Vastaanottaja
Pasi Perämäki, Meliina Partio

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
31.10.2022

LOHJAN KAUPUNKI ENERGIAOMAVARAISEN HANKKEEN OMAVARAI-SUUSSELVITYS



RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

LOHJAN KAUPUNKI
ENERGIAOMAVARAISEN HANKKEEN OMAVARAI-SUUSSELVITYS

Projekti	**Energiaomavaraisen hankkeen omavaraisuusselvitys**
Projekti nro	**1510070634-001**
Vastaanottaja	**Pasi Perämäki, Meliina Partio, Lohjan kaupunki**
Asiakirjatyyppi	**Raportti**
Versio	**2**
Päivämäärä	**31.10.2022**
Laatija	**Jukka Korri, Venla Viskari, Sami Hirvonen, Anni Ronkainen, Sanni Mallat, Jukka Jalovaara, Ramboll**
Tarkastaja	**Jouni Laukkanen, Ramboll**

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
https://fi.ramboll.com

Ramboll Finland Oy
Y-tunnus 0101197-5, ALV rek.
Kotipaikka Espoo

SISÄLTÖ

1.	**TAUSTA**	**3**
2.	**ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHTOJEN KUVAUS**	**4**
2.1	Lämpöpumppuratkaisut (maa-, ilma- ja järvilämpö)	4
2.2	Aurinkoenergia (lämpökeräimet, sähköpaneelit)	5
2.2.1	Aurinkolämpö	6
2.2.2	Aurinkosähkö	6
2.3	Pientuulivoima	6
2.4	Pienimuotoinen biovoima (arinalaitokset, pellettikattilat- ja polttimet)	7
2.5	Hajautettu biokaasuntuotanto	8
2.5.1	Biokaasulaitostyypit ja niihin liittyvät tunnusluvut	8
2.5.2	Referenssi: Palopuron Agroekologinen Symbioosi (AES)	9
3.	**TOIMINTAYMPÄRISTÖN NYKYTILA**	**12**
3.1	Kylät	12
3.2	Resurssit ja potentiaalit	14
3.2.1	Jätevesi	14
3.2.2	Biokaasu	15
3.2.3	Metsä- ja peltobiomassa	15
3.2.4	Jätepuu	15
3.2.5	Teollisuuden hukkalämpö	15
3.2.6	Järvilämpö	16
3.2.7	Maalämpö	16
3.2.8	Vesivoima	16
3.2.9	Aurinkosähkö	16
3.2.10	Aurinkolämpö	16
3.2.11	Pientuulivoima	17
4.	**OMAVARAISET MIKROENERGIAN TUOTANTOMUOTOJEN MALLIT MAASEUDULLE**	**18**
4.1	Kiinteistökohtaiset mallit	18
4.1.1	Öljylämmityksestä luopuminen	19
4.1.2	Suoran sähkölämmityksen tehostaminen	20
4.1.3	Varaavan sähkölämmityksen tehostaminen	21
4.1.4	Aurinkoenergian hyödyntäminen rakennuksen lämmityksessä	23
4.2	Keskitetyt mallit	24
4.2.1	Biolämpökeskus	25
4.2.2	Keskitetty lämpöpumppuratkaisu	26
4.2.3	Biokaasu-CHP	27
5.	**TOIMINNAN ORGANISOINTIMALLIT**	**28**
5.1	Lämpöyrittäjämalli ja energiaosuuskunta	28
5.2	Energiayhteisö	28

5.2.1 Kiinteistön sisäinen energiayhteisö 28
5.2.2 Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö 29
5.2.3 Hajautettu energiayhteisö 29
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET 31
7. BIBLIOGRAPHY 32

LIITTEET

1. Keskitettyjen ratkaisujen laskentamalli

1. TAUSTA

Työn tavoitteena on löytää malli energiaomavaraisuuteen Lohjan kaupungin maaseudun ja kyläkeskusten alueella. Työn avulla pyritään löytämään ratkaisut siihen, kuinka Lohjan maaseutumaiset kyläkeskukset voisivat saavuttaa energiaomavaraisuuden. Näihin ratkaisuihin päädytään erilaisia mahdollisuuksia ja keinoja arvioimalla. Työn toisena tavoitteena on maaseudun omavaraisuuden edistäminen ja paikallisen yhteistyön kehittäminen.

Selvityksen avulla kartoitetaan, mitä energianlähteitä Lohjalla ei vielä hyödynnetä ja mikä näiden energialähteiden todellinen potentiaali on, ja voisiko niillä tuottaa paikallisesti energiaa kyläkeskuksille.

Tässä selvityksessä energiaomavaraisuudella tarkoitetaan lämpöomavaraisuutta. Sähköomavaraisuutta ei tarkastella, koska sähkö on ns. bulkkitavaraa, normaalia teknologiaa, jota voi ostaa sähköä myyviltä yhtiöiltä. Selvityksessä tarkastellaan kuitenkin kiinteistökokoluokan hajautettuja sähköntuotantomuotoja, lähinnä kattamaan lämmityksen sähköntarvetta.

2. ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHTOJEN KUVAUS

2.1 Lämpöpumppuratkaisut (maa-, ilma- ja järvilämpö)

Lämpöpumput soveltuvat korvaamaan/tukemaan mm. suoraa sähkölämmitystä sekä öljyn ja puun käyttöä lämmityksessä. Lämpöpumpun toiminta perustuu lämmönlähteen hyödyntämiseen sekä sähköenergian käyttöön. Lämmönlähteenä voidaan hyödyntää esimerkiksi hukkalämpöjä ja ympäristölämpöjä kuten maa-, ilma- ja järvilämpöä. Sähköenergian tarve riippuu lämmönlähteen lämpötilasta. Mitä enemmän lämpöpumppu voi hyödyntää lämpöä lämmönlähteestä, sitä vähemmän se vaatii sähköenergiaa. Lämpöpumpun tehokuutta voidaan arvioida COP-kertoimella, joka kuvaa tuotetun lämmön suhdetta lämpöpumpun sähköenergian kulutukseen. Mitä suurempi lämpöpumpun COP-kerroin on, sitä tehokkaampana lämpöpumppua voidaan pitää. Etenkin ilman ja järviveden tapauksessa COP-kerroin vaihtelee vuositasolla. Talviaikaan, kun ilman ja järven lämpötilat ovat alhaiset, sähköenergian kulutus kasvaa suhteessa tuotettuun lämpöön ja COP-kerroin pienenee.

Lämpöpumput soveltuvat kiinteistö-, kortteli- ja alueverkon lämmöntuotantoon. Lämpöpumppuja on saatavilla kiinteistökokoluokassa, mutta lisäksi niitä on mahdollista hyödyntää useimpien megawattien kokoisissa lämpöpumppulaitoksissa. Ympäristölämmöt, kuten ilma-, maa-, ja järvilämpö soveltuvat kooltaan pienempiin lämpöpumppulaitoksiin kuten kiinteistökohtaisten ja pienen aluelämpöverkon lämpöpumppujen lämmönlähteiksi. Suurempien laitosten lämmönlähteenä käytetään yleensä korkeamman lämpötilan lämmönlähteitä kuten teollisuuden ja kaukolämmön paluuveden sisältämää hukkalämpöä.

Ympäristölämpöjä voidaan hyödyntää maa- ja ilmalämpöpumpuilla. Maalämpöpumpulla voidaan hyödyntää kallioon, maanpintaan ja veteen varastoitunutta auringonlämpöä. Lämpöä voidaan kerätä pysty- tai vaakakeräysputkistolla. Pystykeräystapa perustuu maanpinnan alle porattuun yhteen tai tarpeen mukaan useampaan lämpökaivoon tai järvenpinnan alle pystysuoraan asennettuun putkistoon. Vaakakeräysputkisto asennetaan vaakasuuntaisesti maan- tai järvenpinnan alle keräämään juuri maan/järvenpintalämpöä. Keräysputkistossa kiertää lämmönkeruuliuos, jolla lämpö lämmönlähteestä kerätään.

Maalämpökaivojen poraamiseen vaaditaan toimenpidelupa. Pohjavesialueille suunniteluille lämpökaivoille ei pääsääntöisesti myönnetä toimenpidelupia, koska kun maata porataan kaivoa varten, on riskinä sekoittaa läpimenevät pohjavesikerrokset. Vettä on monissa maakerroksissa suljettuina tasoina, jolloin ne eivät pääse sekoittumaan keskenään. Välissä voi olla pilaantunutta vettä, mutta toinen kerros onkin puhdas. Kun porataan, kerrokset voivat sekoittua keskenään, ja se voi aiheuttaa kerroksen pilaantumisen. Riskinä on myös ruhjeinen kallioperä, joka voi esimerkiksi energiakaivon paineaukaisussa levittää porauksesta syntyviä epäpuhtauksia. Se voi vaikuttaa kalliopohjaveden laatuun lähellä olevissa kaivoissa tai vedenottamoilla. Viimeinen riski liittyy kaivon rakenteisiin ja vesialkoholiseokseen, jota maalämpökaivoissa käytetään lämmönkeruussa. Jos putkisto pääsee vuotamaan, se aiheuttaa ainakin väliaikaista haittaa pohjaveteen.

Jos maalämpöjärjestelmää haluaa kuitenkin yrittää asentaa pohjavesialueelle, vaati se vesiluvan hakemisen, jossa mm. edellä mainitut asiat tarkastellaan. Joissakin poikkeustilanteissa maalämpökaivoja on saanut porata myös pohjavesialueelle. Käytäntö vaihtelee Suomessa kunnittain.

Lisäksi maanalaiset rakennustyöt ja rakennelmat estävät luvan saannin, koska niiden läpi ei kaivoa voi porata. Syynä luvan eväämiselle voi olla myös toisen maalämpökaivon läheisyys.

Ilmalämpöpumpuilla siirretään lämpöä ulkoilmasta tai rakennuksen poistoilmasta lämmityskohteeseen. Ilmalämpöpumput jaetaan erityyppisiin riippuen siitä ottaako se lämpöä talteen ulkoilmasta (ilma-ilmalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu) vai poistoilmasta (poistoilmalämpöpumppu) ja luovuttaako se lämmön suoraan rakennuksen ilmaan (ilma-ilmalämpöpumppu) vai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään (ilma-vesilämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu). Ilma-ilmalämpöpumppu ei sovellu kortteli- tai alueverkkoratkaisuksi vaan ainoastaan kiinteistökohtaiseen hyödyntämiseen.

Lämpöpumppujen etuna voidaan pitää nopeaa käynnistysaikaa sekä siten joustavuutta lämmöntuotannossa sekä sähköverkossa. Lisäksi etenkin pienen koon lämpöpumppujen henkilöresurssien- ja kunnossapidontarpeet ovat suhteellisen vähäisiä. Lämpöpumput vaativat lämmönlähteen läheisyyden, ja lisäksi suuremman kokoluokan laitokset vaativat riittävän sähköverkon.

Investointikustannusarviot asuinkiinteistökokoluokan lämpöpumpuille ovat:

- ilmalämpöpumppu 1500–2500 €
- ilma-vesilämpöpumppu 8000–15000 €
- maalämpöpumppu 15000–25000 €

Investointikustannuksiin vaikuttavat laitoksen koko, tuotetun lämmön priimaustarve korkeampaan lämpötilaan ja lämmönlähteen sijainti laitokseen nähden. Lämpöpumput soveltuvat taloudellisesti kohteisiin, joissa lämmönlähteitä voidaan hyödyntää ilmaisenergiana mahdollisimman tehokkaasti eli COP-kerroin on mahdollisimman suuri, lämpöpumpun käyttötunnit ovat korkeat ja lämpöpumppua voidaan käyttää korvaamaan esim. suoraa sähkölämmitystä.

2.2 Aurinkoenergia (lämpökeräimet, sähköpaneelit)

Aurinkovoima on uusiutuva energiantuotantomuoto, joka perustuu auringon säteilyenergian hyödyntämiseen. Aurinkovoimaa voidaan hyödyntää sekä lämmön- sekä sähköntuotannossa. Vaikka auringon säteilytaso Etelä-Suomessa on verrattavissa Pohjois-Saksaan, haasteena on auringon säteilyn vaihtelevuus vuositasolla. Etenkin kesäaikaan säteilyä on runsaasti saatavilla, mutta talvisaikaan säteily on vähäisintä, jolloin kuitenkin lämmön- ja sähköntarve on suurimmillaan. Huolimatta auringon säteilyn saatavuuden vaihtelusta aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmäkapasiteetin asentaminen on Suomessa lisääntynyt tekniikan kehittymisen ja järjestelmien hintojen laskun seurauksena.

Energiantuotantomuotona aurinkovoima on käytännössä huoltovapaa. Järjestelmän asennuksen jälkeen se ei suoranaisesti vaadi henkilöresursseja, ja sen huolto- ja kunnossapitotoimet ovat suhteellisen vähäisiä.

Aurinkojärjestelmät voidaan jakaa kiinteistö- ja maa-asenteisiin järjestelmiin. Kiinteistökohtaiset järjestelmät ovat tyypillisesti muutamien kilowatin kokoisia järjestelmiä, jotka ovat asuinrakennuksien ja muiden kiinteistöjen katoille asennettuja järjestelmiä. Markkinoilla on myös olemassa rakennuksiin integroituja järjestelmiä, joilla voidaan korvata rakennuksien ulkopintamateriaaleja.

Maa-asenteiset aurinkojärjestelmät ovat yleensä suurempia kooltaan. Suuret megawattien kokoiset aurinkojärjestelmät vaativat Suomessa tyypillisesti muutamien hehtaarien pinta-alan.

Suomen suurimmat asennetut aurinkosähköjärjestelmät ovat tällä hetkellä hieman alle kymmenen megawattien kokoisia, mutta suunnitteilla on useimpien kymmenien megawattien kokoisia aurinkovoimaloita.
Koska aurinkojärjestelmiä voi asentaa kooltaan pienistä järjestelmistä (kW-kokoluokka) suurempiin järjestelmiin (MW-kokoluokka), voidaan niitä mitoittaa käyttökohteeseen soveltuvaksi huomioiden kuitenkin asennuspinta-alan ja kattojen tapauksessa katon rakenteiden kestävyyden asettamat rajoitteet. Usein aurinkojärjestelmät mitoitetaan kesäajan maksimitehontarpeen mukaan.

2.2.1 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöä voidaan tuottaa aurinkokeräimillä. Auringon säteilyä muutetaan keräimillä lämmöksi, joka siirretään lämmönsiirtoaineen avulla eteenpäin lämpövarastoon, josta se voidaan siirtää käyttökohteeseen. Suomessa aurinkolämpöä hyödynnetään yleisimmin käyttöveden lämmitykseen kuin kiinteistöjen sisätilojen lämmitykseen, sillä kiinteistöjen sisätilojen lämmitystarve on suurimmillaan talviaikaan, jolloin auringon säteily on vähäisintä. Kesäaikaan aurinkolämpöjärjestelmät voivat kuitenkin soveltua kattamaan merkittävääkin osaa lämmön tarpeesta.

Etelä-Suomessa 40 asteen kulmaan etelän suuntaan asennetulla aurinkolämpöjärjestelmällä voidaan tuottaa noin 450 kWh/keräin-m^2 vuodessa. Keräimien investointikustannus on noin 500-1000 €/keräin-m^2.

2.2.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ovat aurinkopaneelit, yksi tai tarpeen mukaan useampi invertteri sekä tarvittaessa akku. Paneeleilla auringon säteily muutetaan sähköenergiaksi, ja invertterillä muutetaan paneelien tuottama tasavirta vaihtovirraksi. Kun aurinkosähkötuotanto ylittää sen hetkisen sähkönkulutuksen, syntyy ylituotantoa, joka voidaan syöttää sähköverkkoon verkkoon kytketyissä järjestelmissä (on-grid) tai verkkoon kytkemättömissä järjestelmissä (off-grid) akkuun. On-grid järjestelmät vaativat sähkönverkon läheisyyden.

Etelä-Suomessa aurinkosähköntuotanto on noin 850 kWh/kWp etelän suuntaan noin 30° kulmaan asennettuna. Aurinkosähköjärjestelmien investointikustannukset ovat noin 1000–1200 €/kWp.

2.3 Pientuulivoima

Tuulivoima on uusiutuva tuotantomuoto, jonka hyödyntäminen on lisääntynyt voimakkaasti teolliseen tuotantoon tarkoitettujen voimaloiden kapasiteetin kasvun vuoksi. Pientuulivoimalat ovat huomattavasti pienempiä kuin teollisen tuotantoon tarkoitetut tuulivoimalat, sillä teollisen mittakaavan voimaloiden koko on muutamia megawatteja, ja pienvoimaloiden koko on useimmiten alle 50 kilowattia. Pientuulivoimalat soveltuvatkin paikalliseen hyödyntämiseen. Pientuulivoimaloilla voidaan tuottaa sähköä, jota voidaan hyödyntää lämmöntuotannossa esimerkiksi lämpöpumppujen tapauksessa.

Tuulivoimalan energiantuotanto perustuu ilmavirtauksen energian hyödyntämiseen ja muuntamiseen roottorin liike-energiaksi. Roottoriksi kutsutaan voimalan lapojen ja navan muodostamaa kokonaisuutta. Voimalan energiantuotanto riippuu voimakkaasti tuuliolosuhteista ja on suoraan verrannollinen roottorin pyyhkäisypinta-alaan. Pientuulivoimalat voidaan jakaa kahden tyyppisiin pystyakselisiin ja vaaka-akselisiin. Pystyakselisissa voimaloissa energiantuotanto perustuu tuulen työntävään vaikutukseen tai aerodynaamiseen voimaan tai näiden yhdistelmään,

jolloin roottori on kohtisuorassa tuulta vastaan. Se soveltuu myös pyörteisille tuuliolosuhteille ja asennettavaksi rakennuksien katoille. Vaaka-akselisten voimaloiden eli potkuturbiinien energiantuotanto perustuu lapoihin syntyvään aerodynaamiseen voimaan. Voimalat ovat suunniteltu tietylle tuulen nopeusalueelle, jolla voimala toimii parhaiten. Vaaka-akselisten tuulivoimaloiden etu on suuri roottorien pyyhkäisypinta-ala.

Sillä yksittäinen pientuulivoimala on kooltaan suhteellisen pieni, on voimaloiden lukumäärää ja niiden kokonaisnimellistehoa mahdollista mitoittaa alueella soveltuvaksi. Haasteena voi kuitenkin olla tuuliolosuhteiden puolesta kannattavien sijoituspaikkojen löytäminen, sillä pientuulivoimalat ovat useimmiten korkeudeltaan vain 5–30 metriä. Kannattavin sijoituspaikka energiantuotannon kannalta on mahdollisimman korkealla ja paikalla, jossa viereiset rakennukset ja puusto eivät aiheuta merkittävästi turbulenttisuutta.

Pienemmästä koostaan johtuen voimalan perustustarpeet ovat huomattavasti vähäisempiä kuin suurempien voimaloiden, ja ne riippuvat maston tyypistä esim. ristikkomasto vaatii vahvemman perustuksen kuin harustettu masto. Lisäksi lupamenettely on kevyempää, mutta vaihtelee kunnittain. Useimmiten taajama-alueilla vaaditaan toimenpide- ja rakennuslupa. Pientuulivoimaloiden vaatimat henkilöresurssit sekä huolto- ja kunnossapitoresurssit ovat pienet käytön aikana. Suositeltavaa on silmämääräisesti tarkastella voimalan toimintaa ja muutaman vuoden välein pysäyttää voimala tarkastusta sekä huoltotoimenpiteitä kuten laakerien rasvausta, pulttien tiukkuuden tarkistusta ja siipien puhdistusta varten.

Nimellisteholtaan 3–4 kW:n kokoinen voimala, jonka roottorin halkaisija on 4 metriä, voi kohtuullisissa tuuliolosuhteissa tuottaa muutamia tuhansia kilowattitunteja. Investointiarvio on 2000–7000 €/kW riippuen toimittajasta, voimalan komponenttien laadusta, voimalan koosta, sijainnista ja asennuskustannuksista.

2.4 Pienimuotoinen biovoima (arinalaitokset, pellettikattilat- ja polttimet)

Kiinteän polttoaineen polttoon perustuva biovoima perustuu energiantuotantomuotona palamisessa syntyvän energian hyödyntämiseen. Arinalaitoksissa kiinteää polttoainetta poltetaan laitoksen kattilan pohjalla olevan arinan päällä. Arinapoltto soveltuu hyvin kiinteille polttoaineille esim. metsäbiomassoille. Polttoaineen ei tarvitse olla tasalaatuista. Tärkeintä on polttoaineen tasainen levittäminen koko arinan leveydelle tasaisena kerroksena. Arinakattiloita käytetään nykyään lähinnä alle 10 megawatin kokoisissa laitoksissa, ja ne soveltuvat pienten ja keskisuurten yksiköiden polttomenetelmäksi, kuten omakotitalo-, kiinteistö-, alue- ja kaukolämmitys-, teollisuus- ja yhdyskuntajätekattiloiksi. Etuna arinalaitoksilla on lisäksi pieni omakäyttöteho sekä yksinkertaisuutensa vuoksi helppokäyttöisyys ja edullisuus.

Arinalaitoksien lisäksi voidaan hyödyntää pellettikattiloita. Polttoaineena käytetään pellettiä, joka valmistetaan puristamalla metsäteollisuuden sivutuotteista kuten hiontapölystä tai sahanpurusta. Pellettien energiansisältö on korkea, sillä ne ovat tiiviitä ja niiden kosteuspitoisuus on alhainen. Pellettien hinta on noussut voimakkaasti viime aikoina johtuen Ukrainan tilanteesta. Pelletin tuonti Venäjältä on loppunut käytännössä kokonaan, mikä asettaa haasteita pelletin saatavuudelle tulevaisuudessa Suomessa, jollei kotimaista valmistuskapasiteettia pystyä lisäämään.

Biovoimaa voidaan hyödyntää suuremmankin mittakaavan laitoksissa, mutta se soveltuu myös kiinteistökohtaisiin-, kortteli- ja aluelämpöratkaisuihin. Markkinoilta on saatavilla erikokoisia arina- ja pellettikattiloita sekä polttimia yhden kotitalouden tarvetta vastaavista suurempiin useimpien megawattien kokoisiin. Pienen mittakaavan lämpölaitoksia voidaan nykyään varustaa

usein automatiikalla, jolloin henkilöresurssit kohdistuvat polttoaineen hankintaan sekä tarkistuskierroksiin, joiden ohessa voidaan tehdä tarpeen mukaan huolto- ja kunnossapitotöitä.

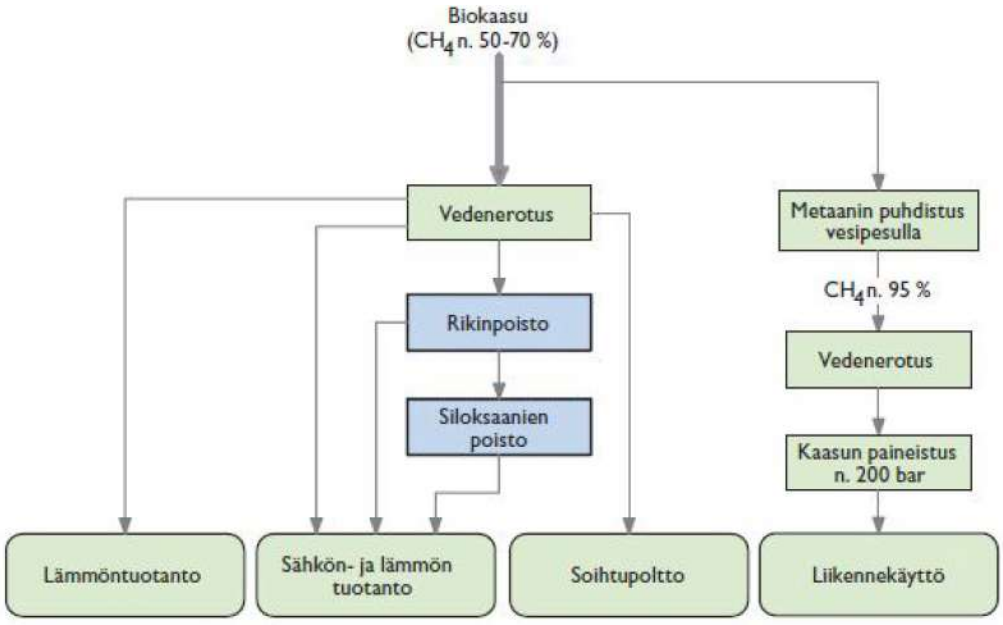
Keskitetyissä ratkaisuissa haketta polttavien arinakattiloiden investointikustannukset ovat 800–1200 €/kW ja pellettikattiloiden 400–600 €/kW koosta ja toteutusratkaisusta riippuen. Pienimuotoisten biovoimalaitosten kannattavuus riippuu asiakkaiden lämmöntarpeesta ja sijainnista suhteessa laitokseen sekä laitoksen koon mitoituksesta. Pienimuotoisen paikallisen biovoiman tuotanto luo mahdollisuuksia lämpöyrittäjyystoiminnalle, jota voidaan harjoittaa erilaisilla organisaatiomalleilla. Toiminnan organisaatiomalleja käsitellään tarkemmin luvussa 5.

2.5 Hajautettu biokaasuntuotanto

Biokaasun tuotanto perustuu biomassan hajoamiseen anaerobisissa olosuhteissa. Mädätyksessä orgaaninen aines hajoaa anaerobisesti muodostaen biokaasua. Biokaasu koostuu pääasiassa metaanista (noin 60 %) sekä hiilidioksidista ja vähäisin osin muista epäpuhtauksista. Kaasun tuotannossa jäljelle jäävä mädätysjäännös hyödynnetään usein lannoitevalmisteina.

Tuotetulle biokaasulle on useita eri hyödyntämisvaihtoehtoja, joista usein valitaan tuotettuun biokaasun määrään ja tuotantolaitoksen ympäröivään infraan perustuen tuottavin vaihtoehto. Biokaasuja voidaan hyödyntää esimerkiksi lämmön tuotannossa tai sähkön ja lämmön yhteistuotannossa (CHP). Lisäksi biokaasua voidaan jalostaa liikennepolttoaineeksi, työkoneiden käyttövoimaksi tai teollisuuden käyttöön.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 1) on esitetty biokaasun esimerkkejä biokaasun hyödyntämisestä. Kuvassa termillä soihtupoltto tarkoitetaan tilannetta, jolloin biokaasua syntyy enemmän kuin sitä voidaan hyödyntää, jolloin hyödyntämätön biokaasu poltetaan soihdussa.



Kuva 1. Biokaasun eri hyödynnysvaihtoehdot vaadituin käsittelymenetelmin

2.5.1 Biokaasulaitostyypit ja niihin liittyvät tunnusluvut

Biokaasulaitostyypit voidaan jakaa kolmeen kokoluokkaan: pieniin, keskikokoisiin tai suuren kokoluokan laitoksiin. Pienet biokaasulaitokset käsittelevät tyypillisesti maatalouden biomassoja,

tai toimivat jätevedenpuhdistamojen yhteydessä. Kyseiset laitostyypit edustavat hajautetun energiantuotannon mallia, jossa tuotettu biokaasu voidaan olettaa hyödynnettävän toimijan omassa toiminnassa sähkön ja lämmön tuotannossa. Laitoksen käsittelykapasiteetin ollessa esimerkiksi 12 000 tonnia vuodessa, energiantuotto voisi syötteistä riippuen olettaa olevan noin 1,5 GWh ja investointikustannuksen voitaisiin olettaa olevan noin 1 miljoonaa euroa.[1] Maatilamittakaavassa biokaasulaitos työllistää rakennusvaiheessa useita henkilöitä, mutta lyhyen aikaa (mm. suunnittelu, komponenttien valmistus ja rakennus). Laitoksen käyttö on pääosin automatisoitua, joten maatilalle ei ole tarpeen palkata ylimääräistä työvoimaa. Massojen syötössä ja mädätteen levityksessä tarvitaan ihmistyötä, jonka lisäksi rakentajaa tarvitaan huoltotöissä noin 4 kertaa vuodessa. [2]

Keskikokoiset biokaasulaitokset käsittelevät noin 20 000–35 000 tonnia biomassaa vuodessa.[3] Käsiteltävät massat ovat tyypillisesti teollisuus- ja yhdyskuntajätteitä, tai vaihtoehtoisesti keskitetysti muutamien maataloustoimijoiden massoja. Laitoksen käsittelykapasiteetin ollessa 30 000 tonnia vuodessa, energiantuotto olisi noin 7 GWh ja investointikustannukset noin 3,5 miljoonaa euroa. [1]

Suuren kokoluokan laitoksissa käsitellään yli 100 000 tonnia vuodessa keskitetysti esimerkiksi teollisuuden ja useiden maataloustoimijoiden massoja [1]. [3] Suuret laitokset tuottavat kaasua niin paljon, että sitä voisi todennäköisesti jaella maakaasuverkoston kautta tai nesteytettynä tieliikenteen ja/tai terminaalien tarpeisiin. Laitoksen käsittelykapasiteetin ollessa 240 000 tonnia vuodessa, energiantuotto on noin 100 GWh ja investointikustannus noin 33 miljoonaa euroa. [2][1] Suurissa laitoksissa tyypillisesti noin 3–4 henkilöä hoitaa laitoksen toiminnan johtamista, ylläpitovalvontaa ja huoltoa sekä kaasun ja mädätteen myyntiä ja markkinointia. [2]

Energian hinta on sidoksissa sähkön ja lämmön markkinahintaan, ja energiamarkkinoilla hintojen muodostumiseen vaikuttavat useat tekijät. Vuoden 2021 loppupuolella hinnoissa on ollut jyrkkää nousua. Hintoihin vaikuttavia tekijöitä ovat olleet muun muassa kaasun hintojen ennennäkemätön nousu maailmanmarkkinoilla, energian kysynnän lisääntyminen pitkän ja kylmän talven ja kuuman kesän vuoksi, nesteytetyn maakaasun kysynnän kasvu ja hinnan nousu, sekä geopoliittiset jännitteet ja Ukrainan sota.[4]

Vuonna 2021, nesteytetyn maakaasuun hinta on vaihdellut välillä 20–30 €/MWh, ja nesteytetyn biometaanin tukkuhinta on ollut noin 50 €/MWh. Keväällä 2022 alkaneiden maakaasun saatavuusvaikeuksien myötä voidaan arvioida tukkuhinnan olevan tällä hetkellä koholla. Hinnan kehitystä pitkällä aikavälillä on kuitenkin haastava ennustaa. Liikennekäyttöön jaellun biometaanin hinnankehityksessä on nähty muutosta vuoden 2021 hintatasosta 120 €/MWh (noin 1,6 €/kg) tasolle 150 €/MWh (noin 2,10 €/kg)[5] vuonna 2022.

2.5.2 Referenssi: Palopuron Agroekologinen Symbioosi (AES)

Palopuron agroekologinen symbioosi (AES) on energian ja ravinteiden osalta omavarainen, usean luomutilan ja muun toimijan yhteistyöverkosto Knehtilän tilan ympärillä. Alueen toimijat toimivat tiiviissä yhteistyössä raaka-aineiden ja muiden materiaalien hyödyntämisessä, jalostamisessa

[1] Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. Biokaasun ajankohtaiset asiat 2020-2030. https://www.energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/biokaasun_ajankohtaiset_asiat-anna_virolainen-hynna.pdf

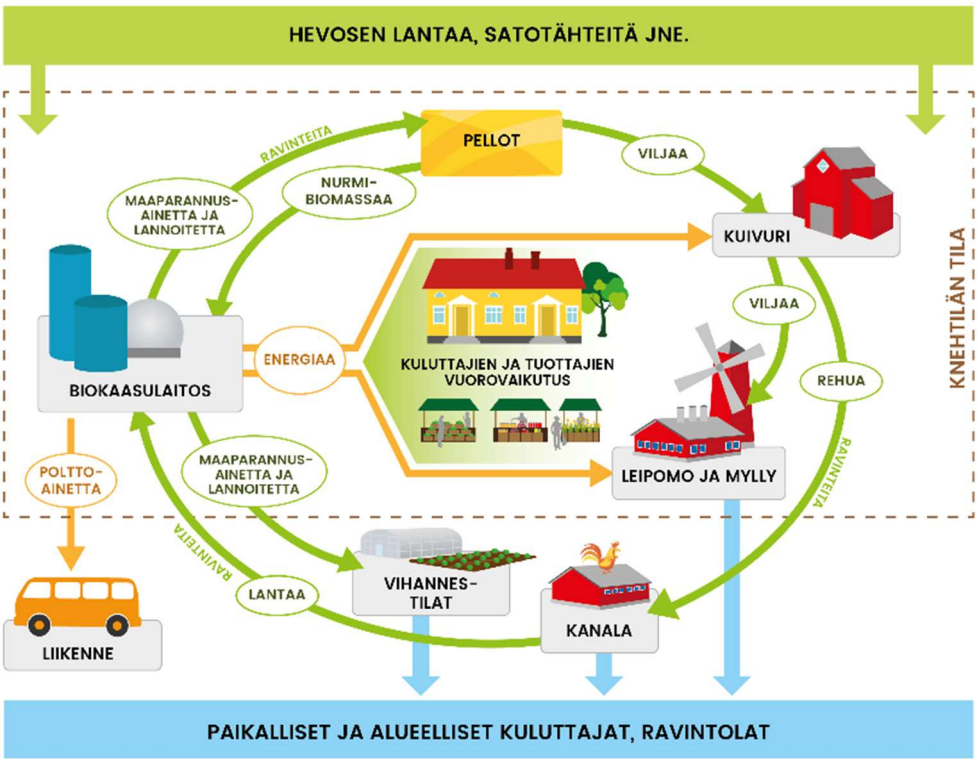
[2] Kannonlahti, J. Vaasan yliopisto. 2020. Suupohjan biokonsepti: Biokaasun hyödyntämisen taloudellinen merkitys. https://vuoksi.fi/wp-content/uploads/2020/06/Biokaasun-hy%C3%B6dynt%C3%A4misen-taloudellinen-merkitys.pdf

[3] Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. Juttusarja erikokoisista biokaasulaitoksista: pienet, keskisuuret ja suuret. 2020. https://biokierto.fi/juttusarja-uttusarja-erikokoisista-biokaasulaitoksista-pienet-keskisuuret-ja-suuret/

[4] Euroopan unionin neuvosto. Energian hinnat ja toimitusvarmuus. https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/energy-prices/

[5] Gasum. Maa- ja biokaasun hinnat tankkausasemilla 1.9.2022. https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkaushinnat/

sekä energiantuotannossa. Symbioosin edelläkävijyys perustuu ravinteiden kierrätyksen yhdistämiseen paikallisen maatalouden ja lähiruoan tuotannon kanssa.[6] Biokaasulaitoksessa käsitellään mm. viljelykierrossa viljeltävän viherlannoitusnurmen biomassaa ja symbioosissa mukana olevien tilojen lantajakeita. Laitoksessa tuotetaan biokaasua viljan kuivauksen ja Samsara Oy:n luomuleipomon energiatarpeisiin sekä liikennepolttoaineeksi autoille ja maatilan työkoneille. Mädätyksessä syntyvä jäännös ohjataan maanparannusaineeksi ja lannoitteeksi tilojen pelloille. Alla olevassa kuvassa (Kuva 2) on esitetty suunniteltu biopohjaisten virtojen kierto eri toimijoiden välillä Palopuron tilayhteistyössä.



Kuva 2. Palopuron agroekologinen symbioosi (Helsingin yliopisto, 2017)

Palopuron biokaasulaitos muodostuu:

- Panostoimiseen mädätykseen perustuvasta kuivamädätyslaitoksesta
- Biokaasun puhdistuslaitteistosta (biokaasusta biometaania ajoneuvokäyttöön)
- Syötteiden ja mädätysjäännöksen varastosiiloista

Laitoksen rakennustyöt valmistuivat syksyllä 2018. Lisäksi Knehtilän tilan yhteyteen valmistui luomubiokaasun tankkausasema alkuvuodesta 2019.

Syötteet:

- Nurmibiomassa noin 2 400 tonnia
- Hevosenlanta noin 1 000 tonnia
- Kananlanta noin 80 tonnia

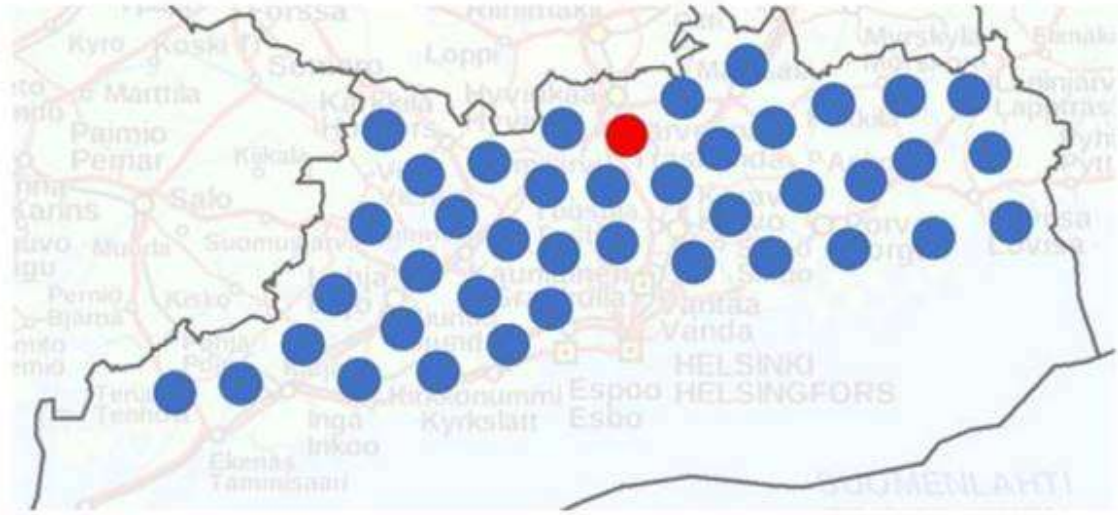
Lopputuotteet:

- Biokaasua 2 500 MWh vuodessa, josta biometaania yli 70 %
- Lisäksi mädätysjäännöstä noin 3 000 tonnia vuodessa peltojen lannoite- ja maanparannusaineeksi

Yhteistyöverkoston ympärille on perustettu Palopuron Biokaasu Oy, jonka pääomistajana on Nivos Oy. Palopuron Biokaasu Oy vastaa laitoksen toiminnasta ja markkinoi energian symbioosin osakkaille sekä ulkopuolisille kuluttajille. Nurmen korjuun ja välivarastoinnin yritys teettää aliurakoitsijalla.

Biokaasuyhteistyön suurin yksittäinen kulu on nurmen korjuu ja lisäksi käyttökuluja muodostuu reaktorin täytöstä, tyhjennyksestä, ylläpidosta, huollosta, hallinnoinnista sekä ostosähköstä. Merkittävin tulon lähde on puhdistetun biometaanin myynti liikennekaasuna. Lisäksi tuloja saadaan raakakaasun myynnistä viljan kuivaukseen ja leipomoon sekä jonkin verran myös hevosen- ja kananlannan vastaanottamisen porttimaksuista. Pääasiallinen tulo symbioosista tulee suunnitellusta liikennekaasun myynnistä. Lopullisena tavoitteena on myydä koko puhdistettu biometaanimäärä tilalla nykyisen osittaisen pullopatterisiirron sijaan. Biokaasulaitoksen vaatima lämmitysenergia tuotetaan itse biokaasusta, mutta sähkö ostetaan verkosta.[6]

Jos puolet Uudenmaan kesantopeltojen biomassoista kerättäisiin energiantuotantoon, alueelle mahtuisi jopa 42 Palopuron biokaasulaitoksen kaltaista laitosta[6] (kuva 3).



Kuva 3. Palopuron biokaasulaitos (punaisella) ja saman kokoluokan laitosten määrä Uudellamaalla, jos puolet kesantopeltojen biomassoista hyödynnettäisiin energiantuotannossa· (Tulevaisuusvaliokunta, 2019).

[6] Tulevaisuusvaliokunta. 2019. Muuttuva maataloustyö ja toimeentulo: esimerkkinä Palopuron agroekologinen symbioosi. EDK-2019-AK-242738.pdf (eduskunta.fi)

3. TOIMINTAYMPÄRISTÖN NYKYTILA

3.1 Kylät

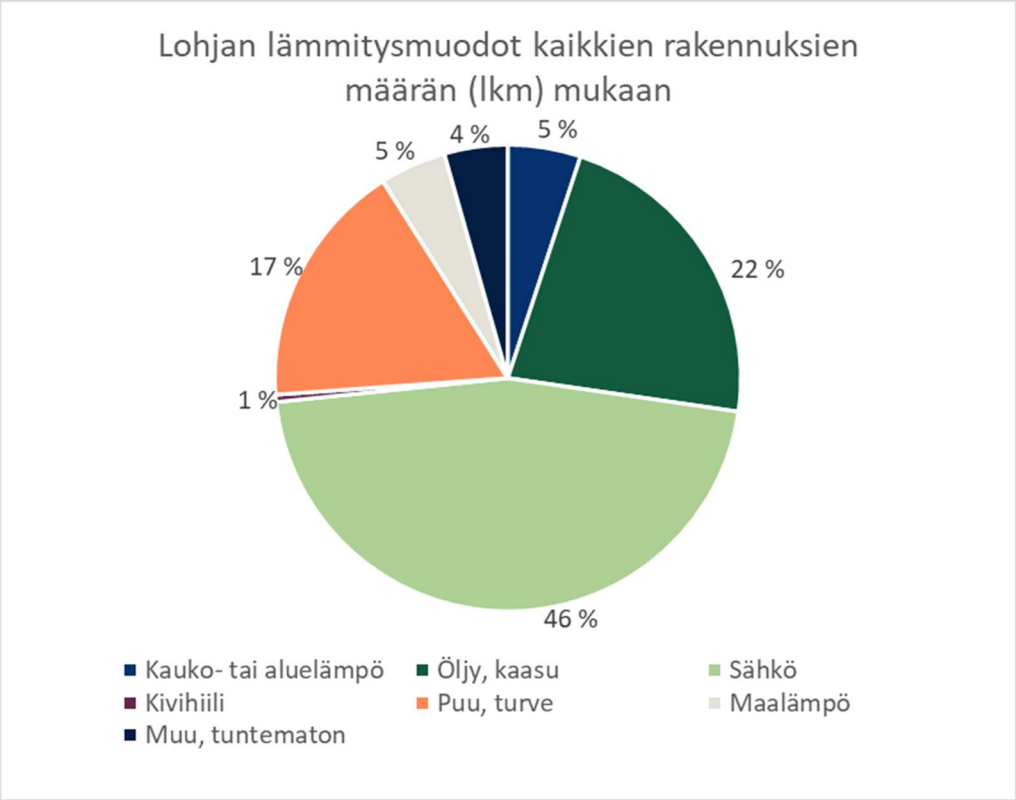
Yksittäisten kylien asukasluvusta, energian kulutuksesta, tuotannosta, lämmitysratkaisujen jakaumasta tai lämmöntuotantomääristä ei löydy tilastotietoa. Tämä hankaloittaa todenmukaisen ja tarkan kuvan muodostamista kylistä. Taulukko 1 esittää arvion Lohjan kylien asukasluvuista, jotka pohjautuvat useisiin lähteisiin.

Laajempien kyläkokonaisuuksien sisältä löytyy useita pienempiä kyläkokonaisuuksia, jotka ovat erilaisia, mikä on otettava huomioon energiaomavaraisuutta tarkasteltaessa. Energiaomavaraisuuden lisäämisen ohella kylien voisi olla järkevää hankkia ns. kyläkonsultti neuvomaan kyläyhteisön asukkaita esim. energiasäästöasioissa varsinkin nykyisessä maailmanpoliittisessa tilanteessa.

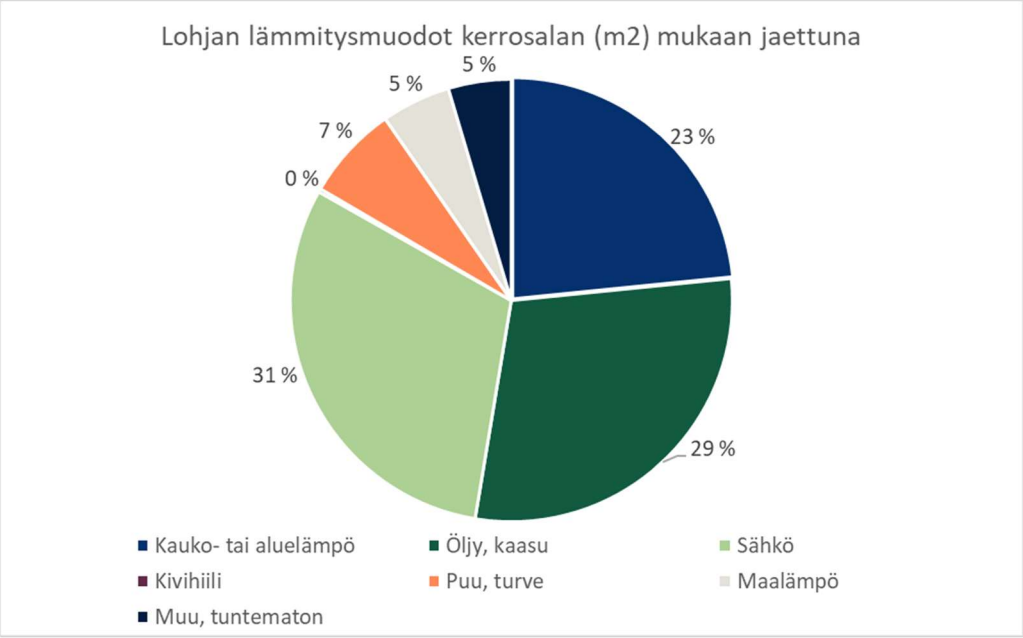
Taulukko 1. Kylien asukaslukuarviot ja energiankulutus asuintilojen lämmitykseen

	Asukasluku	**Lämmönkulutus MWh/a asumiseen**
Pusula	3 000	20 416
Ikkala	380	2 586
Nummi-Saukkola	4 000	27 222
Koisjärvi	500	3 403
Tavola	440	2 994
Sammatti	1 300	8 847
Karstu	1 000	6 805
Pulli	97	660
Lehmijärvi	137	932
Lieviö	520	3 539
Karjalohja	1 405	9 562
Lohjansaari	165	1 123
Summa	**12 944**	**88 090**
Koko Lohja	46 000	300 000

Kuva 4 esittää lämmitysmuotojen jakauman Lohjan kaikkien rakennuksien välillä. Kuva 5 esittää lämmitysmuotojen jakauman kerrosalan mukaan Lohjan kaikissa rakennuksissa. Tilastokeskuksen tilastojen todenmukaisuudesta ei ole varmuutta, sillä tilasto kertoo rakennuksen alkuperäisen lämmitysmuodon, ja kaikki eivät ilmoita lämmitysmuodon vaihdoksesta. Tämä voi olla merkittävää esimerkiksi öljylämmityksestä vaihtavien kohdalla, jolloin öljyn ja kaasun osuus on todellisuudessa pienempi. Myös maalämmön todellinen osuus on tyypillisesti aliedustettu tilastossa.



Kuva 4 Lohjan kaikkien rakennuksien lämmitysmuotojen jakauma



Kuva 5 Lohjan lämmitysmuotojen jakauma kerrosalan mukaan

Lohjan rakennuksista 80 % on omakoti- ja paritaloja. Rivitaloja on 5 % ja kerrostaloja on 3 %. Lohjan rakennusten kaikesta kerrosalasta omakotitalojen osuus on 41 %, rivitalojen 7 % ja

kerrostalojen 14 %. Taulukko 2 esittää Lohjan ja koko Suomen asuinrakennuksien lämmitysmuotojen jakauman Tilastokeskuksen tiedoista.

Taulukko 2 Lohjan rakennuksien lämmitysmuotojen vertailu koko Suomen rakennusten lämmitysmuotoihin

	Kauko- tai aluelämpö		Öljy, kaasu		Sähkö		Puu, turve		Maalämpö	
	Lohja	Koko maa	Lohja	Koko maa	Lohja	Koko maa	Lohja	Koko maa	Lohja	Koko maa
Omakoti- ja paritalot	1 %	6 %	22 %	21 %	49 %	43 %	21 %	23 %	5 %	6 %
Rivitalot	29 %	48 %	15 %	17 %	50 %	31 %	1 %	1 %	5 %	3 %
Kerrostalot	59 %	79 %	28 %	13 %	6 %	5 %	4 %	2 %	3 %	2 %

Aluelämpöverkkojen tiedot on esitetty Taulukko 3. Alueverkot ovat Lohjan Energiahuolto Oy Loherin omistamia, ja niiden käyttöä hoitaa paikallinen lämpöyrittäjä. Lämpöyrittäjä hoitaa hakepolttoaineen hankinnan. Alueverkkoihin on liitetty pääosin liikerakennuksia, päiväkoteja, kouluja, kunnan kiinteistöjä. Myös muutamia rivi- ja kerrostaloja on liitettynä alueverkkoon, mutta niiden osuus on pieni. Lämpöyrittäjä hoitaa myös kiinteistökohtaisia hakekattiloita.

Kaukolämpöverkkoon on liitetty hyvin vähän omakotitaloja koko Lohjan alueella. Paikallisen lämpöyrityksen edustaja ei näe tulevaisuudessa alueverkkojen laajentamista kannattavana. Alueverkon laajentaminen vaatisi tarpeeksi monta samanaikaista liittyjää lähellä verkkoa. Haastattelujen perusteella uudet suuret kiinteistöt valitsevat usein maalämmön hakkeen sijasta. Lämpöyrittäjä arvioi hakkeen käytökseen noin 13 000 MWh. Öljykattiloita käytetään pääosin häiriö- ja huoltotilanteissa, joten öljyn käyttö on vain pari prosenttia hakkeen osuudesta.

Taulukko 3 Lohjan kylien aluelämpöverkot

Kylä	Verkon pituus km	Kattilateho (+ varakattila) MW	Pääpolttoaine + Varapolttoaine
Pusula	1,4	1 + 0,8	Hake + öljy
Nummi	1	0,7 + 0,1	Hake + öljy
Sammatti	0,6	0,5 +0,6	Hake

Lähitulevaisuudessa Nummen alueen kaukolämmön osalta joudutaan miettimään uusia ratkaisuja laitteiston vanhenemisen johdosta.

3.2 Resurssit ja potentiaalit

Lohjan yksittäisten alueiden tai kylien metsäbiomassan ja maatalouden sivuvirtojen potentiaalia ei voida arvioida lähdetietojen puutteen vuoksi. Kylien ympäriltä saatavilla olevat maa- ja metsätaloudenresurssit ovat hyvin samanlaisia kylien välillä. Osa kylistä sijaitsee muutaman kilometrin päässä toisesta tarkkailtavasta kylästä, joten yksittäisten kylien resurssien rajaaminen on vaikeaa.

3.2.1 Jätevesi

Lohjan alueella on kaksi jätevedenpuhdistamoa, jotka sijaitsevat useiden kilometrien päässä kyläkeskuksista. Näin ollen jätevettä ei nähdä potentiaaliseksi hukkalämmön lähteeksi kylille. Kyläkeskuksien alueilla jätevesien käsittely hoidetaan paikallisesti kiinteistö- tai kyläkohtaisilla ratkaisuilla.

3.2.2 Biokaasu

Biokaasupotentiaalin tarkastelu keskitettiin maatalouden jäte- ja sivuvirtoihin.

Lohjan alueen eläintalous perustuu lypsylehmien ja siipikarjan kasvatukseen. Haastattelujen perusteella pääosin kaikki karjan tuottama lietelanta levitetään pelloille. Lohjalla syntyvän naudan lannan biokaasupotentiaali olisi arviolta 13 862 MWh vuodessa.

Maatalouden sivuvirroista olkea ja erilaisia nurmi- ja ylijäämärehuvirtoja voidaan käyttää biokaasulaitoksen syötteenä. Käytännössä olki on teknisesti haastava biokaasulaitoksen syöte, ja ligniinipitoisuutensa vuoksi hajoaa mädätysprosessissa heikosti. Nurmi soveltuu edellä mainituista jakeista yleensä paremmin biokaasulaitoksen syötteeksi. Kesannoilla viljeltävälle nurmelle biokaasupotentiaali olisi noin 1 669 MWh vuodessa.

3.2.3 Metsä- ja peltobiomassa

Lohjan alueella on merkittävää metsätaloutta ja metsäteollisuuden toimijoita. Metsätalouden sivuvirtana syntyvästä energiapuusta voidaan tehdä metsähaketta. Uudishakkuista muodostuvan hakkuutähteen hake potentiaali on 5 562 MWh vuodessa. Hakkuutähteiden vuosittaiseen määrään vaikuttaa usea tekijä, kuten vuosittainen uudishakkuu kuutiomäärä, hakkuuympäristön kunto. Rankapuusta tehtävän metsähakkeen potentiaali on arviolta 31 861 MWh.

Oljen polttamista ei suosita sen matalan lämpöarvon ja korkean tuhkapitoisuuden vuoksi. Oljen potentiaali polttamisessa on 17 582 MWh vuodessa.

Metsä- ja peltobiomassojen kyläkohtaisten potentiaalien määritystä ei toteutettu tässä selvityksessä. Haasteena määrityksessä ovat kyläalueiden rajojen määritys sekä polttoaineiden jo olemassa oleva käyttö, minkä takia kyläkohtaisten lisäysmahdollisuuksien määritys olisi erittäin hankalaa. Lisäksi kukin metsänomistaja tekee itse päätöksen siitä, mihin tai kenelle energiapuunsa myy. Kysyntä-tarjontatilanteesta johtuen puu kulkeutuu usein kyläalueen ulkopuolelle. Näistä syistä johtuen kyläkohtaisten potentiaalien tarkastelua ei nähty mielekkäänä.

3.2.4 Jätepuu

Enerkon Ympäristöpalvelut Oy:n Nummen kierrätyskeskuksella tuotetaan 18 000 tonnia kierrätyspuupolttoainetta vuodessa. Tulevaisuudessa kierrätyskeskus tuottaa 30 000 tonnia A-B luokan kierrätyspuupolttoainetta, joka nostaa kokonaiskapasiteetin 50 000 tonniin. Tulevaisuudessa potentiaalinen kapasiteetti nousee noin kierrätyspuupolttoaineelle 68 000 MWh:iin ja A-B luokan kierrätyspuupolttoaineille 113 000 MWh:iin. Vuosittainen kierrätyspolttoaineen tuotanto riippuu keskuksen vastaanottamista jätemääristä. Luokan A puujätettä voidaan käyttää hakkeena kaikissa kattiloissa. Luokan B puujätettä voidaan käyttää vain vaatimukset täyttävissä kattiloissa.

3.2.5 Teollisuuden hukkalämpö

Nordkalk Oy Ab:n omistama Tytyrin kaivoksen kalkkiuunista johdetaan hukkalämpöä noin 4 MW:n teholla Lohjan keskustan kaukolämpöverkkoon vastaten noin 9 % koko Lohjan alueen kaukolämmön tuotannosta mukaan lukien keskustan pääverkko ja kylien aluelämpöverkot. Vaikka muita merkittäviä teollisuuden hukkalämmön hyödyntämiskohteita ei tällä hetkellä ole,

hukkalämpöä olisi luultavasti saatavilla kaupungin keskustan yrityksiltä keskustan pääverkkoon. Tämän varmistaminen vaatisi erillisen selvityksen tekemisen.

3.2.6 Järvilämpö

Järvien lämmön hyödyntäminen lämpöpumpuilla ei nähty potentiaaliseksi. Kylien lähellä olevien järvien syvyydestä ei löytynyt luotettavaa tietoa. Järvilämmön kannalta olisi toivottavaa, että vesistön syvyys olisi yli kolme metriä, ja että tämä tavoitteellinen vähimmäissyvyys saavutettaisiin jo lähellä rantaa.

Kisakallion urheiluopistolla hyödynnetään järvilämpöä 900kW lämpöpumpulla, joten järvilämmöllä voi olla mahdollisia sovelluksia Lohjan alueella. Kuitenkin järvien rantarakentaminen on pääsääntöisesti liian harvaa Lohjalla, jotta järvilämmön hyödyntäminen olisi kannattavaa.

3.2.7 Maalämpö

Tilastokeskuksen mukaan noin 5 % omakoti- ja rivitaloista käyttävät maalämpöä. Tämänhetkisten tietojen mukaan uusien maalämpölupien saaminen on hyvin vaikeaa, jos kohde sijaitsee pohjavesialueella. Kylistä viisi sijaitsevat pohjavesialueilla. Pohjavesialueille maalämpökaivon rakentaminen vaatii aina Etelä-Suomen aluehallintoviraston vesilain mukaisen luvan.

Maalämpöjärjestelmälle tulee hakea toimenpidelupa, kun rakennuksen aiempi lämmitysjärjestelmä vaihdetaan maalämpöön. Maalämmön soveltuvuuteen vaikuttaa myös maapeitteen syvyys. Liian paksu maakerros pinnan ja kallion välillä hankaloittaa poraamista.

Lohjan kylistä joko osittain tai kokoaan pohjavesialueella sijaitsevat:

- Karjalohja
- Sammatti
- Nummi-Saukkola
- Ikkala
- Pusula
- Lehmijärvi

3.2.8 Vesivoima

Erilaisissa valtakunnallisissa selvityksissä vesivoiman lisäämispotentiaali on arvioitu suhteellisen pieneksi. Taloudellisesti kannattava vesivoima on jo rakennettu ja toisaalta jäljellä oleva potentiaali sijoittuu paljolti suojeltuihin vesistöihin, joiden hyödyntäminen on kiellettyä. Lohjalla ei tiedetä olevan vesivoimalla tuotettua sähköä ainakaan merkittävässä kokoluokassa (>1 MW).

3.2.9 Aurinkosähkö

Lohjalla kuten muissakin Suomen kunnissa on asennettu ja asennetaan koko ajan lisää aurinkopaneeleja rakennusten kattopinnoille tuottamaan kiinteistön tarvitsemaa sähköä esimerkiksi lämmön tuottamiseksi lämpöpumpuilla.

3.2.10 Aurinkolämpö

Lohjalla voidaan olettaa olevan muutamia rakennuskohtaisia pienen kokoluokan aurinkolämpö tuotantojärjestelmiä. Karjalohjalla sijaitsevalla matkailualan yrityksellä on keskisuuri aurinkolämpöjärjestelmä.

3.2.11 Pientuulivoima

Pientuulivoimalla ei ole laajamittaista potentiaalia hajautetussa sähköntuotannossa, mutta sillä voi olla teknistaloudellisesti kannattavia yksittäistapauksia esimerkiksi sähkönverkon ulkopuolella ja/tai tuottamaan sähköä lämpöpumppuihin perustuvissa lämmöntuotantoratkaisuissa.

Pientuulivoimakapasiteetin nykyistä tilannetta Lohjalla ei tiedetä. Lohjalla ei tällä hetkellä ole tuulivoimatuotantoa eikä sellaista ole valmistelussa.

4. OMAVARAISET MIKROENERGIAN TUOTANTOMUOTOJEN MALLIT MAASEUDULLE

Tässä luvussa kuvataan maaseudulle sopivia malleja lämmöntuotannon omavaraisuuden ja energiatehokkuuden edistämiseksi. Malleista neljässä kuvataan yleisien kiinteistökohtaisten lämmitysratkaisujen päivittäminen omavaraisempaan ja energiatehokkaampaan ratkaisukokonaisuuteen. Lisäksi kuvataan kolme pienen kokoluokan maaseudulle sopivaa keskitettyä lämmöntuotantoratkaisua.

4.1 Kiinteistökohtaiset mallit

Muutettaessa kiinteistökohtaisia lämmitysratkaisuja omavaraisempaan ja energiatehokkaampaan suuntaan, vaikuttaa olemassa oleva ratkaisu yleensä voimakkaasti valittavaan uuteen toteutukseen. Yksi keskeinen tekijä on olemassa olevan lämmitysratkaisun lämmönjakomenetelmä, erityisesti se, onko lämmönjako toteutettu vesikiertoisena vai ilmavälitteisenä. Vesikiertoisiin järjestelmiin soveltuvat ratkaisut voidaan yleensä helposti korvata toisella vesikiertoiseen järjestelmään soveltuvalla ratkaisulla, mutta ilmavälitteisen lämmitysjärjestelmänratkaisun (esim. suora sähkölämmitys) muuttaminen vesikiertoiseksi aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia. Lämmitysratkaisua tehostettaessa on siis olemassa ratkaisuja, jotka pystytään toteuttamaan muita järkevämmin ja edullisemmin. Seuraavaksi esiteltävissä kiinteistökohtaisissa malleissa on hyödynnetty näitä korvaavia ratkaisuja. Kiinteistökohtaiset mallit ovat:

- Öljylämmityksestä luopuminen
- Suoran sähkölämmityksen tehostaminen
- Varaavan sähkölämmityksen tehostaminen
- Aurinkoenergian hyödyntäminen rakennuksen lämmityksessä

4.1.1 Öljylämmityksestä luopuminen



ÖLJYLÄMMITYKSESTÄ LUOPUMINEN

Öljylämmitys on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, jossa lämpö tuotetaan kevyttä polttoöljyä polttamalla. Koska öljylämmityksessä lämpö välitetään rakennukseen vesikiertoisella järjestelmällä, on se korvattavissa usealla eri vesikiertoisella ratkaisulla.

Yleisimmät korvaavat ratkaisut:

- **Maalämpöjärjestelmä**
- **Ilma-vesilämpöpumppu**
- **Biopolttoaineet (esim. pelletti-/puukattila)**

Maalämpöjärjestelmän asennus vanhaan taloon (150 m^2) on investointina noin **15 000-22 000 €**. Vastaavaan uuteen taloon investointi on noin **12 000-16 000 €**.

Pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) järjestelmän arvioitu sähkönkulutus on noin 4 700 kWh/v (COP*=3) ja muutoksesta aiheutuva CO_2-päästövähennys** noin 3,5 t/v.

Ilma-vesilämpöpumppu tyypilliseen pientaloon on investointina noin **7 000–14 000 €**.

Pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) järjestelmän arvioitu sähkönkulutus on noin 6 800 kWh/v (COP*=2 ja muutoksesta aiheutuva CO_2-päästövähennys** noin 3,3 t/v.

Pellettilämmitys tavanomaiseen omakotitaloon maksaa töineen noin **9 000–15 000 €** (sis. pannuhuoneremontti ja pellettivuosivaraston rakentaminen). **Puukattilat** pientaloihin ovat hinnaltaan luokkaa **4 000–5 000 €** (pelkkä kattila, ei sis. asennusta ym. muutoksia).

Biopolttoaineita käytettäessä lämpöä tuotetaan vastaava määrä kuin öljylläkin, mutta CO_2-päästöt poistuvat, koska biopolttoaineet ovat laskennallisesti hiilineutraaleja.

* Lämpöpumppujen kohdalla ilmoitettu COP-arvo eli lämpökerroin kuvaa ratkaisun kykyä tuottaa lämpöä kulutettua sähkömäärää kohti. Esim. COP=3 tarkoittaa, että 1 kWh:lla sähköä voidaan tuottaa 3 kWh lämpöä.

** Huomioidaan öljylämmityksen välittömät päästöt sekä lämpöpumppujen kuluttaman sähkön tuotannosta aiheutuvat päästöt.

Lähteet: [3], [4], [5], [6], [7],

4.1.2 Suoran sähkölämmityksen tehostaminen

SUORAN SÄHKÖLÄMMITYKSEN TEHOSTAMINEN

Suorassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan sähköpattereilla tai esim. lattiaan sijoitetuilla sähkövastuksilla.

Koska suorassa sähkölämmityksessä lämpö siirtyy rakennuksessa ilman välityksellä, rajoittuvat sen tehostamisvaihtoehdot käytännössä muihin ilmavälitteisiin lämmöntuotantomuotoihin.

Yleisimmät tehostamisratkaisut:

- **Ilmalämpöpumppu**
- **Biopolttoaineet (esim. varaava takka tai leivinuuni)**

Ilmalämpöpumppu asennettuna on investointina noin **1 500–2 500 €.**

Käyttöönotolla pystytään sähkölämmitteisessä pientalossa vähentämään sähkönkulutusta luokkaa 3 000 kWh/v. Tällöin jäljelle jäävä sähkönkulutus pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) on noin 11 000 kWh/v ja kulutuksen vähentymisestä aiheutuva CO_2-päästövähennys* 0,3 t/v.

Varaavat takat ja leivinuunit ovat investointina **tuhansia euroja**, hinnan vaihdellessa runsaasti eri mallien välillä.

Biopolttoaineilla lämpöä tuotetaan vastaava määrä kuin sähkölläkin, mutta (sähköntuotannon) CO_2-päästöt poistuvat, koska biopolttoaineet ovat laskennallisesti hiilineutraaleja.

Varaavalla takalla tai leivinuunilla voidaan kattaa 10-30 % lämpöenergiankulutuksesta kokonaiskulutuksesta. Tällöin jäljelle jäävä sähkönkulutus pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) on noin 10 000–13 000 kWh/v ja kulutuksen vähentymisestä aiheutuva CO_2-päästövähennys* 0,1–0,4 t/v.

* Huomioidaan kulutetun sähkön tuotannosta aiheutuvat päästöt.

Lähteet: [8], [9], [10], [11]

4.1.3 Varaavan sähkölämmityksen tehostaminen

VARAAVAN SÄHKÖLÄMMITYKSEN TEHOSTAMINEN (kokonaisratkaisut)

Vesikiertoisessa varaavassa sähkölämmityksessä sähkövastuksilla lämmitetään varaajaa, josta lämpö siirretään veden välityksellä eri puolille rakennusta. Vesikiertoinen varaava sähkölämmitys on pienin muutoksin mahdollista korvata usealla eri vesikiertoisella ratkaisulla.

Yleisimmät korvaavat ratkaisut:

- **Maalämpöjärjestelmä**
- **Ilma-vesilämpöpumppu**
- **Biopolttoaineet (esim. pelletti-/puukattila)**

Maalämpöjärjestelmän asennus vanhaan taloon (150 m^2) on investointina noin **15 000-22 000 €**. Vastaavaan uuteen taloon investointi on noin **12 000-16 000 €**.

Pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) järjestelmän arvioitu sähkönkulutus on noin 4 700 kWh/v (COP*=3) ja muutoksesta aiheutuva CO_2-päästövähennys** noin 0,8 t/v.

Ilma-vesilämpöpumppu tyypilliseen pientaloon on investointina noin **7 000–14 000 €**.

Pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) järjestelmän arvioitu sähkönkulutus on noin 6 800 kWh/v (COP*=2 ja muutoksesta aiheutuva CO_2-päästövähennys** noin 0,6 t/v.

Pellettilämmitys tavanomaiseen omakotitaloon maksaa töineen noin **9 000–15 000 €** (sis. pannuhuoneremontti ja pellettivuosivaraston rakentaminen). **Puukattilat** pientaloihin ovat hinnaltaan luokkaa **4 000–5 000 €** (pelkkä kattila, ei sis. asennusta ym. muutoksia).

Biopolttoaineita käytettäessä lämpöä tuotetaan vastaava määrä kuin sähkölläkin, mutta (sähköntuotannon) CO_2-päästöt poistuvat, koska biopolttoaineet ovat laskennallisesti hiilineutraaleja. Pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) muutoksesta aiheutuva CO_2-päästövähennys** on noin 1,2 t/v.

* Lämpöpumppujen kohdalla ilmoitettu COP-arvo eli lämpökerroin kuvaa ratkaisun kykyä tuottaa lämpöä kulutettua sähkömäärää kohti. Esim. COP=3 tarkoittaa, että 1 kWh:lla sähköä voidaan tuottaa 3 kWh lämpöä.

** Huomioidaan sähkön tuotannosta aiheutuvat päästöt.

Lähteet: [3] [4], [6], [7]

VARAAVAN SÄHKÖLÄMMITYKSEN TEHOSTAMINEN (lisälämmitys)

Varaavaa sähkölämmitystä voidaan korvata myös osittain ilmavälitteisillä lisälämmitysratkaisuilla. Tämä sopii myös tilanteissa, joissa sähkövastuksilla varataan kiinteä massaa, kuten lattialaattaa.

Yleisimmät tehostamisratkaisut:

- **Ilmalämpöpumppu**
- **Biopolttoaineet (esim. varaava takka tai leivinuuni)**

Ilmalämpöpumppu asennettuna on investointina noin **1 500–2 500 €.**

Käyttöönotolla pystytään sähkölämmitteisessä pientalossa vähentämään sähkönkulutusta luokkaa 3 000 kWh/v. Tällöin jäljelle jäävä sähkönkulutus pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) on noin 11 000 kWh/v ja kulutuksen vähentymisestä aiheutuva CO_2-päästövähennys** 0,3 t/v.

Varaavat takat ja leivinuunit ovat investointina **tuhansia euroja**, hinnan vaihdellessa runsaasti eri mallien välillä.

Biopolttoaineilla lämpöä tuotetaan vastaava määrä kuin sähkölläkin, mutta (sähköntuotannon) CO_2-päästöt poistuvat, koska biopolttoaineet ovat laskennallisesti hiilineutraaleja.

Varaavalla takalla tai leivinuunilla voidaan kattaa 10-30 % lämpöenergiankulutuksesta kokonaiskulutuksesta. Tällöin jäljelle jäävä sähkönkulutus pientalossa (lämmönkulutus 14 000 kWh/v) on noin 10 000–13 000 kWh/v ja kulutuksen vähentymisestä aiheutuva CO_2-päästövähennys** 0,1–0,4 t/v.

* Lämpöpumppujen kohdalla ilmoitettu COP-arvo eli lämpökerroin kuvaa ratkaisun kykyä tuottaa lämpöä kulutettua sähkömäärää kohti. Esim. COP=3 tarkoittaa, että 1 kWh:lla sähköä voidaan tuottaa 3 kWh lämpöä.

** Huomioidaan sähkön tuotannosta aiheutuvat päästöt.

Lähteet: [8], [10]

4.1.4 Aurinkoenergian hyödyntäminen rakennuksen lämmityksessä

AURINKOENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUKSEN LÄMMITYKSESSÄ

Myös aurinkoenergiaa on mahdollista hyödyntää rakennuksen lämmityksessä.

Ratkaisuja aurinkoenergian hyödyntämiseen ovat:

- **Aurinkopaneelit (aurinkosähköjärjestelmä)**
- **Aurinkolämpökeräimet**

Aurinkopaneeleilla tuotetulla sähköllä voi korvata esimerkiksi lämpöpumppuratkaisujen käyttämää ostosähköä. Pientalon aurinkosähköjärjestelmä (noin 5 kW_p, sisältäen asennuksen) on nykyään investointina luokkaa **6 000–9 000 €.**

Aurinkosähköjärjestelmällä pystytään tuottamaan Etelä-Suomessa luokkaa 900 kWh vuodessa 1 kW_p paneelitehoa kohden. Korvattaessa ostosähköä aurinkosähköllä CO_2-päästövähennys* on noin 0,1 t vuodessa 1 kW_p paneelitehoa kohden.

Aurinkolämpökeräimillä talteen otettava lämpö siirretään varaajaan ja hyödynnetään tilojen tai käyttöveden lämmityksessä. Keräinjärjestelmän hinta asennettuna on noin **500–1 000 €/m²**. Sopiva pientalon keräinkapasiteetti voi olla esimerkiksi 4m^2.

Lämpökeräinten hyötysuhde on paneeleiden hyötysuhdetta korkeampi, mutta vaihtelee merkittävästi riippuen järjestelmäkokonaisuudesta ja vallitsevista olosuhteista. Lämpökeräinten paremman hyötysuhteen takia niiden hyödyntäminen lämmöntuotannossa on yleensä järkevämpää kuin paneeleilla tuotetun sähkön hyödyntäminen suoraan lämmityksessä.

Keräinjärjestelmän tyypillinen tuotto tuotettaessa käyttövettä on 0,4 MWh/keräin-m^2/v. Korvattaessa ostosähköllä tuotettua lämpöä aurinkolämmöllä CO^2-päästövähennys* olisi noin 0,04 t vuodessa yhtä keräin-m^2 kohden.

* Huomioidaan sähkölämmityksen kuluttaman sähkön tuotannosta aiheutuvat päästöt.

Lähteet: [12], [13], [14]

4.2 Keskitetyt mallit

Kiinteistökohtaisten mallien lisäksi esitetään kolme pienen kokoluokan keskitettyyn tuotantoratkaisuun perustuvaa omavaraisuusmallia. Malleissa kiinteistökohtaiset nykyiset energiaratkaisut korvataan paikallisiin resursseihin perutusvilla ratkaisuilla. Keskitetyt mallit ovat:

- Biolämpökeskus
- Keskitetty lämpöpumppuratkaisu
- Biokaasu-CHP

Keskitetyt mallit eivät perustu kiinteistöjen osalta olemassa olevaan aineistoon, vaan tarkoitus on kuvata pienten kiinteistökeskittymien mahdollisuuksia toteuttaa yhteinen lämmön-/energiantuotannon ratkaisu.

Keskitettyjen lämmöntuotantoratkaisujen kustannukset voi selvittää raportin liitteenä olevalla laskurilla, johon käyttäjä syöttää lähtötietoina asuinkiinteistön vesikiertoisen lämmitystavan (öljy, puu tai varaava sähkö), lämmönkulutuksen vuodessa ja keskistetyn lämmitysmuodon (hakekattila, pellettikattila, maalämpö tai ilmavesilämpöpumppu).

Laskuri antaa tuloksina asuinkiinteistön CO_2-päästöt nykyisellä lämmitystavalla, CO_2-päästöjen muutoksen siirryttäessä keskitettyyn lämmön tuotantoon, keskitetyn lämmitysmuodon nimellistehon olettaen, että keskitetty hake- tai pellettikattila mitoitetaan 100 % nimellisteholle, keskitetty maalämpö 90 % nimellisteholle ja keskitetty ilmavesilämpöpumppu 70 % nimellisteholle. Jos keskitetyn lämmöntuotantomuodon mitoitus on alle 100 %, niin loppu vuotuisesta lämmitysenergiasta, joka on tyypillisesti 5-10 %, katetaan asuinkiinteistön nykyisellä öljykattilalla tai varaavalla sähköllä, joita ei saa purkaa vaan pitää jättää käyttökuntoon myös varalämmönlähteeksi, jos keskitetty lämmöntuotantolaitos on poissa käytöstä. Käytetyn sähkön päästökertoimena on käytetty 89 kg CO_2/MWh. Laskurissa maalämmön COP-arvo on 3 ja ilmavesilämpöpumpun COP-arvo on 2.

Laskuri antaa myös keskitetyn lämmöntuotantomuodon investointikustannusarvion käyttäen huipun käyttöaikaa 2000 tuntia vuodessa ja seuraavia ominaiskustannusarvioita:

- pellettikattilalaitos 600 €/kW
- hakekattilalaitos 1000 €/kW
- ilmavesilämpöpumppulaitos 1500 €/kW
- maalämpöpumppulaitos 2000 €/kW

Keskitetty lämmöntuotantoratkaisu – tuotantotavasta riippumatta – tarvitsee aluelämpöverkon siirtämään lämpölaitoksella tuotettu lämpöenergia asuinkiinteistöihin. Lämpöverkkourakan kokonaiskustannusarvio sisältäen putkimateriaalin, maanrakennustyöt ja asennukset, on suuruusluokkaa 200 €/m riippuen lämpölaitoksen koosta.

Koska selvityksessä tarkastellaan lämpöomavaraisuutta, keskitetyt aurinkosähkö- ja pientuulivoimaratkaisut on rajattu työn ulkopuolelle.

4.2.1 Biolämpökeskus



BIOLÄMPÖKESKUS

Esimerkki pienen kokoluokan keskitetystä lämmöntuotantoratkaisusta on kiinteää biomassaa polttava lämpökeskus ja aluelämpöverkko.

Polttoaineena biolämpökeskuksissa käytetään tyypillisesti metsähaketta, mutta esimerkiksi myös pelletti, olki ja kierrätyspuu ovat vaihtoehtoja. Varalämmönlähteenä voidaan käyttää esimerkiksi öljypoltinta tai kiinteistöjen alkuperäisiä lämmitysratkaisuja.

Korvattaessa kymmenen pientalon öljylämmitys (lämmönkulutus 14 000 kWh/v/talo) biolämmöllä CO_2-päästövähennys* on noin 39,3 t vuodessa.

* Huomioidaan öljylämmityksen välittömät päästöt, biopolttoaineet ovat laskennallisesti hiilineutraaleja.

Biolämpökeskus-mallissa joukko lähekkäin sijaitsevia kiinteistöjä toteuttavat yhteisen biomassan polttoon perustuvan lämmitysratkaisun, joka koostuu lämpökeskuksesta, lämpöverkosta sekä kiinteistöjen lämmönjakolaitteista.

Biomassaa polttavat pienen kokoluokan lämpökeskusten lämpökattilat mitoitetaan tyypillisesti niin, että lisälämmönlähteitä ei tarvita, vaan tarvittava lämpömäärä pystytään tuottamaan myös kovilla pakkasilla biopolttoaineilla. Huoltojen ja häiriötilanteiden varalle lämpökeskuksissa on kuitenkin yleensä kevyellä polttoöljyllä toimiva öljypoltin.

Lämpökeskusten polttoainevarastot taas mitoitetaan tyypillisesti niin, että lämmityskaudella polttoainetta täytyy käydä lisäämässä muutaman päivän välein. Polttoaineen lisäyksen ohella työtä aiheuttavat säännölliset nuohoukset, huollot ja toimintahäiriöiden selvittäminen (esim. tukokset polttoaineensiirtolaitteissa) sekä polttoaineen hankinta.

Biolämpökeskusinvestointi, polttoainehuolto ja laitoksen käyttö voidaan toteuttaa yhteisesti, mutta niistä voi vastata myös yksi tai useampi hankkeessa mukana oleva kiinteistönomistaja tai kokonaan ulkopuolinen taho. Lämmöntuotanto voidaan ulkoistaa erillisen lämpöyrittäjän hoidettavaksi tai joku/jotkut kiinteistön omistaja voi itse ryhtyä lämpöyrittäjäksi muille kiinteistöille. Lämpöyrittäjämalli on kuvattu tarkemmin luvussa 5.1.

4.2.2 Keskitetty lämpöpumppuratkaisu



KESKITETTY LÄMPÖPUMPPURATKAISU

Lämpöpumppuja on mahdollista hyödyntää kiinteistökohtaisten ratkaisujen lisäksi myös keskitetysti.

Keskitetyiksi ratkaisuiksi soveltuvat esimerkiksi:

- **Maalämpö**
- **Ilma-vesilämpöpumppu**

Maalämmön kohdalla toimintaperiaate on sama kuin kiinteistökohtaisessa sovelluksessa, mutta lämpökaivoja tarvitaan suurempi määrä.

Sekä maalämmön että ilma-vesilämpöpumppuratkaisun kohdalla tarvitaan lisäksi suuritehoisempi lämpöpumppu ja lämmönsiirtoyhteys lämpöpumpun ja lämmitettävien rakennusten välille.

Korvattaessa kymmenen pientalon öljylämmitys (lämmönkulutus 14 000 kWh/v/talo) lämpöpumpulla tuotetulla lämmöllä kulutettu sähkömäärä ja CO_2-päästövähennys* on noin:

- **Maalämpöjärjestelmä** (COP**=3) 46 666 kWh/v ja 35,2 t/v
- **Ilma-vesilämpöpumppu** (COP**=2) 70 000 kWh/v ja 33,1 t/v

* Huomioidaan öljylämmityksen välittömät päästöt ja kulutetun sähkön tuotannosta aiheutuvat päästöt.

** Lämpöpumppujen kohdalla ilmoitettu COP-arvo eli lämpökerroin kuvaa ratkaisun kykyä tuottaa lämpöä kulutettua sähkömäärää kohti. Esim. COP=3 tarkoittaa, että 1 kWh:lla sähköä voidaan tuottaa 3 kWh lämpöä.

4.2.3 Biokaasu-CHP



BIOKAASU-CHP

Esimerkki pienestä yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon biokaasulaitoksesta on maatilan yhteydessä toimiva laitos. Syötteenä käytetään tilalla syntyvää lietelantaa (2 800 t/v) ja ylijäämärehua (150 t/v). Tuotteena saadaan sähköä ja lämpöä maatilan ja laitoksen tarpeisiin.

Jos biokaasulaitos tuottaa energiaa kaasusta esimerkiksi 600 MWh vuodessa, korvatessaan fossiilisilla polttoaineilla ja turpeella tuotettavaa sähköä ja lämpöä (yhteistuotanto),CO_2-päästövähennys* vuodessa olisi noin 93 t CO_2e.

* Päästövähennyksen arvioinnissa huomioitu biokaasun tuotannon päästöt, biopolttoaineet ovat laskennallisesti hiilineutraaleja.

Lähteet: [15], [16]

5. TOIMINNAN ORGANISOINTIMALLIT

5.1 Lämpöyrittäjämalli ja energiaosuuskunta

Lämpöyrittäjämalli on yleinen toimintamalli pienten maaseudulla sijaitsevien lämpöverkkojen tai lämmityskohteiden lämmittämiseen liittyvässä liiketoiminnassa.

Lämpöyrittäjä myy lämpöä asiakkailleen energiaperusteisesti (€/MWh) ja siis vastaa, siitä että lämpöä on tarjolla riittävästi asiakkaiden tarpeisiin. Varsinaisen lämmitystyön lisäksi lämpöyrittäjä voi vastata myös polttoaineen hankinnasta sekä lämpökeskusinvestoinnista.

Lämpöyrittäjätoiminta perustuu Suomessa yleensä metsähakkeen polttamiseen hakelämpökeskuksissa, mutta lämpöyrittäjyys toimintamallina ei ole menetelmäsidonnainen. Lämpöä voidaan tuottaa metsähakkeen lisäksi esimerkiksi pellettiä polttamalla tai lämpöpumppujen avulla. Lämpöyrittäjämalli soveltuu hyvin yhteen kappaleessa 4.2 esitettyihin keskitettyjen mallien kanssa.

Yksi lämpöyrittäjyydessä käytetty yhtiömuoto on energiaosuuskunta. Energiaosuuskunta on itsenäisten taloudellisten toimijoiden yhteenliittymä, joka vastaa kollektiivisesti lämmitettävän kohteen lämmittämisestä. Jäseninä osuuskunnassa voi olla itsenäisiä elinkeinonharjoittajia tai yksityisiä henkilöitä. Usein jäseninä on metsänomistajia, joiden metsistä osuuskunnan polttoaineen raaka-aineeksi käytettävää puuta hankitaan. Mukana osuuskunnassa voi olla myös esimerkiksi korjuu-, haketus- ja kuljetusyrittäjiä. Tyypillisiä energiaosuuskuntien lämmityskohteita ovat pienten maaseututaajamien aluelämpöverkot ja yksittäiset julkiset kiinteistöt.

5.2 Energiayhteisö

Energiayhteisö on jakamistalouden muoto, jossa yhteisön jäsenet jakavat keskenään sähköntuotannon ja -hankinnan hyötyjä [17]. Energiayhteisön voivat muodostaa esimerkiksi taloyhtiön osakkaat. Toimintamallina energiayhteisö soveltuu hyvin esimerkiksi keskitetyn aurinkosähköjärjestelmän hankintaan ja hyödyntämiseen. Energiayhteisömalli on sovellettavissa myös pientuulivoimaan.

Energiayhteisöt on jaettu kolmeen ryhmään: kiinteistön sisäisiin energiayhteisöihin, kiinteistörajat ylittäviin energiayhteisöihin ja hajautettuihin energiayhteisöihin.

5.2.1 Kiinteistön sisäinen energiayhteisö

Kiinteistön sisäisellä energiayhteisöllä tarkoitetaan energiayhteisön muodostanutta toimijaryhmää, joka sijaitsee saman kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän, esimerkiksi tontin alueella. Etuna toimintamallissa on, että itse tuotetun sähkön kulutuksesta ei tarvitse maksaa verkkopalvelumaksuja eikä sähköveroja. [18]



Kuva 6 Kiinteistön sisäinen energiayhteisö [18].

5.2.2 Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

Tulevaisuudessa energiayhteisöjä on todennäköisesti mahdollista muodostaa myös kiinteistörajojen yli, mikäli energian tuotanto ja kulutus sijaitsevat eri kiinteistöjen tai kiinteistöryhmien sisällä, mutta kuitenkin toistensa välittömässä läheisyydessä. Näillä näkymin kiinteistörajat ylittävien energiayhteisöjen muodostaminen mahdollistuu sähkömarkkinalain muutoksen myötä. Menettelyllä on tarkoitus mahdollistaa tuotantolaitoksen rakentaminen tilanteessa, jossa sähkönkäyttöpaikan kiinteistö ei tarjoa sopivaa paikkaa tuotannolle, mutta sopiva paikka löytyy kiinteistön välittömästä läheisyydestä, esimerkiksi naapurissa sijaitsevalta pellolta. Tässä tapauksessa sähkön tuotanto tapahtuisi toisen osapuolen hallinnassa olevalla alueella ja tuotettu sähkö siirrettäisiin sähkönkäyttäjän kiinteistöön erillisellä kaapelilla [18].



Kuva 7 Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö [18].

5.2.3 Hajautettu energiayhteisö

Hajautetun energiayhteisön osapuolet ovat maantieteellisesti hajautettu mihin tahansa päin Suomea. Yksinkertaisimmillaan hajautetusta energiayhteisöstä voidaan puhua, jos kuluttaja hyödyntää kesämökkinsä aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähkö kotonaan. Hajautetun energiayhteisön palveluja voi tarjota myös sähkönmyyjä tai erillinen palveluntarjoaja, joka voi

vastata myös yhteisön kokoamisesta ja yhteisten resurssien hankinnasta. Kaikilla hajautetun energiayhteisön jäsenillä on paikallisen sähköverkkoyhtiön kanssa verkkopalvelusopimus. Verkkoyhtiö vastaa kulutuskohteiden ja tuotantoresurssien mittaamisesta.

Hajautettu energiayhteisö siis hyödyntää olemassa olevaa sähköverkkoa ja maksaa tästä syystä normaalisti kaikki verkkopalvelumaksut ja verot. Sähkön energiamaksu sen sijaan riippuu yhteisön tuotantoresurssista. [18]



Kuva 8 Hajautettu energiayhteisö [18].

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä energiaomavaraisen hankkeen omavaraisuusselvitys käsittelee maaseudulle sopivia malleja lämmöntuotannon omavaraisuuden ja energiatehokkuuden edistämiseksi. Tässä selvityksessä energiaomavaraisuudella tarkoitetaan lämpöomavaraisuutta. Sähköomavaraisuutta ei tarkastella, koska sähkö on ns. bulkkitavaraa, normaalia teknologiaa, jota voi ostaa sähköä myyviltä yhtiöiltä. Selvityksessä tarkastellaan kuitenkin kiinteistökokoluokan hajautettuja sähköntuotantomuotoja, lähinnä kattamaan lämmityksen sähköntarvetta.

Työn alussa kuvataan pienimuotoiset energiantuotantovaihtoehdot, jotka soveltuvat kiinteistökohtaiseen ja keskitettyyn energiantuotantoon. Sen jälkeen toimintaympäristön nykytila analysoidaan keskittyen Lohjan alueen kyläkeskuksiin sekä energialähteiden resursseihin ja potentiaaleihin Lohjan kaupungin alueella.

Maaseudulle sopivista lämmöntuotannon malleista kuvataan yleisien kiinteistökohtaisten lämmitysratkaisujen päivittäminen omavaraisempaan ja energiatehokkaampaan ratkaisukokonaisuuteen. Kiinteistökohtaiset mallit ovat:

- Öljylämmityksestä luopuminen
- Suoran sähkölämmityksen tehostaminen
- Varaavan sähkölämmityksen tehostaminen
- Aurinkoenergian hyödyntäminen rakennuksen lämmityksessä

Lisäksi kuvataan kolme pienen kokoluokan maaseudulle sopivaa keskitettyä lämmöntuotantoratkaisua, joissa kiinteistökohtaiset nykyiset energiaratkaisut korvataan paikallisiin resursseihin perustuvilla keskitetyillä ratkaisuilla. Keskitetyt mallit ovat:

- Biolämpökeskus
- Keskitetty lämpöpumppuratkaisu
- Biokaasu-CHP

Sekä kiinteistökohtaisista että keskitetyistä lämmöntuotantoratkaisuista laadittiin tietokortit, joissa on tiivistetysti esitetty lämmöntuotantoratkaisujen tekninen toteutus ja mitoitus sekä vaikutus CO_2-päästöihin lähtötilanteeseen verrattuna.

Keskitettyjen lämmöntuotantoratkaisujen kustannuksien selvittämistä varteen laadittiin laskuri laskurilla, johon käyttäjä syöttää lähtötietoina asuinkiinteistön vesikiertoisen lämmitystavan, lämmönkulutuksen vuodessa ja keskistetyn lämmitysmuodon. Laskuri antaa tuloksina asuinkiinteistön CO_2-päästöt nykyisellä lämmitystavalla, CO_2-päästöjen muutoksen siirryttäessä keskitettyyn lämmön tuotantoon ja keskitetyn lämmitysmuodon nimellistehon.

Työn lopussa esiteltiin lämmöntuotantotoiminnan organisointimalleja, kuten lämpöyrittäjä ja energiaosuuskunta ja energiayhteisö.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Lohjan maaseudulle soveltuvat energiaomavaraiset lämmöntuotantoratkaisut ovat aina tapauskohtaisia, koska kyläkeskukset poikkeavat toisistaan monin tavoin. Kuitenkin alueellisella ja kylien välisellä yhteistyöllä on suuri vaikutus hyvien kokemusten jakamisessa ja energiaomavaraisten lämmöntuotantoratkaisujen toteuttamisessa.

7. BIBLIOGRAPHY

[1] Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, ”Juttusarja erikokoisista biokaasulaitoksista: pienet, keskisuuret ja suuret,” 2020. [Online]. Available: https://biokierto.fi/juttusarja-uttusarja-erikokoisista-biokaasulaitoksista-pienet-keskisuuret-ja-suuret/. [Haettu 2022].

[2] Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, ”Biokaasun ajankohtaiset asiat 2020-2030,” 2021. [Online]. Available: https://www.energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/biokaasun_ajankohtaiset_asiat-anna_virolainen-hynna.pdf. [Haettu 2022].

[3] Motiva, ”Maalämpöpumppu, MLP,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp.

[4] Motiva, ”Ilma-vesilämpöpumppu,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu.

[5] Motiva, ”Hyvin tehty – sujuvasti öljystä pellettiin,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/ajankohtaista_nyt/hyvin_tehty_-_sujuvasti_oljysta_pellettiin.

[6] Bioenergia ry, ”Pellettienergia - usein kysytyt kysymykset,” [Online]. Available: https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/pelletti-ukk/#:~:text=Pelletti%20on%20yksi%20edullisimmista%20l%C3%A4mmitystavoista,snt%2FkWh%20ja%20%C3%B6ljyl%C3%A4mmitys%20n..

[7] Puukattilamyyjien kotisivut, ”hintatietoja,” [Online].

[8] Motiva, ”Ilmalämpöpumppu,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lampopumpun_hankinta/ilmalampopumppu.

[9] Motiva, ”Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena.

[10] Takka- ja uunimyyjien kotisivut, ”hintatietoja,” [Online].

[11] Motiva, ”Lisälämmittimet,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lisalammittimet.

[12] Finsolar-hanke, ”Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus,” [Online]. Available: https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/.

[13] Aurinkosahkoakotiin.fi, ”Sijoittaminen ja tuotto,” [Online]. Available: https://aurinkosahkoakotiin.fi/sijoittaminen-ja-tuotto/.

[14] Motiva, ”Aurinkokeräinten hyötysuhteet,” [Online]. Available: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet.

[15] Tilastokeskus, ”Energia ja päästöt,” [Online]. Available: Tilastokeskus. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0011.htm .

[16] Luonnonvarakeskus, ”Maatilojen biokaasulaitokset,” 2016. [Online]. Available: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=1.

[17] Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, ”Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä - Älyverkkotyöryhmän loppuraportti,” 2018. [Online]. Available: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/TEM_33_2018.pdf.

[18] VTT, Elenia, ”Energiayhteisökäsikirja,” [Online]. Available: https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdc1e42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf.