

VASO - Soininen

ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHTOJEN ELINKAARIKUSTANNUKSET

LUONNOS

Projekti nro	H07325
Viimeisin muutos	
Laadittu	18.6.2010
Laatija	LLo
Tark. / Hyv.	PRS

Insinööritoimisto
OLOF GRANLUND OY
Lassi Loisa
Piia Sormunen

YHTEENVETO

Tässä selvityksessä tutkittiin Varsinais-suomen asumisoikeus Oy:n Naantalin Soiniseen suunnitteleman pientaloalueen lämmitys- ja sähköenergian tuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannuksia. Elinkaarikustannusvertailussa oli mukana seuraavat energiantuotantovaihtoehtot:

- rakennuskohtainen ilma-vesi lämpöpumppu
- keskitetty maalämpöpumppu lämpökeskus
- keskitetty hake- tai pellettilämpökeskus
- aurinkolämpö ja -sähkö ja
- tuulisähkö.

Ostoenergiaa käyttävien vaihtoehtojen elinkaarikustannukset on esitetty alla olevassa taulukossa. **Edullisimmaksi osoittautui hakelämpölaitos ja toiseksi edullisimmaksi maalämpöpumppu.** Investointikustannusten muutos +/- 20 % ei muuttanut järjestelmien edullisuusjärjestystä. **Hakkeen kannattavuuden hintaraja maalämpöjärjestelmään verrattuna on perusinvestoinnilla 21,3 €/MWh ja nykyinen keskihinta hakkeelle on 19,7 €/MWh.** Maalämpöjärjestelmä tulee peruslaskelmissa hakelämpölaitosta edullisemmaksi jos sähkön hinta on alle 79 €/MWh. Kolmanneksi edullisin ilma-vesi lämpöpumppu ei tule kahta ensimmäistä vaihtoehtoa edullisemmaksi tutkitulla investoinnin muutoksella tai sähkön hinnan muutoksella.

Ostoenergiaa käyttävien energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannukset nykyarvomenetelmällä (alv 0 %).

energijärjestelmä	elinkaarikustannus nykyarvo, €	investointi nykyarvo, €	energiakustannus nykyarvo, €	huoltokustannus nykyarvo	energian hinta €/MWh
hakelämpölaitos	247 400	168 000	67 445	11 962	75
maalämpöpumppu	252 700	171 000	81 738	0	77
pellettilämpölaitos	268 600	151 000	105 622	11 962	81
ilma-vesi lämpöpumppu	273 100	148 000	125 131	0	83
suora sähkölämmitys	295 200	70 000	225 154	0	89
öljylämpölaitos	308 600	120 000	188 581	0	94

Aurinkolämmön ja sähkön sekä tuulisähkön takaisinmaksuaika ja energian hinta nykyarvomenetelmän avulla laskettuna on esitetty alla olevassa taulukossa. Taulukon perustana olevat investoinnit sisältävät 15 % TEM investointituen. Tuulisähkön tuotanto olisi varsin edullista, mutta tarvittavalle 50 m mastolle voi olla erittäin vaikea saada sijoituslupaa. Aurinkolämpö parantaisi jonkin verran ilma-vesi lämpöpumpun kannattavuutta, mutta ei tekisi siitä kuitenkaan merkittävästi kannattavampaa.

energijärjestelmä	takaisinmaksuaika vuosia	energian hinta €/MWh
aurinkolämpö	27	27
tuulisähkö	20	64
aurinkosähkö	yli 35	149

Primäärienergian kulutus on pienintä hake- ja pellettilämpölaitoksilla. Maalämpöpumppu on myös samaa tasoa primäärienergiankulutuksessa kun muut vaihtoehdot ovat jo huomattavasti suurempia primäärienergian kuluttajia. Hiilidioksidipäästöjen osalta puupolttoaineet eivät tuota laskennallisia päästöjä ollenkaan ja muista vaihtoehdoista maalämpöpumppu tuottaa pienimmän vuosipäästön. Päästöt ja primäärienergian kulutus on esitetty alla olevassa taulukossa.

energiajärjestelmä	ostoenergian kulutus vuodessa, MWh	primäärienergian kulutus vuodessa, MWh	ostettava energialaji	CO ₂ päästö tuhatta kg/a
hakeämpölaite	206	103	uusiutuva	0,0
pellettilämpölaite	206	103	uusiutuva	0,0
maalämpöpumppu	59	118	sähkö	4,4
ilma-vesi lämpöpumppu	92	183	sähkö	6,9
öljylämpölaite	183	183	fossiilinen	49,0
suora sähkölämmitys	165	330	sähkö	12,4



SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	LÄHTÖTIEDOT.....	5
3	ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHDOT	7
3.1	Puukaasutin.....	7
3.2	Rakennuskohtainen ilma-vesi lämpöpumppu	8
3.3	Maalämpöpumppu lämpökeskus	8
3.4	Hakekattila lämpökeskus.....	9
3.5	Aurinkolämpö.....	10
3.6	Tuulisähkö.....	10
3.7	Aurinkosähkö.....	11
3.8	Suora sähkölämmitys ja öljykattilalaitos	11
4	ELINKAARIVERTAILULASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT	12
4.1	Rakennuskohtaisen ilma-vesi lämpöpumppu	13
4.2	Maalämpöpumppu lämpökeskus	13
4.3	Hakekattila lämpökeskus.....	14
4.4	Tuulivoimalaitos.....	15
4.5	Aurinkolämpökeräimet.....	15
4.6	Aurinkosähköjärjestelmä	15
5	LASKENTATULOKSET	16
5.1	Energiantuotantojärjestelmien primäärienergian kulutus ja CO ₂ päästö.....	19
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	21

1 JOHDANTO

Varsinais-suomen asumisoikeus Oy suunnittelee pientalomaista asuintalontonttia Naantalin Soinisen kaupunginosaan. Rakennuksista on tarkoitus tehdä passiivitaloja ja rakennusten energiankulutusta on tarkoitus vähentää erilaisin keinoin. Tässä selvityksessä esitetään rakennusten energiantuotantoon erilaisia energiatehokkaita ja vähän ympäristöä kuormittavia vaihtoehtoja. Vaihtoehtoille esitetään elinkaaren aikaiset kustannukset ja aurinko- sekä tuulienergiajärjestelmille myös energian keskimääräinen hinta.

2 LÄHTÖTIEDOT

Soinisen alueen tontille on suunniteltu kuvan 1 mukaista asuinalueetta. Tontille tulee yhteensä 30 asuntoa ja 16 asuinrakennusta. Rakennukset ovat passiivitaloja ja niille on määritetty vuosittainen lämmitysenergian kulutustavoite 20 kWh/brm². Tontille on suunniteltu rakennettavaa pinta-alaa 3000 m², jolloin tarvittava vuosittainen lämmitysenergiämäärä on 60 MWh.



Kuva 1. Tontin asemapiirustus (rajaus suuremmasta kuvasta). (kuva: arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas, luonnos A 19.5.2010)

Rakennuksille laskettu lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energiamäärä on n. 105 MWh vuodessa. Energiamäärä on laskettu käyttäen Suomen rakentamismääräyskoelman osassa D5 annettua pientalojen lämpimän käyttöveden keskkulutusta 600 dm³/brm²/a. Vertailulukuna laskettiin lämpimän käyttöveden kulutus perustuen:



VASO - Soininen

Energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannukset

Laat./Hyv.:
LLo/PRS
Laadittu:
18.6.2010
Viim. päivitys:

- tilastokeskuksen pientalojen keskimääräiseen asukasmäärään 2,8 henkilö/talo
- keskimääräiseen veden kulutukseen 135 dm³/d, josta 40 % on lämmintä käyttövettä.

Tilastollisilla tiedoilla saadaan melko tarkasti sama lukuarvo kuin rakentamismääräyskokoelman pinta-alaperustaisella laskentamenetelmällä. Rakentamiskohteen energiankulutuksen kannalta lämpimän käyttöveden energiankulutuksen arviointi on tärkeämpää kuin lämmityksen sillä käyttöveden lämmitys muodostaa huomattavan suuren osan rakennusten lämmitysenergiantarpeesta.

Rakennuksissa käytetään matalalämpötilaisia lämmitysjärjestelmiä kuten lattialämmitystä tai ilmalämmitystä. Rakennuksiin ei suunnitella koneellista jäähdytystä, vaan kesäajan lämpötilat pidetään riittävän alhaisina rakenteellisen auringonsuojauksen avulla. Rakenteellisen auringonsuojauksen avulla säästetään merkittävästi energiaa ja kustannuksia kuten myös matalalämpötilaisen lämmitysjärjestelmän avulla.

3 ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHDOT

Rakennuksille suunniteltujen energiantuotantovaihtoehtojen yleisperiaatteeksi valittiin ensisijaisesti mahdollisimman pienet elinkaaren aikaiset kustannukset ja ympäristövaikutukset. Vertailuenergiajärjestelmiksi valittiin suora sähkölämmitys ja öljylämmitys, joille tehtiin muita järjestelmiä nopeampi investointikustannusten arviointi.

Tontille suunniteltiin sekä lämmön että sähkön tuotantoa. Lämmitysjärjestelmät jakaantuvat rakennuskohtaisiin järjestelmiin ja keskitettyyn lämpökeskusjärjestelmään. Sähköä voidaan tontilla tuottaa tuuligeneraattorilla ja aurinkopaneeleilla. Lämmitysjärjestelmille on ominaista se että ne joutuvat tuottamaan normaalista poiketen suuremman osan energiasta käyttöveden korkealla lämpötilatasolla, joka muuttaa hieman järjestelmien taloudellisia suunnitteluperusteita vielä tällä hetkellä vallitsevaan tilanteeseen verrattuna. Nykyrakennuksissa käyttöveden lämmittäminen vie vielä vähemmän energiaa kuin lämmitysveden lämmittäminen ja suhde on usein niin suuri ettei käyttöveden lämmittämiseksi tarvitse etsiä edullisinta vaihtoehtoa. Tilanne on kuvatunkaltainen nimenomaan uusissa rakennuksissa, joissa käytetään matalalämpötilaista lämmitysjärjestelmää, jolloin käyttöveden lämpötilataso on huomattavasti suurempi kuin lämmitysveden.

Selvityksessä tutkittiin seuraavia energiantuotantojärjestelmiä:

- puukaasutin CHP-voimalaitos
- rakennuskohtainen ilma-vesi lämpöpumppu
- maalämpöpumppu lämpökeskus
- hakelämpökeskus
- rakennuskohtainen aurinkolämpö ja -sähkö
- tuulisähkö
- suora sähkölämmitys
- öljylämpökeskus

3.1 Puukaasutin

Puukaasutinjärjestelmiä kehittää Suomessa useampi yritys. Puukaasuttimella tuotetaan tyypillisesti lämpöä ja sähköä jonkinlaiseen siirrettävään konttiin rakennetulla laitteistolla koko tontin rakennusten tarpeisiin. Selvitystä varten löytyi Suomesta vain yksi yritys, joka on saanut tuotteensa teolliseen mittakaavaan ja tämäkin yritys oli vasta teollisen tuotannon ja prototyypivaiheen välivaiheessa. Yrityksen tavoitteena oli saada tänä vuonna 10 pilottikohdetta, joiden perusteella laitteistoa jatkokehitetään.

Puukaasutinlaitteistoa ei otettu sen tuotteistamisen keskeneräisyyden takia mukaan tähän selvitykseen vaikka laitteistosta saatiinkin kustannustietoja.

3.2 Rakennuskohtainen ilma-vesi lämpöpumppu

Rakennuskohtaisessa ilma-vesi lämpöpumppuvaihtoehdossa jokaiseen erilliseen rakennukseen sijoitetaan yksi lämpöpumppu ja siihen liitettävä kaksoisvaippainen lämminvesivaraaja. Paritaloissa lämpöpumppu ja varaaja palvelevat kumpaakin asuntoa. Järjestelmä on varsin yksinkertainen ja vie talossa vain vähän tilaa.

Järjestelmän suurin yksittäinen haittapuoli on ulkoyksikön puhaltimen pitämä ääni, joka asettaa rajoituksia laitteen sijoitukselle ja valinnalle. Laitteiston hankintakustannus on maalämpöjärjestelmää pienempi, mutta ei kuitenkaan erityisen pieni, sillä laitteita asennetaan paljon, jolloin asennustyön hinta korostuu kokonaisuudessa keskitettyyn lämmitysjärjestelmään verrattuna. Lisäksi laitteiston lämpökerroin jää juuri passiivitalojen tapauksessa varsin vaatimattomaksi kun suurella lämpötilatasolla tarvittavan käyttöveden osuus kokonaislämpöenergiankulutuksesta korostuu.

3.3 Maalämpöpumppu lämpökeskus

Tontille rakennetaan lämpökeskusrakennus, jossa ovat maalämpöpumput ja lämminvesivaraajat lämpimän käyttöveden sekä lämmitysveden varastointia varten. Lämpökeskus koostuu lämmityskäyttöön vettä valmistavasta lämpöpumpusta ja käyttövettä lämmittävästä lämpöpumpusta. Lämmityskäyttöön riittää yksi lämpöpumppu ja pieni varaajatilavuus. Lämpimän käyttöveden valmistusta varten vaaditaan suuri varaajatilavuus, jotta ei tarvita suurta lämpöpumppuinvestointia suurelle hetkelliselle teholle.

Lämpimän käyttöveden kuumennukseen käytetään lämpöpumppua, joka pystyy lämmittämään veden suurempaan lämpötilaan kuin lämmitystä varten tarvitaan. Tällöin käyttövedelle varattu lämpöpumppu valitaan niin että se pystyy tekemään käyttöveden lämpövaraajaan esimerkiksi 65 °C vettä ja verkostoon saadaan lähtemään n. 60 °C vesi. Lämmitettävä käyttövesi kierrätetään ensin matalalämpötilaisten esim. 50 °C lämpövaraajien kautta ja loppukuumennetaan kuumemmassa lämpövaraajassa. Järjestelmän etuna on se, että käyttövesi tarvitsee varsin vähän heikolla lämpökertoimella tehtävää loppukuumennusta ja suurin osa lämpimän veden varaajakapasiteetista voidaan pitää kohtalaisen pienessä lämpötilassa ja saadaan myös valmistettua hyvällä lämpökertoimella. Rakennuksien lämmityksen tarvitsema vesi otetaan matalalämpötilaisista varaajista.

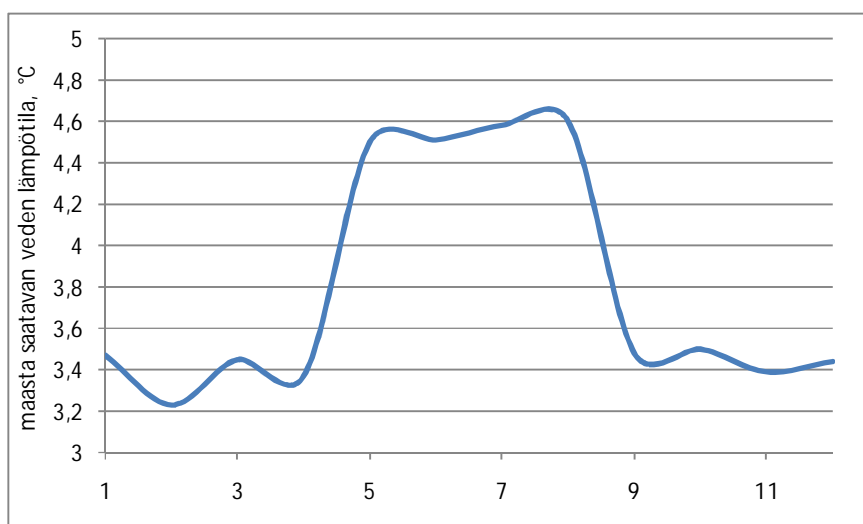
Käyttöveden loppukuumennusta ei kannata tehdä sähköllä, sillä energiaa vaaditaan varsin paljon ja ainoa lisäinvestointi lämpöpumpuissa on se että joudutaan valitsemaan yksi oletettavasti hieman kalliimpi lämpöpumppu kaikkein halvimmalla tilalla, jotta saadaan toteutettua käyttöveden lämmityksen vaatima lämpötilataso lämminvesivaraajaan.

Maalämpöpumppu lämpökeskuksesta johdetaan tontilla rakennuksiin lämmitysvesiputkisto ja lämpimän käyttöveden putkisto, jossa on lämpimän käyttöveden kierrätys lämpötilan ylläpitämiseksi.

Lämpöpumppujen tarvitsemat porareitit voitaisiin tehdä tontille kuvan 1 oikeassa reunassa olevalle viheralueelle, jonne voitaisiin myös haluttaessa sijoittaa lämpökeskusrakennus esimerkiksi autokatoksen pätyyn. Maalämpölaskelman mukaan tontille tarvittaisiin 7 pora-

reikää, jotka mahtuvat hyvin n. 20 m etäisyydelle toistaan em. viheralueelle. Toinen mahdollinen paikka lämpökeskukselle olisi tontin ylälaidassa keskellä oleva viheralue. Tällöin putkimatka porareikäkentästä kuitenkin kasvaa eikä rakennuksessa voida hyödyntää kustannusetua toisen rakennuksen yhteyteen rakentamisesta. Vertailulaskelmissa lämpökeskusrakennus sijoitettiin tontin keskelle oikeaan laitaan yhden autosuojarakennuksen päättyyn, mutta kustannusten kannalta muutkin paikat ovat varsin samanarvoisia. Lämpöpumppulaitoksen rakennustilantarpeeksi arvioitiin 15 m², joten se ei vaikuta merkittävästi sen rakennuksen ulkonäköön, johon lämpökeskus liitetään.

Maalämpökentän mitoitus lämmityskäyttöön tehtiin GLHEPRO simulointiohjelmalla niin ettei porakaivoissa oleva vesi jäädy. Hetkellisesti suurten tehopiikkien aikana lämmönsiirtoputkien pinnalle saattaa kuitenkin kertyä jäätä, joka sulaa lyhyessä ajassa pois. Kuvassa 2 on esitetty simuloitu maasta saatavan veden lämpötila kuukausittain kymmenentenä maalämmön käyttövuotena.



Kuva 2. Maasta saatavan veden lämpötila 10. käyttövuoden aikana maalämpöjärjestelmässä.

3.4 Hakekattila lämpökeskus

Hakekattilalämpökeskuksessa tehdään kuumaa vettä lämmitykseen puuhakkeesta. Tontille voidaan sijoittaa hakekattilalaitos esimerkiksi kuvan 1 ylälaidassa olevan leikkialueen viereiselle tyhjälle alueelle. Hakekattilalaitoksen laitetoimittajan ilmoittamien kattila- ja hakkeensiirtolaitteiden mittojen mukaan arvioitu tilantarve on n. 40 m², jolloin hakevaraston koko riittää n. 4 kuukauden käyttöön. Haketta tarvitsee siis täyttää laitokseen n. 3 kertaa vuodessa. Haketta voidaan täyttää lämpökeskuksen varastoon kuvan 1 ylälaidassa olevan pysäköintialueen kautta.

Hakekattilalaitoksessa tarvitaan samanlainen lämmönjakoverkosto rakennuksiin kuin maalämpöjärjestelmässä. Rakennuksiin viedään putkimatka sekä lämpimälle käyttövedelle että lämmitysvedelle.

Hakekattilana käytetään jäännöshappisäädöllä ja lentotuhkanpoistolla varustettua kattilaa, jolloin laitos ei tuota paljon haitallisia hiukkas- ja tuhkapäästöjä edes käynnistystilanteessa.

Hakekattilan käyttöä harkittaessa on hyvä selvittää etukäteen hakkeen saantimahdollisuudet, jotka vaihtelevat jonkin verran alueittain. Tähän selvitykseen valittua hakekattilaa voidaan käyttää myös pelleteillä, joiden saatavuus on hyvä. Pelletin hinta on kuitenkin moninkertainen hakkeeseen verrattuna.

Hakekattilalaitoksen hakevarasto on kattilarakennuksessa omassa palamattomasta materiaalista tehdyssä palo-osastossaan, joka estää tulen leviämisen varaston palotilanteessa kattilahuoneen puolelle. Hakekattilalaitoksen mahdollinen sijaintipaikka tontin kulmassa on niin kaukana lähimmistä asuinrakennuksista, ettei mahdollinen palotilanne uhkaa muita rakennuksia. Lisäksi laitos on hakkeen täytön vaatiman ajoyhteyden takia pelastuslaitoksen helposti saavutettavissa mahdollisessa tulipalotilanteessa.

3.5 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöä voitaisiin käyttää rakennuskohtaisesti eteläpuolen katoille asennettavien aurinkokeräimien avulla. Aurinkolämpö sopii parhaiten rakennuskohtaisen lämmitysjärjestelmän tueksi, jolloin edullisella energialla voidaan vähentää rakennuskohtaista sähkönkulutusta. Aurinkolämpökeräimiä suunniteltiin ilma-vesi lämpöpumpun tueksi, jolloin aurinkokeräimillä voitaisiin tuottaa melkein puolet vuosittaisesta käyttöveden tarpeesta ja saadaan hieman vähennettyä ilmalämpöpumpun sähkön kulutusta juuri huonoimman lämpökertoimen alueella lämpimän käyttöveden valmistuksessa.

Tyhjiöputkiaurinkokeräimiä suunniteltiin asennettavaksi kattopinta-alaltaan 9,6 m² paritalojen katolle (3 keräintä) ja 5 m² yksittäisten talojen katolle (2 pienempää keräintä). Yhteensä keräimet tuottavat lämpöä keskimääräisen vuoden aikana 53 MWh.

3.6 Tuulisähkö

Tontille voitaisiin sijoittaa 50 kW tuuligeneraattori tuottamaan sähköä rakennusten tarpeisiin. Vuosittainen sähköntuotanto generaattorilla on n. 104 MWh korkean maston päässä. Tuuligeneraattorin käyttöön liittyvät seuraavat huomioitavat asiat:

- Laite tarvitsee korkean n. 50 m maston tuottaakseen sähköä arvioidun määrän.
 - Laitteen sijoittaminen tontin länsipuolella olevalle mäelle pienentää tarvittavan maston korkeutta.
 - Tontilla sijaitseva tuulivoimala ei tuota lännen puoleisilla tuulilla juuri mitään yleisesti käytettävällä n. 20 m mastolla korkean mäen takia.
- Laite tuottaa sähköä myös silloin kun sitä ei rakennuksissa tarvita, joten kannattavuuden kannalta sähkö olisi saatava myytyä, eikä sitä ole kovin kannattavaa käyttää lämpimän veden valmistukseen.

- Sähkön myynti tarvitsee käytännössä syöttötariffijärjestelmän, muuten myyntituotto kuluu suunnitellussa kokoluokassa suurelta osin sähkön myyntiin liittyviin erilaisiin maksuihin.

Tuuligeneraattorin ongelmaksi saattaa muodostua taloudelliseen kannattavuuteen tarvittava korkea masto ja tässä tapauksessa myös korkea mäki tontin länsipuolella. Lisäksi viranomaisvaatimukset ja kaupunkikuvalliset asiat voivat estää korkean maston pystyttämisen asutuksen keskelle.

Tontilla voisi olla myös esimerkiksi talojen katoille sijoitettuja pystyroottorisia tuuligeneraattoreita, mutta talojen katoille sijoitetuilla laitteilla ei ole mitään taloudellisia edellytyksiä.

3.7 Aurinkosähkö

Rakennusten katoille etelän puolelle voitaisiin sijoittaa aurinkosähköpaneeleita, joilla tuotettaisiin sähköä pääasiassa kiinteistön jatkuvasti toimivien talotekniikkalaitteiden käyttöön.

Rakennusten katoille suunniteltiin asennettavaksi yhteensä 165 aurinkopaneelia, yhteisteholtaan 33 kWp. Aurinkopaneelien vuosittainen energiantuotto jää kuitenkin melko vaatimattomaksi suuresta tehosta huolimatta. Vuodessa saadaan n. 33 MWh sähköä. Aurinkopaneelien elinikä on n. 35 vuotta.

3.8 Suora sähkölämmitys ja öljykattilalaitos

Suorassa sähkölämmityksessä rakennuksiin tulee sähkölämmityskaapeleilla toteutettu lattialämmitys ja käyttövesi lämmitetään rakennuskohtaisilla lämminvesivaraajilla.

Öljykattilalaitos toimii kuten hakekattilalaitos tontin lämmönjaon osalta. Hakekattila korvataan öljykattilalla ja hakevarasto öljysäiliöllä. Öljykattilalaitoksen hyötysuhde arvioitiin n. 5 %-yksikköä hakelämpöläitosta paremmaksi.

4 ELINKAARIVERTAILULASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT

Edellä esitetyille energiantuotantojärjestelmille laskettiin elinkaaren aikaiset kustannukset, jotka sisältävät investointikustannuksen ja energiakustannuksen. Pääomakustannusten rahoitusrakenteen vaikutus eri järjestelmien elinkaaren aikaisiin kustannuksiin jätettiin huomiotta, sillä VASOn rahoitusmuotoa energiajärjestelmille ei tunneta. Suurin osa järjestelmistä kestää n. 20 vuotta, joten elinkaarikustannukset laskettiin 20 vuoden ajalle.

Aurinko- ja tuulijärjestelmissä laskettiin sekä järjestelmien takaisinmaksuaika siihen energian hintaan verrattuna, joka niillä korvataan sekä energian hinta 20 vuoden ajalle nykyarvon perusteella. Aurinko- ja tuulijärjestelmissä energia on ilmaista, joten niiden suora vertailu muihin järjestelmiin voidaan tehdä pääasiassa energian keskimääräisen 20 vuoden hinnan perusteella. Energian hinta muodostuu pääasiassa investoinnista ja lisäksi aurinkojärjestelmillä on jokin jäännösarvo, koska niiden kestoikä on huomattavasti yli 20 vuotta.

Energiantuotantojärjestelmien elinkaarikustannukset laskettiin nykyarvomenetelmällä. Myös aurinko- ja tuulijärjestelmien takaisinmaksuaika laskettiin nykyarvomenetelmällä diskonttaamalla järjestelmien tuotto nykyhetkeen. Energian keskimääräinen hinta aurinko- ja tuulijärjestelmille laskettiin 20 vuoden ajalle vuosittain jakamalla kyseisen vuoden investoinnin jäännösarvo vuoden aikana tuotetun energian hinnalla. Investoinnin jäännösarvoa pudottaa joka vuosi sen tuottaman energian arvo, jota käytetään investoinnin kuolettamiseen. Aurinko- ja tuulijärjestelmille laskettiin lopuksi 20 vuoden keskimääräinen energian hinta, jota verrataan niiden järjestelmien energiahintoihin, joita korvataan aurinko- ja tuulienergialla.

Laskentakorkona elinkaarilaskelmissa käytettiin 4 % ja energian hinnan eskalaationa 2 % (vuosittaisena hinnan kohoamisena). Sähkön hintana käytettiin Naantalin energian yleissähkön hintaa 84,8 €/MWh (alv 0 %), joka sisältää energian hinnan, siirtohinnan ja sähköveron sekä arvonlisäveron. Puuhakkeen hintana käytettiin 19,7 €/MWh (alv 0 %). Puuhakkeen keskimääräinen hinta saatiin Työ- ja elinkeinoministeriön tilauksesta ylläpidettävästä puun hintaseurannasta. Hinta on vuoden 2010 ensimmäiseltä neljännekseltä pienistä lämmityslaitoksista, jotka ostavat säännöllisesti puuhaketta. Puuhakkeen energiasisältö on 0,8 MWh/irtokuutiometri. Lämmitysöljyn hintana käytettiin Neste Oyn hintaa 63 €/MWh (alv 0 %)

Pelletin hintana käytettiin tilastokeskuksen julkaisemaa tilastohintaa 31,2 €/MWh (alv 0 %) joulukuulta 2009. Vertailussa ei ollut mukana varsinaisia pellettilämmityslaitteita, mutta hakekattilaa voidaan käyttää myös pelleteillä ja investointi on pellettivaraston ja kuljetinjärjestelmän osalta hieman pienempi kuin hakkeella käytettäessä, joten siltä osin tehtiin vertailu pelletin kannattavuudesta.

Elinkaarikustannuslaskelmia varten hankittiin kustannuksia seuraavista lähteistä:

- valmistajien ja jälleenmyyjien tarjouksista
- tukkukaupan hinnastoista
- Haahtela-kehitys -yhtiön ylläpitämästä talonrakennuksen kustannustietopalvelusta ja
- Insinööritoimisto Olof Granlundin kustannuslaskennan kautta.

Kustannuslaskelmissa ei ole otettu mukaan järjestelmien suunnittelu- ja rakennuttamiskustannuksia. Suunnittelukustannukset eivät ole merkittäviä eikä niillä ole ennen kaikkea suuria eroja järjestelmien välillä kun suurin osa suunnittelusta on jo valmiina laitetoimittajien valmiissa ratkaisuissa. Osassa kokonaistoimituksista, kuten tuulisähköjärjestelmässä kokonaishinta sisältää avaimet käteen -tyyppisen toimituksen, jossa myös suunnittelu sisältyy hintaan. Rakennuttamista ei ole otettu mukaan, sillä muuhun rakennustoimintaan liitettynä energijärjestelmien osuutta rakennuttamisen kustannuksista on vaikea arvioida etukäteen, varsinkin kun ei tunneta koko hankkeen rakennuttamismuotoa.

4.1 Rakennuskohtaisen ilma-vesi lämpöpumppu

Ilma-vesi lämpöpumpun investointikustannukset koostuvat ulkoyksiköstä eli varsinaisesta lämpöpumpusta, lämminvesivaraajasta ja ulkoyksikön perustus ja maisemointityöstä. Lämpöpumppuinvestoinnin kustannukset on esitetty taulukossa 1. Lämpöpumppujen hinta sisältää asennuksen valmiille perustalle ja kytkennät sisälle lämminvesivaraajan. Lämminvesivaraajan investointikustannus sisältää varaajan kytkennät ja asennuksen. Lämminvesivaraajassa on sähkövastukset käyttöveden loppukuumennusta ja kovimpia pakkasia varten. Laitteita asennetaan yhteensä 16 kappaletta niin että paritaloissa on yhteinen lämpöpumppu ja lämminvesivaraaja.

Taulukko 1. Ilma-vesi lämpöpumppujärjestelmän investointikustannukset (alv 0 %).

lämpöpumput	92 000
lämminvesivaraajat	40 000
ulkoyksikön perustus, maisemointi ja kytkennät	16 000
yhteishinta	148 000

Ilma-vesi lämpöpumppujärjestelmän vuosilämpökertoimeksi arvioitiin SULPU ry:n tietojen perusteella 1,8. Lämpöpumppujärjestelmän lämpökerroin jää vielä vähän tavanomaista ilma-vesi järjestelmää heikommaksi, kun laitteistolla joudutaan tuottamaan pääosin lämmintä käyttövettä. Toisaalta erityisesti pienistä ilma-vesi lämpöpumpuista on erittäin vaikea saada mitaustuloksia lämpökertoimista, sillä valmistajat tekevät mittaukset yleensä vain EN-standardin vaatimassa +7 °C ulkoilman lämpötilassa.

4.2 Maalämpöpumppu lämpökeskus

Maalämpöpumppu lämpökeskuksen investointi koostuu lämpökeskuksesta, tontin lämmitysverkostosta ja maalämpökentästä. Järjestelmässä on 7 kallioporareikää ja 2 lämpöpumppua, joista toinen pystyy nostamaan veden lämpötilan käyttöveden lämminvesivaraajan vaatimaan lämpötilaan 65 °C. Tontin lämpöverkosto sisältää erillisen lämpimän käyttöveden putkiston ja lämmitysputkiston sekä liitännät taloihin.

Taulukko 2. Maalämpöpumppu lämmitysjärjestelmän investointikustannukset (alv 0 %).

porareikäkenttä ja putkitus	52 000
lämpöpumput	41 000
lämminvesivaraajat	12 000
konehuone+lämmönsiirtimet	2 000
lämpökeskusrakennus	9 000
tontin lämpöverkosto	54 000
sähköliitäntä	1 000
yhteishinta	171 000

Maalämpöpumppujärjestelmän vuosilämpökertoimeksi saatiin laskelmien avulla n. 3. Koko maalämpöjärjestelmän lämpökertoimeksi muodostui lopulta kuitenkin 2,8, koska tontin lämpöverkoston lämpöhäviöt vaativat jonkin verran energiaa. Kummassakin tontin lämpöverkostoa tarvitsevassa järjestelmässä laskettiin lisäksi 1 MWh sähkönkulutus vuodessa lämpöverkoston pumppausenergian kulutukseksi

4.3 Hakekattila lämpökeskus

Hakekattila lämmitysjärjestelmän investointikustannus koostuu kattilalaitosrakennuksesta, kattilatoimituksesta ja tontin lämpöverkostosta. Kattilalaitosrakennus sisältää suurimman osan pinta-alastaan kylmää tilaa hakevaraston muodossa. Hakekattilatoimitus sisältää kattilan täydellisenä, asennukset, käyttökoulutuksen ja hakkeen kuljetinlaitteet. Kattilatoimitukseen sisältyy lisäksi tarvittavat varaajat ja pumput sekä automaatiolaitteet. Tontin lämpöverkosto sisältää erillisen lämpimän käyttöveden putkiston ja lämmitysputkiston sekä liitännät taloihin.

Hakekattilan hyötysuhteeksi arvioitiin 0,85 vastaavien kattiloiden perusteella ja koko hake-lämpölaitoksen hyötysuhteeksi arvioitiin 0,8 tontin lämpöverkoston lämpöhäviöiden takia. Kummassakin tontin lämpöverkostoa tarvitsevassa järjestelmässä laskettiin lisäksi 1 MWh sähkön kulutus vuodessa lämpöverkoston pumppausenergian kulutukseksi ja hakekattilalle vielä 0,5 MWh sen omaa käyttösähköä.

Taulukko 3. Hakekattila lämmitysjärjestelmän investointikustannukset (alv 0 %)

kattilarakennus ja hakesäiliö	19 000
hakekattilalaitos+kuljettimet	89 000
tontin lämpöverkosto	54 000
sähköliitäntä	1 000
konehuonelaitteet	2 000
asennustyöt	3 000
yhteensä	168 000

Hakekattilalaitos tarvitsee kerran vuodessa savupiipun nuohouksen ja jonkin verran tuhkan pois kuljettamista, tälle työlle arvioitiin hinnaksi 400 €/vuosi. Kattila ei tarvitse sisäistä nuohousta, sillä se on varustettu automaattisella nuohouksella. Valmistajan arvion mukaan kattilalaitos tarvitsee 8 vuoden välein perusteellisemman 10 000 € maksavan huollon.

4.4 Tuulivoimalaitos

Tuulivoimalaitoksen investointikustannus sisältää tuulivoimalaitostoimituksen, sähkökaapelin sähkökeskuksesta voimalaitokselle ja normaalitoimitusta korkeamman maston kustannuksen. Tuuligeneraattoritoimitukseen sisältyy voimalaitoksen kasaus paikalleen ja verkkovaihtosuuntaajien asennus ja hankinta.

Taulukko 4. Tuulivoimalaitoksen investointikustannukset (alv 0 %).

tuuligeneraattoritoimitus	130 000
sähköistys	1 000
korkeampi masto	10 000
yhteishinta	141 000

Tuulivoimalaitos tarvitsee valmistajan arvion mukaan kerran 10 vuodessa vaihtosuuntaajien vaihtamisen, joka maksaa 10 000 €.

4.5 Aurinkolämpökeräimet

Aurinkolämpökeräimet asennetaan rakennuskohtaisesti valmiina pakettina. Aurinkopaneelien hinta sisältää tyhjiöputkikeräimet, niitten kattoasennustelineet, putkituksen ja lämmönsiirtonesteen, pumppu- ja ohjauksyksikön sekä lämmönsiirtimeen käyttövesivaraajaan liittämistä varten. Lämpökeräintoimitus on täydellinen paketti, joka voidaan suoraan liittää lämpimän käyttöveden varaajaan. Aurinkopaneelipaketin asennus vie 2 asentajalta suunnilleen yhden työpäivän.

Taulukko 5. Aurinkolämpöpaneelien investointikustannukset (alv 0 %)

aurinkopaneelit	45 000
asennus	9 000
yhteishinta	54 000

Aurinkolämpökeräimien vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi arvioitiin 300 €, joka sisältää aurinkopaneelien pesun kerran vuodessa.

4.6 Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkosähköjärjestelmän investointikustannus on n. 188 000 €. Asennustyön osuus hinnasta on n. 10 000 €, riippuen paljon siitä missä vaiheessa rakentamista aurinkosähköjärjestelmän sähköasennustyöt tehdään ja miten järjestelmä huomioidaan suunnittelussa. Aurinkopaneelitoimitus sisältää aurinkopaneelit asennustelineineen, kaapeloinnit sekä verkkovaihtosuuntaajat sähköverkkoon liittämistä varten.

Investointiin sisältyy 165 aurinkopaneelia, jotka voidaan jakaa rakennusten katoille esimerkiksi rakennusten arvioidun kiinteistösähkönkulutuksen perusteella. Aurinkosähköjärjestelmän vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi arvioitiin 300 €, joka sisältää aurinkopaneelien pesun kerran vuodessa.

5 LASKENTATULOKSET

Elinkaarikustannuslaskelmat tehtiin edellä esitettyjen periaatteiden lisäksi myös 20 % kalliimmalla ja halvemmalla investointikustannuksella investoinnin vaikutuksen vertailua varten. Käytetyistä energialähteistä polttohakkeen hinta on pienillä ostomäärillä kaikkein helpoimmin vaihteleva, joten polttohakkeelle etsittiin sellainen hinta, että hakelämpölaitos tulee yhtä kalliiksi elinkaarensa aikana kuin seuraavaksi kallein vaihtoehto. Tuloksesta nähdään mikä hakkeen lähtöhinta saa enintään olla että hakelämpölaitoksen elinkaarikustannukset ovat yhtä suuret kuin seuraavaksi kalleimman vaihtoehdon.

Vertailukohteina olleille öljy- ja sähkölämmitysvaihtoehdoille ei tehty investointikustannusvertailuja, sillä niiden investoinnit pyrittiin arvioimaan valmiiksi kohtalaisen alhaiseksi.

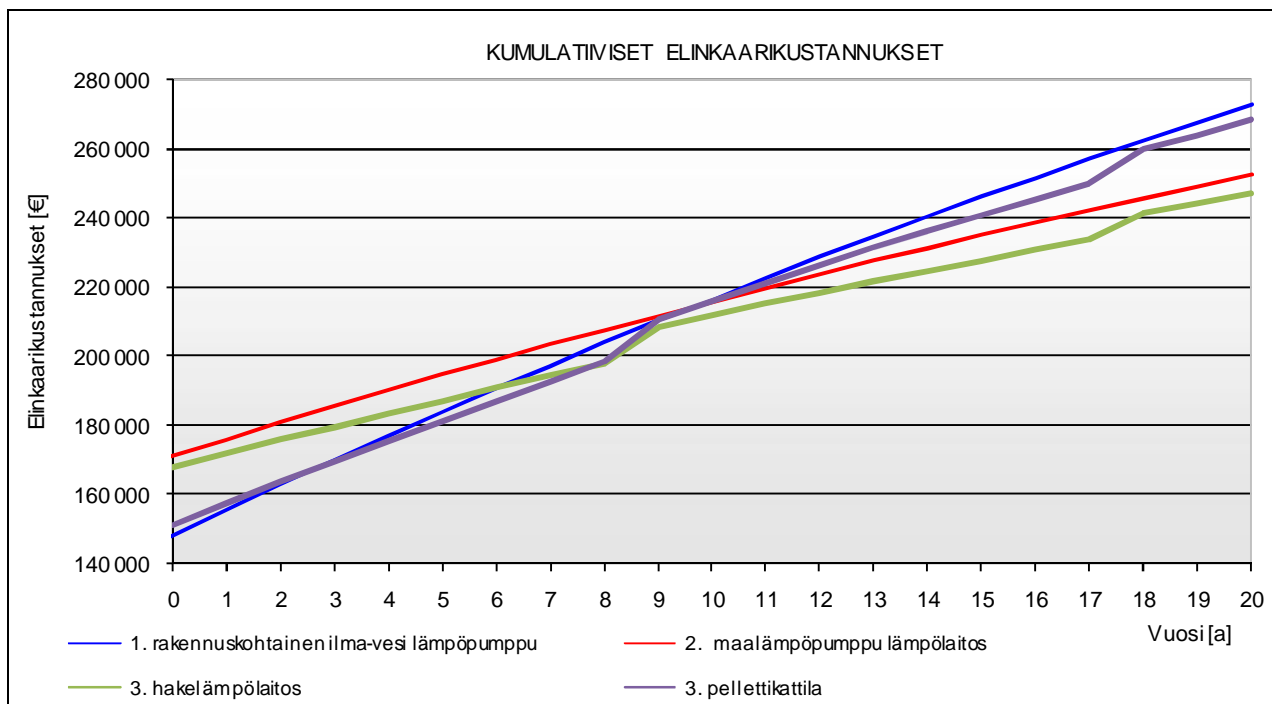
Aurinko- ja tuulijärjestelmille on laskettu sekä takaisinmaksuaika samoilla koroilla ja energian hinnan muutoksilla kuin muillekin vaihtoehdoille että energian keskimääräinen hinta nykyarvon perusteella 20 vuoden käyttöjaksolle ja laitteiden odotetulle kestoille.

Pellettikattilalaitoksen elinkaarikustannukset on esitetty vertailuna hakkeen käytölle. Laskelmissa käytetty kattila pystyy käyttämään myös pellettejä. Pellettilaitokselle on laskettu 15 % pienempi investointikustannus pienemmän polttoaineen varastotarpeen ja yksinkertaisemman kuljetinjärjestelmän takia. Elinkaarikustannuksissa ero pelletin ja hakkeen välillä syntyy pääasiassa pelletin kalliimmasta hinnasta.

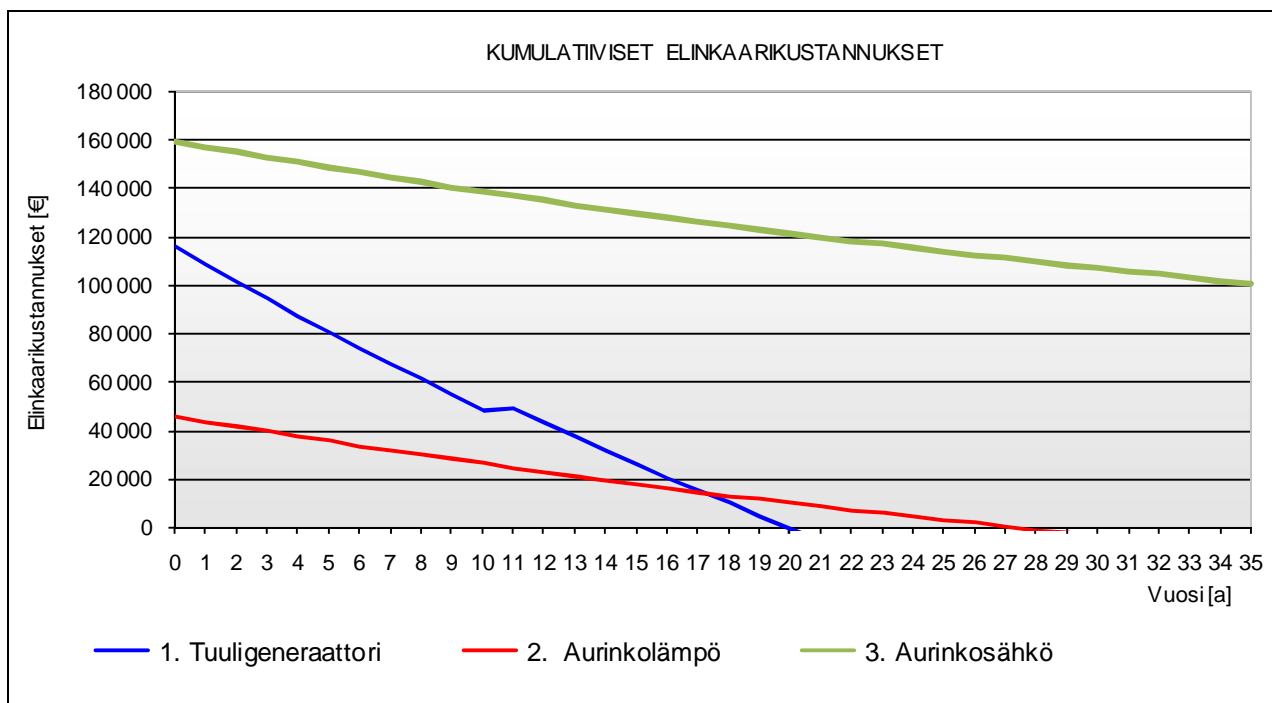
Taulukossa 6 on esitetty eri energiantuotantojärjestelmien 20 vuoden elinkaaren kokonaiskustannukset ja niiden jakautuminen energian ja investoinnin välille. Taulukossa 7 on esitetty tuuli- ja aurinkoenergiajärjestelmien investoinnin takaisinmaksuaika ja nykyarvon perusteella laskettu energian hinta elinkaaren ajalta. Energian hinta on laskettu jakamalla investoinnin, huoltojen ja energian tuotannon nykyarvo elinkaaren aikana tuotetulla energiamäärällä. Tuulivoimalaitoksen elinkaari on valmistajan arvion mukaan 20 vuotta ja aurinkojärjestelmien elinkaari on maahantuojien arvioiden mukaan 35 vuotta. Kuvassa 3 on esitetty ostoenergiaa käyttävien energiajärjestelmien elinkaaren aikaisten kustannusten kertyminen ja kuvassa 4 aurinko- ja tuulijärjestelmien investoinnin takaisinmaksu.

Taulukko 6. *Ostoenergiaa käyttävien energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannukset. Energian hinta on laskettu jakamalla elinkaarikustannus 20 vuoden aikana tuotetulla energialla.*

energiajärjestelmä	elinkaarikustannus nykyarvo, €	investointi nykyarvo, €	energiakustannus nykyarvo, €	huoltokustannus nykyarvo	energian hinta €/MWh
hakelämpölaitos	247 400	168 000	67 445	11 962	75
maalämpöpumppu	252 700	171 000	81 738	0	77
pellettilämpölaitos	268 600	151 000	105 622	11 962	81
ilma-vesi lämpöpumppu	273 100	148 000	125 131	0	83
suora sähkölämmitys	295 200	70 000	225 154	0	89
öljylämpölaitos	308 600	120 000	188 581	0	94



Kuva 3. Ostoenergiaa käyttävien energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannusten kertyminen.



Kuva 4. Aurinko- ja tuulijärjestelmien takaisinmaksuajat.

Taulukko 7. Aurinko- ja tuulienergiajärjestelmien investoinnin takaisinmaksuaika ja nykyarvon avulla laskettu energian keskimääräinen hinta. Investoinneissa on mukana 15 % TEM investointituki, joka on yleinen käytännössä myönnettävä tukitaso.

	takaisinmaksuaika	energian hinta
energiajärjestelmä	vuosia	€/MWh
aurinkolämpö	27	27
tuulisähkö	20	64
aurinkosähkö	yli 35	149

Hakelämpölaitokselle haettu hakkeen hinta, jolla elinkaarikustannus on yhtä suuri kuin seuraavaksi kalliimman maalämpölaitoksen, on 21,3 €/MWh (alv 0 %). Kyseessä on siis hakkeen lähtöhinta laitoksen käyttöönottoajankohtana. Hakekattilan kannattavuuteen vaikuttaa hakkeen hinnan lisäksi melko voimakkaasti hakekattilan hyötysuhde, joka on arvioitu tässä selvityksessä kohtalaisen varovaisesti.

Taulukossa 8 on esitetty ostoenergiaa käyttävien energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannukset kun investointi on 20 % perustasoa halvempi tai kalliimpi. Taulukossa 9 on esitetty aurinko- ja tuulijärjestelmille investoinnin muutoksen vaikutus takaisinmaksu-aikaan ja energian hintaan nykyarvon avulla laskettuna.

Taulukko 8. Ostoenergiaa käyttävien energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannukset perustasosta poikkeavilla investointikustannuksilla.

energiajärjestelmä	elinkaarikustannusten nykyarvo	
	+20 %	-20 %
hakelämpölaitos	281 000	213 800
maalämpöpumppu	286 900	218 500
pellettilämpölaitos	299 000	238 500
ilma-vesi lämpöpumppu	302 700	243 500

Perusinvestoinnilla sähkön hinnan tulee olla alle 79 €/MWh (alv 0 %), jotta maalämpöpumppu tulee halvemmaksi kuin hakelämpölaitos. Ilma-vesi lämpöpumppu on em. sähkön hinnalla vielä kumpaakin muuta vaihtoehtoa kalliimpi elinkaarikustannuksiltaan. Sähkön hinta sisältää energian, siirron, sähköveron ja arvonlisäveron kuten aikaisemmin on mainittu.

Taulukko 9. Aurinko- ja tuulienergiajärjestelmien takaisinmaksuajat ja energian hinta nykyarvon perusteella perustasosta poikkeavilla investointikustannuksilla.

energiajärjestelmä	investointi +20 %		investointi -20 %	
	takaisinmaksuaika	energian hinta	takaisinmaksuaika	energian hinta
	vuosia	€/MWh	vuosia	€/MWh
aurinkolämpö	34	32	20	22
tuulisähkö	25	77	16	51
aurinkosähkö	yli 35	179	yli 35	120

5.1 Energiantuotantojärjestelmien primäärienergian kulutus ja CO₂ päästö

Selvityksessä tutkituista järjestelmistä primäärienergiaa käyttäviä järjestelmiä ovat ostoenergiaa käyttävät järjestelmät. Aurinko- ja tuulijärjestelmien ilmaisen energian käyttöä sähkön ja lämmön tuotantoon ei lasketa primäärienergiaksi päästövaikutuksia mittaavassa tarkastelussa. Energian tuotannolle on laskettu myös hiilidioksidipäästö (CO₂).

Laskelmissa käytetyt primäärienergiakertoimet ovat peräisin luonnoksesta uudeksi rakentamismääräyskokoelman osaksi D3. Samat kertoimet ovat todennäköisesti kiinteistöveron perustana, jos kiinteistöveron uudistamistyöryhmän ehdotus otetaan kiinteistöveron perustaksi. Primäärienergiakertoimet ovat:

- sähkö 2
- fossiiliset polttoaineet 1 ja
- uusiutuvat polttoaineet 0,5.

Primäärienergiakerroin kertoo suhdelukuna sen, miten monta yksikköä polttoaineen tai muun energianraaka-aineen energiaa on kulunut voimalaitoksessa tai lämpökeskuksessa, jotta on pystytty tuottamaan yksi yksikkö loppukulutukseen kelpavaa energiaa kuten lämpöä lämpimänä vetenä. Kertoimet eivät suoraan kerro voimalaitoksen hyötysuhdetta, vaan ovat toisiinsa verrattavia suhdelukuja.

Primäärienergiakerrointa käytetään niin että rakennukseen tai tontille hankittu energiamäärä, esim. sähkö MWh kerrotaan primäärienergiakertoimella ja saadaan sähkön tuottamiseen tarvittava primäärienergiamäärä. Samalla tavalla voidaan toimia lämmön kanssa ja saadaan lopulta primäärienergiamäärä sähkölle ja lämmölle, joita voidaan verrata toisiinsa nimenomaan primäärienergiämäärinä.

Energialähteiden hiilidioksidipäästöt ovat energialajeittain seuraavat:

- sähkö 75 kg/MWh (Turku energian sähkön hankinnan ominaispäästö 2008)
- puupolttoaineet 0 kg/MWh ja
- polttoöljy 267 kg/MWh.

Hiilidioksidipäästöissä ei huomioida Motivan laskentaohjeen mukaan polttoaineen tuotannon ja kuljetuksen välillisiä päästöjä, sillä niiden arviointi on erittäin epävarmaa ja vaikeaa. Hiilidioksidipäästä lasketaan kertomalla tontille vuodessa ostettava energiamäärä ominaispäästömäärällä ja tuloksena saadaan vuodessa tuotettu hiilidioksidipäästö kilogrammoina.

Tontilla tarvittava lämmitysenergia on laskelmien mukaan noin 165 MWh/a. Energiantuotantolaitteiden arvioidut kokonaishyötysuhteet sisältäen ao. järjestelmissä tontin lämmönjakoputkistojen häviöt ovat:

- hakekattila 0,8
- pellettikattila 0,8
- maalämpöpumppu 2,8
- ilma-vesi lämpöpumppu 1,8

- suora sähkölämmitys 1,0
- öljykattilalaitos 0,9

Taulukossa 10 on esitetty eri energiantuotantomuotojen primäärienergian kulutus vuoden aikana. Puupolttoainetta käyttävät energiantuotantovaihtoehdot ja maalämpöpumppu muodostavat melko lähellä toisiaan olevan ryhmän, kun muut vaihtoehdot kuluttavat primäärienergiaa huomattavasti enemmän. Taulukon 10 luvut lasketaan niin että jaetaan ensin tontin energiankulutus energiantuotantolaitteiden hyötysuhteilla (ks. yllä) ja saadaan ostoenergian kulutus. Ostoenergian kulutus kerrotaan primäärienergiakertoimella, josta saadaan kaikille energiamuodoille yhteismitallinen primäärienergian kulutus.

Taulukko 10. *Ostoenergiaa käyttävien energijärjestelmien primäärienergian kulutus.*

energijärjestelmä	ostoenergian kulutus	primäärienergian kulutus	ostettava	CO ₂ päästö
	vuodessa, MWh	vuodessa, MWh	energiälaji	tuhatta kg/a
hakelämpölaite	206	103	uusiutuva	0,0
pellettilämpölaite	206	103	uusiutuva	0,0
maalämpöpumppu	59	118	sähkö	4,4
ilma-vesi lämpöpumppu	92	183	sähkö	6,9
öljylämpölaite	183	183	fossiilinen	49,0
suora sähkölämmitys	165	330	sähkö	12,4

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Elinkaarikustannuslaskelmissa hakelämpölaitos osoittautui kaikissa vertailuissa edullisimmaksi vaihtoehdoksi. Selvityksessä käytetty hakkeen ostohinta on varsin lähellä maalämpöpumpun kannattavuuden rajaa, joten käytännössä kaksi edullisinta vaihtoehtoa saattavat osoittautua yhtä kannattaviksi. Lopulliseen lämmitysmuodon valintapäätökseen vaikuttavia asioita voivat olla esimerkiksi arviot sähkön ja puuhakkeen hinnan muutoksista, joihin tulevat vaikuttamaan todennäköisesti uusien ydinvoimalaitosten rakentaminen, teollisuuden rakennemuutos Suomessa ja Valtion tuki uusiutuvien energiamuotojen laajamittaiselle käytölle. Lisäksi hakkeen saatavuudella ja sitä kautta hinnan muodostuksella saattaa olla suuri merkitys hakelämpövaihtoehdon kannattavuuteen.

Perusinvestointitasolla hakelämpölaitoksen kannattavuusraja hakkeen hinnalle yli 21,3 €/MWh on varsin lähellä tämän hetken keskiarvoa hieman alle 20 €/MWh, ja koska hintatilastoja pidetään haketta enemmän ja säännöllisemmin ostavien laitosten tiedoilla, on rakentamispaikalle toimitettavan hakkeen hinta kuitenkin kannattavaa selvittää ennen investointipäätöksen tekemistä. Hakkeessa on myös syytä muistaa että hakekattila tarvitsee varsin tasalaatuisia standardin mukaista haketta, jolloin kaikkein huonolaatuisimmat ja edullisimmat metsähakelaadut eivät välttämättä ole kattilalle sopivia.

Sähkön hinnan laskemisen kannalta laskettu raja 79 €/MWh on niin matala, ettei maalämpövaihtoehto todennäköisesti tule lähitulevaisuudessa ainakaan sähkön hinnan laskemisen takia olemaan edullisempi kuin hakelaitos.

Ilma-vesi lämpöpumppu jää muista vaihtoehdoista varsin paljon siksi että sen investointikustannus on suhteessa keskitettyihin järjestelmiin varsin suuri ja lämpökerroin jää varsin heikoksi lämpimän käyttöveden runsaan energiankulutuksen takia. Ilma-vesi lämpöpumppu on kannattavampi vaihtoehto yksittäisessä passiivitalossa, jossa energiantarve on varsin vähäinen, eikä voida hyödyntää keskitetyn energiantuotannon kustannusetuja. Keskitetty ilma-vesi lämpöpumppu olisi edullisempi vaihtoehto rakennuskohtaiselle, mutta silloin investointikustannus ei tule paljon maalämpöjärjestelmää edullisemmaksi ja lämpökerroin jää edelleen vaatimattomaksi tarvittavan lämpötilatason takia. Suuria ilma-vesi lämpöpumppuja ei ole vielä Suomen markkinoilla juuri saatavilla.

Tuulisähkön hinta on varsin edullinen ja se sopisikin erittäin hyvin alentamaan ostettavan sähköenergian kulutusta. Lähitulevaisuudessa voimaan tuleva syöttötariffijärjestelmä poistaa tuulisähköstä myös kannattavuutta vähentävän ongelman ylijäämänsähkön käyttämisestä, kun se voidaan myydä takaisin sähköverkkoon silloin kun sähköä ei itse pystytä käyttämään. Ongelmana on kuitenkin se että laskettua energian tuottoa varten tarvitaan ainakin 50 m masto, johon on käytännössä erittäin vaikeaa saada sijoituslupaa rakennetulla alueella. Lyhyellä mastolla tuulivoimalaitos ei taas tuota juuri mitään, eikä energiantuotantoa pystytä ennustamaan juuri mitenkään.

Aurinkolämmön käyttö nimenomaan ilma-vesi lämpöpumpun kanssa olisi kannattavaa aurinkolämmön edullisen hinnan takia. Aurinkolämpöä ei kuitenkaan voida asentaa erityisen paljon, sillä lämpöä saadaan pääasiassa kesällä ja käytöstä ylijäävä energia heikentää voimakkaasti järjestelmän kannattavuutta. Aurinkolämmöllä ei siis voida loputtomasti parantaa ilma-



VASO - Soininen
Energiantuotantovaihtoehtojen elinkaarikustannukset

Laat./Hyv.:
LLo/PRS
Laadittu:
18.6.2010
Viim. päivitys:

vesi lämpöpumpun energiataloutta, vaan vaikutus jää vähäiseksi raskaan lisäinvestoinnin takia.

Elinkaarikustannuksiltaan edullisimmaksi osoittautuneet energiantuotantojärjestelmät ovat myös primäärienergiankulutuksen kannalta edullisimpia, joten mahdollinen kiinteistöveron määräytyminen tulevaisuudessa lämmitysenergiälähteen perusteella ei aiheuta välttämättömiä muutoksia energiantuotantomuodon valintaan. Lisäksi puupolttoaineelle ei lasketa ollenkaan hiilidioksidipäästöjä, joten hake- ja pellettilämpövaihtoehdot ovat myös päästöttömiä.