

# Energiantuotanto pientalossa

Eemeli Viljakainen

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2015

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Viljakainen, Eemeli	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 14.01.2015
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi <b>Energiantuotanto pientalossa</b>		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Haapamaa, Hannu		
Toimeksiantaja(t) Pietiäinen, Ilkka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä vertailtiin eri energiamuotojen kannattavuutta pientaloihin. Kohteena työssä oli Mäntylän tila , jossa vuotuinen lämmitystarve on 22 000 kWh sekä teoreettinen pientalo, jonka vuotuinen lämmitystarve on 15 000 kWh.</p> <p>Mäntylän tilalla Mikkelissä on lämmitysremontti edessä nykyisen puukattilan tullessa elinkaarensa päähän. Nykyinen kattila on alapalokattila ja sitä on korjaushitsattu jo useamman kerran.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin erilaisten vaihtoehtoisten ympäristöystävällisten lämmitysmuotojen taloudellisuutta, sekä samalla selvitettiin pienimuotoisen sähköntuotannon kannattavuutta. Opinnäytetyön vertailuun lisättiin myös kaukolämpö, vaikka Mäntylän tila ei ole kaukolämpöverkon alueella.</p> <p>Työhön on selvitetty eri lämmitysmuotojen, aurinkosähkön ja tuulivoiman investointi- sekä käyttökustannuksia. Työssä ei ole tarkemmin perehdytty energianhintojen nousuun, investointien korkomaailmaan eikä kotitalousvähennyksen vaikutukseen.</p> <p>Vertailun tuloksena Mäntylän tilalla kannattavin lämmitysmuoto olisi maalämpö, varsinkin mikäli pihassa olevaa käyttämätöntä porakaivoa voidaan hyödyntää lämpökaivona. Toiseksi kannattavinta on jatkaa nykyisellään, eli polttaa puita omasta metsästä. Tutkimuksen perusteella aurinkolämmön, aurinkosähkön ja tuulivoiman kannattavuus on selvittävä kohdekohtaisesti suurten investointikustannustensa vuoksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) uusitutuvat energialähteet, lämmöntuotanto, pientalo, pienimuotoinen sähköntuotanto		
Muut tiedot		



Author(s) Viljakainen, Eemeli	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 14012015
	Pages 33	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title <b>Energy production in small residential building</b>		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) Haapamaa, Hannu		
Assigned by Pietäinen, Ilkka		
<p>Abstract</p> <p>This thesis compares the different forms of energy profitability of small houses. The object of the thesis project is Mäntylä farm with an annual heating requirement of 22 000 kWh, as well as a theoretical small residential building with an annual heating requirement of 15 000 kWh.</p> <p>There is a need for heating renovation on Mäntylä farm in Mikkeli because the existing downdraft wood boiler has been welded up many times.</p> <p>The thesis studied the profitability of different environmental forms of heating and small-scale electricity production. District heating was also considered even though Mäntylä farm is not in the area of district heating network.</p> <p>This work studied the investment in various forms of heating, solar power and wind power as well as their operating costs. The study does not discuss rising energy prices, investment in terms of interest rates and the effect on tax reduction of domestic work.</p> <p>The most profitable form of heating on Mäntylä farm would be geothermal energy, especially if the unused bore well could be utilised for that. The second most profitable heating form is to continue the present wood heating system. The study of solar thermal, photovoltaic and wind power is determined separately for each destination because of the large investment costs.</p>		
Keywords renewable energy sources, heat production, small residential building, small-scale electricity production		
Miscellaneous		

## Sisältö

Käsitteitä.....	3
1 Työn lähtökohdat.....	4
1.1 Tavoite.....	4
1.2 Tausta.....	4
1.3 Rajaukset.....	5
2 Tarkasteltavat lämmitystuotantotyytit.....	6
2.1 Halkolämmitys.....	6
2.2 Pellettilämmitys.....	7
2.3 Maalämpö.....	8
2.4 Aurinkolämpö.....	9
2.5 Kaukolämpö.....	10
3 Pienimuotoinen sähköntuotanto.....	10
3.1 Tuotanto Suomessa.....	10
3.2 Aurinkosähkö.....	11
3.3 Tuulivoima.....	12
4 Kustannuslaskenta.....	13
4.1 Nykyinen energiankulutus.....	13
4.2 Halkolämmitys.....	14
4.3 Pellettilämmitys.....	15
4.4 Maalämpö.....	15
4.5 Aurinkolämpö.....	16
4.6 Kaukolämpö.....	17
4.7 Aurinkosähkö.....	18
4.8 Tuulivoima.....	18
4.9 Kotitalousvähennys.....	19
5 Energiamuotojen vertailu.....	20
5.1 Toiminnallinen vertailu.....	20
5.2 Kustannusvertailu.....	22
6 Johtopäätökset.....	23
6.1 Lämmitysmuodot, Mäntylän tila, vuosikulutus 22 000 kWh.....	23

6.2 Lämmitysmuodot, vuosikulutus 15 000 kWh.....	24
6.3 Aurinko- ja tuulivoima.....	25
Lähteet.....	27
Liitteet.....	30
Liite 1. Sähkön kulutustaulukoita.....	31
Liite 2. Mikrotuotannon yleistietolomake.....	30

## Kuviot

Kuvio 1. Puun tilavuusyksiköiden muuntokertoimet.....	3
Kuvio 2. Alapalokattilan toimintaperiaate.....	6
Kuvio 3. Pelletin kulutus Suomessa vuosina 2001-2012.....	8
Kuvio 4. Maalämpöpumppu kasvattaa suosiotaan. ....	8
Kuvio 5. Sähköntuotanto laitteisto liitettynä valtakunnan sähköverkkoon.....	11
Kuvio 6. Tuule200:n kuukausituotto eri tuulennopeuksilla.....	19
Kuvio 7. Kustannussäästö verrattuna sähköön vuosikulutuksella 22 000 kWh.....	22
Kuvio 8. Kustannussäästö verrattuna sähköön vuosikulutuksella 15 000 kWh.....	24

## Taulukot

Taulukko 1. Puun ja sähkön kulutus lähtötilanteessa.....	5
Taulukko 2. Lämmitysmuodoista aiheutuva työmäärä.....	19
Taulukko 3. Energiamuotojen kustannukset.....	21

## Käsitteitä

**COP:** Coefficient Of Performance. Lämpöpumpuilla käytetty hyötykerroin. Kertoo kuinka paljon energiaa tuotetaan otettua energiaa kohden. Maalämpöpumpuilla tyyppillinen arvo on 2,5 – 3,5.

**Hyötysuhde:** Prosentti- tai desimaaliluku, joka osoittaa kuinka paljon tuotetusta tai tulevasta energiasta pystytään hyödyntämään.

**Irtokuutio:** ( $i\text{-m}^3$ ) Yhden kuutiometrin laatikkoon heitetty puun määrä. Käytetään myös nimitystä heittomotti. Yleisin käytetty yksikkö polttopuukaupassa.

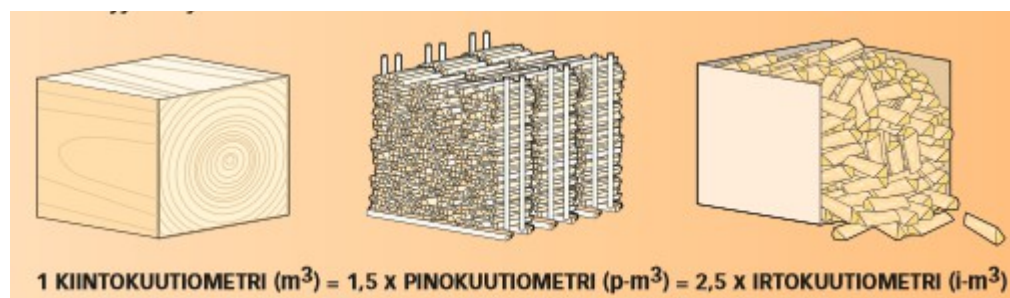
**Mikrotuotanto:** Sähköntuotantoa ensisijaisesti omaan käyttöön.

**Kiintokuutio:** ( $k\text{-m}^3$ ) Puun tilavuusyksikkö, jossa koko kuutio on umpipuuta. Käytetään tilastoissa ja metsäkaupoissa.

**kWh:** Energian yksikkö, jota käytetään mm. lämmitysenergian ja sähkönkulutuksen yhteydessä.

**Piikkiwatti:** Tehon yksikkö ( $W_p$ ), jolla ilmoitetaan aurinkopaneelien teoreettinen teho standardiolosuhteissa.

**Pinokuutio:** ( $p\text{-m}^3$ ) Yhteen kuutioon pinottu puun määrä. Käytetään myös yksikkönä polttopuukaupassa.



Kuvio 1. Puun tilavuusyksiköiden muuntokertoimet. (Pätkittäin puulämmityksestä 2012)

# 1 Työn lähtökohdat

## 1.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kannattava energiantuotantomuoto vanhaan omakotitaloon. Tavoitteena oli saada työstä riittävän kattava, jotta sitä voidaan hyödyntää laajalti vanhoissa pientaloissa.

## 1.2 Tausta

Viime vuosien aikana on yhä enenevässä määrin kiinnitetty huomiota energiakustannuksiin ja luontoarvoihin ja markkinoille on tullut erilaisia tapoja lämmittää kiinteistöjä ja tuottaa sähköä omaan käyttöön ympäristöystävällisesti. Opinnäytetyössä selvitettiin eri lämmitysmuotojen periaatteet ja kustannukset. Opinnäytetyöhön kuului myös selvitys pienimuotoisen sähköntuotannon mahdollisuuksista ja kannattavuudesta.

Työn kohteena oli Mikkelissä sijaitseva Mäntylän tila, jossa oli lähiaikoina tulossa nykyinen lämmityskattila elinkaarensa päähän. Kiinteistön omistaja halusi selvityksen luontoystävällisten lämmitysmuotojen kustannuksista ja kannattavuudesta. Samalla hän oli myös harkinnut aloittavansa pienimuotoisen sähköntuotannon.

Tilan päärakennus on hirsirunkoinen, rakennettu vuonna 1947 ja peruskorjattu vuosina 1961 ja 2007, jolloin on mm. vaihdettu uudet paremmalla U-arvolla varustetut ikkunat. Päärakennus on kahdessa eri kerroksessa ja sen lämmitettävä kokonaispinta-ala on noin 100 m<sup>2</sup> ja keskimääräinen huonekorkeus 2,6 m. Lämmitysjärjestelmän piiriin kuuluvan piharakennuksen lämmitettävä pinta-ala on noin 21 m<sup>2</sup> ja sen huonekorkeus on 2,2 m.

Kohteen nykyinen lämmitys toteutetaan puukattilalla, tarkemmin alapalokattilalla, joka sijaitsee navetassa. Lämmityskattilalta on vesikiertoinen lämmitys päärakennukseen sekä yhteen piharakennukseen. Polttopuuna käytetään sekapuuta omasta metsästä. Lämminvesivaraajina järjestelmässä on kaksi sarjaan asennettua pystymallista varaajaa. Varaajat ovat tilavuuksiltaan 1 000 ja 2 000 litraa, ja niissä on myös sähkö-

vastukset, joita voidaan hyödyntää lisälämmitykseen pakkashuippujen aikana. Toissijaisena lämmitysmuotona päärakennuksessa on leivinuuni.

Käyttövesi lämmitetään myös normaalisti kattilalla. Talvisin käyttövettä on mahdollista lisälämmittää sähköllä pakkashuippujen aikaan. Kesäisin käyttövesi lämmitetään kokonaan sähköllä, koska huoneiden jatkuvaa lämmitystarvetta ei ole. Lämmitykseen tarvittava puun määrä, vuosittainen sähkön kulutus sekä niiden kulutushuiput on esitetty taulukossa 1.

*Taulukko 1. Puun ja sähkön kulutus lähtötilanteessa*

	Vuosittainen kulutus	Max/kk	Min/kk
Puun kulutus (irto-m <sup>3</sup> )	40	-	0
- sähkölämmityksenä kWh:ksi	22000	-	0
Sähkön kulutus (kWh)	14 000	2 000	800

Työhön on otettu toiseksi kohteeksi teoreettinen pientalo, jonka vuosittainen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden tarve on 15 000 kWh. Näin työn käytettävyys laajenee kattamaan pientaloja myös laajemmin.

### 1.3 Rajaukset

Opinnäytetyössä käsitellään vain lämmitysmuotoja, jotka yleisesti tiedetään ympäristöstävällisiksi sekä soveltuvat omakotitaloihin, joissa on mm. hengittävä seinärakenne ja vesikiertojärjestelmä. Sähköntuotanto on rajattu käsittelemään tuuli- ja aurinkovoimaa mikrotuotannon kokoluokassa. Mikrotuotannolla tarkoitetaan tuotantoa, jolla ensisijaisesti tuotetaan sähköä vain omaan käyttöön (Opas sähkön pientuottajalle 2012, 5).

Opinnäytetyön ulkopuolelle on myös jätetty energiahintojen ja inflaation nousun tarkempi tarkastelu. Työssä on otettu huomioon arviolta viiden prosentin energiahintojen nousu. Energiamuodosta riippuen nousu voi olla suurempikin.

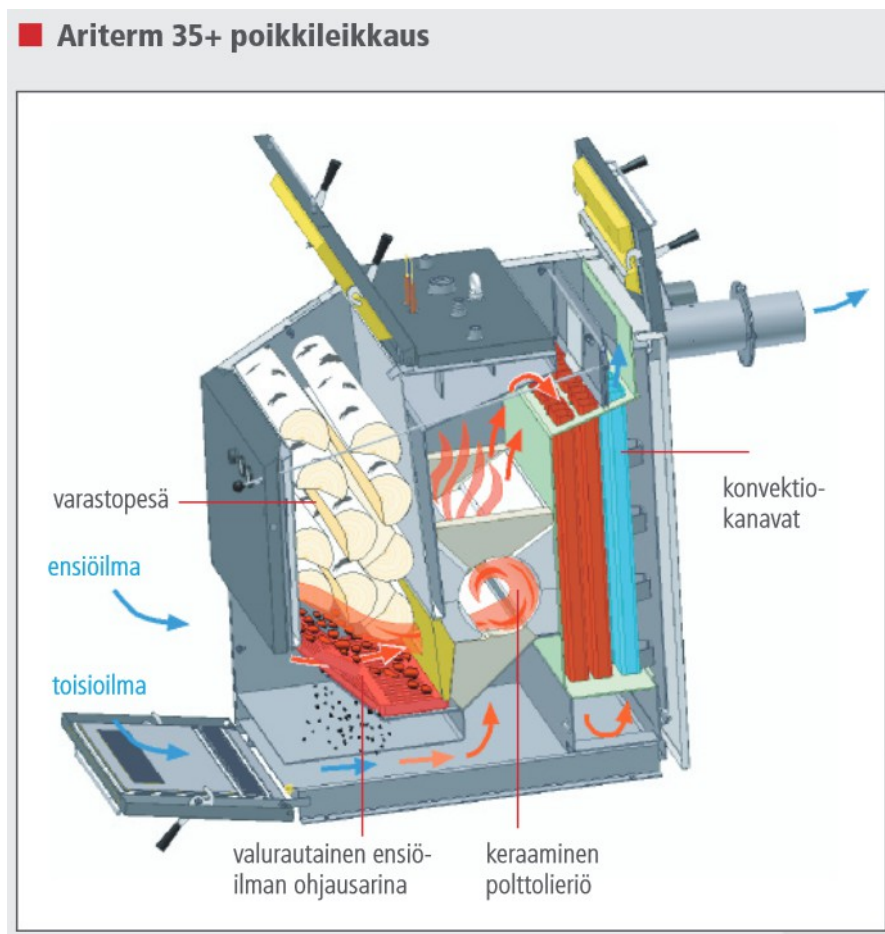


## 2 Tarkasteltavat lämmitystuotantotyypit

### 2.1 Halkolämmitys

Puulämmitys on pientalokiinteistöjen yleisin lämmitysmuoto. Siihen käytetään pääasiassa kotimaista biopolttoainetta, joko puutavaraa omasta metsästä tai ostettuna hakkeena, halkoina tai pelletteinä. Puupolttoaineet eivät laskennallisesti lisää kasvihuone- tai rikkipäästöjä. Hiukkaspäästöjen aiheuttajana ne ovat kuitenkin merkittäviä, mutta niitäkin voidaan vähentää oikeilla säädöillä ja huolloilla sekä käyttämällä kuivia polttoaineita. (Pientalon lämmitysjärjestelmät 2012, 14.)

Puulämmityksen eduksi voidaan laskea kotimaiset ja ympäristöystävälliset polttoaineet, joita kohteessa löytyy omasta metsästä. Haittapuolena ovat hiukkaspäästöt sekä polttoaineen säilytyksen vaatima tila.



Kuvio 2. Alapalokattilan toimintaperiaate. (Arterm 35+ 2010.)

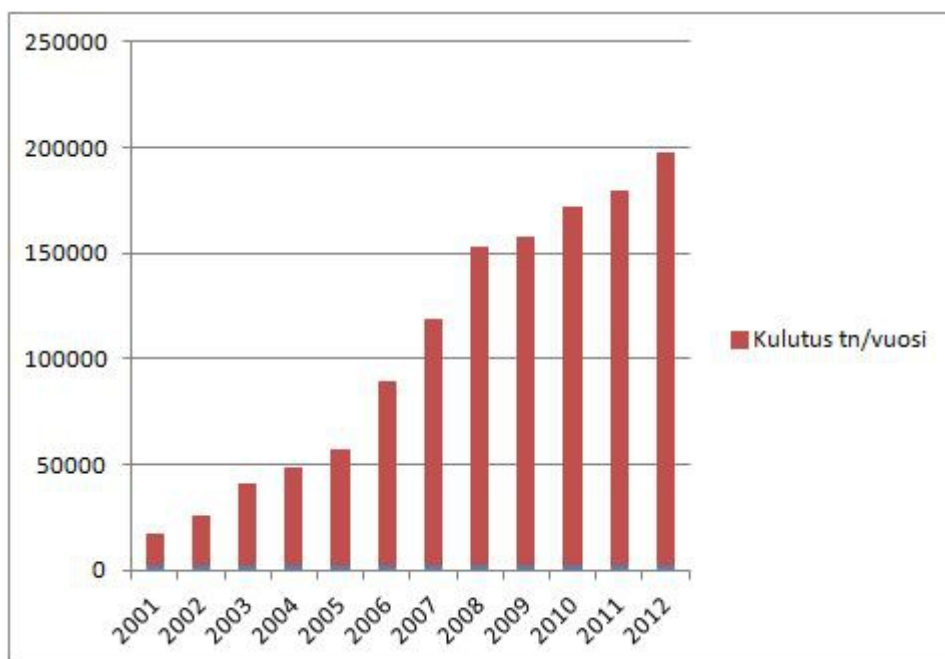
Mäntylän tilan päälämmitysmuoto on halkolämmitys alapalokattilalla. Kuviossa 2 on esitetty alapalokattilan toimintaa. Siinä puut laitetaan varastopesään, jossa alimmais-  
set puut palavat. Toisioilma täydentää palokaasujen palamista. Konvektiokanavissa  
lämpöenergia otetaan vesikierrolla varaajaan talteen.

Muita kattilatyyppejä ovat ylä- ja käänteispalokattila. Yläpalokattila on usein edullisin  
vaihtoehto. Yläpalokattilassa puun poltto tapahtuu nimensä mukaisesti kattilan ylä-  
osassa ja sieltä lämpö ja palokaasut johdetaan kattilan alaosien kautta piippuun. Ylä-  
palokattilassa lämmitysväli on tiheämpi kuin alapalokattilassa, koska puita pitää lisätä  
lämmityksen aikana. Käänteispalokattilassa taas puun palaminen on puhtainta. Siinä  
puu kaasuuntuu aluksi ja kaasu johdetaan jälkipolttilaan, jossa se palaa korkeassa  
lämpötilassa. Puukattilat, erityisesti yläpalokattilat, vaativat lämmitysjärjestelmään  
varaajan. (Pientalon lämmitysjärjestelmät 2012, 15.)

## 2.2 Pellettilämmitys

Pelletit ovat sylinterin muotoon puristettua kuivaa puuta saha- ja puusepänteollisuu-  
den sivutuotteista, kuten kutterin- ja sahanpurusta. Itse lämmityslaitteisto sisältää  
polttimen, kattilan sekä järjestelmää ohjaavan automatiikan. Myös varasto ja kuljetin  
sekä mahdollisesti vesivaraaja kuuluvat pellettilämmitysjärjestelmään. (Pientalon  
lämmitysjärjestelmät 2012, 14.)

Pelletin käytön suosio on ollut kasvavaa sen käytön alkamisesta lähtien. Pelletin käyt-  
tö on lisääntynyt esimerkiksi vuodesta 2007 vuoteen 2012 melkein 50 %. Kuviosta 3  
nähdään pelletin kokonaiskulutuksen kehitys Suomessa vuosina 2001-2012. Osaltaan  
kulutuksen suurta kasvua selittää suurempien kohteiden, esim. yritysten ja maatilo-  
jen investoinnit pellettilämmitykseen. Pellettejä käytetään nykyisin jopa sähköntuo-  
tannossa kivihiilen joukossa (Helsingin Energia ja Vapo ovat sopineet - - 2014).

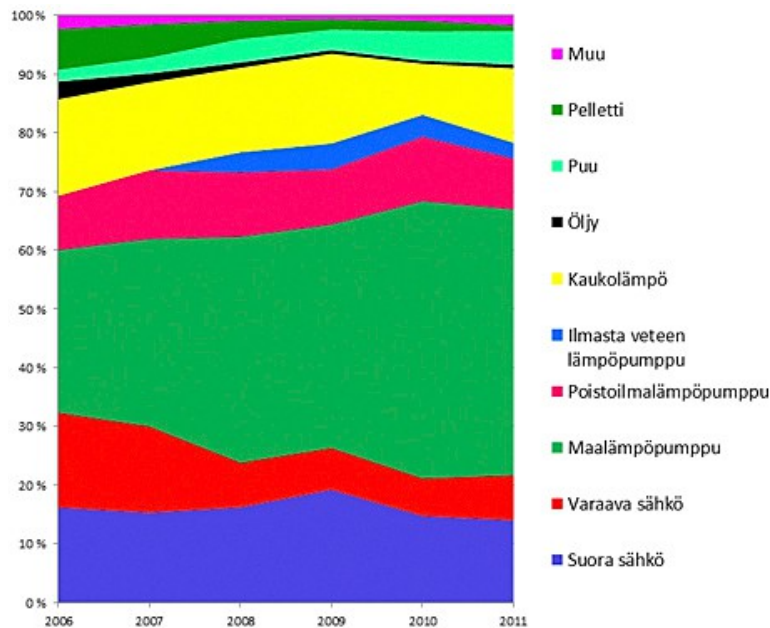


Kuvio 3. Pelletin kulutus Suomessa vuosina 2001-2012. (Kuluttajapelletin hintaa tilastoidaan 2014.)

## 2.3 Maalämpö

Maalämpö on Suomen eniten kasvava lämmitysmuoto (ks. kuvio 4). Jopa 45 % uuden pientalon rakentajista valitsi sen vuonna 2010. Maalämpö sopii erinomaisesti myös vanhempiin pientaloihin, joissa on lämmönjakoverkosto valmiina. Maalämpöpumpun hankintahinta on muihin lämmitysmuotoihin verraten suurempi, mutta se on melko huoltovapaa ja sähkön kulutus on noin 30 % verrattuna suoraan sähkölämmitykseen, joten sillä tuotettu energia on melko edullista. (Pientalon lämmitysjärjestelmät 2012, 17.)

Maalämpöpumppu koostuu itse pumpusta ja keruupiiristä. Keruupiiri voidaan sijoittaa joko porakaivoon, kaivaa vaakatasoon routarajan alapuolelle tai asentaa vesistöön. Keruupiirin asennuksen luvanvaraisuus kannattaa varmistaa oman kunnan rakennusvalvonnasta. Esimerkiksi Tampereella ja Lahdessa lämpökaivon poraus ja keruupiirin asennus ovat luvanvaraisia asemakaava- sekä pohjavesialueilla. Asentaessa keruupiiri vesistöön tarvitaan lisäksi ilmoitus ELY-keskukselle sekä lupa vesialueen omistajalta.



Kuvio 4. Maalämpöpumppu kasvattaa suosiotaan uusien pientalojen ensisijaisena lämmitysmuotona. (Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus - - n.d.)

Maalämpöpumpulla on yksi merkittävä etu verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin: sitä voidaan erittäin pienellä energiankulutuksella käyttää myös viilennykseen. Maalämpöpumppujärjestelmään liitetään erillinen puhallinkonvektori, joka kerää lämpöenergiaa huoneilmasta viilentäen sitä ja kuljettaa lämpöenergian keruuputkistolla maaperään. Käytännössä viilennykseen kuluva energia tulee puhaltimen ja kiertovesipumpun kuluttamasta sähköstä. (Maaviileä 2014.)

## 2.4 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöjärjestelmällä otetaan auringosta tuleva säteilyenergia talteen aurinkokeräimillä, joista se siirretään lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Aurinkolämpöjärjestelmä vaatii aina myös toisen lämmitysjärjestelmän, jota käytetään talvella pimeimpään ja kylmimpään aikaan. (Pientalon lämmitysjärjestelmät 2012, 29.)

Aurinkolämpöjärjestelmään kuuluvat aurinkokeräin, varaaja, pumppu- ja ohjainyksikkö sekä paisuntasäiliö. Aurinkokeräimiä on kahta eri tyyppiä: tasokeräimiä ja tyhjiö-

putkikeräimiä. Tasokeräin on yleisempi sekä usein edullisempi keräintyyppi. Siinä lämpösäteily lämmittää keräimen mustaa pintaa, josta lämpö johdetaan lämmönsiirtonesteeseen ja sieltä edelleen varaajaan. (Pientalon lämmitysjärjestelmät 2012, 29.) Tyhjiöputkista, esimerkiksi niin sanotun ”heat pipe”-tyypin toiminta perustuu tyhjiöputken sisällä sijaitsevaan pienempään putkeen, jossa on lämpöä sitova pinnoite ja helposti höyrystyvää nestettä. Neste siirtyy höyrystyessään putken yläpäähän, jossa se tiivistyy luovuttaen lämpöenergiaansa lämmönsiirtonesteelle. (Tyhjiöputken toimintaperiaate 2010.)

Aurinkokeräinten asennus vaatii useissa kunnissa toimenpideluvan. Esimerkiksi Mikkelissä niiden asennus vaatii toimenpideluvan. Erillisen rakennustapaohjeen mukaisilla alueilla kuitenkin pelkkä toimenpideilmoitus voi riittää. Keräimiä asentavan kannattaa selvittää luvanvaraisuus oman kunnan rakennusvalvonnasta. (Mikkelin kaupungin rakennusjärjestys 2009.)

## 2.5 Kaukolämpö

Kaukolämpö on eniten käytetty lämmitysmuoto kerrostaloissa ja liikekeskuksissa, mutta yhä enemmän myös pientaloissa. Mäntylän tila sijaitsee kaukolämpöverkon ulkopuolella, mutta se otettiin silti vertailuun, koska kaukolämpö on usein sähköntuotannon sivutuote ja näin ollen ympäristöystävällinen vaihtoehto. Opinnäytettä voidaan näin myös käyttää hyödyksi tarkasteltaessa kaukolämpöverkon piirissä olevia kiinteistöjä.

Kaukolämpöverkkoon liittyminen on helppoa. Kaukolämmöntoimittaja tuo lämpöputken kiinteistön seinään asti, ja yleensä heiltä voi hankkia myös lämmönjakokeskuksen, joka on pientaloissa kompakti kokonaisuus. Lämmönjakokeskus sisältää lämmityksen ja käyttöveden lämmönsiirtimet sekä mahdollisen ilmanvaihdon lämmityksen lämmönsiirtimen, säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet, lämpö- ja painemittarit sekä sulkuventtiilit. Lämmönjakojärjestelmäksi käy sekä vesikiertoinen että ilmalämmitysjärjestelmä. (Pientalon lämmitysjärjestelmät 2012, 20.)

### 3 Pienimuotoinen sähköntuotanto

#### 3.1 Tuotanto Suomessa

Pienimuotoisella sähköntuotannolla tarkoitetaan tuotantoa, joka on teholtaan korkeintaan muutamia megawatteja. Sähkömarkkinalaissa pienimuotoisella tuotannolla tarkoitetaan korkeintaan kahden megavolttiampeerin laitosta tai laitospokonaisuutta.

Sähkön pientuottajia erityisesti valtakunnan sähköverkossa on Suomessa toistaiseksi vielä vähän verrattuna maihin, joissa pientuotantoa tuetaan (Opas sähkön pientuottajalle 2012, 6). Tuotanto kiihtyy, kunhan ylijäämänsähkön myyntivero poistetaan (Tornberg & Huttunen 2014). Tällä hetkellä merkittävimmät pienimuotoiset sähköntuottotavat ovat pienvesivoima, tuulivoima, aurinkosähkö ja bioenergia (Opas sähkön pientuottajalle 2012, 6).

Jotta oman tuotantolaitoksen voi liittää valtakunnan sähköverkkoon, verkon haltijalle pitää ilmoittaa käytetyn laitteiston tiedot esimerkiksi liitteenä 2 olevalla lomakkeella. Oleelliset tiedot, joita verkon haltija haluaa, ovat tuotantolaitteiston nimellisteho, invertterin eli vaihtosuuntaajan tiedot, kytketäänkö laitteisto kolmi- vai yksivaiheisesti sekä erotuskytkimen olemassaolo ja sijainti. Tietojen lähettämisen lisäksi pitää liitteen 2 mukaan saada kytkemiseen lupa verkonhaltijalta.

#### 3.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkö on paljon käytetty sähköntuotantomuoto paikoissa, joissa ei ole verkkosähköä saatavilla ja oleillaan kesäisin, esimerkiksi kesämökeillä ja veneillä. Aurinkosta tuleva energia kerätään talteen aurinkopaneeleilla, joihin auringon säteiden energia muodostaa sähköjännitteen. Sähkön tuotusmäärä on suoraan verrannollinen säteilyn voimakkuuteen. (Opas sähkön pientuottajalle 2012, 7-8.)

Aurinkosähköä voidaan käyttää toki omassa kiinteistössä, johon tulee myös verkkovirta, ja myydä ylimääräinen sähkö sähköyhtiölle. Tässä tapauksessa järjestelmään tarvitaan kuvion 5 mukainen järjestelmä. Aurinkopaneelien lisäksi järjestelmään tar-

vitaan vaihtosuuntaaja eli invertteri, jolla muutetaan paneelien tuottama tasasähkö normaaliksi 230 voltin vaihtovirraksi. Verkon haltija vaatii myös turvakytkimen, josta vikatilanteessa saa katkaistua tuotantolaitoksen valtakunnan verkosta. Sähkömittari on myös tarkistettava, että se pystyy mittaamaan molemminsuuntaista sähkön kulua. Aurinkopaneelien asennus vaatii keräinten tapaan usein toimenpideluvan (Mikkelin kaupungin rakennusjärjestys 2009).



Kuvio 5. Sähköntuotantolaitteisto liitettynä valtakunnan sähköverkkoon.

### 3.3 Tuulivoima

Tuulivoimaa käytetään aurinkosähkön tavoin enimmäkseen sähköverkon ulkopuolissa kohteissa. Tuulivoimaa käytetään erityisesti kesäkäytön lisäksi myös talvikäytössä olevilla huviloilla. Tuulivoimaa voidaan käyttää myös lämmittämään lämminvesivaraajan vastuksia, jolloin laitteisto ei tarvitse taajuusmuuttajaa, jolloin tuulesta saatava energia saadaan täydellisemmin talteen eli päästään parempaan hyötysuhteeseen.

Pientuulivoimaloissa on alle 200 m<sup>2</sup>:n potkuri, jolloin nimellistuotanto jää alle 50 kilowatin. Käytännössä verkkoon liitetyt tai lämmityskäyttöön tarkoitetut voimalat ovat nimellisteholtaan kahdesta kilowatista ylöspäin. Pientuulivoimaloissa on tyypillisesti 5 - 30 metrin mastot. Tuulivoimalan perustamisessa pitää muistaa ottaa selvää, tarvitaanko rakennus- tai toimenpidelupaa. Luvan tarpeellisuus riippuu kunnasta, voimalan sijainnista sekä maston pituudesta. Esimerkiksi Mikkelissä tarvitaan rakennuslupa 30 metrisiin ja sitä korkeampiin tuulivoimaloihin. 11 - 29 metriä korkeisiin vaaditaan toimenpidelupa ja sitä pienempiin riittää toimenpideilmoitus.

Ennen tuulivoimalan hankintaa pitää selvittää sille otollinen sijainti, jossa on energian tuoton kannalta otolliset tuuliolosuhteet. Suomen rannikolla on paremmat tuuliolosuhteet kuin sisämaassa, mutta sisämaastakin löytyy kannattavia sijainteja tuulivoimaloille. Ennen tuulivoimalan hankintaa kannattaakin mitata tuuliolosuhteita. Mäntylän tilalla voisi olla sopivat olosuhteet tuulivoimalle, koska se sijaitsee avaralla sijainnilla mäen laella keskellä peltoja.

## 4 Kustannuslaskenta

### 4.1 Nykyinen energiankulutus

#### Lämmitysenergia

Nykyinen puun kulutus on noin 40 irtokuutiota vuodessa, joka tarkoittaa noin 31 600 kWh. Syynä puun suureen kulutukseen noin 100 m<sup>2</sup> kokoisessa talossa voisi olla talon ikä, lämmityskattilan ikä ja siitä johtuva matala hyötysuhde sekä lämmityskattilan sijainti ulkorakennuksessa, jolloin osa lämmitysenergiasta lämmittää muutoin kylmää ulkorakennusta. Nykyisen puulämmityksen hyötysuhteen voidaan arvioida olevan noin 70 %. (Pietiäinen 2014.)

Nykyisin lämmitykseen käytettävä puu hankitaan omasta metsästä omilla työkoneilla, mikä aiheuttaa käytetyn puun kustannukset. 40 irtokuution hankintaan menee noin 14 työpäivää, joista neljä traktorin kanssa, muulloin moottorisahan kanssa. Traktorin käytöstä aiheutuu kustannuksia noin 33 €/h, kun siihen huomioidaan polttoaine- ja huoltokustannukset sekä vakuutukset. Moottorisahan käyttö aiheuttaa kustannuksia noin 10 €/h. Yhteensä puun hankinnasta aiheutuu kustannuksia noin 1 100 € vuodessa ja työaikaa kuluu noin 110 tuntia. (Pietiäinen 2014.)

Vertailen lämmitysmuotoja suoraan sähkölämmitykseen, mikä on yleinen, investointikustannuksiltaan matala lämmitysmuoto. Eri lämmitysmuotojen mainonnassakin vertaillaan usein suoraan sähkölämmitykseen. Mäntylän tilan lämmityspuun kulutus sähköenergiaksi muutettuna on noin 22 000 kWh/v. Luvussa on huomioitu nykyisen



puulämmityksen alhainen hyötysuhde. Sähkölämmityksen hyötysuhde on lähes sata prosenttia.

Toisen teoreettisen vertailukohteen vuosittainen lämmitysenergiantarve on 15 000 kWh. Se sisältää sekä lämmityksen että lämpimän käyttöveden.

### **Sähkönkulutus**

Sähkönkulutuksen seuranta on nykyään helppoa etäluettavien mittareiden ansiosta, koska kulutusta voi seurata internetistä. Internetpalvelusta näkee kulutuksen myös kaavioina, jolloin kertasilmäyksellä näkee mm. kulutushuiput ja lämpötilan vaikutuksen kulutukseen. Opinnäytetyön liitteessä 1 on muutama esimerkkikaavio Mäntylän tilan kulutuksista Suur-Savon sähkön palvelusta.

Kulutuskaavioiden mukaan Mäntylän tilalla kuluu esimerkiksi kesäkuussa vähintään puoli kilowattituntia koko ajan, jatkuvan kulutuksen ollessa tammikuussa melkein yhden kilowatin luokkaa. Varsinkin kesäkuun pienin kulutus on oleellista tietää pienimuotoista sähköntuotantoa mitoittaessa.

Kokonaiskulutus kohteessa on noin 14 000 kWh vuodessa. Sähkön kokonaishinnalla 11 snt/kWh vuosikustannuksiksi tulee noin 1 500 €. Kyseinen summa muodostuu puoliksi sähkön hinnasta ja puoliksi siirtokustannuksista. (Pietiäinen 2014.)

## **4.2 Halkolämmitys**

Halkolämmityksen uusiminen on yksi vaihtoehtoista. Uusien kattiloiden hyötysuhteet ovat noin neljänneksen parempia kuin nykyisellä kattilalla. Hyötysuhteeseen vaikuttaa kattilan malli, valmistaja ja asennuspaikan valinta. Mikäli uuden kattilan sijainti olisi ulkorakennuksessa, ei päästä valmistajan lupaamaan hyötysuhteeseen.

Puukattiloiden hankintahinta on noin 7 000 euroa, riippuen laitteen koosta sekä automaatioasteesta. Esimerkiksi Aritermin 40 kilowatin puukattilan hankintahinta ilman asennuskustannuksia on 5 200 euroa (Puukattila Ariterm 35+ alapalo 2014).

Uuden halkolämmityksen puun menekki tulisi olemaan noin 80 prosenttia nykyisestä kulutuksesta, eli 32 i-m<sup>3</sup>:ta. Mikäli puut hankittaisiin nykyiseen tapaan omasta metsästä, olisi puun hankintahinta 880 €/v ja työtunteja siihen kului noin 90 vuodessa. Mikäli taas puut ostettaisiin halkokauppailta nousisivat puun hankintakustannukset noin 1300 euroon vuodessa (Hinnasto 2014). Halkojen hankintahintoja ja toimittajia voi vertailla esimerkiksi mottinetti.fi:ssä tai halkoliiteri.fi:ssä.

### 4.3 Pellettilämmitys

Pellettilämmityksen hankintahinta on 10 000 euroa, mikä ei vielä sisällä pellettisiilon ja kuljettimen kustannuksia (Lämmitystapojen vertailulaskuri 2014). Pellettejä myydään säkeissä tai niitä voi tilata irtotavarana, jolloin pelletit tuodaan tilausosoitteen kuorma-autolla. Riippuen kuorma-autosta, pelletit joko kipataan haluttuun sijaan tai ne voidaan puhalttaa suoraan pellettisiilon. (Puupelletti lämmittää puhtaasti ja uusiutuvasti 2012.)

Pellettien hinta on vuodesta 2009 alkaen ollut mukana tilastokeskuksen tuottajaindeksissä, eli tilastokeskuksen sivuilta voi selvittää keskimääräisen hinnan (Kuluttajapelletin hintaa tilastoidaan 2014). Elokuussa 2014 pelletin hinta on ollut 6,05 snt/kWh. Mäntylän tilalla kyseinen hinta tarkoittaa noin 1 500 €/v, olettaen pellettikattilan hyötysuhteeksi 90 %. 15 000 kWh vuosikulutuksella pelleteille tulisi hintaa noin 900 €/v. (Liitetaulukko 25. Puupelletin kuluttajahinta 2014.)

Pellettikattilan hyödyiksi voidaan laskea tasainen lämmön tuotto, pellettikattila ei välttämättä tarvitse varaajaa vierelleen. Itse pellettikattilan koko on myös kompakti. Myös polttoaineen kotimaisuus on pellettilämmityksen valtti. Eduiksi sen sijaan ei voida laskea korkeahkoa investointikustannusta tai siilon vaatimaa tilaa.

### 4.4 Maalämpö

Maalämmön asentaminen maksaa 15 000 – 22 000 euroa sen mukaan, mikä on laitteiston ja keruupiirin koko (Maalämpöpumppu 2014). Itsessään lämpökaivon porauksen metrihinta on keskimäärin 30 – 40 €/m (Maalämpö on hinnakas - - 2012). Mänty-

län tilalla saataisiin merkittävä säästö, mikäli voitaisiin hyödyntää pihassa käyttämättömänä olevaa 162 metriä syvää porakaivoa keruupiirin asentamiseen.

Mikäli maalämmön investointikustannuksia pitää suurena, niin se tasoittuu ajan kuluessa käyttökustannuksilla. Maalämpöpumpun hyötysuhteen eli COP-arvon ollessa 3,0 maalämpöpumppu tuottaa 3 kWh lämmitysenergiaa jokaista kuluttamaansa kWh:a kohden (Maalämpöpumppu 2014). Eli maalämpö kuluttaa noin kolmanneksen sähköä suoraan sähkölämmitykseen verrattuna.

Maalämpöpumpun COP-arvo riippuu myös lämmönjakojärjestelmästä eli siitä kuinka korkea lämpötila tarvitaan lämmönjakopiirissä. Mitä matalampi lämpötila vaaditaan, sitä parempi hyötysuhde pumpulla on. (Maalämpöpumppu 2014.) Lattialämmitys vaatii tyypillisesti noin 30 - 35°C menoveden lämpötilaksi ja patteriverkosto talon iästä ja eristystasosta riippuen 40-50°C. Mäntylän tilalla on patterilämmitys, joten riippuen maalämpöpumpun mallista siellä päästäisiin noin 3,0:n hyötysuhteeseen. (Lämpöä omasta maasta – Maalämpöpumput 2012.)

#### 4.5 Aurinkolämpö

Aurinkolämpö soveltuu vain lisälämmönlähteeksi. Sillä voidaan tuottaa suurin osa käyttöveden lämmitystarpeesta sekä osa lämmityksen energiantarpeesta riippuen järjestelmän koosta. Järjestelmän mitoitukseen on muutama peruslähtökohta:

- Lämmitetään vain taloudessa käytettävä käyttövesi kesäaikana.
- Lämmitetään käyttöveden lisäksi myös esim. kosteiden tilojen lattialämmitys kesäaikana.
- Mitoitetaan keräinpinta-ala riittämään lämmitykseen mahdollisimman aikaisesta kevästä myöhäiseen syksyyn. (Aurinkokeräin 2014.)

Mikäli lämmönkeräimet asennettaisiin puukattilan rinnalle, niin kannattavinta silloin olisi mitoittaa järjestelmä niin, että se riittäisi kesäaikana kaikkeen lämmitykseen. Silloin puulämmitystä ei tarvittaisi lainkaan kesäaikana. Mäntylän tilalle tällaisessa tapauksessa riittävä keräinpinta-ala olisi noin 6 m<sup>2</sup>.

Aurinkokeräinjärjestelmän investointikustannus on 5 000 € - 15 000 € pientalolle riip-puen järjestelmän koosta (Lämmitystapojen vertailulaskuri 2014). Kuuden neliön tuotto kesäkuukausien aikana on Suomessa vähän vajaa 300 kWh/kk, mikä tarkoittai-si nykyhetken sähkön hintana noin 30 €/kk. Vuodessa laitteisto tuottaisi lämpöener-giaa noin 2 000 kWh. Mikäli arvioitaisiin aurinkokeräinjärjestelmän hinnaksi 6 000 €, takaisinmaksuajaksi tulisi noin 30 vuotta. (Teho ja tuotto 2014.) Aurinkolämmön hy-yiin puoliin kuuluu ilman muuta huoltotyön tarpeettomuus. Aurinkokeräimet vaativat vuoden aikana vain seurantaa. Keruupiirin neste täytyy tarkastaa viiden vuoden vä-lein ja vaihtaa 10 vuoden välein. Aurinkolämpö lisää vapaa-aikaa ainakin puulämmi-tykseen verrattuna. Aurinkolämpö on myös erittäin ympäristöystävällistä energiaa. Investointikustannuksen jälkeen kaikki energia on ilmaista. Monesti aurinkoener-giaan investoidaankin vihreiden arvojen vuoksi.

#### 4.6 Kaukolämpö

Kaukolämpökin on luonnon kannalta hyvä tuotantomuoto. Kaukolämpö tuotetaan usein enemmän tai vähemmän sähkön tuotannon sivutuotteena, joten kaukoläm-mön hiilidioksidipäästöt voidaan ajatella vähäisiksi. Sähkön tarvetta löytyy aina. Kau-kolämmön ympäristöystävällisyyden yksi tekijä on myös keskitetty tuotanto, jolloin investointikustannukset ovat pienimuotoiseen lämmitystuotantoon verraten mata-lamat. Tietysti myös kaukolämmön tuotannossa käytetty polttoaine vaikuttaa sen ympäristöarvoihin. (Kaukolämpö 2014.)

Kaukolämmön perustamisen kustannukset muodostuvat kaukolämmön liittymismak-susta sekä lämmönjakokeskuksesta. Lämmönjakokeskusten hinnat (hinta asennettu-na) omakotitaloihin liikkuvat noin 4 000 euron tienoilla. (Kaukolämpökeskus, laadu-kas Suomessa -- 2014.) Normaali liittymismaksu puolitoistakerroksiselle uudelle oma-kotitalolle esimerkiksi Etelä-Savon Energialla on noin 6 000 euroa. Tällä hetkellä ESE kampanjoi kaukolämmön puolesta, joten kaukolämpöverkkoon Mikkeliissä pääsee puolitoistakerroksinen talo reilulla 3 000 eurolla. Pienimmän kokoluokan omakotita-lolle kampanjahinnan mukaista liittymismaksua tulee noin 2 500 euroa. Kampanjoin-

nista huolimatta kaukolämpöverkkoon liittyvälle tulee perustamiskustannuksia vähintään 7 000 euroa. (Kaukolämmön liittymismaksuhinnasto 2014.)

Kaukolämmön käytöstä tulee myös kulutuskustannuksia. Kulutuskustannukset koostuvat kahdesta osasta: energia- ja perusmaksusta. Energiamaksu on kaikille kiinteistöille sama, mutta perusmaksu riippuu kiinteistön koosta. Mitä pienempi kiinteistö, sitä enemmän tulee maksettavaa energiayksikköä kohden. Pientaloissa energiamaksu on noin 70 €/MWh ja perusmaksu noin 500 €/v. ESE:llä energiamaksu oli 1.7.2014 56,97 €/MWh, jolloin kokonaishinnaksi tuli noin 80 €/MWh perusmaksu kokonaishintaan huomioituna. Sähkön hintaan verrattuna kaukolämmön hinta Mikkelissä on noin neljänneksen pienempi. (Kaukolämmön hinta 1.7.2014 alkaen 2014)

#### 4.7 Aurinkosähkö

Aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön kustannussäästön määrittäminen on yhtä haastavaa aurinkolämmöllä syntyvän säästön määrittäminen. Aurinkopaneeleita on paljon kehitetty ja kehitetään koko ajan. Aurinkopaneelin teoreettinen tuotto ilmoitetaan piikkiwatteina tai hyötysuhteena. Aurinkopaneelien hyötysuhteen käytetään tuotettuja piikkiwattien määrää suhteessa auringon säteilyenergiaan. Tyypillinen poutapäivän auringon säteilyenergia Suomessa on 1 000 W/m<sup>2</sup>. (Aurinkosähkösanasto 2014.)

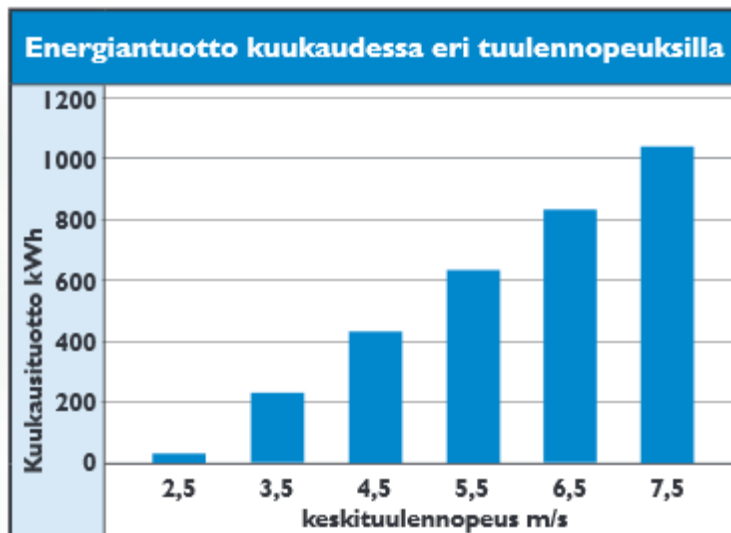
Finnwind oy suositteli Mäntylän tilalle 5 000 piikkiwatin tehoista aurinkopaneelisyhteemiä. Suositellun kokoinen järjestelmä maksaa noin 10 000 € ja se tuottaisi vuodessa noin 4 400 kWh sähköä. Vuosittaiseen sähkölaskuun saataisiin kyseisellä tuotantomäärällä ensimmäisinä vuosina säästöä noin 480 €. Saatava säästö voi olla matalampikin, riippuen kuinka tehokkaasti se pystytään hyödyntämään omalla tontilla. Kyseisillä hinnoilla huomioituna 5 % energian hintojen nousulla takaisinmaksuaika olisi noin 15 vuotta. (Tarjous 2014.)

## 4.8 Tuulivoima

Tuulivoima on investointikustannuksiltaan maalämmön kanssa samaa hintaluokkaa. Esimerkiksi Finnwindin Tuule200E maksaa asennettuna noin 16 000 euroa, josta komponenttien hinta on 14 500 euroa. (Tarjous 2014.)

Tuulivoimaloiden tuotantomäärät riippuvat tuulen nopeudesta. Keskimääräisiä tuulennopeuksia on kerätty tuuliatlakseen, [www.tuuliatlas.fi](http://www.tuuliatlas.fi). Kyseinen palvelu ei täysin sovellu pientuulivoimalan perustajalle, koska alin korkeus, josta nopeuksia on mitattu on 50m, mutta voi sitä käyttää suuntaa antavana. Tuuliatlaksen sivustolla olevasta kartasta saan Mikkelin alueelle tuulen nopeudeksi noin 4,5 m/s.

Tuule200 -tuulivoimalan keskimääräiset tuotantomäärät on esitetty kuviossa 6. Tuulennopeudella 4,5 m/s keskimääräinen kuukausituotto on noin 420 kWh/kk, mikä tarkoittaa noin 5 000 kWh:n vuosituottoa. Kyseisellä tuotantomäärällä ja keskimääräisen hintatason nousun huomioiden laitteiston takaisinmaksuaika on noin 25 vuotta. Kannattava keskituulennopeus olisi noin 6,0 m/s. Tuulivoiman tuotantoa harkittaessa kannattaa selvittää arvio tuotantomääristä etukäteen tuulenmittauksilla.



Kuvio 6. Tuule200:n kuukausituotto eri tuulennopeuksilla.  
(Tuule tuulivoimalat 2014.)

## 4.9 Kotitalousvähennys

Kotitalousvähennys on kehitetty lisäämään kotitalouksien palvelujen käyttöä. Sitä voi saada Suomeen veroja maksava luonnollinen henkilö omassa asunnossaan tai tontillaan tapahtuvasta työstä. Kotitalousvähennystä voi saada myös oman sekä puolisonsa vanhempien sekä muiden ylenevässä polvessa olevien sukulaisten käyttämissä asunnoissa ja vapaa-ajanasunnoissa tehdystä työstä. Vähennyksen suuruus on 15 % sekä palkan sivukulut, mikäli työn tekee palkattu työntekijä. Mikäli työn tekijänä on yritys, voidaan vähentää 45 % työn osuudesta. (Kotitalousvähennys 2014.)

Lämmitysjärjestelmän uusimisessa voidaan hyödyntää kotitalousvähennystä tontilla tapahtuvan työn osalta. Työn osuus voi sisältää myös käytettävän koneen kustannuksia, esimerkiksi maalämpökaivon porauksen yhteydessä. Kotitalousvähennyksen suuruus on ollut vuoden 2014 alusta lähtien 2 400 €/v. Mikäli työ tapahtuu pariskunnan yhteisellä asunnolla, molemmat voivat hakea kotitalousvähennystä, jolloin sitä voi saada yhteensä 4 800 €. Omavastuu on 100 €/henkilö. Enimmäismäärän vähennystä saa 5 555,55 € työkustannuksista mikäli työn tekijänä on yritys, eli parikunnan asunnolla tehdyn työn kustannukset voivat olla yli 10 000 € eikä verovähennyksen enimmäisraja vielä ylity. Palkatulla henkilöllä työn osuus voi olla suurempi. (Kotitalousvähennys 2014.)

Sekä lämmitysjärjestelmien että sähköntuotantojärjestelmien asennuskustannuksista nykyiseen asuntoon voi saada helpotusta 45 %. Pientalon lämmitysjärjestelmien muutoksista voi saada eniten vähennystä maalämmön asennuksesta, johtuen keruuputkiston asennuksesta aiheutuvista työkustannuksista. Muilla järjestelmillä vähennyksestä saatava hyöty on pienempi. Esimerkiksi viiden watin aurinkopaneelijärjestelmän asennuskustannukset ovat 2 450 €, joista voi saada kotitalousvähennystä noin tuhat euroa (Tarjous 2014).

## 5 Energiamuotojen vertailu

### 5.1 Toiminnallinen vertailu

Toiminnallisesti lämmitysmuodoissa suurimmat erot löytyvät keruulaitteiston ja polttoaineen säilytyksen vaatimista tiloista sekä huoltotyön määristä. Työmäärissä ei ole merkittävästi eroa riippuen vuosittaisesta energiantarpeesta. Taulukkoon 2 on kerätty eri lämmitysmuotojen vaatimaa työpanosta omistajaltaan.

*Taulukko 2. Lämmitysmuodoista aiheutuva työmäärä.*

Lämmitysmuoto	Huoltotyöt yms.	Kuluva aika vuodessa
Puulämmitys	Lämmitys, tuhkien poisto, kattilan ja piipun nuohous	50 h
- puut omasta metsästä	+ polttopuun hankinta ja teko	150 h
Pellettilämmitys	Tuhkien poisto, kattilan ja piipun nuohous	10 h
Maalämpö	Laitteiston toiminnan seuraaminen ja mahdollinen säätö	Vähän/ei lainkaan
Aurinkolämpö	Toiminnan seuraaminen, siitepölyn puhdistaminen	Vähän/ei lainkaan
Kaukolämpö	Toiminnan seuraaminen	Vähän/ei lainkaan

Aurinkolämpö vaatii lämmitysmuodoista vähiten ylimääräistä tilaa, mikäli keräimet voidaan järkevästi asentaa katolle. Kaukolämmön vaatima tila niin ikään on vain laitteiston vaatima tila. Maalämpö vaatii joko pihapiiristä vaakaputkiston vaatiman tilan tai taajama-alueella tilaa porakaivon poraamiselle. Puupohjaiset lämmitysmuodot vaativat polttoaineelle säilytystilaa, pelletit toki vain n. kolmanneksen halkolämmityksen vaatimasta tilasta (Energia-arvo ja muuntokertoimet 2014).

Kaukolämpöä lukuun ottamatta lämmitysjärjestelmät vaativat lämminvesivaraajan vierelleen. Pellettilämmityksessä ja maalämmössä varaaja ei ole välttämätön, mutta usein suositeltava. Lämminvesivaraajalla saadaan hetkellinen lämmitystehontarve matalammaksi ja hyötysuhdetta paremmaksi. Aurinkolämpöjärjestelmä vaatii rinnalleen myös jonkun päälämmitysjärjestelmän.



Sähköntuotantomuodoissa suurimmat toiminnalliset eroavaisuudet ovat tuotannon tasaisuus sekä laitteiston vaatima tila. Taajama-alueella ei käytännössä pysty tuotannollisesti merkittävää tuulivoimalaa perustamaan. Aurinkopaneelit tarvitsevat usein toimenpideluvan, mutta harvemmin asentamiselle on esteitä. Tuulivoiman ja aurinkosähkön tuotantojen tasaisuudessa on merkittävä ero. Aurinkopaneelit eivät juurikaan tuota sähköä talvisin, tuulivoimaloiden tuottaessa sähköä tuuliolosuhteista riippuen melko tasaisesti ympäri vuoden.

## 5.2 Kustannusvertailu

Investointikustannuksia on kerätty taulukkoon 3. Investointikustannuksiltaan puulämmitys on edullisin, kustannusten ollessa noin 7 000 €. Erillisen polttopuuvaraston rakentaminen tietysti lisää kustannuksia. Vertailussa toisena on kaukolämpö 9 000 € kustannuksilla. Pellettilämmityksen investointikustannus on noin 10 000 € ja maalämmöllä se on noin 15 000 €.

Energiamuoto	Alkuinvestointi €	Nykyiset polttoainekustannukset snt/kWh
Puukattila ostopuut	7 200	6,80
Puukattila omat puut	7 200	4,10
Pellettikattila	10 000	6,70
Maalämpö	18 000	3,70
Kaukolämpö	9 000	8,00
Energiamuoto	Alkuinvestointi €	Säästö ensimmäisenä vuonna €
Aurinkolämpö	6 000	220
Aurinkosähkö	10 140	484
Tuulivoima	15 950	550

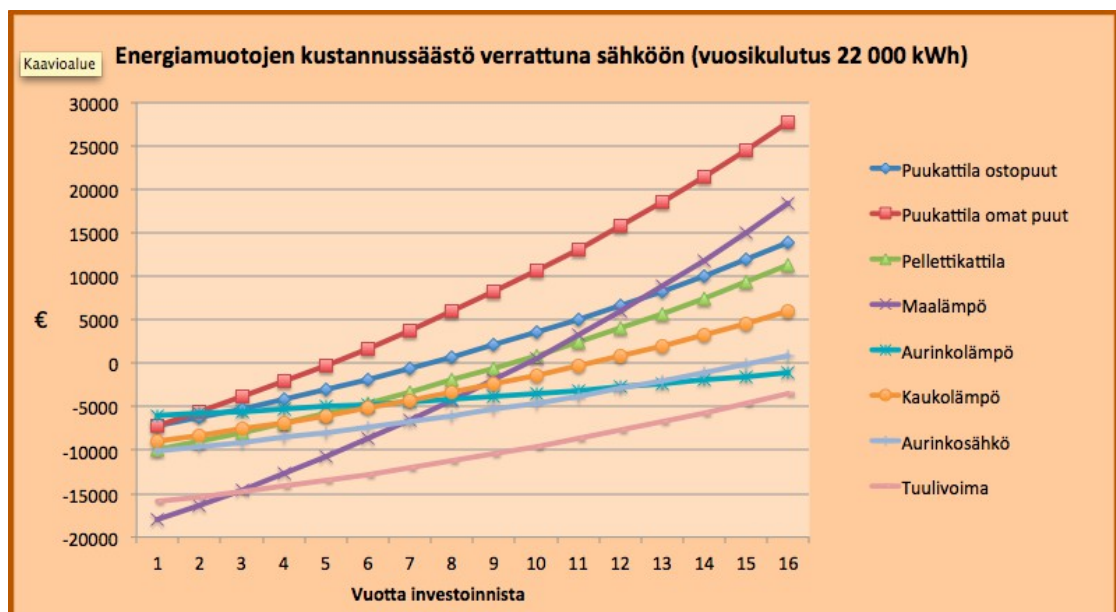
Taulukko 3. Energiamuotojen kustannukset.

Suuremmalla investointikustannuksella saa usein edullisemmat käyttökustannukset. Maalämmön käyttökustannukset ovat hyötysuhteesta riippuen noin kolmanneksen sähkölämmitykseen verrattuna, eli noin 3,7 snt/kWh. Halkolämmitys maksaa noin 6,8 senttiä ja pellettilämmitys noin 6,7 senttiä tuotettua kilowattituntia kohden. Kaukolämmön hinnaksi muodostui kaikkien siirtomaksujen ja verojen jälkeen 8,45 snt/kWh.

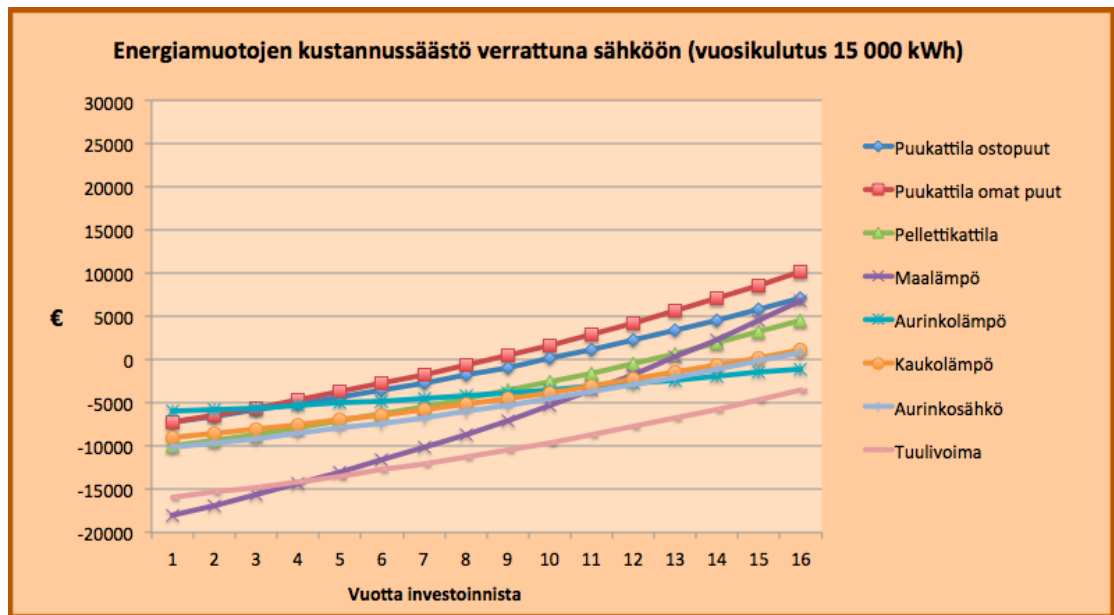
Monet eri lämmitystuotantomuotojen valmistajat vertaavat omia tuotteitaan sähkölämmitykseen, joten tässäkin työssä on verrattu eri vaihtoehtoja suoraan sähkölämmitykseen. Yhden vuoden 22 000 kWh:n lämmitystarve maksaisi suoralla sähkölämmityksellä noin 2 400 €. Kustannussäästöjä kaukolämmöllä tulisi n. 560 €/v, halkolämmityksellä n. 900 €/v, pellettilämmityksellä n. 1 000 €/v ja maalämmöllä n. 1 600 €/v ensimmäisinä vuosina suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Mikäli halkolämmityksen polttoaine saataisiin omasta metsästä, olisi halkolämmityksellä saatava säästö n. 1540 €/v. Kyseinen hinta ei huomioi oman työn hintaa.

Kuuden neliön kokoisella aurinkokeräinjärjestelmällä saatava säästö olisi n. 200 € vuodessa, mikäli kaikki sen tuottama lämpö saataisiin hyödynnettyä. Saatava säästö on huomattavasti pienempi mikäli aurinkokeräimet asennettaisiin esimerkiksi maalämmön rinnalle. 10 000 €:n aurinkopaneeli-investoinnilla voisi säästää vuositasolla keskimäärin n. 500 € ja 15 000 €:n tuulivoimalainvestoinnilla hieman enemmän. Saatavat säästöt ja investointien kannattavuudet kannattaa kuitenkin aina selvittää tapauskohtaisesti.

Kuvioista 7 ja 8 voi lukea kuinka paljon eri energiamuodoilla saa säästöjä ja kuinka nopeasti eri lämmitysjärjestelmät maksavat itsensä takaisin. Kuvaajassa nolla-akselin leikkaus tarkoittaa, että tuotanto maksanut itsensä takaisin sähkölämmitykseen verrattuna. Kuvaajiin on arvioitu 5 % energianhintojen nousu.



Kuvio 7. Kustannussäästö verrattuna sähköön vuosikulutuksella 22 000 kWh.



Kuvio 8. Kustannussäästö verrattuna sähköön vuosikulutuksella 15 000 kWh.

## 6 Johtopäätökset

### 6.1 Lämmitysmuodot, Mäntylän tila, vuosikulutus 22 000 kWh

Maalämmön puolesta on paljon puhuttu ja tämänkin tutkimuksen perusteella se on kannattava vaihtoehto pientaloissa, joihin on lähiaikoina tulossa lämmityskattilaremontti. Mäntylän tilalla kannattaa selvittää olemassa olevan porakaivon kunto ja mahdollisuudet käyttää maalämmön lämpökaivona. Sen käyttäminen alentaisi investointikustannuksia.

Vanhan puukattilan vaihtaminen uuteen puukattilaan tai pellettikattilaan ei vaikuttanut kustannuksiltaan houkuttelevalla verrattuna maalämpöön. Investointi uuteen puukattilaan on perusteltua kustannuksiltaan, mikäli polttopuut, kuten nykyäänkin, hankitaan omasta metsästä. Nykyään käytettävä puu on metsästä joka tapauksessa poistettavaa metsänhoidollisista syistä johtuen. Kyseinen puu voitaisiin tietysti myydä energiapuuksi metsäyhtiöille tai polttopuina kuluttajille. Mikäli nykyinen polttopuun määrä myytäisiin energiapuuksi, saatavat tulot olisivat noin 400 € vuodessa. (Pietäinen 2014.) Mikäli puut tehtäisiin nykyiseen tapaan, jäisi omalle työlle korvausta

15 vuoden aikana keskimäärin 9,0 €/h ostopuihin verrattuna ja 6,0 €/h maalämpöön verrattuna.

Yllättävää tutkimuksessa olivat kaukolämmön suuret investointikustannukset sekä erityisesti suuret käyttökustannukset. Kaukolämmön lämmityskustannukset Mikkelissä eivät olleet kuin noin neljänneksen sähkölämmitystä edullisempia. Kaukolämmön kannattavuudesta on ollut paljon puhetta maalämmön yleistyessä. Esimerkiksi vuonna 2012 valmistuneessa Kai Lintusen opinnäytetyössä vertaillaan kaukolämpöä ja maalämpöä Varkaudessa. Työn tulos oli risteävä tämän tutkimuksen kanssa. Lintusen työn mukaan maalämpö ja kaukolämpö ovat kokonaiskustannuksiltaan lähellä toisiaan. Ero voisi selittyä maantieteellisillä eroilla kaukolämmön hinnoissa, sekä siinä, että Lintusen työssä on huomioitu lämminvesivaraaja maalämmön investointikustannuksiin ja tässä työssä ei ole. (Lintunen 2012, 46)

## 6.2 Lämmitysmuodot, vuosikulutus 15 000 kWh

15 000 kWh:n vuosikulutuksella suurimmat erot investointikustannuksissa verrattuna 22 000 kWh:n vuosikulutukseen ovat maalämmössä ja erityisesti sen keruupiirin asennuskustannuksissa. Laitteiden ja kattiloiden hinnoissa ei suurta kustannuseroa ole.

Vertailussa havaittiin pienemmän vuosikulutuksen lisäävän puupohjaisten lämmitysmuotojen kannattavuutta maalämpöön verraten ja sähkölämmityksen kannattavuutta muihin lämmitystapoihin verraten. 15 000 kWh:n vuosikulutuksella edelleen hal-  
kolämmitys ja maalämpö olivat kaikkein kannattavimmat vaihtoehdot. Mikäli polttopuut tekisi itse, jäisi itselle korvausta maalämpöön tai ostopuihin verrattuna keskimäärin 2,5 euroa jokaista tehtyä tuntia kohden.

## 6.3 Aurinko- ja tuulivoima

Kaikkein ympäristöystävällisimpien energiantuotantomuotojen kannattavuus osoitautui tutkimuksessa harkinnanvaraiseksi. 15 vuoden vertailujaksolla ainoastaan aurinkosähkö tuotti investointikustannuksensa takaisin. Sen kannattavuus vähenee mikäli kaikkea tuotettua sähköä ei pystytä kuluttamaan omassa kiinteistössä. Aurinko-

lämpö pärjasi yllättävän heikosti sähkölämmitykseen verrattuna. Maalämmön rinnalle lisälämmönlähteeksi sitä ei tämän tutkimuksen perusteella voida suositella. Kuitenkin aurinkokeräimet voisivat olla perusteltuja vähentämään esimerkiksi puulämmityksestä tulevaa työmäärää kesäkuukausien aikana.

Laskennassa on huomioitu energiahintojen nousu mahdollisesti alakanttiin, kun siinä on käytetty vain 5 % nousuvauhtia. Energiahinnat ja varsinkin sähkön hinta mitä luultavammin nousevat sitäkin nopeammin. Tutkimuksen perusteella pienimuotoinen sähköntuotanto aurinkopaneeleilla voisi olla vakavasti harkittava investointi.

## Lähteet

Ariterm 35+. 2010. Ariterm puukattilan tuotelehti. Luotu 2.3.2010.

<http://www.ariterm.fi/wp-content/uploads/2014/01/Ariterm-35+-tuotelehti.pdf>.

Aurinkokeräin. 2014. Ympäristöenergia oy:n internetsivu. Viitattu 1.11.2014.

<http://www.y-energia.com/aurinkolampo/aurinkokerain/aurinkokerain.html>.

Aurinkosähkösanasto. 2014. Motiva. Viitattu 5.12.2014.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/lisatietoja/aurinkosahkosanasto](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/lisatietoja/aurinkosahkosanasto).

Energia-arvo ja muuntokertoimet. 2014. Viitattu 5.12.2014.

<http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/hake/>.

Helsingin Energia ja Vapo ovat sopineet Suomen suurimmasta pellettitoimituksesta.

2014. Vapon internetsivu. Viitattu 27.11.2014.

[http://www.vapo.fi/media/ajankohtaista/2059/helsingin\\_energia\\_ja\\_vapo\\_ovat\\_sopineet\\_suomen\\_suurimmasta\\_pellettitoimituksesta](http://www.vapo.fi/media/ajankohtaista/2059/helsingin_energia_ja_vapo_ovat_sopineet_suomen_suurimmasta_pellettitoimituksesta).

Hinnasto. 2014. Hattulan Halko oy -internetsivusto. Viitattu 25.12.2014.

<http://www.hattulanhalko.fi/hinnasto>.

Kaukolämmön hinta 1.7.2014 alkaen. 2014. Energiateollisuus ry.

[http://energia.fi/sites/default/files/hinta\\_010714.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/hinta_010714.pdf).

Kaukolämmön liittymismaksuhinnasto. 2014. Etelä-Savon energian internetsivu.

[http://www.es.fi/files/7514/0118/5188/Kaukolampo\\_liittymismaksuhinnasto\\_KAM\\_PANJA\\_valmis.pdf](http://www.es.fi/files/7514/0118/5188/Kaukolampo_liittymismaksuhinnasto_KAM_PANJA_valmis.pdf).

Kaukolämpö. 2014. Motiva. Viitattu 8.11.2014.

<http://www.motiva.fi/kaukolampo>.

Kaukolämpökeskus, laadukas Suomessa valmistettu Kauko 20/60 asennettuna 3950

€. 2014. Waastek oy:n artikkeli. Viitattu 8.11.2014.

<http://waastek.pohjanmaanpalvelut.fi/tag/kaukolampo-asennus-hinta/>.

Kotitalousvähennys. 2014. Verohallinnon internetsivu. Dnro A218/200/2013. Viitattu 31.12.2014.

[http://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat\\_veroohjeet/Henkiloasiakkaan\\_tuloverotus/Kotitalousvahennys](http://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Henkiloasiakkaan_tuloverotus/Kotitalousvahennys).

Kuluttajapelletin hintaa tilastoidaan. 2014. Pellettienergian internetsivu. Viitattu 27.11.2014.

<http://www.pellettienergia.fi/Pelletin%20hinta-%20ja%20tilastotietoja>.

Liitetaulukko 25. Puupelletin kuluttajahinta. 2014. Tilastokeskus. Viitattu 27.11.2014.

[http://stat.fi/til/thi/2014/10/thi\\_2014\\_10\\_2014-11-24\\_tau\\_025\\_fi.html](http://stat.fi/til/thi/2014/10/thi_2014_10_2014-11-24_tau_025_fi.html).

Lintunen, K. 2012. Lämmitysratkaisuvertailussa kaukolämpö ja maalämpö Varkaudessa. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012062712977>.

Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa 2006-2011. N.d. Viitattu 10.9.2014  
[http://www.motiva.fi/files/6111/460.466666/Lammitysjarjestelmien\\_markkinaosuus\\_2006-2011.jpg](http://www.motiva.fi/files/6111/460.466666/Lammitysjarjestelmien_markkinaosuus_2006-2011.jpg).

Lämmitystapojen vertailulaskuri. 2014. Viitattu 8.11.2014.  
<http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>.

Lämpöpumput. 2014. Energiategollisuuden internetsivu. Viitattu 8.11.2014.  
<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/sahkolammitys/lampopumput>.

Lämpöä omasta maasta – Maalämpöpumput. 2012. Motiva.  
<http://www.gebwell.fi/wp-content/uploads/2014/05/MotivaLampoaOmastaMaasta.pdf>.

Maalämpö on hinnakas kertainvestointi, joka kannattaa. 2012. Geodrillin maalämpöblogi. Viitattu 3.1.2015.  
<http://www.geodrill.fi/maalampo-hinta>.

Maalämpöpumppu. 2014. Motiva. Viitattu 3.1.2015  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/maalampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu).

Maaviileä. 2014. Seneran internetsivu. Viitattu 5.10.2014  
<http://www.senera.fi/Maalampo/Maaviilea/>.

Mikkelin kaupungin rakennusjärjestys. 2009.  
<http://www.mikkeli.fi/sisalto/rakennusjarjestys>.

Puukattila Ariterm 35+ alapalo. 2014. Taloon.com verkkokauppa. Viitattu 27.11.2014.  
<http://www.taloon.com/puukattila-ariterm-35-alapalo/LVIN-5010121/dp?openGroup=7897>.

Opas sähkön pientuottajalle. 2012. Motiva.  
[http://www.motiva.fi/files/5724/Opas\\_sahkon\\_pientuottajalle\\_2012.pdf](http://www.motiva.fi/files/5724/Opas_sahkon_pientuottajalle_2012.pdf).

Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2012. Motiva.  
[http://www.motiva.fi/files/7201/Pientalon\\_lammitysjarjestelmat\\_2012.pdf](http://www.motiva.fi/files/7201/Pientalon_lammitysjarjestelmat_2012.pdf).

Pietiäinen, I. 2014. Pientalon lämmittäjä. Haastattelu 15.11.2014.

Puupelletti lämmittää puhtaasti ja uusiutuvasti. 2012. Motiva.

[http://www.motiva.fi/files/6059/Puupelletti\\_lammittaa\\_puhtaasti\\_ja\\_uusiutuvasti.pdf](http://www.motiva.fi/files/6059/Puupelletti_lammittaa_puhtaasti_ja_uusiutuvasti.pdf).

Pätkittäin puulämmityksestä. 2012. Motiva.

[http://www.motiva.fi/files/7492/Patkittain\\_puulammityksesta.pdf](http://www.motiva.fi/files/7492/Patkittain_puulammityksesta.pdf).

Tarjous. 2014. Vastine tarjouspyyntöön. Finnwind. 10.10.2014.

Teho ja tuotto. 2014. Ympäristöenergia Oy:n internetsivu. Viitattu 1.11.2014.

[http://www.y-energia.com/aurinkolampo/teho\\_ja\\_tuotto/teho\\_ja\\_tuotto.html](http://www.y-energia.com/aurinkolampo/teho_ja_tuotto/teho_ja_tuotto.html).

Tornberg, T & Huttunen, J. 2014. Aurinkoenergian verotukseen tulossa helpotuksia.

Yle uutiset 29.8.2014. Viitattu 8.9.2014.

[http://yle.fi/uutiset/aurinkoenergian\\_verotukseen\\_tiedossa\\_helpotuksia/7441561?ref=leiki-uu](http://yle.fi/uutiset/aurinkoenergian_verotukseen_tiedossa_helpotuksia/7441561?ref=leiki-uu).

Tuule tuulivoimalat. 2014. Tuule tuulivoimala-yleisesite. Finnwind. Viitattu 5.12.2014.

<http://www.finnwind.fi/tuuli/Tuule-200-tuulivoimala-yleisesite.pdf>.

Tyhjiöputken toimintaperiaate. 2010. Novafuture-internetsivu. Viitattu 11.9.2014.

<http://novafuture.fi/putket.html>.

Valtakunnallinen vertailu kertoo, että kaukolämpö on edullista Lahden alueella. 2014.

Lahti energian internetsivu. Viitattu 4.12.2014.

<http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/ajankohtaista/valtakunnallinen-vertailu-kertoo-ettae-kaukolaempoe-on-edullista-lahden-alueella>.

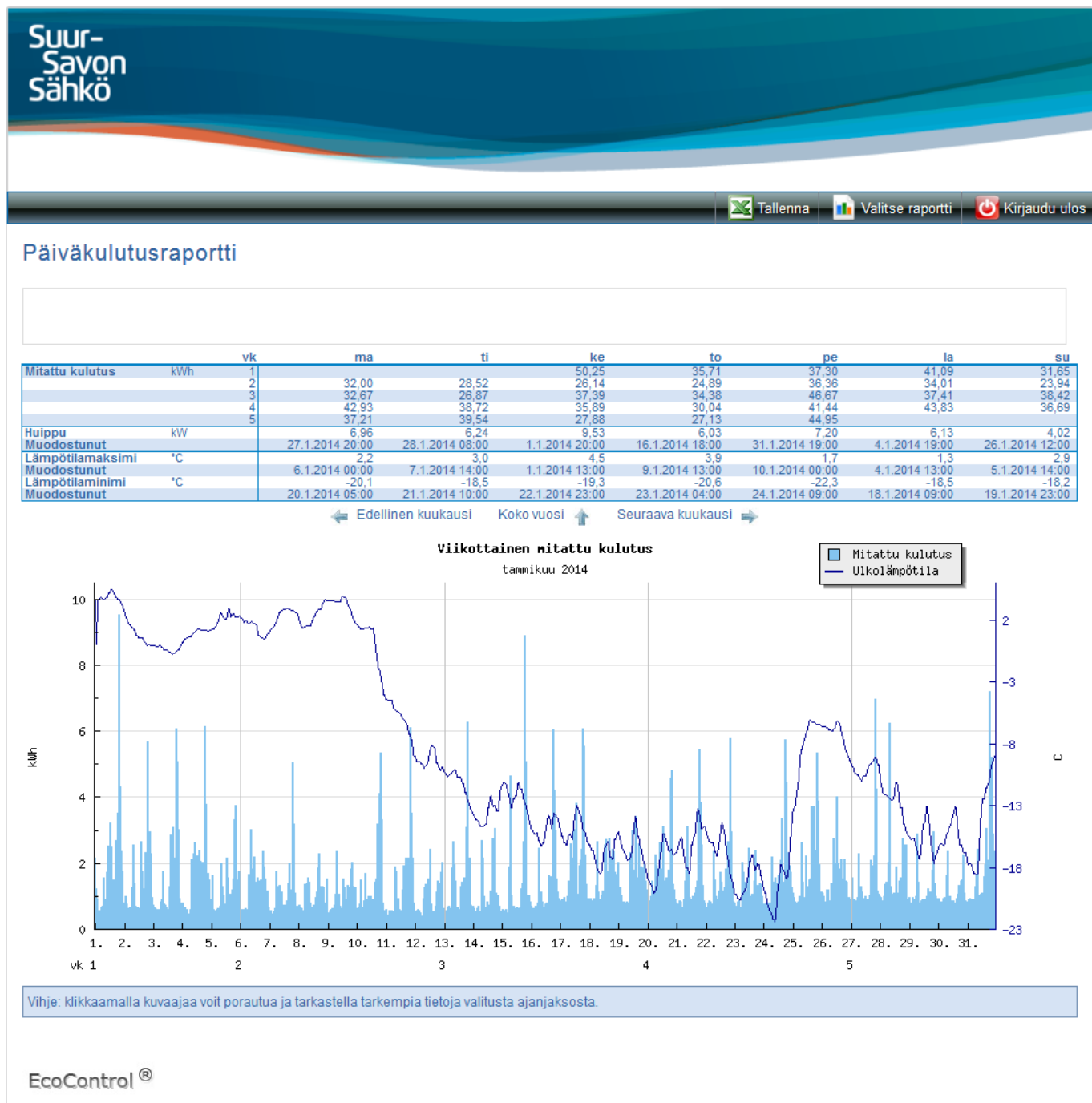
Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. 2014. Motiva. Viitattu 28.12.2014.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)



## Liitteet

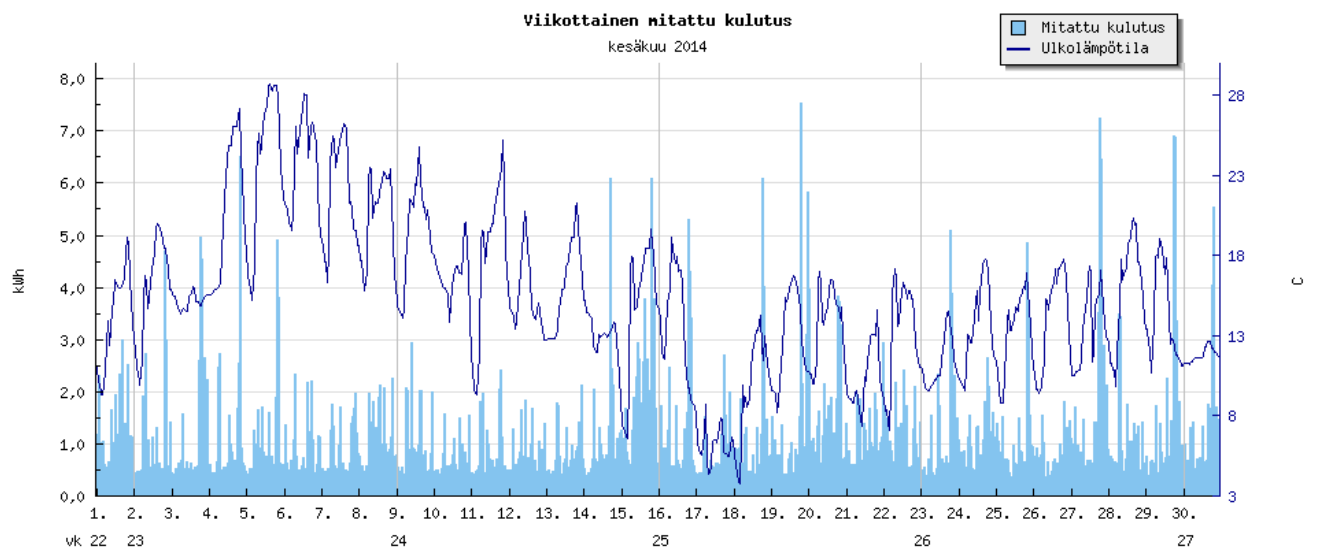
### Liite 1. Sähkön kulutustaulukoita



## Päiväkulutusraportti

		vk	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Mitattu kulutus	kWh	22							30,47
		23	26,46	29,32	28,35	27,90	22,06	21,98	27,89
		24	25,87	17,44	21,65	20,05	20,43	28,06	47,79
		25	33,11	21,49	29,00	30,12	43,29	25,94	29,58
		26	29,33	27,09	27,55	20,17	41,13	25,94	37,36
		27	30,94						
Huippu	kW		5,53	4,97	6,50	7,54	7,24	6,08	6,89
Muodostunut			30.6.2014 20:00	3.6.2014 19:00	4.6.2014 20:00	19.6.2014 19:00	27.6.2014 19:00	14.6.2014 17:00	29.6.2014 18:00
Lämpötilamaksimi	°C		24,8	20,1	27,2	28,7	28,1	26,2	23,5
Muodostunut			9.6.2014 15:00	10.6.2014 21:00	4.6.2014 20:00	5.6.2014 15:00	6.6.2014 13:00	7.6.2014 14:00	8.6.2014 07:00
Lämpötilaminimi	°C		8,7	4,4	3,8	8,2	10,0	7,3	6,6
Muodostunut			16.6.2014 23:00	17.6.2014 08:00	18.6.2014 04:00	19.6.2014 04:00	20.6.2014 03:00	21.6.2014 10:00	15.6.2014 04:00

Edellinen kuukausi Koko vuosi Seuraava kuukausi



Vihje: klikkaamalla kuvaajaa voit porautua ja tarkastella tarkempia tietoja valitusta ajanjaksosta.

## Liite 2. Mikrotuotantolaitteiston yleistietolomake

Energiateollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake

### MIKROTUOTANTOLAITTEISTON LIITTÄMINEN VERKKOON

Tällä lomakkeella asiakas ilmoittaa verkkoyhtiölle tiedot nimellisteholtaan enintään 50 kVA tuotantolaitteiston sähköverkkoon liittämistä varten. Lomakkeen voi antaa täytettäväksi laitteiston toimittajalle ja/tai laitteiston kytkevälle sähköurakoitsijalle tai asiakas voi tarvittaessa täyttää lomakkeen myös itse. Sähköntuotannon aloittamiseen tulee tämän lomakkeen lähettämisen lisäksi saada erikseen lupa verkkoyhtiöltä.

#### 1. YHTEYSTIEDOT

Tuotantolaitoksen omistaja	Sähköposti	Puhelinnumero
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Liittymän osoite (tuotantolaitoksen sijaintipaikka)	Postinumero	Postitoimipaikka
Käyttöpaikan numero (löytyy sähkönsiirtolaskulta)		
Yhteyshenkilö (jos muu kuin tuotantolaitoksen omistaja)	Sähköposti	Puhelinnumero

#### 2. TUOTANTOLAITTEISTON PERUSTIEDOT

Tuotantomuoto	<input type="checkbox"/> Aurinko	<input type="checkbox"/> Tuuli	<input type="checkbox"/> Biokaasu	<input type="checkbox"/> Diesel	<input type="checkbox"/> Muu, mikä?
Verkkoonliitännälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) valmistaja	Verkkoonliitännälaitteiden (invertteri/vaihtosuuntaaja) määrä ja malli				
Tuotantolaitteiston nimellisteho	kVA/kW	Tuotantolaitteiston enimmäisvikavirta			A
		(laitoksen suurin mahdollinen virta)			
Laitteiston kytkentä	<input type="checkbox"/> Kolmivaiheinen	<input type="checkbox"/> Yksivaiheinen, merkitse vaihe	<input type="checkbox"/> L1	<input type="checkbox"/> L2	<input type="checkbox"/> L3

#### 3. TUOTANTOLAITTEISTON TEKNISET TIEDOT

##### 3.1. Tuotantolaitteiston suojaus (valitse YKSI seuraavista vaihtoehtoista)

Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset, mukaan lukien verkkoonliitännälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) suojausasettelut ja irtikytketymisajat

<input type="checkbox"/> Energiateollisuus ry:n suositus 2011, tekninen liite 1	<input type="checkbox"/> Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438, Suomen asetukset
<input type="checkbox"/> Saksalainen vaatimuskirje VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)	<input type="checkbox"/> Jokin muu
<i>HUOM! Jos valitset tämän vaihtoehdon, täytät myös lomakkeen kohta 7.</i>	

##### 3.2. Tuotantolaitteiston erottaminen

<input type="checkbox"/> Vakuutan, että tuotantolaitteisto on erotettavissa erillisellä erotuskytkimellä, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy (esim. talon ulkoseinällä, ei lukitussa tilassa)
Erotuskytkimen sijainti (esim. talon ulkoseinällä pääoven vieressä)
<input type="checkbox"/> Liittymän sähkökeskuksilla on varoituskyttilä takasyöttövaarasta ja opastus laitteiston irtikytkemiselle

#### 4. TUOTANTOLAITTEISTON ASENTAJAN/URAKOITSIJAN TIEDOT

(tuotantolaitteiston sähköverkkoon kytkevä urakoitsija täyttää)

Sähköurakoitsija	TUKES-numero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti

Urakoitsija toimittaa asiakkaalle laitteistoa koskevan käyttöönottotarkastuspöytäkirjan.  
Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on pyydettyäessä toimitettava verkonhaltijalle.

#### 5. LISÄTIEDOT

Lisätietoja
-------------

Verkkoyhtiöt voivat tämän lomakkeen lisäksi pyytää myös muita tarvitsemiaan tietoja tai lomakkeita laitteistosta ja sen liittämisestä. Lisätietoja saat verkkoyhtiöltäsi.

#### 6. ALLEKIRJOITUS

Vakuutan antamani tiedot oikeiksi	
Päivämäärä ja paikka	Allekirjoitus ja nimenselvennys

Lomakkeen voi allekirjoittaa tuotantolaitoksen omistaja tai hänen valtuuttamansa taho, kuten sähköurakoitsija

#### 7. Tuotantolaitteiston verkkoonliitälaitteen suojausasettelut ja irtikytkeytymisajat

*HUOM! Täytä tämä osa vain, jos valitsit kohdassa 3. vaihtoehdon Jokin muu*

Verkkoonliitälaitteen suojausasettelu noudattaa standardia:					
Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika	Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika
Ylijännitesuojaus 1			Ylitaajuussuojaus 1		
Ylijännitesuojaus 2*			Ylitaajuussuojaus 2*		
Alijännitesuojaus 1			Alitaajuussuojaus 1		
Alijännitesuojaus 2*			Alitaajuussuojaus 2*		
* jos on					
Tuotantolaitteiston automaattinen tahdistumisaika verkkojännitteen palauduttua					s
Saarekekäytönestosuojauksen (Loss of Mains) toteutustapa ja toiminta-aika					
<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on CE-merkitty					