

KOLIN TAKAMETSÄ

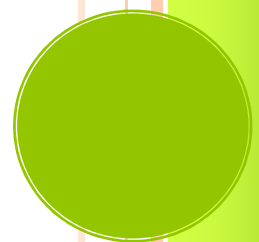
Kolille rakennettavan hirsirakenteisen talon laskennallinen lämpö- ja sähköenergiankulutus lämmön- ja sähköntuotantolaitteiston mitoituksen avuksi sekä alustava selvitys eräistä energiajärjestelmistä kohteeseen

Toimeksianto sisältää lämpö- ja sähköenergiankulutuksesta tehtyjen laskelmien tulokset kuukausittain sekä kuvaajana että taulukoituna.

Lisäselvityksenä on katsottu eri energiantuotantovaihtoehtoja, joissa tarkoituksen on pyrkiä kohti energiaomavaraisuutta.

Villeco Oy – rakentamisen energiatehokkuus ja kestävä rakentaminen
www.villeco.fi

29.5.2013



Kolin Takametsä

Kolille rakennettavan hirsirakenteisen talon laskennallinen lämpö- ja sähköenergiankulutus lämmön- ja sähköntuotantolaitteiston mitoituksen avuksi sekä alustava selvitys eräistä energiajärjestelmistä kohteeseen

ENERGIANKULUTUS

Taulukko 1. Laskennan lähtötiedot rakenteiden osalta

Rakennuskohde	Kolin Takametsä			
Osoite	Aapiskukontie 2, 83960 Koli			
Rakennuksen käyttötarkoitus	Asuinrakennus			
Ilmanvuotoluku q50	2	m ³ /(h m ²)		
Rakennusvaipan umpiosat	A m ²	U W/(m ² K)	UA W/K	%
Ulkoseinät	181,2	0,29	53	35 %
Yläpohja	174,5	0,15	26	17 %
Alapohja	148,8	0,17	25	17 %
Ikkunat	19,4	1,35	26	17 %
Ulko-ovet	6,2	1,00	6	4 %
Kylmäsiilat			16	10 %

Tiedot ilmanvaihtojärjestelmää varten:

Painovoimainen, 81 l/s

Tiedot LKV -järjestelmää varten:

Mitoitustehontarve 65 kW

Tiedot tilojen lämmöntuottojärjestelmää varten:

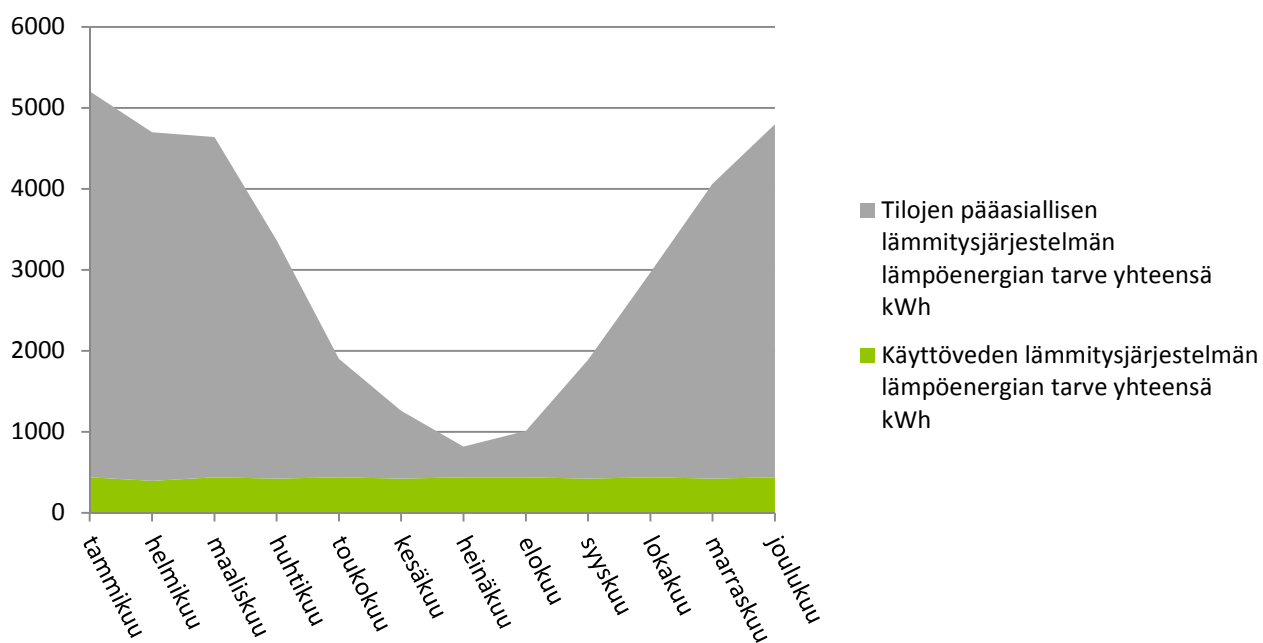
Mitoitustehontarve 11,6 kW

Mikäli rakennustiedot muuttuvat yllämainituista, laskentaa korjataan. Laskenta päivitetään, kun käyttöön saadaan riittävät suunnittelutiedot kohteesta. Lämpimän käyttöveden osalta on hyvä huomata, että lämpimän käyttövedenkulutus vaihtelee suuresti ja siksi myös arvio siitä vaihtelee paljon. Alustava laskenta on tehty arviolla noin 80 m³ lämmintä käyttövettä vuodessa. Tilojen lämmityksen osalta laskenta perustuu vakio-olosuhteisiin sisällä ja kuukauden keskimääräisiin ulkolämpötiloihin.

Pyydettyessä voimme tehdä kohteesta simuloinnin, jossa sisäilmaolosuhteet ovat riippuvaisia ulkoilmasta ja annetuista käyttötottumuksista.

Taulukko 2. Lämmitysenergian kulutus kuukausittain tammikuusta joulukuuhun sekä koko vuoden ajalta yhteensä

	Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarve yhteensä <i>kWh</i>	Tilojen pääasiallisen lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarve yhteensä <i>kWh</i>
tammikuu	439	4763
helmikuu	396	4302
maaliskuu	439	4198
huhtikuu	425	2940
toukokuu	439	1461
kesäkuu	425	836
heinäkuu	439	378
elokuu	439	572
syyskuu	425	1466
lokakuu	439	2528
marraskuu	425	3638
joulukuu	439	4358
yhteensä	5 167	31 094



Kaavio 1. Taulukon 2 tiedot kuvaajana

Tiedot sähköntuottojärjestelmää varten:

Kuluttajalaitteet

- astianpesukone - 300 kWh
- pyykinpesukone - 400 kWh
- jääkaappi-pakastin - 500 kWh
- viihde- ja pienlaitteet - 400 kWh
- ruoan valmistus - 700 kWh
- auton lämmitin - 300 kWh

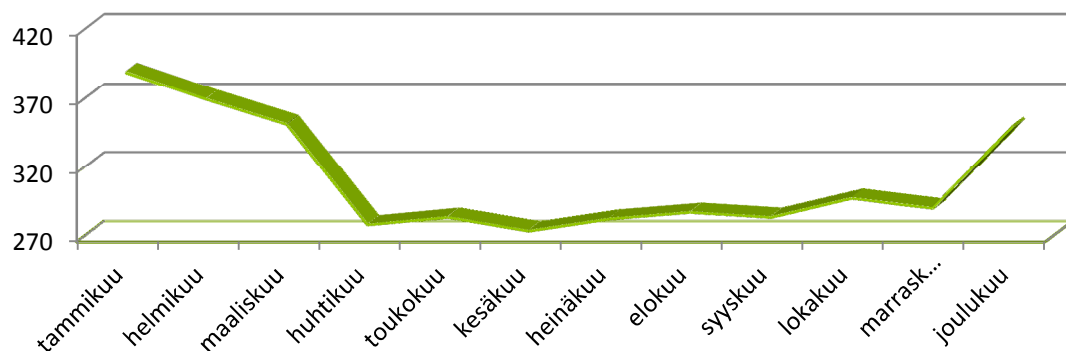
Valaistus (LED) - 500 kWh

Lämmitysjärjestelmän apulaitteet 630 kWh

Yhteensä 3 730 kWh

Taulukko 3. Sähkönkulutus

	Sähkönkulutus, kWh
tammikuu	389
helmikuu	369
maaliskuu	351
huhtikuu	278
toukokuu	283
kesäkuu	273
heinäkuu	282
elokuu	287
syyskuu	283
lokakuu	297
marraskuu	290
joulukuu	350



Kaavio 2. Sähkönkulutus

Sähkölaitteiden käytössä ja määrässä on hyvin paljon vaihtelua ja siten laitteiden kuluttaman energian määrä voi vaihdella hyvinkin paljon. Mikäli tarkempaa arviota kulutuksesta halutaan muodostaa, on hyvä käydä laitteet sekä käyttötottumuksia yhdessä tarkemmin läpi.

ENERGIANTUOTANTOJÄRJESTELMÄT

Energiantuotantojärjestelminä tarkastellaan seuraavia ratkaisuja:

- Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto energianlähteenä pelletti
- Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto energianlähteenä puu
- Lämmöntuottomuotona maalämpö
- Lämmöntuottomuotona puulämmitys
- aurinkoenergia

Selvitystä tehtäessä ei löydetty valmiita tuotteistettuja ratkaisuja yhdistettyyn lämmön ja sähkön tuotantoon (myöhemmin CHP -laite) erillisessä pientalossa tai vastaavassa kokoluokassa, vaan tuotteet olivat suurempaan kokoluokkaan tarkoitettuja. Pientalokokoluokan kohteisiin löytyi kuitenkin muutamia vaihtoehtoja, joissa on parhaillaan menossa pilottivaihe. Myös Kolin kohteeseen on mahdollista saada pilotti CHP -järjestelmästä.

Maalämpö ja puulämmitysjärjestelmät ovat yleisiä Suomessa ja saatavilla pientalokohteisiin. Näiden rinnalla energiaomavaraisuuteen pyrittäessä ovat yleisiä ratkaisuja aurinkolämpökeräimet ja -sähköpaneelit. Aurinkoenergiaratkaisuihin yhdistettyyn lämmön ja sähkön tuotantoon pientaloissa löytyy yhdistetty aurinkosähköpaneeli ja lämpökeräin (myöhemmin PVT -paneeli). PVT -paneelissa on päällimmäisenä monikiteisestä piistä valmistettu aurinkosähköpaneeli, jonka alla on aurinkolämpökeräin. Yhdistetyssä PVT -paneelissa on erillisiin vastaaviin ratkaisuihin verrattaessa etuna, että sähköpaneeli pysyy viileämpänä alla olevan lämpökeräimen ansiosta, jolloin sähköpaneelin hyötysuhde on parempi säteilyn ollessa voimakkaimmillaan.

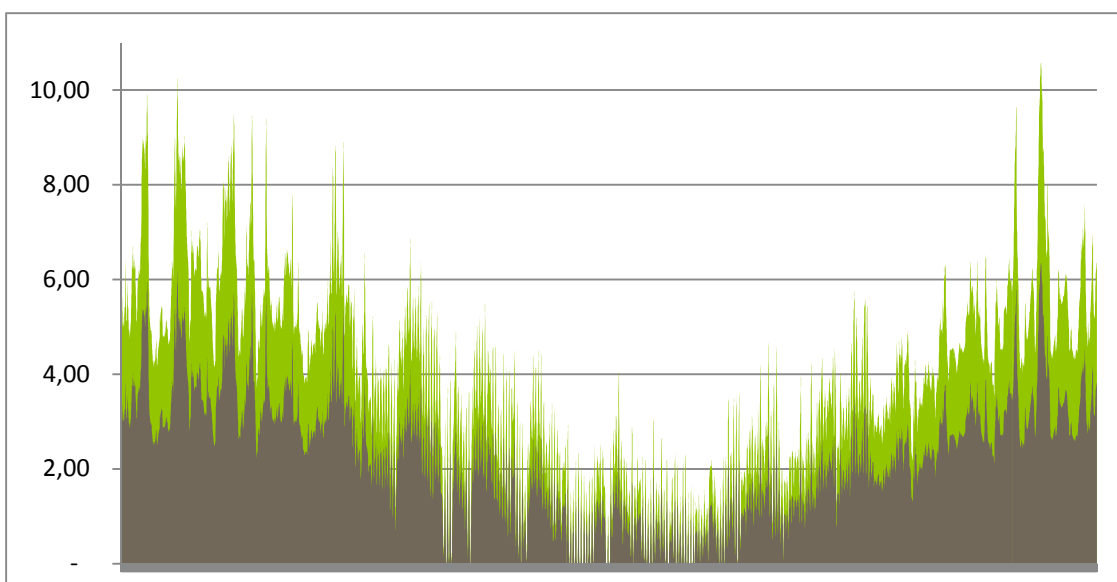
Lämpö- ja sähköenergian tarpeen mukainen tuottaminen ja energiaomavaraisuus ovat kohteessa mahdollista CHP-laiteilla, joissa energian lähteenä pelletti tai puu. Pelletti CHP-laitteen kanssa olisi hyvä olla käytössä noin 3 kWp aurinkosähkövoimala, jotta lämmityskauden ulkopuolella ei jouduta käyttämään CHP -laitetta, kun lämmöntarve ei vastaa sähköenergiankulutusta ja näin voidaan tavoitella energiaomavaraisuutta kohteessa. Nettoperiaatteella tarkasteltuna koko vuoden aikana kulutettava energiamäärä voidaan tuottaa myös aurinkosähkövoimalalla niin, että huhti – elokuussa sähköenergiaa saadaan enemmän kuin kulutetaan kun taas lopun aikaa vuodesta joudutaan ostamaan energiaa. Lämmöntuottomuodon ollessa puulämmitys riittävä huipputeho aurinkosähköjärjestelmälle on 3 – 4 kWp kun taas maalämpöjärjestelmän yhteydessä riittävä huipputeho järjestelmälle on vähintään 9 kWp, kun maalämpöjärjestelmä on osatehomitoitettu ja osa lämmöstä tuotetaan puulämmityksen avulla (esim. vesikiertoinen tulisija, liesi tai kiuas). 9 kWp aurinkosähkövoimala ei kuitenkaan mahdu kohteessa rakennuksen etelälapelle. Suurin kattolapellelle asennettavissa oleva teho on noin 5 kWp.

Huomioita

Kohteessa on painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, jossa ei ole lämmön talteenottoa. Parhaimmillaan lämmöntalteenottolaitteen avulla kohteen lämmitysjärjestelmälle voidaan saavuttaa noin 20 000 kWh kulutus. Eli lämmitysenergiassa voidaan säästää yli 10 000 kWh olettaen, että kohteessa pidetään yllä mitoitusilmavirtoja molemmissa ilmanvaihtoratkaisuissa. Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä lisää sähköenergiankulutusta vuoden aikana kohteessa noin 1000 kWh. 10 000 kWh lämmitysenergian tarve puulämmitteisessä talossa tarkoittaa noin 8 p-m³ polttopuuta ja lämpöpumpulla tuotettaessa noin 2 500 kWh sähköenergian kulutusta.

Mietittäessä teknisiin järjestelmiin liittyviä valintoja on hyvä huomioida myös ilmanvaihdon ja lämmityksen vaikutukset toisiinsa: Puulämmitys lisää ilman vaihtuvuutta, koska palaminen tarvitsee runsaasti ilmaa. Tulisijojen käyttö edellyttää myös parempaa ilmanvaihdon suunnittelua terveellisen sisäilman ja mielekkään ilmanvaihdon saavuttamiseksi. Siksi jäljempänä esitetyt esimerkkiratkaisut ovat koottu niin, että kohteeseen suunniteltu painovoimainen ilmanvaihto on toteutettu puulämmitysratkaisussa. Kun taas maalämpöratkaisussa on hyödynnetty koneellista tulo-poistoilmanvaihtoa lämmöntalteenotolla, koska se pienentää koko järjestelmän investointikustannuksia ja tekee mahdolliseksi jossain määrin tavoitella energiaomavaraisuutta kohteessa.

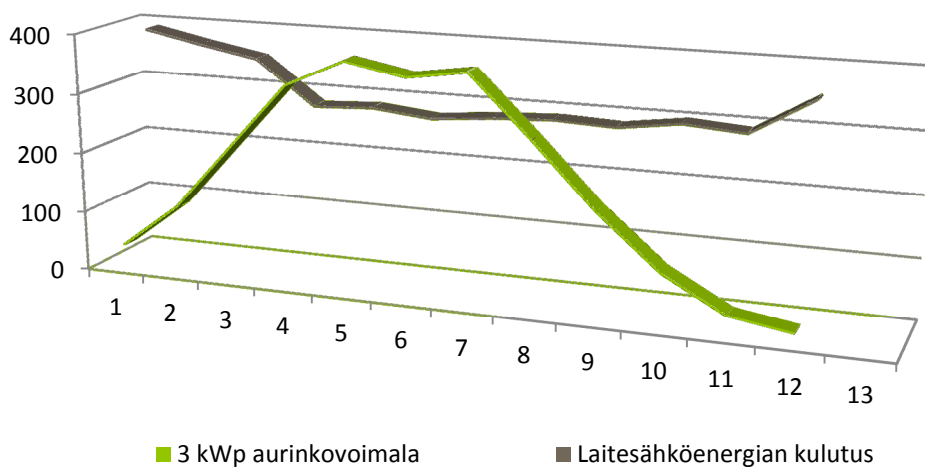
Alla kaaviossa on esitetty rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän tehontarve kilowatteina vuoden aikana säävyöhykkeen esimerkkivuoden säätietojen (Jyväskylä) perusteella laskettuna. Vihreällä painovoimainen ilmanvaihtoratkaisu ja harmaalla ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla toteutettu ratkaisu. Toteutettaessa käyttöveden lämmitys varaajan avulla, voidaan tilojen lämmityksen huipputehontarpeen lisäksi laskea noin 0,5 kW lisätehoa. Lisäksi on huomioitava valitun lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde.



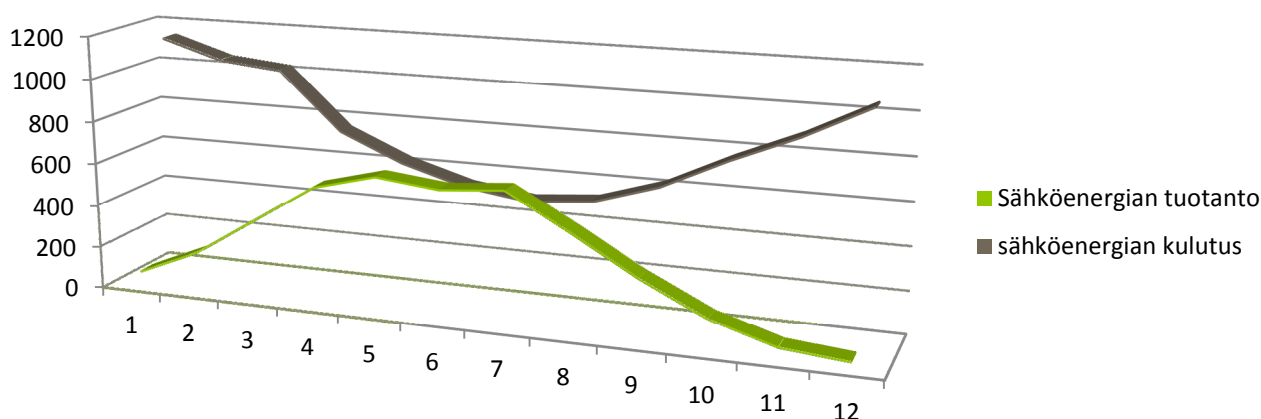
Energiantuotantojärjestelmävaihtoehtoja

PUULÄMMITYSJÄRJESTELMÄSSÄ lämmöntuotto voidaan toteuttaa kodin eri tulisijojen avulla. Kun lämmöntuottoon hyödynnetään useampia kodin tulisijoja, voidaan rakennus lämmittää parhaimmillaan tulisijojen normaalilla käytöllä saunomisen, ruuanlaiton tms. yhteydessä. Puulämmityksessä on hyvä harkita aurinkolämpöä varsinkin, jos puulämmitys liittyy normaaleihin käyttötottumuksiin. Puulämmityksen hyvä puoli on CO₂-neutraali lämmitys ja usein myös riippumattomuus ostoenergiakulutuksesta.

Energiaomavaraisuuteen pyrittäessä puulämmitys antaa siihen hyvät lähtökohdat, koska kaikki lämpö pystytään tuottamaan itse. Laitesähkökulutuksen kattamiseksi kohteeseen tulisi asentaa esimerkiksi 4 kWp aurinkosähkövoimala, joka tuottaa rakennuksen katolle asennettuna noin 3 200 kWh vuodessa. Esimerkkijärjestelmään (kuvaaja alla) on tästä huolimatta valittu 3 kWp voimala asennettuna katolle, jotta ylimääräistä sähköntuotantoa, jota ei pystytä hyödyntämään kohteessa, olisi mahdollisimman vähän. 3 kWp sähkövoimala tuottaa vuodessa noin 2 500 kWh, johon on mahdollista haluttaessa pyrkiä myös vuotuisen kulutuksen osalta.



Jos kohteeseen toteutetaan **KONEELLINEN TULO-POISTOILMANVAIHTO LÄMMÖNTALTEENOTOLLA** sekä **MAALÄMPÖRATKAISU**, lisääntyy kohteen sähköenergiakulutus noin 6 000 kWh. Tässä esimerkkiratkaisussa maalämpö on mitoitettu mahdollisimman pieneksi, jotta sähköntuotantojärjestelmälle ei aseteta liian suuria vaatimuksia ja sitä kautta nosteta energiajärjestelmien kokonaiskustannuksia. Maalämmön osuus mitoitustehosta tulee olla suhteellisen pieni, jos halutaan tavoitella energiaomavaraisuutta, koska 5 kWp voimala on suurimpia, mitä rakennuksen katolle mahtuu. Lisäenergia voidaan tuottaa talon tulisijoja hyödyntämällä. 5 kWp aurinkovoimala tuottaa noin 4 000 kWh. Jäljessä olevassa kaaviossa on maalämpöratkaisun sähköenergian kulutus yhteensä, sisältäen laitesähkön sekä maalämmön sähköenergian tarpeen, verrattuna aurinkosähkön tuotantoon.



Maalämmön hyvä puoli verrattuna muihin on sen helppous sekä suuri maasta saatava omavaraisenergian määrä.

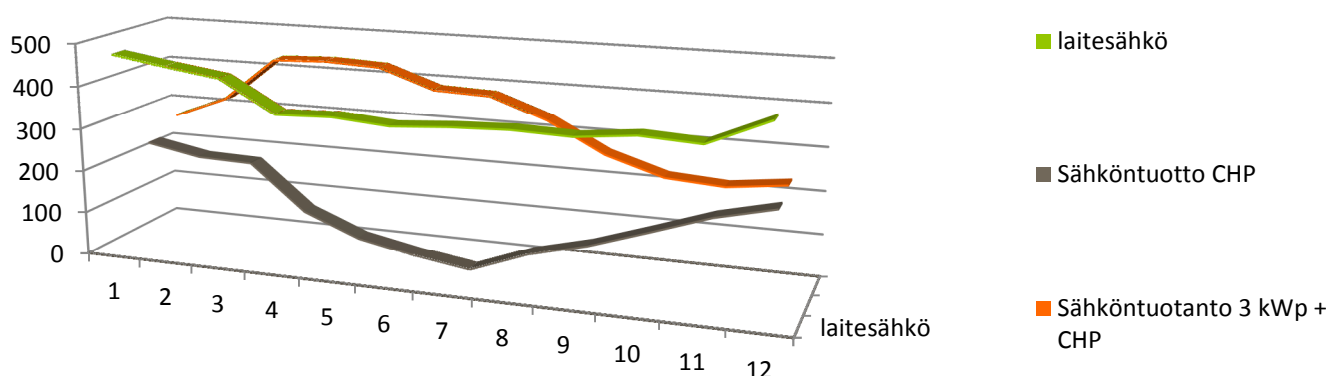
Selvityksen aikana löysimme yhden Itävaltalaisen valmistajan ÖkoFen, johon myös saatiin yhteys, ja jolla on PELLETTIKÄYTTÖINEN MIKROLUOKAN CHP-LAITE. Laite on sopiva käytettäväksi erillisissä pientaloissa. Tuotteella on käynnissä pilotti, jonka valmistaja toteuttaa kotimaassaan Itävällassa. Markkinoilla, mahdollisesti myös kotimaansa ulkopuolella, valmistaja uskoi tuotteen olevan saatavilla 2015.

Projektissa ÖkoFen_e pilotoitava Pellematic Smart e -laitteessa on käytössä ÖkoFenin pellettikattila ja Microgen Engine Corporationin Stirling moottori.

Pellematic Smart e

Nimellisteho	15,6 kW
Lämmöntuotto nimellisteholla	14,8 kW
Sähköteho	1000 W

Pelletti käyttöiseen CHP-laitteen rinnalla on esimerkissä valittu ilmanvaihdon lämmöntalteenotto pienentämään polttoaineen ja energian kokonaiskulutusta. Taulukosta jäljempänä nähdään, että CHP laitoksen kanssa sopii noin 3 kWp aurinkovoimala tuottamaan jopa lähelle kaiken energian tarpeen mukaisesti. Lisäksi, jos auringosta kerätään myös lämpöä talteen, voidaan pelletin kulutusta vähentää, koska keväällä ja kesällä auringosta saadaan riittävästi sekä lämpöä että sähköä. Kaaviossa esitetty tilanne on laskettu 2 kWp PVT paneeliosuudella ja 1 kWp PV paneeliosuudella, jolloin auringosta saadaan sekä lämpöä että sähköä. Lisäksi ilmanvaihto- ja lämmöntalteenotto-laite lisää sähköenergian tarvetta ja vähentää taas lämmöntarvetta ja sopii siten hyvin myös tähän kokonaisuuteen saaden kulutuksen ja tuotannon vastaamaan paremmin toisiaan.



Pelletti CHP -laitteella voidaan tuottaa kaikki lämpöenergia mitä kohteessa kulutetaan. Järjestelmä on hyvä ratkaisu kohteeseen, jossa tavoitteena ovat riippumattomuus. Valmiita laitteita ei ole kuitenkaan tarjolla vielä tällä hetkellä pientalokokoluokan sovelluksiin Suomessa.

TOISENA CHP-JÄRJESTELMÄRATKAISUNA kohteeseen selvitetään kokonaisuutta, jossa pääenergianlähteenä toimii SteamMotor Finland Oy:n kiertomäntäisen ja pyörivämäntäisen höyrymoottorin yhdistelmää Quadrum ja höyrykehityslaitte Quadrumina. Järjestelmä on pilottivaiheessa ja pilottivaihe toteutetaan Suomessa. Järjestelmä koostuu kuumaa liekkiä kehittävästä puupolttolaitoksesta, Quadrumina höyrykattilasta ja Quadrum höyrymoottorista sekä generaattorista. Tämän lisäksi tarvitaan energian varastointijärjestelmä. Lämpö varastoidaan kapasiteetiltaan suureen lämmitysenenergiavaraajaan ja sähkö akustoon.

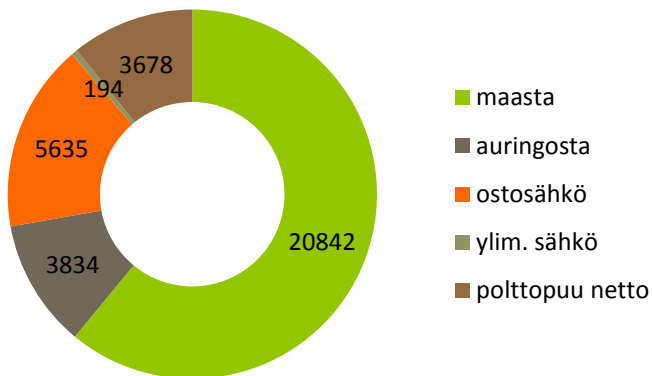
Steam Motor Finland CHP -laitos pientalokohteeseen

Kohteeseen valitun etupesän teho	noin 20 kW
Lämmöntuotto	noin 14 kW
Sähköteho	noin 4 kW

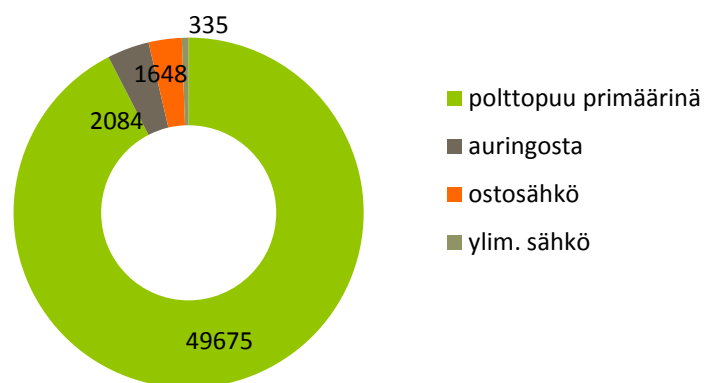
Tällä puupolttoainetta käyttävällä CHP -järjestelmällä voidaan tuottaa kaikki lämpö- ja sähköenergia mitä kohteessa kulutetaan. Järjestelmä on hyvä ratkaisu kohteeseen, jossa tavoitteena on riippumattomuus ja polttopuuta on omasta takaa. Suomessa ovat käynnistymässä ensimmäiset pilotit.

Energian lähteet, kWh

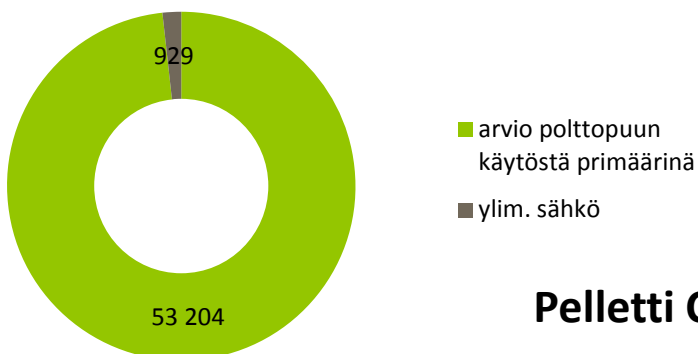
maalämpö + LTO + aurinko 5 kWp



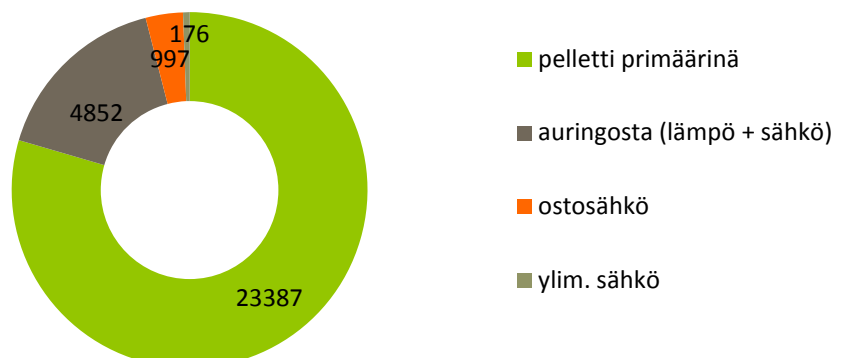
puulämmitys + aurinko 3 kWp



Höyryvoima CHP



Pelletti CHP + LTO + aurinko 3 kWp



Kustannukset

Maalämpö + aurinko 5 kWp

Maalämpöjärjestelmä + ilmanvaihtojärjestelmä asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 23 000 €
(ei sisällä lämmön tai ilmanvaihdon jakojärjestelmää)

- lämpöpumppu 4 kW...6 kW
- energiavaraaja 500 litraa
- lämmön säätö ja ohjaus
- asennus ja tarvikkeet
- lämpökaivo, 170...200 m
- ilmanvaihto ja lämmöntalteenotto laite $\eta_{lto}=86\%$, $SFP < 1,2 \text{ kWh}/(\text{m}^3/\text{s})$ ja maalämmönvaihdyksikkö jäätymisenestoon

Vesikiertoinen kiuas, asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 2 600 €

Aurinkojärjestelmä asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 9 500 €

- aurinkosähköpaneelit monikiteinen pii, esim. 250 Wp x 20 kpl
- vaihtosuuntaaja ja sähköasennustarvikkeet
- kiinnikkeet katolle sekä muut tarvikkeet
- asennus

Investointikustannus yhteensä noin 34 600 €

Puulämmitys + aurinkosähkö 3 kWp ja -lämpö 10m²

Puulämmitysjärjestelmä, asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 6 000 €

- vesikiertoinen takkasydän 20-30 kW
- latausyksikkö, asennus ja tarvikkeet

Vesikiertoinen kiuas, asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 2 600 €

Energiavaraaja 1000 litraa, aurinkolämpökeräimet 10 m², lämmön säätö ja ohjaus, asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 11 000 €

Aurinkosähköjärjestelmä asennus ja tarvikkeet 7 000 €

- aurinkosähköpaneelit yksikiteinen pii, esim. 250 Wp x 12 kpl
- vaihtosuuntaaja ja sähköasennustarvikkeet
- kiinnikkeet katolle sekä muut tarvikkeet
- asennus

Investointikustannus yhteensä noin 27 000 €

Puulämmitys – höyryvoima -järjestelmä

Puulämmitysjärjestelmä, asennus ja tarvikkeet yhteensä noin 10 000 €

- etupesä 20 kW
- lämpövaraaja 4 m³
- lämmönsäätö
- asennus ja tarvikkeet

Höyryvoimajärjestelmä, asennus ja tarvikkeet yhteensä alustava arvio noin 62 000 €

- Quadumina höyrynkehitin
- Quadrum höyrymoottori
- generaattori
- sähkön varastointijärjestelmä (kodin energianhallintajärjestelmä, lyijy-geeli akut 24 x 940 Wh)
- asennus ja tarvikkeet

Investointikustannus yhteensä arviolta noin 72 000 €

Huomioita

Pelletti CHP-laitteiston hintaluokka ei ole tiedossa, koska laitetta ei myydä Suomeen.

Minihöyryvoimalan kustannuksista on esitetty alustava arvio. Kustannukset tarkentuvat kun useampia pilotteja saadaan vietyä eteenpäin.

Energiaomavaraisuuteen pyrittäessä ja erityisesti ostoenergiankulutuksen vähentämiseksi voidaan myös muissa kuin CHP -ratkaisuihin, käyttää lisäksi akustoa, akun latausohjausta sekä kuorman ja verkkoon syötön ohjausta.

Esimerkkijärjestelmiin toteutettuna ratkaisut, joissa nämä ominaisuudet, akkusarjat sekä UPS-järjestelmä ovat lisäkustannuksiltaan noin 3 500 € (3 kW yksikkö + 2 kpl 150Ah/12V AGM-akkuja) ja 5 500 € (5 kW yksikkö + 6 kpl 150Ah/12V AGM-akkuja).

Tarkempi kuvaus esimerkkiratkaisujen valmistajista, laiteosista ja niiden teknisistä tiedoista toimitetaan tarjouspyynnön mukaan. Maalämpölaitteita, puulämmityslaitteita sekä laitevalmistajia kuten myös aurinkolämpö ja -sähköjärjestelmävalmistajia on useampia mahdollisia.