

Teollisuuden suunnitteluprojekti

Hirvaskankaan lähienergiaratkaisu

Riku Ripatti
Arto Roponen
Sami Virtanen

Raportti
Joulukuu 2016
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Sisältö

1	Johdanto.....	2
2	Projektin rajaus	2
3	Lämmitysenergiantuotanto.....	3
3.1	Lähtötiedot	3
3.2	Lämpöverkko	5
3.3	Maalämpölaite.....	8
3.4	Hakelämpölaite.....	9
3.5	Pellettilämpölaite.....	11
3.6	Ilmalämpöpumppu	12
4	Sähköntuotanto.....	14
5	Yhteenveto	15
	Lähteet.....	17
	Liitteet	18

Kuviot

Kuvio 1. Kuukauden keskilämpötilat Jyväskylän lentoasema 2015	3
Kuvio 2. Normeerauksessa käytettävä kaava	4
Kuvio 3. Lämmönsiirtoverkko ja tarkasteltavat alueet	6
Kuvio 4. Lämpötehon ja massavirran välinen yhteys eri lämpötilaeroilla.	7
Kuvio 5. Putkikoon määrittäminen massavirran ja painehäviön perusteella.	7
Kuvio 6. Keskitetyn maalämmöntuotannon SWOT-analyysi	9
Kuvio 7. Hakelämpölaitoksen SWOT-analyysi.....	10
Kuvio 8. Pellettilämpölaitoksen SWOT-analyysi.....	11
Kuvio 9. SWOT-analyysi ilmalämpöpumpusta	13
Kuvio 10. SWOT-analyysi aurinkosähköntuotannosta	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

Taulukot

Taulukko 1. Kuukauden keskilämpötilat Jyväskylässä	3
Taulukko 2. Yksittäisen omakotitalon (OKT) ja rivitalon (RT) lämmitystekot	4
Taulukko 3. Omakotitalojen ja rivitalojen yhteenlasketut lämmitystekot	4
Taulukko 4. Rakennuskohtaiset normeeratut arvot, sekä kaikki tarkasteltavat rakennukset yhteensä	5
Taulukko 5. Pumpun valmistajan laatima taulukko.	12

1 Johdanto

Projektin tarkoituksena oli tutkia erilaisia energiantuotantovaihtoehtoja ja niiden kannattavuutta Hirvaskankaalle kaavoitetulle uudisrakennusalueelle. Toimeksiantajina toimivat Metsäkeskus yhteistyössä Benet Oy:n kanssa. Tavoitteena oli tutkia pääasiassa asuinrakennusten lämmöntuotantoa ja selvittää paikallisen sähköntuotannon mahdollisuutta. Energiantuotannon suunnittelussa ja mitoituksessa tuli huomioida uudisrakennusalueen vaiheittainen rakentuminen.

2 Projektin rajaus

Projektin aloituskokouksessa määriteltiin mahdollisia tutkittavia lämpöenergian- ja sähköntuotantotapoja uudisrakennusalueelle. Tarkoituksena oli tutkia uusien rakennettavien lämpölaitosten lisäksi myös lähialueella sijaitsevan Äänekosken Energian omistaman lämpövoimalaitoksen laajentamista. Yhteydenoton jälkeen lämpövoimalaitoksen hyödyntämisen todettiin olevan mahdotonta, sillä voimalaitos toimii täydellä kapasiteetilla ja omistajalla ei ole aikeita laajentaa voimalaitoksen kapasiteettia. Kokouksessa pohdittiin myös keskitettyä omasähköntuotantoa, joka todettiin lainsäädäntöön vedoten mahdottomaksi. Mikäli alueella on oma keskitetty sähköntuotanto ja -jakelu, tontteja voidaan ainoastaan vuokrata.

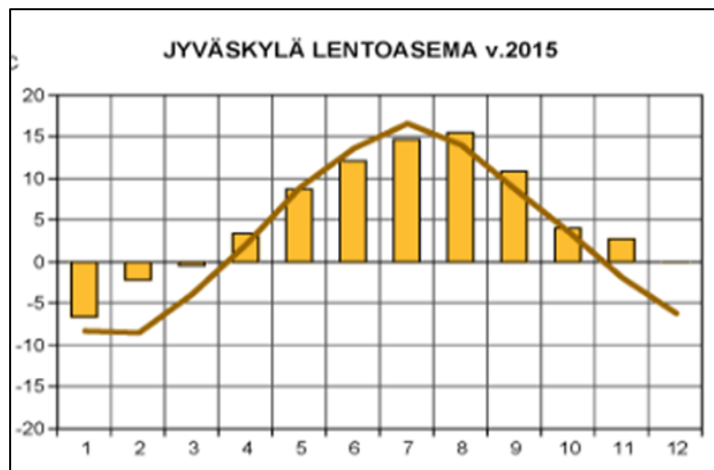
Uudisrakennusalueen oletetaan rakentuvan 20 vuoden aikana, jolloin omakotitaloja rakennetaan 58 kappaletta ja rivitaloja 5 kappaletta. Alueelle on myös kaavoitettu muita rakennuksia, mutta projektissa keskityttiin tarkastelemaan asumiskäyttöön tulevia rakennuksia. Projektissa mitoitettiin energiantuotanto ensimmäisen 10 vuoden ajalle, minkä aikana oletettiin rakentuvan 20 omakotitaloa ja kolme rivitaloa.

Tarkasteltaviksi lämpöenergiantuotanto vaihtoehtoiksi valittiin hake- sekä pellettilämpölaitos, maalämpölaitos, sekä asuntokohtainen ilmalämpöpumppu. Projektissa tarkasteltiin myös asuntokohtaista perussähkökuorman kattamista aurinkopaneelilla.

3 Lämmitysenergiantuotanto

3.1 Lähtötiedot

Projektissa keskityttiin tarkastelemaan lämpöenergiantuotannon kannattavuutta ensimmäisen 10 vuoden ajalle. Uudisrakennusalueelle arvioitiin tämän ajanjakson aikana rakentuvan 20 omakotitaloa ja kolme rivitaloa. Kaikkien projektissa tarkasteltujen energiantuotantomuotojen kustannukset on laskettu arvonlisäverottomina.



Kuvio 1. Kuukauden keskilämpötilat Jyväskylän lentoasema 2015

Taulukko 1. Kuukauden keskilämpötilat Jyväskylässä

kk	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
lämpötila	-7	-2	-0,5	3,5	8,5	12	14,5	15,5	11	4	3	0

Rakennusten lämpökuormat laskettiin käyttämällä Taulukon 1. arvoja. Rakennusten keskimääräiseksi lämmitystehoksi valittiin 25 kWh/m^3 , jota voidaan pitää realistisena uusille rakennuksille. Omakotitalojen keskimääräisiksi pinta-aloiksi valittiin 150 m^2 , ja rivitalojen keskimääräisiksi pinta-aloiksi valittiin 210 m^2 . Huonekorkeudeksi valittiin kolme metriä. Näiden arvojen avulla saatiin laskettua rakennuskohtaiset lämmitettävät tilavuudet, jotka ovat omakotitaloille 450 m^3 ja rivitaloille 630 m^3 . Rakennuskoh-

taisiksi lämmitysenergian kulutuksiksi vuodessa saatiin omakotitaloille 11250 kWh/a ja rivitaloille 15750 kWh/a, ja jakamalla arvot vuoden tunneilla saatiin omakotitalon keskimääräiseksi lämmitystehoksi 1,28 kW ja rivitaloille 1,80 kW. Taulukossa 2 ja 3 on laskettu rakennuskohtaiset lämmitystehot. Marjukka Nuutiselta saatujen materiaalien ohjeiden mukaisesti lämmityksen huipputeho on laskettu kertomalla keskimääräiset lämmitystehot viidellä. Mitoitusteho on laskettu puolittamalla huipputeho.

Taulukko 2. Yksittäisen omakotitalon (OKT) ja rivitalon (RT) lämmitystehot

Keskim. Lämmitysteho		Lämmityksen huipputeho		Lämmityksen mitoitusteho		Mitoitusteho yhteensä
OKT (kW)	RT (kW)	OKT (kW)	RT (kW)	OKT (kW)	RT (kW)	
1,28	1,80	6,42	8,99	3,21	4,49	7,71

Taulukko 3. Omakotitalojen ja rivitalojen yhteenlasketut lämmitystehot

Keskim. Lämmitysteho		Lämmityksen huipputeho		Lämmityksen mitoitusteho		Mitoitusteho yhteensä
OKT (kW)	RT (kW)	OKT (kW)	RT (kW)	OKT (kW)	RT (kW)	
25,68	5,39	128,42	26,97	64,21	13,48	77,70

Tarvittava lämpöteho pitää normeerata paikkakuntaakohtaisesti, jotta siitä saadaan vertailukelpoinen. Energiankulutuksen normeerauksessa hyödynnetään paikkakuntaakohtaisia lämpötilatietoja. Normeerausta varten tulee laskea lämmityksen lisäksi lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluva lämpöenergia.

Lämmin käyttövesi on mitoitettu henkilöä kohden olettaen, että yhden henkilön kulutus vuodessa on 1000 kWh. Projektissa oletettiin, että omakotitalossa asuu keskimääräisesti kolme henkilöä ja rivitalossa kuusi. Rakennuskohtaisesti saatiin lämpimän käyttöveden kulutukseksi omakotitalolle 3 MWh/a ja rivitalolle 6 MWh/a. Yhteensä tarkasteltaville kohteille lämpimän käyttöveden kulutus on 78 MWh/a.

$$Q_{norm} = k_2 \times \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

Kuvio 2. Normeerauksessa käytettävä kaava

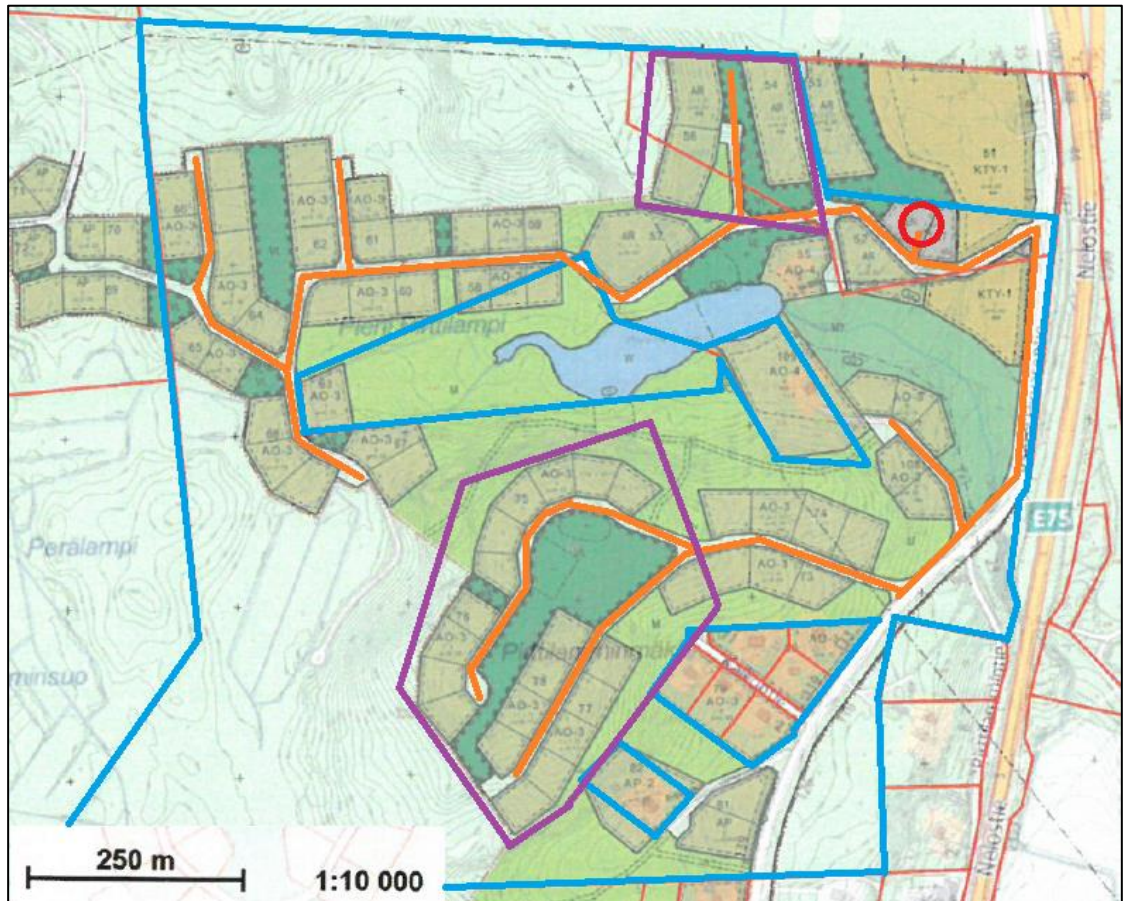
Kuviossa 2 nähdyssä kaavassa $Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$, sekä $Q_{\text{toteutunut}}$ on laskettu laskennallisilla arvoilla. $Q_{\text{toteutunut}}$ on keskimääräinen lämmitysenergia, josta on poistettu lämpimän käyttöveden kuluttama energia. $S_{N, \text{vpkunta}}$ on normaalivuoden lämmitystarveluku, $S_{\text{toteutunut, vpkunta}}$ on toteutunut lämmitystarve ja k_2 on kerroinluku, jotka on saatu Marjukka Nuutisen opetusmateriaaleista. Normeerauksesta saadulla lämmitysenergian tarpeella pystyttiin mitoittamaan lämpölaitokselta vaadittava lämpöteho. Taulukossa 4 voidaan tarkastella normeerattuja arvoja.

Taulukko 4. Rakennuskohtaiset normeeratut arvot, sekä kaikki tarkasteltavat rakennukset yhteensä

OKT norm. Rakennuskoht.			RT norm. Rakennuskoht			Yhteensä tarkasteltavat rakennukset		
Q_{norm}	13,4	MWh/a	Q_{norm}	18,3	MWh/a	Q_{norm}	323,6	MWh/a
S_{nvpkunta}	4832		S_{nvpkunta}	4832		S_{nvpkunta}	4832	
$S_{\text{ntoteutunut}}$	3975		$S_{\text{ntoteutunut}}$	3975		$S_{\text{ntoteutunut}}$	3975	
$Q_{\text{toteutunut}}$	8,3	MWh/a	$Q_{\text{toteutunut}}$	9,8	MWh/a	$Q_{\text{toteutunut}}$	194,3	MWh/a
$Q_{\text{lämminkv}}$	3	MWh/a	$Q_{\text{lämminkv}}$	6	MWh/a	$Q_{\text{lämminkv}}$	78	MWh/a

3.2 Lämpöverkko

Koska kaikki tarkasteltavat lämmöntuotantomenetelmät, pois lukien huoneistokohtaiset ilmalämpöpumput, toimivat keskitetysti energiantuotantoon kaavoitetulla tonnilla pienessä lämpölaitoksessa, tulee lämmönsiirtoa varten rakentaa lämmönsiirtoverkko.

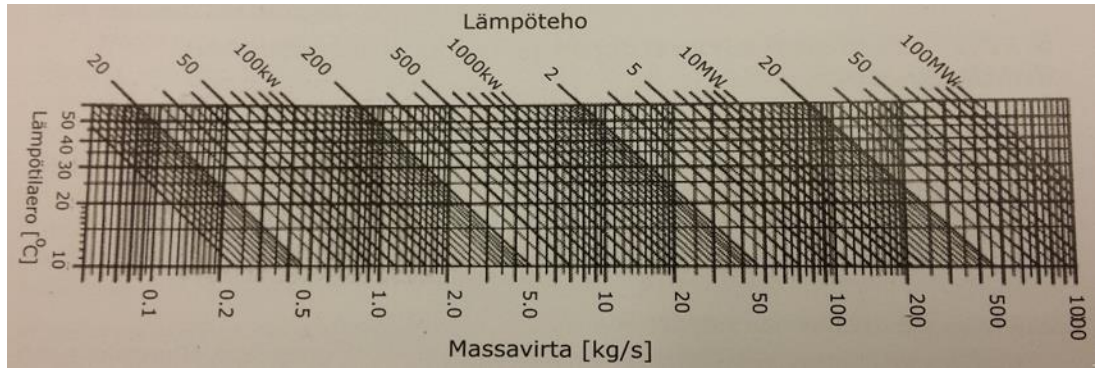


Kuvio 3. Lämmönsiirtoverkko ja tarkasteltavat alueet

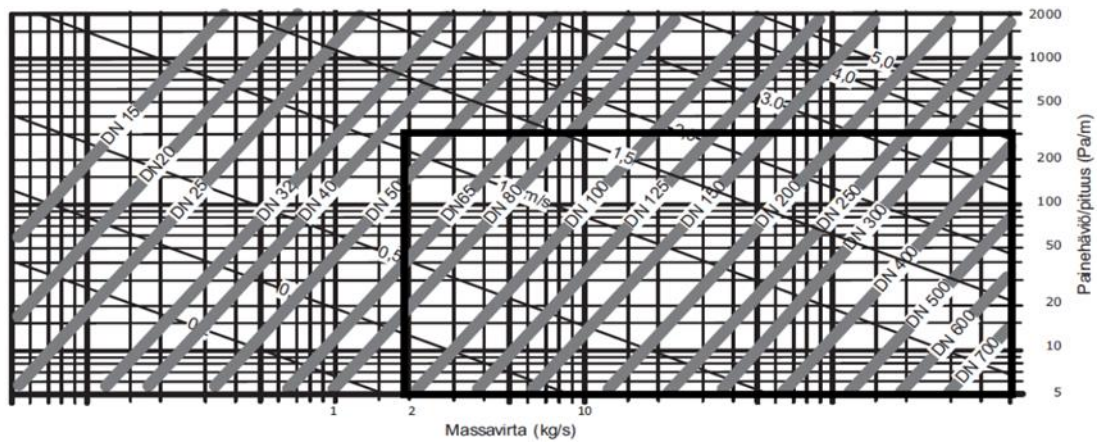
Kuviossa 3 tarkasteltavat alueet on rajattu violetilla värillä. Lämmönsiirtoverkkoa kuvaa oranssi väri ja mahdollisen lämpölaitoksen sijoituspaikkaa punainen ympyrä.

Tarkasteluaikajaksolle rajatut 20 omakotitaloa ja 3 rivitaloa tulisivat vaatimaan laskennallisesti noin 2073 metriä pääverkkoa, jossa tarkastelualueella on 3 solmukohtaa.

Mitoituslaskuissa lämpöhäviöksi on arvioitu 10 W/m jolloin kokonaislämpöhäviöksi saadaan 20,73 kW. Tarkasteltavien kiinteistöjen mitoitustehoksi saatiin laskennallisesti 155,39 kW jolloin lämpölaitoksen kokonaistehoksi tarvitaan 176,13 kW.



Kuvio 4. Lämpötehon ja massavirran välinen yhteys eri lämpötilaeroilla.



Kuvio 5. Putkikoon määrittäminen massavirran ja painehäviön perusteella.

Putkiston mitoituksessa käytettiin 30 asteen lämpötilaeroa ja näin saadaan kuvion 4 perusteella massavirraksi n. 1,5 kg/s. Painehäviöllä 100 Pa/m ja massavirralla 1,5 kg/s putkikooksi valikoituu DN50.

Tarkasteltavalla alueella verkon kokonaispainehäviöksi laskettiin n. 207 kPa. Pumpun hyötysuhteeksi arvioitiin 0,9 jolloin pumpulta vaaditaan sähkötehoa n. 354 W.

Lämmitysverkon investointikustannuksiksi tulisi DN50 putkea käyttäen 140 €/m asennuksineen (Lähde: Elenia, Timo Piippanen), jolloin 2073 m pitkälle verkolle tulisi hintaa 290348 €.

3.3 Maalämpölaitos

Projektissa tarkasteltiin keskitetyn maalämpölaitoksen kannattavuutta. Tarkasteltavien 20 omakotitalon ja 3 rivitalon vaatimat keskimääräiset lämmitystehot kerrottiin viidellä, jolloin saatiin maalämpöpumpulla katettavaksi huipputehoksi 155,4 kW ilman jakeluverkon häviöitä. Maalämpölaitoksen tuottaman lämmön jakelua varten alueelle tulee rakentaa jakeluverkko, jonka aiheuttamat häviöt mukaan laskettuina saatiin lopulliseksi maalämpöpumpulla katettavaksi huipputehoksi 173,2 kW. Maalämpöpumppuratkaisuksi valittiin Oilonin RE 110 ja RE 85 suurkiinteistömaalämpöpumput, jotka rinnan kytkettyinä pystyvät tuottamaan yhteensä 190 kW huippulämmitystehon yhteensä 48,2 kW ottoteholla.

Lämpöpumpun oletetaan pumppaavan n. 6 tuntia päivässä, jolloin sen kuluttamaksi sähköenergiaksi vuodessa saadaan 105,6 MWh/a. Nykyisen sähköenergian Spot-hinnan ollessa 46,65 €/MWh ja sähkön siirtohinnan 32,376 €/MWh saatiin sähkön hinnaksi 79,026 €/MWh. Lasketulla sähkön hinnalla lämpöpumpun vuotuiseksi käyttökustannukseksi saatiin 8341 €. Maalämpöpumpun keskimääräinen COP-arvo on 3, minkä avulla saatiin laskettua rakennuskohtaiset käyttökustannukset. Kertomalla rakennuksen normitettu lämpöenergian tarve sähkön hinnalla 79,026 €/MWh ja jakamalla COP-arvolla saatiin omakotitalon vuotuiseksi käyttökustannukseksi n. 354 € ja rivitalon n. 483 €.

Keskitetyn maalämmöntuotannon lämpökaivojen lämpöenergiana metriä kohden käytettiin arvoa 130 kWh/m ja tehollisena syvyytenä 250 metriä. Näiden arvojen avulla saatiin yhden lämpökaivon lämmöntuotoksi 32,5 MWh. Jakamalla tarkastelun kohteena olevien rakennusten normitettu lämpöenergian tarve 323,6 MWh/a yhden kaivon lämmöntuotolla, saadaan laskettua vaadittavaksi määräksi 10 lämpökaivoa. Lämpökaivojen poraamisen kokonaishinnaksi tulee Innoair:lta saadulla metrihinnalla 33 €/m yhteensä 82500 €. Lämpökaivon etäisyys toiseen lämpökaivoon tulee olla vähintään 20 metriä, joten keskitetyn maalämmöntuotannon lämpökaivojen vaadittavaksi maapinta-alaksi saatiin n. 1,3 hehtaaria.

Keskitetyn maalämmöntuotannon arvioiduksi kokonaisinvestoinniksi valituilla laitteilla, pois luettuna lämmönjakeluverkko, saadaan n. 270 000 €. Kokonaisinvestointiarvio koostuu Oilon Oy:n myyntiedustajalta saadusta arviosta. Maalämpölaitoksen in-

vestointiin on mahdollista saada uusiutuvan energian tukea korkeimmillaan 40 % investointikustannuksista. Myönnetyt tuet ovat tyypillisesti olleet 20 % - 30 % investointikustannuksista, joten projektissa valittiin investointituella katettavaksi osuudeksi 20 %. Lopulliseksi maalämmöntuotannon kokonaisinvestoinniksi ilman jakeluverkkoa ja investointituki huomioituna saatiin n. 216000 €. Keskitetty maalämmöntuotanto vaatii laitteiston lisäksi jakeluverkon, jonka kustannukset tarkastelun kohteena olevalle alueelle on laskettu kappaleessa 3.2 Lämpöverkko. Laitteiston investointikulujen ja jakeluverkon hinnan 290248 € ollessa laskettuina, saatiin keskitetyn maalämmöntuotannon lopullisiksi investointikuluiksi 506248 €.

<p><u>Vahvuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Käyttäjälle huoleton - Melko huoltovapaa - Käyttövarmuus - Edulliset käyttökustannukset 	<p><u>Heikkoudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kallis investointi - Lämpökaivot vaativat suuren alueen
<p><u>Mahdollisuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - CO₂ - päästötön - Ihmisillä positiivinen kuva 	<p><u>Uhat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Putkistovuodot

Kuvio 6. Keskitetyn maalämmöntuotannon SWOT-analyysi

3.4 Hakelämpölaitos

Tarkasteluun valitun hakelämpölaitoksen tehoksi määräytyi lämpöverkon häviöt huomioon ottaen 180 kW. Investointikustannuksen 180 kW hakelämpökontille arviointiin olevan samaa kokoluokkaa kuin 180 kW pellettikontille, eli noin 80 000€ (lähde: MASA-tuote TJ puhelu.).

Laskennan pohjana käytettiin hakkeelle lämpöarvoa 10 MJ/kg, jolloin 1 MWh lämpö määrään tarvitaan noin 360 kg haketta.

Normitetun lämmöntarpeen (323,58 MWh/a) ja hakekattilan hyötysuhteen (0,9) perusteella laskettiin polttoaineenkulutukseksi 129430 kg vuodessa. Esimerkiksi 20,69 €/MWh hinnalla hakkeen vuotuiseksi polttoainekustannukseksi kertyy näin 8368 €.

Varasto mitoitettiin kestämään 10 päivää, jos laitosta ajettaisiin tämä aika täysteholla. Laskennallisesti tämä tarkoittaa noin 30 m² varastoa ja noin 19 tonnia haketta.

Kiinteistökohtaiset lämmitysenergiakustannukset hakelämpölaitokselle on omakotitalokiinteistölle noin 346 € ja rivitalokiinteistölle noin 484 € vuodessa. Lämmitysenergiakustannus on laskettu neliöperusteisesti suhteuttamalla normitetusta lämmitysenergian kulutuksesta.

<p><u>Vahvuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Polttoaineen saatavuus - Investointikustannus - Halpa polttoaine 	<p><u>Heikkoudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Päästöt - Polttoaine ei ole välttämättä tasalaatuista - Polttoaineen säilöntätilantarve
<p><u>Mahdollisuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parempi kuin sähkölämmitys - Skaalattavuus 	<p><u>Uhat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Putkistovuodot - Lainsäädännön muutokset

Kuvio 7. Hakelämpölaitoksen SWOT-analyysi.

3.5 Pellettilämpölaite

Tarkasteluun valitun pellettilämpölaitoksen tehoksi määräytyi lämpöverkon häviöt huomioon ottaen 180 kW. Investointikustannukseksi 180 kW pellettikontille arvioitiin noin 80 000€ (lähde: MASA-tuote TJ puhelu.).

Laskennan pohjana käytettiin pelletille lämpöarvoa 16,8 MJ/kg, jolloin 1 MWh lämpömäärään tarvitaan noin 214,3 kg pellettiä.

Normitetun lämmöntarpeen (323,58 MWh/a) ja pellettikattilan hyötysuhteen (0,9) perusteella laskettiin polttoaineenkulutukseksi 77042 kg vuodessa. Esimerkiksi 57 €/MWh pellettihinnalla vuotuisesti polttoainekustannukseksi kertyy näin 15574 €.

Varasto mitoitettiin kestäämään 10 päivää, jos laitosta ajettaisiin tämä aika täysteholla. Laskennallisesti tämä tarkoittaa noin 16,1 m² ja noin 10 tonnia pellettiä. Varastosiilon tulee siis olla hieman suurempi.

Kiinteistökohtaiset lämmitysenergiakustannukset pellettilämpölaitokselle on omakotitalokiinteistölle noin 644 € ja rivitalokiinteistölle noin 901 € vuodessa. Lämmitysenergiakustannus on laskettu neliöperusteisesti suhteuttamalla normitetusta lämmitysenergian kulutuksesta.

<p><u>Vahvuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Polttoaineen saatavuus - Investointikustannus - Polttoaineen tilantarve pieni 	<p><u>Heikkoudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Päästöt - Polttoaine verrattain kallis
<p><u>Mahdollisuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parempi kuin sähkölämmitys - Skaalattavuus 	<p><u>Uhat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Putkistovuodot - Lainsäädännön muutokset

Kuvio 8. Pellettilämpölaitoksen SWOT-analyysi.

3.6 Ilmalämpöpumppu

Projektissa päädyttiin myös tarkastelemaan asuntokohtaisesti ilmalämpöpumppuja. Pumppu mitoitettiin siten, että se riittäisi kattamaan lämmityksen huipputehon. Rin- nalle tulisi kuitenkin asentaa sähkölämmitys, sillä lämmin käyttövesi pitää lämmittää ja ilmalämpöpumpun tehokkuus ei välttämättä riitä korkeimmilla talvipakkasilla.

Pumpuksi valittiin Mitsubishi Electricin MSZ-FH35VE mallin pumppupaketti. Valintaan vaikuttivat korkea COP kerroin, sekä toiminta korkeillakin pakkasilla. Kyseinen pump- pu myös soveltuu kokoluokaltaan projektissa tarkasteltuihin asuntoihin. Taulukossa 5 nähdään pumpun valmistajalta saadut arvot.

Taulukko 5. Pumpun valmistajan laatima taulukko.

Malli		FH25VE	FH35VE
Lämmitysteho	W	1000-6300	1000-6600
Kylmäteho	W	800-3500	800-4000
Lämpökerroin	COP	5,52	5,00
Vuosihyötysuhde	SCOP/ SEER	4,90/9,1	4,80/8,9
Kosteuden poisto	Max, l/h	1,4	1,5
Äänitaso	Sisä-yksikkö Min/Max, dBA	20-42	21-42
Tilasuositus	m ²	60-120	70-140
Energialuokka	Lämmitys/ Jäähdytys	A++/A+++	A++/A+++

Ilmalämpöpumpun investointikustannukseksi saatiin 1695€ per laite ja kustannus asennuksineen arvioitiin olevan 2400€. Kokonaislaitekustannukseksi 20 omakotitalol- le ja kolmelle rivitalolle, jossa jokaisessa on kolme asuntoa, tulisi olemaan karkeasti asennuksineen 69600€. Pumppujen käyttämä sähkönkulutus saatiin käyttämällä kes- kimääräistä vuotuista COP-kerrointa suhteutettuna vuotuisen lämpöenergiantar- peeseen. Omakotitalossa vuotuinen lämmitysenergiantarve on 11250 kWh/a ja rivi- talossa 15750 kWh/a, jolloin vuotuinen sähkönkulutus pumpulle, olettaen että kaikki

lämmitys tuotetaan pumpuilla, olisi omakotitalolle 3516 kWh/a ja rivitalolle 4922 kWh/a. Nykyisen sähkön Spot-hinnan ollessa 46,65 €/MWh ja sähkön siirtomaksun 32,38 €/MWh, saadaan sähkön vuotuseksi kustannukseksi omakotitalolle 278 €/a ja rivitalolle 389 €/a. Koska ilmalämpöpumpuilla ei voida tuottaa lämmintä käyttövettä, pitää lämpimän käyttöveden lämmityskustannukset ottaa huomioon ilmalämpöpumpun kokonaisvuosikustannuksissa. Kokonaissähkön käyttökustannukseksi saatiin omakotitalolle noin 515 €/a ja rivitalolle 863 €/a.

<p><u>Vahvuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sopii saneerauskohteisiin - Nopea asentaa 	<p><u>Heikkoudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sähkölämmitys hyvä olla rinnalla - Tehokkuus kärsii kylmällä - Ulkoyksiköt vievät tilaa
<p><u>Mahdollisuudet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parempi kuin sähkölämmitys 	<p><u>Uhat:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Putkistovuodot

Kuvio 9. SWOT-analyysi ilmalämpöpumpusta

Kuviossa 6 nähdään SWOT-analyysi ilmalämpöpumpusta. SWOT-analyysistä on helppo vertailla kohteen hyviä ja huonoja puolia. Ilmalämpöpumpun hyviä ominaisuuksia on helppokäyttöisyys, sekä hyvät COP kertoimet.

4 Sähköntuotanto

Lämpöenergiantuotantotapojen selvityksen lisäksi projektin tavoitteena oli kartoittaa omasähköntuotannon mahdollisuuksia tarkasteltavalle uudisrakennusalueelle. Keskitetysti tuotetun sähkön jakelu on lainmukaisesti mahdollista ainoastaan vuokratuilla tonteille, mikä rajaa kyseisen sähköntuotantotavan pois. Tämän vuoksi projektissa päädyttiin tarkastelemaan talokohtaisen aurinkosähköntuotannon kannattavuutta.

Projektissa päädyttiin tarkastelemaan aurinkopaneelijärjestelmää, jolla voidaan katkaa rakennusten pohjakuorma. Rakennusten pohjakuormaksi arvioitiin olevan noin 3200 kWh/a, jolloin aurinkopaneelijärjestelmäksi valittiin Vattenfallin M-kokoluokan järjestelmä. Järjestelmän hinnaksi "avaimet käteen"-periaatteella tulee 8000€. Järjestelmälle laskettiin takaisinmaksuaika siten, että oletetaan sähkönhinnan nousevan vuosittain 5%. Takaisinmaksuajaksi järjestelmälle saatiin noin 19 vuotta (Kuvio 11). Markkinoilla olevien aurinkopaneelien käyttöikä on parhaimmillaan 20-25 vuotta, joten aurinkopaneelijärjestelmät säästöpotentiaalin todettiin olevan erittäin alhainen. Aurinkosähköntuotannosta saatavat muut kuin rahalliset hyödyt ovat kuitenkin ympäristöystävällisyys ja niiden alueelle tuoma imago.



Kuvio 10. Aurinkopaneelien takaisinmaksuaikakuvaaja

<u>Vahvuudet:</u> - Käyttäjälle melko huoleton - Melko huoltovapaa - Käyttövarmuus - "ilmaista" energiaa	<u>Heikkoudet:</u> - <u>Ei syöttötariffia</u> - <u>Vaatii paljon tilaa</u> - <u>Järjestelmät nykypaneeliteknologialla melko tehottomia</u> - <u>Riippuvainen säästä</u> - <u>Energian saatavuus / tarve päinvastainen</u>
<u>Mahdollisuudet:</u> - Päästötön - Kehittyvä teknologia - Luo positiivisen kuvan - Tulevaisuudessa ehkä tariffijärjestelmän piiriin	<u>Uhat:</u> - Muutokset lainsäädännössä - Pilviset vuodet - Runsaslumiset talvet

Kuvio 11. SWOT-analyysi aurinkosähköntuotannosta

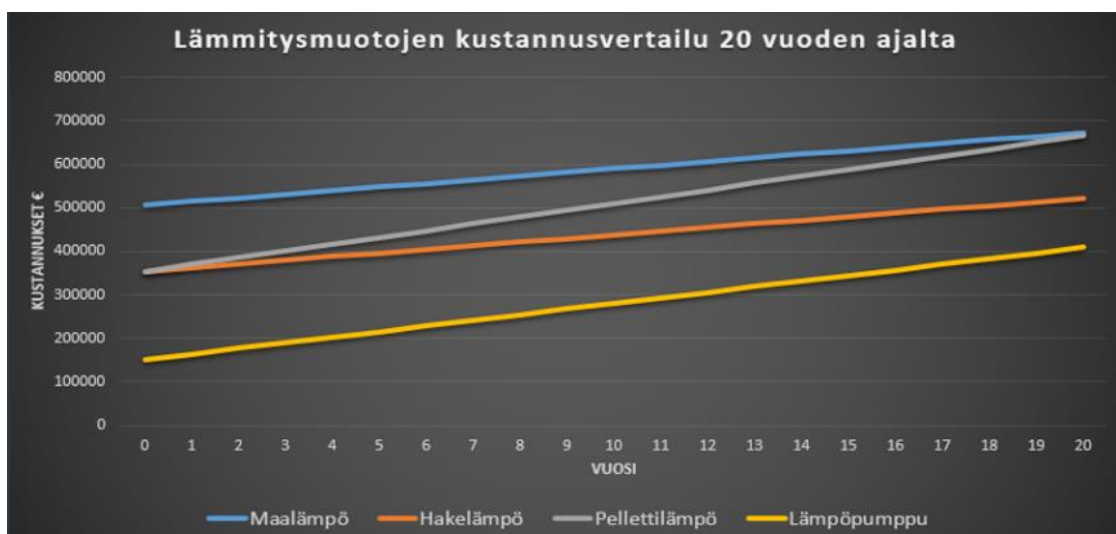
5 Yhteenveto

Projektissa tehtyjen tarkastelujen perusteella kannattavimmiksi vaihtoehtoiksi todettiin joko hake- tai pellettilämpölaitos. Hake- ja pellettilämpölaitoksilla pystytään kattamaan vaadittava lämmitysenergia sekä lämmin käyttövesi. Keskitetty maalämpölaitos on kokonaisinvestointikustannuksiin nähden kannattamaton ratkaisu huolimatta sen edullisista käyttökustannuksista. Ilmalämpöpumppu on investointikustannuksiltaan halvempi kuin hake- tai pellettilämpölaitos, mutta käyttökustannuksiltaan huomattavasti kalliimpi. Ilmalämpöpumppu ratkaisu ei vaadi rakennettavaksi kallista lämmönjakeluverkkoa kuten muut järjestelmät, mutta vaatii rinnalle lämpimän käyttöveden sähkölämmityksen. Lämpöpumppu on myös talviolosuhteissa epävarmempi järjestelmänä, kuin hake- tai pellettilämpölaitos ja vaatisi rinnalleen sähkölämmityksen varmistamaan lämmitysjärjestelmän riittävyyden talvisin. Omasähköntuotannon säästöpotentiaalin aurinkopaneeleilla todettiin olevan alhainen käyttöikänsä nähden pitkän takaisinmaksuajan vuoksi, mutta sen hankkiminen lisäisi alueen imagollista arvoa ja edistäisi ympäristöystävällisyyttä.

Tarkastelluista energiantuotantomuodoista parhaaksi vaihtoehdoksi uudisrakennusalueen lähienergiaratkaisuksi valittiin hakelämpökontti. Kuviosta 12 nähdään hakelämpöjärjestelmän investointikustannusten olevan kohtuulliset ja se on käyttökustannuksiltaan edullinen. Hake on polttoaineena halpaa ja sitä on runsaasti saatavilla. Hakelämpöjärjestelmä on toiminnaltaan käyttövarma ja helppo asentaa konttiratkaisun ansiosta.



Kuvio 12. Lämmitysmuotojen investointi- ja käyttökustannusvertailu 20 vuoden ajalta



Kuvio 13. Lämmitysmuotojen kokonaiskustannusvertailu 20 vuoden ajalta

Lähteet

Energialaskuri. N.d. Pistoke Oy tuotesivu. Viitattu 26.10.2016.

<http://www.pistoke.fi/energialaskuri>

Kodin keskimääräinen energiankulutus. N.d. Vattenfall yrityssivu. Viitattu 8.11.2016.

<http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-sahkonkulutus.htm>

Market data. N.d. Nordpool pohjoismaiden sähköenergian hintatietosivu. Viitattu

16.11.2016. <http://nordpoolspot.com/Market-data1/#/nordic/table>

Masa-lämpökontit 150-250 kW. N.d. Masa-Tuote Ky tuotesivu. Viitattu 26.10.2016.

<http://www.masatuote.fi/l%C3%A4mpokontit/masa-l%C3%A4mpokontit-150-250-kw>

Oilon RE maalämpöpumppu. 2013. Oilon Home Oy tuote-esite. Viitattu 26.10.2016.

http://www.oilon.com/uploadedFiles/OilonHome/Materials/Oilon%20RE%20maal%C3%A4mp%C3%B6pumppu_FI_100713.pdf

Porakaivo / energiakaivo poraus - maalämpö. N.d. Innoair Oy tuotesivu. Viitattu

26.10.2016. <http://www.innoair.fi/Porakaivo-poraus-maalampo-metrihinta>

Sähköverkkoon kytkettävät aurinkopaneelit. N.d. Vattenfall yrityssivu. Viitattu

8.11.2016. <http://www.vattenfall.fi/fi/aurinkopaneeli-omakotitaloon.htm#xl>

Sähkön siirto- ja palveluhinnasto. N.d. JE-Siirto Oy hinnastoesite. Viitattu 16.11.2016.

http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/1907-15715_JE_siirtohinasto_01012016.pdf

VTT:n testiraportit - Ilmalämpöpumppuvertailu. N.d. Scanoffice Oy tuotesivu, VTT:n testiraportit. Viitattu 26.10.2016.

<http://www.scanoffice.fi/fi/tuotteet/tuoteryhmat/ilmalampopumput/raportit-ja-sertifikaatit/vttn-testiraportit>

Liitteet