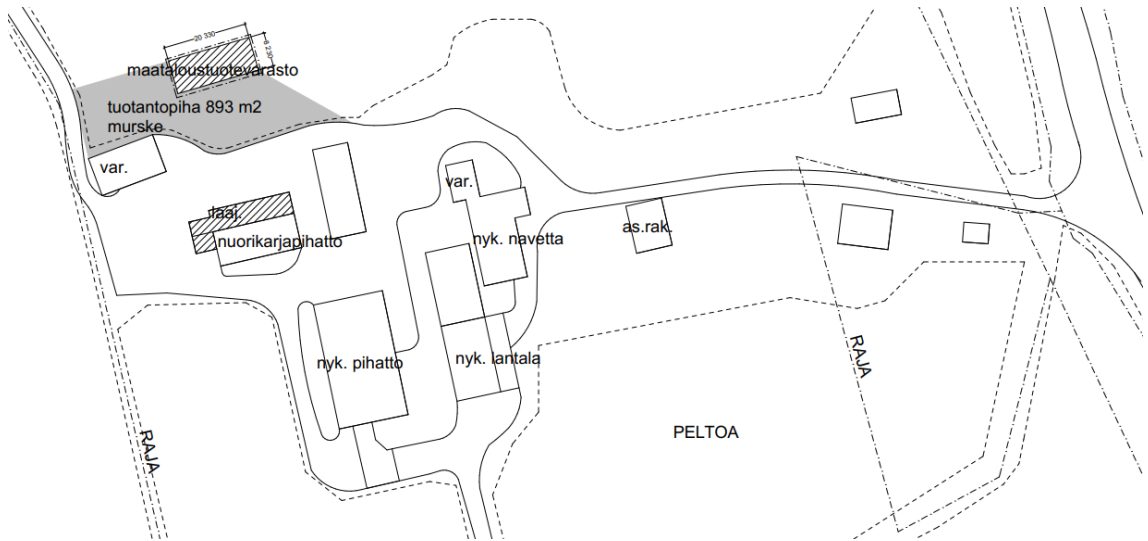
Vertailun vuoksi vuoden 2023 (kuva 8) ja 2024 (kuva 9) sähköenergian kulutukset eivät ole identtisiä. Vuositasolla kokonaiskulutus on kuitenkin ollut kokoajan kasvava, mikä on tämän työn kannalta oleellinen huomio.



Kuva 9. Maatalousyhtymä Reposen vuoden 2024 sähköenergian kulutus kuukausittain. Kuvassa huutomerkki kuvastavat puuttuvia sähköenergian kulutustietoja (Vattenfall, 2024).

4.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen

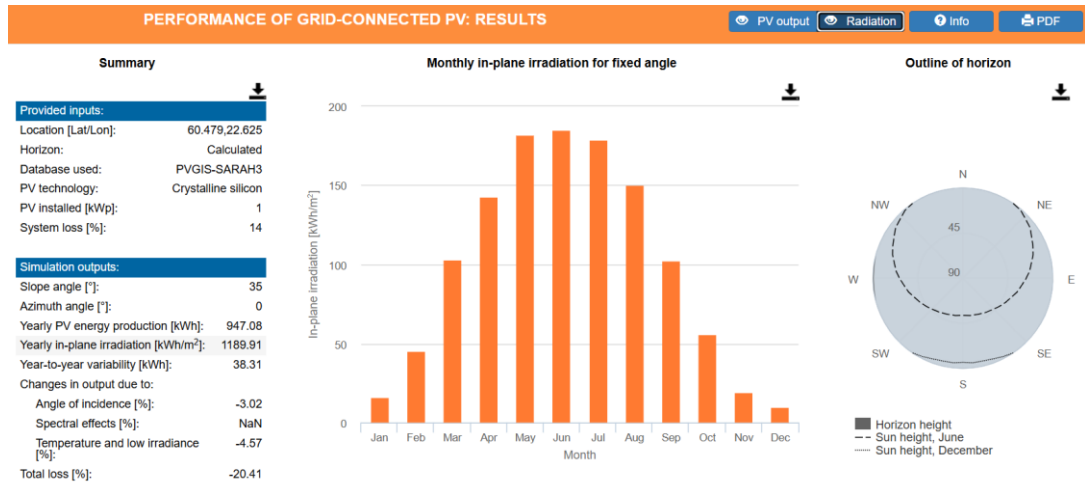
Tilakeskus on loistavalla sijainnilla aurinkoenergian hyödyntämiseen, eli peltoaukealla niin, että suuria varjostamattomia katto – aloja on sekä itä – länsi, että pohjois – eteläsuuntaisina. Aurinkopaneelien asennukselle valikoitui nuorkarjapihaton katto perustellusti siksi, että esimerkiksi pihattorakennuksen katon harjalla on suuret ilmanvaihtokanavat niin, että sieltä tuleva rehun ja eläinten pöly saattaisi vaikuttaa aurinkopaneelien toimintaan, liannut paneeleita ja vähentänyt paneelien tehoa.



Kuva 10. Ote tilakeskuksen asemapiirroksesta (Reponen, 2024).

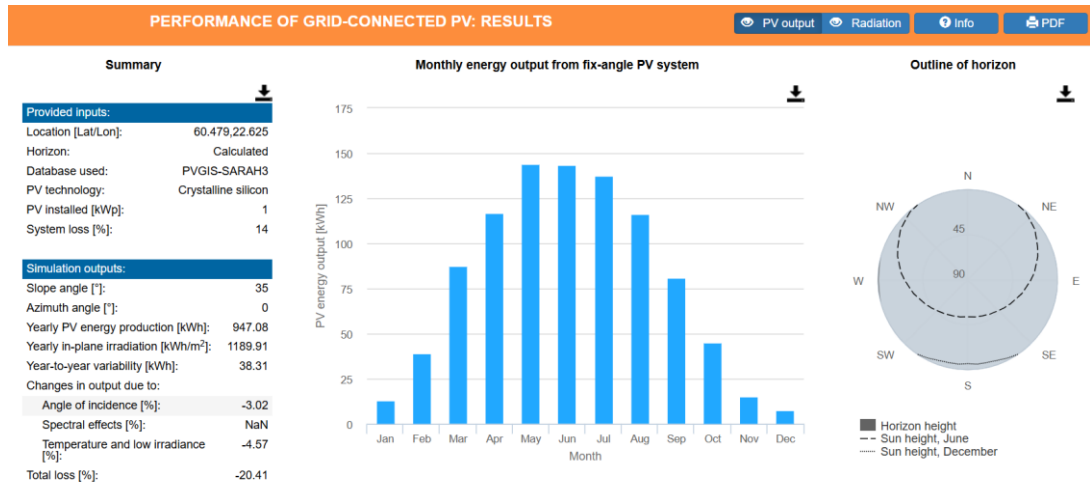
Yllä olevan kuvan asemapiirroksen otteessa on esitetty tilakeskuksessa olevat rakennukset (kuva 10.). Suurin tilakeskuksen rakennus on pihatto, joka on rakennettu 2013. Tämä on pohjois – eteläsuuntainen rakennus, jonka katon pinta – ala on noin 510 m². Sunenergian laskurin mukaan, tuosta olisi aurinkoenergian tuotantoon soveltuvaa alaa noin 480 m², mutta koska rakennuksen katolla on suuret ilmanvaihtokanavat, jotka saattavat tuoda mukanaan eläimistä ja rehusta pölyä ja likaa, tämä ei välttämättä ole optimi paikka sijoittaa aurinkopaneelit. Kuvassa 10 osoitettu nuorikarjapihatto taas on kattopinta-alaltaan pienempi, mutta itä – länsisuuntainen rakennus, jonka katolla ei ole kattopintaa rikkovia kanavia tai muitakaan, joten paneelit pysyisivät puhtaampana kyseisessä rakennuksessa. (Reponen, 2024)

Kohdemaatilan sijainti maantieteellisesti Varsinais – Suomessa takaa säteilyn määrän (kuva 11.) noin 945 kWh/m², joka on vain marginaalisesti vähemmän säteilyä kuin esimerkiksi Berliinissä 1030 kWh/m². (PVGIS, 2024)



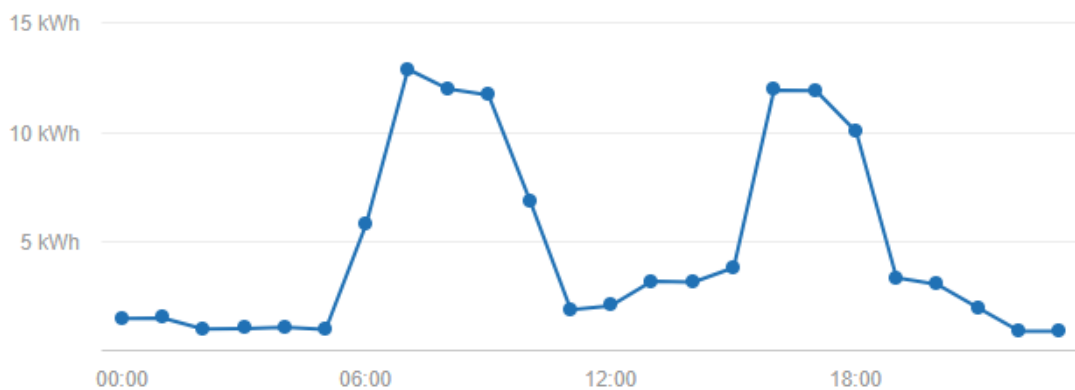
Kuva 11. Kohdemaatilan sijaintitiedoilla säteilyn määrä vuositasolla (PVGIS, 2024) .

Kuvassa 11. on havainnollistettu kuukausitasolla säteilyn määrän kohdemaatilan sijainnilla, kun säteilyn kulma on huomioitu. Lähde Euroopan komission PVGIS-SARAH3 – järjestelmä antaa vaihtelyväliksi vuositasolla säteilylle noin 38 kWh/v. Tämä vuosittainen vaihtelu on arvojen keskihajonta, joka on laskettu valitun auringon säteilytietokannan kattaman ajanjaksosta. Aurinkoenergian laskelman tulokset kuvassa 11. ja kuvassa 12. ovat keskiarvoja kuukausittaisesta ja arvio vuosittaisesta energiantuotannon mahdollisuuksista kohdemaatilan sijainnilla. Kuvissa esitetyissä laskelmissa on huomioitu korjattu auringon säteilyn kulma kohdemaatilan sijainnilla. (PVGIS, 2024)



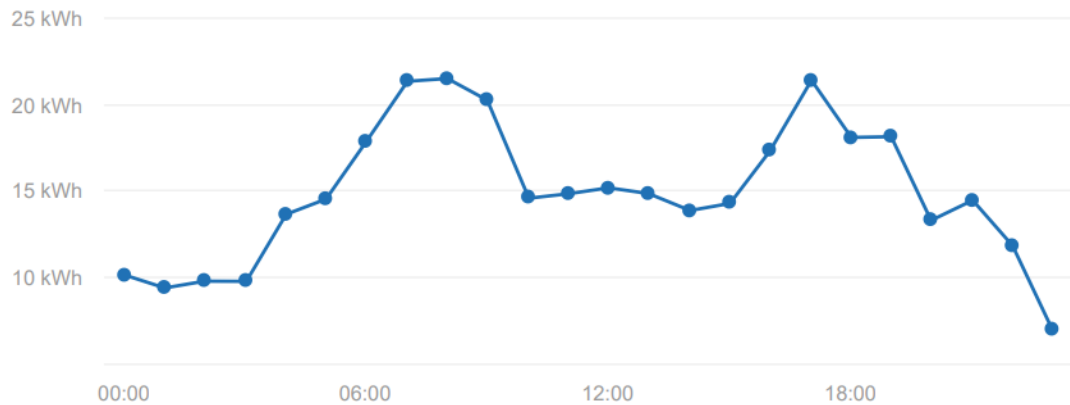
Kuva 12. Energiantuotannon taso kuukausittain (PVGIS, 2024).

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa (paneelien yhteenlaskettu nimellisteho) on pyritty pohjakulutukseen perustuvaan mitoitukseen. Samalla olisi mahdollista toteuttaa myös tavoiteltu lyhyt takaisinmaksuaika. (Motiva, Energiatехokkuus maataloudessa, 2024)



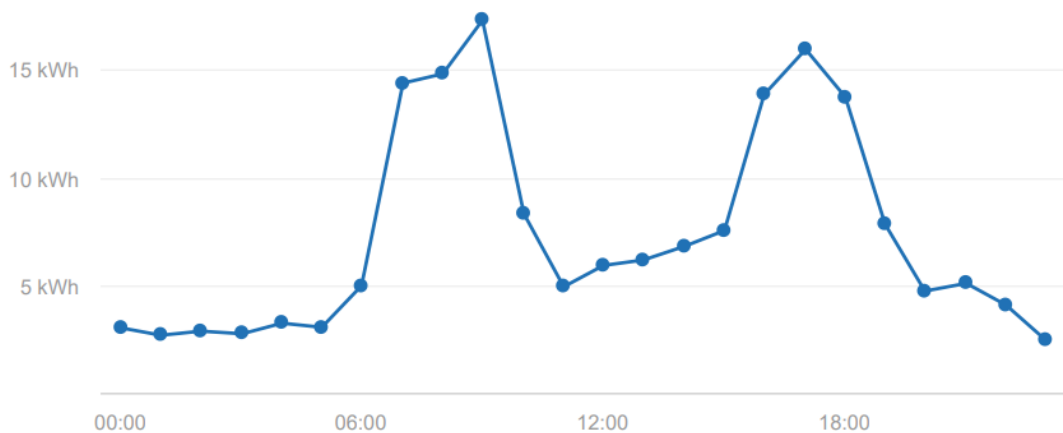
Kuva 13. Maatalousyhtymän sähkön vuorokausikulutus kesäkuu 2024 (Vattenfall, 2024).

Kohdemaatilasta on sähkönkulutuksen tiedot olemassa tuntitasolla nykyhetkestä vuoteen 2020, jossa pystytään myös huomioimaan talvi- ja kesäpäivien eroavaisuudet (kuva 13 ja kuva 14).



Kuva 14. Maatalousyhtymän sähkön vuorokausikulutus tammikuu 2024 (Vattenfall, 2024).

Vertailun vuoksi alla kuva myös välikauden sähkön kulutuksesta vuorokaudessa (kuva 15). Kuvassa näkyy, miten kevät- ja syyskausilla sähkönkulutus on kesä- ja talviajan välimaastossa.



Kuva 15. Maatalousyhtymän sähkön vuorokausikulutus lokakuu 2024 (Vattenfall, 2024).

Aurinkosähköjärjestelmä tulee mitoittaa niin, että sen nimellisteho pyritään pitämään mahdollisimman lähellä kohdemaatilan pohjakulutukseen perustuvaa mitoitusta. Pohjakulutuksella tarkoitetaan tässä sähkötehon minimi tarvetta päiväsaikaan. Tämä mahdollistaa aurinkosähkön kulutuksen parhaiten heti paikan päällä, siellä missä aurinkoenergiaa tuotetaan. Tällä tavoin

säästetään tehoikkaimmin energiaa. Kun kilowattitunteja jää ostamatta verkosta, säästetään sähköenergian ostokustannuksien lisäksi myös sähköveron määrässä sekä sähkön energiamäärään sidotuissa siirtomaksuissa. Optimaalinen mitoituksella on tarkoitus ehkäistä tarvetta hankkia ylimääräisiä akkuja energian varastointiin. Yöaikainen tehontarve voi kuitenkin olla hetkellisesti pienempi kuin paneelien nimellisteho. Mikäli järjestelmästä tulee ylimääräistä aurinkosähköä vielä muina aikoina optimaalisesta mitoituksesta huolimatta, on ylimääräinen energia mahdollista myydä tai varastoida varaajiin vastuksien kautta.

Ylijäämä sähköä voidaan kuitenkin tuottaa tilalla hallitusti, kesäaikaan sitä voidaan tuottaa reilusti yli oman kulutuksen ja silloin ylijäämänsähkö voi kulkea tilalta takaisin sähköverkkoonkin päin. Ylijäämänsähköä voitaisiin kuitenkin hyödyntää järjestelmässä, jossa lämmitetään lämminvesivaraajaa aurinkosähköllä aina, kun tuotto ylittäisi tilan muun kulutuksen tarpeen.

Kohdemaatilan tilakeskuksessa on yksi sähkömittari yhden liittymän takana, jonka koko on 32A, tila on suunnitellut sähköliittymän koon nostamista, jotta tulevaisuuden investoinnit, eli lypsyrobotti ja sähkökäyttöinen apekone olisi mahdollista tilalle tehdä. Nämä laajennukset ja parannukset vaatisivat tilan käyttöliittymän koon nostoa kokoon 64A.

Aurinkopaneelit tuotantorakennuksien katolla

Opinnäytetyötä varten tehtiin tarjouspyyntö viidelle eri aurinkopaneelijärjestelmiä toteuttavilla yrityksille, joista saatiin kaksi tarjousta. Lisäksi mitoitukseen ja järjestelmän sijainnin valitsemiseen on käytetty Sun Energian kannattavuuslaskuria (liite 1 ja liite 2), jossa saadaan kattokohtainen aurinkosähkön tuotanto – ja kannattavuuslaskuri. Työssä myös on hyödynnetty Fin Solarin aurinkosähkön kannattavuuslaskuria, jossa on laskettu aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus, sekä sen kustannus- ja tuottalaskelma järjestelmän 30 vuoden elinkaaren aikana. Sun Energian kannattavuuslaskurissa on käytetty vuosikulutusta lähtötietoina ja tämä antaa siksi vain suuntaa antavan kulutuksen kuukausi- ja vuorokausitasolla.

Aurinkopaneeleiden asennuspaikaksi valikoitui tilakeskuksen läntisin tuotantorakennus, jonka kattopinta-ala on noin 213 m². Tuosta kattopinta-alasta aurinkoenergian tuotantoon soveltuu 148 m² ala. (Sunenergia, 2024)

Tuotantorakennus soveltuu aurinkoenergian tuotannolle myös siksi, että rakennuksen katto ei ole liian vanha, vaan rakennus on rakennettu 2006 ja rakennuksessa on peltikatto, johon paneelien asentaminen onnistuu ilman suurempia riskejä. Valittu rakennus asemoituu tilakeskuksen läntiseen päähän, keskelle peltoaukeaa ja rakennuksen kattoala on yhtenäinen ilman suuria ilmanvaihtokanavia.

Kahden eri toimittajan tarjouksissa oli suurta vaihtelua tarjotulle aurinkosähköjärjestelmän teholle;

- Tarjous 1: 29,76 kWp
- Tarjous 2: 12,6 kWp
- Sun Energian laskelma-arvio: 10,8 kWp

Järjestelmän teholla (kW_p) tarkoitetaan nimellistehoa, jonka järjestelmä antaa aurinkosäteilyn kohdatessa paneelit noin 35 asteen kulmassa auringon ja säteilytehon ollessa laskennallinen 950 W/m². Saaduissa tarjouksissa ja Sun Energian laskurissa sähköomavaraisuus on määriteltä osuutena rakennuksen laskennallisesta sähköenergian tarpeesta, joka pystytään itse tuottamaan esitetyn kokoisella aurinkojärjestelmällä alla olevalla kaavalla (Sunenergia, 2024):

$$\frac{\text{Aurinkosähkö omaan käyttöön}}{\text{kokonaissähkönkulutus}}$$

Tarjouksissa annetut laitevalmistajien ja maahantuojien takuut:

- Tehon tuottotakuu: 10 – 30 vuotta valmistajasta riippuen
- Aurinkopaneelien tuotetakuu: 15 – 20 vuotta valmistajasta riippuen
- Invertterin tuotetakuu: 10 vuotta
- Kiinnitysjärjestelmän tuotetakuu: 30 vuotta

Lisäksi tarjouksessa 2 on annettu tuotetakuu inverttereille ja kiinnitysjärjestelmille 10 vuodeksi sisältäen vaihtotyön toimittajan toimittamille aurinkopaneeleille.

Laskelmissa on käytetty lähtötietoarvoina:

- paneelin hyötysuhde 15,8%”
- invertterin hyötysuhde 98%
- johdinhäviöt 1%
- ostosähkön hinta 0,129 €/kWh (arvio, joka sisältää sähkön kk-maksut, verot ja siirron kustannukset)
- Paneelin degraatio 0,5%/käyttövuosi
- invertterin vaihto (t=15) 12,5% alkuinvestoinnista

Muut aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskurissa käytetyt lähtötiedot selviävät alla olevasta taulukosta 3:

Taulukko 3. Lähtötiedot olevista ostosähkön kustannuksista.

Tiedot ostosähkön kustannuksista (PV – järjestelmän vertailukustannukset):		
Sähköenergian ostohinta	7,1	snt/kWh
Energiaperusteinen sähkön siirtohint	4,5	snt/kWh
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	2,253	snt/kWh
Ostosähkön arvonlisävero	0 %	
<i>Välitulos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön vaihtoehtoiskustannus</i>	13,8	snt/kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	1,0%	/vuosi

Taulukon 3 sähköenergian ostohinta ja energiaperusteinen sähkön siirtohint ovat kohdemaatilan olevia kustannuksia vuonna 2024 (Vattenfall, 2024), Sähköveron ja huoltovarmuusmaksun suuruus ovat vakioarvoja suoraan verottajalta. Ostosähkön arvonlisävero taulukossa esitetysti 0% on lähtöarvo yrityksille ja kunnille, jos kyseessä olisi kuluttaja, olisi arvonlisävero 25,5%. (Verovirasto, 2024)

Investointikustannuksen laskelmissa on arvioitu tarvittavan lainan kokonaiskoroksi olevilla lähtötiedoilla laskelmaan 4,5% sisältäen arvion 12kk euriborista sekä marginaalista yhteensä. Arvio perustuu kohdemaatilan viimeisimpiin lainatarjouksiin. (Reponen, 2024)

Sun Energian laskurin (liite 1 ja liite 2) ja saatujen tarjouksien sisällöt vaihtelivat jonkun verran. Kaikissa tarjouksissa ja laskureissa on käytetty samoja lähtötietoja, jotka on esitetty yllä. Tästä syystä päätettiin toteuttaa aurinkosähköjärjestelmän simulointi osana mitoituksen optimoinnin varmistamista ja omavaraisuuden asteen laskentaa. Liitteessä 3 esitetyssä Fin Solarin kannattavuuslaskurissa on käytetty lähtötietoina lisäksi saatujen tarjouksien arvoja. Simuloinnissa on käytetty PV*SOL – ohjelmaa, jossa simuloidaan aurinkosähköjärjestelmän teho, sekä osoitetaan sen optimaalinen mitoitus.

Aurinkopaneelien mitoituksen simulointi PV*SOL – ohjelmalla

PV*SOL – ohjelmalla tehtiin molempien tarjouksien saaduilla tuotteilla ja tuotteiden mitoituksella omat simuloinnit niin, että sähkökulutuksen lähtötiedoiksi syötettiin ohjelmaan vuoden 2023 sähkönkulutus tunnin tarkkuisena. Näin pystyttiin parhaiten tarkastelemaan aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen optimaalisuutta sekä tätä kautta parasta omavaraisuusasteen nostoa aurinkosähköjärjestelmällä. PV*SOL – ohjelman kuvaajien taustalla on vuoden 2023 tarkka sähkönkulutus data. Vuoden 2023 sähkönkulutus vastaa parhaiten nykytilanne kohdemaatilalla ja se valittiin simulointiin lähtötiedoiksi tästä syystä.

Taulukko 4. Simuloinnin tuloksien vertailu Sun Energian tuloksiin.

	Tarjous 1	Tarjous 2	Sun Energia
Teho	29,76 kWp	12,6 kWp	10,8 kWp
Vuosituotto	12 900 kWh	30 500 kWh	10235 kWh
Myyntiin verkkoon	2 915 kWh/v	14 371 kWh/v	1738 kWh/v
Omaan sähkönkulutukseen	77,4 %	52,6 %	83,0 %
Aurinkopaneelien määrä	62	30	40
Investoinnin kustannukset	24 000 €	13 900 €	12 100 €

Simuloinnit vahvistavat Sun Energian suuntaa – antavan laskurin tulokset, simuloinnin tulokset ja vertailu Sun Energian laskuriin esitetty taulukossa yllä (taulukko 4). Optimaalinen aurinkosähköjärjestelmän koko kohdemaatilalle nykyisellä energiankulutuksella olisi tarjouksen 2 kokoluokan aurinkosähköjärjestelmä. Tarjouksen 2 mitoituksella, 12,6 kWp teholla, aurinkosähköä pystyttäisiin tuottamaan vuosittain noin 12 900 kWh/v (kuva 16.). Tästä pystyttäisiin hyödyntämään noin 10 000 kWh/v omaan kulutukseen ja noin 2 900 kWh/v ylijäämä tuotettu energia tulisi syöttää takaisin verkkoon. Tällä mitoituksella tuotettaisiin siis omaan käyttöön ja kulutukseen noin 75% aurinkoenergian vuosituotannosta, joka on osoitettu alla kuvassa. Lisäksi välttyttäisiin vuositasolla 6051 kg CO₂ – päästöjä, joka toteuttaisi kohdemaatilan toimintaa oikeaan ympäristöystävällisempään suuntaan (PV*SOL, 2024).

Simulation Results

Results Total System

PV System

PV Generator Output	12,60 kWp
Spec. Annual Yield	1 021,70 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	88,59 %
PV Generator Energy (AC grid)	12 885 kWh/Year
Own Consumption	9 970 kWh/Year
Clipping at Feed-in Point	0 kWh/Year
Grid Export	2 915 kWh/Year
Own Power Consumption	77,4 %
CO ₂ Emissions avoided	6 051 kg / year

PV Generator Energy (AC grid)



Kuva 16. Tarjouksen 2 simuloinnin tulokset (PV*SOL, 2024).

Tarjouksen 1 mitoituksella, jossa aurinkosähköjärjestelmän teho on 29,76 kWp pystyttäisiin tuottamaan vuosittain noin 30 500 kWh/v aurinkoenergiaa (kuva 17.). Tämän on yli 2 kertainen verraten tarjouksen 1 mitoituksen aurinkosähköjärjestelmään. Omaan kulutukseen pystyttäisiin hyödyntämään noin 16 000 kWh/v vuodessa, eli ylijäämäenergian suuruus olisi noin 14 500 kWh/v, joka tulisi saattaa takaisin verkkoon. Oman käytön kulutuksen aste tällä järjestelmällä olisi noin 53%, eli vain noin reilu puolet verraten tuotetun energian määrään kuten kuva alla osoittaa.

Simulation Results

Results Total System

PV System

PV Generator Output	29,76 kWp
Spec. Annual Yield	1 022,64 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	88,69 %
PV Generator Energy (AC grid)	30 457 kWh/Year
Own Consumption	16 026 kWh/Year
Clipping at Feed-in Point	60 kWh/Year
Grid Export	14 371 kWh/Year
Own Power Consumption	52,6 %
CO ₂ Emissions avoided	14 276 kg / year

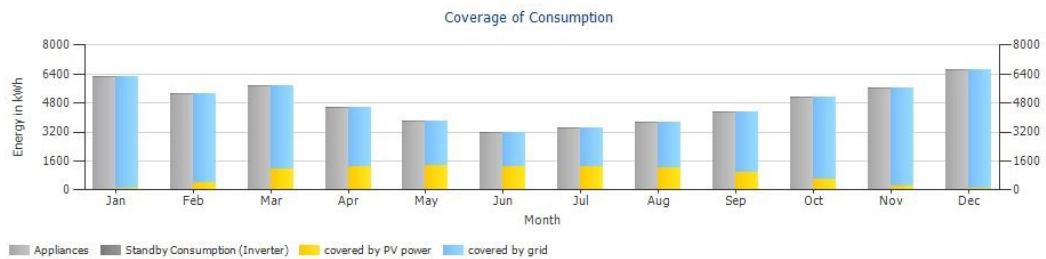
PV Generator Energy (AC grid)



Kuva 17. Tarjouksen 1 simuloinnin tulokset (PV*SOL, 2024) .

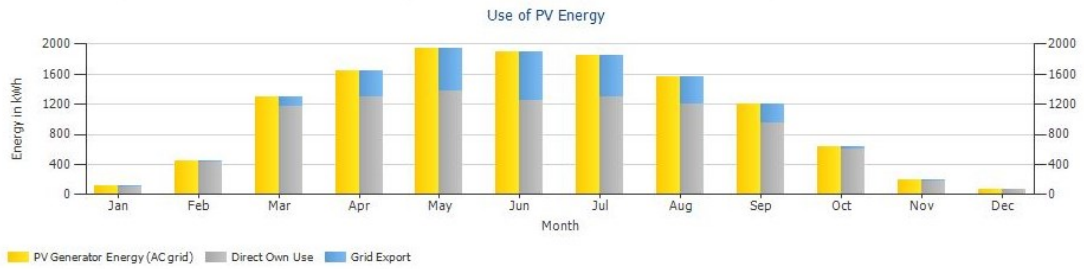
Tarjouksen 1 simuloinnin tuloksena, 29,76 kWp tehoinen aurinkosähköjärjestelmä olisi kohdemaatilalle suhteessa aivan liian iso ja sen hyötykäyttöaste olisi ollut vain noin 30% luokkaa, kun tarjouksen 2 järjestelmässä omaan käyttöön ja kulutukseen saataisiin noin 75% aurinkoenergian vuosituotannosta. Tarjouksen 1 järjestelmä olisi liian tehokas, sillä se tuottaisi parhaimpina kuukausina yli puolet energiasta ylijäämänä, joka tulisi myydä takaisin verkkoon, eikä sitä pystyisi hyödyntämään kohdemaatilalla.

Kuvassa alla (kuva 18.) on esitetty aurinkosähköenergian osuus kokonais sähkönkulutuksessa vuositasolla. Lähtötietoina kokonaiskulutukselle on vuoden 2023 tuntitasoinen energiankulutuksen tiedot. Kuva on toteutettu PV*SOL – ohjelmalla simuloinnin yhteydessä. Ohjelman laskelmassa on huomioitu vuorokautiset energiankulutuksen maksimiipikit niin, että aurinkosähköjärjestelmän teho olisi optimoitu parhaalla mahdollisella tavalla ja ylijäävää aurinkoenergiaa syntyisi mahdollisimman vähän ja hallitusti.



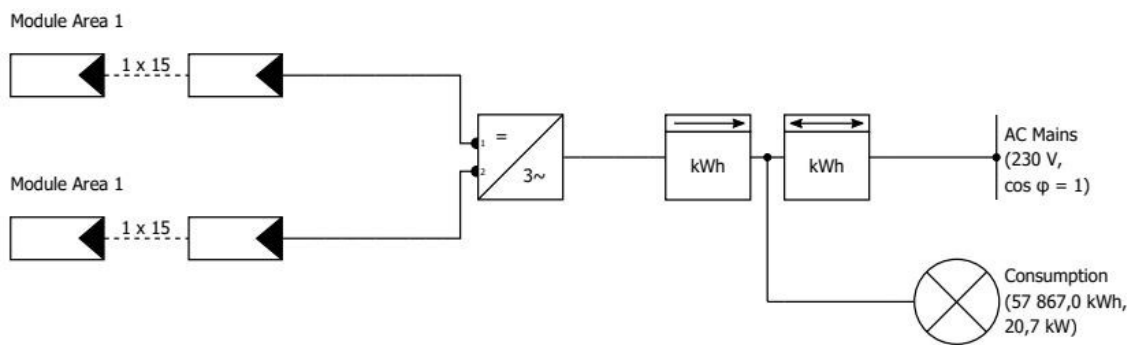
Kuva 18. Aurinkosähköenergian osuus sähkön kulutuksesta (PV*SOL, 2024).

Kokonaisuus, jolla aurinkoenergiaa pystytään vuositasolla tuottamaan järjestelmän tehon mukaisesti, huomioiden järjestelmän koon optimointi, tuotetusta aurinkoenergiasta suurinosa on pystyttävä hyödyntämään suoraan kohdemaatilan omaan tarpeeseen. Alla kuvassa 19. on esitetty tuotetun aurinkoenergian hyötysuhde tilan tuotannon omiin tarpeisiin, kuvaajan taustalla on huomioitu vuorokauden energiankulutuksen maksimiipikit niin, että järjestelmä on optimin kokoinen.



Kuva 19. Tuotetun aurinkoenergian käyttö (PV*SOL, 2024).

Nämä tulokset osoittavat, että Sun Energian arvon ja tarjouksen 1 kokoluokan aurinkosähköjärjestelmä olisi optimi kohdemaatilan nykyisellä sähkönkulutuksella. Esimerkki aurinkosähköjärjestelmästä on esitetty alla kuvassa 20.



Kuva 20. Esimerkki suunnitelma aurinkosähköjärjestelmästä (PV*SOL, 2024).

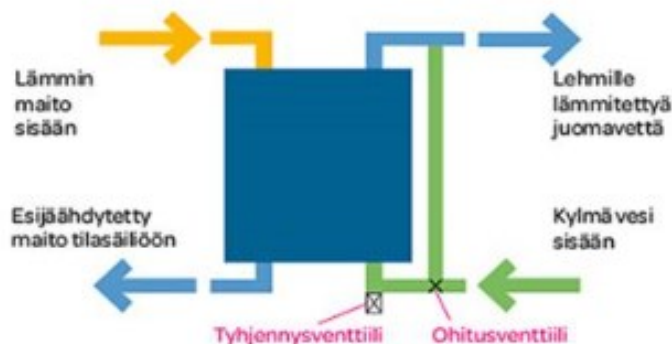
Tietysti, vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa myös se, millä hinnalla ylijäämä energiaa saadaan myytyä takaisin verkkoon, jolloin suurempi tehoinen aurinkosähköjärjestelmä voisi olla perusteltu myös tulonhankkimisen lähteenä. Lisäksi, kun tiedossa on sähkön kulutuksen merkittävä kasvu, suurempi tehoinen järjestelmä vastaisi paremmin tulevaisuuden kulutusta.

Tiedossa oleva sähkön kulutuksen kasvu ei kuitenkaan ole ongelma nykyisellä kulutuksella optimille aurinkosähköjärjestelmällä, mikäli järjestelmään pystytään lisäämään ja liittämään lisäpaneeleja sähkön kulutuksen kasvaessa. Järjestelmän kasvattaminen kulutuksen kasvaessa on tietysti mahdollista, mutta silloin tulee huomioida, ettei takuu – ajat raukea ja mitoitetaanko olevana

aurinkosähköjärjestelmään kokonaan uusi moduuli vai lisäpaneeleja olevaan moduuliin.

4.3 Energian talteenotto lauhteesta

Jotta maidon esijäähdytys olisi tehokasta, tulee tilalla huomioida veden virtauskapasiteetin riittävyys. Mikäli vesiputkien sisähalkaisija on liian pieni, ei tarpeeksi tehokas maidon jäähdytys toteudu. Lisäksi virtaus tulisi lypsyn aikana saada mahdollisimman suureksi, eli vettä tulisi käyttää nimenomaan lypsyaikana noin 2-3 kertaa lypsettyä maitomäärää kohden. Tästä syystä yksi vaihtoehto esijäähdyttimen toiminnan tehostamiseen ja virtauskapasiteetin varmistamiseen lypsyn aikana olisi kytkeä esijäähdytin lehmien juomavesijärjestelmään. Tällöin juomavesijärjestelmän kierron jälkeen veden kuljetus lämminvesivaraajaan antaisi vielä toissijaisesti etua myös lämpimän veden tuotantoon. (Turunen, 2020)



Kuva 21. Putkimallinen esijäähdyttimen kytkentäperiaatteet (Manninen, 2019).

Yllä kuvassa 21 on esitetty putkimallisen esijäähdyttimen kytkentäperiaatteet. Tässä järjestelmässä putkimallinen esijäähdytin kestää vesijärjestelmään syntyvän paineen, jolloin ei tarvita lehmien juomaveden uudelleenpaineastamista ja erillistä veden välisäiliötä (Manninen, 2019). Tämä myös keventäisi investointitarvetta ja mahdollistaisi olevien rakenteiden hyödyntämisen.

Oleellista on, että jäähdytettävä maito ja sitä jäähdyttävä kylmä vesi virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Esijäähdyttimessä virtaava kylmä vesi tuli olla mahdollisimman viileää. Kohdemaatilalla on tilakeskuksen käytössä porakaivo, josta saadaan hyvin normaalia viileämpää käyttövetä. Esijäähdyttimen kytkennässä tulisi sen veden otto liittää suoraan porakaivoon, jolloin vesi olisi mahdollisimman kylmää ja putket kannattaisi eristää esijäähdyttimelle asti hukkan välttämiseksi. Esijäähdyttimen vedenvirtaus tulee estää lypsykoneen pesun ajaksi, sillä pesuvettä ei saa viilentää. (Manninen, 2019)

Esijäähdytyksen lisäksi energiansäästöä voi tehostaa yhdistämällä esijäähdyttimeen lämmöntalteenottojärjestelmä. Tämä lämmöntalteenottojärjestelmä on järkevää kytkeä lämminvesivaraajaan lämmittämään käyttövetä. Tekniikat ovat kuitenkin kilpailevia, toki myös toisiaan tukevia ja mikäli tilalla halutaan varmistaa maidon laadukas jäähdytys tehokkaasti, voidaan molempia järjestelmiä käyttää yhdessä, jolloin löytyy myös varajärjestelmä maidon viilennykseen, jos toinen lakkaisi toimimasta. Energiankulutus ei merkittävästi lisääntynyt, vaikka näitä kahta järjestelmää käytettäisiin rinnakkain. (DeLaval, 2024)

5 Tutkimustulokset

Tutkimuksen lopputuloksena voidaan todeta, että aurinkosähköjärjestelmän ja maidon esijäähdyttimen molempien asentaminen parantaa tilan energiaomavaraisuutta eli vähentää ulkoa ostettavan sähköenergian määrää. Molemmat järjestelmät voidaan todeta tuovan energiankulutukseen säästöjä sekä tekevän kohdemaatilan maidontuotannosta kestävämpää ja tilasta omavaraisemman ja ympäristöystävällisemmän.

Kohdemaatilan kokoisen toimijan on mahdollista hakea Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen, eli ELY-keskuksen, maatilojen energiainvestointitukea aurinkosähköjärjestelmälle. ELY-keskuksen energiainvestointituki maataloille on noin 40% hankintahinnasta ja sitä voidaan hakea ja saada, kun investoinnilla energiatehokkuutta, toteutetaan energiantuotantoa tilan omaan käyttöön ja enregian säästämiseen. Aurinkosähköjärjestelmiin myönnettävän investointiehtona on tarjouskilpailu, joten tarjouksia on hyvä pyytää esimerkiksi viideltä eri toimittajalta. Lisäksi maatilojen energiainvestointitukea voidaan myöntää järjestelmiin vain sille osuudelle, joita käytetään maatilan omassa tuotantotoiminnassa (Ruokavirasto, 2024). Energiainvestointituki on merkittävä tuki uusiutuvien energiaratkaisuiden hankinnassa maataloilla. Koska tukea voi hakea ja sitä myönnetään vain maatilan omaan tuotantoon käytettävän uusiutuvan energiantuotannon osuudesta, on tärkeää mitoittaa järjestelmät niin optimaalisiksi kuin mahdollista.

Lisäksi energiainvestoinnin ehtona on, että maatilan liiketoiminnan tulee jatkua investoinnin teosta vähintään 10 vuotta ja investoinnin takaisinmaksuaika saa olla enintään 15 vuotta (Ruokavirasto, 2024). Tässä opinnäytetyössä mitoitettussa aurinkosähköjärjestelmässä takaisinmaksuaika on noin 5 vuotta ja sen mitoitus on optimoitu kohdemaatilan energiankulutuksen mukaan, joten kohdemaatila voi hyvin hakea energiainvestointitukea kattamaan investoinneista aiheutuvia kustannuksia.

5.1 Aurinkosähkön investoinnin yhteenveto

Fin Solarin sähköisellä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskurille tehtiin laskelmat, joilla selvitettiin investoinnin kustannuksen lisäksi aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus, kustannus- ja tuottolaskelma järjestelmän elinkaaren aikana (liite 3.). Laskelmassa on huomioitu maatilainvestointituen 40% suuruus.

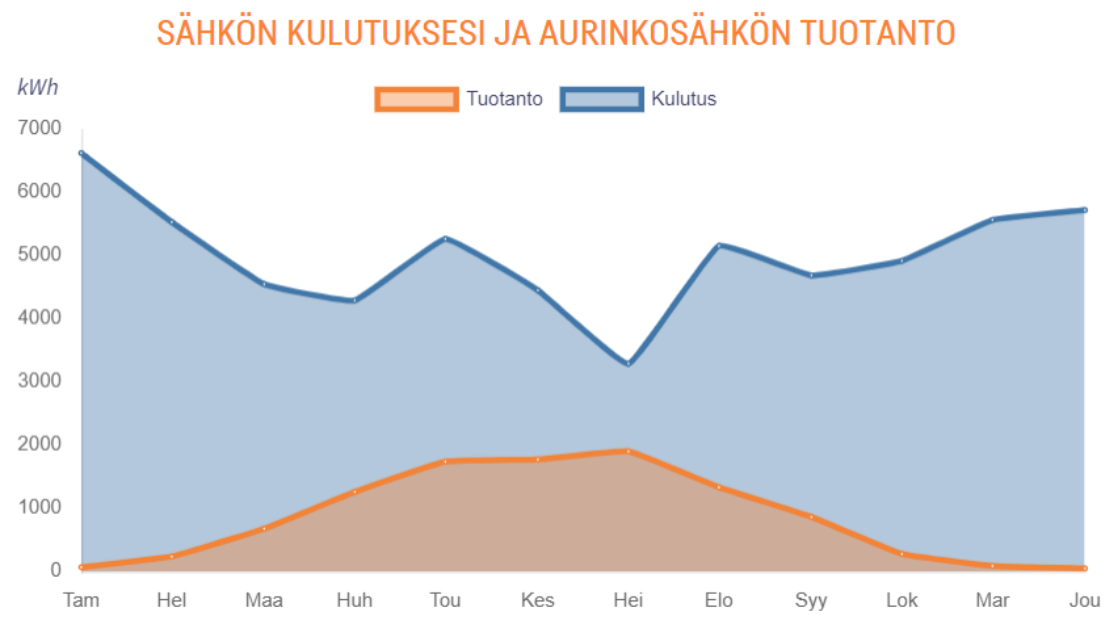


Kuva 22. Aurinkopaneeleille suunnitellun rakennuksen kattopinta-ala ja aurinkoenergian soveltuva ala (Sunenergia, 2024).

Kuvassa 22 on esitetty nuorikarjapihaton kattopinta – alan soveltavuus. Aurinkoenergian tuotantoon soveltuva pinta – ala on niiden kattoneliömetrien summa, joilla Sun Energian mukaan vuosittainen auringonsäteily on yli 750 kWh/m², parhaimmillaan siis jopa 950 kWh/m² vuositasona. Sun Energian kannattavuuslaskurilla on laskettu jokaiselle kattoneliömetrille auringonsäteilyn määrä huomioiden katon kallistus- ja suuntakulmat, rakennusta ympäröivät varjostustekijät 500 metrin säteellä sekä paikalliset säätiedot, kuten pilvisuus, paiste ja ilmankosteus sekä pienhiukkaspitoisuudet. Kullekin kattoneliölle on laskettu diffuusi, suora ja siroava aurinkosäteily hyödyntäen Ilmatieteenlaitoksen säädata-aineistoja, Maanmittauslaitoksen rakennustietoja sekä tilastokeskuksen sähkönhintatietoja. Katon soveltavuus on osoitettu ylläolevassa kuvassa (kuva 22.) värein: mitä kirkkaamman keltainen katto, sitä enemmän aurinkoenergiaa kattoalalla on mahdollista tuottaa. Katolle ei ole varjostustekijöitä, mutta katon harjan ollessa itä – länsi suuntainen, on harjakaton pohjoispuoli soveltumatonta aurinkoenergian tuotantoon (Sunenergia, 2024).

Kannattavuuslaskurissa laskettiin tarjouksen 2 esitetyllä järjestelmäntehtävällä, sillä simulaation perusteella kyseinen järjestelmä olisi kooltaan optimi kohdemaatilalle. Laskema todentaa kuitenkin sen, että aurinkosähköjärjestelmä maksaisi itsensä takaisin ja alkaisi tuottamaan jo ensimmäisen käyttövuoden jälkeen. Laskelma on laskettu viiden vuoden laina – ajalle, jolloin investoinnin käyttöikä jäisi vielä ainakin 25 vuotta, jolloin se tuottaisi lisäarvoa pienin ylläpito – ja huoltokustannuksin. Viiden ensimmäisen vuoden aikana, kun lainaa maksettaisiin takaisin, aurinkosähköjärjestelmän hyöty on arvioiden lainakustannuksien kanssa samaa luokkaa, kuitenkin ensimmäisen vuoden jälkeen positiivisella kassavirralla (liite 3) (Sunenergia, 2024).

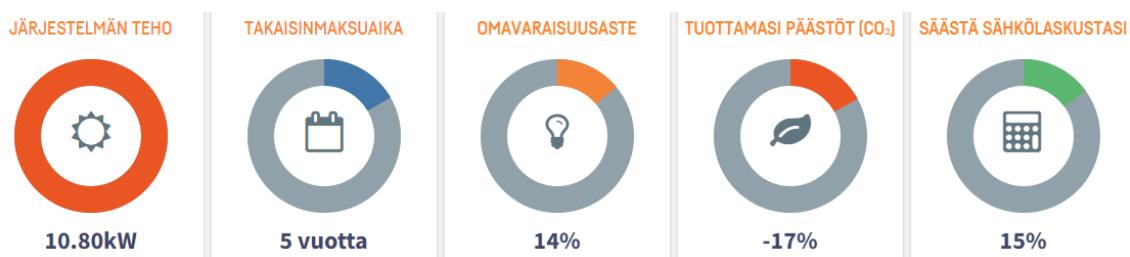
Kuvassa 23. alla on esitetty aurinkosähkön tuotanto kuukausittain (arvio) suhteessa arvioituun sähkön vuosittaiseen kulutukseen. Kuvan arvioissa on huomioitu tilakeskuksen käyttötarkoitukset sekä menneiden vuosien sähkönkulutus (Sunenergia, 2024).



Kuva 23. Tilakeskuksen sähkön kulutus ja aurinkosähkön tuotannon arvio (Sunenergia, 2024).

Sun Energian mukaan lähtötiedoilla aurinkopaneeleita voitaisiin asentaa optimaalisen energiantuotannon näkökulmasta 40 paneelia, joka tekee 64,0 m²

kattopinta – alaa. Vuodessa tämä tekisi omaan käyttöön arviolta noin 8500 kWh ja myyntiin menisi noin 1500 kWh. Sun Energian laskurin mukaan suurempi järjestelmä olisi tehoton aurinkosähkön tuotantoon ja sähkönkulutukseen nähden. Tämän kokoisella järjestelmällä tilan kokonaisomavaraisuus aste nousisi alla olevan kuva 21. mukaisesti 14% nykyisestä ja tuotetut päästöt (CO₂) vähenisi noin 17% (kuva 24.). Aurinkopaneelisiin tehtävän investoinnin takaisinmaksuaika voisi olla jopa vain 5 vuotta (liite 1.).



Kuva 24. Sunenergian aurinkopaneelijärjestelmän hyödyt havainnollistettuna (Sunenergia, 2024).

Saaduissa tarjouksissa oli tehon lisäksi vaihtelua aurinkopaneelien määrässä ja tietysti esitetyissä esimerkkituotteissa. Molemmat tarjoukset olivat kokonaistarjouksia huomioiden asennukset, järjestelmän käyttöönoton ja dokumentoinnin, rahdin sekä takuuajat tuotteille ja asennukselle tarvikkeineen.

Tarjouksessa 1 esitettiin aurinkosähkijärjestelmän kokoon 62 paneelia, joka tarjoaisi 29,76 kWp kokonaistehon järjestelmään, tässä esimerkkituotteina olivat LEAPTON LP182*182 Full black 480Wp aurinkopaneelit ja Solis 25 kW invertteriä.

Tarjouksessa 2 esitettiin aurinkopaneeleiksi Jolywood 420W FB, joita olisi 30 kpl ja invertteriksi Growatt MOD 12KTL3-X. Tämäkin tarjous sisälsi aurinkosähkijärjestelmän yllämainittujen tuotteiden lisäksi asennustyön, järjestelmän käyttöönoton ja dokumentoinnin sekä rahdin ja takuuajat tuotteille ja asennukselle tarvikkeineen. Tämä järjestelmän teho olisi noin 12,6 kWp. Tarjouksen 2 on antanut sähköyhtiö, jonka kautta aurinkosähkijärjestelmän tilaaminen säästää omatuotanto-sopimuksen välityspalkkiot. Mahdollisesta ylijäävästä aurinkosähkijärjestelmän sähkötuotannosta on tehtävä omatuotanto

– sopimus joka tapauksessa, jotta tuotettua ylijäävää sähköä on mahdollista syöttää takaisin verkkoon ja saada siitä korvausta.

Sun Energian tuotanto – ja kannattavuuslaskelmassa on käytetty päästölaskennan pohjana Suomen keskimääräisen sähkönhankinnan CO₂-päästökerrointa, eli 220 kg CO₂/MWh laskettuna viiden vuoden liukuvana keskiarvona Tilastokeskuksen 2013 tilastovuoden mukaan.

Simuloinnin perusteella valitun tehoiselle aurinkosähköjärjestelmälle laskettiin liitteen 3 mukainen kannattavuus. Laskelman lähtötietoina oli alla olevan taulukon 5 mukaiset tiedot:

Taulukko 5. Optimin aurinkosähköjärjestelmän tiedot.

Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:		
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp	12,6	kWp
<i>Välitulos: järjestelmän koko paneelien pinta-alana noin m²</i>	60	<i>neliometriä</i>
Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan	950	kWh/kWp
<i>Välitulos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa</i>	11970	<i>kWh</i>
Aurinkovoimalan vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0,5%	%
Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta	10 %	
Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon snt/kWh	2,0	snt/kWh

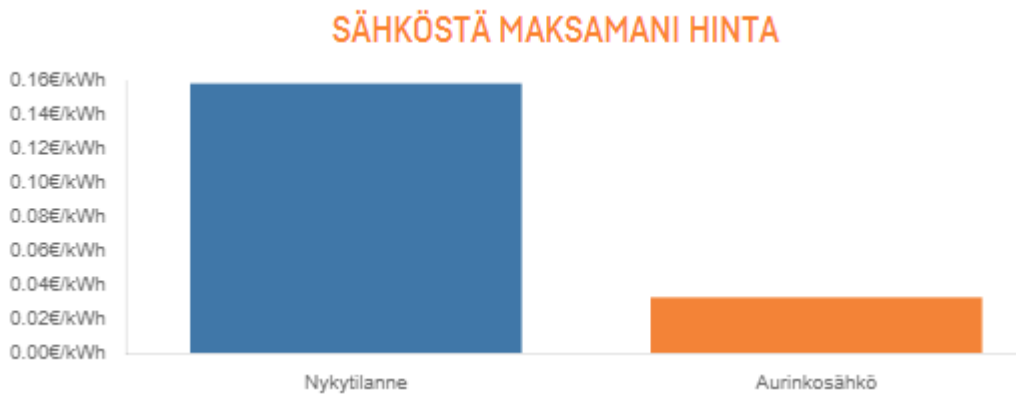
Yllä olevassa tarjouksessa on käytetty tarjouksen 2 tehoista järjestelmää ja PV*SOL – ohjelman simuloinnissa saatuja aurinkosähkön vuosituottoarviota lähtötietona. Tämä tarkistettiin vielä Suomen säteilykartasta (SuomenSäteilykartta, 2024).

Aurinkosähköjärjestelmän ensimmäisestä vuodesta lähtien sähköenergian vuosikulutuksen ja aurinkosähkön tuotantomäärä – arvioon perustuen säästö olisi noin 1500 euron vuositasolla. Säästö sisältää vältetyn ostosähkön arvon sekä verkkoon syötetystä aurinkosähköstä saadut myyntitulojen arviot (kuva 16). Ostosähkön kallistuessa eskalaation verran vuosittain, kasvaa myös vältetyn ostosähkön arvo samassa suhteessa ja siitä kertyvät säästöt samoin vuosittain (liite 3.).

Sun Energian arviossa tuotetulle aurinkosähkölle nykytilanteen verkkosähkön hinnalla ja vertailukelpoisella tasoituksella energiakustannus (LCOE) 30 vuoden (t=30) elinkaaren ajalle on laskettu kaavalla:

$$\frac{\sum_{i=0}^t \frac{C_{solar,€}}{(1+r)^t}}{\sum_{i=0}^t \frac{P_{solar,kWh}}{(1+r)^t}}$$

Laskelmissa on arvioitu ylijäävän aurinkosähkön myyntituloiksi noin 2 snt/kWh. Fin Solarin arvion mukaan, saatava tulo voi olla 2 – 6 snt/kWh välillä (kuva 25.). Laskelmat on kuitenkin tehty pienimmän arvon mukaisesti (Sunenergia, 2024).



Kuva 25. Sähköenergian kustannukset (Sunenergia, 2024).

Arvioidussa kustannuksessa on huomioitu laitteiston asentaminen tavanomaiselle peltikatteiselle harjakatolle, joka vastaa kohdemaatilan asennusolosuhteita. Kokonaishinnassa on arvioitu laitteistoon kohdennetusti 55% ja asennustyöhön 45% kustannuksista. Yritystapauksissa tulee huomioida, että kokonaisinvestoinnille on mahdollista saada 25% energiatuki, mautilojen tapauksessa tämä energiainvestointituki on 40% investoinnin kokonaiskustannuksista, jotka toteutetaan maatilan omaan energiantuotantoon ja käyttöön (Sunenergia, 2024).

Kuvassa 17 on havainnollistettu Sunenergian laskelman mukaisesti optimi aurinkopaneelijärjestelmän tehon 10,80 kWp lisäävän omavaraisuusastetta

maatilalla 14% vähentävän tuotettavia päästöjä (CO₂) 17% ja vähentävän olevaa sähkölaskua 15% vuositasolla. PV*SOL ohjelman simuloinnin tuloksena päädyttiin 12,6 kWp tehoiseen aurinkosähköjärjestelmään, joka on myös hyvin lähellä Sun Energian arviolaskelmaa.

Taulukko 6. Optimisti mitoitettun aurinkosähköjärjestelmän kustannusten yhteenveto.

PV – järjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:		
Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen - investointikustannus € (laitteet ja asennus)	€10 372	euroa
<i>Välitulos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia</i>	823 €	euroa/kWp
Maatalouden energiainvestointituki %	40 %	
<i>Välitulos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset tuet €</i>	6 223 €	euroa
Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä	€6 223	
Laina-aika tai rahoitussopimuksen pituus	5	vuotta
Lainan tai rahoituksen korko	4,5%	
<i>Välitulos: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi</i>	€1 244,6	euroa/vuotta
Inverterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15. vuotena.	8 %	
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut)	€100	euroa

Yllä olevassa taulukossa 6 on huomioitu tarjouksen 2 lähtötiedoilla rahoitus- ja hankintakustannukset sekä arvioitu mahdolliset ylläpitokustannukset. Laskelmat on tehty niin, että investoinnille on huomioitu 40% maatalouden energiainvestointituki, kun aurinkosähköjärjestelmä on mitoitettu kohdemaatilan tilakeskuksen omiin tarpeisiin ja kattamaan olevaa kulutusta. Viiden vuoden laina – aika arvioitiin sopivaksi investoinnin laina-ajaksi takaisinmaksuajan optimoinnin myötä. Taulukossa on arvioitu invertterien vaihdon olevan noin 8% suuruinen kustannus alkuinvestoinnista. Yleensä alkuinvestoinnista riippuen invertterien vaihdon kustannus on noin 6 – 10 % alkuinvestoinnista. Pienemmissä järjestelmissä se voi olla suurempi ja isommissa järjestelmissä pienempi (Sunenergia, 2024).

Liitteenä 3 on avattu Fin Solarin aurinkosähkön kannattavuuslaskurin kustannus – ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana (huomioitu ensimmäiset 30 vuotta). Laskurissa on käytetty saatujen aurinkosähköpaneelijärjestelmä tarjouksen 1 arvoja ja laskettua järjestelmän mitoitusta. Liite 3 osoittaa vuositasolla, että viiden (5) vuoden laina – ajalla, huomioiden 40% energiainvestointi tuen, aurinkosähkön tuotantokustannukset tulisi katettua arvioiduilla aurinkosähkön tuotannon tuloilla. Laskurin tuotantokustannuksissa on huomioitu mahdollisen investointilaina, lainan korot sekä järjestelmän ylläpito- ja hoitokulut. (Liite 3).

Aurinkopaneelien investoinnin takaisinmaksuaika on se vuosi, jolloin aurinkosähköinvestoinnin kumulatiiviset kustannukset alittavat referenssitilanteen kumulatiiviset kustannukset. Fin Solarin laskelman (liite 3.), Sun Energian laskelman (liite 1.) sekä PV*SOL – ohjelman simuloinnin perusteella 12,6 kWp tehoisen aurinkosähköjärjestelmä alkaisi tuottamaan jo ensimmäisen toimintavuoden jälkeen. Laina – ajan minimi aika on kuitenkin viisi vuotta (liite 1.).

Aurinkosähköjärjestelmästä tehtiin vielä koko elinkaaren kustannus- ja tuottolaskelma arvioiden elinkaareksi järjestelmän ensimmäiset 30 vuotta. Taulukossa 7 alla on esitetty aurinkosähköjärjestelmän tuotantokustannukset ja vertailu ostosähkön hankintakustannuksiin järjestelmän elinkaaren ajalle. Laskelmassa on huomioitu 15 vuoden kohdalla invertterien vaihto, lainan maksu tuotantokustannuksissa sekä ylijäämän myyntituotot (liite 3).

Taulukko 7. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto ja kustannukset elinkaaren aikana.

järjestelmänpito-aika ja tuotanto		vertailukustannukset		tuotantokustannukset			
vuosi	PV tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankinta kustannus eur/kWh	PV tuotantoa vastaavan ostosähkön arvo eur/v	Investoinnin lainaerät €/v	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huoltokulut eur/v	kustannukset yhteensä eur/v
1	11970	0,14 €	€1 657,0	€1 245	€279,8		€1 524,4
2	11910	0,14 €	€1 665,2	€1 245	€168,0	€100,0	€1 512,7
3	11851	0,14 €	€1 673,5	€1 245	€112,0	€100,0	€1 456,6
4	11791	0,14 €	€1 681,7	€1 245	€56,0	€100,0	€1 400,6
5	11732	0,14 €	€1 690,1	€1 245	€0,0	€100,0	€1 344,6
6	11674	0,15 €	€1 698,4		€0,0	€100,0	€100,0
7	11615	0,15 €	€1 706,8		€0,0	€100,0	€100,0
8	11557	0,15 €	€1 715,3		€0,0	€100,0	€100,0
9	11499	0,15 €	€1 723,8		€0,0	€100,0	€100,0
10	11442	0,15 €	€1 732,3		€0,0	€100,0	€100,0
11	11385	0,15 €	€1 740,9		€0,0	€100,0	€100,0
12	11328	0,15 €	€1 749,5		€0,0	€100,0	€100,0
13	11271	0,16 €	€1 758,2		€0,0	€100,0	€100,0
14	11215	0,16 €	€1 766,9		€0,0	€100,0	€100,0
15	11159	0,16 €	€1 775,6		€0,0	€729,8	€729,8
16	11103	0,16 €	€1 784,4		€0,0	€100,0	€100,0
17	11047	0,16 €	€1 793,2		€0,0	€100,0	€100,0
18	10992	0,16 €	€1 802,1		€0,0	€100,0	€100,0
19	10937	0,17 €	€1 811,0		€0,0	€100,0	€100,0
20	10883	0,17 €	€1 820,0		€0,0	€100,0	€100,0
21	10828	0,17 €	€1 829,0		€0,0	€100,0	€100,0
22	10774	0,17 €	€1 838,1		€0,0	€100,0	€100,0
23	10720	0,17 €	€1 847,2		€0,0	€100,0	€100,0
24	10667	0,17 €	€1 856,3		€0,0	€100,0	€100,0
25	10613	0,18 €	€1 865,5		€0,0	€100,0	€100,0
26	10560	0,18 €	€1 874,7		€0,0	€100,0	€100,0
27	10507	0,18 €	€1 884,0		€0,0	€100,0	€100,0
28	10455	0,18 €	€1 893,3		€0,0	€100,0	€100,0
29	10403	0,18 €	€1 902,7		€0,0	€100,0	€100,0
30	10351	0,18 €	€1 912,1		€0,0	€100,0	€100,0
yht.	334240		€53 449		€615,9	€3 529,8	€10 368,8

Taulukko 8. Aurinkosähköjärjestelmän arvioitu tuottolaskelma.

vuosi	ylijäämän myynti		tuotannon arvo eur/v	tuotto- ja talouslaskelmat			
	myyntihinta eur/kWh	myyntituotot eur/v		Kassavirta eu/v	kumulatiivinen tuotto eur/v	Nettonykyarvoja (NPV) laskentakorolla eur/v	Tuoton alkuun vuosia
1	€0,02	€23,9	€1 515,2	-€9	-€9	-€9	1
2	€0,02	€24,1	€1 522,7	€10	€1	€10	0
3	€0,02	€24,2	€1 530,3	€74	€75	€74	0
4	€0,02	€24,3	€1 537,9	€137	€212	€137	0
5	€0,02	€24,4	€1 545,5	€201	€413	€201	0
6	€0,02	€24,5	€1 553,1	€1 453	€1 866	€1 453	0
7	€0,02	€24,7	€1 560,8	€1 461	€3 327	€1 461	0
8	€0,02	€24,8	€1 568,5	€1 469	€4 795	€1 469	0
9	€0,02	€24,9	€1 576,3	€1 476	€6 271	€1 476	0
10	€0,02	€25,0	€1 584,1	€1 484	€7 755	€1 484	0
11	€0,02	€25,2	€1 591,9	€1 492	€9 247	€1 492	0
12	€0,02	€25,3	€1 599,8	€1 500	€10 747	€1 500	0
13	€0,02	€25,4	€1 607,7	€1 508	€12 255	€1 508	0
14	€0,02	€25,5	€1 615,7	€1 516	€13 771	€1 516	0
15	€0,02	€25,7	€1 623,7	€894	€14 665	€894	0
16	€0,02	€25,8	€1 631,7	€1 532	€16 196	€1 532	0
17	€0,02	€25,9	€1 639,8	€1 540	€17 736	€1 540	0
18	€0,02	€26,0	€1 647,9	€1 548	€19 284	€1 548	0
19	€0,02	€26,2	€1 656,1	€1 556	€20 840	€1 556	0
20	€0,02	€26,3	€1 664,3	€1 564	€22 404	€1 564	0
21	€0,02	€26,4	€1 672,5	€1 573	€23 977	€1 573	0
22	€0,02	€26,6	€1 680,8	€1 581	€25 558	€1 581	0
23	€0,02	€26,7	€1 689,1	€1 589	€27 147	€1 589	0
24	€0,03	€26,8	€1 697,5	€1 597	€28 744	€1 597	0
25	€0,03	€27,0	€1 705,9	€1 606	€30 350	€1 606	0
26	€0,03	€27,1	€1 714,3	€1 614	€31 965	€1 614	0
27	€0,03	€27,2	€1 722,8	€1 623	€33 587	€1 623	0
28	€0,03	€27,4	€1 731,3	€1 631	€35 219	€1 631	0
29	€0,03	€27,5	€1 739,9	€1 640	€36 859	€1 640	0
30	€0,03	€27,6	€1 748,5	€1 649	€38 507	€1 649	0
yht.		€772,2	€48 876,0				1

Yllä taulukossa 8 esitetään aurinkosähkön arvioitu tuotannon arvo sekä koko järjestelmän tuotto- ja talouslaskelmat elinkaaren aikana, eli tässä taulukossa ensimmäisten 30 vuoden aikana (liite 3). Taulukossa 7 ja 8 on vuoden 15 kohdalla sekä korkeammat ylläpito – ja huoltokulut että investoinnin nettonykyarvo pienempi, koska 15 vuoden kohdalle on suunniteltu invertterien vaihto, joka näkyy kassavirran pienempänä arvona, tuotannon pysyessä samalla tasolla (liite 3).

5.2 Energian talteenotto lauhteesta investoinnin yhteenveto

Esimerkiksi DeLavalin esijäähdyttimen investointikustannus on hyvin maltillinen, noin 1500 euroa, asennustöineen ja liitettynä järjestelmiin hankintainvestointi on yhteensä noin 3000 euroa. Asennustöissä ei kuitenkaan ole huomioitu mahdollisia muutostöitä, joita kohdemaatilalla pitäisi mahdollisesti tehdä käyttövesiverkoston, niiden selvittäminen tulisi tehdä vielä erikseen esijäähdyttimen kokonaisinvestoinnin suuruutta arvioitaessa. Tässä opinnäytetyössä on arvioitu, että esijäähdytin voitaisiin asentaa paikoilleen olevaan käyttövesiverkon yhteyteen normaalein asennustöin ilman lisämuutoksia olevaan käyttövesiverkoston.

Aikaisemmin työssä viitattu lämmöntalteenottojärjestelmä on jo huomattavasti arvokkaampi, esimerkiksi DeLavalin lämmöntalteenottojärjestelmän investointikustannus on yli 12 000 euroa asennettuna. Lämmön talteenotto lauhteesta tuo myös välillisiä hyötyjä energiankulutuksen vähentämisen lisäksi, kuten viileämmän maitohuoneen, kun lämmin maito ei kulje maitohuoneen läpi lämpimänä vaan esiviilennettynä. Viileämpi maitohuone pidentää suoraa kompressorin käyttöikä ja maitohuoneen ilmanvaihtoa ja tuuletuksen tehostusta ei tarvita samassa mittakaavassa. (DeLaval, 2024)

ESIMERKKILASKELMA ESIJÄÄHDYTTIMEN TUOMASTA SÄÄSTÖSTÄ	
Maitoa	650 000 litraa/vuosi
Jäähdytyksen energiankulutus ilman esijäähdytintä	0,02 kWh/litra
Esijäähdyttimen osuus	50 % jäähdytystarpeesta
Sähkön hinta	0,14 €/kWh
Säästö	910 €/v

Kuva 26. Esimerkki säästettävästä jäähdytystarpeesta (Manninen, 2019).

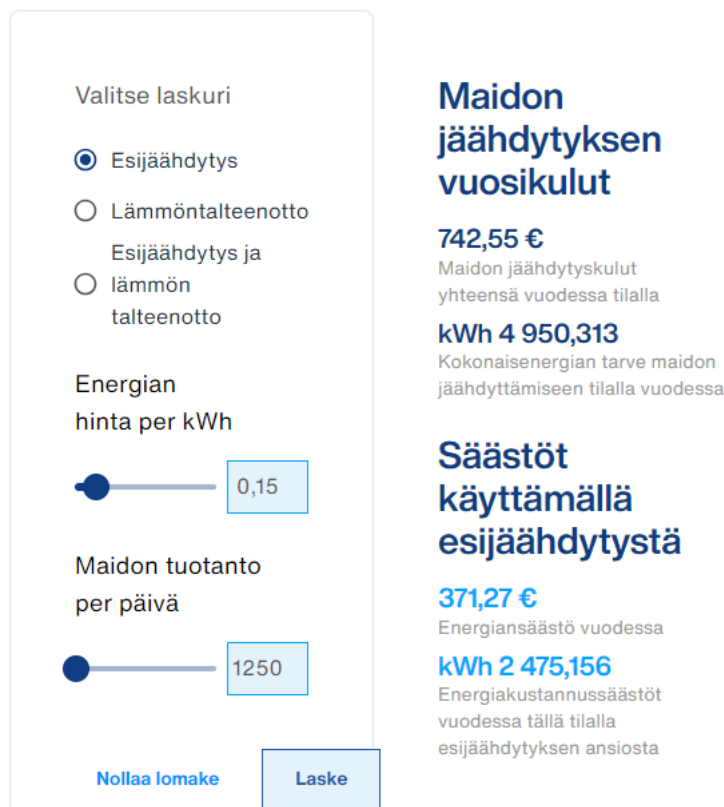
Yllä olevan kuvan 26. mukaan esijäähdytin toisi säästöä maidonjäähdytyksen tarpeeseen noin 50% ja säästäisi vuositasolla noin 900 euroa ulkoa ostettavaa sähköä. Kohdemaatilalle laskelma olisi nykyisellä maidontuotannon suuruudella seuraavanlainen:

- Maidon määrä: 457 000 litraa/vuosi
- Jäähdytyksen energiankulutus ilman esijäähdytintä (vakio) 0,02 kWh/litra
- Esijäähdyttimen toivottu osuus 50% jäähdytystarpeesta
- Sähkönhinta (sähkö + siirto yhteenlaskettuna) n. 0,15 €/kWh

Näillä lähtötiedoilla kohdemaatilan vuositason säästö on laskettu kaavalla:

$$\frac{\text{maidon määrä} \times \text{jäähdytyksen energiankulutus (vakio)} \times \text{sähkön kokonaiskustannus}}{\text{esijäähdytyksellä saatu säästö 50\%}}$$

Kaavan mukaan olevalla maidon tuotantomäärällä (litraa/vuosi) ja esijäähdytyksen hyödyn ollessa 50% kokonaisjäähdytystarpeesta, vuositason säästö olisi noin 640 euroa/vuosi. Tämä tarkoittaisi, että esijäähdytin maksaisi alkuinvestoinnin takaisin alle viidessä vuodessa, jos kokonaishankinta olisi arvion mukaisesti noin 3000 euroa.



Kuva 27. Esimerkki DeLavalin esijäähdyttimen energiankulutuksen ja energiankustannussäästöstä vuositasolla (DeLaval, 2024).

DeLavalin esimerkkilaskelmassa on esitetty kuvassa 27. yllä, että tiedossa olevalla energian hinnalla per kWh ja tiedossa olevalla maidon tuotantomäärällä litroina per päivä yksin esijäähdyttimen kanssa olisi mahdollista säästää noin 2500 kWh/vuosi ja noin 400 euroa. Laskelma osoittaa myös suuntaa antavasti, että olevilla maitomäärillä maidon jäähdyttämiseen kuuluu näillä lähtötiedoilla noin 5000 kWh/vuosi. Vaikka säästöt vuositasolla ovat euroissa maltilliset, ovat tehtävät toimenpiteet tärkeitä askelia ympäristöystävällisempään, energiatehokkaampaan ja energiaomavaraisempaan maatalouteen.

Jos ELY – keskus hyväksyy kokonaissuunnitelman kohdemaatilan omavaraisuusasteen nostosta uusiutuvien energiaratkaisuin, myös esijäähdyttimen arvioiduista kustannuksiin voisi saada 40% maatilan energiainvestointitukea. Hankinnan kulut ovat kuitenkin maltillisia eikä tässä hankinnassa energiainvestointituen saaminen ole niin oleellista, kuin

aurinkosähköjärjestelmässä, sillä sen kustannus on huomattavasti merkittävämpi yksittäinen hankinta.

5.3 Tilan omavaraisuus

Energiaomavaraisuudella tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin kohdemaatila pystyy tuottamaan tarvitsemansa määrän energiaa itse uusiutuvista energianlähteistä omilla resursseillaan, eikä ostamalla ulkoa. Energiaomavaraisuuden kasvattaminen suomalaisessa maataloudessa on tärkeää, jotta riippuvuutta fossiilisista polttoaineista voidaan vähentää ja näin parantaa kestävä maataloutta.

Energiaomavaraisuus (%) voidaan laskea seuraavasti:

$$\text{Energiaomavaraisuus (\%)} = \left(\frac{\text{itse tuotettu energian määrä kWh/v}}{\text{kokonaisenergiankulutus kWh/v}} \right) \times 100$$

Tässä kaavassa itsetuotetulla energian määrä tarkoitetaan energialähteitä ja/tai osoitettavia säästöjä, joita tila omilla energianlähteillään tuottaa.

Kokonaisenergiankulutuksella tarkoitetaan tilan kokonaisenergiantarvetta. Eli, tarjouksen 2 aurinkosähköjärjestelmän teholla 12,6 kWp ja vuositason energiantuotanto noin 12 900 kWh/v, energiaomavaraisuus tilalla nousi:

$$\text{Energiaomavaraisuus (\%)} = \left(\frac{12\,900 \text{ kWh}}{55\,000 \text{ kWh}} \right) \times 100 = 23,5\%$$

Jos laskelmaan huomioidaan myös maidon esijäähdytyksen tuoma energiansäästö omavaraisuus aste saadaan nousemaan vain näillä kahdella toimenpiteellä jo 28% nykyisellä energiankulutuksella. Koska energiaomavaraisuuden kasvattamisessa on aurinkosähköjärjestelmä mukana, energiaomavaraisuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan, sillä energiantuotanto on auringon säteilyn voimakkuudesta riippuvaista ja säteilyn voimakkuus on vahvasti sidoksissa vallitsevien vuodenaikojen kanssa. Tarjouksen 2 aurinkosähköjärjestelmän suuruus vahvistettiin tässä opinnäytetyössä myös PV*SOL – ohjelmalla simuloituna omavaraisuutta optimisti kasvattavaksi vaihtoehdoksi.

Oman energiantuotannon toteuttamisen lisäksi kohdemaatilan energiaomavaraisuutta voisi parantaa energiankulutuksen tehostamistoimenpiteillä kiinnittämällä huomiota laitteiden käyttöikään ja energiatehokkuuteen, mahdollisen lämpöenergian talteenottoon sekä älykkääseen energiankulutuksen seurantaan.

Suomalaisen maatalouden energiaomavaraisuuden parantaminen ja energiatehokkuuden lisääminen tuotannossa, ovat keskeisessä roolissa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä ja maatalouden kestäväen kehityksen edistämisessä.

Kohdemaatila pystyisi todennäköisesti kasvattamaan energiaomavaraisuuttaan biokaasulaitoksen rakentamisella, mutta se rajautui tästä työstä ulos liian suurien alkuinvestointien seurauksena. Kuitenkin biopolttoaineet ja biokaasun hyödyntäminen ovat merkittävä vaihtoehto tuulivoiman kanssa uusiutuvien energiaratkaisuiden hyödyntämisessä maatalouden omavaraisuuden kasvattamisessa. (Koskela, 2013)

Tulevaisuudessa kohdemaatilan olisi hyvä huomioida energiaomavaraisuuden ja energiankäytön tehostamisessa esimerkiksi:

1. Lämpöenergian talteenotto rakennuksista, kuten navetoista ja muista tuotantotiloista, joissa syntyy lämpöenergiaa. Lämmöntalteenotto voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttöveden lämmittämisessä.
2. Energian varastointi ja optimointi esimerkiksi akkuteknologian avulla, jolloin voitaisiin tuottaa suurempi määrä energiaa omaan käyttöön ja käyttää myös niinä aikoina, kun omaa energiantuotantoa ei olisi.
3. Energiatehokkaat järjestelmät ja laitteet, kohdemaatilan kannattaa panostaa energiatehokkaisiin laitteisiin kuten LED – valaistukseen ja tuottavampaan ilmanvaihtojärjestelmään.
4. Älykäs ja tarkka energiankulutuksen seuranta, kohdemaatila voi harkita panostavansa älykkääseen mittausjärjestelmään, joka mahdollistaa reaaliaikaisen seurannan ja kulutuksen säätämisen sekä vähentämään tarpeetonta enrgiankäyttöä. (SYKE, 2020)

Energiaomavaraisuudella ei voida saavuttaa 100% ilman, että yllä listattuja toimenpiteitä toteutettaisiin ja ainakin aurinkosähköjärjestelmien yhteyteen asennettaisiin ja otettaisiin käyttöön akkuteknologiaa energian varastointiin. Tällöin tulisi kysymykseen myös ennemmin tarjouksen 1 tehoinen aurinkosähköjärjestelmä, joka tuottaisi paljon enemmän energiaa paikallisesti, mutta akkuteknologian avulla se voitaisiin varastoida ja vähentää ulkoa ostettavan energian määrän minimiin. Jos tila haluaisi olla vuoden ympäri täysin energiaomavarainen omalla energiantuotannolla, tähän olisi ratkaisuna vain biokaasulaitos, jonka tuotanto olisi tasaista vuodenajasta riippumatta. Talvikaudet hiljentävät aurinkosähkön tuotannon niin, että se yksin ei ole ratkaisu energiaomavaraisuuteen.

6 Lopuksi

Tämän opinäytetyön kehitystehtävinä oli maatalan energiaomavaraisuuden kasvattaminen ja tavoitteena soveltuvien uusiutuvien energiaratkaisujen hyödyntäminen kohdemaatilalla niin, että ostettavan sähköenergian tarvetta pienennettäisiin mahdollisimman tehokkaasti ja näin nostettaisiin energiaomavaraisuutta sekä saataisiin energian talteenotolla säästöjä.

Tutkimustuloksina voi todeta, että sekä maidon esijäähdytin, että aurinkosähköjärjestelmä ovat kannattavia investointeja, jotka kohdemaatalan kannattaa tehdä, jolloin tila samalla säästää ulkoa ostettavan energian kustannuksissa merkittävästi vuositasolla, mutta myös energiaomavaraistuu. Energiaomavaraisuus kasvaa erityisesti kesäaikaan ja aurinkoisina ajanjaksoina, jolloin aurinkosähköjärjestelmän kautta tuotettu energia pystytään hyödyntämään optimaalisesti tilakeskuksen tarpeisiin.

Kohdemaatalan on mahdollista tehdä ylläolevat toimenpiteet tilan energiaomavaraisuuden kasvattamiseksi maltillisilla investointikustannuksilla ja saada energiainvestointitukea, joka puoltaa hankintojen tekemistä. Energiaomavaraisuutta voidaan nostaa noin 25% yllä mainituin toimenpitein nykyisellä sähkönkulutuksella, jos muita toimenpiteitä ei tehdä. Mikäli kohdemaatila haluaisi tehostaa entisestään energiaomavaraisuuttaan olisi se mahdollista, jos maatila tehostaisi tuotantorakennuksien lämmöntalteenottoa ja panostaisi energian varastointiin, optimointiin ja älykkääseen seurantaan. Nämä toimenpiteet mahdollistaisivat myös suuremman energiantuotannon ja tätä kautta suuremman aurinkosähköjärjestelmän. Näillä toimilla energiaomavaraisuus olisi mahdollista nostaa merkittävästi.

Mikäli alkuihminen suuruudella ei olisi ollut merkitystä, myös biokaasu- ja tuulivoimalaitos olisivat varteenotettavia vaihtoehtoja uusiutuviksi energianratkaisuksi kohdemaatalan suuruisella tilalla, mutta silloin investoinnin takaisinmaksuajat olisivat olleet merkittävästi suurempia. Tässä opinäytetyössä osoitetuilla toimenpiteillä kohdemaatalan on mahdollista toteuttaa energiaomavaraisuutensa kasvattaminen nopealla investoinnin

takaisinmaksuajalla ja ulkoistaen asennustyöt kokonaistarjouksen antaneelle toimittajalle, jolloin kohdemaatila varmistaa järjestelmille takuuajat ja matalat huolto – ja ylläpitokustannukset.

Aurinkosähköjärjestelmä suunniteltiin niin, että sähkönkulutuksen tarpeen muuttuessa ja kasvaessa, on toteutettua aurinkosähköjärjestelmää mahdollista kasvattaa ja näin vastata kasvavaan energiantarpeeseen, tilan energiaomavaraisuus huomioiden. Tämä on tilalle myös taloudellisesti järkevä investointi, sillä paikallisesti tuotettu aurinkosähkö on edullisempaa käyttää omiin tarpeisiin kuin ostaa ulkoa verkosta tarvittava sähköenergian kokonaismäärä ja alkuinvestointi on tutkimustulosten mukaan kustannustehokas ja takaisinmaksuaika kohtuullinen.

Lähteet

Ahokas, J. (toim.) 2013. Maatalouden energiankäyttö ENPOS-hankeen tulokset Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitoksen julkaisu 15: 1-142.

<http://hdl.handle.net/10138/40241>

DeLaval. 2024. Tuore näkökulma maidon jäähdyttämiseen - esite. DeLaval. [Verkkosivu]. <https://www.delaval.com/globalassets/finland/esitteet/esitteiden-pdf/delaval-maidon-jaahdytys-2024-fi-lowres.pdf>

European Commission. 2021 Photovoltaic geographical information system. [Verkkotyökalu]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Frorip, J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, V., Ruus, A., Veermäe, L., Lepasalu, W., Mikkola, H. & Ahokas, J. 2012. Energy consumption in animal production – Case farm study. *Agronomy Research*, 10 (Special issue 1), 39-48. <http://agronomy.emu.ee/vol10Spec1/p10s105.pdf>

Green, M. A. 1982. *Solar cells: Operating principles, technology, and system applications*. Prentice Hall. [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(82\)90265-1](https://doi.org/10.1016/0038-092x(82)90265-1)

Himanen, S., Rimhanen, K., Kuisma, M. & Kahiluoto, H. 2012. Ilmastonmuutos ja maaseutu (ILMASE) – hanke: tutkimustietoa ja verkostoitumista maaseudun toimijoille. Maataloustieteenpäivät 2012. <https://doi.org/10.33354/smst.75454>

Ikonen, P., 2024. Uusiouutiset. [Verkkoartikkeli]. <https://uusiouutiset.fi/pilottitutkimus-solmii-uudenlaista-liittoa-aurinkovoiman-ja-viljelyn-yhdistaminen-tekisi-maankaytosta-kestavampaa/>

Jacobson, M. Z. & Delucchi, M. A. 2011. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy*. 39(3), 1154-1169. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.040>

- Kalogirou, S. A. 2004. Progress in Energy and Combustion Science. Solar thermal collectors and applications. 30(3), 231-295.
<https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- Kari, M. (toim.) 2009. Maatilyrityksen energiaopas. Tieto tuottamaan. 10, 130. [Verkkajulkaisu]. ProAgria Keskusten liitto.
- Koskela, S., Pihala, S. & Huttunen, S. 2013. Maatalouden energiaomavaraisuus Suomessa. Maataloustieteellinen Aikakauskirja. 85. vuosikerta, nro 2, 193-205.
- Käpylehto, J. 2015. Tuulivoimaa maataloille. Ilmastonmuutos ja maaseutu (ILMASE) - hanke. https://www.ilmastoviisas.fi/wp-content/uploads/2014/03/tuulivoima-ilmase-web_valmis.pdf
- Lampila, J. 2018 Biokaasun tuotanto Suomessa etenee vaikeuksista huolimatta. Kestävä Energiatalous. [Verkkootikkeli]. <https://www.energiatalous.fi/?p=2234>
- Louwen, A., Van Sark, W., Faaij, A. & Schropp, R. 2016. Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development. 7, 13728. <https://doi.org/10.1038/ncomms13728>
- Suomen Luonnonvarakeskus. 2023. Tietokanta Suomen maatalous- ja puutarhayritysten rakenteista. [Verkkotyökalu]. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2023>
- Manninen, E. 2019. Maidon esijäähdyttimen kytkennät kohdilleen. [Verkkootikkeli]. <https://www.maitojame.fi/artikkelit/maidon-esijaahdyttimen-kytkennat-kohdilleen/>
- Moe, E. 2010. Energy, industry and politics: Energy, vested interests, and long-term economic growth and development. 38(12), 7130-7140.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.12.026>
- Motiva Oy. 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. [Verkkajulkaisu]. Motiva Oy. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

Motiva Oy. 2014. Maatilojen energiaohjelman vuosiraportti. [Verkkajulkaisu].
Motiva Oy.

https://www.motiva.fi/files/10631/Maatilojen_energiaohjelman_vuosiraportti_2014.pdf

Lehtonen, H., Aro, K., Kaustell, K., Leinonen, I., Luostarinen, S., Niskanen, O., Rasi, S. & Suokangas, A. 2024. Maatalouden vähähiilisyyskartta. Maa ja Metsätaloustuottajain keskusliitto MTK, Suomen Luonnonvarakeskus Luke.

https://www.mtk.fi/documents/d/mtk/maatalouden_ilmastotiekartta_2024_netti

OpenAI. 2023. ChatGPT. Maaliskuu 14 versio. <https://chat.openai.com/chat>

Panwar, N. L. Kaushik, S., C. & Kothari, S. 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. 15(3), 1513-1524.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>

Posio, M. 2009. Kotieläintilojen energiankulutus. Pro Gradu – tutkielma.

Helsingin yliopisto. Maatalous – metsätieteellinen tiedekunta, Agroteknologian laitos. Pro Gradu – tutkielma.

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/895aa097-ced8-45a6-afa5-3fdf1c673cb3/content>

ProAgria Etelä-Pohjanmaa. 2019. Yhtymäopas maa- ja metsätiloille.

https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/yhtymaopas_maa_ja_metsatiloille_0.pdf

ProAgria Etelä-Suomi ry. 2022. Biokaasu maatiloilla: liiketoimintamallit 2022.

<https://www.proagria.fi/uploads/BIOKAASU-MAATILOILLA-liiketoimintamallit-2022.pdf>

PV*SOL premium. 2024. PV*SOL premium 2024. [Verkkotyökalu]

Reponen Maatalousyhtymä, 2024. Haastattelu.

Ruokavirasto. 2024. Maatalouden investointituet. [Verkkosivu].
<https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/investoinnit/maatalouden-investointituet/#1.-maatilan-kilpailukyvyyn-kehittamiseen-ja-tilojen-nykyaikaistamiseen-liittyvat-investoinnit>

Sunenergia. 2024. <https://app.sunenergia.com/> [Verkkotyökalu]

Suomen Yrittäjät, 2024. Yrittäjäksi ryhtyminen: Yritysmuodot. [Verkkosivu].
<https://www.yrittajat.fi/tietopankki/yrittajaksi-ryhtyminen/yritysmuodot/>

Tirkkonen J., Laitila P. & Outinen Pia (toim.) 2019. Työ- ja Elinkeinoministeriö, TEM. Energiatehokkuustyöryhmän raportti.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161811/TEM_53_2019_Energiatehokkuustyoryhman_raportti_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Turunen, M. 2020. Energia Akatemia. Maidon varastointi ja energiasäästöt:
<https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Maidon-varastointi-ja-energiasaastot.pdf>

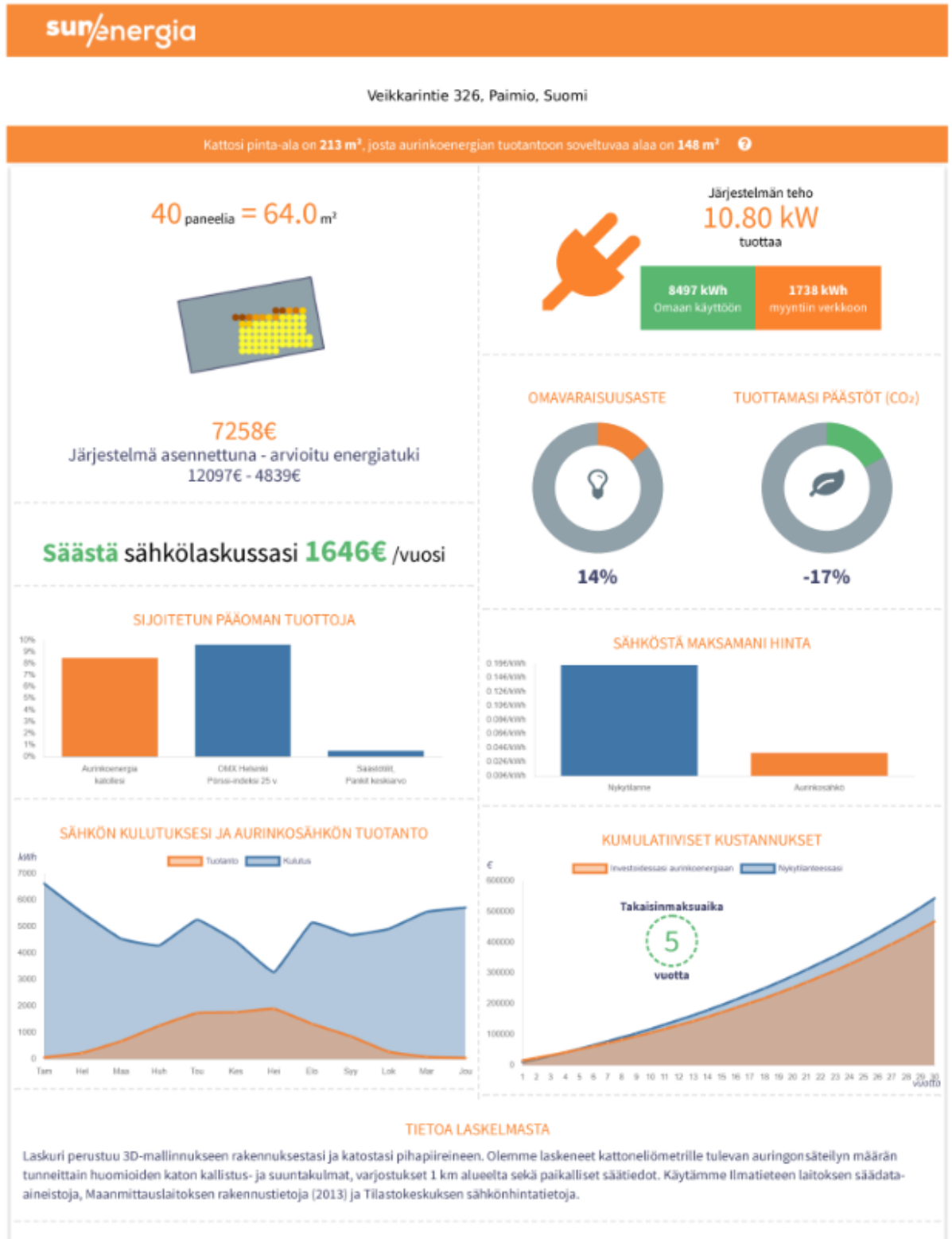
Vattenfall. 2024. Vattenfall omaenergia. [Verkkotyökalu]

Verohallinto. 2024. Verot ja maksut: maatalousyrittäjä. [Verkkosivu].
<https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/maatalousyrittaja/maatalousyhtyma/>

Verohallinto. 2024. Sähkön, maakaasun, biokaasun, polttoturpeen, kivihiilen ja mäntyöljyn verotaulukot. [Verkkosivu]. https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/sahko_ja_eraat_polttoaineet/sahkon_ja_eraiden_polttoaineiden_verota/

Vuorentola, A.-P. 2012. Energiankulutuksen mittaaminen Viikin koetilan navetasta. Pro Gradu – tutkielma. <http://hdl.handle.net/10138/38700>

Aurinkoenergian tuotantolaskelman yhteenveto



Sunenergian aurinkoenergian tuotantolaskelman infospelite

- 1) Aurinkoenergian tuotantoon soveltuva kattopinta-ala on niiden katoneliömetrioiden summa, joille kullekin lankeaa vuosittain auringonsäteilyä yli 750 kWh/m². Sun Energia on tehnyt katostanne pihapiireineen 3D-mallin perustuen pääosin vuoteen 2013 mennessä tuotettuun Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoon. Jokaiselle katoneliömetrille on laskettu auringonsäteilyn määrä tunneittain huomioiden katon kallistus- ja suuntakulmat, rakennusta ympäröivät varjostustekijät 500m säteeltä sekä paikalliset säätiedot, kuten pilvisyys-, paiste-, ilmakestäys ja pienhiukkaspitoisuustiedot. Kullekin katoneliölle on siten laskettu diffuusi, suora ja siroava auringonsäteily hyödyntäen parhaita saatavilla olevia kansallisia aineistoja: Ilmatieteen laitoksen säädata-aineistoja, Maanmittauslaitoksen rakennustietoja sekä tilastokeskuksen sähkönhintatietoja. Kullekin katoneliölle tuleva auringonsäteily on muunnettu aurinkosähköksi järjestelmän hyötysuhteiden ja häviöiden perusteella. Katon soveltuvuus osoitetaan väreillä: mitä kirkaampana katon kohdat näkyvät, sitä enemmän aurinkoenergiaa kyseisestä kohdasta saa. Katolla tummana näkyvät alueet ovat esim. pihapuiden tai kattorakenteiden aiheuttamia varjostumia tai epäedulliseen ilmansuuntaan osoittavia kattolappeita
- 2) Arvioitu hinta tarkoittaa perustoimituksen hintaa sisältäen laitteiston asennettuna tavanomaisille pelti- ja huopakatteisille harjakatoille. Kokonaishinnasta on arvioitu 55 % kohdentuvan laitteistoon ja 45 % asennustyöhön. Asennustyöstä on huomioitu 50 % voitavan vähentää kotitalousvähennyksenä 2400 € asti edelleen vähennettynä 100 € omavastuulla. Yritystapauksissa on huomioitu 25 % energiaturki kokonaisinvestoinnista jaa maatilojen tapauksessa 40 %.
- 3) Järjestelmän teho (kW_p) tarkoittaa nimellisteho, jonka järjestelmä antaa auringonsäteilyn kohdatessa paneelit +25 °C asteen lämpötilassa 35° kulmassa auringon ja säteilytehon ollessa 1000 W/m²
- 4) Rakennuksesi sähkönkulutus on mallinnettu vuoden jokaiselle tunnille kullekin rakennustyyppille ja lämmitysmuodolle ominaisen tyyppikulutusprofiiliin perusteella. Omaan käyttöön jäävä tai verkkoon/varastoon syötettävä aurinkosähkön määrä saadaan vertaamalla katolle mallintamaamme järjestelmän tuntitasaista aurinkosähkön tuottoa tähän tyyppikulutusprofiiliin kunakin vuoden tuntina.
- 5) Sähköenergiaksi vuosikulutuksen ja valitsemasi aurinkosähkömäärän perusteella laskettu kuukausittainen säästö sähkölaskussa 1. vuonna (t=1). Säästö sisältää vältetyn ostosähkön arvon sekä verkkoon syötetystä aurinkosähköstä saadut myyntitulot. Ostosähkön kallistuessa eskalaation verran vuosittain kasvaa myös vältetyn ostosähkön arvo ja siitä kertyvät säästöt vuosittain $C_{ref}(1+r)^t - C_{solar,t} + I_{solar,t}$
- 6) Sähköomavaraisuus on määritelty osuutena rakennuksessa tarvittavasta sähköenergiasta, joka pystytään tuottamaan itse valitun kokoisella aurinkosähköjärjestelmällä $\frac{\text{Aurinkosähkö omaan käyttöön}}{\text{Kokonaissähkönkulutus}}$
- 7) Päästölaskennassa on käytetty Suomen keskimääräisen sähkönhankinnan CO₂-päästökerrointa 220 kg CO₂/MWh laskettuna viiden vuoden liukuvana keskiarvona. Lähde: Tilastokeskus, tilastovuosi 2013
- 8) Sijoitetun pääoman tuotto aurinkosähkölle on laskettu 30 vuoden ajalle olettaen verkkosähkön hinnan nousevan 3,9 % vuosittain. OMX Helsinki 25 vuoden pörssi-indeksin tuotto 1/1993-1/2018. Lähde: <https://www.kaupparehti.fi/5/i/porssi/porssikurssit/indexi.jsp?indid=OMXHPI>
- 9) Tuotetulle aurinkosähkölle on laskettu nykytilanteen verkkosähkön hinnalle vertailukelpoinen tasoitettu energiakustannus (LCOE) 30 vuoden (t=30) elinkaaren ajalle $\frac{\sum_{t=0}^T \frac{C_{solar,t}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{P_{solar,t}}{(1+r)^t}}$
- 10) Takaisinmaksuaika on se vuosi, jolloin aurinkosähköinvestoinnin kumulatiiviset kustannukset alittavat referenssitilanteen kumulatiiviset kustannukset

Laskennassa käytettyjä lähtötietoarvoja: paneelin hyötysuhde 15,8%; invertterin hyötysuhde 98%; johdinhäviöt 1 %; ostosähkön hinta (t=0) 0,129€/kWh (sis. sähkön siirto, myynti, kk-maksut ja verot); myyntisähkön hinta 0,042€/kWh; eskalaatio 3,9%; Paneelin degradaatio 0,5%/vuosi; invertterin vaihto (t=15) 12,5% alkuinvestoinnista

Aurinkosähkön kannattavuus, kustannus – ja tuottolaskelma järjestelmän elinkaaren aikana

Tiedot kilteistön ostosähkön kustannuksista (aurinkosähkö)järjestelmän vertailukustannukset:

Sähkönenergian ostohinta	7,1	snt/kWh
Energiaepurusteiden sähkön siirtokustannus	4,5	snt/kWh
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	2,253	snt/kWh
Ostosähkön arvonlisävero	0 %	
Välitulos: aurinkosähkön vertailuhinta ei/ aurinkosähkön vaihtoehtokustannus	13,8	snt/kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/vuosi	1,0%	/vuosi

Vinkki: katso hinta sähkölaskusta
Vinkki: katso hinta sähkön siirtolaskusta
Lähde: https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/sahko_eraat_polttoaineet/sahkon_eraiden_polttoaineiden_verota/
Yritykset ja kunnat 0%, kuluttajat 24%

Lähde: <https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>; http://www.stat.fi/til/ehi/2019/03_2019-12-11_be_001_fi.html

Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp	12,6	kWp
Välitulos: järjestelmän koko paneelin pinta-ala noin m ²	60	neliömetriä
Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan	950	kWh/kWp
Välitulos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa	11970	kWh
Aurinkovoiman vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0,5%	%
Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta	10 %	
Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon snt/kWh	2,0	snt/kWh

Lähde: Suomen säteilykartta. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pygis/cmeps/ue_cmsaf_opt/G_opt_FI.pdf

Lähde: Wirth Harry. Recent Facts about Photovoltaics in Germany. 2015. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Saatavissa: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics>
Huom. Taloudellisesti kannattavan aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on tärkeää, että ylijäämän osuus on mahdollisimman alhainen. Yleensä välillä 2-6 snt/kWh riippuen sähkötyöstä

Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:

Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus € (laitteet ja asennus)	€10 372	euroa
Välitulos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia	823 €	euroa/kWp
Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms. alkuperäisinvestoinnista, %	40 %	
Öma mainos-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa
Välitulos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset tuet €	6 223 €	euroa
Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä	€6 223	euroa
Laina-aika tai rahoitussuorituksen pituus	5	vuotta
Lainan tai rahoituksen korko	4,5%	
Välitulos: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi/ investoinnin tuottoavalmus	€1 244,6	euroa/vuotta
Investoinnin tuottoavalmus	0,0%	
Invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuperäisestä. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinkaaren 15. vuotena.	8 %	
Vuotuiset ylläpitokulut (alkuinvestukset, huolto tms. kulut)	€100	euroa

Huom. hinnassa ei ole mukana ALV:ä

Energiatuki <https://www.businessfinland.fi/energiatuki/>, ELY MTY investointituki 40%

Ohje: Täytä investointikustannus manuaalisesti alla olevan taulukon solun E46 tai vaihtoehtoisesti lainaerät eri vuosille (ks alla)

Lähde: Arvio euribor 12kk + marginaali

Ohje: Jaa lainaerät manuaalisesti alla olevaan taulukon lainavuosien mukaan eri riveille sarakeeseen E.

Tuottoavalmus ei ole tässä tapauksessa relevantti, koska investoinnilla vähennetään jatkosavia kuluja, jotka eivät ole muutoin vähennettävissä

Yleensä 6-10% (alkuinvestoinnista riippuen järjestelmän koosta: pienissä järjestelmissä osuus on suurempi ja suurissa järjestelmissä pienempi)

Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:

Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v		Aurinkosähkön tuotantokustannukset		Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta		Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot		Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat		Takaosimaksu vuodet		
	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus snt/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaan ostosähkön arvo eur/v	Investoinnin kertamaksu tai lainaerät €/v	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huoltokulut eur/v	Aurinkosähkön kustannukset yhteensä eur/v	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän arvo yhteensä eur/v	Kassavirta eur/v		Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v	Investoinnin nettopykäroja (NPV) laskentakoroja eur/v
1	11970	0,14 €	€1 657,0	€1 245	€279,8	€0,0	€1 524,4	€0,02	€23,9	€1 515,2	-€9	-€9	1
2	11910	0,14 €	€1 665,2	€1 245	€168,0	€100,0	€1 512,7	€0,02	€24,1	€1 522,7	€10	€1	0
3	11851	0,14 €	€1 673,5	€1 245	€112,0	€100,0	€1 456,6	€0,02	€24,2	€1 530,3	€74	€75	0
4	11791	0,14 €	€1 681,7	€1 245	€56,0	€100,0	€1 400,6	€0,02	€24,3	€1 537,9	€137	€212	0
5	11732	0,14 €	€1 690,1	€1 245	€0,0	€100,0	€1 344,6	€0,02	€24,4	€1 545,5	€201	€413	0
6	11674	0,15 €	€1 698,4	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€24,5	€1 553,1	€1 453	€1 866	€1 453
7	11615	0,15 €	€1 706,8	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€24,7	€1 560,8	€1 461	€3 327	€1 461
8	11557	0,15 €	€1 715,3	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€24,8	€1 568,5	€1 469	€4 795	€1 469
9	11499	0,15 €	€1 723,8	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€24,9	€1 576,3	€1 476	€6 271	€1 476
10	11442	0,15 €	€1 732,3	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,0	€1 584,1	€1 484	€7 755	€1 484
11	11385	0,15 €	€1 740,9	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,2	€1 591,9	€1 492	€9 247	€1 492
12	11328	0,15 €	€1 749,5	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,3	€1 599,8	€1 500	€10 747	€1 500
13	11271	0,16 €	€1 758,2	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,4	€1 607,7	€1 508	€12 255	€1 508
14	11215	0,16 €	€1 766,9	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,5	€1 615,7	€1 516	€13 771	€1 516
15	11159	0,16 €	€1 775,6	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,7	€1 623,7	€894	€14 665	€894
16	11103	0,16 €	€1 784,4	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,8	€1 631,7	€1 532	€16 196	€1 532
17	11047	0,16 €	€1 793,2	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€25,9	€1 639,8	€1 540	€17 736	€1 540
18	10992	0,16 €	€1 802,1	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€26,0	€1 647,9	€1 548	€19 284	€1 548
19	10937	0,17 €	€1 811,0	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€26,2	€1 656,1	€1 556	€20 840	€1 556
20	10883	0,17 €	€1 820,0	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€26,3	€1 664,3	€1 564	€22 404	€1 564
21	10828	0,17 €	€1 829,0	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€26,4	€1 672,5	€1 573	€23 977	€1 573
22	10774	0,17 €	€1 838,1	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€26,6	€1 680,8	€1 581	€25 558	€1 581
23	10720	0,17 €	€1 847,2	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,02	€26,7	€1 689,1	€1 589	€27 147	€1 589
24	10667	0,17 €	€1 856,3	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€26,8	€1 697,5	€1 597	€28 744	€1 597
25	10613	0,18 €	€1 865,5	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€27,0	€1 705,9	€1 606	€30 350	€1 606
26	10560	0,18 €	€1 874,7	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€27,1	€1 714,3	€1 614	€31 965	€1 614
27	10507	0,18 €	€1 884,0	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€27,2	€1 722,8	€1 623	€33 587	€1 623
28	10455	0,18 €	€1 893,3	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€27,4	€1 731,3	€1 631	€35 219	€1 631
29	10403	0,18 €	€1 902,7	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€27,5	€1 739,9	€1 640	€36 859	€1 640
30	10351	0,18 €	€1 912,1	€0,0	€0,0	€100,0	€100,0	€0,03	€27,6	€1 748,5	€1 649	€38 507	€1 649
YHTEENSÄ	334240		€53 449		€615,9	€3 529,8	€10 368,8		€772,2	€48 876,0			1

Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat

Investoinnin nettopykäroja 30 vuoden käyttöiällä	1 649 €	euroa/vuosi
Takaosimaksuaika laskentakoroille	4	vuotta

Vertaa:

Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden pitäjällä	3,1	snt/kWh
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden	16,1	snt/kWh

<https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>