



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**OLLI-PEKKA AARNIO**  
**UUSIEN KAUKOLÄMMÖN HINNOITTELUMALLIEN KEHITTÄMI-**  
**NEN**

Diplomityö

Tarkastajat: professorit Risto Raiko  
ja Petri Suomala  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty  
Luonnontieteiden tiedekuntaneuvos-  
ton kokouksessa 5.3.2014

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma

**AARNIO, OLLI-PEKKA:** Uusien kaukolämmön hinnoittelumallien kehittäminen

Diplomityö, 107 sivua, 0 liitesivua

Huhtikuu 2014

Pääaine: Voimalaitos- ja polttotekniikka

Tarkastajat: professorit Risto Raiko ja Petri Suomala

Avainsanat: Kaukolämpö, hinnoittelumalli, tariffi, kustannusvastaavuus, hintaohjaus, asiakasarvo, kysyntäjousto, energiamaksu, perusmaksu

Nykyinen tuntitasoinen mittausdata mahdollistaa kaukolämpöön uudentyyppiset ja nykyistä monimutkaisemmat hinnoittelurakenteet. Tässä työssä on tutkittu kaukolämmön hinnoittelun kehittämistä sekä energiayhtiö Savon Voiman että asiakkaiden näkökulmasta. Hinnoittelun kehittämisen taustalla on tarkoitus parantaa kaukolämmön asiakasarvoa ja kilpailukykyä. Työssä tutkitaan hinnoittelua myös kustannusnäkökulmasta kartoittamalla tuotantokustannuksia pienentävän hintaohjaustuotteen mahdollisuutta. Hinnoittelun kehityksessä pohditaan energiayhtiön kannalta myös hybridilämmittäjien aiheuttamia haasteita.

Työssä on ensin perehdytty muiden kaukolämpöyhtiöiden uudentyyppisiin hinnoittelumalleihin Suomessa ja Ruotsissa sekä kaukolämmön hinnoittelun uudistamiseen liittyviin tutkimuksiin ja selvityksiin. Seuraavaksi on tutkittu asiakkaiden tekemien energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia lämmönkäytön profiiliin ja arvioitu lämmönkulutuksen profiilin muuttumista kaukolämpöverkoissa pidemmällä aikavälillä. Tämän jälkeen on selvitetty Savon Voiman tyyppiverkkojen muuttuvien tuotantokustannuksien jakaumia sekä niiden riippuvuutta eri tekijöistä kuten ajankohdasta ja ulkolämpötilasta. Näiden taustaselvitysten jälkeen työssä on hahmoteltu alustavia erityyppisiä hinnoittelumalleja ja laskettu niille hintoja. Näiden tuotteiden heikkouksia ja vahvuuksia on arvioitu sekä energiayhtiön että asiakkaiden kannalta. Seuraavaksi on Savon Voiman ohjausryhmän kanssa pohdittu mitä hinnoittelumalleja kannattaa kehittää pidemmälle ja esitellä asiakkaille. Tämän jälkeen projektissa on käyty tapaamassa kaukolämpöasiakkaita eri asiakassegmenteistä hinnoittelun kehittämiseen liittyen. Työn loppuun on koottu asiakastapaamisten tulokset ja johtopäätökset sekä kehitysideat.

Alussa potentiaalisimpina nähdyt hintaohjaustuotteet, joissa asiakas omalla kulutusjoustollaan saisi aikaan energiayhtiölle kustannussäästöjä ja hyötyisi tästä lämpölaskussaan, eivät loppujen lopuksi osoittautuneetkaan järkeviksi koska asiakkaiden kulutusjouston mahdollisuus on lähes olematon. Työssä tultiin siihen tulokseen, että parhaat asiakasarvoa tuovat kehitysmahdollisuudet kaukolämmön hinnoittelussa Savon Voimalla liittyvät tällä hetkellä perusmaksun määrittämisestä olevan tilaustehon automatisointiin. Tämä mahdollistaisi myös työssä kehitellyn Bonus-järjestelmän. Kaukolämpöhybridilämmittäjien kustannusvastaavan hinnoittelun parantamiseksi työssä pohdittiin varatehomaksua, jolloin perinteisen tyyppisten asiakkaiden perusmaksuun ei tarvitsisi tehdä heille epämieluisia muutoksia.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's degree programme in environmental and energy technology

**AARNIO, OLLI-PEKKA:** Developing new district heating pricing models

Master of Science Thesis, 107 pages, 0 Appendix pages

April 2014

Major: Power plant and combustion technology

Examiners: Professors Risto Raiko and Petri Suomala

Keywords: District heating, pricing model, tariff, cost-relatedness, price incentive, customer value, elasticity of demand, energy charge, capacity charge

Nowadays hourly measurement data allows new kinds of complicated pricing models for district heating. In this thesis pricing of district heating is from both energy company Savon Voima's and customer's perspective. The underlying cause of developing pricing is to increase customer value and competitiveness of district heating. From energy company's point of view pricing development is investigated by planning and estimating the possibility of "price incentive product" which could direct customers heat consumption and reduce energy company's production costs. Also challenges caused by hybrid heating are investigated.

At first is familiarized for other district heating companies' new pricing models in Finland and Sweden and also for researches and statements which have been done on the topic. How customers' heat consumption profile changes when customers make energy efficiency actions and estimated how those actions might reflect to whole district heating networks profile in the future is also investigated. Profiles for variable production costs are calculated next and investigated dependences for those costs for example of time and outside temperature. After background research is outlined different types of preliminary products and calculated prices. Products are estimated from both customer and energy company's point of view. Next the most potential products for further development were chosen. These decisions were made with other Savon Voima's employees. At the end of the project customers from different customer segments were met to discuss about district heating pricing with them. The results for customer meetings and conclusion how to develop pricing of district heating are in the end of the thesis.

In the beginning price incentive products, where customers by doing elasticity of demand lower production costs and get lower heating bills, seemed potential but after all those products are not reasonable because almost zero possibility for elastic demand. Overall results are that most opportunities to increase customer value by renewing pricing are to develop capacity charge and its automation. Bonus which was related to capacity fee renewing was also planned in the thesis. For district heating hybrids cost-relatedness pricing was planned spare capacity charge. That additional pricing component makes it possible to keep capacity charges determination principle more pleasing for regular customers.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Savon Voima Oyj:n tarpeesta tutkia kaukolämmön hinnoittelun uudistamista. Työn ohjaajana Savon Voimalta on toiminut Kari Anttonen. Diplomityöhön liittyvistä suuremmista päätöksistä vastasi ohjausryhmä, joka koostui yhteensä 7 henkilöstä. Työn tarkastajina yliopistolta ovat toimineet professorit Risto Raiko sekä Petri Suomala.

Haluan kiittää kaikkia diplomityöhön liittyviä henkilöitä suuresta avusta, jonka olen työn tekoon saanut. Lisäksi haluan kiittää kaikkia Savon Voiman työkavereita erittäin mukavasta työilmapiiristä.

## SISÄLLYS

1	Johdanto .....	1
2	Teoreettinen tausta .....	3
2.1	Kaukolämpö Suomessa .....	3
2.2	Kaukolämpöverkot .....	5
2.2.1	Kaukolämpöverkkojen tekniset ratkaisut.....	5
2.2.2	Lämmönkulutuksen mittaaminen .....	5
2.3	Lämmön tuotanto .....	7
2.3.1	Tuotantolaitosten jaottelu käytön mukaan .....	7
2.3.2	CHP-laitokset.....	8
2.3.3	Lämpökeskukset .....	10
2.3.4	Kaukolämmöntuotannossa käytetyt polttoaineet .....	10
2.4	Kaukolämmön kulutus .....	12
2.4.1	Kulutuksen jakautuminen yleisesti .....	12
2.4.2	Kulutuksen jakautuminen asiakassegmenteittäin .....	14
2.4.3	Kulutuksen ohjaus.....	19
2.5	Kustannuslaskenta.....	20
2.5.1	Yleistä kustannuslaskennan teoriaa .....	20
2.5.2	Kaukolämmön kustannukset.....	22
2.6	Hinnoittelu ja asiakasarvo .....	26
2.6.1	Hinnoittelun teoriaa .....	26
2.6.2	Asiakasarvo.....	27
3	Kaukolämmön hinnoittelumallit .....	29
3.1	Perinteiset kaukolämmön hinnoittelumallit .....	29
3.2	Savon Voiman nykyinen kaukolämpötuote .....	29
3.3	Muiden kaukolämpöyhtiöiden uusia hinnoittelutapoja ja tuotteita .....	31
3.3.1	Vuodenaikoihin perustuva energiamaksu .....	31
3.3.2	Ulkolämpötilan vaikuttaminen energiamaksuun .....	32
3.3.3	Todelliseen huipputehoon perustuva perusmaksu .....	32
3.3.4	Muut uudentyyppiset tuotteet .....	32
3.4	Muiden kaukolämpöyhtiöiden kokemuksia uusista tuotteista .....	33
3.5	Tutkimukset ja selvitykset kaukolämmön hinnoitteluun liittyen .....	33
3.5.1	Energia- ja perusmaksun suhde tulevaisuudessa .....	33
3.5.2	Huipputehon erillishinnoittelu .....	34
3.5.3	Kysyntäjoukseen liittyvät tuotteet .....	34
3.5.4	Kokonaisvaltaisen energiapalvelun tarjoaminen .....	35
3.5.5	Kysyntäjoukseen mahdollisuudet kokonaisvaltaisemman energiapalvelun yhteydessä.....	35
3.5.6	Hybridilämmityksestä aiheutuvat haasteet .....	36
3.5.7	Hinnoitteluun liittyvä asiakaspalaute yleisesti.....	37
3.5.8	Hinnoittelumallien soveltuvuudet eri asiakasryhmille .....	37

3.5.9	Todelliseen huipputehoon perustuva perusmaksu, esimerkki E.ONin pilottihankkeesta Malmössä .....	38
3.5.10	Hinnoittelumallien vaikutus asiakasarvoon, esimerkki Fortumin suurasiakkaiden osalta.....	39
4	Asiakkaiden energiansäästötoimenpiteet .....	40
4.1	Asiakkaiden energiansäästöpotentiaali .....	40
4.2	Energiansäästötoimenpiteiden vaikutus asiakkaan kulutukseen.....	42
4.3	Energiansäästötoimenpiteiden vaikutus verkon lämpökuormaan.....	46
5	Savon Voiman kaukolämpöverkot.....	48
5.1	Savon Voiman kaukolämpöverkot yleisesti.....	48
5.2	Tyypiverkkojen muuttuvien tuotantokustannusten laskenta.....	49
5.2.1	Laskennan tausta ja tarkoitus.....	49
5.2.2	Polttoaineiden hankintakustannusten laskenta.....	50
5.2.3	Päästöoikeuksien ja turveveron vaikutukset.....	50
5.2.4	Hyötysuhteiden vaikutus.....	51
5.2.5	Tuotantolaitoskohtaiset tuotantokustannukset.....	53
5.2.6	Kaukolämpöverkkojen tuotantokustannusjakaumat.....	56
6	Uusien kaukolämpötuotteiden suunnittelu.....	71
6.1	Hahmotelmia erilaisista uusista tuotteista.....	71
6.1.1	Energiamaksukomponenttiin liittyvät kehitysideat .....	71
6.1.2	Perusmaksukomponenttiin liittyvät kehitysideat.....	84
6.1.3	Liittymismaksuun liittyvät kehitysideat.....	87
6.1.4	Muun tyyppiset hinnoittelun kehitysideat.....	88
6.2	Savon Voimalle potentiaaliset hinnoittelumallit tarkempaan tutkiskeluun ....	89
6.3	Savon Voiman kaukolämpöasiakkaiden haastattelut.....	89
7	Johtopäätökset.....	91
	Lähteet.....	97

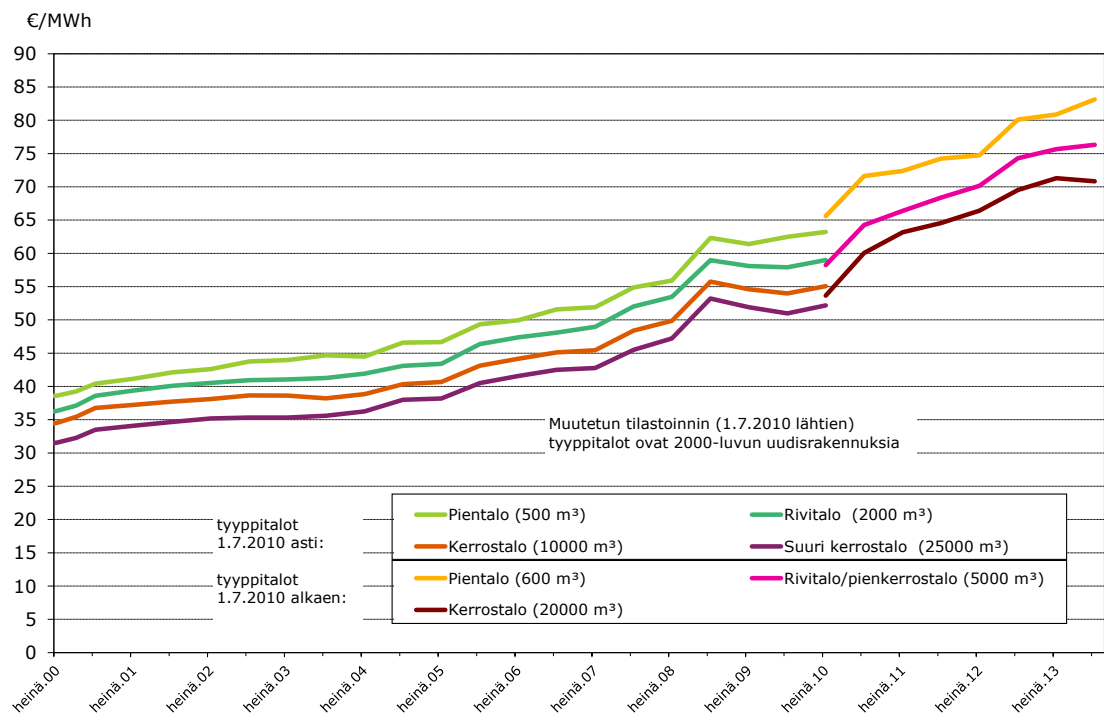
## TERMIT JA LYHENTEET

CHP-laitos	”Combined heat and power”, lämpövoimalaitos jossa tuotetaan sekä lämpöä että sähköä
DSM	”Demand side management”, kysynnän hallinta
Energiamaksu	Energiankäytöstä riippuva hintakomponentti
Hintaohjaus	Hinnoittelun rakenteella pyritään vaikuttamaan kysyntään ja sen ajankohtaan
Huipunkäyttöaika	Tuntimäärä jona vuoden aikainen energia olisi tuotettu jos tuotantolaitos toimisi nimellistehollaan. Huipunkäyttöaika kertoo, että kuinka suuri on vuoden aikana tuotettu energiamäärä verrattuna teoreettiseen maksimiin.
Hybridilämmitys	Useasta eri lämmitysmuodosta koostuva lämmitysjärjestelmä
Kalorimetrinen lämpöarvo	Lämpöenergian määrä joka vapautuu kun polttoaineen sisältämä vesi oletetaan palamisen jälkeen nesteeksi
Kiinteä kustannus	Toiminta-asteesta tarkastellulla aikavälillä riippumaton kustannus
KPA	Kiinteä polttoaine
Kysyntäjousto	Asiakas joustaa kysynnän ajankohdassa
Liittymismaksu	Kaukolämpöön liittymisen yhteydessä maksettava maksu
Lämmitysverkoston perussäätö	Lämmityskohteen säätöjärjestelmää parannetaan, jolloin tyypillisesti lämmityskohteen sisällä olevat lämpötilaerot tasapainotetaan
Lämpökeskus	Tuotantolaitos jossa tuotetaan pelkästään lämpöä
Muuttuva kustannus	Toiminta-asteesta tarkastellulla aikavälillä riippuva kustannus
Myyntikate	Kate joka saadaan vähentämällä liikevaihdosta muuttuvat kustannukset
Ohjausryhmä	Savon Voiman henkilöstöstä koostuva 7 henkilön ryhmä jonka kanssa tehtiin projektiin liittyvät päätökset
Ominaistuotantokustannus	Tuotantokustannus energiayksikköä kohti
Perusmaksu	Kiinteä tehosta riippuva hintakomponentti
POK	Kevyt polttoöljy
POR	Raskas polttoöljy
Rakennusaste	Voimalaitoksen sähkön- ja lämmöntuotannon suhde
Takaisinmaksuaika	Aika kuinka nopeasti investoinnista aiheutuvat nettotuotot ylittävät hankintakustannukset
Tehollinen lämpöarvo	Lämpöenergian määrä joka vapautuu kun polttoaineen sisältämä vesi oletetaan palamisen jälkeen höyryksi

# 1 JOHDANTO

Kilpailevien lämmitysmuotojen hintojen aleneminen sekä kaukolämmön polttoaineiden hintojen nousu tuovat haasteita kaukolämmön kilpailukyvyyn ylläpitämiseen. Tämän lisäksi kaukolämpöhybridijärjestelmien mahdollinen lisääntyminen tulevaisuudessa aiheuttaa tarvetta hinnoittelurakenteen muuttamiselle, jotta hinnoittelu olisi kustannusvastaavaa kaikenlaisien asiakkaiden osalta. Myös asiakaslähtöisyys on ollut perinteisesti kaukolämpöliiketoiminnan heikko kohta ja kaukolämmöllä on ollut tämän vuoksi vanhanaikainen ja jäykkä mielikuva asiakkaiden puolella.

Savon Voimalla ollaan lisäksi siirtymässä kaukolämmön verkkokohtaiseen hinnoitteluun. Aiemmin kaikissa 19 kaukolämpöverkossa on ollut sama hinta mutta tulevaisuudessa kullekin verkolle tulee oma hintansa. Verkkokohtainen hinnoittelu aiheuttaa hinnannostopaineita etenkin pienemmissä verkoissa ja tämä heikentää kaukolämmön kilpailukykyä kyseisten verkkojen osalta.



Kuva 1.1 Kaukolämmön hintakehitys tyyppitaloissa [Diaesitys kaukolämmön hinnan kehityksestä 2014, dia 1]

Kuvasta näkyy, että kaukolämmön hinta on noussut viime vuosina melko paljon. Hinnannousut ovat johtuneet pääosin polttoaineiden hintakehityksestä. Hinnankorotukset on yleensä siirretty energiamaksuun kun taas perusmaksuun kohdistuvia hinnankorotuksia on pyritty välttämään. Syynä tähän on ollut se, että hintaa nostettaessa on energiamaksun korottamisen ajateltu olevan asiakkaan mielestä pienempi paha. Myös viranomaisen



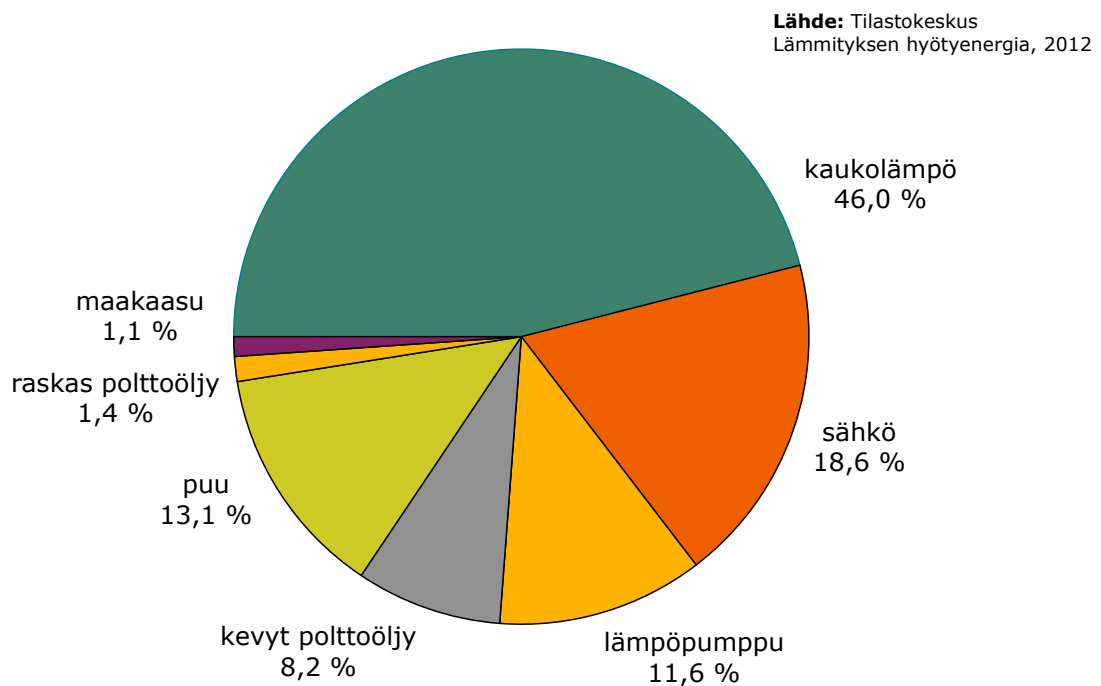
on kannustanut mahdollisimman suureen energiamaksun osuuteen, jotta laskun suuruus riippuisi mahdollisimman paljon energiankäytöstä.

Työn taustalla oleva perimmäinen syy onkin kaukolämmön kilpailukyvyn parantaminen uusiin kilpailijoihin kuten maalämpöön verrattuna. Itse tässä työssä keskitytään kaukolämmön hinnoittelumallien kehittämiseen ja uudistamiseen. Uudenlaiset rakenteeltaan monimutkaisemmat hinnoittelumallit ovat nykyään teknisesti mahdollisia tuntu- tasolla saatavien asiakkaiden kulutustietojen ja etäluettavien mittareiden vuoksi. Työssä pyritään löytämään hinnoittelurakenne, jolla asiakkaat näkevät arvoa ja tutkitaan myös mahdollisuutta saada säästöjä kaukolämmön tuotantokustannuksissa hintaohjaukseen soveltuvan hinnoittelurakenteen kautta. Tällainen tuotantokustannusten rakennetta seuraava hinnoittelumalli olisi vaihtoehtoinen tuote yksinkertaisemman tuotteen rinnalle. Tuolla uudella tuotteella asiakkaiden kulutusjoustop kautta saadut kustannussäästöt ohjattaisiin pääosin pienennyksiksi asiakkaiden laskuihin.

## 2 TEOREETTINEN TAUSTA

### 2.1 Kaukolämpö Suomessa

Suomessa tarvitaan kylmän ilmaston vuoksi paljon energiaa asuntojen, käyttöveden ja kiinteistöjen lämmittämiseen. Suomessa merkittävimäksi lämmitystavaksi on muodostunut kaukolämpö, jossa lämpöä siirretään kaukolämpöverkon välityksellä lämpökeskuksista tai CHP-voimalaitoksista lämmityskohteeseen. Suomessa kaukolämpöverkon kokonaispituus oli vuoden 2012 lopussa noin 13500km. [Kaukolämpöverkko, Energia-teollisuus ry] Kaukolämmön osuus koko Suomen lämmitysenergian kulutuksesta on noin 50 % ja suuremmissa kaupungeissa luokkaa 80–90 %.



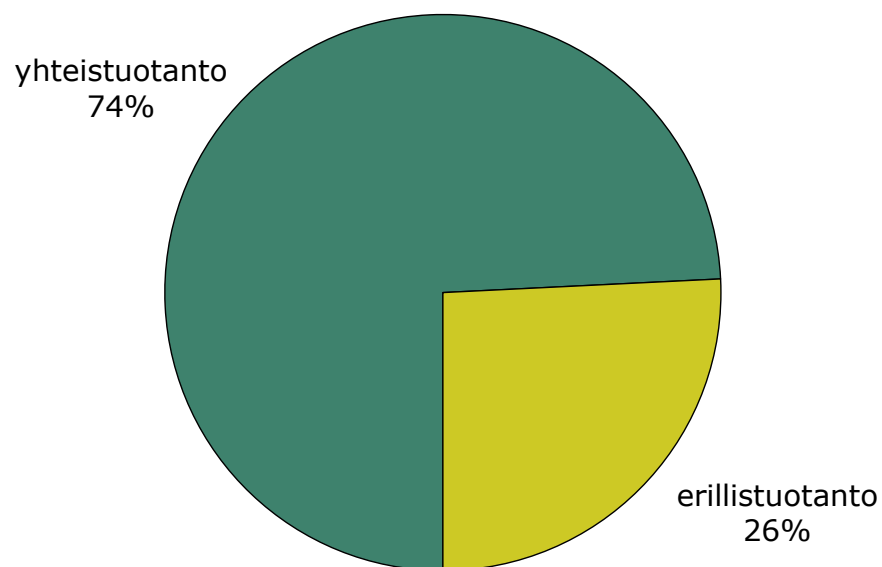
*Kuva 2.1 Asuin- ja palvelurakennusten lämmitysmuotojen markkinaosuudet vuonna 2012 [Diaesitys Energiavuosi 2013, dia 3]*

Tiuhaan asutuilla alueilla kuten kaupungeissa ja taajamissa on tarvitun lämpötehon tiheys maapinta-alaa kohti suurimmillaan ja siksi verkon rakentamiskustannukset tehoa kohti ovat pienemmät. Koska hintojen täytyy kuitenkin olla kilpailukykyisiä, niin tiheään asutummilla alueilla on investoinnin takaisinmaksuaika tyypillisesti lyhyempi kuin harvaanasutuilla alueilla. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 5 s. 26]

Suomessa suuri osa kaukolämmöstä tuotetaan CHP-laitoksissa. CHP-laitosten etuna pelkkiin lauhdevoimaloihin nähden on, että niillä päästään korkeaan kokonaishyö-

tysuhteeseen. Lauhdevoimalaitoksissa turbiinin läpi paisunut kostea höyry lauhdutetaan vedeksi siten, että lauhtumisessa vapautuvaa lämpöä ei hyödynnetä vaan se johdetaan esimerkiksi vesistöön. Lauhdevoimalaitoksista saatava hyödynnettävä tuote onkin siis pelkästään sähköä.

CHP-voimalaitoksissa saadaan sähkön lisäksi hyödynnettyä osa prosessihöyryllä olevasta lämpöenergiasta siirtämällä se kaukolämpöverkkoon. Tällöin saadaan tuotantolaitoksen kokonaisyötysuhde paremmaksi kuin lauhdevoimaloissa eli saadaan hyödynnettyä paljon suurempi osa polttoaineen energiasällöstä kun huomioidaan sekä saatu sähkö- että lämpöenergia. CHP-laitoksia ajetaan yleensä lämmön tarpeen mukaan, joten saatu sähköteho riippuu kaukolämpöverkon kunkin hetkisestä lämpökuormasta.



*Kuva 2.2 Yhteistuotannon ja erillistuotannon osuudet tuotetusta kaukolämmöstä vuonna 2013 [Diaesitys Energiavuosi 2013, dia 6]*

CHP-laitosten lisäksi kaukolämpöä tuotetaan lämpökeskuksissa joissa ei tuoteta ollenkaan sähköä vaan pelkästään lämpöä. Lämpökeskukset ovat tekniikaltaan voimalaitoksia selvästi yksinkertaisempia ja rakennuskustannuksiltaan halvempia. CHP-voimalaitokset ja kiinteän polttoaineen lämpökeskukset mitoitetaan vastaamaan kapasiteetiltaan noin 50 % kaukolämpöverkon huipputehosta. Loppu tehontarve hoidetaan muilla huippulämpökeskuksilla joiden osuus kokonaisenergiasta on kuitenkin vain luokkaa 10–15 %. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 42]

## 2.2 Kaukolämpöverkot

### 2.2.1 Kaukolämpöverkkojen tekniset ratkaisut

Suomessa kaukolämpöverkko on yleensä vesikiertoinen järjestelmä, jossa lämmönsiirto asiakkaille on hoidettu epäsuoralla kytkennällä. Epäsuoralla kytkennällä tarkoitetaan sitä, että asiakkaalla on oma lämmitysvesikiertonsa jonka vesi lämmitetään kaukolämmöllä lämmönsiirtimissä. Suorassa kytkennässä taas kaukolämpövesi luovuttaa lämpöä suoraan asiakkaan lämmönkäyttökojeissa kuten pattereissa. Suomessa suora kytkentä on kuitenkin erittäin harvinainen. Vesikiertoisten järjestelmien lisäksi esimerkiksi Pohjois-Amerikassa käytetään myös höyrykiertoisia kaukolämpöjärjestelmiä mutta Euroopassa lämpimään veteen perustuva tekniikka on vakiintunut vallitsevaksi tekniikaksi. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 29 s. 43]

Kaukolämpöverkon putkisto koostuu Suomessa kahdesta vahvasti lämpöeristetyistä vierekkäisestä putkesta, joista toinen on menoputki ja toinen paluuputki. Tällaista järjestelmää kutsutaan kaksiputkijärjestelmäksi. Menoputkesta lähtevä kuuma vesi kulkee asiakkaan laitteistossa lämmönvaihtimen läpi luovuttaen lämpöä, jonka jälkeen jäähtynyt kaukolämpövesi menee paluuputkeen ja lähtee takaisin kohti tuotantolaitosta. Suomessa putket mitoitetaan 1,6MPa maksimipaineeseen ja 120 °C maksimilämpötilaan, jotta saavutetaan verkon kestävyysvaatimukset. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 139] Todellinen menoputken veden lämpötila riippuu kuitenkin ulkolämpötilasta ollen tyypillisesti välillä 65 °C ja 115 °C. Paluuputken lämpötila taas vaihtelee välillä 40 °C ja 60 °C. Myös paine putkien sisällä vaihtelee ollen talvella yleensä korkeampi kuin kesällä. Korkeimmillaan menojohdon paine nousee noin 1,5MPa paineeseen.

Putkissa kiertävästä kaukolämpövedestä poistetaan happi ja epäpuhtaudet korroosion estämiseksi. Kaukolämpövesi myös värjätään usein, jotta mahdolliset vuodot on helpompi paikantaa. Kaukolämpöverkkojen lämpöhäviöt ovat Suomessa keskimäärin 8-9 % vaihdellen isommissa kaupungeissa välillä 5-8 % ja lämpötiheydeltään harvemmissä verkoissa välillä 10–15 %. [Kaukolämpöverkko, Energiateollisuus ry]

### 2.2.2 Lämmönkulutuksen mittaaminen

Kunkin asiakkaan lämmönkulutus saadaan mittaamalla kaukolämpöveden virtaamaa sekä lämpötilaa meno ja paluuputkissa. Kunakin hetkenä kulutetun lämpötehon määrä saadaan laskemalla meno- ja paluuputkien lämpövirtojen erotus. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 113] Virtauksella oleva lämpöteho  $\Phi$  saadaan alla olevalla kaavalla, jossa  $c_p$  on ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa. Kaukolämpöputkessa paine on lähes vakio ja  $c_p$  riippuu vain lämpötilasta.  $\dot{m}$  on massavirta, joka riippuu myös lämpötilasta koska massavirta koostuu tilavuusvirran  $\dot{V}$  ja tiheyden  $\rho$  tulosta ja tiheys  $\rho$  on lämpötilan  $T$  funktio.  $T$  tarkoittaa kaukolämpöveden lämpötilaa.

$$\Phi = c_p * \dot{m} * T$$

Tietyinä ajanjaksona  $t_1 - t_2$  kulutettu lämpöenergia saadaan meno- ja paluupuolen lämpövirtojen erotuksen aikaintegraalina alla olevan kaavan mukaisesti.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} (\Phi_{meno} - \Phi_{tulo}) dt$$

Käytännössä mittauksen tekee lämpöenergiamittari. Lämpöenergiamittari on joko itsenäinen tai yhdistetty laite joka koostuu virtausanturista, lämpöanturiparista ja laskimesta. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 115] Lämpömäärän laskin on lämpöenergiamittarin osa, joka vastaanottaa viestit antureilta ja laskee näiden tietojen perusteella lämpöenergian määrän. Lämpötilat vaikuttavat veden tiheyteen joka taas vaikuttaa massavirtaan. Lämpötilat vaikuttavat myös veden ominaislämpökapasiteettiin vakio paineessa. Lämpömäärän laskin huomioi näiden suureiden lämpötilariippuvuuden lämpömäärää laskettaessa. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 115–116]

Virtausanturilta saadaan tietoa vesivirtauksen tilavuusvirrasta kunakin hetkenä. Tilavuusvirta kerrottuna tiheydellä saadaan massavirta, joka tarvitaan lämpötehon laskennassa.

$$\Phi = c_p * \dot{V} * \rho * T$$

Lämpömäärän laskin saa siis yllä olevaan yhtälöön virtausanturilta tilavuusvirran ja lämpötila-anturilta lämpötilan ja hakee jatkuvasti lämpötilaa vastaavat ominaislämpökapasiteetin ja tiheyden arvot. Tätä hetkellistä lämpötehoa lasketaan koko ajan meno- ja paluuputkissa.

Mittareiden lukematiedot on perinteisesti saatu siten, että asiakas on lukenut kulutetun energiamäärän mittarilta ja toimittanut tiedon energiayhtiölle. Toinen vaihtoehto on ollut, että energiayhtiön edustaja on fyysisesti käynyt paikanpäällä lukemassa mittarilukeman. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 128]

Nykyään kuitenkin mittareiden etäluenta on yleistynyt. Etäluenta tapahtuu siten, että lämpömäärälaskimeen liitetään tietoliikennemuodi joka kommunikoi etäluentajärjestelmän kanssa. Mittaustieto siirretään keskitettynä ajankohtana tiedonsiirtokaapeleita pitkin tai johdottomasti energiayhtiön tietokantaan ja asiakastieto- tai laskutusjärjestelmään. Mittarien etäluentaa ja tiedonsiirtoa on Suomessa sekä ulkoistettu että pidetty kokonaan energiayhtiöllä itsellään. Etäluenta on oleellinen tekijä siinä, että uusia kustannusvastaavia kaukolämpötuotteita on edes mahdollista suunnitella. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 129]

## 2.3 Lämmön tuotanto

### 2.3.1 Tuotantolaitosten jaottelu käytön mukaan

Kaukolämmön tehontarve riippuu voimakkaasti vuodenaajasta. Keskitetyssä järjestelmässä tuotanto on yleensä taloudellisesti kannattavinta jakaa eri tuotantomuotojen kesken. Tuotantomuodot voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan neljään eri ryhmään jotka ovat perusteho, keskiteho, huipputeho ja varateho. Tuotantomuotoja ajetaan kaukolämpöverkon lämmitystehontarpeen mukaan järjestyksessä perusteho, keskiteho ja huipputeho. Varateholla hoidetaan tuotantoa häiriöiden ja huoltoseisokkien aikana. Pienissä järjestelmissä ei ole välttämättä kannattavaa jakaa tuotantoa kovin moneen yksikköön. Tällöin järjestelmissä ei yleensä ole erikseen keskiteholaitoksia. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 259]

#### **Perusteho:**

Perustehotuotanto on tuotantoa jota pyritään käyttämään mahdollisimman paljon. Tällaisen tuotannon ominaisuuksia ovat mahdollisuus lähes jatkuvaan käyttöön ja edulliset käyttökustannukset. Perustehoa ovat kaukolämpöverkkoon liitetyt CHP- laitokset sekä jotkut kiinteän polttoaineen laitokset riippuen käytettävän polttoaineen hinnasta. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 259]

#### **Keskiteho:**

Keskitehotuotannolla tarkoitetaan tuotannon osaa jossa käyttö on lähes jatkuvaa mutta helposti säädeltävää. Keskiteholaitosten täytyy siis olla taloudellisia osateholla ajettaessa. Perustehoa pienempien huipunkäyttöaikojen vuoksi on myös järkevää, että laitosten investointikustannukset tehoa kohti ovat pienempiä kuin perusteholaitoksissa. Tyypillisiä keskiteholaitoksia ovat kiinteän polttoaineen kattilat. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 259]

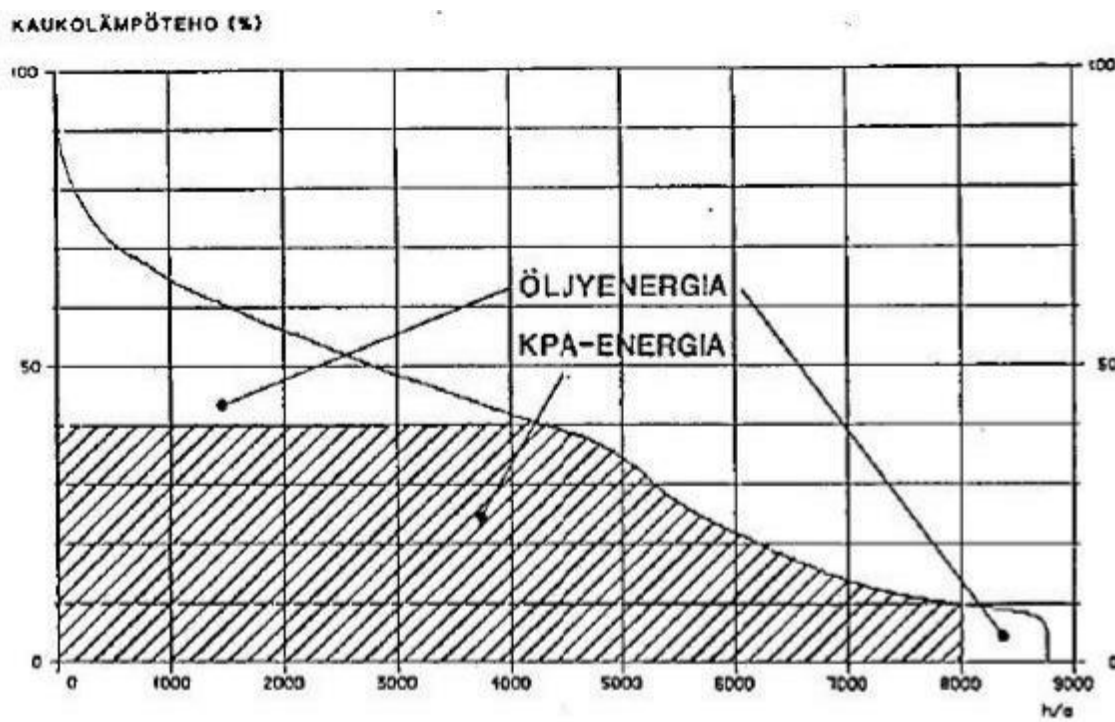
#### **Huipputeho:**

Huipputehotuotanto on tuotantoa joka käynnistyy vain silloin kun verkon tehontarve on suuri. Huipputeholaitosten huipunkäyttöajat ovat tästä syystä pieniä. Huipputeholaitoksen täytyy olla helppo ja nopea käynnistettävä. Huipputeholaitoksen investointikustannusten kannattaa olla tehoa kohti pienet. Huipputeholaitoksina käytetään yleensä öljykattiloita ja maakaasukattiloita. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 259]

#### **Varateho:**

Varateho on normaalitilanteessa reservissä olevaa tehoa joka käynnistyy poikkeustilanteissa. Varateholaitosten huipunkäyttöajat ovat erittäin pieniä ja tästä syystä tehoa kohti olevien investointikustannusten kannattaa olla myös mahdollisimman pienet. Myös varalämpölaitosten täytyy huipputuotantolaitosten tapaan olla helppoja nopeita.

ta käynnistettäviä. Tyypillisiä varateholaitoksia ovat öljykattilat ja maakaasukattilat. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 259]



Kuva 2.3 Lämmöntarpeen pysyvyyskäyrä [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 42]

Yllä olevasta lämmöntarpeen pysyvyyskäyrästä näkyy vuosittainen tehontarve, jossa tuntitehot on järjestetty suuruusjärjestykseen. Vaaka-akselilla ovat vuoden tunnit ja pystyakselilla tehon osuus kaukolämpöverkon maksimitehosta. Kuvan mukainen verkko voisi olla esimerkiksi pienehkö kaukolämpöverkko, jossa perustuotantona on kiinteän polttoaineen lämpökeskus ja huipputeholaitoksena öljykattila.

Kun kuvassa verkon tarvitsema lämpöteho ylittää perustuotantolaitoksen maksimitehon, joka on 40 % koko verkon huipputehosta, käynnistyy öljykattila tuottamaan tarvittaman lisäenergian. Kuvan oikeassa alakulmassa näkyvä öljyenergian osuus selittyy kiinteän polttoaineen laitoksen kesäseisokilla. Kuvassa käyrän alapuolelle jäävät pinta-alat esittävät kummankin tuotantolaitoksen tuottaman energian osuuksia. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 42]

### 2.3.2 CHP-laitokset

CHP-laitokset ovat kaukolämpöverkoissa käytettävää perustehoa joiden huipunkäyttöajat pyritään saamaan mahdollisimman suuriksi. CHP-laitosten kokonaishyötysuhteet ovat melko korkeita, noin 85–90 % [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 300] CHP-laitoksia on käytössä tekniikaltaan monentyypisiä. Erilaisia laitostyyppisiä ovat esimerkiksi kaasuturbiinia, diesel- tai kaasumoottoria, höyryprosessia tai näiden kombinaatiota käyttävät laitokset. Alla on esitelty tekniikaltaan erilaisia CHP-voimalaitoksia. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 293]

**Kaasuturbiini- ja moottorivoimalaitokset:**

Kaasuturbiini- ja moottorivoimalaitoksissa sähkö tehdään kaasuturbiinilla tai moottorilla ja niistä tulevilla pakokaasuilla lämmitetään kaukolämpöä. Lämpöä saadaan myös ottamalla talteen moottorin ja kaasuturbiinin jäädyttämisessä saatu energia. Energiämäärältään pakokaasussa oleva energia on kuitenkin selvästi merkittävin. Kaasuturbiineissa käytetään yleensä polttoaineena maakaasua mutta myös nestekaasu, kerosiini, polttoöljyt, masuunikaasu ja kaasutuskaasu ovat mahdollisia polttoaineita. Moottorivoimalaitoksissa voidaan käyttää nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita. Nestemäisiä polttoaineita käytettäessä valitaan yleensä diesel-moottori, jolloin päästään hieman ottomoottoria parempaan hyötysuhteeseen. Kaasumaisia polttoaineita käytettäessä taas valitaan yleensä otto-moottori. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 300–307]

**Kombivoimalaitokset:**

Kombivoimalaitokset ovat voimalaitoksia, joissa on yhdistetty kaasuturbiini, ottomoottori tai dieselmoottori höyryprosessiin. Kaasuturbiinista tai moottorista tulevilla kuumilla pakokaasuilla tehdään höyryä, joka johdetaan vielä höyryturbiiniin ja tällöin saadaan lisää sähköä. Kombivoimalaitosten etuna onkin juuri suuri sähköntuotannon hyötysuhde. Kombivoimalaitokset ovat kuitenkin tekniikaltaan monimutkaisia ja tästä syystä niiden investointikustannukset ovat melko suuret. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 303 s. 307]

**Höyryprosessi:**

Höyryprosessinkin osalta voidaan CHP-voimalaitokset jakaa vielä tekniikaltaan kahteen eri tyyppiin. Nämä voimalatyypit ovat vastapainevoimalaitos ja väliotto-lauhdutuslaitos. Vastapainevoimalaitoksessa höyryn paisunta katkaistaan normaalia korkeammassa paineessa sen sijaan, että sen annettaisiin paisua lauhduttimen alipaineeseen saakka. Tämän turbiinin jälkeisen höyryn lämpöenergia siirretään lämmönsiirtimessä kaukolämpöverkoon. Vastapainevoimalaitoksen ensisijainen tuote on lämpö, joten laitos mitoitetaan ja sitä ajetaan lämpökuorman mukaan. Vastapainevoimalaitoksissa käytetään myös väliottoja, koska tällä tavoin saadaan voimalaitoksen sähköntuotannon hyötysuhdetta paremmaksi. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 295 s. 298]

Väliotto-lauhdutuslaitoksissa osa prosessihöyrystä ohjataan turbiinista pois kesken paisumisen ja tällä höyryllä tehdään kaukolämpöä. Tällöin osa höyrystä saa paisua lauhduttimen paineeseen asti, joten siitä osasta höyryä saadaan tällöin enemmän sähköenergiaa. Väliotto-lauhdutuslaitoksissa turbiinin korkeapaineosassa höyry toimii siis sähkön ja lämmön yhteistuotannossa ja välioton jälkeen olevassa matalapaineosassa lauhdutuslaitoksen tapaan pelkästään sähköntuotannossa. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 298 s. 299]



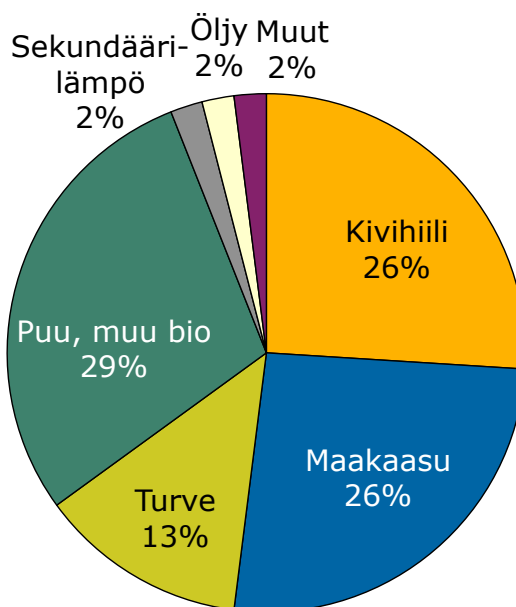
### 2.3.3 Lämpökeskukset

Lämpökeskuksissa ei tuoteta ollenkaan sähköä vaan pelkästään lämpöä. Lämpökeskukset toimivat suuremmissa kaukolämpöverkoissa yleensä keski-, huippu- tai varateholaitoksina. Etenkin pienemmissä kaukolämpöverkoissa edullista kiinteää polttoainetta käyttävät lämpökeskukset toimivat myös perusteholaitoksina. Tuotantolaitoksessa palamisessa vapautunut lämpö siirretään veteen tai höyryyn ja johdetaan lämmönsiirtimen kautta kaukolämpöverkkoon.

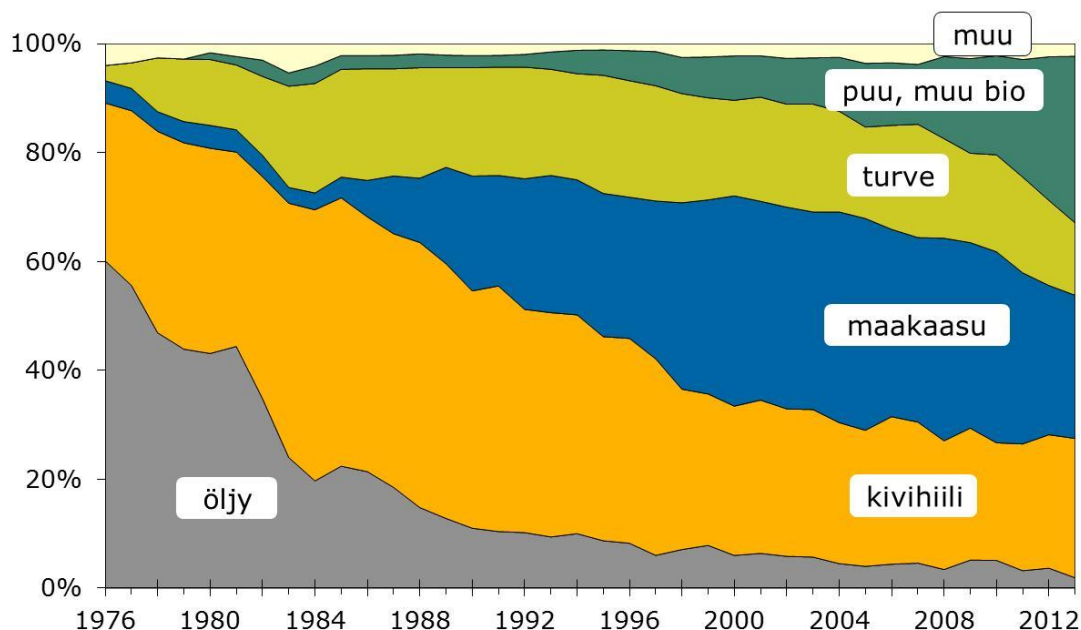
Lämpökeskusten hyötysuhde riippuu muun muassa laitoksen koosta, polttoaineesta ja ajotavasta ollen yleensä suuruusluokkaa 85–93 %. Suurin häviö lämpökeskuksissa muodostuu savukaasuhäviöistä. Kiinteitä polttoaineita käyttävät lämpökeskukset ovat tyypillisesti investointikustannuksiltaan kalliimpia mutta vastaavasti lämmöntuotantokustannuksilta taloudellisempia kuin nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita käyttävät lämpökeskukset. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 282]

### 2.3.4 Kaukolämmöntuotannossa käytetyt polttoaineet

Voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa käytetään erilaisia polttoaineita kunkin voimalan ominaisuuksien mukaisesti. Sopivan polttoaineen valintaan vaikuttavat polttoainevarojen riittävyys, saatavuuden varmistaminen, varastointimahdollisuus, polttoaineen hinta tällä hetkellä ja tulevaisuudessa, polttoaineen käytöstä seuraavat päästöt ja polttoaineen käytöstä aiheutuvat tekniset rajoitteet tuotantolaitokselle.



Kuva 2.4 Kaukolämpöön ja siihen liittyvään sähköntuotantoon liittyvien polttoaineiden jakauma vuonna 2013 [Diaesitys Energiavuosi 2013, dia 10]



Kuva 2.5 Kaukolämpöön ja siihen liittyvään sähköntuotantoon käytettyjen polttoaineiden osuudet historiassa [Diaesitys Energiavuosi 2013, dia 11]

Polttoaineiden lämpöarvo tarkoittaa polttoainetta poltettaessa saatavaa energiamäärää yksikköarvoa kohti. Tavallisesti lämpöarvo ilmoitetaan energiaa massayksikköä kohti mutta kaasumaisten polttoaineiden lämpöarvo ilmoitetaan yleensä energiaa tilavuusyksikköä kohti. Lämpöarvoja on erityyppisiä sen mukaan, miten palamisessa vapautunut lämpömäärä on mitattu. Voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa lämpöarvona käytetään yleensä tehollista lämpöarvoa, jossa on huomioitu polttoaineessa olevan vesihöyryn kulkeutuminen ulos savupiipusta savukaasujen mukana.

Kalorimetrisessä lämpöarvossa huomioidaan myös höyrystyneen veden sisältämä lämpöenergia. Kosteista savukaasuista voidaan erillisellä savukaasupesurilla ottaa talteen savukaasuihin sitoutuneella vesihöyryllä olevaa energiaa. Tällöin tuotantolaitoksen hyötysuhde voi olla jopa yli 100 % koska hyötysuhteet lasketaan tehollisen lämpöarvon mukaan. [Anttonen 2013] Polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja on koottu alla olevaan taulukkoon. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 264]

Taulukko 2.1 Polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 265]

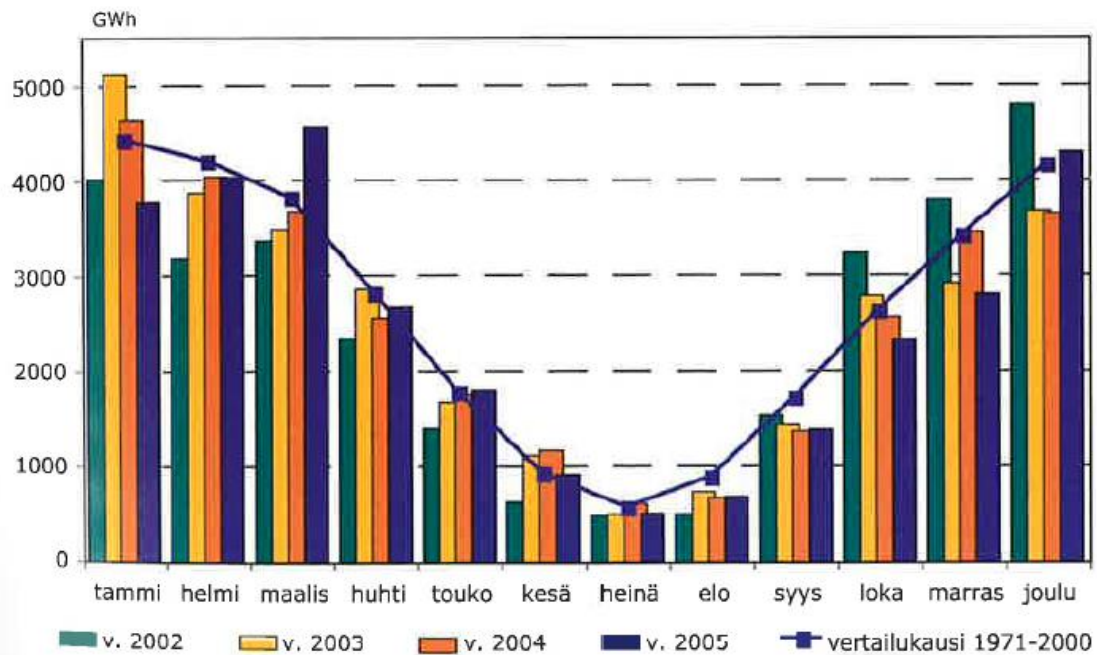
Polttoaine	Mittayksikkö	Tehollinen lämpöarvo		Tiheys t/m <sup>3</sup>
		GJ	MWh	
Raskas polttoöljy	t			
normaali	t	40,5	11,25	0,987
vähärikkinen	t	41,1	11,42	0,975
Kevyt polttoöljy	t	42,7	11,86	0,845
Kivihiili	t	25,5	7,08	
Maakaasu <sup>1)</sup>	1 000 m <sup>3</sup> (0 °C)	36,0	10,00	
Jyrsinturve <sup>2)</sup>	t	10,1	2,81	0,320
Palaturve	t	12,3	3,42	0,380
Koivuhalot	p-m <sup>3</sup>	5,4	1,50	
Havupuuhalot	p-m <sup>3</sup>	4,4	1,22	
Sekahalot	p-m <sup>3</sup>	4,5	1,25	
Polttohake <sup>3)</sup>	i-m <sup>3</sup>	3,3	0,90	
Metsätähdehake	t	6-9		
Kokopuuhake	t	7-10		
Sahanpuru	t	6-10		
Kutterilastu	t	16-18		
Puupelletit	t	16,5-17,6		
Puubriketit	t	17,3		
Ruokohelppi	t	17,6-17,10		
Biokaasu	1 000 m <sup>3</sup>	14,4-21,6		

## 2.4 Kaukolämmön kulutus

### 2.4.1 Kulutuksen jakautuminen yleisesti

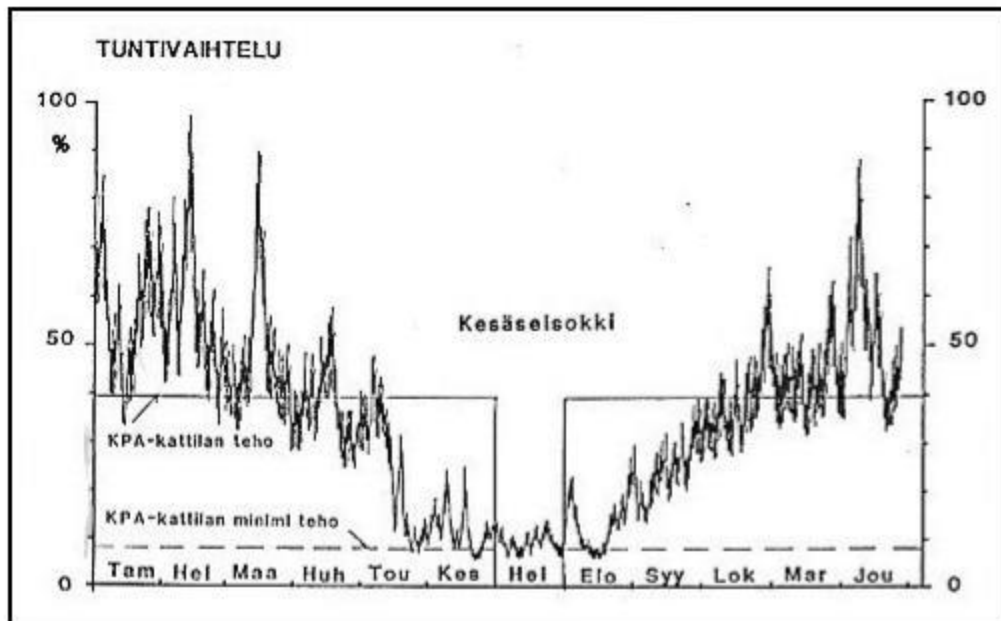
Kaukolämmön kulutus vaihtelee voimakkaasti ja on erittäin riippuvainen ulkolämpötilasta. Kaukolämmön tarve koostuu rakennusten ja käyttöveden lämmityksen sekä teollisuuden lämmön tarpeista. Erilaisissa kaukolämpöverkoissa voikin olla hieman erityyppisiä kulutusrakenteita riippuen erityyppisten asiakkaiden suhteesta verkossa. Alla olevasta kuvasta näkyy kaukolämmön tarpeen vuodenaikojen mukainen vaihtelu. Vastavien kuukausien väliset erot eri vuosina selittyvät säätilan vaihtelulla eri vuosien välillä.

## Kaukolämmön kulutus



Kuva 2.6 Kaukolämmön kuukausittainen kulutusvaihtelu Suomessa [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 41]

Alla olevasta kuvasta näkyy vuodenaikojen ja hetkellisten lämmöntarpeiden suhde toisiinsa. Hetkellinen kulutuksen vaihtelu voi siis olla paljon suurempaa kuin keskimääräinen kuukausittainen tehon vaihtelu, jota on paljon helpompi ennustaa.



Kuva 2.7 Kaukolämmön tunneittainen kulutusvaihtelu Suomessa vuoden ajalta [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 42]

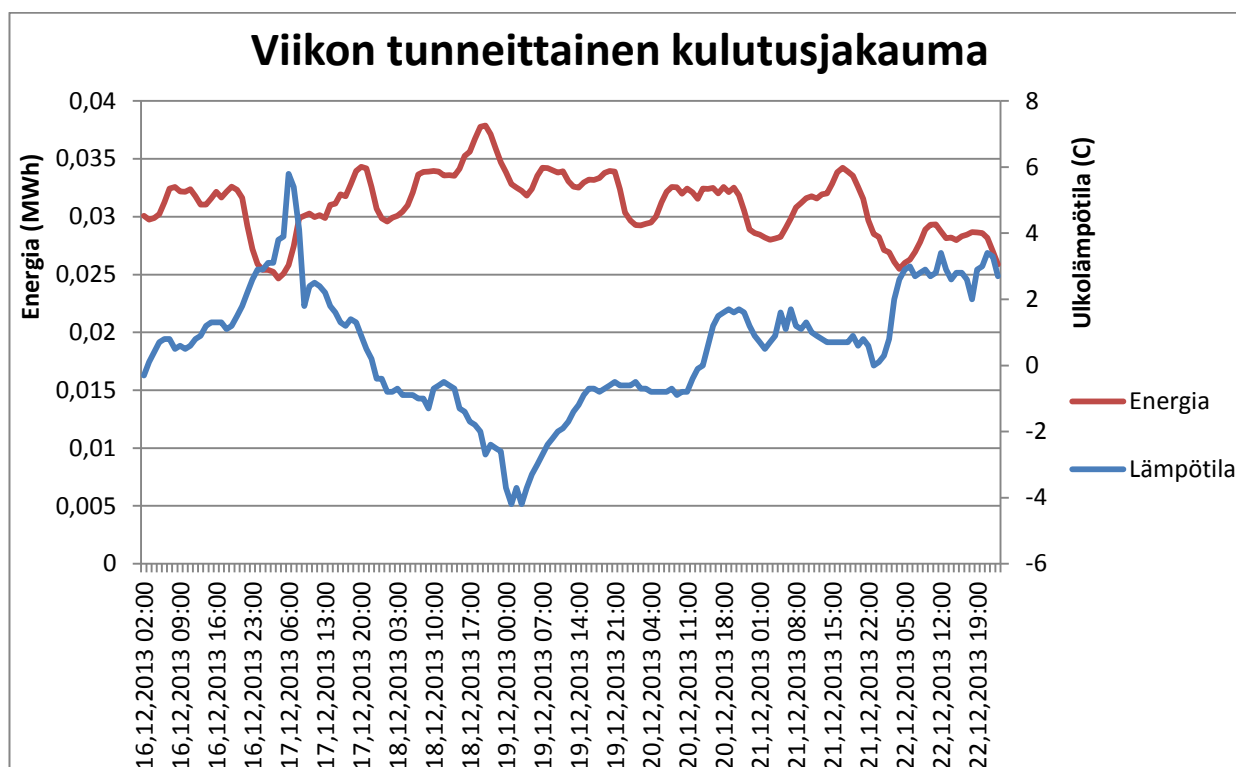
Kaukolämmön kulutuksessa on ulkolämpötilasta aiheutuvan lämmöntarpeen vaihtelun lisäksi havaittavissa myös viikko- ja päivärytmien mukaista vaihtelua. Viikoittaisessa vaihtelussa kulutus on yleensä pienempää viikonloppuisin. Päivittäisessä vaihtelussa tyypillisiä ovat aamuhuiput ja iltahuiput. Vuorokausivaihtelun aiheuttaa yleensä lämpimän käyttöveden kulutushuiput mutta aamuhuipussa tehopiikkiä aiheuttaa myös ilmastointilaitosten käynnistyminen. Yöaikana kulutus vähenee alhaisempien sisälämpötilojen vuoksi. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 42]

## 2.4.2 Kulutuksen jakautuminen asiakassegmenteittäin

Asiakkaiden lämmönkulutuksen jakautumista on tutkittu Savon Voiman asiakkaiden tunneittaisten kulutustietojen perusteella. Viikoittaiset ja vuorokautiset kulutusjakaumat on laskettu erikseen kolmelle suurelle asiakassegmentille, joita ovat yksinkytetyt asuinkerrostalot, toimistorakennukset ja teollisuusrakennukset.

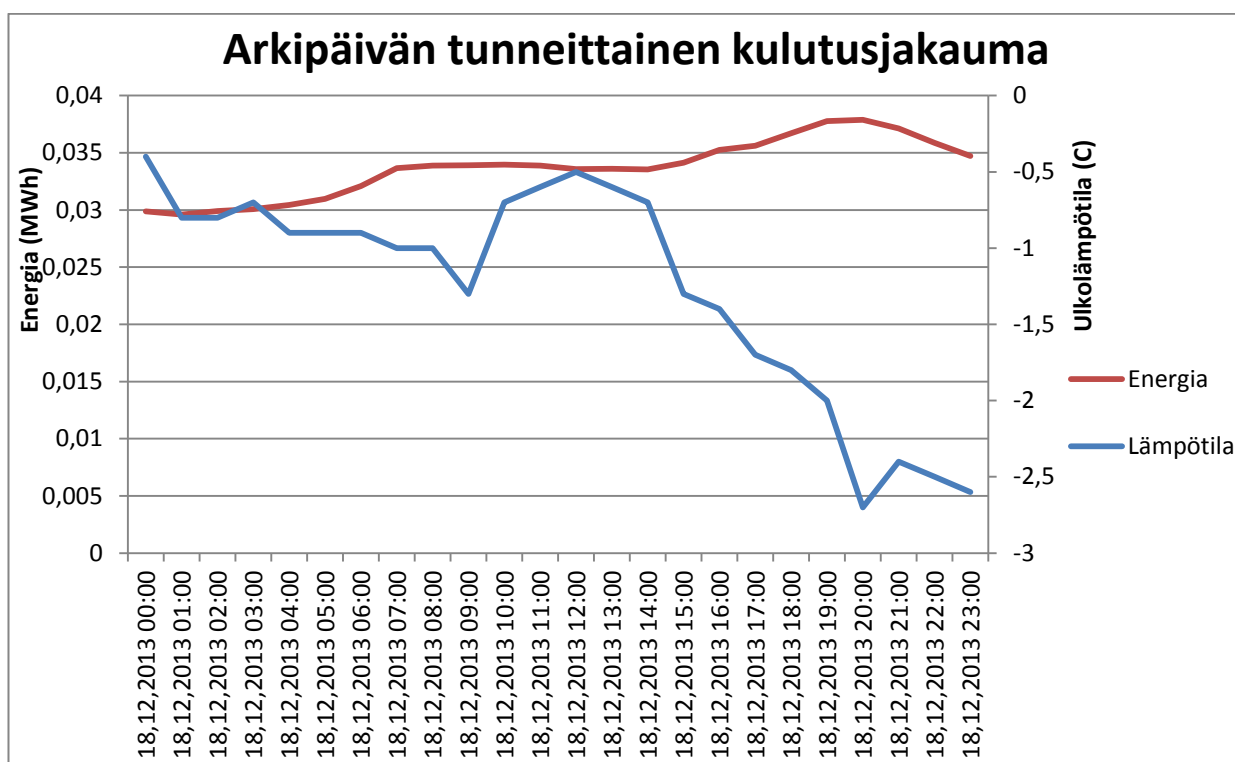
### Yksinkytetyt asuinkerrostalot

Yksinkytetyt asuinkerrostalot -asiakassegmentin kulutusjakaumien laskennassa on käytetty 338 asiakkaan kulutusten tunneittaisia keskiarvoja. Alle on piirretty kuvaajat asiakassegmentin viikoittaisesta sekä vuorokausittaisesta kulutusjakaumasta vuoden 2013 joulukuulta. Joulukuussa lämmitys koostuu sekä tilojen lämmityksestä että lämpimän käyttöveden käytöstä.



Kuvaaja 2.1 Yksinkytetyt asuinkerrostalot -segmentin viikon kulutusjakauma

Viikoittaisen jakauman kuvaajassa ensimmäinen päivämäärä 16.12.2013 on maanantai ja viimeinen päivämäärä 22.12.2013 on sunnuntai. Kulutusjakaumasta on nähtävissä selvästi etenkin vuorokausittainen vaihtelu asiakassegmentin lämmönkulutuksessa. Päivisin lämmönkulutus on korkeammalla, ja yöaikaan lämmönkulutus on pienempää. Arkipäivien ja viikonloppujen välistä selkeää vaihtelua kulutusjakaumasta taas ei ole havaittavissa. Lauantain alkuillalle ajoittuva lämmönkulutuksen piikki voisi kuitenkin johtua esimerkiksi saunomisen aiheuttamasta lämpimän käyttöveden kulutushuipusta. Sunnuntain lämmönkulutus näyttäisi olevan hieman muita päiviä pienempää mutta tämä voi johtua kyseisen viikon sunnuntain korkeammasta ulkolämpötilastakin.

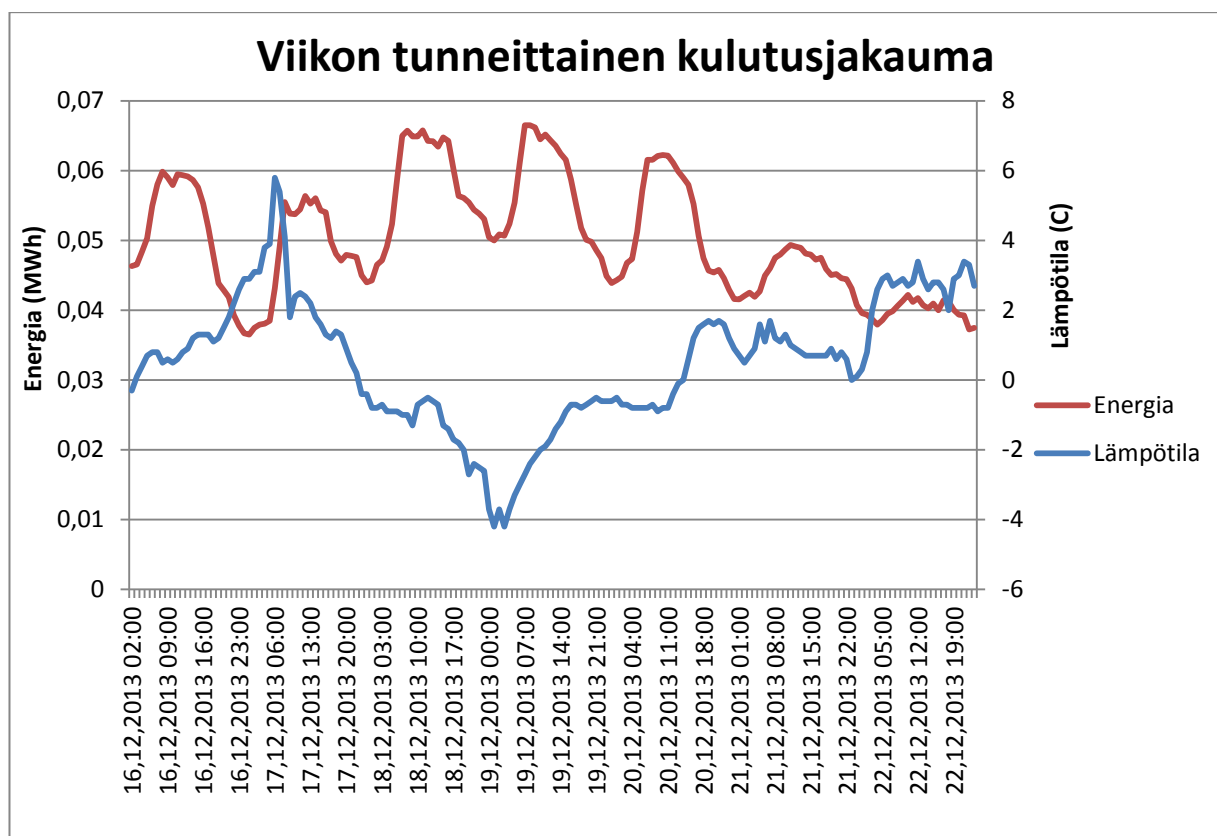


Kuvaaja 2.2 Yksinkytetyt asuinkerrostalot -segmentin vuorokauden kulutusjakauma

Vuorokautisen kulutusjakauman kuvaajassa päivämäärä 18.12.2013 on keskiviikko. Tässä kuvaajassa lämpötilan vaihtelu on melko pientä, joten lämpötilan vaikutuskin jää vähäisemmäksi. Kuvaajasta on nähtävissä viikoittaisen jakauman tapaan etenkin yön ja päivän välinen lämmönkulutuksen vaihtelu. Minkään näköistä aamupiikkiä ei kuvaajasta ole havaittavissa. Sen sijaan alkuillalla on nähtävissä kulutuksen kasvua, joka voisi johtua esimerkiksi lämpimän käyttöveden käytöstä, ulkolämpötilan laskusta tai molemmista.

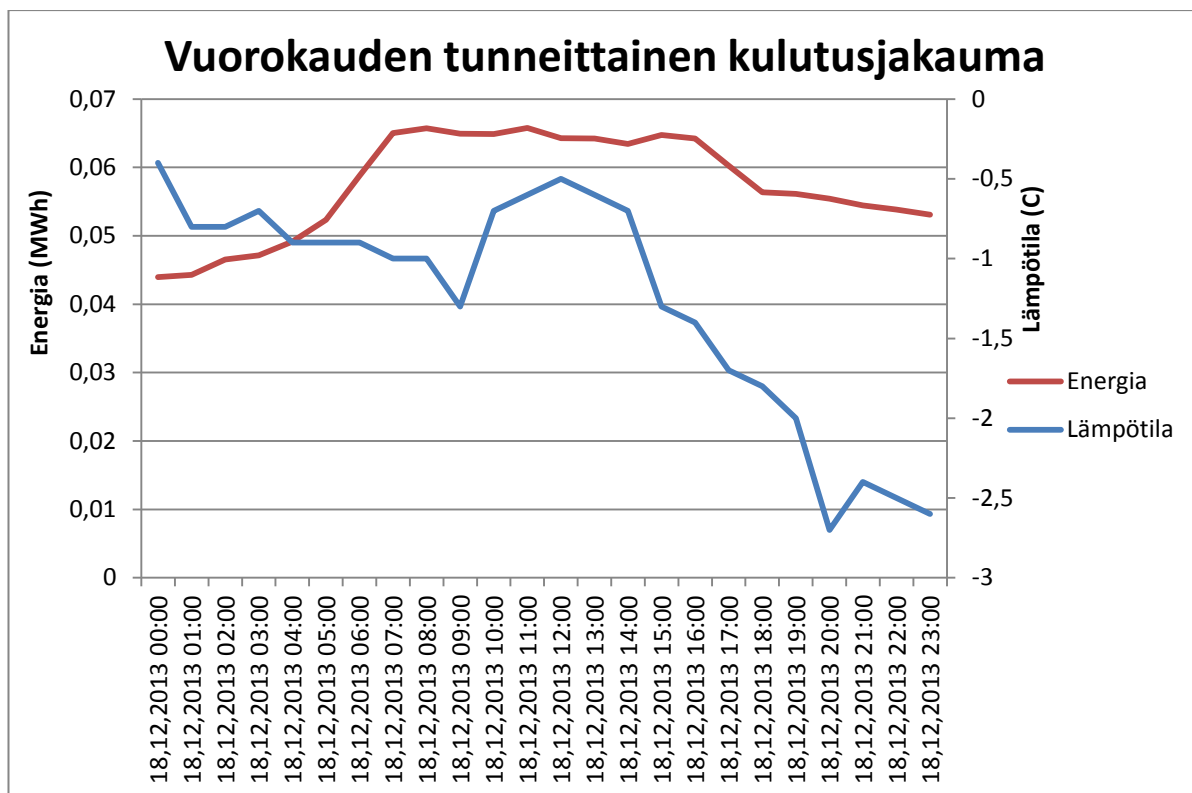
## Toimistot, toimitalot ja virastot

Toimistot, toimitalot ja virastot -asiakassegmentin lämmönkulutusjakaumien laskenta on tehty 79 asiakkaan kulutusten tunneittaisista keskiarvoista. Alle on piirretty kuvat asiakassegmentin viikoittaisesta sekä vuorokautisesta lämmönkulutuksen vaihtelusta vuoden 2013 joulukuulta, jolloin lämmitys on koostunut sekä tilojen lämmityksestä että lämpimän käyttöveden käytöstä.



Kuvaaja 2.3 Toimistot, toimitalot ja virastot -segmentin viikon kulutusjakauma

Viikoittaisen jakauman kuvaajassa ensimmäinen päivämäärä 16.12.2013 on maanantai ja viimeinen päivämäärä 22.12.2013 on sunnuntai. Jakaumasta näkyy selvästi viikonloppujen vähentynyt kulutus. Tämä selittyy sillä, että toimistotiloja ei yleensä käytetä viikonloppuisin, jolloin tilojen lämpötilaa voidaan pitää alhaisempina. Myöskään ilmanvaihdon tarve ei viikonloppuna ole yhtä suuri kuin arkena, jolloin ilmanvaihdosta johtuva tilojen lämmityksen tarve on pienempi. Kuvaajasta erottuu myös selvästi päivän ja yön välinen lämmönkäytön ero.



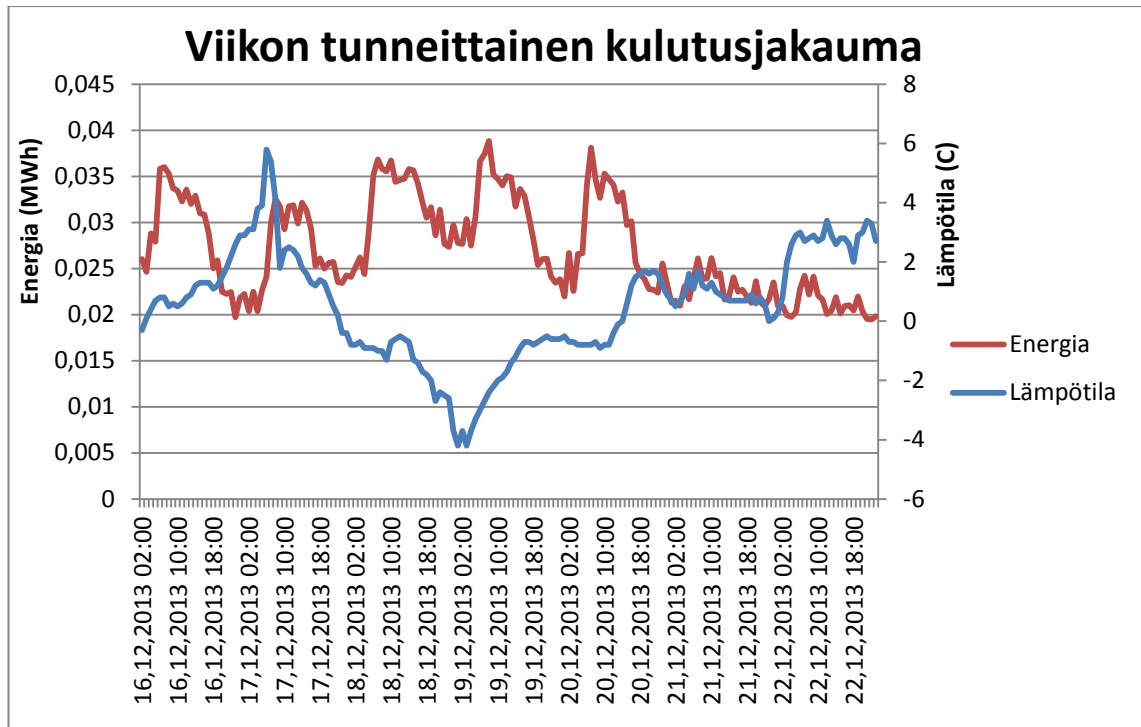
Kuvaaja 2.4 Toimistot, toimitalot ja virastot -segmentin vuorokauden kulutusjakauma

Vuorokausittaisen kulutusjakauman kuvaajassa päivämäärä 18.12.2013 on keskiviikko. Vuorokausittaisen jakauman kuvaajasta on viikoittaisen kuvaajan tapaan näkyvissä päivän ja yön välinen selkeä ero kulutuksessa. Lämmönkulutus kasvaa aikaisin aamulla ja pysyy melko tasaisena iltapäivään asti, jolloin putoaa taas matalammaksi. Päivän ja yön välinen ero kulutuksessa selittyy todennäköisesti päiväajan suuremmasta ilmanvaihdosta ja myös mahdollisesti korkeammista sisälämpötiloista.

## Teollisuusrakennukset

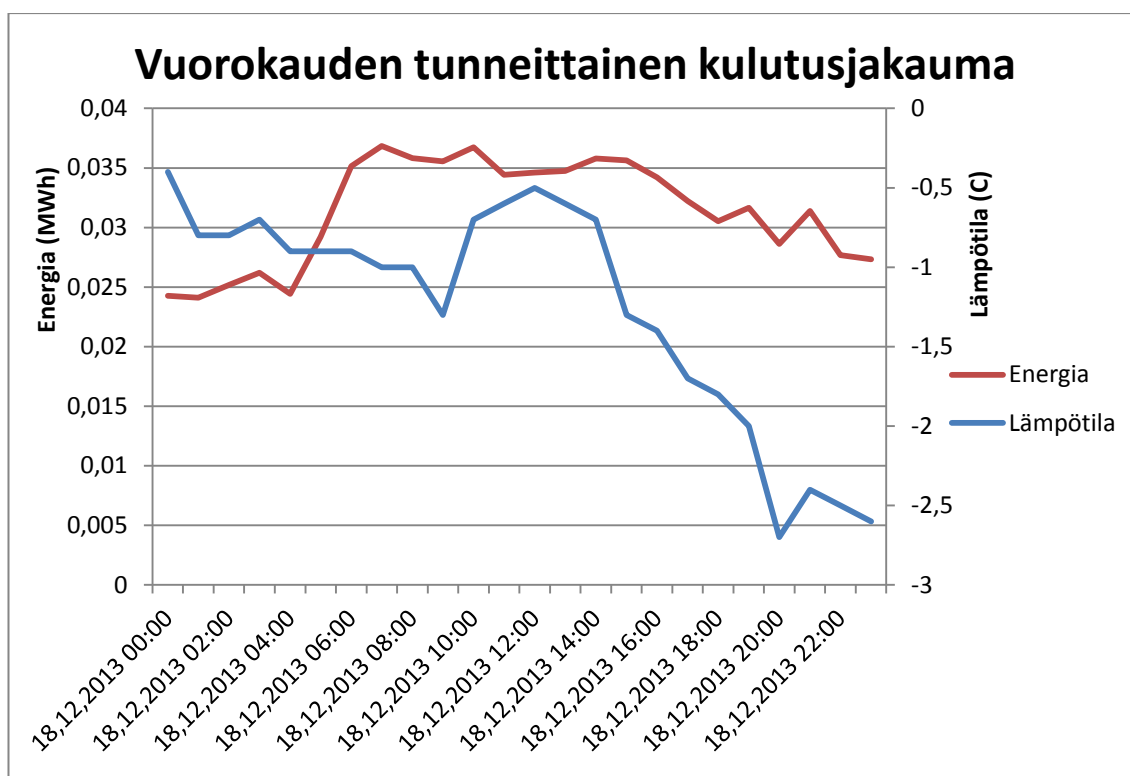
Teollisuusrakennukset asiakassegmentin kulutusjakaumien laskennassa on käytetty 50 asiakkaan kulutusten tunneittaisia keskiarvoja. Alle on piirretty kuvaajat asiakassegmentin viikoittaisesta sekä vuorokausittaisesta kulutusjakaumasta vuoden 2013 Joulukuulta. Tuolloin teollisuusasiakkaiden lämmönkäyttö on sisältänyt tilojen lämmitystä, lämpimän käyttöveden käyttöä, sekä prosessilämmön käyttöä.





Kuvaaja 2.5 Teollisuusrakennukset -segmentin viikon kulutusjakauma

Viikoittaisen jakauman kuvaajassa ensimmäinen päivämäärä 16.12.2013 on maanantai ja viimeinen päivämäärä 22.12.2013 on sunnuntai. Kuvaajasta näkyvät selvät erot päivän ja yön kulutuksessa sekä kulutuksen putoaminen viikonloppuisin päiväsaikaan yön tasolle. Arkipäivien korkeampi kulutus johtuu todennäköisesti suuremmasta ilmanvaihdosta sekä teollisuudessa käytetyn prosessilämmön ja lämpimän käyttöveden käytön kasvusta.



Kuvaaja 2.6 Teollisuusrakennukset -segmentin viikon kulutusjakauma

Vuorokautisen kulutusjakauman kuvaajassa päivämäärä 18.12.2013 on keskiviikko. Vuorokautisesta jakaumasta näkyy myös selvästi päivän ja yön välinen ero kulutuksessa. Päivän ja yön välinen ero kulutuksessa selittyy todennäköisesti päiväajan suuremmasta ilmanvaihdosta sekä teollisuuden prosesseissa tarvittun lämmön käytöstä. Teollisuusrakennusten keskimääräinen lämmönkäyttö näyttäisi jakautuvan saman lailla kuin toimistorakennuksissakin. Mahdolliset teollisuuden prosesseissa käytetyt lyhytaikaiset tehopiikit siis tasaantuvat kun tarkastellaan koko asiakassegmenttiä.

### 2.4.3 Kulutuksen ohjaus

Kaukolämmössä energiayhtiöt pyrkivät kulutuksen ohjauksella parantamaan energiantuotannon taloudellisuutta ja ehkäisemään ympäristöhaittoja. DSM:llä (Demand side management) eli kysynnän hallinnalla pyritään vaikuttamaan asiakkaan energiankäyttöön. DSM-toimenpiteillä pyritään saamaan tuotanto- ja verkkokapasiteettien käytöstä mahdollisimman optimaalista.

DSM:n tavallisimpia tavoitteita ovat: kulutushuipun leikkaus, huippuenergian tuottamisen siirtäminen ajallisesti myöhemmäksi, energian tuottaminen varastoon ennen huippukulutuksen alkamista, energian säästö, strateginen kulutuksen kasvattaminen (esim. yhteistuotannon edellyttävä minimilämmön tarve) ja loppukäyttöenergian vaihtaminen tiettyinä ajankohtina. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 101]

Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamista varten olevia DSM- toimenpiteitä ovat esimerkiksi hintaohjaus, suora ohjaus tai energian varastointi järjestelmän eri osissa. Tässä diplomityössä keskitytään ohjaustoimenpiteistä hintaohjaukseen. Ohjaavalla

hinnoittelulla pyritään siihen, että asiakkaan maksama hinta seuraisi lämmöntuotanto-kustannusten rakennetta mahdollisimman tarkasti, jolloin ohjaava vaikutus ajoittaisi kulutusta pois kalleimmilta tuotantohetkiltä. Hintaohjauksessa on paljon haasteita, sillä asiakkaan lämmönkäytön pitää pystyä reagoimaan hintasignaaleihin. Tiuhaan muuttuvat hinnat saattaisivat esimerkiksi asiakkaan päässä vaatia jonkinlaisen energiahallintajärjestelmän olemassaoloa tai energiayhtiön päässä uusia toimintoja lämmönjakokeskukseen. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 101]

## **2.5 Kustannuslaskenta**

### **2.5.1 Yleistä kustannuslaskennan teoriaa**

Kustannuslaskenta tarkoittaa sitä, että jollekin laskentakohteelle kohdistetaan kustannuksia. Kustannuslaskentaa harjoitetaan siitä syystä, että kustannustietoisuudesta saadaan näkökulmaa päätöksentekoon. Päätösten tekijät pystyvät tällöin paremmin hahmottamaan eri vaihtoehtojen kannattavuuksia. [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 20] Kustannustietoisuus ei tarkoita aina suoraan hyviä päätöksiä, sillä joissain tilanteissa muut arvot voivat olla kustannuksia tärkeämmät ja johtaa lopulta parempiin lopputuloksiin. Valtaosassa yritystoiminnassa tehtävistä päätöksistä kustannukset ja kannattavuus ovat kuitenkin suuressa roolissa. [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 24]

Kustannuslaskennassa on oleellista noudattaa aiheuttamisperiaatetta mahdollisimman tarkasti, eli kohdistaa laskentakohteelle vain sellaisia kustannuksia joita se aidosti aiheuttaa. Aiheuttamisperiaatteen noudattaminen aivan täydellisesti on mahdotonta mutta sen noudattaminen mahdollisimman hyvin on oleellista tulosten laadun takaamiseksi. [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 90]

Kustannuksia voidaan jakaa erilaisiin luokkiin riippuen laskentatilanteesta. Alla olevaan taulukkoon on koottu erilaisia kustannusten luokittelutapoja.

Taulukko 2.2 Kustannustenjakotapoja [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 94–97]

<b>Välittömät ja välilliset kustannukset</b>	<i>Välittömät kustannukset ovat kustannuksia, jotka voidaan kohdistaa suoraan laskentakohteelle. Esimerkkinä välittömästä kustannuksesta voisi olla lämpölaitoksen polttoaineen kulutus.</i>	<i>Välilliset kustannukset ovat kustannuksia, joiden yhteys laskentakohteeseen on etäisempi. Näitä kustannuksia ei voida kohdistaa suoraan laskentakohteelle. Esimerkiksi johdon palkat ovat välillisiä kustannuksia.</i>
<b>Kiinteät ja muuttuvat kustannukset</b>	<i>Muuttuvat kustannukset ovat kustannuksia, jotka muuttuvat toiminta-asteen mukaan. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna lähes kaikki kustannukset ovat muuttuvia kustannuksia. Jos taas tarkastellaan tarpeeksi lyhyellä aikavälillä, niin lähes mitään kustannuksia ei voida laskea muuttuviksi kustannuksiksi. Lämpölaitoksen polttoaineen kulutus voisi olla esimerkki välittömien kustannusten lisäksi myös muuttuvista kustannuksista.</i>	<i>Kiinteät kustannukset ovat kustannuksia, jotka eivät muutu toiminta-asteen mukaan. Pitkällä aikavälillä lähes mitään kustannuksia ei voida laskea täysin kiinteiksi kustannuksiksi ja vastaavasti lyhyellä aikavälillä lähes kaikki kustannukset ovat kiinteitä kustannuksia. Esimerkki kiinteästä kustannuksesta voisi olla kaukolämpöverkon ylläpitokustannus.</i>
<b>Erilliset ja yhteiset kustannukset</b>	<i>Erilliskustannukset ovat kustannuksia, jotka jäävät pois jos jotain asiaa ei tehdä. Esimerkiksi yksittäisen voimalaitoksen työntekijän palkkakustannus on erilliskustannus koko yhtiön näkökulmasta.</i>	<i>Yhteiskustannukset ovat kustannuksia, joihin tietyn asian poisjäänti ei vaikuta. Esimerkiksi energiayhtiön pääkonttorilla koko yhtiön yhteisiä asioita hoitavan henkilön palkkakustannus on yhteiskustannus koska siihen yksittäisen voimalan lakkauttaminen ei vaikuta.</i>
<b>Uponneet ja vaikutettavissa olevat kustannukset</b>	<i>Uponneet kustannukset ovat kustannuksia, joihin ei voi enää vaikuttaa. Esimerkiksi jo tehty voimalaitosinvestointi edustaa uponneita kustannuksia.</i>	<i>Vaikutettavissa olevat kustannukset ovat kustannuksia, joita on vielä mahdollista muuttaa.</i>

Kustannuslaskentamenetelmiä on useita erilaisia, ja riippuu laskentatilanteesta mikä menetelmä sopii kuhunkin tapaukseen parhaiten. Tuotekohtaisia kustannuslaskentamenetelmiä ovat jakolaskenta, lisäyslaskenta ja toimintolaskenta.

Jakolaskenta sopii yksinkertaisiin tilanteisiin, joissa valmistetaan yhtä tuotetta yhdellä prosessilla. Lisäyslaskenta soveltuu tilanteisiin, joissa valmistetaan useita tuot-

teita osin erilaisilla prosesseilla. Toimintolaskenta taas soveltuu tilanteisiin, joissa on paljon asiakaskohtaisesti räätälöityjä tuotteita ja välillisten kustannusten osuus on suuri. [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 106–107] Alla on esitelty lyhyesti erilaisia kustannuslaskentamenetelmiä. Tässä diplomityössä keskitytään kustannuslaskennan osalta tarkemmin vain muuttuvien tuotantokustannusten ja niihin vaikuttavien tekijöiden selvittämiseen.

Jakolaskenta soveltuu parhaiten tilanteisiin, joissa yhdellä prosessilla tuotetaan yhtä tuotetta. Tällöin tuotteen yksikkökustannus saadaan yksinkertaisesti jakamalla laskentakauden kustannukset laskentakauden suoritemäärällä. [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 108] Esimerkkinä voisi olla lämpökeskus jonka vuotuiset kustannukset € jaettaisiin vuotuisella tuotannolla MWh ja tällöin saataisiin tuotetulle lämmölle laskentakauden ajalta yksikkökustannus €/MWh.

Lisäyslaskenta sopii tilanteisiin, joissa yksittäiset tuotteet eroavat toisistaan ja käyttävät eri tavalla organisaation resursseja. Jakolaskennan käytöstä kannattaa siirtyä lisäyslaskentaan kun kustannusten jakaminen tasan eri tuotteille ei anna todellista kuvaa kustannuksista ja kannattavuuksista. Lisäyslaskennassa tunnistetaan välittömät ja välilliset kustannukset ja luodaan välillisten kustannusten kohdistamista varten kustannuspaikat. Kutakin kustannuspaikkaa kohti lasketaan yk-lisät (yleiskustannuslisä), jotka määritetään siten, että niiden avulla saadaan välilliset kustannukset kohdistettua tuotteille mahdollisimman hyvin aiheuttamisperiaatetta kunnioittaen. Kohdistamisperuste tuotantolinjan välillisille kustannuksille voi olla esimerkiksi tuotteelle kuuluvat välittömät työtunnit. Kunkin tuotteen yksikkökustannus saadaan lisäämällä välittömiin kustannuksiin tuotteelle kohdistetut välilliset kustannukset.

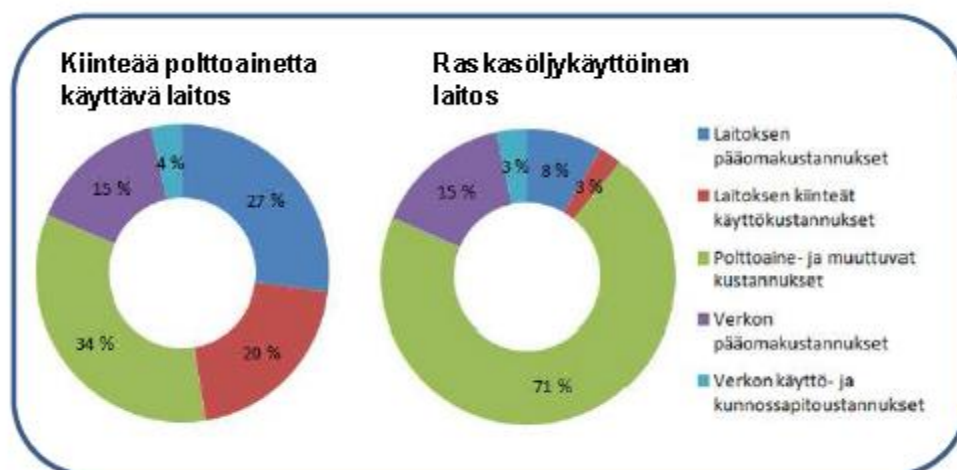
Toimintolaskenta soveltuu tilanteisiin joissa välillisten kustannusten kohdistaminen lisäyslaskennan keinoin ei enää tuota aiheuttamisperustetta kunnioittavia tuloksia. Toimintolaskennassa määritellään yrityksen toiminnot ja niiden käyttämät resurssit. Laskentaa suoritettaessa välilliset kustannukset kohdistetaan resursseille aiheuttamisperiaatetta kunnioittavin kohdistamisperustein. Seuraavassa vaiheessa resurssit kohdistetaan määritellyille toiminnoille edelleen aiheuttamisperiaatteen mukaisesti. Lopuksi toimintojen kustannukset kohdistetaan lopullisille laskentakohteille. Tällä monivaiheisella prosessilla saadaan välilliset kustannukset kohdistettua laskentakohteelle tarkemmin kuin lisäyslaskennalla. Lopuksi yksikkökustannukset saadaan lisäämällä välittömiin kustannuksiin laskentakohteille kohdistetut välilliset kustannukset. [Suomala, Manninen & Lyly-Yrjänäinen 2011, s. 130–137]

## **2.5.2 Kaukolämmön kustannukset**

### **Kaukolämmön kustannukset yleisesti**

Kaukolämpöliiketoimintaan liittyy etenkin kaukolämpöverkon ja tuotantolaitosten rakentamisen osalta suuria investointikustannuksia. Kaukolämpöyhtiön kiinteäluontoisia kustannuksia ovat muun muassa henkilöstön palkat sekä käyttö ja kunnossapito. Tässä

diplomityössä keskitytään kustannuslaskennan osalta kaukolämmön muuttuvien kustannusten osuuteen, sillä ne ovat se osa kustannuksista joihin hintaohjauksella voidaan vaikuttaa. Alla olevassa kuvassa on esimerkki lämmöntuotantolaitoksille kohdistettujen kustannusten jakautumisesta erityyppisten laitosten tapauksissa.



Kuva 2.8 Perus- ja huipputuotantolaitosten kustannusrakenne [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s.12]

Lämmöntuotannon muuttuvat kustannukset koostuvat pääosin polttoainekustannuksista, polttoaineveroista sekä tuotantoveroista. Esimerkiksi turvevero tulee maksettavaksi kaikesta tuotantolaitoksen vuodessa käyttämästä turpeesta, kun tuotantolaitos käyttää turvetta yli 5000 MWh vuodessa. [Henell 2013] Turveverosta voi aiheutua kustannuksia suoraan verona kun ylitetään 5000 MWh, tai turpeen polton välttämisestä aiheutuvina kustannuksista kun joudutaan käyttämään muita polttoaineita, jotta 5000 MWh raja ei ylity. Tällainen turpeen polton välttäminen voi olla taloudellisesti kannattavaa laitoksissa joiden vuosikulutus on luokkaa 5000 MWh.

Päästökauppa on EU:n toimeenpanema järjestelmä, jossa lämpöteholtaan yli 20 MW laitokset joutuvat hankkimaan päästöoikeuksia. Päästökaupan piiriin kuuluvat myös lämpöteholtaan alle 20 MW:n laitokset, jotka on liitetty päästökauppaan kuuluvan laitoksen kanssa samaan kaukolämpöverkkoon. Päästöoikeuksia tarvitaan kun tuotetaan hiilidioksidipäästöjä käyttäen uusiutumattomia energialähteitä. Osa päästöoikeuksia jaetaan tuotantolaitoksille tällä hetkellä ilmaiseksi. Tulevaisuudessa näiden ilmaisten päästöoikeuksien määrää tullaan jatkuvasti pienentämään. [Yleistä päästökaupasta, Energiavirasto] [Päästökauppadirektiivi, Työ- ja elinkeinoministeriö]

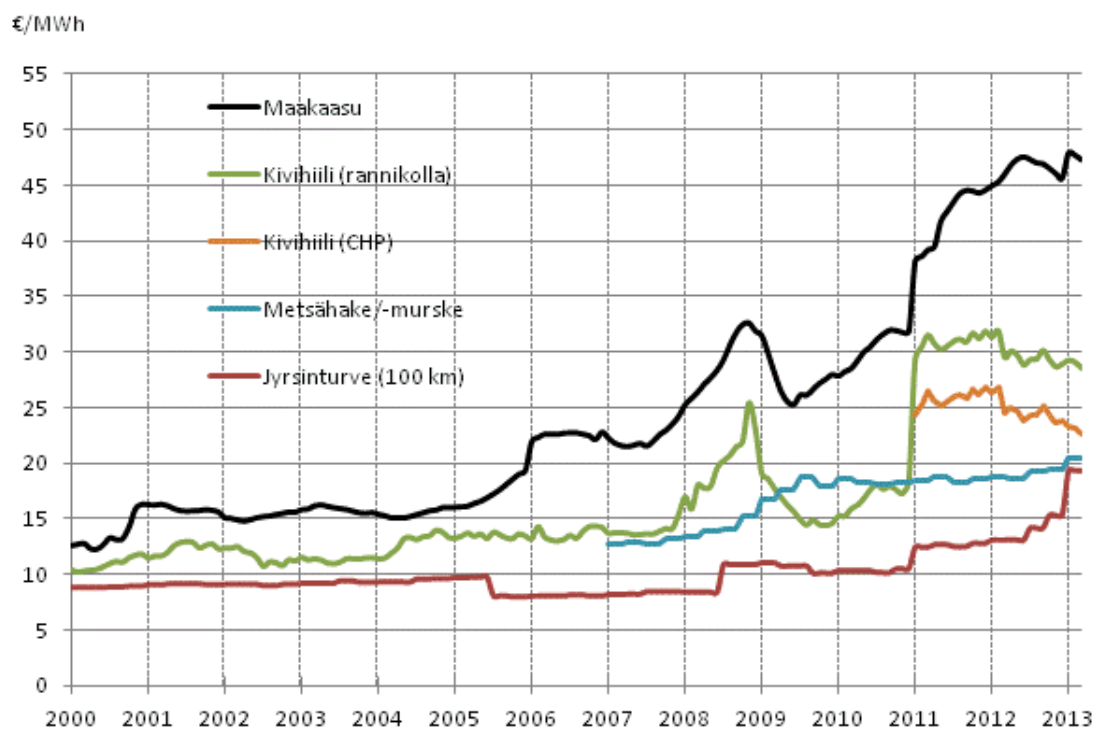


Kuvaaja 2.7 Päästöoikeuksien hintakehitys

Kuvaajasta näkyy päästöoikeuden hinnan kehitys. Tämänhetkinen päästöoikeuden hinta vuoden 2014 alussa on suuruusluokkaa 5€/t(CO<sub>2</sub>). EU:n eri aikoina tekemät poliittiset päätökset päästökauppaan ja energia-alaan liittyen selittävät suuret heilahtelut päästöoikeuden hinnassa. [Puranen 2014]

Muuttuvista kustannuksista varsinainen polttoaineen ostohinta on selvästi kuitenkin suurin tekijä. Polttoaineiden suuret hintaerot aiheuttavat suuria vaihteluita lämmön tuotantokustannuksiin eri tilanteissa. Huippukuormalaitoksella tuotetun lämmön ominaistuotantokustannus voi olla jopa moninkertainen peruskuormalaitoksella tuotettuun lämpöön nähden.

Normaalitilanteessa ja huoltoseisokit poissulkien se, mitä polttoaineita käyttäviä laitoksia ajetaan, määräytyy verkon lämpökuorman mukaan. Alla olevassa taulukossa näkyy yleisimpien Suomessa lämmöntuotantoon käytettyjen polttoaineiden hintakehitystä 2000-luvulla. Tarkat polttoainekohtaiset Savon Voiman polttoaineiden ostohinnat vuodelta 2013 ovat kappaleessa 5, ja näitä ei näytetä diplomityön julkisessa versiossa.



Kuva 2.9 Polttoaineiden hintakehitys 2000-luvulla [Tilastokeskus, Energian hinnat]

Polttoaineisiin liittyvien kustannusten lisäksi kaukolämmön muuttuviksi kustannuksiksi lasketaan yleensä lämmön ostot, varastojen muutokset, pumppaus- ja omakäyttösähkö ja lisävesi. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 465–469]

## Kustannusten jako sähkölle ja lämmölle

Lämpökeskuksissa kustannusten kohdistaminen tuotteelle on yksinkertaista koska tällöin on vain yksi tuote, jolle kustannukset kohdistetaan. CHP-laitosten tapauksessa taas kustannukset kohdistetaan kahdelle eri tuotteelle eli lämmölle ja sähkölle. Kustannusten kohdistamisen pitäisi noudattaa mahdollisimman hyvin aiheuttamisperiaatetta, jotta saaduista yksikkökustannuksista olisi arvoa päätöksenteossa ja kummankin tuotteen kannattavuuden arvioinnissa.

Kustannusten kohdistaminen tuotteiden välille toteutetaan yleensä mieluummin taloudelliselta kuin tekniseltä pohjalta. Lähtökohtana kustannusten jaossa on, että yhteistuotanto on kokonaisuudessaan edullisempaa kuin erillistuotanto. Yhteistuotannon kustannusten kohdistus on selkeintä aloittaa jakamalla kokonaiskustannukset ensin sähkölle ja lämmölle ja edelleen muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin kummankin tuotteen osalta. Kustannusten kohdistaminen sähkölle ja lämmölle voidaan toteuttaa monella eri tavalla. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 314–315]

Yksinkertaisin menetelmä on, että toiselle energiamuodolle kohdistetaan vaihtoehtoisen hankintatavan mukaiset kustannukset, ja jäljelle jäävät kustannukset eli marginaalikustannukset kohdistetaan toiselle energiamuodolle. Lämmön marginaalikustannukset



nusten menetelmässä sähkölle kohdistetaan vaihtoehtoisen hankintatavan mukaiset kustannukset. Käytännössä nämä kustannukset perustuvat yleensä siihen, paljonko olisivat vastaavan sähkön kustannukset ostosähkönä. Tällöin lämmölle jäävä osuus kustannuksista on pieni. Jakotapa soveltuu lähinnä tapauksiin, joissa lämpöä tuotetaan lauhdutusvoimalaitosten välitoilla, koska näissä tapauksissa lämmöntuotannosta aiheutuva lisäkustannus on pieni.

Sähkön marginaalikustannusten menetelmässä taas lämmölle kohdistetaan vaihtoehtoisen hankintatavan kustannukset. Yleensä vaihtoehtoisena kustannuksena käytetään sellaisen tilanteen kustannuksia, jossa lämpö tuotettaisiin lämpökattilalla. Tällöin sähkölle jäävät loput kustannukset. Jakotapa soveltuu puhtaaseen vastapainetuotantoon.

Toinen mahdollinen jakotapa kohdistaa kustannuksia on hyödynjakomenetelmä, jossa yhteistuotannon hyöty jaetaan vaihtoehtoisten energianhankintakustannusten suhteessa kummallekin energiamuodolle. Hyödynjakomenetelmässä kumpikin energiamuoto saa suhteellisesti yhtä suuren osan yhteistuotannon kokonaishyödystä. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 316–317]

Tässä työssä kustannuslaskenta on pääosin muuttuvien tuotantokustannusten rakenteen selvittämistä. Työssä muuttuvat tuotantokustannukset kohdistetaan CHP-laitoksissa siten kuin CHP-laitos olisi lämpökeskus ja jätetään sähköntuotanto pois kustannuslaskennasta. Tämä yksinkertaistaa laskelmaa, eikä toisenlaisen jakotavan käyttö tuo lämmöntuotannon muuttuvien kustannusten tarkasteluun lisäarvoa.

Työssä tehtävän kustannuslaskennan tarkoituksena on ennen kaikkea erottaa perustuotannon ja huipputuotannon välisiä tuotantokustannusten eroja enemmän kuin vertailla tarkasti keskenään CHP-perustuotantoa ja lämpökeskusperustuotantoa. Kustannustenjaon merkitys lämmön ja sähkön välille korostuu, kun kohdistettavina kustannuksina on muuttuvien kustannusten lisäksi kiinteitäkin kustannuksia.

## **2.6 Hinnoittelu ja asiakasarvo**

### **2.6.1 Hinnoittelun teoriaa**

Hinnoittelu on menestyksen kannalta yksi keskeisimmistä tekijöistä, sillä se vaikuttaa suoraan kannattavuuteen. Myyntituottojen on oltava pitkällä aikavälillä kustannuksia suurempia, jotta toiminta olisi kannattavaa. Myyntihinnat vaikuttavat yrityksen myyntimääriin, katteisiin sekä asiakkaiden mielikuvaan yrityksestä. Siksi onkin tärkeää pyrkiä löytämään optimaaliset hinnat kokonaisuuden kannalta. Alla on esitelty tämän työn kannalta muutamia oleellisia hinnoittelustrategioita. [Järvenpää, Länsiluoto, Partanen & Pellinen 2010, s. 184]

Kustannusperusteisen hinnoittelun onnistumisen kannalta ratkaisevaa on se, että kustannukset on saatu laskettua oikein. Kustannusperusteisessa hinnoittelussa kustannukset jaetaan välittömiin ja välillisiin, sekä kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Tilanteesta riippuen laskelma voi perustua kaikkiin kustannuksiin tai vain muuttuviin kustannuksiin. Kun tuotteen yksikkökustannukset on valitulla kustannuslaskentamene-

telmällä saatu laskettua, kustannuksiin lisätään tavoitevoitto ja tällöin saadaan tuotteen myyntihinta. [Järvenpää, Länsiluoto, Partanen & Pellinen 2010, s. 187] Kustannusperusteiseen hinnoitteluun käytetään tyypillisesti kahta perusmenetelmää. Ensimmäinen on katetuottohinnoittelu, jossa muuttuvien kustannusten päälle lasketaan katelisiä, joka kattaa kiinteät kustannukset ja voittotavoitteen. Toinen menetelmä on omakustannusarvoon perustuva hinnoittelu, jossa muuttuvien ja kiinteiden kustannusten päälle lasketaan voittolisä, joka kattaa voittotavoitteen. [Järvenpää, Länsiluoto, Partanen & Pellinen 2010, s. 188]

Markkinalähtöisessä hinnoittelussa hinta taas saadaan markkinoilta. Jotta tämä on pidemmällä tähtäimellä kannattavaa, täytyy kustannusten olla markkinoiden perusteella määritettyä hintaa pienempiä. Kaukolämmön osalta on vaikea määrittää yksittäistä markkinahintaa, koska hinnat perustuvat kunkin verkon kustannuksiin ja vaihtelevat eri verkkojen välillä. Yksittäiset kaukolämpöverkot ovat yleensä yhden toimijan hallinnassa, eli tavallaan monopoliasemassa, joten paikallisesti ajateltuna ei ole olemassa vapaita kaukolämpömarkkinoita. Markkinalähtöisyys kaukolämpöä hinnoitellessa voidaankin ajatella tärkeimpien kilpailijoiden kautta kuten esimerkiksi maalämpöjärjestelmän hinnan kautta. [Järvenpää, Länsiluoto, Partanen & Pellinen 2010, s. 195]

Arvoperusteisessa hinnoittelussa hintaa lähdetään muodostamaan sen mukaan, että mikä arvo tuotteella koetaan asiakkaalle olevan. Tällöin on olennaista miettiä mitä lisäarvoa tai puutteita tuotteella on muihin kilpaileviin tuotteisiin verrattuna ja kuinka ne arvostetaan hinnassa. Lisäarvoa tuovia seikkoja voivat olla muun muassa pitkä käyttöikä, tuttu toimittaja, paikallisuus, hyvä huoltopalvelu tai muut vastaavat asiat. Kaukolämmön tapauksessa esimerkiksi tuotteen helppous asiakkaalle on selvästi lisäarvoa tuova ominaisuus moniin muihin lämmitysmuotoihin verrattuna. [Järvenpää, Länsiluoto, Partanen & Pellinen 2010, s. 195–196]

Hinnoittelun optimaalisen onnistumisen kannalta on oleellista perehtyä tilanteeseen mahdollisimman monesta näkökulmasta. Kaukolämmön hinnoittelussa on siis päätöksiä tehtäessä syytä huomioida niin kustannusnäkökulma ja kannattavuus, kilpailijoista aiheutuva markkinalähtöisyys kuin kaukolämmön ominaisuuksista johtuvat asiakasarvoon vaikuttavat tekijätkin. Tässä työssä kustannusnäkökulmaa hinnoittelumallien suunnitteluun tulee lämmöntuotannon muuttuvien kustannusten määrittämisestä, joiden perusteella hintoja pyritään ohjaamaan muuttuvien kustannusten rakenteen mukaisiksi. Markkina- ja asiakasarvonäkökulmaa taas saadaan asiakaspalavereista sekä tutustumalla aiheeseen liittyviin jo tehtyihin selvityksiin ja muiden energiayhtiöiden tekemiin ratkaisuihin.

## 2.6.2 Asiakasarvo

Asiakasarvo muodostuu kokonaisuudesta, joka sisältää kaikki asiakkaan kokemat hyödyt ja kaikki asiakkaan kustannukset. [Woodside, Golfetto & Gibbert 2008, s. 4]

Asiakkaan kokema kokonaisyhyöty ja kokonaiskustannus muodostuvat sekä rahallisista että ei-rahallisista komponenteista. Asiakkaan kokema arvo muodostuu sitä suurem-

maksi, mitä suurempi on asiakkaan kokemus kokonaisuutena verrattuna asiakkaan kokonaiskustannuksiin. [Woodside, Golfetto & Gibbert 2008, s. 9-11]

Yrityksessä on tärkeää tiedostaa asiakkaan tuotteella kokemus arvo, jotta siihen pystytään vaikuttamaan ja sitä pystytään hallitsemaan. Asiakkaan kokemuksen arvon komponentit täytyy tiedostaa ja niitä täytyy pystyä mittaamaan, jotta asiakasarvoa voidaan hallita. Osa asiakkaiden arvonmuodostuksen komponenteista kuten esimerkiksi rahalliset hyödyt ja hinnat ovat melko suoraan havaittavissa ja mitattavissa. Taas esimerkiksi tuotteen paikallisuus, asiakaspalvelun vaikutus, ympäristöasiat tai tuotteen toimintavarmuus ovat komponentteja, joita on vaikeampi suoraan mitata ja niiden vaikutusta arvonmuodostukseen täytyy arvioida epäsuoremmin. [Woodside, Golfetto & Gibbert 2008, s. 166–167]

Asiakkaan kokemus arvonmuodostuminen on dynaamista ja se vaihtelee ajan myötä arvonmuodostukseen liittyvien tekijöiden muuttuessa. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi teknologinen kehitys, taloustilanne, sosiaalisen tilanteen muuttuminen tai ympärillä olevan kulttuurin muuttuminen. Asiakas arvioi tuotteen arvoa vertaillen sitä kilpaileviin tuotteisiin. Tästä syystä kaukolämpöyrityksessä onkin tärkeää tiedostaa eri asiakassegmenttien keskimääräiset arvonmuodostuskomponentit ja vertailla asiakasarvon muodostavia komponentteja kilpailevien energiamuotojen vastaaviin kuten esimerkiksi maalämpöön. [Woodside, Golfetto & Gibbert 2008, s. 166–167]

Savon Voiman syksyllä 2011 teettämässä markkinatutkimuksessa nousi esille seuraavia kaukolämpöasiakkaiden arvon muodostukseen liittyviä ominaisuuksia. Hinta oli odotetusti tärkein yksittäinen tekijä ja siihen liittyen tuli sekä positiivisia että negatiivisia kommentteja. Hinnan ulkopuolisia positiivisia ominaisuuksia kaukolämmöllä olivat vaivattomuus, helppous ja luotettavuus. Negatiivinen palaute liittyi etenkin jatkuvaan hinnan nousuun ja myös joissain kommentteissa kaivattiin vaihtoehtoja hinnoitteluun.

Tässä diplomityössä uusien hinnoittelumallien luomisessa asiakasarvon luominen onkin tärkeässä osassa ja asiakkaiden kanssa yhteisissä palaverissa pyrimme selvittämään millaisia hinnoittelumalleja asiakkaat arvostaisivat mahdollisimman paljon.

## 3 KAUKOLÄMMÖN HINNOITTELMALLIT

### 3.1 Perinteiset kaukolämmön hinnoittelumallit

Kaukolämmön yleiseksi hinnoittelumalliksi on Suomessa muodostunut järjestelmä, jossa hinta muodostuu kolmesta eri hintakomponentista. Liittymismaksu peritään uudelta asiakkaalta asiakkaan liittyessä kaukolämpöverkkoon ja sen suuruus määritetään liittymän sopimustehon tai sopimusvesivirran perusteella. Liittymismaksun tarkoitus on kattaa merkittävä osuus liittymisinvestoinnista. Liittymismaksu peritään yleensä heti asiakkaan liittyessä verkkoon. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 470]

Perusmaksu on yleensä tehoon tai vesivirtaan perustuva kiinteäluontoinen maksu jonka tarkoitus on vastata kaukolämmön kiinteitä kustannuksia. Perusmaksun olemassaolo myös tasaa yritykseen tulevaa kassavirtaa eri vuodenaikojen välillä. Yleensä perusmaksu perustuu liittymistehoon tai liittymisen jälkeen uudelleen laskettuun tilaustehon arvoon.

Perusmaksu voi tehon lisäksi perustua myös asiakkaan lämmönvaihtimien läpi virtaavaan vesivirtaan. Asiakkaiden omien säätölaitteiden kunto vaikuttaa kaukolämmön vesivirtaamaan ja mikäli virtaama on liian suuri, kaukolämpöveden jäähtymä jää liian pieneksi. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 470] Huonosta jäähtymästä aiheutuva liian korkea paluuv veden lämpötila taas aiheuttaa energiayhtiölle ylimääräisiä pumppauskustannuksia ja lisää lämpöhäviöitä. Tästä syystä perusmaksun perustuminen joissain tapauksissa vesivirtaamaan on oikeudenmukaista. [Anttonen 2014]

Energiamaksu on asiakkaan toteutuneen energiankäytön mukaan vaihteleva hintakomponentti. Energiamaksun tarkoitus on vastata kaukolämmön muuttuvia kustannuksia. Hintaohjauksen kannalta juuri energiamaksu on se komponentti, jolla energiankulutusta voitaisiin parhaiten ohjata. Energiamaksu määritetään vastaamaan kaukolämmön muuttuvia kustannuksia.

Perinteisesti energiamaksuna on käytetty vuosittain yhtä keskiarvojen perusteella laskettua energian hintaa, jolloin todellisten muuttuvien kustannusten suurikin vaihtelu lyhyellä aikavälillä jää asiakkaalta piiloon. Energiamaksu asetetaan yleensä kattamaan muuttuvien kustannuksien lisäksi myös osa kiinteistä kustannuksista, jolloin perusmaksun osuus jää pienemmäksi. [Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, s. 471]

### 3.2 Savon Voiman nykyinen kaukolämpötuote

Savon Voimalla on tarjolla asiakkaille tällä hetkellä vain yksi kaukolämpötuote. Kun asiakas liittyy Savon Voiman kaukolämpöasiakkaaksi, maksaa hän alussa liittymismaksun. Liittymismaksu maksetaan kahdessa osassa joista ensimmäinen erä makse-

taan kun asiakkaan lämmöntoimitus alkaa ja toinen osa kolmen kuukauden päästä lämmöntoimituksen alkamisesta. Liittymismaksun suuruuden määrittävä tilausteho määritetään liittymisvaiheessa laskennallisesti rakennuksen tyyppin perusteella.

Myös perusmaksun suuruus perustuu alussa laskennalliseen tilaustehoon. Tilausteho voidaan liittymisen jälkeen tarkastaa uudelleen asiakkaan pyynnöstä. Tällöin jo olemassa olevalle rakennukselle tilausteho määritetään vuoden ajalta keskimääräisiä ulkolämpötiloja vastaavien tehojen perusteella. Keskimääräisistä kuukausittaisista ulkolämpötiloista sekä vastaavista kuukausittaisista keskitehoista sovitetaan suora jonka teho luetaan kohdassa -32 °C. Teho kohdassa -32 °C on asiakkaan uusi tilausteho. Kyseinen menetelmä on koettu oikeudenmukaiseksi ja toimivaksi tilaustehon määrittystavaksi [Vidgren 2014]. Tilaustehon määrittystavassa lämpötilan huomioiminen poistaa vuosittaisten lämpötilavaihteluiden vaikutuksen perusmaksuun. Energiamaksu (€/MWh) taas on kaikille asiakkaille sama ja se vaihtuu vuosittain.

Perusmaksun osuus kokonaishinnasta on Savon Voimalla mitoitettu melko alhaiseksi, kun verrataan Savon Voimaa muihin suomalaisiin kaukolämpöyhtiöihin [Vidgren 2014]. Perusmaksu määräytyy erikokoisille asiakkaille siten, että suurilla asiakkaila perusmaksun osuus kokonaislaskusta on hieman pienempi. Alla näkyvät Savon Voiman perusmaksu ja energiamaksu vuodelle 2014.

#### PERUSMAKSUT 1.1.2014 ALKAEN (sis. alv 24 %)

TILAUSTEHO P [kW]	PERUSMAKSU [euroa/vuosi]
4 - 8	$PK \times AK \times (136 + 16 \times P)$
8 - 16	$PK \times AK \times (0 + 33 \times P)$
16 - 48	$PK \times AK \times (16 + 32 \times P)$
48 - 96	$PK \times AK \times (112 + 30 \times P)$
96 - 192	$PK \times AK \times (496 + 26 \times P)$
192 - 384	$PK \times AK \times (2800 + 14 \times P)$
384 - 600	$PK \times AK \times (3952 + 11 \times P)$
> 600	$PK \times AK \times (6952 + 6 \times P)$

PK = kaukolämmityksen kiinteiden kustannusten tasokeroin ( $\varnothing K = 1,18$ )  
 AK = kulloinkin voimassa olevaa arvonlisäveroa vastaavakerroin

#### ENERGIAMAKSU 1.1.2014 ALKAEN

Arvonlisäverollinen hinta	72,79 euroa/MWh
Arvonlisäveroton hinta	58,70 euroa/MWh

Kuva 3.1 Savon Voiman nykyinen kaukolämpötuote [Kaukolämpöhinnasto, Savon Voima]

### 3.3 Muiden kaukolämpöyhtiöiden uusia hinnoittelutapoja ja tuotteita

Monissa suomalaisissa kaukolämpöyhtiöissä on päädytty kausiluonteiseen hinnoitteluun, jossa energiamaksu on suurempi talviaikaan. Vastaavia kausityyppisiä hinnoittelumalleja on laadittu myös Ruotsissa [Trad 2014]. Nämä kausiluonteiset tuotteet ovat keskenään rakenteeltaan melko samanlaisia. Eroja onkin oikeastaan vain siinä, että millä suhteilla hinnat on jaettu eri kausille ja miten kaudet ajoittuvat. [Hinnastot ja sopimusehdot, Tampereen Sähkölaitos] [Kaukolämpötariffi, Helsingin energia]

Kausituotteen lisäksi myös vihreää tuotetta on joissain yhtiöissä tuotu tarjolle. Fortumilla on Suomessa uudistettu perusmaksun määräytymisperuste riippumaan huipputehosta keskitehon sijaan [Fortum kestolämpö sopimusehdot 2014]. Uusia perusmaksun määrittymismalleja on laadittu myös Ruotsissa, jossa esim. E.ON on pilotoinut kuu-kausittain vaihtuvaa perusmaksua [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 24].

Fortumilla on Ruotsissa Tukholman avoimessa kaukolämpöverkossa käytössä hinnoittelumalli, jossa päivittäin muuttuva hinta tuodaan etukäteen näkyviin internetsivuille. Hinnan määräytymiseen vaikuttaa esimerkiksi ulkolämpötila. [Öppen fjärrvärme aktuella priser, Fortum Oyj] Näiden lisäksi Suomessa on tuotu tarjolle muita uusia tuotteita, joissa on tehty hinnoitteluun vain pienempiä muutoksia kuten esimerkiksi muutettu perus- ja energiamaksun keskinäistä suhdetta.

Lisäksi Suomessa uusia kaukolämpöön liittyjiä varten on kehitelty ”avaimet käteen”- tyyppisiä palveluita. Ruotsissa on käytetty myös liittymismaksun osamaksumallia, jossa liittymismaksu on siirretty korotetuksi perusmaksuksi tietyksi ajaksi [Trad 2014]. Alla olevaan kappaleeseen on koottu muiden energiayhtiöiden uusia tuotteita.

#### 3.3.1 Vuodenaikoihin perustuva energiamaksu

Tampereen Kaukolämpö Oy:llä on vuoden 2012 alusta siirrytty energiamaksun osalta kausiluonteiseen hinnoitteluun. Energiamaksu vaihtelee tuossa hinnoittelutavassa vuodenaikojen mukaisten kertoimien mukaan. Kertoimet ovat talvikaudelle eli tammi-, helmi- ja joulukuulle 1,1; kesäkaudelle eli kesä-, heinä-, ja elokuulle 0,8; ja muille kuu-kausille 1. [Hinnastot ja sopimusehdot, Tampereen Sähkölaitos]

Fortumilla on Suomessa pienasiakkaille suunnattu kausiluonteinen tuote. Talvikaudella energiamaksu on suurempi kuin kesäkaudella. Talvikausi on 1.10 – 31.3 ja kesäkausi 1.4 – 30.9. [Tarkkalämpö sopimusehdot 2013, Fortum Oyj]

Helsingin energialla on käytössä vuodenaikoihin perustuva energiamaksu. Helsingin energian mallissa energiamaksu on suurin talvikautena tammi – helmikuussa ja hieman tätä pienempi kevät- ja syyskausina maaliskuussa, huhtikuussa, marraskuussa, ja joulukuussa. Kesäkaudena eli touko- lokakuussa energiamaksu on selvästi pienempi kuin muilla yhtiöillä, ollen suuruusluokaltaan n. 50 % talvi- kauden energiamaksusta. [Kaukolämpötariffi, Helsingin energia]

Lahti energialla energiamaksun osuus on jaettu vuodenaikojen mukaan kolmeen eri hintaluokkaan. Kallein hintaluokka on talvikausi, joka tarkoittaa aikaväliä marraskuun alusta maaliskuun loppuun. Seuraava hintaluokka on hieman talvikautta halvempi ja se kattaa kevätkauden huhtikuun alusta toukokuun loppuun sekä syyskauden syyskuun alusta lokakuun loppuun. Selvästi halvin hintaluokka on kesäkaudella kesäkuun alusta elokuun loppuun. [Kaukolämmön hinnat, Lahti Energia]

Vantaan energiallakin on käytössä vuodenajoista riippuva energiamaksu. Hinta on korkein talvikuukausina, pienempi syksy- ja kevätkuukausina ja pienin kesäkuukausina. Erona esimerkiksi Lahti energian vastaavaan tuotteeseen on se, että Vantaan energialla kalleimman talvihinnan ja halvemmän syys/kevät- hinnan välinen suhteellinen ero on suurempi. [Kaukolämmön myyntihinnasto, Vantaan Energia]

### **3.3.2 Ulkolämpötilan vaikuttaminen energiamaksuun**

Fortumilla on Tukholmassa käytössä avoin kaukolämpöverkko, eli verkkoon voi ostamisen lisäksi myydä lämpöä. Avoimen kaukolämpöverkon yhteyteen on luotu hintamalli, jossa lämmön hinta €/MWh vaihtelee päivittäin. Hinnan määräytymiseen vaikuttaa muun muassa seuraavan päivän lämpötilaennuste. [Öppen fjärrvärme aktuella priser, Fortum Oyj]

### **3.3.3 Todelliseen huipputehoon perustuva perusmaksu**

Perinteisiin kaukolämmön hinnoittelumalleihin verrattuna Fortumilla on Suomessa uutta tehomaksu eli perusmaksun pohjautuminen todelliseen huipputehoon. Tehomaksu määräytyy vuosittain korkeimpien 3 perättäisen tunnin tehojen keskiarvon perusteella. Tehomaksu vaihtelee Fortumilla hieman eri lämpötuotteiden välillä. [Kestolämpö sopimusehdot 2014, Fortum Oyj] [Tarkkalämpö sopimusehdot 2013, Fortum Oyj]

E.ON on pilotoinut Ruotsissa Malmössa hinnoittelumallia, jossa perusmaksu koostuu kahdesta komponentista. Nämä ovat kuukauden korkeimman tehon päiväkeskiarvoon perustuva tehokomponentti ja veden lämpötilasta osin riippuva virtauskomponentti. Tällöin perusmaksu määräytyy aina kuukausittain edellisen kuukauden todellisen huipputehon perusteella. Heidän hinnoittelumallissaan energiamaksun osuus on kausityyppinen. [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s.12]

### **3.3.4 Muut uudentyyppiset tuotteet**

Kuopion energialla on käytössä pienasiakkaille suunnattu tuote, jossa perusmaksun osuus on pieni ja energiamaksun osuus on suuri. Tällä saadaan asiakkaan lämpölasku riippumaan entistä enemmän kulutuksesta. Kuopion energialla on käytössä myös vihreä tuote, jonka lämmöntuotannossa on käytetty pelkästään kotimaisia ja uusiutuvia biopolttoaineita. [Kaukolämpötuotteet, Kuopion Energia]

Jyväskylän energialla on Kuopion energian tapaan käytössä vihreä tuote. Jyväskylän energian tuotetta markkinoidaan ympäristöystävällisenä ja maakunnallisena puupolttoainetta käyttävänä tuotteena. [Lämpötuotteet, Jyväskylän Energia]

Jyväskylän energialla on käytössä uusille asiakkaille myös ”avaimet käteen”-palvelu, jossa energiayhtiö hoitaa kaukolämpöpuolen liittymän rakentamisen ja laitteistojen lisäksi myös asiakkaan puolen laitteistot. [Lämpötuotteet, Jyväskylän Energia]

Suur-Savon Sähköllä on Jyväskylän energian ”avaimet käteen”-palvelun tyyppinen uusille liittyjille suunnattu palvelu. Heidän tuotteessaan energiayhtiö huolehtii kaukolämpöliittymän rakentamisen lisäksi esimerkiksi asiakkaan lämmönsiirtimistä ja tarjoaa 3 vuoden täystakuun kaikille laitteistoille. [Kaukolämpö, Suur-Savon Sähkö]

Ruotsissa on tarjottu uusille kaukolämpöön liittyjille osamaksuvaihtoehtoa, jolloin liittyttäessä maksettavaa liittymismaksua ei ole. Osamaksuvaihtoehdossa liittymismaksu maksetaan lämpölaskujen yhteydessä takaisin korotettuna perusmaksuna. [Trad 2014]

### **3.4 Muiden kaukolämpöyhtiöiden kokemuksia uusista tuotteista**

Kaukolämpöliiketoiminnassa yritykset eivät ole suoraan keskenään samanlaisessa kilpailuasetelmassa kuin sähköpuolella, joten muiden kaukolämpöyhtiöiden edustajat ovat mielellään kertoneet, mitä positiivisia ja negatiivisia asioita uudenlaisten hinnoittelumallien käyttöönotossa on tullut vastaan. Keskustelut on käyty puhelimitse. Loput tästä kappaleesta 3.4 on piilotettu diplomityön julkisesta versiosta.

### **3.5 Tutkimukset ja selvitykset kaukolämmön hinnoitteluun liittyen**

Alla olevaan kappaleeseen on koottu kaukolämmön hinnoitteluun liittyviä diplomityön kannalta oleellisiksi nähtyjä seikkoja kaukolämmön hinnoitteluun liittyvistä tutkimuksista ja selvityksistä ja mukana on myös omaa pohdintaa aiheisiin liittyen.

#### **3.5.1 Energia- ja perusmaksun suhde tulevaisuudessa**

Energy-An Consultingin Arto Nuorkiven vuonna 2009 tekemässä selvityksessä ”*Kaukolämmön hinnoittelumallit*” on käsitelty energiamaksun ja perusmaksun suhteellisten osuuksien vaikutuksia tulevaisuudessa. Esimerkiksi Liettuan Kaunasissa on hinnoittelumalli, jossa kaukolämmön hinta koostuu pelkästään energiamaksusta. [Nuorkivi 2009, s. 31]

Tämäntyylisistä hinnoittelumalleista on saatu kansainvälisesti huonoja kokemuksia. Selvityksen mukaan energiamaksun suuri suhteellinen osuus kokonaislaskusta kannustaa asiakasta enemmän energiansäästöön, mutta pidemmällä aikavälillä tämä tarkoittaa energiayhtiölle entistä enemmän hinnankorotuspaineita. Asiakkaan tehdessä



energiansäästötoimenpiteitä energiayhtiön tulot energiamaksusta vähenevät sitä enemmän mitä suurempi energiamaksun osuus on.

Pienen perusmaksun vuoksi energiamaksulla katetaan myös paljon kiinteitä kustannuksia, joten asiakkaiden energiansäästötoimenpiteet johtaisivat siihen, että energiamaksua jouduttaisiin nostamaan kiinteiden kustannusten kattamiseksi. Tällainen energiansäästöstä rankaiseminen energiamaksua nostamalla on Nuorkiven mukaan vääränlainen viesti asiakkaalle. [Nuorkivi 2009, s. 9-10]

### 3.5.2 Huipputehon erillishinnoittelu

Arto Nuorkivi pohtii Energy-An Consultingin vuonna 2009 laatimassa selvityksessä ”*Kaukolämmön hinnoittelumallit*” ajankohdasta riippuvaa energian hinnoittelua. Hänen mielestään huipputehon erikseen hinnoittelu on perusteltua tapauksissa, joissa asiakkaila on vaihtoehtoinen lämmitystapa huippuhintoja varten tai asiakas pystyy vaikuttamaan omaan lämmönkäyttöön.

Hän nostaa esille rakennusautomaation hyödyntämisen ja käytännön keinoista esimerkiksi ilmastoinnin ohjauksen ja rakennusten lämpökapasiteetin hyödyntämisen. Hän myös painottaa sitä, että asiakkaiden tekemän lämpötehon leikkauksen olisi kestävä useita tunteja jotta siitä olisi hyötyä, sillä kaukolämpöyhtiöillä on useasti verkon lämpökapasiteetin muodossa lyhytaikaista varastointimahdollisuutta. [Nuorkivi 2009, s. 14–15]

### 3.5.3 Kysyntäjoustoön liittyvät tuotteet

ÅF-Consult Oy:n tekemässä ja Energiateollisuus ry:n rahoittamassa selvityksessä ”*Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet*” vuodelta 2012 pohditaan kysyntäjoustoön liittyviä kaukolämpötuotteita. Kysyntäjoustoön liittyviä erilaisia tuotteita voisivat olla tuote, jossa asiakas velvoitettaisiin vähentämään lämmönkäyttöään tiettyinä aikoina ja asiakas hyötyisi tästä lämpölaskussa annettuina alennuksina. Tällaiset sopimukset voisivat sopia joillekin suurasiakkaille ja nämä olisi sovittava asiakkaiden kanssa aina tapauskohtaisesti, jotta sopimuksesta olisi molemmille hyötyä.

Kysyntäjoustoön liittyvä tuote voitaisiin toteuttaa myös hintaohjauksella, jossa energialla olisi eri ajankohtina eri hinta, ja olisi asiakkaiden oma päätös, vähentävätkö he lämmönkäyttöään. Hintaohjaukseen perustuvien tuotteiden todetaan soveltuvan etenkin hybridilämmitysjärjestelmien tapauksissa, joissa asiakkaalla on olemassa vaihtoehtoinenkin lämmitysmuoto, jota korkean kaukolämmön tuotantokustannuksen aikaan voisi käyttää. Korkeat energiayhtiön tuotantokustannukset ajoittuvat yleensä öljyn polton vuoksi huippupakkasille sydäntalvelle. Tämän tyylisiä huippukuormia syöviä vaihtoehtoisia lämmitysjärjestelmiä ei asiakkailla kuitenkaan käytännössä kaukolämmön rinnalla ole [Vidgren 2014].

Toinen korkeiden tuotantokustannusten jakso on kesäajalle sijoittuvien kiinteän polttoaineiden laitosten huoltoseisokkien ajankohta. Aurinkokeräimiä käyttävien asiakkaiden kaukolämmön käyttö vähenee eniten juuri kesäaikaan, joten tällaisilla hybridi-

lämmittäjillä voisi olla positiivista vaikutusta huoltoseisokin aikaisiin öljyn poltosta aiheutuviin korkeisiin tuotantokustannuksiin. Aurinkokeräimellä saatu lämpö on kuitenkin alkuinvestoinnin jälkeen lähes ilmaista, joten aurinkokeräin täytyy kuitenkin laskea myös peruskuormaa syöväksi tuotantomuodoksi.

Tein tyypillisen aurinkokeräimen taloudellisista vaikutuksista laskelman, jossa huomioitiin menetetyt myynnit ja huoltoseisokin ajalta saadut kustannussäästöt. Laskelman tulos oli, että aurinkohybridistä saatu kustannussäästö on vain noin 20 % menetetystä myyntikatteista. Tämän lisäksi kesän kaukolämpökuormien pienentyessä kiinteän polttoaineen laitoksille voisi tulla ongelmia tuottaa niin pieniä tehoja. Hintaohjaus tuotteita on suunniteltu kappaleessa 6. [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 28]

### **3.5.4 Kokonaisvaltaisen energiapalvelun tarjoaminen**

ÅF-Consult Oy:n tekemässä ja Energiateollisuus ry:n rahoittamassa selvityksessä ”*Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet*” vuodelta 2012 tuodaan esille nykyistä kokonaisvaltaisemman energiapalvelun tarjoaminen asiakkaalle. Esimerkiksi kokonaisvaltainen energiapalvelu voisi olla sellainen, jossa energiayhtiö hoitaa kaiken sisälämpötilaan, lämpimään käyttöveteen, jäädytykseen ja ilmanvaihtoon liittyvän. Tämänäyttöinen kokonaisvaltainen energiapalvelu on kuitenkin vasta tulevaisuuden visio. [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 35]

### **3.5.5 Kysyntäjouston mahdollisuudet kokonaisvaltaisemman energiapalvelun yhteydessä**

Gaia Consulting Oy:n vuonna 2011 tekemässä selvityksessä ”*Älykäs kaukolämpöjärjestelmä ja sen mahdollisuudet*” on pohdittu lyhytaikaisen kysyntäjouston vaikutuksia asiakkaiden olosuhteisiin sekä mietitty energiayhtiön mahdollisuuksia tähän liittyen. Selvityksessä on mainittu aamuhuipun aikaiset lämmön ohjausmahdollisuudet. Aamuisin muu kodin lämmönkäyttö, kuten käyttöveden kulutus ja aamiaisen valmistaminen tuottavat korvaavaa lisälämpöä, jolloin tilojen lämmitykseen ohjattavaa lämmitystä voitaisiin vähäksi aikaa pienentää. Kaukolämmön ohjaaminen alhaisemmalle tasolle 1-3 tunnin ajaksi olisi asiakkaille lähes huomaamatonta rakennuksen suuren lämpökapasiteetin vuoksi.

Kokonaisvaltaisessa energiapalvelussa asiakkaalle voitaisiin tarjota ”takuulämpötila”, jonka alle sisälämpötila ei laskisi. Tämä toisi kaukolämpöyhtiölle joustovaraa ja kaukolämpöyhtiö korvaisi tämän joustovaran asiakkaalle lämpölaskussa. Mikäli tulevaisuudessa lämmön myynti muuttuu kokonaisvaltaisemman energiapalvelun tarjoamiseksi, niin tällöin kuorman ohjausmahdollisuudet ovat selvästi nykyistä mallia paremmat. [Pesola, Bröckl & Vanhanen 2011, s. 30 s. 33]

### 3.5.6 Hybridilämmityksestä aiheutuvat haasteet

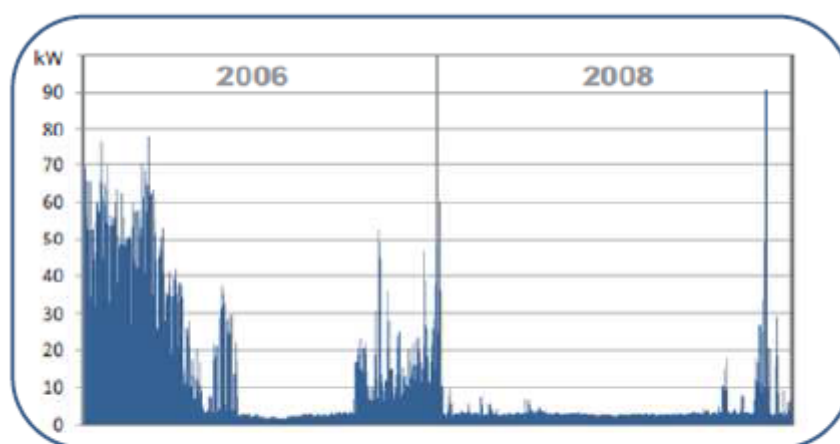
ÅF-Consult Oy:n tekemässä ja Energiateollisuus ry:n rahoittamassa selvityksessä ”*Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet*” vuodelta 2012 tuodaan esille hybridilämmittäjien aiheuttamia mahdollisia tulevaisuudenhaasteita energia-yhtiölle. Tällaisia kaukolämpöyhtiölle haasteita aiheuttavia hybridilämmittäjiä ovat esimerkiksi kaukolämmön rinnalle maalämpöjärjestelmän hankkivat asiakkaat. Tällöin kaukolämpö joutuu huippukuormien aikaiseksi lämmitysmuodoksi ja varajärjestelmäksi. Lämmön myynti vähenee siis merkittävästi ja ajoittuu pääosin vain pakkaskausille.

Kaukolämmön käyttäminen varajärjestelmänä tarkoittaa myös sitä, että tehon tarve joudutaan mitoittamaan täyden kapasiteetin mukaan, sillä asiakas esimerkiksi maalämpöjärjestelmän hajotessa voisi ottaa täydenkin lämpötehon.

Selvityksessä mainitaan, että mahdollisimman kustannusvastaavasti toteutettu kaukolämmön hinnoittelu olisi kaukolämpöyhtiölle yksi keino vaikuttaa siihen, että hybridilämmittäjien ja perinteisten tyyppisten asiakkaiden hinnoittelu menisi mahdollisimman oikeudenmukaisesti. Esimerkkinä mainitaan kausiluonteinen hinnoittelu. [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 29–30]

Hybridijärjestelmät ovat tällä hetkellä Savon voiman kaukolämpöasiakkailta erittäin harvinaisia. Hybridijärjestelmien taloudellista kannattavuutta tulevaisuudessa kaukolämmön yhteydessä on arvioitu Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Tekesin tekemässä selvityksessä ”*hybridilämmitys kaukolämmitetyissä kiinteistöissä ja käytön ympäristövaikutukset*” ja tulokset viittaavat siihen suuntaan, että kaukolämmön yhteydessä hybridilämmitys ei tulisi nykyisilläkään hinnoittelurakenteilla asiakkaille kannattavaksi. [Mäkelä, Lintunen, Latva, Kuha, Hämäläinen, Asikainen & Pirttinen 2007, s. 10–12]

Alla olevassa kuvassa näkyvät kaukolämmön myynnin vuosiprofiilit ennen ja jälkeen lämpöpumpun asentamista kaukolämmön rinnalle. Kuvasta nähdään, että lämpöpumpun asentamisen jälkeen kaukolämmön myynti on pudonnut pieneen osaan ja yksittäiset tehohiput voivat silti olla yhtä korkeita kuin ennen lämpöpumpun asennusta.



Kuva 4.7 Kaukolämmön myynti asiakkaalle ilman lämpöpumppua (2006) ja lämpöpumpun kanssa (2008) (NEP 2010)

Kuva 3.2 Kaukolämmön myynti ennen ja jälkeen lämpöpumpun asennuksen [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 24]

### 3.5.7 Hinnoitteluun liittyvä asiakaspalaute yleisesti

ÅF-Consult Oy:n tekemässä ja Energiateollisuus ry:n rahoittamassa selvityksessä ”Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet” vuodelta 2012 on tutkittu asiakkaiden mielipiteitä kaukolämmön hinnoitteluun liittyen. Asiakasrajapinta on perinteisesti ollut kaukolämpöyhtiöiden heikkoiten hoitama osa-alue ja asiakkaiden mielikuvien parantaminen olisikin tulevaisuudessa tärkeää.

Palvelualltiuden kasvattaminen voisi olla yksi mielikuvia parantava tekijä. Selvityksessä nostetaan esille asiakkaiden ärtymys energiayhtiöiden vastentahtoiseen suhtautumiseen tilaustehojen tarkastamisiin. Asiakkaat ovat myös ärsyyntyneitä jatkuviin hinnankorotuksiin, jotka ovat kuitenkin polttoaineiden hintakehityksen myötä käytännössä ”pakollinen paha”. [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 35]

### 3.5.8 Hinnoittelumallien soveltuvuudet eri asiakasryhmille

ÅF-Consult Oy:n tekemässä ja Energiateollisuus ry:n rahoittamasta selvityksessä ”Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet” vuodelta 2012 on koottu erilaisten hinnoittelumallien arvioituja soveltuvuuksia erilaisille asiakkaille.

Hinnoittelumahdollisuus	Soveltuvuus		Muuta
	Lähtöleveys	Kerros- ja rivitalot	
<b>Perinteinen tasahinnoittelu:</b> lämmön hinta asetetaan tietylle tasolle esim. kokonaiseksi vuodeksi. Hinta säilyy samanlaisena vuoden läpi.	xxx	xxx	Käyttöajankohdasta riippuva, joillekin asiakastyypeille varsin sopiva
<b>Lämmön käyttäjasta riippuva hinnoittelu:</b> lämmön hinta asetetaan tietylle tasolle siten, että hintaa tarkistetaan esimerkiksi kaksi tai kolme kertaa vuodessa. Hinnat ovat hyvissä ajoin asiakkaan tiedossa.	xxx	xxx	Käyttöajankohdasta riippuva
<b>Huippukuormien hinnoittelu erikseen:</b> lämmön hinta asetetaan tietylle tasolle siten, että hintaa tarkistetaan esimerkiksi kaksi tai kolme kertaa vuodessa. Poikkeuksena ovat tietyt huippukuorman päivät, jotka hinnoitellaan erikseen.	xx	xx	Käyttöajankohdasta riippuva
<b>Reaaliaikainen hinnoittelu:</b> energian hinta vaihtelee jopa tunneittain. Asiakas saa tiedon lämmöntuottajan tuotantokustannuksia reflektioivasta hinnasta sovitun ajan puitteissa etukäteen. (kysyntäjousto)	x	x	Käyttöajankohdasta riippuva, kulutuksen ohjaus
<b>Huippukuorman sopimuksellinen vähentäminen:</b> asiakkaiden kanssa neuvotellaan lämmöntuottajan suunnitellun kapasiteettivaateen vähentämisestä hinnan alennusta vastaan. (kysyntäjousto)	x	xxx	Käyttöajankohdasta riippuva, Kulutuksen ohjaus
<b>Kulutuksen ohjaus alhaisemman sopimushinnan kautta:</b> Lämpöyhtiöllä oikeus säätää lämmitystä alhaisemmalle tasolle sovittuna ajankohtana	x	xx	Kulutuksen ohjaus
<b>Kulutuksen ohjaus hintasignaalin kautta:</b> Kun tietty hinta ylittyy, lämmitysjärjestelmä ohjattu säätämään tai sulkemaan itsensä	x	xx	Hintasignaali, Kulutuksen ohjaus
<b>Hybridikuluttajan hinnoittelu huipputehoiikkien mukaan:</b> erillisellä sopimuksella asiakkaalta laskutettaisiin tehomaksu normaalisti, mutta energiamaksu perustuisi huippu- ja varaenergian kustannuksiin	xx	xx	Potentiaalia mm. kahdensuuntaisen lämpökaupan suhteen
<b>Jäähdytyskomponentti:</b> asiakaslaitteiden kunnossapidon huomioiminen hinnoittelussa	xxx	xxx	Ei varsinaisesti uudenlaisten hinnoittelutapa

x = ei soveltuvuutta, vähäinen soveltuvuus

xx = keskimääräinen soveltuvuus

xxx = hyvä soveltuvuus

Kuva 3.3 Erityyppisten hinnoittelumallien soveltuvuudet eri asiakkaille [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 42]

### 3.5.9 Todelliseen huipputehoon perustuva perusmaksu, esimerkki E.ONin pilottihankkeesta Malmössä

ÅF-Consult Oy:n tekemässä ja Energiateollisuus ry:n rahoittamassa selvityksessä ”Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuuden mahdollisuudet” vuodelta 2012 on käsitelty E.ONin Ruotsissa pilotoimaa uudentyyppistä hinnoittelutapaa. Hinnoittelutavan tarkoituksena on ollut saada hinnoittelua helpommaksi ja hallittavammaksi sekä tehdä hinnoittelusta sellainen, että asiakkaat voivat vaikuttaa kaikkiin hinnanmuodostuskomponentteihin omilla toimenpiteillään.

Hinnoittelumalli koostuu vuodenaikariippuvasta energiakomponentista, veden lämpötilasta osin riippuvasta virtauskomponentista ja kuukauden korkeimman tehon päiväkeskiarvoon perustuvasta tehokomponentista. Etenkin kuukauden korkeimman

tehon päiväkeskiarvoon perustuvaa tehokomponenttia on syytä tutkia: olisiko vastaavan suuntaisesta hinnanmuodostuskomponentista hyötyä Savon Voiman tapauksessa?

Myös jäähtymään perustuva hinnanmuodostuskomponentti on tarkastelemisen arvoinen, koska tuolloin sekä asiakas että energiayhtiö hyötyvät siitä, että asiakkaan laitteistot ovat kunnossa. Hinnanmuodostuskomponentti on aivan uudentyypinen, sillä tyypillisesti hinnan kiinteä komponentti eli perusmaksu on pysynyt vuoden sisällä vakiona. [Sarvaranta, Jääskeläinen, Puolakka & Kouri 2012, s. 24]

### **3.5.10 Hinnoittelumallien vaikutus asiakasarvoon, esimerkki Fortumin suurasiakkaiden osalta**

Atte Aron insinööriyössä ”*Uuden kaukolämpötuotteen hinnoittelumalli suurasiakkaille*” vuodelta 2013 on haastateltu Fortumin suurasiakkaita ja kysytty heiltä mielipidettä hinnoitteluun liittyvistä asioista. Selvityksen mukaan asiakkaat pitivät hyvänä sitä, että kaukolämmössä olisi saatavilla useampi tuote.

Aron haastatteleminen asiakkaiden mielipiteet kausituotteesta olivat melko neutraaleja. Hinnoittelun tärkeimpinä arvoina Fortumin suurasiakkaat pitivät ennustettavuutta sekä vakaata hintaa, mutta kuitenkin yksi vastaaja arvosti myös hinnan vaihtelevuutta. Kaukolämmön hinnoittelun perustavan laatuinen ongelma näyttääkin olevan, että hinnan pitäisi samaan aikaan olla vakaa ja ennustettava mutta myös mahdollisimman kustannusvastaava.

Edellä mainitut ominaisuudet ovat välttämättä täysin ristiriidassa keskenään, joten hinnoittelumallien suunnittelussa on tehtävä kompromisseja ja mahdollisesti suunniteltava erilaisia malleja eri asiakassegmenteille. [Aro 2013, s. 29]

## 4 ASIAKKAIDEN ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEET

### 4.1 Asiakkaiden energiansäästöpotentiaali

EU:sta tulevat energiansäästövelvoitteet ja rakennuskannan uudistuminen tulevat tulevaisuudessa pienentämään rakennusten lämmitysenergian käyttöä. Tämän hetkisen käsityksen mukaan nykyisen rakennuskannan korjaamisella voitaisiin saavuttaa suuriakin säästöjä lämmitysenergian kulutuksessa. Energiansäästötoimenpiteiden tekemisen täytyy olla kuitenkin taloudellisesti kannattavaa. Tästä syystä toimenpiteitä tehdään pääsääntöisesti vain silloin, kun rakennuksessa ilmenee muukin selvä korjaustarve kuin energiatehokkuuden parantamistarve.

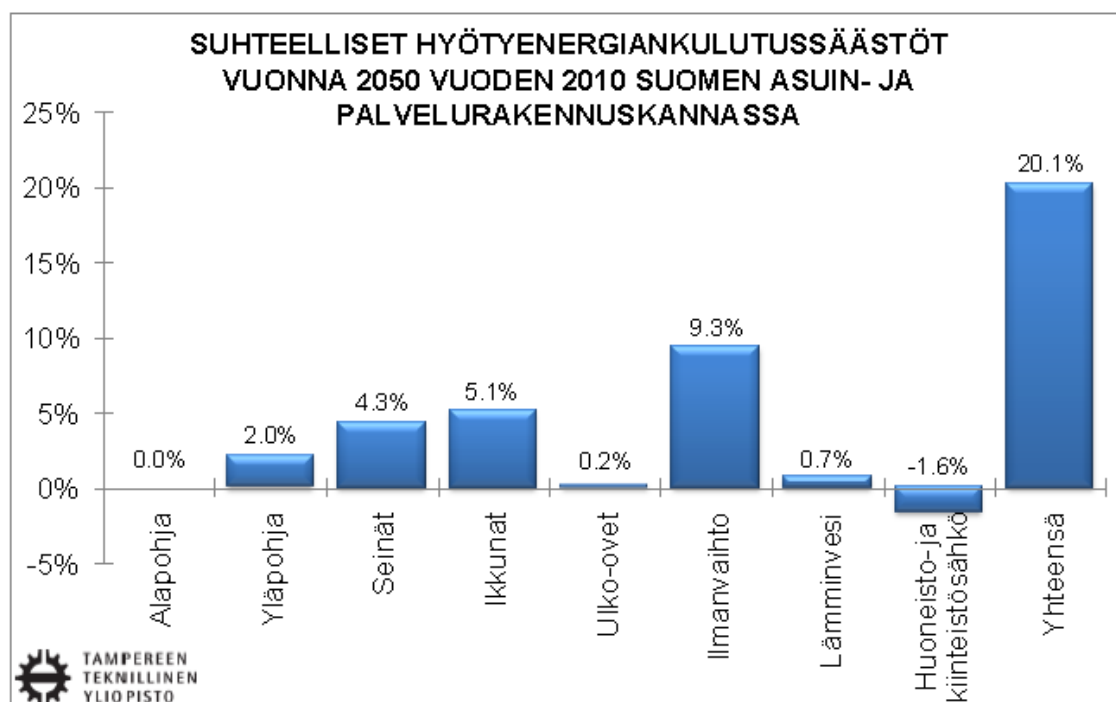
Myös EU:sta tulevat velvoitteet uudisrakentamiseen ja energiansäästöön liittyen tulevat todennäköisesti koko ajan kiristymään. Tulevaisuudessa rakennuskannan uusiutuessa paranee samalla rakennusten energiatehokkuuskin, joten pitkällä aikavälillä rakennusten keskimääräinen energiankäyttö Suomessa tulee pienenevän. Tässä kappaleessa tutkitaan, että kuinka merkittäviä energiansäästötoimenpiteitä kaukolämpöasiakkaat voisivat mahdollisesti tehdä. [Heljo & Vihola 2012, s. 13]

Juhani Heljon ja Jaakko Viholan tekemässä selvityksessä ”Energiansäästömahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa” on tutkittu asuin- ja palvelurakennusten energiansäästömahdollisuuksia lähitulevaisuudessa. Heidän tutkimuksensa perusteella asuin- ja palvelurakennuskannan toteuttamiskelpoisilla energiansäästötoimenpiteillä voitaisiin vuoden 2010 rakennuskannan energiankulutuksesta säästää vuoteen 2050 mennessä noin 20 %.

Tutkimuksessa todetaan, että todennäköisesti kokonaissäästö muodostuu kuitenkin pienemmäksi kuin tuo 20 %. Heidän tutkimuksessaan ei kuitenkaan oteta huomioon mahdollisia lämmityksen ja ilmanvaihdon säätötoimenpiteitä, joista niistäkin tulee energiansäästövaikutuksia.

Motivan verkkosivuilla olevan arvion mukaan kolme neljäsosaa Suomen asuinrakennuskannasta on puutteellisesti perussäädetty. Perussäätämättömissä kiinteistöissä lämpötilaerojen arvioidaan olevan keskimäärin yli 3 °C, mutta yli 6 °C:n lämpötilaerotkaan eivät ole harvinaisia. Lämmitysjärjestelmän perussäätö vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian kulutukseen erityisesti kiinteistöissä, joissa on useita asuntoja. Perussäädön avulla kiinteistön energiankulutusta voidaan vähentää 10–15 % [Lämmitysverkoston perussäätö, Motiva]. [Heljo & Vihola 2012, s. 67–68]

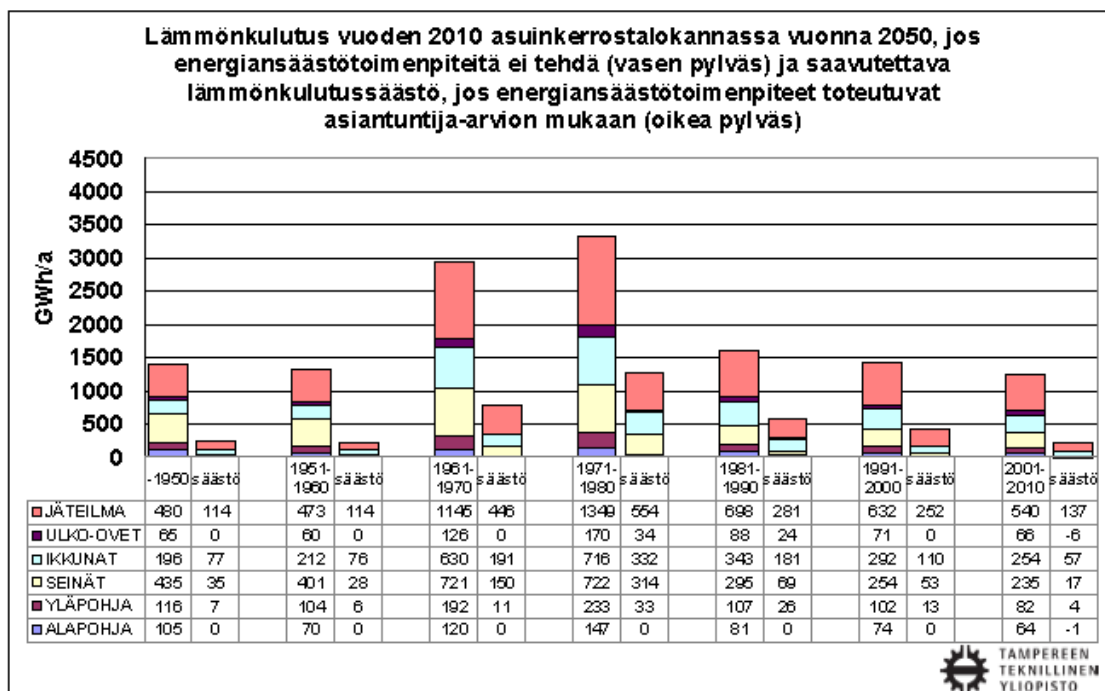
Alla olevassa kuvassa näkyvät Heljon ja Viholan tutkimuksessa saadut potentiaalisten energiansäästötoimenpiteiden osuudet. Tutkimuksessa korostetaan, että etenkin ilmanvaihdon energiansäästötoimenpiteiden toteutumista on vaikea arvioida. Laskelmassa on käytetty optimistista arviota, jossa ilmanvaihtojärjestelmien muutoksista tehtäisiin 80 % vuoteen 2050 mennessä. Pessimistisen arvion mukaan taas ilmanvaihtojärjestelmien muutoksista olisi tuolloin tehty vasta vain 20 %. Tämä tarkoittaisi sitä, että kokonais-säästö putoaisi 20 %:sta 15 %:iin. [Heljo & Vihola 2012, s. 67–68]



*Kuva 4.1 Energiankulutuksen säästöpotentiaali vuonna 2050 vuoden 2010 asuin- ja palvelurakennuskannassa [Heljo & Vihola 2012, s. 67]*

Alla olevassa kuvassa on vertailtu asuinkerrostalojen osalta tilanteita, joissa energiansäästötoimenpiteet tehdään ja ei tehdä. Asuinkerrostalot on myös jaoteltu rakentamisvuoden mukaan.





Kuva 4.2 Lämmönkulutus vuoden 2010 asuinkerrostalokannassa vuonna 2050 jos energiansäästötoimenpiteitä ei tehdä ja jos energiansäästötoimenpiteet tehdään [Heljo & Vihola 2012, s. 46]

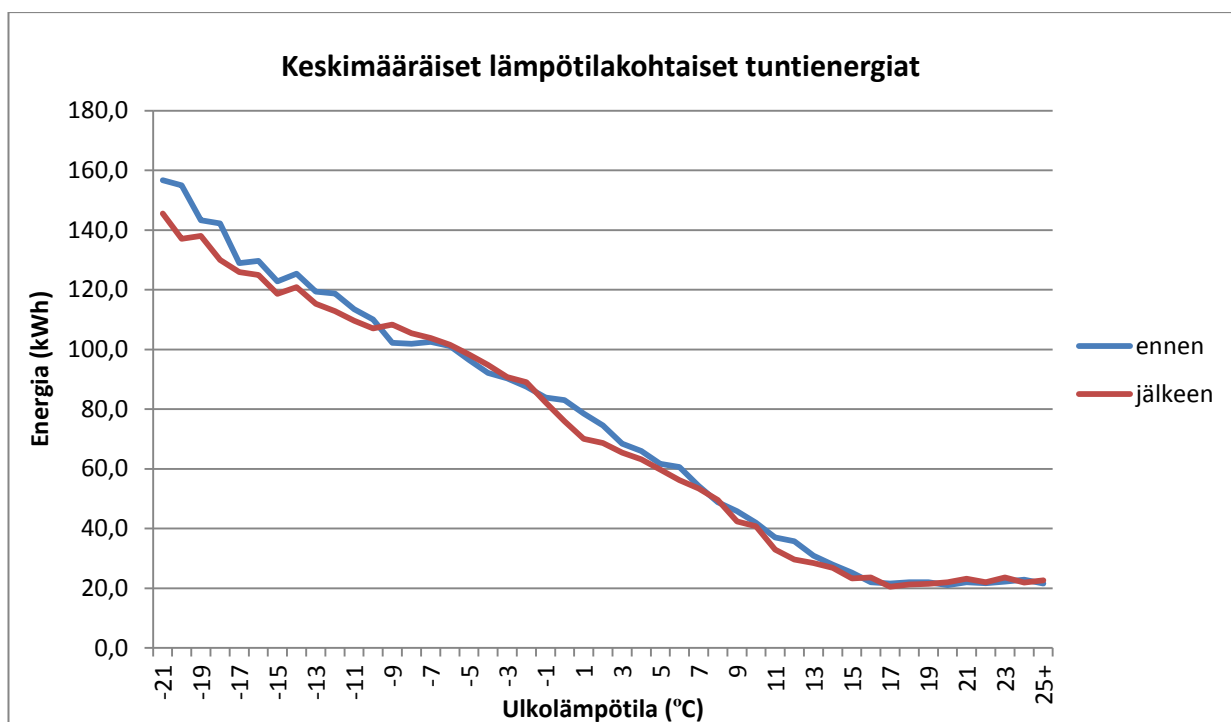
Pääsääntöisesti asuin- ja palvelurakennusten energiansäästötoimenpiteitä ei ole kannattava tehdä omana toimenpiteenään, vaan ne kannattaa sisällyttää muun korjaustoimenpiteen yhteyteen. Yleensä mitä suuremmasta rakennuksesta ja tätä kautta energiankulutuksesta puhutaan, sitä lyhempi on energiansäästötoimenpiteen takaisinmaksuaika.

Ulkoseinän lisäeristäminen kannattaa ajoittaa julkisivun korjauksen yhteyteen, jolloin seinä on jo valmiiksi auki ja energiansäästötoimenpiteelle kohdistuvat kustannukset jäävät pienemmiksi. Ilmanvaihdon lämmön talteenotto tulee kannattavaksi kun ilmanvaihtoremontti tehdään muutenkin, esimerkiksi paremman sisäilman vuoksi. Kun energiansäästötoimenpiteet yhdistetään muiden korjaustoimenpiteiden kanssa, nousevat kokonaiskustannukset tyypillisesti vain 5-15 %. Energiansäästötoimenpiteelle kohdistettavat lisäkustannukset jäävät tällöin melko pieniksi. [Heljo & Vihola 2012, s. 49]

## 4.2 Energiansäästötoimenpiteiden vaikutus asiakkaan kulutukseen

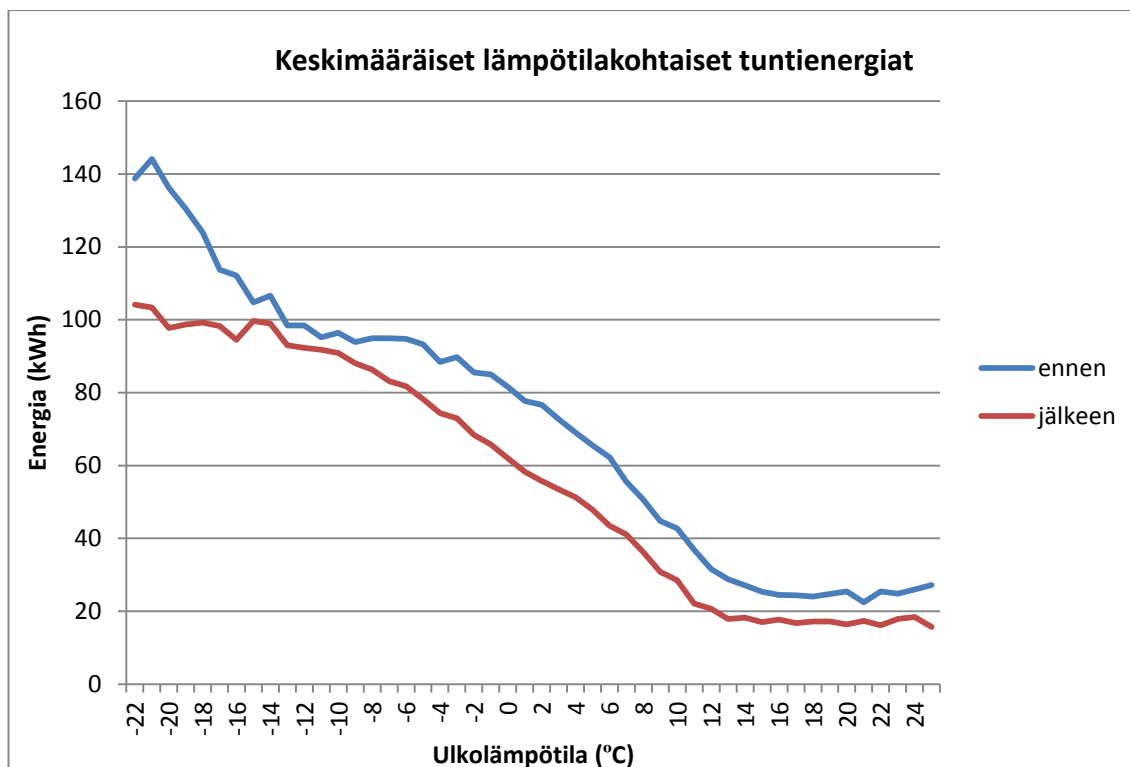
Tässä kappaleessa on laskettu sitä, miten erilaiset asiakkaiden tekemät energiansäästötoimenpiteet ovat vaikuttaneet lämmönkulutukseen. Laskentaan on otettu kustakin käyttöpaikasta pitkältä aikaväliltä kunkin tunnin energiat sekä niitä vastaavat ulkolämpötilat. Tätä dataa on otettu ajalta ennen ja jälkeen energiansäästötoimenpiteen. Laskenta on toteutettu siten, että lämpötilat ja niitä vastaavat energiat on järjestetty Excelissä lämpötilan mukaan ja tämän jälkeen kutakin kokonaista lämpötila-astetta kohti on laskettu keskimääräinen tuntienergia. Nämä keskimääräiset lämpötilakohtaiset energiat on las-

kettu erikseen ajalle ennen ja jälkeen energiansäästötoimenpiteen. Laskenta on toteutettu tällä tavoin koska näin on saatu vuosittaisten lämpötilavaihteluiden vaikutus suljettua pois. Toinen tärkeä syy tähän laskentatapaan on se, että tällöin nähdään myös hyvin missä määrin energiansäästö painottuu kylmiin ajankohtiin. Alla olevat kuvaajat on piirretty näistä lämpötilakohtaisista energioista.



Kuvaaja 4.1 Keskimääräiset lämpötilakohtaiset tuntienergiat kohde 1

Ensimmäinen laskentakohde on kerrostalo jonka nykyinen kaukolämmön vuosikulutus on suuruusluokkaa 500–600 MWh. Kyseiseen kohteeseen on tehty energiansäästötoimenpiteenä lämmitysverkoston perussäätö. Tässä kohteessa energiansäästötoimenpiteen vaikutus on jäänyt melko vähäiseksi, mutta etenkin kylmempien ulkolämpötilojen kohdalla nähdään pientä energiansäästövaikutusta. Sääkorjattu energian kulutus on vähentynyt energiansäästötoimenpiteen johdosta vuositasona noin 7 %.

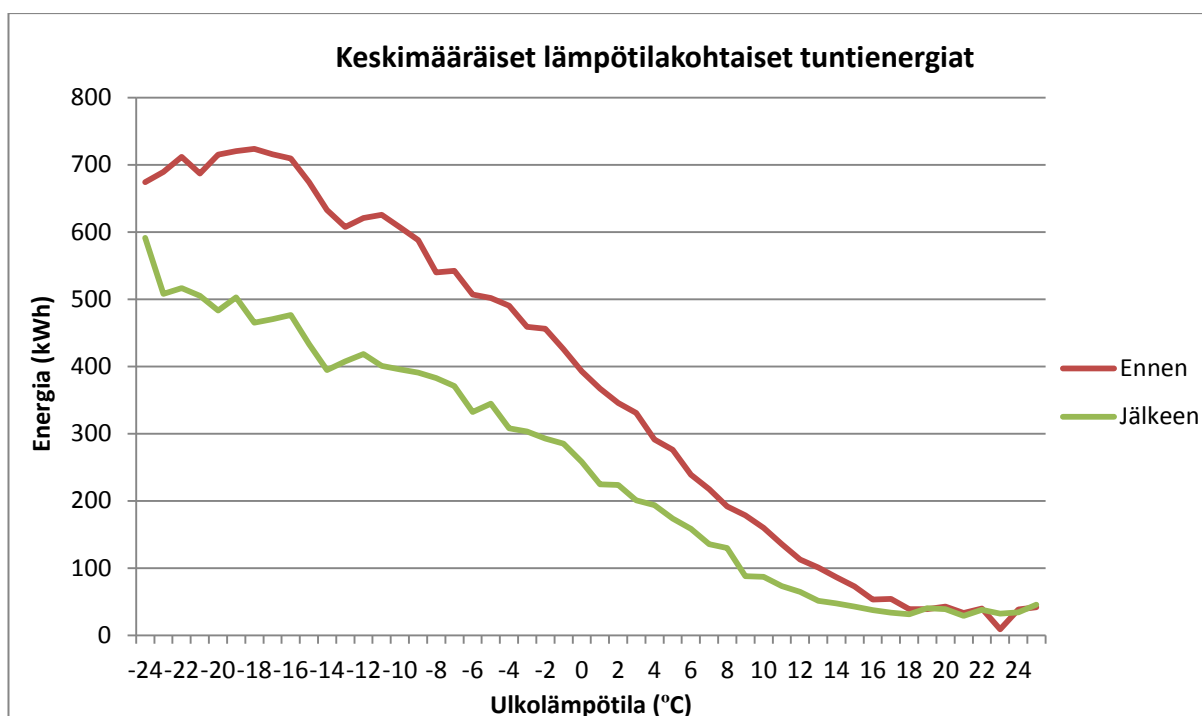


Kuvaaja 4.2 Keskimääräiset lämpötilakohtaiset tuntienergiat kohde 2

Toinen laskentakohde on kerrostalo jonka nykyinen kaukolämmön vuosikulutus on suuruusluokkaa 300–400 MWh. Kyseiseen kohteeseen on tehty täysremontti, joka on sisältänyt lämmöneristyksen lisäystä yläpohjaan ja seiniin, ikkunoiden ja ovien uusimista, ilmastoinnin muuttamisen huoneistokohtaiseksi ja lämmön talteenoton lisäämisen sekä lämmitys-, vesi- ja sähköjärjestelmien uusimisen.

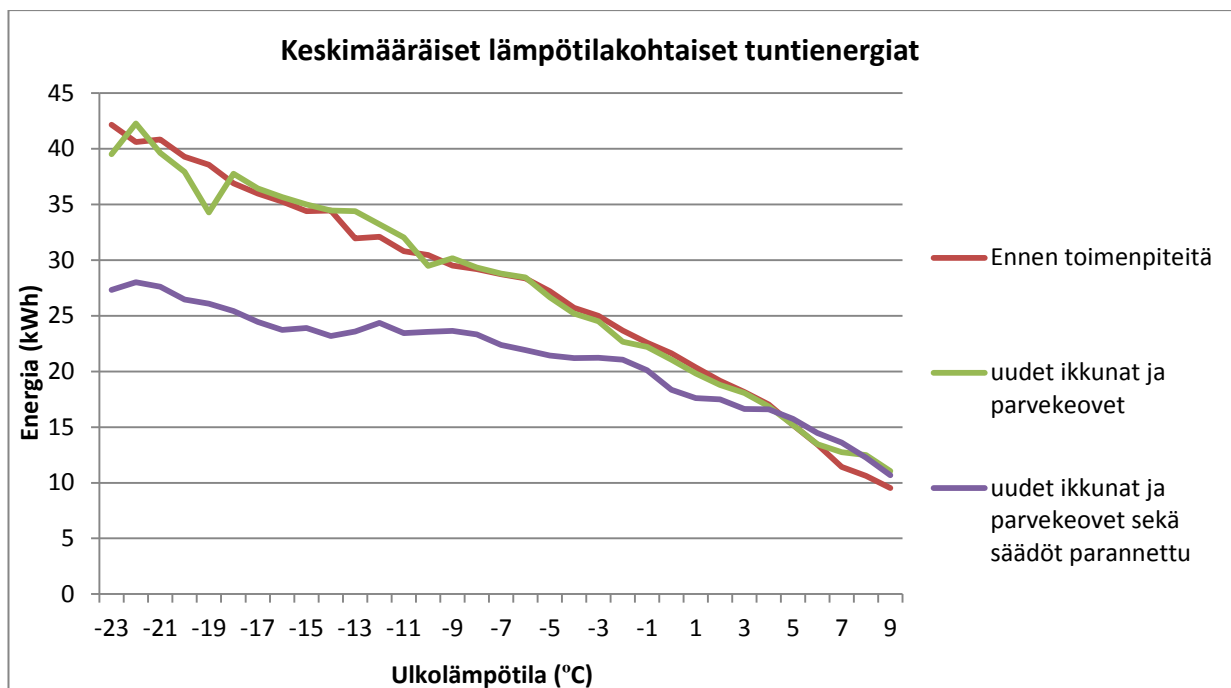
Lämmönkulutuksessa on huomattavissa selkeä ero, joka jakautuu yllättävänkin tasaisesti eri lämpötilojen välille. Sääkorjattu energian kulutus on vähentynyt energiansäästötoimenpiteiden johdosta vuositasolla noin 30 %. Kylmempien lämpötilojen energiansäästö selittyy tilojen lämmitykseen liittyvillä energiansäästötoimenpiteillä. Energiainsäästö kylmissä lämpötiloissa voisi olla vieläkin suurempi ilman huoneistokohtaiseen ilmastointiin siirtymistä, koska tämä lisää ilmanvaihtoa sisään ja ulos kiinteistöstä.

Huoneistokohtaiseen ilmanvaihtoon siirtymistä ei tehdä energiansäästösyistä vaan yleensä ilmanlaadullisista syistä. Lämpöisinä aikoina tilojen lämmitystä ei ole, joten lämmönkulutuksen väheneminen siellä on selityttävä lämpimän käyttöveden kulutuksen pienenemisellä. Kyseisen kiinteistön isännöitsijän mukaan lämpimän käyttöveden energiankulutuksen putoaminen johtuu todennäköisesti uusista taloudellisemmista vesikalusteista, kuten energiansäästöhanoista sekä huoneistokohtaisesta veden mittauksesta, jossa kukin asukas maksaa käyttövedestä oman kulutuksensa mukaan.



*Kuvaaja 4.3 Keskimääräiset lämpötilakohtaiset tuntienergiat kohde 3*

Kolmas laskentakohde on julkinen rakennus, jonka nykyinen kaukolämmön vuosikulu- tus on suuruusluokkaa 1700–1800 MWh. Kohteeseen on tehty parannuksia ilmanvaihtoon ja automaatioon. Ilmanvaihdon ilmavirrat sekä sisälämpötilat on tasapainotettu ja ilmanvaihdon lämmön talteenoton laitteistot on huollettu. Energiansäästötoimenpiteillä on saavutettu merkittäviä säästöjä lämmönkäytössä ja sääkorjattu energiankulutus on vähentynyt energiansäästötoimenpiteiden johdosta vuositasolla noin 41 %. Säästöt näyt- tävät painottuvan etenkin kylmemmille ajankohdille. Tämä selittyy ilmanvaihdon kautta syntyvien lämpöhäviöiden pienentymisellä.



Kuvaaja 4.4 Keskimääräiset lämpötilakohtaiset tuntienergiat kohde 4

Neljäs laskentakohde on kerrostalo, jonka nykyinen kaukolämmön vuosikulutus on suuruusluokkaa 100–150 MWh. Kohteeseen on vaihdettu ensin ikkunat ja parvekeovet, ja myöhemmin on tehty lämmitysjärjestelmän perussäätöjen tasapainotus. Kuvaajasta nähdään, että ikkunoiden ja parvekeovien uusimisilla ei ole ollut käytännössä energiaa säästävää vaikutusta.

Myöhemmin tehdyllä säätöjärjestelmän tasapainotuksella taas on saatu merkittäviä säästöjä, jotka painottuvat etenkin kylmille ajanjaksoille. Tämä voisi selittyä esimerkiksi sillä, että säätöjärjestelmien ollessa epätasapainossa energiatehokkaammat ikkunat ja ovet ovat aiheuttaneet vain sisälämpötilan nousua eikä lämmitysenergian käyttö ole tässä vaiheessa pienentynyt. Parvekeovien ja ikkunoiden uusimista saatu hyöty olisi tällöin näkynyt energiankäytön pienenemisenä vasta säätöjen parannuksen myötä. Sääkorjattu energian kulutus on vähentynyt säätöjen tekemisen jälkeen vuositasona noin 14 %.

### 4.3 Energiansäästötoimenpiteiden vaikutus verkon lämpökuormaan

Savon Voiman kannalta asiakkaiden energiansäästöpotentiaaliin perehtymisen sekä näiden laskelmien tekemisen tarkoituksena oli saada kuvaa siitä, millaisia asiakkaiden tekemien energiansäästötoimenpiteiden aikaansaamat energiansäästövaikutukset ovat suuruudeltaan ja rakenteeltaan. Kun tarkastellaan kokonaisia kaukolämpöverkkoja, yksittäiset toimenpiteet eivät ole merkittäviä vaan pidemmän aikavälin kaikkien verkon asiakkaiden yhteisvaikutus on ratkaisevaa.

Näiden laskettujen tapausten perusteella näyttäisi samalta kuin jo etukäteen aavistelimmekin: energiansäästötoimenpiteet leikkaavat kulutusta pois sitä enemmän mitä

alhaisempi on ulkolämpötila. Tämä selittyy sillä, että lämmityksen osuus kaukolämmönkäytöstä kasvaa kylminä aikoina. Tilojen lämmityksessä on myös enemmän mahdollisuuksia vaikuttaa energiansäästöön kuin käyttövedessä. Tarkasteluun ei otettu mukaan teollisuuden lämmönkäyttäjiä koska teollisuusasiakkaiden lämmönkäytön vaihteluita ei voi prosessilämmönkäytön vuoksi yleistää samalla lailla kuin tarkasteluun mukaan otetuilla asiakkaila, jotka lämmittävät vain pääosin tilojaan ja jonkin verran käyttövedettä.

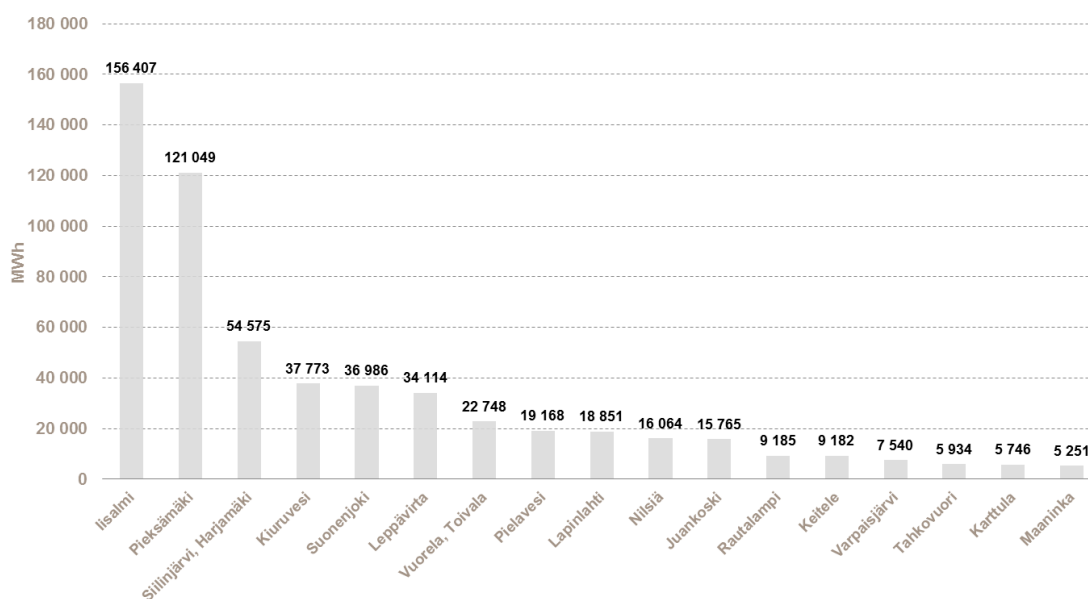
Energiansäästötoimenpiteiden vaikutusten myötä tulevaisuudessa yhä enemmän näyttäisi siis siltä, että kesän ja talven lämmönkulutusten ero pienenesi. Tämä olisi kaukolämpöyhtiön kustannusten kannalta hyvä asia, sillä se mahdollistaisi peruskuormalaitosten mitoittamisen entistä suuremmille huipunkäyttöajoille ja vähentäisi tätä kautta huippukuormalaitosten huipunkäyttöaikoja. Lisäksi tämä voisi tarkoittaa myös verkon huippukuormien pienenemistä sellaisissa verkoissa, joissa asiakasmäärän ei odoteta kasvavan, ja tällöin ei huippu- ja varateholaitoksia tarvitsisi mitoittaa yhtä suurille tehoille.

Tällaiset muutokset olisivat kuitenkin joka tapauksessa hitaita ja tulisivat näkyviin pikkuhiljaa rakennuskannan korjauksien ja uudistumisen myötä. Kaukolämpöyhtiöiden kannattaa kuitenkin olla mukana neuvomassa asiakkaita energiansäästötoimenpiteissä niiden pitkän aikavälin taloudellisten etujen sekä ennen kaikkea positiivisen julkisuuden vuoksi. Energiansäästötoimenpiteiden vaikutusten tutkimisella ei sinänsä ole aivan suoraa yhteyttä juuri tämän hetken kaukolämmön hinnoittelumalleihin, vaan tämän osion tarkoituksena oli saada kuvaa siitä, mihin suuntaan kaukolämmön kulutusrahenne on tulevaisuudessa menossa.

## 5 SAVON VOIMAN KAUKOLÄMPÖVERKOT

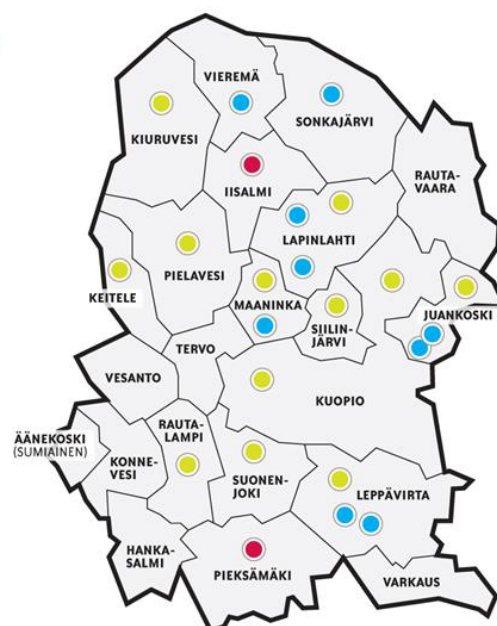
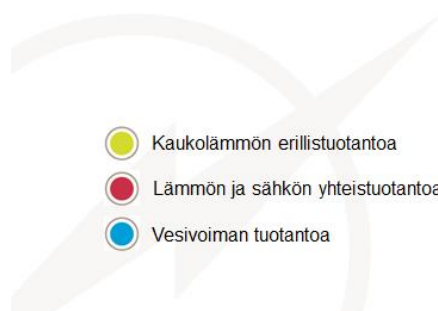
### 5.1 Savon Voiman kaukolämpöverkot yleisesti

Savon Voimalla on Pohjois- ja Etelä-Savossa yhteensä 19 kaukolämpöverkkoa, jotka sijoittuvat pääosin taajamiin ja pienehköihin kaupunkeihin. Lämmönmyyntimäärältään suurimpia verkkoja ovat Iisalmen ja Pieksämäen kaukolämpöverkot. Lopuissa pienemmissä verkoissa lämmön vuosittainen myynti vaihtelee muutamasta GWh:sta reiluun 50 GWh:iin. Kaukolämpöasiakkaita Savon Voimalla on kaikissa verkoissa yhteensä hieman alle 3000. Kaukolämpö tuotetaan Savon Voiman verkkoihin käyttäen polttoaineina pääosin turvetta ja puupolttoaineita. Huippu- ja varalämpökeskukset taas toimivat pääosin öljyllä. Alla olevissa kuvissa näkyvät Savon Voiman kaukolämpöverkkokohtaiset lämmön myynnit vuodelta 2013 sekä Savon Voiman kaukolämpöverkkojen sijainnit.



Kuva 5.1 Savon Voiman kaukolämpöverkkojen lämmön myynnit vuodelta 2013

- Tuotamme ja myymme kaukolämpöä 13 savolaiskunnan alueella 19 taajamassa, joista kahdella paikkakunnalla tuotamme myös sähköä (CHP).



Kuva 5.2 Savon Voiman kaukolämpöverkkojen sijainnit kartalla

## 5.2 Tyypiverkkojen muuttuvien tuotantokustannusten laskenta

### 5.2.1 Laskennan tausta ja tarkoitus

Kustannustietoisuus ja kustannusnäkökulma ovat tärkeä osa hinnoittelua. Tässä kappaleessa tehdään Suonenjoen ja Iisalmen kaukolämpöverkkojen osalta suuntaa antavat laskelmat lämmöntuotantokustannusten rakenteista. Iisalmen kaukolämpöverkko edustaa laskelmassa suurta tyypiverkkoa. Iisalmen kaukolämpöverkossa on tuotantolaitoksina yksi CHP-voimalaitos, yksi kiinteän polttoaineen tuotantolaitos sekä lisäksi muutama öljyä käyttävä huippu- ja varatuotantolaitos. Suonenjoen kaukolämpöverkko taas edustaa Savon Voiman verkoista pienehköä tai keskikokoista tyypiverkkoa. Suonenjoella tuotantolaitoksina ovat yksi kiinteän polttoaineen tuotantolaitos, kaksi öljyä käyttävää huippu- ja varalaitosta sekä yksi nestekaasua käyttävä huippu- ja varalaitos.

Laskelmilla on tarkoitus saada selville tuotantokustannuksien vaihtelu ja riippuvuus ajankohdasta sekä ulkolämpötilasta. Tuotantokustannukset ovat niitä kustannuksia joihin hintaohjauksella mahdollisesti voidaan vaikuttaa. Tästä syystä tässä työssä on keskitytty kustannuslaskennan osalta etenkin näihin kustannuksiin. Laskelmissa tutkitaan lyhyemmältä aikaväliltä vuorokausittaisen ja viikoittaisen lämmönkulutuksen vaihtelun vaikutusta ja pidemmältä aikaväliltä vuodenaikojen ja ulkolämpötilan vaikutusta tuotantokustannuksiin.

Kaikki tiedot kappaleesta 5.2, joista voi päästä käsiksi Savon Voiman polttoaineiden ostohintoihin, on poistettu tai pimennetty diplomityön julkisesta versiosta.



## 5.2.2 Polttoaineiden hankintakustannusten laskenta

Laskennassa on lähdetty liikkeelle kokoamalla Savon Voiman CHP-laitoksissa sekä lämpökeskuksissa käytettyjen polttoaineiden ostohintoja vuoden 2013 tammikuun ja joulukuun alun väliseltä ajalta. Polttoaineiden hinnat laitoksille toimitettuina on saatu Savon Voiman sisäisestä raportointityökalusta QlikViewistä.

## 5.2.3 Päästöoikeuksien ja turveveron vaikutukset

Suonenjoen osalta päästöoikeuksia ei tarvitse tuotantolaitosten pienten kokojen vuoksi hankkia. Iisalmen osalta taas päästöoikeudet täytyy hankkia ja ottaa mukaan laskentaan. Päästöoikeudet huomioidaan laskennassa yksinkertaisuuden vuoksi siten, että käytetään päästöoikeuksille tämänhetkistä päästöoikeuden hintaa ja oletetaan, että ilmaisia päästöoikeuksia ei ole.

Tällöin saadaan päästöoikeuksien vaikutus myös otettua yksinkertaistetusti huomioon sen suuntaisesti kuin ne tulevat mahdollisesti tulevaisuudessa vaikuttamaan. Alla olevaan taulukkoon on laskettu päästöoikeuksista johtuvat polttoainekohtaiset ominaiskustannukset polttoaineen tehollista lämpöarvoa kohti. Päästöoikeuden hintana on käytetty arvoa 5€/t(CO<sub>2</sub>). Polttoaineiden energiasisältöjä vastaavat hiilidioksidimäärät eli ominaispäästökertoimet on saatu Tilastokeskuksen internetsivuilta.

*Taulukko 5.1 Hiilidioksidipäästön polttoainekohtainen ominaiskustannus [Polttoaineluokitus, Tilastokeskus]*

	Jyrsinturve	Palaturve	POK	POR	Nestekaasu
Ominaispäästökerroin t(CO <sub>2</sub> )/TJ	105,9	102	72,5	78,8	65
Ominaispäästökerroin t(CO <sub>2</sub> )/MWh	0,38124	0,3672	0,261	0,28368	0,234
Päästöoikeuden hinta €/t(CO <sub>2</sub> )	5				
<b>CO<sub>2</sub> päästön ominaiskustannus €/MWh</b>	<b>1,9062</b>	<b>1,836</b>	<b>1,305</b>	<b>1,4184</b>	<b>1,17</b>

Turvevero tulee maksettavaksi kun turvetta käytetään tuotantolaitoksessa yli 5000 MWh vuodessa. Molemmassa sekä Suonenjoella että Iisalmissa tuo raja ylittyy, joten turvevero otetaan mukaan laskentaan. Turvevero on vuoden 2013 alusta alkaen 4,9 €/MWh ja nousee näillä näkymin vuoden 2015 alusta arvoon 5,9 €/MWh. Turveverona käytetään laskennassa arvoa 5,9 €/MWh.

## 5.2.4 Hyötysuhteiden vaikutus

Tässä kappaleessa on tutkittu verkkokohtaisesti kuukausittaisia verkosto- ja tuotantohyötysuhteita.

### Verkostohyötysuhteet:

Kuukausittaisista lämmönmyyntitiedoista sekä kuukausittaisista lämmöntuotantotiedoista on kummallekin verkolle laskettu kuukausittaiset verkostohyötysuhteet. Verkostohyötysuhde on laskettu Iisalmen ja Suonenjoen verkkojen lisäksi myös Leppävirran verkolle koska tuloksissa näkyi niin suuria vaihteluita, että haluttiin vielä yksi vertailukohde.

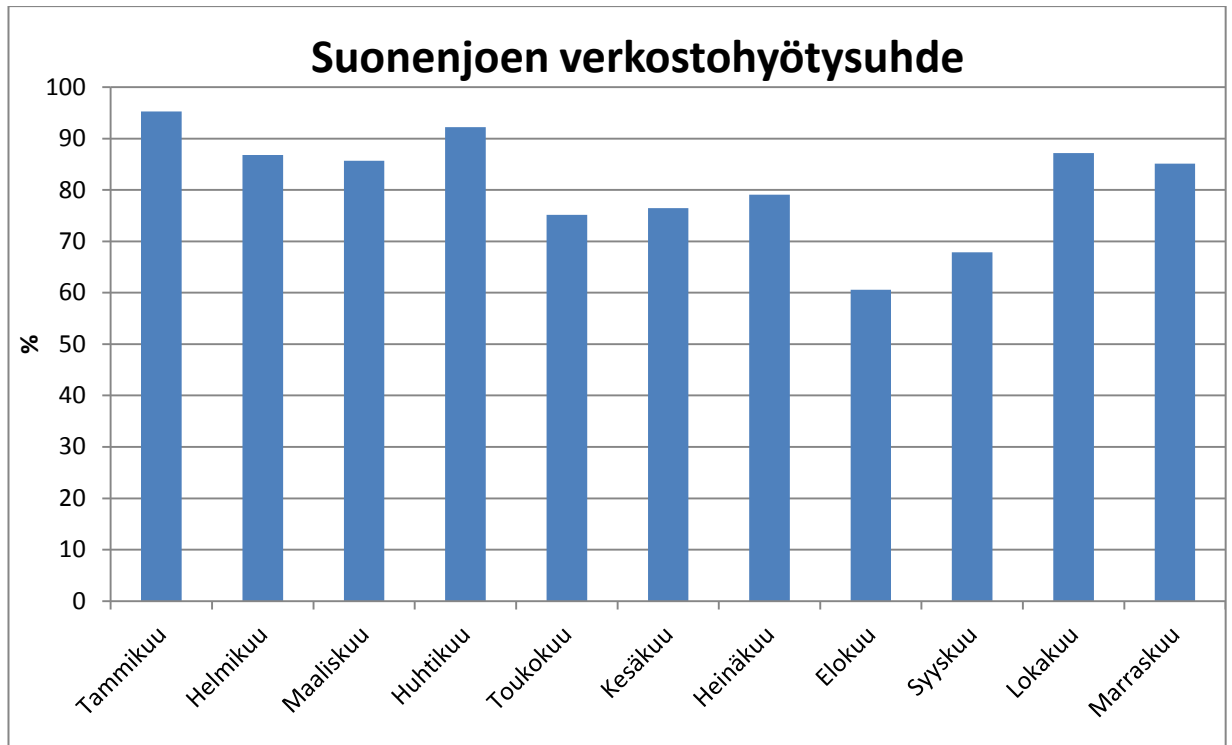
Hyötysuhteissa näkyvät vaihtelut voivat johtua datan laadusta, joten alla olevia kuvaajia onkin tarkasteltava kriittisesti ja vain suuntaa antavina. Trendi näyttäisi kuitenkin olevan, että verkostohyötysuhde on parempi talvisaikaan kuin kesäaikaan. Keskimäärin verkostohyötysuhde näyttäisi olevan lokakuun ja huhtikuun välisenä aikana suuruusluokkaa 85–90 %. Toukokuun ja syyskuun välisenä aikana lasketut verkostohyötysuhteet taas ovat melko alhaisia vaihdellen välillä 60–80 %.

Kesäajan huonommat verkostohyötysuhteet selittyvät sillä, että kesäaikaan lämmönkäyttö on vähäisempää jolloin myös virtaamat kaukolämpöverkossa ovat vähäisemmät. Vaikka absoluuttiset lämpöhäviöt ovat talvisaikaan suuremmat kuin kesällä, suhteessa putkessa liikkuvaan energiaan verrattuna ovat häviöt suuremmat kesäaikaan.

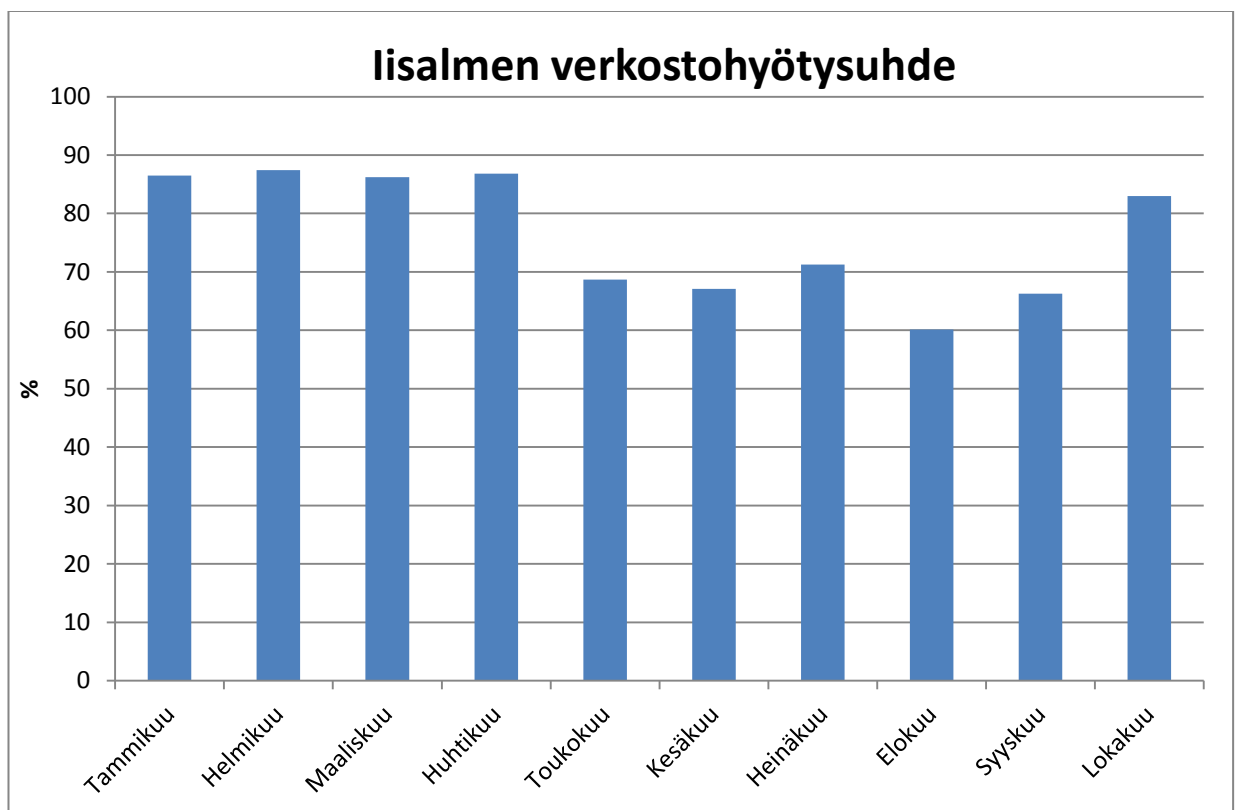
Suonenjoen ja Iisalmen verkostohyötysuhteet ovat laskennan perusteella huonoimmat elo- ja syyskuussa. Kesällä kaukolämpöverkon veden lämpötila on alhaisempi ja syksyllä verkon lämpötilaa taas nostetaan. Tällöin verkon lämpötilan nostoon menevää energiaa ei myydä asiakkaille vaan se menee laskennassa häviöihin. Tämä energiamäärä on kuitenkin promilleluokkaa verkon kuukausittaisesta lämmönmyynnistä, joten sillä ei pitäisi olla merkittävää vaikutusta kuukausittaiseen hyötysuhteeseen.

Myös kaukolämpöverkon lähiympäristön mahdollinen viileneminen kesäaikana verkon alempien lämpötilojen vuoksi voisi nostaa syksyllä verkostohäviöitä kun kaukolämpöverkon lämpötilaa taas nostetaan. Tällöin elo-syyskuussa lämpötilaero verkon ja ympäristön välillä kasvaisi ja tämä aiheuttaisi ylimääräisiä verkostohäviöitä. Maaperän lämmönsitomisteoria on vain puhdasta spekulointia, johon ei ole sen tarkemmin perehdytty.

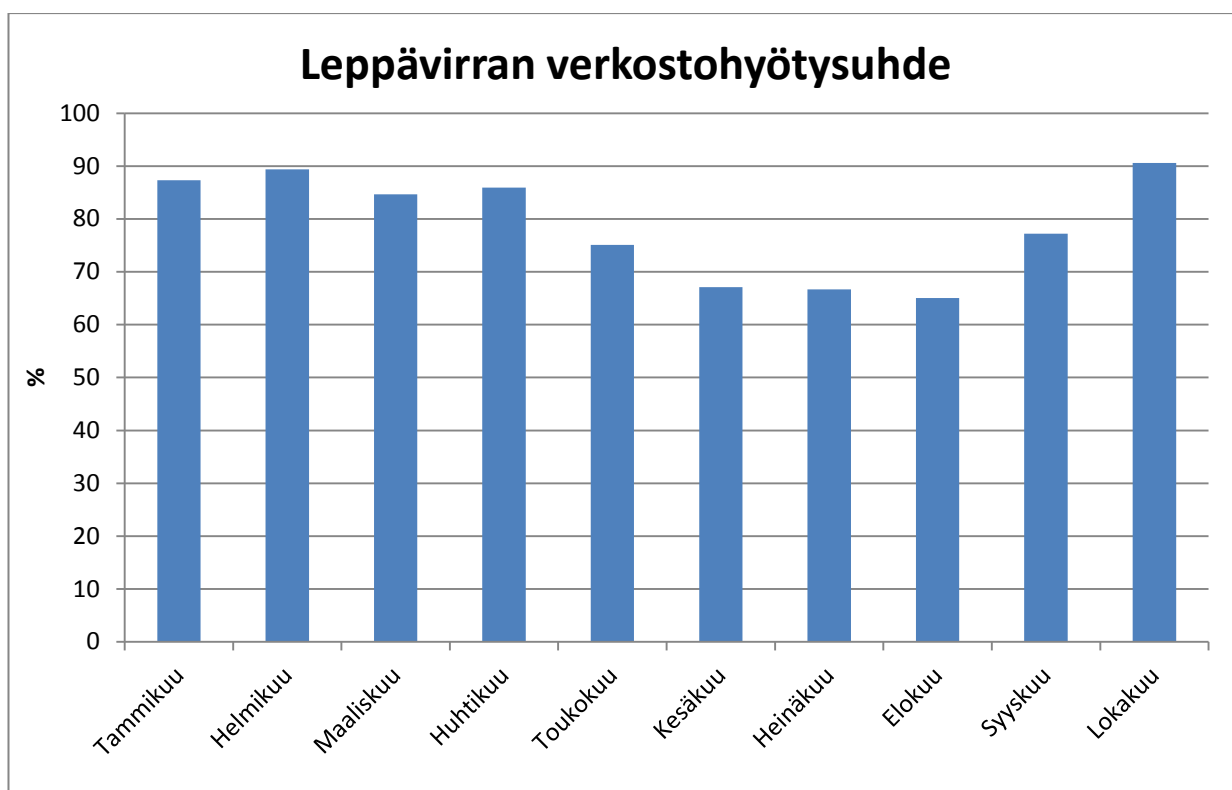
Elo-syyskuun hyötysuhteiden arvojen heilahtelut johtuvat kuitenkin todennäköisimmin epätarkkuudesta kuukausittaisessa tuotantodatassa. Tätä teoriaa tukee se, että Leppävirran verkon hyötysuhteissa ei vastaavaa heilahdusta ole. Laskennassa verkostohyötysuhteena käytetään molemmille verkoille loka-huhtikuun väliselle talviajalle arvoa 85 % ja Touko-syyskuun väliselle kesäajalle arvoa 70 %.



Kuvaaja 5.1 Suonenjoen kuukausittainen verkostohyötysuhde



Kuvaaja 5.2 Iisalmen kuukausittainen verkostohyötysuhde



Kuvaaja 5.3 Leppävirran kuukausittainen verkostohyötysuhde

### Tuotantohyötysuhteet:

Laskennassa käytetyt tuotantohyötysuhteet ovat Iisalmen käyttöpäällikön Aki Rantosen arvioimia. Huippukuormalaitosten tuotantohyötysuhteena käytetään käyttöasteesta riippumatta arvoa 88 %. Kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten hyötysuhteena käytetään arvoa 85 % kun käyttöteho on yli 50 % laitoksen maksimitehosta ja arvoa 80 % kun käyttöteho alittaa 50 % laitoksen maksimitehosta. Suonenjoella on käytössä savukaasupesuri, joka hyödyntää savukaasuun sitoutuneen vesihöyryn lämpöenergiaa ja siirtää energian kaukolämpöverkkoon. Pesurin vaikutus tuotantokustannuksiin otetaan huomioon Suonenjoen verkkoa laskettaessa.

### 5.2.5 Tuotantolaitoskohtaiset tuotantokustannukset

Tuotantokustannuksina käytetään tässä laskelmassa veroilla ja päästöoikeuksilla korjattuja polttoaineiden hankintakustannuksia, joissa on huomioitu hyötysuhteet. Tuotantokustannuksiin ei ole huomioitu esimerkiksi omakäyttösähköä, mutta laskennassa huomioitujen tekijät riittävät tämän laskennan tarkoituksiin, koska laskelman perimmäinen tarkoitus on näyttää tuotantokustannusten jakautuminen ja suuruusluokka.

Tuotantokustannukset on laskettu molemmille verkoille erikseen tuotantolaitoskohtaisesti. Tuotantolaitoksissa, joissa käytetään useampaa kuin yhtä polttoainetta, tuotantolaitoskohtainen tuotantokustannus on laskettu painotettuna keskiarvona käytettyjen

polttoaineiden suhteen. Näissä tuotantolaitoksissa eri polttoaineiden käytön suhde on oletettu vakioksi vuodenaikojen suhteen.

## **Suonenjoen verkon tuotantolaitoskohtaiset tuotantokustannukset:**

Suonenjoen verkossa on vuonna 2013 ollut merkityksellistä käyttöä kiinteän polttoaineen laitoksella BIO LK25, öljykattilalla ÖLJY LK25 ja nestekaasukäyttöisellä KAASU LK84:llä. Hyötysuhteet huomioivat tuotantokustannukset on laskettu tuotantolaitoskohtaisesti alle. Hinnasta puhuttaessa tarkoitetaan polttoaineen hankintahintaa, johon sisältyy turvevero.

### **BIO LK25:**

Käytettyjä polttoaineita ovat olleet metsäpolttoaine (puu), jonka osuus tuotantolaitoksen polttoaine-energiankäytöstä on ollut noin 42 % ja hinta ■■■ €/MWh; jyrshinturve, jonka osuus on ollut noin 41 % ja hinta ■■■ €/MWh sekä teollisuuden puutähte, jonka osuus on ollut noin 17 % ja hinta ■■■ €/MWh. Keskimääräiseksi painotetuksi hinnaksi saadaan tällöin ■■■ €/MWh.

Ajattaessa laitosta yli 50 % teholla maksimikuormasta käytetään tuotantohyötysuhteena arvoa 85 %, ja ajattaessa alle 50 % teholla käytetään tuotantohyötysuhteen arvoa 80 %. Ottamalla nämä hyötysuhteet huomioon saadaan ennen verkostohäviöitä olevaksi tuotantokustannukseksi suuremman tehon tapauksessa ■■■ €/MWh ja pienemmän tehon tapauksessa ■■■ €/MWh.

Kun huomioidaan vielä verkostohyötysuhteiden kesäajan 70 % ja talviajan 85 % vaikutus, saadaan suuremman tehon tapauksessa tuotantokustannukseksi myytyä energiaa kohti kesäajalle ■■■ €/MWh ja talviajalle ■■■ €/MWh. Pienemmän tehon tapauksessa saadaan vastaaviksi kustannuksiksi kesäajalle ■■■ €/MWh ja talviajalle ■■■ €/MWh.

### **ÖLJY LK25:**

Polttoaineena on ollut käytännössä pelkästään kevyt polttoöljy, jonka hinta on keskimäärin ■■■ €/MWh. Kun tähän huomioidaan tuotantohyötysuhde 88 %, ennen verkostohäviöitä olevaksi tuotantokustannukseksi saadaan ■■■ €/MWh. Kun tähän huomioidaan vielä verkostohyötysuhteet 70 % ja 85 %, saadaan ÖLJY LK25:lle tuotantokustannukseksi myytyä energiaa kohti kesäajalle ■■■ €/MWh ja talviajalle ■■■ €/MWh.

### **KAASU LK84:**

Polttoaineena on ollut nestekaasu, jonka hinta on keskimäärin ■■■ €/MWh. Kun tähän huomioidaan tuotantohyötysuhde 88 %, ennen verkostohäviöitä olevaksi tuotantokustannukseksi saadaan ■■■ €/MWh. Kun tähän huomioidaan vielä verkostohyötysuhteet 70 % kesäajalle ja 85 % talviajalle, tuotantokustannukseksi myytyä energiaa kohti KAASU LK84:lle kesäajalle ■■■ €/MWh ja talviajalle ■■■ €/MWh.

Suonenjoen verkon tuotantolaitoskohtaiset tuotantokustannukset on koottu alla olevaan taulukkoon. Ylemmät arvot ovat lämmöntuotantokustannuksia kaukolämpöverkkoon syötettyä energiaa kohti. Näissä ei ole huomioitu verkostohyötysuhdetta. Alemmat arvot ovat lämmöntuotantokustannuksia asiakkaille myytyä energiaa kohti. Näissä on huomioitu myös verkostohyötysuhde.

Kiinteän polttoaineen tuotantolaitokselle tuotantokustannukset on laskettu erikseen suurelle ja pienelle käyttöteholle, koska tällöin tuotantohyötysuhdekin muuttuu. Myytyä energiaa kohti olevat tuotantokustannukset on jaettu vielä erikseen talviajalle ja kesäajalle sen vuoksi, että verkostohyötysuhde vaihtelee vuodenaikojen mukaan.

*Taulukko 5.2 Suonenjoen kaukolämpöverkon tuotantolaitosten tuotantokustannukset*  
SALATTU TAULUKKO

## **Iisalmen verkon tuotantolaitoskohtaiset tuotantokustannukset:**

Iisalmen verkossa on vuonna 2013 ollut merkityksellistä käyttöä CHP-voimalaitoksella VL2, kiinteän polttoaineen laitoksella LK67 ja öljykattiloilla LK67, LK91 ja LK96. Hyötysuhteet huomioivat tuotantokustannukset on laskettu laitoskohtaisesti alle. Hinnasta puhuttaessa tarkoitetaan polttoaineen hankintahintaa, johon on huomioitu turveveron ja päästöoikeuden vaikutus.

### **VL2 + LK67 (KPA):**

Voimalaitos ajatellaan yksinkertaistamisen vuoksi tässä laskennassa lämpökeskuksena, jolloin otetaan huomioon vain voimalaitoksen tuottama kaukolämpöenergia ja jätetään sähköntuotanto huomioimatta. Voimalaitokselle ja kiinteän polttoaineen lämpökeskukselle on yksinkertaistamisen vuoksi tässä laskennassa laskettu yhteiset tuotantokustannuksien arvot.

Laskennan tarkoitus on löytää tilanteet, jolloin selvästi tuotantokustannuksiltaan kalliimpia huippukuormalaitoksia ajetaan, joten halvan voimalaitoksella tuotetun tai halvan kiinteän polttoaineen laitoksella tuotetun lämmön tuotantokustannusten käsitteleminen yhtenä laitoksena on mahdollista.

Käytettyjä polttoaineita ovat olleet: jyrshinturve, jonka osuus polttoaineenergiankäytöstä on ollut 66,2 % ja hinta ■■■ €/MWh; palaturve, jonka osuus on ollut 0,4 % ja hinta ■■■ €/MWh; metsähake, jonka osuus on ollut 9,4 % ja hinta ■■■ €/MWh; metsätähdehake, jonka osuus on ollut 8,0 % ja hinta ■■■ €/MWh; sahanpurut, joiden osuus on ollut 11,4 % ja hinta ■■■ €/MWh; puupelletit ja briketit, joiden osuus on ollut 3,4 % ja hinta ■■■ €/MWh sekä purku- ja rakennustoiminnan purkutähteet, joiden osuus on ollut 1,2 % ja hinta ■■■ €/MWh. Näistä lasketuksi painotetuksi keskimääräiseksi hinnaksi saadaan tällöin ■■■ €/MWh.

Tuotantohyötysuhteen arvona käytetään arvoa 85 % kun laitoksia ajetaan yli 50 % teholla maksimitehosta, ja arvoa 80 % kun laitosta ajetaan alle 50 % teholla maksimitehosta. Ottamalla nämä hyötysuhteet huomioon, saadaan ennen verkostohäviöitä ole-

vaksi tuotantokustannukseksi suuremman tehon tapauksessa ■■■ €/MWh ja pienemmän tehon tapauksessa ■■■ €/MWh.

Kun huomioidaan vielä verkostohyötysuhteiden kesäajan 70 % ja talviajan 85 % vaikutus, saadaan suuremman tehon tapauksessa tuotantokustannukseksi myytyä energiaa kohti kesäajalle ■■■ €/MWh ja talviajalle ■■■ €/MWh. Pienemmän tehon tapauksessa saadaan vastaaviksi kustannuksiksi kesäajalle ■■■ €/MWh ja talviajalle ■■■ €/MWh.

### **LK67 + LK91 + LK96 (ÖLJYKATTILAT):**

Öllykattiloille on laskettu voimalaitoksen ja kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen tapaan yhteiset tuotantokustannuksien arvot. Käytettyjä polttoaineita ovat olleet: raskas polttoöljy, jonka osuus öljykattiloiden polttoaine-energian käytöstä on ollut 89,5 % ja hinta ■■■ €/MWh sekä kevyt polttoöljy, jonka osuus on ollut 10,5 % ja hinta ■■■ €/MWh. Näistä lasketuksi painotetuksi keskihinnaksi saadaan ■■■ €/MWh.

Tuotantohyötysuhteena käytetään öljykattiloissa arvoa 88 % ympäri vuoden. Huomioimalla tuotantohyötysuhde saadaan tuotantokustannukseksi ■■■ €/MWh. Kun huomioidaan vielä verkostohyötysuhteiden vaikutus 70 % ja 85 % saadaan kesäajan tuotantokustannukseksi myytyä energiaa kohti ■■■ €/MWh ja talviajan vastaavaksi kustannukseksi ■■■ €/MWh.

Iisalmen verkon tuotantolaitostyyppikohtaiset tuotantokustannukset on koottu alla olevaan taulukkoon. Ylemmät arvot ovat lämmöntuotantokustannuksia kaukolämpöverkoon syötettyä energiaa kohti. Näissä ei ole huomioitu verkostohyötysuhdetta. Alemmat arvot ovat lämmöntuotantokustannuksia asiakkaille myytyä energiaa kohti. Näissä on huomioitu myös verkostohyötysuhde.

Kiinteän polttoaineen tuotantolaitoksille tuotantokustannukset on laskettu erikseen suurelle ja pienelle käyttöteholle. Myytyä energiaa kohti olevat tuotantokustannukset on jaettu vielä erikseen talviajalle ja kesäajalle sen vuoksi, että verkostohyötysuhde vaihtelee eri vuodenaikojen mukaan.

*Taulukko 5.3 Iisalmen kaukolämpöverkon tuotantolaitosten tuotantokustannukset*  
SALATTU TAULUKKO

## **5.2.6 Kaukolämpöverkkojen tuotantokustannusjakaumat**

### **Iisalmen tuotantokustannusjakaumat**

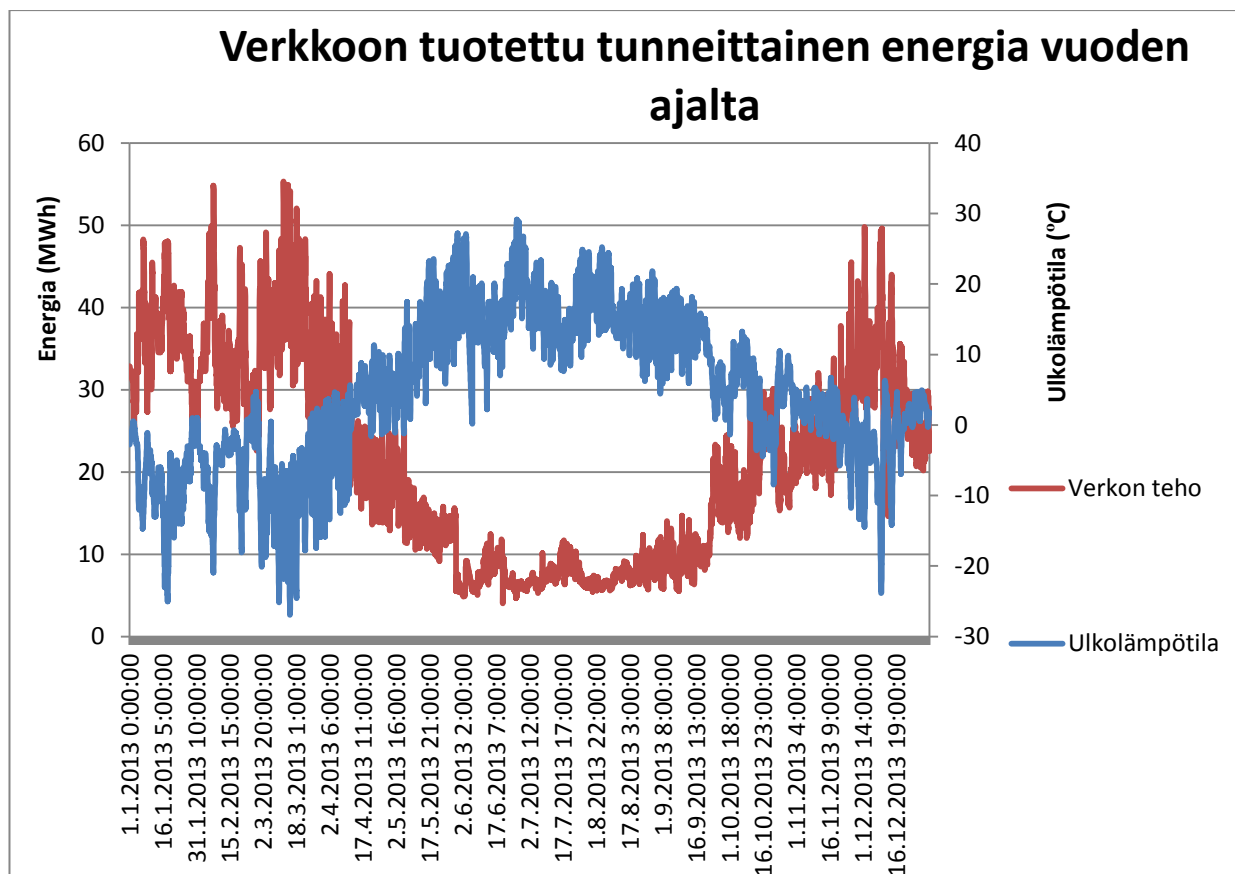
Ominaisuustuotantokustannusjakaumat on tehty Iisalmen verkon tuotantolaitosten vuoden 2013 tunneittaisesta tuotantodatasta. Tuotantodata on saatu tuotantolaitosten automaatiojärjestelmistä ja sen on hankkinut minulle Kari Anttonen Savon Voimalta. Datassa on kunkin Iisalmen tuotantolaitoksen keskimääräinen tunneittainen tuotantoteho sekä Iisalmen tunneittaiset ulkolämpötilat.

Tuotantodata on puutteellista välillä 11.1.2013 – 5.2.2013. Tuolle välille on haettu tunneittaisiksi lämpötiloiksi Rissalan lentokentän lämpötilat Siilinjärveltä, ja tunneittaisina laitoskohtaisina tuotantotietoina on käytetty näitä ulkolämpötiloja vastaavia keskiarvo-jatehoja. Keskiarvot on laskettu lämpötila-astekohtaisesti käyttäen vuoden 2013 tuotantodataa pois lukien puutteellinen aikaväli 11.1 – 5.2.

Tuotantodatasta on myös pyyhitty öljynkäytöstä pois dataa väliltä 23.7 – 21.9. Tuolloin on tuotantodatan mukaan ollut pientä jatkuvaa öljynkäyttöä vaikka kiinteän polttoaineen laitos on ollut päällä alle täydellä teholla. Tämän datan virheellisyys tarkastettiin Iisalmen käyttöpäällikkö Aki Rantoselta. Tuotantokustannusten arvoina on käytetty kappaleessa 5.2.5 laskettuja tuotantolaitoskohtaisia tuotantokustannusten arvoja verkkoon tuotettua energiaa kohti.

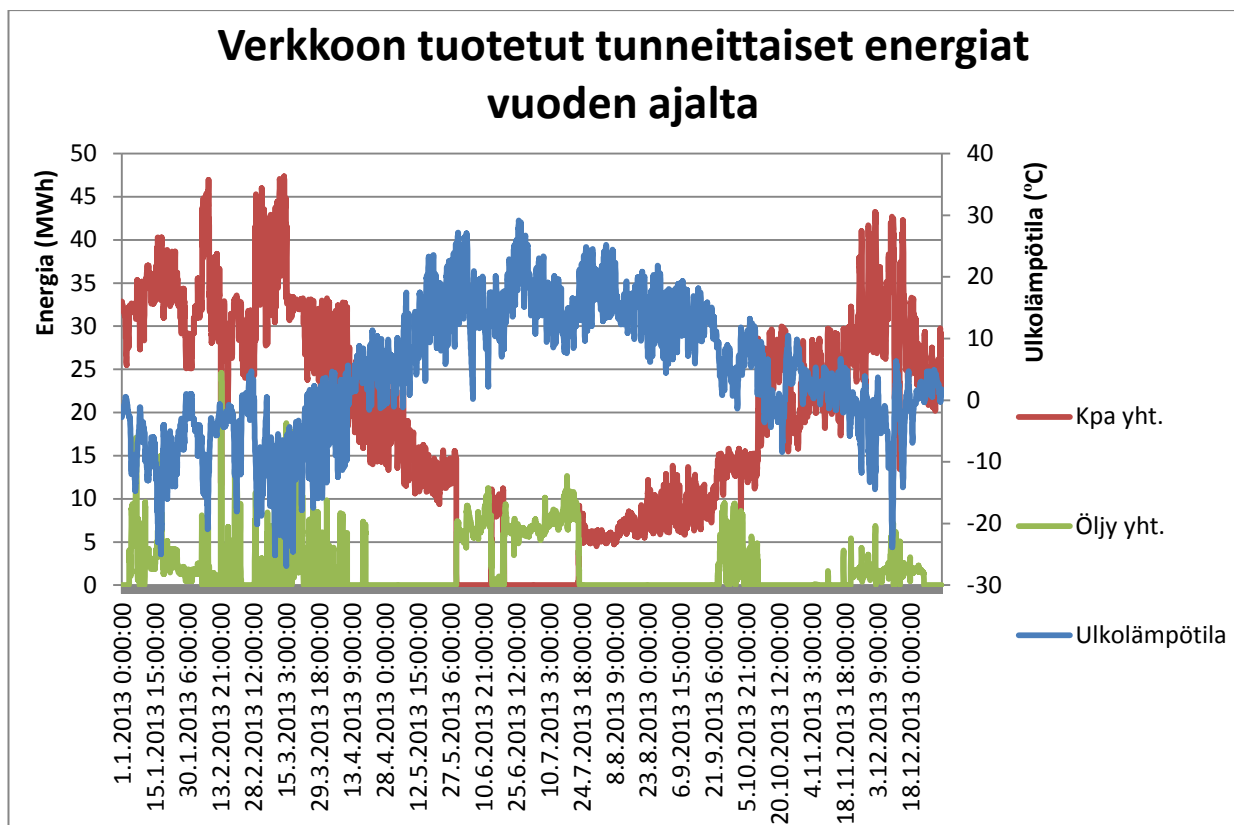
### Verkkoon tuotetut energiat

Alla oleviin kuvaajiin on koottu verkkoon tuotetut tuntienergiat vuoden ajalta. Ylemmässä kuvaajassa on verkkoon tuotettu energia yhteensä ja alemmassa kuvaajassa on kiinteän polttoaineen laitojen ja öljykattiloiden tuottamat energiat eroteltu toisistaan.



Kuvaaja 5.4 Iisalmen tuotantodata vuodelta 2013





Kuvaaja 5.5 Iisalmen tuotantolaitoskohtainen tuotantodata vuodelta 2013

Kuvaajista nähdään vuodenaikojen välinen suuri vaihtelu tuotantomäärissä sekä tuotantomäärien riippuvuus ulkolämpötilasta. Alemmasta kuvaajasta näkyy hyvin myös kiinteän polttoaineen ja öljyn käytön ajoittuminen vuoden ajalle. Öljyn käytöstä noin 50 % on ajoittunut kesän huoltoseisokkien ajalle ja 50 % muulle ajalle. Huoltoseisokkien ulkopuolisesta öljyn käytöstä suurin osa on ajoittunut alkuvuodelle 2013.

### Vuoden tuotantokustannusjakaumat

Tunneittaisista tuotantotiedoista on laskettu tunneittainen tuotantokustannusjakauma verkkoon tuotettua energiaa sekä asiakkaalle myytyä energiaa kohti. Tuotantokustannus verkkoon tuotettua energiaa kohti on kiinteän polttoaineen laitokselle sekä voimalaitokselle ■■■ €/MWh kun laitosta ajetaan yli 50 % teholla maksimitiehasta ja ■■■ €/MWh kun laitosta ajetaan alle 50 % teholla. Tuotantokustannus öljykattiloille on ■■■ €/MWh.

Kiinteän polttoaineen laitoksen sekä voimalaitoksen tuotantokustannusten määrittämisessä on otettu huomioon laitosten käyttöasteen vaikutus tuotantokustannukseen tunneittain. Asiakkaille myytyä energiaa kohti olevissa tuotantokustannuksissa on käytetty verkostohyötysuhteiden arvoina loka-huhtikuulle 85 % ja touko-syyskuulle 70 %. Hyötysuhteet on laskettu kappaleessa 5.2.4.

Tunneittaiset ominaistuotantokustannukset on laskettu painotettuna keskiarvona eri laitosten tuotantokustannuksista kultakin tunnilta. Painotus on tehty tuotetun ener-

giamäärän suhteen. Verkkoon tuotettua energiaa ja asiakkaille myytyä energiaa kohti olevien tuotantokustannusten tunneittaiset jakaumat näkyvät alla olevissa kuvaajissa.

#### SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.6 Verkkoon tuotettua energiaa kohti olevien tuotantokustannusten jakautuminen*

#### SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.7 Asiakkaille myytyä energiaa kohti olevien tuotantokustannusten jakautuminen*

Kuvaajissa korostuu etenkin kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten kesäaikaisten huoltoseisokkien vaikutus tuotantokustannuksiin. Tuolloin on käytetty polttoaineena pelkkää öljyä, jolloin ominaistuotantokustannus nousee korkeaksi. Alemmassa kuvaajassa myös kesäajan huonompi verkostohyötysuhde kasvattaa kesäajan tuotantokustannusta entisestään.

Kuvaajista on nähtävissä kylmien ulkolämpötilojen aiheuttama tuotantokustannusten kasvu. Sen sijaan vuodenaikojen mukaisia selkeitä tuotantokustannusten suuruuseroja ei Iisalmissa ole nähtävissä, jos kesän huoltoseisokki jätetään huomiotta. Tuotantokustannusten jakautumista eri kausien välillä on laskettu tarkemmin pidemmällä työssä.

### **Viikon tuotantokustannusjakaumat**

Alle on otettu vuoden tunneittaisesta kustannusjakaumasta 2 viikon mittaista ajanjaksoa. Ensimmäinen on vuoden 2013 syyskuun lopulta ja jälkimmäinen vuoden 2013 maaliskuun alusta. Kyseiset ajankohdat on valittu sillä tavoin, että ne edustavat erityyppistä tilannetta kaukolämpöverkon kuormassa ja tästä syystä tuotantolaitosten käytössä.

#### SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.8 Viikon tuotantokustannusjakauma syyskuussa*

#### SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.9 Viikon tuotantokustannusjakauma maaliskuussa*

Syyskuun kuvaajasta erottuu tuotantokustannuksissa aamu- ja alkuiltahuippuja, jotka johtuvat öljyn käytöstä, kun taas maaliskuun kuvaajassa kyseisiä huippuja ei ole. Syyskuun kuvaajan tilanteessa kiinteän polttoaineen tuotantolaitos on ollut päällä ja tuotantoteho on ollut lähes maksimissa, ja tästä syystä lyhyet vuorokauden sisäiset kulutuspiikit on jouduttu kattamaan öljyllä.

Alemman kuvaajan tilanteessa taas kylmien ulkolämpötilojen vuoksi sekä voimalaitos, että kiinteän polttoaineen laitos ovat olleet päällä, jolloin vuorokausivaihte-

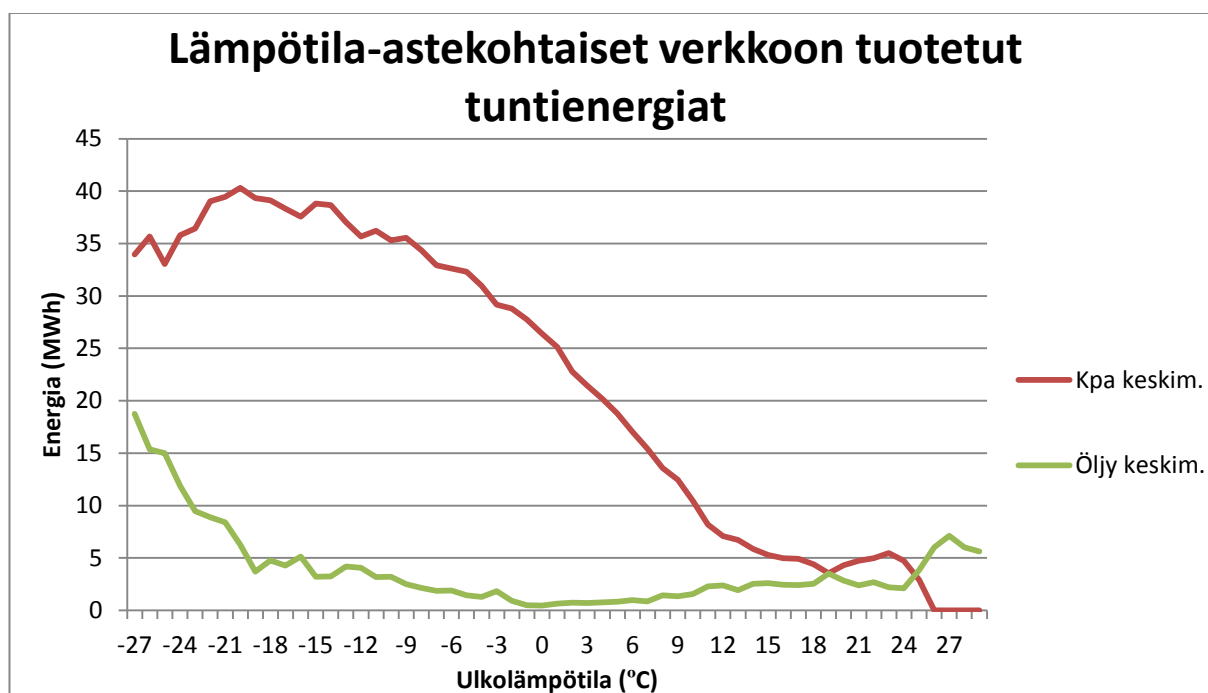
luista aiheutuneita piikkejä ei ole tarvinnut hoitaa öljyllä. Kuvaajassa näkyvät piikit johduvat vuorokautisten heilahtelujen sijasta ulkolämpötilan muutoksista tai ovat muita satunnaisia kulutuspiikkejä.

Tilannetta yleisemmin tutkittaessa vuoden jakaumasta nähdään, että osassa tapauksista aamu- ja alkuiltakulutuspiikit saadaan hoidettua kiinteän polttoaineen laitoksilla ja osassa tapauksista käynnistyvät öljykattilat, jotka näkyvät piikkinä tuotantokustannuksissa. Laskennan perusteella näyttäisi siltä, että hintaohjauksen mahdollisuutta vuorokausitasollakin kannattaa selvittää. Iisalmen käyttöpäällikkö Aki Rantonen oli sitä mieltä, että aamupiikit voivat olla merkityksellisiä mutta iltapiikkien vaikutus vuositasolla taas on melko vähäinen.

Aamupiikkien kustannuseron merkitystä muihin vuorokauden aikoihin nähden selvitetään tarkemmin pidemmällä työssä alustavien hinnoittelumallien suunnittelu kohdassa. Aamupiikkejä karsivaan hintaohjausvaikutukseen voitaisiin päästä esimerkiksi hinnoittelemalla aamun tunnit energiamaksun osalta erikseen tai käyttämällä jonkinlaista usein muuttuvaa tehomaksua, joka perustuu todellisiin tehohippuihin.

### Lämpötila-astekohtaiset tuotetut energiat

Alla olevaan kuvaajaan on koottu lämpötila-astekohtaiset keskimääräiset tuntienenergiat kiinteän polttoaineen laitoksille ja öljykattiloille. Kutakin kokonaista lämpötila-astetta vastaavista tuntienenergioista on otettu keskiarvot erikseen kiinteän polttoaineen laitoksille ja öljykattiloille.



Kuvaaja 5.10 Lämpötila-astekohtaiset laitosten tuottamat energiat

Kuvaajasta näkyy, että öljyn käyttö alkaa keskimäärin kasvaa selvemmin vasta ulkolämpötilan alittaessa  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kuvaajassa Kpa tarkoittaa voimalaitoksen ja kiinteän polttoaineen laitoksen keskimääräistä lämpötila-astekohtaista tuotantokustannusta. Kpa:lla tuotetut keskimääräiset tuntienenergiat eivät nouse kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten todelliseen yhteenlaskettuun maksimilämpötehoon noin 46 MW asti, koska kiinteän polttoaineen laitos on välillä kovillakin pakkasilla ollut alhaalla sen vuoksi, että pakkasjakso on ollut lyhytkestoinen.

Talviajan tuotantokustannusten melko matalat arvot Iisalmissa selittyvät sillä, että kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten maksimiteho on niin korkea, että se riittää kuvaajan perusteella jopa  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$  ulkolämpötilaan asti. Vasta tämän rajalämpötilan jälkeen kaikki lisäteho jouduttaisiin tuottamaan öljyllä.

Todellisuudessa kuitenkin ainakin aamupiikkien kattamiseen öljy joudutaan ottamaan käyttöön jo aiemmin. Iisalmen käyttöpäällikkö Aki Rantosen arvio oli, että öljyä ruvetaan tarvitsemaan aamupiikkien kattamiseen jo kun lämpötila alittaa  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jos aamupiikkien aikaan käytetty öljy jätetään huomioimatta, Aki Rantosen arvioi, että ollaan lähempänä tässä laskelmassa saatua rajalämpötilaa. Hänen arvionsa kuitenkin oli, että tuolloinkin puhutaan  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  tai  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$  asteen ulkolämpötiloista.

Laskelmassa saadun tuloksen ja Rantosen arvion ero voisi johtua siitä, että alle  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilat ovat yleensä vain lyhyehköjä ajanjaksoja, jolloin yksittäiset pakkashuiput eivät ehdi näkymään lämmönkulutuksessa yhtä merkittävästi kuin jos lämpötilat pysyisivät alhaisina pidempään. Todellisuudessa verkon lämpökuorma seuraa ulkolämpötilaa pienellä viiveellä, eivätkä nopeat lämpötilan heilahtelut näy vastaavasti verkon lämpökuormassa yhtä terävinä piikkeinä.

## **Lämpötila-astekohtaiset tuotantokustannukset**

Alla oleviin kuvaajiin on koottu lämpötila-astekohtaiset keskimääräiset tuotantokustannukset verkkoon tuotettua energiaa ja asiakkaille myytyä energiaa kohti. Tuotantokustannukset on laskettu kullekin lämpötila-asteelle erikseen ottamalla keskiarvo kutakin kokonaista lämpötila-astetta vastaavista tunneittaisista tuotantokustannuksista.

### **SALATTU KUVAAJA**

*Kuvaaja 5.11 Lämpötila-astekohtainen tuotantokustannus verkkoon tuotettua energiaa kohti*

### **SALATTU KUVAAJA**

*Kuvaaja 5.12 Lämpötila-astekohtainen tuotantokustannus asiakkaille myytyä energiaa kohti*

Kuvaajista nähdään, että keskimääräinen lämpötila-astekohtainen tuotantokustannus on ollut suuri lämpötilojen ollessa korkeita. Keskimääräinen lämpötila-astekohtainen tuo-

tantokustannus rupeaa kasvamaan jo lämpötilan ylittäessä 7-8 °C. Tämä johtuu kesän huoltoseisokeista ja syksyn öljyn käytöstä.

Alemmassa kuvaajassa myös verkostohyötysuhteen vaikutus nostaa korkeampia lämpötiloja vastaavia tuotantokustannuksia. Kylmien lämpötilojen osalta tuotantokustannus lähtee nousemaan selvemmin noin -19 °C kohdalla. Tätä kylmemmistä ulkolämpötiloista johtuva lämpökuorman kasvu hoidetaan käytännössä kokonaan öljyllä. Ominaisuustuotantokustannus kasvaa tätä kylmempiä lämpötiloja kohti mentäessä koska öljyn polton osuus tuotetusta kokonaisenergiasta kasvaa.

Todellisuudessa etenkin aamupiikkien aikaan tuotantokustannus on jo hieman tätä korkeammillakin ulkolämpötiloilla korkeampi. Tarkan rajalämpötilan määrittäminen öljykattiloiden käynnistymiseen on haastavaa, sillä lämpökuorma seuraa ulkolämpötilaa viiveellä joten muutaman kylmän tunnin vaikutus lämpökuormaan on erilainen kuin pidemmän kylmän jakson vaikutus.

Jotta lämpötila-asteikohtaisten tuotantokustannusten merkitystä kokonaisuuden kannalta voisi arvioida, seuraavassa kuvaajassa esitetään verkkoon tuotettua energiaa kohti olevien tuotantokustannusten lisäksi verkkoon tuotettu vuosienergia lämpötila-asteikohtaisesti.

## SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.13 Lämpötila-asteikohtainen tuotantokustannus ja vuosienergia jaettuna lämpötila-asteille*

Kuvaajaa tarkasteltaessa havaitaan, että Iisalmessa lämpimiä ulkolämpötiloja vastaavien korkeampien tuotantokustannusten osuus kokonaistuotannosta on selvästi merkittävämpi kuin huippupakkasia vastaavien tuotantokustannuksien osuus.

Korkeampien lämpötilojen aikaan ei kuitenkaan ole oikein mahdollisuutta hintaohjaukseen, koska lämmönkäyttö on tällöin pääosin käyttöveden lämmitystä, jossa asiakkaan kulutusjoustomahdollisuus on huono. Lämpimän ajan korkeampien tuotantokustannuksien pienentämiseen kannattaa siis keskittyä enemmän tuotantolaitosten ajoon ja huoltoseisokkien ajankohtiin ja kestoihin liittyvin keinoin kuin asiakkaiden kysyntäjoukseen.

Kylmien kelien tuotantokustannusten pienentämisessä hintaohjaus voisi olla mahdollista, koska tällöin lämmönkäyttö on suurelta osin tilojen lämmitystä. Hintaohjauksen täytyisi olla kuitenkin sellaista, että se ohjaisi kulutusta alas vasta silloin, kun ulkolämpötilat ovat todella kylmiä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hinnan pitäisi perustua ulkolämpötilaan tai suoraan asiakkaan käyttämään kunkin hetkiseen tehoon.

## Suonenjoen tuotantokustannusjakaumat

Tunneittaisen tuotantolaitoskohtaisen tuotantodatan saaminen osoittautui Suonenjoen kaukolämpöverkon tapauksessa haastavaksi. Tästä syystä tunneittaisina tuotantotietoina on käytetty ulkolämpötilan mukaan sovitettuja arvoja. Verkkoon tuotetun tuotantotehon

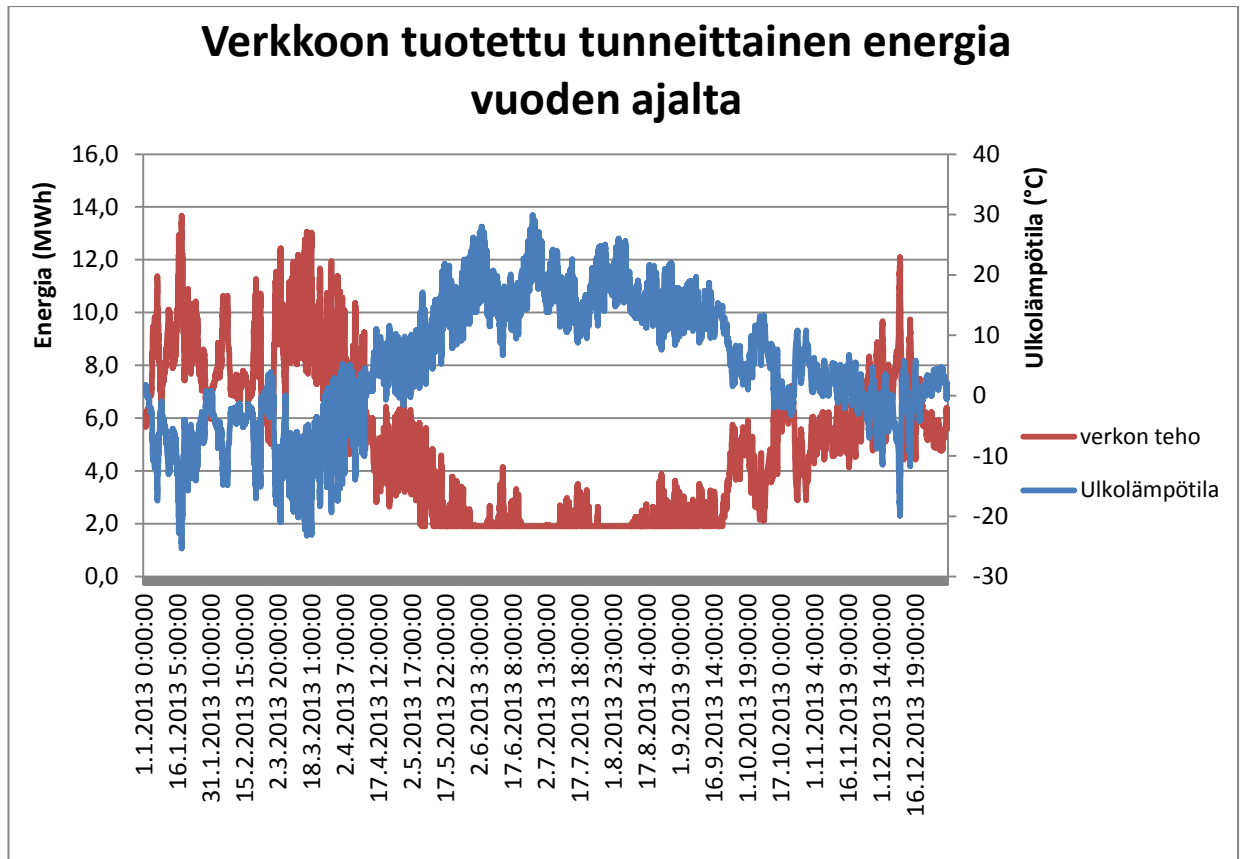
arvoja eri ulkolämpötilapisteissä on selvitetty verkkoa käyttävältä asiantuntijalta ja näiden väliset tuotantotehot eri ulkolämpötiloissa on arvioitu lineaarisiksi. Ulkolämpötiloja vastaavat tehopisteet on Suonenjoesta vastaavalta tuotantolaitoksen käyttäjältä hankkinut Kari Anttonen Savon Voimalta. Suonenjoen tunneittainen tuotanto on arvioitu Siilinjärvellä sijaitsevan Rissalan lentokentän tunneittaisia ulkolämpötiloja ja niitä vastaavia tuotantolukemia käyttämällä.

Tuotannon jakautuminen tuotantolaitosten välille on arvioitu siten, että kiinteän polttoaineen laitosta ja savukaasupesuria on käytetty mahdollisimman paljon ja öljyllä on hoidettu huippukuormat. Savukaasupesurin teho seuraa suhteellisesti kiinteän polttoaineen laitoksen tehoa. Pesurin tehona on käytetty lämpiminä aikoina 25 % ja kylminä aikoina 20 % kiinteän polttoaineen laitoksen tehosta. Dataan on elo- ja syyskuulle lisätty huoltoseisokki, jonka aikana tuotanto on hoidettu kaasulla. Tämän jälkeen alussa valittuja tehopisteitä on vielä hieman hienosäädetty, jotta eri tuotantolaitosten vuosituotannot on saatu vuositasolla vastaamaan vuoden 2013 todellisia vuosituotantoja.

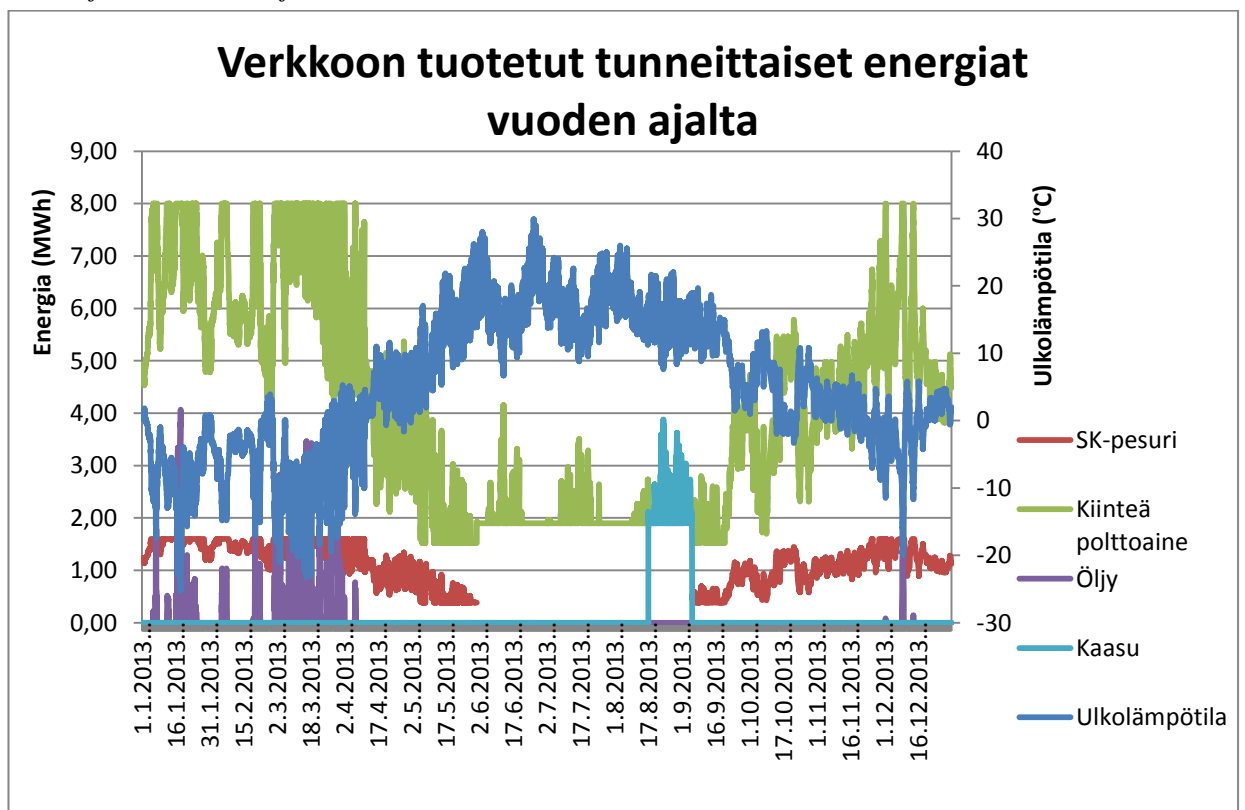
Datan perustuminen ulkolämpötilasovitteeseen tarkoittaa sitä, että tuotannon heilahtelut, kuten esimerkiksi aamukulutuspiikkien vaikutus, eivät näy laskelmassa. Tästä syystä Suonenjoen verkon osalta on mielekästä tehdä ominaistuotantokustannusjakautumia vain vuositasolla sekä ulkolämpötilariippuvaisesti.

## **Verkkoon tuotetut energiat**

Alla oleviin kuvaajiin on koottu verkkoon tuotetut tuntienenergiat vuoden ajalta. Ylemmässä kuvaajassa on verkkoon tuotetut energiat yhteensä ja alemmassa kuvaajassa on tuotantomuodot eritelty toisistaan.



Kuvaaja 5.14 Suomenjoen sovitettu tuotantodata vuodelta 2013



Kuvaaja 5.15 Suomenjoen tuotantolaitoskohtainen sovitettu tuotantodata vuodelta 2013

Ylemmästä kuvaajasta näkyy ulkolämpötilan vaikutuksesta johtuva selkeä ero tuotantomäärissä eri vuodenaikoina. Alemmasta kuvaajasta taas näkyy öljykattiloiden käyttö ulkolämpötilojen ollessa matalia ja kaasun käyttö kiinteän polttoaineen laitoksen huoltoseisokin aikana loppukesällä. Suonenjoella huoltoseisokin eli kaasun osuus koko huipputuotannosta on noin 65 %. Kylmistä säästä johtuvien huippukuormien öljyn käytön osuudeksi jää tuolloin vain 35 %. Savukaasupesurin teho seuraa suhteellisesti kiinteän polttoaineen tehoa kuten datan sovituksessa määritettiin. Savukaasupesuri on ollut pois päältä kesäaikana, mikä näkyy kuvaajasta.

### **Vuoden tuotantokustannusjakaumat**

Tunneittaisista sovitetuista tuotantotiedoista on laskettu tunneittainen tuotantokustannusjakauma verkkoon tuotettua energiaa ja asiakkaalle myytyä energiaa kohti. Tuotantokustannuksina on käytetty kappaleessa 5.2.5 laskettuja arvoja. Tuotantokustannus verkkoon tuotettua energiaa kohti on kiinteän polttoaineen laitokselle ■■■ €/MWh kun laitosta ajetaan yli 50 % teholla maksimitehosta ja ■■■ €/MWh kun laitosta ajetaan alle 50 % teholla. Tuotantokustannus verkkoon tuotettua energiaa kohti öljykattiloille on ■■■ €/MWh ja kaasukattilalle ■■■ €/MWh. Savukaasupesurin tuotantokustannuksena on käytetty arvoa 0€/MWh. Todellisuudessa savukaasupesurille kohdistettava tuotantokustannus olisi ainakin savukaasupesurin omakäytösähkö.

Kiinteän polttoaineen laitoksen tuotantokustannusten määrittämisessä on otettu huomioon laitosten käyttöasteen vaikutus tuotantokustannukseen tunneittain. Asiakkaille myytyä energiaa kohti olevissa tuotantokustannuksissa on käytetty verkostohyötysuhteiden arvoina loka-huhtikuulle 85 % ja touko-syyskuulle 70 %. Hyötysuhteet on laskettu kappaleessa 5.2.4. Tunneittaiset ominaistuotantokustannukset on laskettu painotettuna keskiarvona eri laitosten tuotantokustannuksista kultakin tunnilta. Painotus on tehty tuotetun energiamäärän suhteen. Verkkoon tuotettua energiaa ja asiakkaille myytyä energiaa kohti olevien tuotantokustannusten tunneittaiset jakaumat näkyvät alla olevista kuvaajista.

#### **SALATTU KUVAAJA**

*Kuvaaja 5.16 Verkkoon tuotettua energiaa kohti olevien tuotantokustannusten jakautuminen*

#### **SALATTU KUVAAJA**

*Kuvaaja 5.17 Asiakkaille myytyä energiaa kohti olevien tuotantokustannusten jakautuminen*

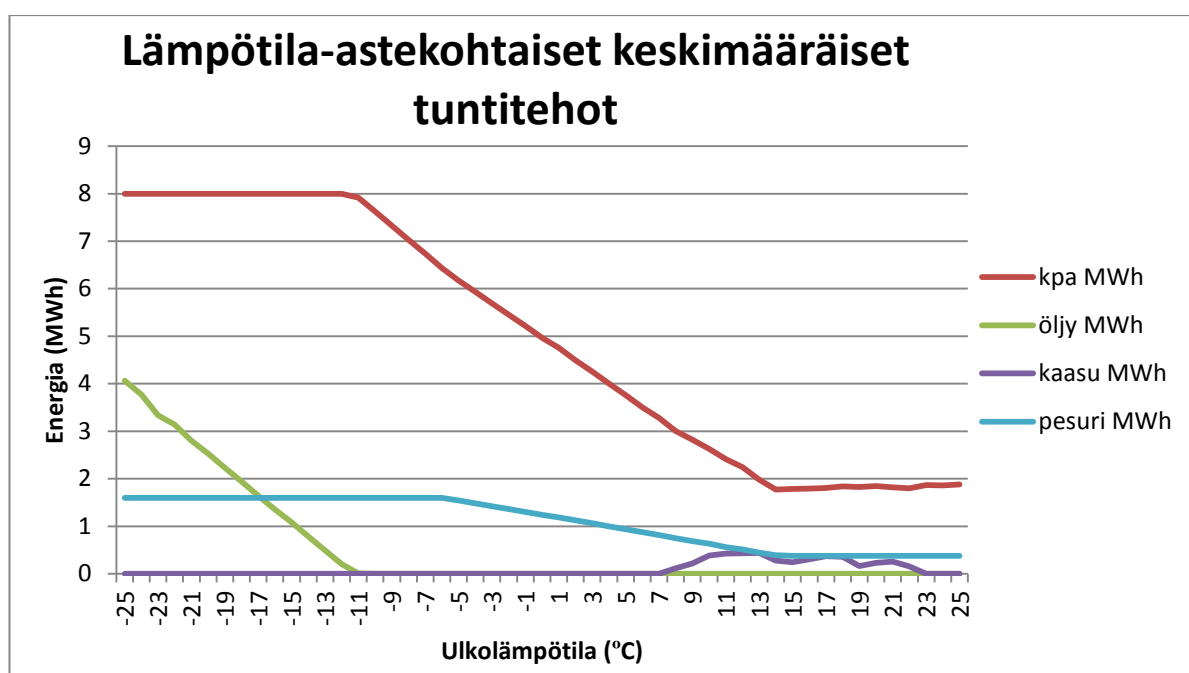
Kuvaajista erottuu selvästi kiinteän polttoaineen laitoksen huoltoseisokin vaikutus, jolloin käynnissä on ollut kaasukattila. Savukaasupesurin alhaalla olo kesäaikana näkyy myös korkeampina tuotantokustannuksina. Alemmassa kuvaajassa myös kesäajan huomoinen verkostohyötysuhde nostaa kesäajan tuotantokustannuksia suhteessa talviajan



kustannuksiin. Öljyn käytöstä aiheutuvia tuotantokustannuspiikkejä on hieman tammi-kuussa ja etenkin maaliskuussa, jolloin on ollut paljon kylmiä ulkolämpötiloja. Loppuvuodesta 2013 tuotantokustannus taas on ollut lähes koko ajan matalalla lämpimän alkutalven vuoksi.

### Lämpötila-astekohtaiset tuotetut energiat

Alla olevaan kuvaajaan on koottu lämpötila-astekohtaiset keskimääräiset tuntienenergiat kiinteän polttoaineen laitokselle, savukaasupesurille, kaasukattilalle sekä öljykattiloille. Kutakin kokonaista lämpötila-astetta vastaavista tuntienenergioista on otettu keskiarvot erikseen kutakin polttoainetta käyttäville laitoksille.



5.18 Lämpötila-astekohtaiset tuotetut energiat

Koska tuotantodata on sovitettu ulkolämpötilojen mukaan, tuntitehot ovat käytännössä suoria. Kaasun kohdalla tuntitehot ovat kuitenkin suunnilleen vuoden 2013 todellisia arvoja. Kuvaajassa kiinnostava kohta on öljyn käytön kasvu kun lämpötila alittaa  $-11^{\circ}\text{C}$ . Tuon pisteen kylmemmällä puolella kiinteän polttoaineen laitoksen ja savukaasupesurin teho ei enää riitä kattamaan verkon lämpökuormaa.

### Lämpötila-astekohtaiset tuotantokustannukset

Alla oleviin kuvaajiin on koottu lämpötilakohtaiset keskimääräiset tuotantokustannukset verkkoon tuotettua energiaa sekä asiakkaalle myytyä energiaa kohti. Tuotantokustannus on laskettu kullekin lämpötila-asteelle erikseen ottamalla keskiarvo kutakin kokonaista lämpötila-astetta vastaavista tunneittaisista tuotantokustannuksista.

## SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.19 Lämpötila-astekohtainen tuotantokustannus verkkoon tuotettua energiaa kohti*

## SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.20 Lämpötila-astekohtainen tuotantokustannus asiakkaille myytyä energiaa kohti*

Kuvaajista nähdään korkeampia lämpötiloja vastaavat korkeammat tuotantokustannukset. Tämä johtuu kesäajan huoltoseisokin aikaisesta kaasun käytöstä ja savukaasupesurin alhaalla olon vaikutuksesta. Kylmien lämpötilojen osalta ominaistuotantokustannus lähtee kasvamaan, kun lämpötila alittaa rajalämpötilan  $-11\text{ °C}$ . Tuota rajalämpötilaa kylmempiä lämpötiloja kohti mentäessä lisäenergia täytyy siis tuottaa kokonaan huipputuotannolla ja tuolloin lisätuotannosta aiheutuva marginaalikustannus on huipputuotannon tuotantokustannuksen suuruinen.

Jotta lämpötila-astekohtaisten tuotantokustannusten merkitystä kokonaisuuden kannalta voisi arvioida, seuraavassa kuvaajassa esitetään verkkoon tuotettua energiaa kohti olevien tuotantokustannusten lisäksi verkkoon tuotetut vuosienergiat lämpötila-aste kohtaisesti.

## SALATTU KUVAAJA

*Kuvaaja 5.21 Lämpötila-astekohtainen tuotantokustannus ja vuosienergia jaettuna lämpötila-asteille*

Suurimmat tuotantomäärät osuvat hyvin niille ulkolämpötiloille, joita vastaavat tuotantokustannukset ovat keskimäärin matalia. Korkeampia ulkolämpötiloja vastaavilla korkeammilla tuotantokustannuksillakin on tuotettu kuitenkin merkittäviä energiamääriä. Kesäajan lämmönkäyttöön ei kuitenkaan ole käytännössä mahdollista vaikuttaa hintaohjauksella, koska lämmönkäyttö on tuolloin lähes pelkästään käyttöveden lämmitystä. Kylmiä lämpötiloja vastaavat tuotantokustannukset rupeavat kasvamaan jo lämpötilan alittaessa  $-11\text{ °C}$  ja tuolloin ovat lämmön tuotantomäärät keskimäärin olleet vielä suhteellisen suuria.

Kausityyppisen hinnoittelumallin soveltuvuus Suonenjoen verkkoon on siis kysymysmerkki. Kylmänä talvena kausityyppinen hinnoittelu voisi olla kustannusvastaava, kun taas leutona talvena ympärivuotinenkin kiinteä energian hinta olisi kustannusvastaavampi vaihtoehto. Kausituotteen kustannusvastaavuuden arvioinnissa on myös mietittävä, voidaanko ilmastonmuutoksen vuoksi historiaan perustuvia keskimääräisiä ulkolämpötiloja käyttää tulevaisuutta arvioidessa. Tuotantokustannusten kausivaihtelua on tutkittu tarkemmin pidemmällä työssä.

Kylmien säiden osalta kustannusvastaava hinnoittelumalli Suonenjoella olisi joko ulkolämpötilaan tai asiakkaan todelliseen kunkin hetkiseen tehoon perustuva malli.

Tällaisilla malleilla voitaisiin saada aikaan myös hintaohjausvaikutusta. Kuitenkin mallien soveltuminen asiakkaille on eri asia ja välttämätön edellytys.

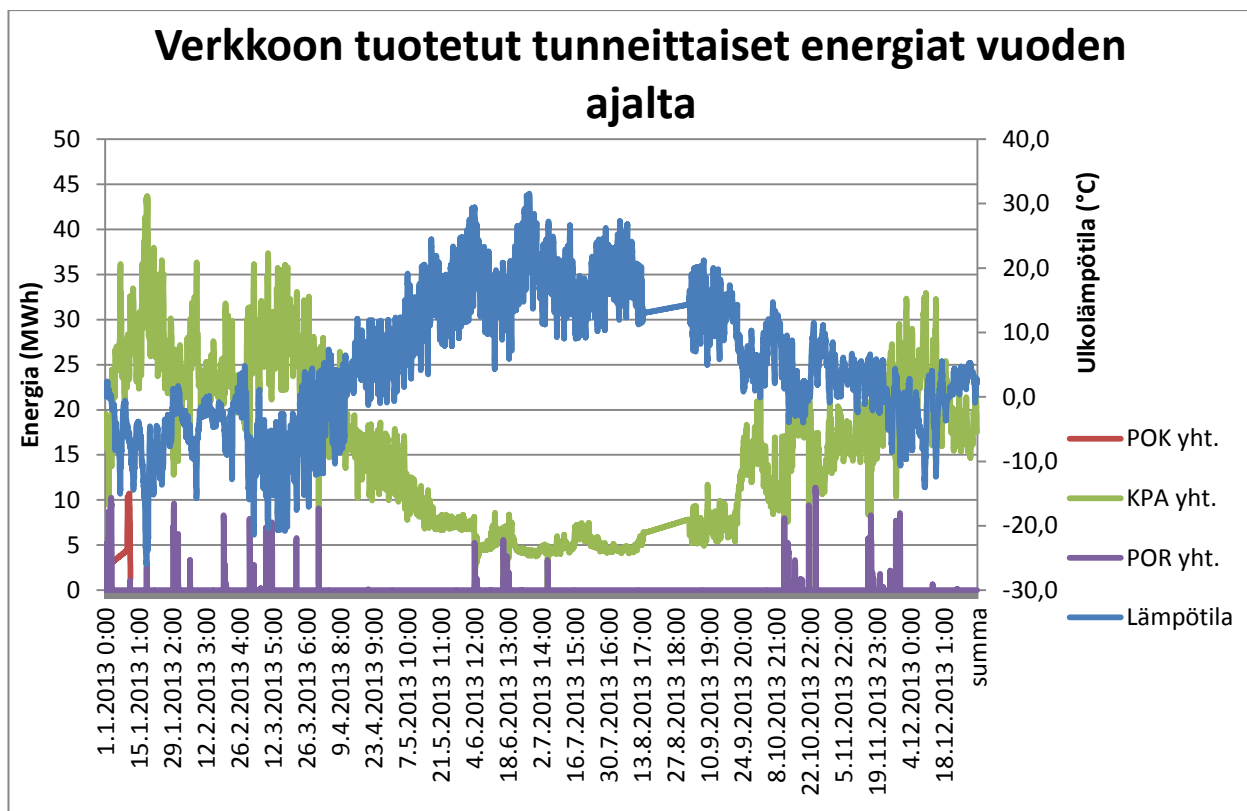
Hintaohjauksella voitaisiin myös mahdollisesti vaikuttaa lyhyempiaikaisempiin lämmönkulutusvaihteluihin, kuten Iisalmen verkon laskennan tuloksia pohdittaessa jo todettiin. Laskenta ei kuitenkaan sovitetun tuotantodatan vuoksi huomioon oteta Suonenjoen verkon osalta lyhyempiaikaisista kulutuspiikeistä mahdollisesti aiheutuvia öljykattiloiden käyttäjiä.

## **Pieksämäen tuotantojakaumat**

Iisalmen ja Suonenjoen verkkojen lisäksi laskettiin tuotantokustannuksien jakautumisen hahmottamisen vuoksi vielä tuotantolaitoskohtaiset tuotantojakaumat Pieksämäen kaukolämpöverkolle. Alla olevaan kuvaajaan on koottu tuotantolaitoskohtaiset tunneittaiset tuotantotiedot Pieksämäen kaukolämpöverkosta vuodelta 2013.

Kevyen polttoöljyn tuotantodata ei ollut tuntitasoista vaan mitattuja tehoja oli muutaman tunnin välein. Data on sovitettu tuntitasoiseksi lineaarisesti näiden mitattujen arvojen välille. Kevyen polttoöljyn käyttö on johtanut voimalaitoksen seisokista vuoden 2013 alussa, joten sitä ei normaalitilanteessa olisi. Elokuun loppupuolen data ei ole todellista mutta se ei vaikuta oleellisesti tarkasteluun, koska tuolloin on käytetty vain kiinteää polttoainetta käyttäviä laitoksia. Kuvaajasta nähdään, että raskaan polttoöljyn käyttö ajoittuu lyhyihin piikkeihin, joita osuu kaikille vuodenajoille.

Raskaan polttoöljyn osuus talvikuukausina tuotetusta energiasta on noin 0,78 % ja muuna aikana noin 0,65 %. Raskaan polttoöljyn käytön piikit eivät osu selkeästi esimerkiksi aamupiikeille, vaan ajoittuvat satunnaisesti eri ajankohdille. Pieksämäellä ei kesäajan huoltoseisokin aikana ole poltettu öljyä, koska siellä kiinteän polttoaineen ja voimalaitoksen huoltoseisokit pystytään tekemään lomittain.

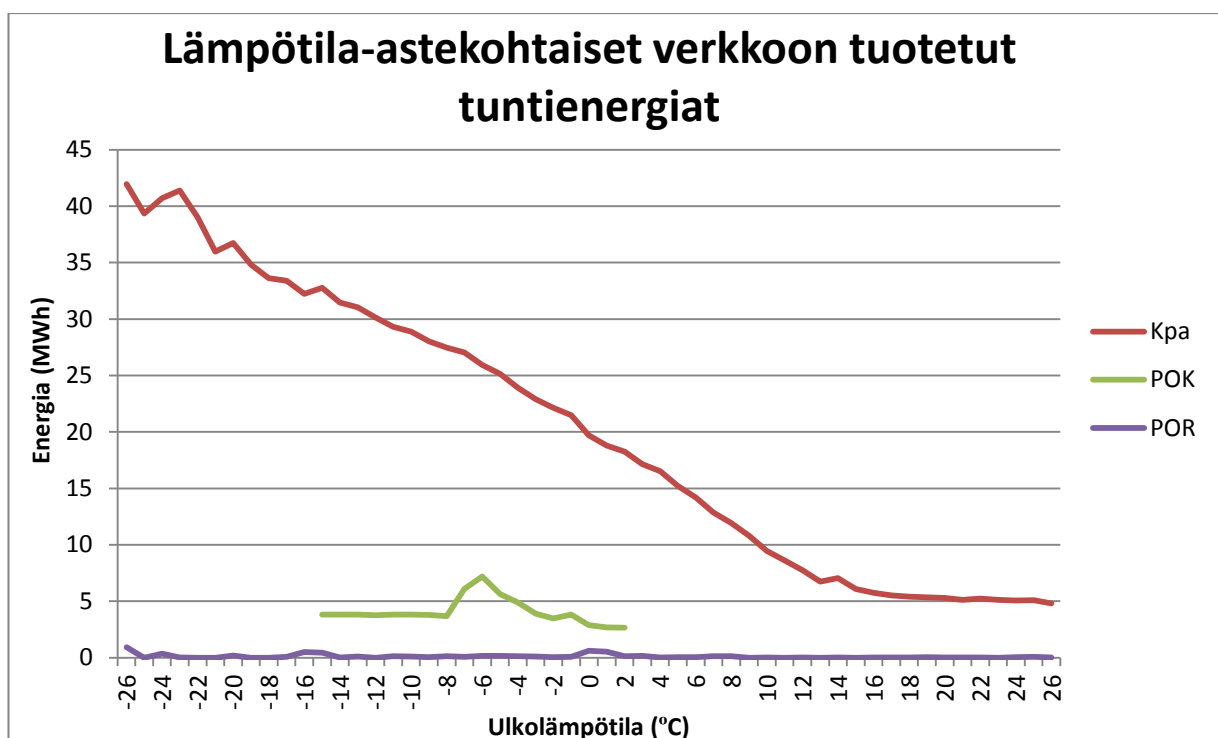


Kuvaaja 5.22 Suonenjoen tuotantolaitoskohtainen sovitettu tuotantodata vuodelta 2013

### Lämpötila-astekohtaiset tuotetut energiat

Alla olevaan kuvaajaan on koottu lämpötila-astekohtaiset keskimääräiset tuntien energiat kiinteän polttoaineen laitoksille sekä öljykattiloille. Kutakin kokonaista lämpötila-astetta vastaavista tuntien energioista on otettu keskiarvot erikseen kiinteän polttoaineen laitokselle sekä POK ja POR öljykattiloille. Kuvaajasta nähdään, että Pieksämäellä pysytään hoitamaan kiinteää polttoainetta käyttävillä tuotantolaitoksilla lämmöntuotanto käytännössä kokonaan myös huippupakkasilla.

Pieksämäen käyttöpäällikkö Janne Tepponen kertoi, että huipputuotantolaitoksia on aiemmin tarvinnut käynnistää vasta ulkolämpötilan alittaessa  $-25\text{ °C}$ . Tästä syystä öljyn käytössä ei näy tuotantopiikkejä aamujen kulutushuippujen aikaan koska kiinteän polttoaineen laitosten kapasiteetti ei ylity. Janne Tepposen mukaan tällä hetkellä aamun huippukuormien aikaan joudutaan huipputuotantoa ottamaan käyttöön ulkolämpötilan alittaessa  $-20\text{ °C}$ . Tämä johtuu muutama suuren uuden asiakkaan liittymisestä Pieksämäen kaukolämpöverkkoon viime aikoina. Kuvaajan POK:n käyttö johtuu voimalaitoksen kertaluontoisesta seisokista vuoden 2013 alussa, joten sen voi kuvaajaa lukiessa sulkea pois.



5.23 Lämpötila-astekohtaiset tuotetut energiat eri tuotantolaitoksilla

Pieksämäeltä ei ole laskettu ominaistuotantokustannuksien jakaumia. Yllä olevista kuvaajista on kuitenkin jo nähtävissä, että koska tuotanto hoidetaan käytännössä pelkästään kiinteää polttoainetta käyttävillä laitoksilla, ominaistuotantokustannus asiakkaille myytyä lämpöenergiaa kohti on ympärivuoden lähes vakio, ollen kuitenkin kesällä hieman korkeampi huonommista tuotanto- ja verkostohyötysuhteista johtuen.

Hinnoittelumallien kannalta tämä tarkoittaa sitä, että tuotantokustannuksien pienentämiseen tähtäävät tuotteet eivät Pieksämäen tyyppisessä kaukolämpöverkossa kannata tai ole edes mahdollisia, koska öljyn käyttö on jo valmiiksi lähes minimissään ja sen ajoittuminen ei seuraa selkeästi verkon tehoa, ulkolämpötilaa tai ajankohtaa. Myöskään kausityyppinen hinnoittelumalli ei Pieksämäen tyyppisessä kaukolämpöverkossa ole kustannusvastaava. Pieksämäen osalta nykyisen tyyppinen tasainen energiamaksu on siis melko kustannusvastaava.

## **6 UUSIEN KAUKOLÄMPÖTUOTTEIDEN SUUNNITTELU**

### **6.1 Hahmotelmia erilaisista uusista tuotteista**

Tässä kappaleessa on hahmoteltu erilaisia uudentyyppisiä hinnoittelumalleja ja laskettu niille suuruusluokaltaan oikeita hintoja. Tuotteet on suunniteltu päätöksenteon tueksi: minkälaisia hinnoittelumalleja kannattaa lähteä kehittämään pidemmälle. Tuotteita on mietitty taloudellisesta näkökulmasta sekä energiayhtiön että asiakkaan kannalta. Nämä tuotteet laadittiin ohjausryhmälle esiteltäviksi. Ohjausryhmässä päätettiin mitä tuotteita lähdetään jatkojalostamaan ja esittelemään asiakkaille.

#### **6.1.1 Energimaksukomponenttiin liittyvät kehitysajat**

Energimaksukomponentin tarkoitus on ollut perinteisesti kattaa kaukolämmön muuttuvia kustannuksia, jotka ovat siis käytännössä lämmöntuotantokustannuksia. Tuotantokustannuksien pienentämiseen tähtäävä hintaohjaustuote olisikin järkevintä hoitaa energimaksua uudistamalla. Tällaisen monimutkaisemman tuotteen olisi tarkoitus olla vaihtoehtoinen tuote asiakkaille helpon nykyisen lämpötuotteen rinnalla.

Rinnakkainen tuote aiheuttaisi hieman hinnannostopaineita koska asiakkaat ovat lämmönkäytön kulutusjakaumiltaan erilaisia. Kun rinnakkainen tuote otettaisiin käyttöön, oletetaan että kaikki asiakkaat valitsisivat kukin itselleen vuositasolla kannattavamman tuotteen. Tuote hinnoiteltaisiin siten, että keskimääräisen kulutusrakenteen omaavan asiakkaan vuosilasku pysyisi samana, kun hän ei tekisi muutoksia lämmönkäyttöön.

Asiakkaiden kulutusjakaumien erilaisuuden vuoksi osalla asiakkaista uusi tuote olisi kannattavampi, vaikka he eivät muuttaisi kulutusrakennettaan lainkaan. Tästä seuraisi se, että näiden asiakkaiden osalta kustannukset pysyisivät samoina, mutta tuotot pienenisivät. Käytännössä siis rakenteeltaan monimutkaisemman tuotteen käyttöönoton vuoksi molempien tuotteiden hintoja jouduttaisiin hieman nostamaan, jotta myyntikate saataisiin pidettyä entisellään.

Monimutkaisemmissa hintatariffeissa eri hintaluokkien väliset hintaerot on mitoitettava tarkasti todellisten ominaistuotantokustannusten erojen mukaan, jotta noudatetaan aiheuttamisperiaatetta. Mitoittamalla kalliimman energian hintaluokka liian matalaksi ja halvemmän energian hintaluokka liian korkeaksi asiakas ei hyötyisi kulutusjoustaan tarpeeksi, vaan osa asiakkaan aiheuttamista kustannussäästöistä päätyisi tällöin energiayhtiön ylimääräiseksi voitoksi. Vastaavasti taas mitoittamalla kalliimman energian hintaluokka liian korkeaksi ja halvemmän energian hintaluokka liian matalaksi,

asiakas hyötyisi kulutusjoustosta enemmän kuin hän omalla kulutusjoustollaan aiheuttaa energiayhtiölle kustannussäästöjä.

## Ulkolämpötilatuote

Ulkolämpötilatuotteessa energian hinta olisi jaettu ulkolämpötilasta riippuviin hintaluokkiin. Hinta määräytyisi vuorokaudeksi kerrallaan, ja seuraavan vuorokauden hinta määräytyisi edellisen päivän virallisen sääennusteen perusteella. Hinta olisi siis asiakkaan tiedossa viimeistään edellisenä päivänä, mutta sääennusteista asiakas voisi arvioida tulevia hintoja jo pidemmälle. Tällainen hinnoittelumalli olisi talviajalla melko kustannusvastaava, ja sillä pystyttäisiin mahdollisesti saamaan oikeanlaista ohjausvaikutusta huippukuormien pienentämiseen.

Tuote olisi suunnattu vain sellaisille asiakkaille, jotka ovat valmiita vähentämään energiankulutustaan huippupakkasilla. Käytännössä tämä kulutusjousto tarkoittaisi monille asiakkaille sisälämpötilojen laskemista, joten asiakkaiden halukkuus joustoon on varmasti hyvin rajallinen, ja tuote sopisi täten vain joillekin asiakkaille. Asiakkaiden huippupakkasille ajoittuvasta energiansäästöstä aiheutuvat tuotantokustannussäästöt pyrittäisiin ohjaamaan lähes kokonaan asiakkaan laskuun.

Alle on laskettu ulkolämpötilatuotteen esimerkkihinnat Suonenjoen verkolle. Suonenjoen verkolle eri hintaluokiksi on valittu alla olevassa taulukossa olevat lämpötilavälit. Jakoperusteena on käytetty kappaleen 5 tuotantokustannuslaskelmaa, jonka mukaan kiinteän polttoaineen laitoksen teho riittää kattamaan lämpökuormat suunnilleen -11 °C ulkolämpötilaan asti. Laskentaan valittiin Suonenjoen verkko siitä syystä, että siellä huipputuotannon osuus on suurempi kuin muissa lasketuissa tyyppiverkoissa.

*Taulukko 6.1 Ulkolämpötilatuotteen lämpötilaluokat*

<b>lämpötilaluokat</b>			
luokka 1	luokka 2	luokka 3	luokka 4
> -10 °C	-10 °C → -15 °C	-15 °C → -20 °C	< -20 °C

Kullekin luokalle on haettu keskimääräiset vastaavat vuosittaiset energiamäärät. Lämpötilojen vuotuisina tuntimäärinä on käytetty viimeisen 3 vuoden ajan keskiarvoa Rissalan mittauspisteen ulkolämpötiloista. Nämä vuotuiset lämpötila-astekohtaiset tuntimäärät on yhdistetty keskimääräisten lämpötila-astekohtaisten tuotettujen tuntienergioiden kanssa. Kunkin luokan vuotuisen energiantuotantomäärän osuus kokonaistuotantomäärästä on laskettu, ja nämä osuudet on laitettu alla olevaan taulukkoon.

*Taulukko 6.2 Vuosienergian jakautuminen ulkolämpötilatuotteen lämpötilaluokkien välille*

<b>lämpötilaluokat</b>			
luokka 1	luokka 2	luokka 3	luokka 4
76,04 %	10,38 %	5,66 %	7,92 %

Kunkin luokan hinnat on määritetty siten, että kulusrakenteeltaan keskimääräisen asiakkaan vuosilasku muodostuu samaksi kuin vanhalla tuotteella, jos asiakas ei vähennä lämmönkäyttöään pakkaskausina. Nykyisen tuotteen arvonlisäverollinen energiamaksu vuodelle 2014 on 72,79 €/MWh. Tällöin vuoden 2014 energian hinta ulkolämpötilatuotteelle Suonenjoella määräytyy seuraavan kaavan mukaan.  $0,7604 * HINTAL1 + 0,1038 * HINTAL2 + 0,0566 * HINTAL3 + 0,0792 * HINTAL4 = 72,79 \text{ €/MWh}$ .

Hintaluokkien väliset riippuvuudet on valittu siten, että hintaluokka 1:sen ja hintaluokka 4:n välinen arvonlisäveroton hintaero on 25 €. Tämä vastaa suurin piirtein ominaistuotantokustannuksien eroja kyseisten hintaluokkien välillä Suonenjoen verkossa. Arvonlisäverolliseksi hintaeroksi luokkien välille muodostuu tällöin 31 €. Hintaluokat 2 ja 3 on valittu lineaarisesti hintaluokkien 1 ja 4 väliltä kertoimilla 1,33 ja 1,66. Tämä jakotapa vastaa suurin piirtein todellisia ominaistuotantokustannuksia hintaluokkien välillä. Lasketut hinnat on koottu alla olevaan taulukkoon.

*Taulukko 6.3 Ulkolämpötilatuotteen hintaluokat*

<b>Hintaluokat</b>			
hintaluokka 1	hintaluokka 2	hintaluokka 3	hintaluokka 4
68,09 €/MWh	78,42 €/MWh	88,76 €/MWh	99,09 €/MWh

Ulkolämpötilaan perustuvasta energiamaksusta aiheutuisi vuosittaisista lämpötilavaihteluista johtuva riski sekä energiayhtiölle että asiakkaalle. Riski aiheutuisi siitä, että eri hintaluokkien osuudet vaihtelisivat eri vuosina. Energiayhtiö ottaisi riskin lauhasta talvesta ja asiakas kylmästä talvesta.

### **Esimerkki asiakkaan säästömahdollisuudesta ulkolämpötilatuotteella**

Alle on laskettu esimerkki, että kuinka paljon 1000 MWh vuosikulutuksen asiakas voisi säästää ulkolämpötilatuotteella vähentäessään lämmönkäyttöä huippupakkasilla keskimääräisenä talvena. Vertailu on tehty siten, että paljonko kulutuksessaan joustava asiakas hyötyisi uudesta tuotteesta perinteiseen tuotteeseen verrattuna. Asiakkaan lämmönkulutuksen jakautuminen ennen energiansäästöä eri hintaluokkien välille on oletettu laskennassa samaksi kuin energiantuotannon jakautuminen.



Laskelmassa on käytetty asiakkaan energiansäästöinä hintaluokalle 2 viittä prosenttia, hintaluokalle 3 kymmentä prosenttia ja hintaluokalle 4 viittätoista prosenttia verrattuna normaaliin tilanteeseen. Erittäin karkeasti arvioiden nämä vastaavat noin 1, 2 ja 3 asteen sisälämpötilojen laskuja. [Perussäädön hyödyt, Motiva] Tällöin eri hintaluokkien osuudet alkuperäisestä vuosienergiasta kulutusjouston jälkeen olisivat seuraavat.

*Taulukko 6.4 Vuosienergian jakautuminen ulkolämpötilatuotteen lämpötilaluokkien välille asiakkaan kulutusjouston jälkeen prosentteina*

<b>lämpötilaluokat</b>			
luokka 1	luokka 2	luokka 3	luokka 4
76,04 %	9,86 %	5,09 %	6,73 %

Tällöin asiakkaan vuosikulutus 1000 MWh jakaantuisi luokkien välille seuraavasti.

*Taulukko 6.5 Vuosienergian jakautuminen ulkolämpötilatuotteen lämpötilaluokkien välille asiakkaan kulutusjouston jälkeen energiana*

<b>lämpötilaluokat</b>			
luokka 1	luokka 2	luokka 3	luokka 4
760,4 MWh	98,6 MWh	50,9 MWh	67,3 MWh

Asiakkaan säästö on laskettu siten, että paljonko kalliimpina ajankohtina kulutustaan leikkaava asiakas säästäisi uudella tuotteella perinteiseen tuotteeseen nähden. Vuosittaiset energiamaksut yllä olevan taulukoiden mukaisella kulutuksella olisivat tällöin ulkolämpötilatuotteella yhteensä 70701 € ja nykyisellä tuotteella 71135 €. Asiakkaan säästö vuotuisessa lämpölaskussa olisi 434 €, eli noin 0,6 % energiamaksuista. Kun otetaan vielä perusmaksu huomioon, lämpötilatuotteella saatu säästö olisi noin 0,5 % asiakkaan vuotuisesta lämpölaskusta.

Esimerkin kaltaisilla lämmönkulutuksen vähennyksillä ei säästö asiakkaan vuosilaskussa olisi merkittävä. Saadakseen merkittävämpiä säästöjä ulkolämpötilatuotteella perinteiseen tuotteeseen nähden, asiakkaan olisi tehtävä melko rajuja leikkauksia pakasaikojen lämmönkulutukseensa. Laskussa merkittävästi perinteistä tuotetta enemmän näkyvät lämmönkäytön leikkaukset laskisivat sisälämpötiloja useilla asteilla, joten käytännössä tuote voisi sopia vain esimerkiksi joillekin teollisuusasiakkaille. Tämän lisäksi asiakkaan olisi vielä otettava kylmän talven hintariski.

## **Huipputehotuote**

Huipputehotuotteessa energiamaksu olisi jaettu perusteho- ja huipputehohintoihin. Energiamaksu olisi tietyn tehorajan alittavasta osasta eli perustehosta matalampi ja tehorajan ylittävästä osasta eli huipputehosta korkeampi. Laskutus voitaisiin perustaa esi-

merkiksi tunneittaisiin keskitehoihin. Tehoraja määräytyisi kaikille asiakkaille samalla lailla, eli se olisi tietty prosenttiosuus asiakkaan tilaustehosta. Tehoraja olisi määritetty verkoittain sellaiseen pisteeseen, jossa huippukuormalaitokset tyypillisesti käynnistyvät.

Tämän tyyppinen hinnoittelumalli olisi tuotantokustannusten osalta talvisaikaan kaikista kustannusvastaavin malli. Enemmän huippukuormia käyttävillä asiakkailla olisi huipputehotuotteen johdosta laskussa suhteellisesti enemmän huippuajan energian hintaa. Kesäajan huoltoseisokeista johtuvia korkeampia ominaistuotantokustannuksia tämä hinnoittelumenetelmä ei vastaisi, mutta niihin ei ole muutenkaan järkevää yrittää vaikuttaa hintaohjauksella.

Alle on laskettu esimerkkihinnat huipputehotuotteen energiamaksulle Iisalmen verkon osalta. Huipputehon rajapiste täytyisi määrittää kullekin verkolle erikseen. Tämän tehorajan määrittäminen kaikkien asiakkaiden kannalta oikeudenmukaisesti tuo haasteita. Tällöin asiakkaiden tilaustehot täytyisi päivittää vuosittain. Iisalmen verkon kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten maksimi kaukolämpöteho riittää kattamaan noin 46 MW lämpökuorman sisältäen verkostohäviöt. Todellisuudessa öljyä joudutaan käyttämään usein jo hieman aiemmin, joten laskennassa on käytetty tehorajaa 44 MW.

Vuoden 2013 tuotantotiedoista laskettaessa saatiin yli 44 MW lämpötehoa vastaavan energian osuudeksi koko vuosien energiasta 5,41 %. Hinnat on määritetty siten, että kulutusrakenteeltaan keskimääräisen asiakkaan vuotuinen lämpölasku tulisi samaksi kuin nykyisellä tuotteella, jos hän ei muuttaisi kulutusrakennettaan. Vuoden 2014 energiamaksu nykyisellä tuotteella on 72,79 €/MWh. Tällöin energian hinnat saadaan kaavasta  $0,9459 * HINTA\_PERUS + 0,0541 * HINTA\_HUIPPU = 72,79 \text{ €/MWh}$ .

Perustehon ja huipputehon energian hinnat on määritetty siten, että huipputehon arvonlisäveroton hinta on 60 €/MWh perustehon arvonlisäverotonta hintaa kalliimpi. Tämän perusteena on se, että huippukuormalaitosten ja peruskuormalaitosten asiakkaille myytyä energiaa kohti olevien talviajan ominaistuotantokustannusten erotus on Iisalmessa vuonna 2013 ollut suunnilleen 60 €/MWh. Tällöin arvonlisäverollisten hintojen erotukseksi tulee 74,4 €/MWh.

Valitsemalla hintaluokkien ero näin saadaan asiakkaan huipputehon aikaisesta energiansäästöä aiheutuva kustannussäästö siirrettyä asiakkaan lämpölaskuun. Todellisuudessa energiamaksulla katetaan myös kiinteitä kustannuksia, joten tämä hintaluokkien määrittystapa on hieman ylimitoitettu. Esimerkkilaskelman mukaiset hinnat on koottu alla olevaan taulukkoon.

*Taulukko 6.6 Huipputehotuotteen perustehon ja huipputehon hinnat*

Nykyinen energiamaksu	Perustehon energianhinta	Huipputehon energianhinta
72,79 €/MWh	68,76 €/MWh	143,16 €/MWh

### Esimerkki asiakkaan laskun muodostumisesta

Iisalmissa huipputehon tehoraja olisi noin 63 % tilaustehosta. Tällöin asiakas maksaisi energiamaksua käyttämästään energiasta perustehon hinnalla tuohon 63 % tehoon asti ja huippuhinnalla yli 63 % menevästä osasta. Esimerkiksi jos asiakkaan tilausteho olisi 10 MW ja asiakkaan yhden tunnin energiankäyttö olisi 7 MWh, niin asiakas maksaisi energiamaksua tuon tunnin osalta  $6,3 \text{ MWh} * 68,76 \text{ €/MWh} + 0,7 \text{ MWh} * 143,16 \text{ €/MWh}$ .

### Esimerkki asiakkaan säästömahdollisuuksista huipputehotuotteella

Esimerkissä on laskettu asiakkaan vuotuinen säästö erisuuruuksilla lämmönkulutusjoustoilla. Alla olevaan taulukkoon on laskettu kuinka paljon 1000 MWh vuosikulutuksen asiakas voisi säästää huipputehotuotteella vähentäessään lämmönkäyttöä huipputehoajoilta. Vertailu on tehty siten, että paljonko kulutuksessaan joustava asiakas hyötyisi uudesta tuotteesta perinteiseen verrattuna. Asiakkaan lämmönkulutuksen jakautuminen ennen energiansäästöä teholuokkien välille on oletettu kulutusjakaumaltaan keskimääräisen asiakkaan kulutusjakaumaksi.

*Taulukko 6.7 Asiakkaan säästömahdollisuus huipputehotuotteella perinteiseen tuotteeseen verrattuna*

	energiamaksu huipputehotuote €	energiamaksu perinteinen tuote €	säästö energiamaksussa huipputehotuotteella perinteiseen tuotteeseen verrattuna €	säästö energiamaksussa huipputehotuotteella perinteiseen tuotteeseen verrattuna %
huipputehosta 5 % leikkaus	72399	72593	194	0,3
huipputehosta 10 % leikkaus	72012	72396	385	0,5
huipputehosta 15 % leikkaus	71624	72199	575	0,8
huipputehosta 20 % leikkaus	71237	72002	765	1,1

Hinnoittelumallilla voitaisiin päästä todellisiin hintaohjausvaikutuksiin koska asiakkaiden kannalta olisi taloudellista pyrkiä pitämään lämmönkulutus alle määritetyn tehora-

jan. Mallin ongelmia energiayhtiön kannalta ovat asiakkaille tasapuolisen tuotteen toteuttamisen haasteet ja raskas ylläpito.

Tuotteen suurin ongelma olisi kuitenkin sen soveltuvuus asiakkaille. Asiakkaiden täytyisi jatkuvasti olla tietoisia lämmönkulutuksestaan ja halukkaita seuraamaan sitä. Vaikka asiakas leikkaisi huippukulutusenergiastaan pois 20 %, hän saisi huipputehotuotteella vain 1,1 % säästön perinteiseen tuotteeseen verrattuna. Kun otetaan perusmaksukin huomioon, säästö perinteiseen tuotteeseen nähden kokonaislämpölaskussa olisi vain noin 0,9 %. Suurin osa asiakkaista ei varmastikaan ole pienehköjen säästöjen vuoksi valmiita näin suuriin kulutusjoustoihin. Mikäli tämän tyyppistä tuotetta lähdetäisiin viemään pidemmälle, asiakkaille voitaisiin esimerkiksi tarjota tekstiviestipalvelua, jossa kerrottaisiin kun huipputehon raja ylittyy.

## **Todellisiin kustannuksiin perustuva tuote**

Todellisiin kustannuksiin perustuvassa tuotteessa energiayhtiö ilmoittaisi energian hinnan etukäteen internetpalvelussa. Seuraavan vuorokauden hinta ilmoitettaisiin edellisenä päivänä ja se määräytyisi ennustettujen tuotantokustannusten perusteella. Tällöin hinnoittelu olisi todella kustannusvastaavaa huomioiden esimerkiksi ulkolämpötilojen vaikutukset ja käytössä olevat tuotantolaitokset sekä huoltoseisokit. Hinnoittelumalli olisi energiayhtiöllekin raskas ylläpidettävä mutta ennen kaikkea asiakkaiden kannalta se olisi todella raskas esimerkiksi ennustettavuuden puutteen ja työllistävyyden vuoksi. Kyseinen malli soveltuu suuriin avoimiin kaukolämpöverkkoihin, joissa kustannusvastaava hinta täytyy aina olla tiedossa juuri verkon avoimuuden vuoksi. Suljetuissa pienemmissä kaukolämpöverkoissa ei näin raskas hinnoittelumalli ole järkevä.

## **Kausituote**

Kausituote eli vuodenajoittain vaihtuva energiamaksu on käytössä useissa kaukolämpöyhtiöissä Suomessa ja Ruotsissa. Kausituote on helpommin toteutettavissa kuin todellisia tuotantokustannuksia seuraava hinnoittelumalli. Kausituote on myös asiakkaalle helpompi ja tulevien lämpölaskujen kannalta ennustettavampi malli. Kausituotteella taas ei päästä merkittävään kulutusta ohjaavaan vaikutukseen kuten monimutkaisemmilla hinnoittelumalleilla voitaisiin päästä.

Tyypillisesti kausituotetta perustellaan kustannusvastaavuudella. Se onko kausituote todellisuudessa kustannusvastaava, riippuu ennen kaikkea talvikuukausien ulkolämpötiloista. Tuotantokustannusten jakautumista Savon Voiman tyyppiverkoissa laskettaessa havaittiin, että talviaikana tuotantokustannukset alkoivat kasvaa vasta melko matalilla ulkolämpötiloilla. Rajalämpötila vaihtelee tietysti verkoittain mutta yleisesti pakkasta täytyy olla ainakin yli -10 astetta, ennen kuin tuotantokustannukset alkavat kasvamaan huipputuotantolaitosten käynnistyessä.

Tästä syystä Savon Voimalla keskimäärin ei talvikuukausien korkeampi energiamaksu olisi kustannusvastaava hinnoittelutapa. Kun kesän huoltoseisokin vaikutus rajataan pois ominaistuotantokustannusten tarkastelusta, niin tällöin talven korkeampi energian hinta voi erittäin kylmänä talvena olla perusteltavissa kustannusvastaavuudella, mutta keskimäärin kausihinnoittelu ei ole Savon Voiman verkoissa kustannusvastaavaa. Talven korkeammasta energiamaksusta olisi asiakkaalle se hyöty, että tällöin heidän mahdolliset energiansäästötoimenpiteensä maksaisivat itsensä takaisin entistä nopeammin koska energiansäästötoimenpiteillä saatu energiansäästö ajoittuu yleensä pääosin juuri kalliimmalle talvikaudelle.

Savon Voiman verkoissa ominaistuotantokustannukset kesällä ovat huoltoseisokkien vuoksi korkeita, poikkeuksena Pieksämäen kaukolämpöverkko. Myös kesäajan huonommat verkostohyötysuhteet nostavat ominaistuotantokustannuksia asiakkaille myytävää energiaa kohti. Savon Voiman verkoissa kustannusvastaava kausituote olisi siis sellainen, jossa kesäajalla huoltoseisokkien aikaan sekä talvien kylminä aikoina olisi korkeampi energian hinta ja muuna aikana matalampi hinta.

Kesäajan korkeampaa energianhintaa on kuitenkin vaikea perustella asiakkaille ja kesäaikana asiakkaiden lämmönkäyttö on lähes pelkkää käyttöveden lämmitystä, joten asiakkaiden mahdollisuus vaikuttaa lämmönkäyttöön on mitätön. Kesäajan korkeampi hinta voisi myös aiheuttaa hybridijärjestelmien lisääntymistä.

Kesäajan matalampi hinta olisi helppo laittaa alhaiseksi, koska kesäajan lämmönkulutus on suhteellisesti pientä kokovuotiseen kulutukseen nähden ja tästä syystä suuret alennuksen kesän hinnoissa saataisiin katettua melko pienillä nostoilla talven hinnassa. Kesäajan matalampi hinta ei kuitenkaan ole tuotantokustannusten suhteen kustannusvastaavaa.

Alle on laskettu esimerkkihinnat kausituotteelle, jossa kaudet on määritetty talvikauteen ja muu aika- kauden. Talvikaudeksi on valittu joului-, tammi- ja helmikuu ja muu aika kestää maaliskuun alusta marraskuun loppuun. Talvikausi on valittu Kuopion viimeisten 13 vuoden kuukausittaisten keskilämpötilojen perusteella. Keskilämpötiloiksi saatiin Joulukuulle -5,2C, Tammikuulle -7,7C, Helmikuulle -8,7C ja Maalikuulle -3,8C. [Kuukausittaiset lämpötilat, Kuopion sää, Savonia] Talvikauden ajankohdan valintaa on syytä miettiä vielä tarkemmin esimerkiksi kuukausittaisten kylmempien pakkaspäivien perusteella, mikäli tätä hinnoittelumallia lähdetään viemään pidemmälle.

Hinnat on määritetty siten, että vuosittainen myyntikate pysyy samana. Koska on oletettu, että kausituotteella ei päästä kulutusta ohjaavaan vaikutukseen, niin vuosikustannukset on oletettu samoiksi kuin 2014 nykyisen tuotteen aikana budjetoidut kustannukset. Tästä syystä hinnat on laskettu sellaisiksi, että vuosittaiset myyntituotot tulisivat uudella tuotteella samoiksi kuin vuoden 2014 budjetoidut myyntituotot olettaen, että kausituote olisi ainut tuote.

Energian myynnin jakautuminen talvi- kaudelle ja muu aika- kaudelle on laskettu viimeisen 5 vuoden keskiarvona kaikkien kaukolämpöverkkojen yhteenlasketuista myynneistä. Myynnin jakautumiseksi saatiin talvikaudelle 43,8 % ja muulle ajalle 56,2 %. Vuoden 2014 arvonlisäverollinen energiamaksu on 72,79€/MWh. Tässä kausituot-

teen esimerkkilaskelmassa on oletettu, että kausihinnoittelussa ei tehdä muutoksia energiamaksun ja perusmaksun suhteeseen, joten perusmaksua ei oteta laskelmaan mukaan. Tällöin talvikauden ja muun ajan energiamaksun hinta vuodelle 2014 riippuu yhtälöstä  $0,438 \cdot \text{TALVIHINTA} + 0,562 \cdot \text{MUU HINTA} = 72,79 \text{ €/MWh}$ . Alle on laskettu muutamia erilaisia kausituotteen hintoja, joissa on painotettu talvi- ja muun ajan hintaluokkien vaihtelua eri verran.

*Taulukko 6.8 Kausituotteen hintaluokkien hinnat eri painotuksilla*

kausituote		nykyinen tuote
Talvikauden energiamaksu €/MWh	Muun ajan energiamaksu €/MWh	energia maksu €/MWh
75	71,07	72,79
80	67,16	72,79
85	63,26	72,79
90	59,36	72,79

Kausituote voisi tuoda kustannusvastaavuutta hybridilämmittäjien hinnoitteluun. Se myös tekisi asiakkaiden energiansäästötoimenpiteistä kannattavampia, jolloin pitkällä aikavälillä tämä olisi energiayhtiönkin etu kesän ja talven välisten lämpökuormien tasoittumisessa. Perinteistä tuotetta kustannusvastaavampi tuote ei keskimääräisenä vuotena kuitenkaan ole, eikä sillä päästäisi lyhyellä aikavälillä tuotantokustannuksia pienentävään ohjausvaikutukseen.

## Talviaamujen erillishinnoittelu

Aamujen erillishinnoittelussa energiamaksu olisi erisuuruinen aamun tunneille ja muulle ajalle. Toinen vaihtoehto olisi se, että energiamaksu jakautuisi erikseen päivä- ja yöajalle. Aamun ja muun ajan vaihtoehdon etuna olisi se, että kalliimman ajan kestäessä vain muutaman tunnin asiakkaiden olisi helpompi joustaa lämmönkäytössään. Esimerkiksi lämmitystä voitaisiin aamutunteina hetkellisesti pienentää, ja tämä ei kuitenkaan lyhytaikaisena joustona näkyisi vielä merkittävästi sisälämpötiloissa. Vaikka aamun kulutus- huippu siirtyisi joidenkin asiakkaiden osalta eri ajankohdalle, koko verkon kannalta lämpökuormat kuitenkin tasoittuisivat, koska kaikki asiakkaat varmastikaan eivät muuttaisi lämmönkulutusajankohtaansa.

Aamupiikit joudutaan joissain tilanteissa hoitamaan öljykattiloilla, ja tästä syystä aamutuntien erillishinnoittelu olisi näissä tilanteissa kustannusvastaavaa. Tällaisia ominaistuotantokustannuksissa näkyviä tilanteita ovat yleensä sellaiset, joissa kiinteän polt-

toainen laitos toimii maksimiteholla ja aamupiikistä aiheutuva lisäkuorma joudutaan kattamaan öljyllä. Käytännössä tällaiset tilanteet ajoittuvat talvikaudelle. Jotta vuorokausituotteen mahdollinen kulutuksenohjausvaikutus siis olisi kustannusvastaavaa, olisi vuorokausituote järkevää yhdistää kausituotteen kanssa.

### **Vaihtoehto 1 (talviaamu, muu aika)**

Ensimmäinen vaihtoehto on hinnoittelumalli, jossa yhdistyy kausittainen ja vuorokausittainen riippuvuus energian hinnasta. Hinnat on jaettu 2 luokkaan jotka ovat talviaamu ja muu aika. Talviaamun energian hinnat ovat voimassa jouluihelmikuussa klo 7:00 – 11:00, ja muu aika kattaa kaiken tuon ulkopuolisen energiankulutuksen.

Talvikauden valinnan perusteena on käytetty samaa laskentaa kuin kausituotteen laskennassa. Aamupiikin kellonajat on valittu keskustelemalla Iisalmen käyttöpäällikkö Aki Rantosen kanssa. Kellonajat 7-11 ovat arvio keskimääräisestä kulutushuipusta, ja mikäli tämäntyyppistä tuotetta ryhdytään kehittämään pidemmälle, aamuhuipun keskimääräisiä kellonaikoja on tarkasteltava tarkemmin ja verkkokohtaisesti.

Suhteellista energiankulutuksen jakautumista luokkien välille on arvioitu Iisalmen verkon vuoden 2013 tunneittaisista tuotantotiedoista. Todellisuudessa laitosten ajossa aamupiikkeihin varaudutaan jo etukäteen käyttämällä hyödyksi kaukolämpöverkon lämpökapasiteettia. Tästä syystä aamujen energiankulutus voi todellisuudessa olla hieman suurempi kuin mitä tuotantotiedoista laskettu kulutus näyttää. Myös vain yhden vuoden tuotantotietojen käyttö aiheuttaa epävarmuutta laskentaan.

Tällä laskennalla saadaan kuitenkin suuruusluokaltaan oikeat hintaluokkien suhteet vuotuiselle energiamäärälle. Vuosittaisen energiankulutuksen jakautumiseksi eri hintaluokille saadaan talviaamulle 6,75 % ja muulle ajalle 93,25 %. Nämä energioiden osuudet on laskettu Iisalmen kaukolämpöverkon tunneittaisesta tuotantodatasta. Hinnat on laskettu siten, että kulutusjakaumaltaan keskimääräisen asiakkaan vuotuinen lämpölasku pysyy samana kuin nykyisellä tuotteella, jos asiakas ei tee muutoksia kulutusraenteeseensa.

Vuoden 2014 energiamaksu nykyisellä tuotteella on 72,79 €/MWh. Tällöin vuorokausituotteen energiamaksut riippuvat kaavasta  $0,0675 * HINTA\_AAMU + 0,9325 * HINTA\_MUU = 72,79 \text{ €/MWh}$ . Alla olevaan taulukkoon on laskettu energian hintoja vuorokausituotteelle hintaluokkien eri suhteilla.

Taulukko 6.9 Talviaamujen erillishinnoittelun hintaluokat eri painotuksilla

vuorokausituote		nykyinen tuote
Talviaamun energiamaksu €/MWh	Muun ajan energiamaksu €/MWh	energiamaksu €/MWh
83,71	72	72,79
97,52	71	72,79
111,34	70	72,79

Tämän mallin ongelmana on se, että talviaamu-hintaluokan keskimääräinen energiankäytön osuus kokonaisenergiankulutuksesta on niin pieni. Tämä johtaa talviaamu-hintaluokan korkeisiin hintoihin, kun muu aika hintaluokan hintaa lasketaan vain vähän. Asiakkaan näkökulmasta tällainen korkea hinta voi näyttää pahalta, kun hän ei tiedä oman energiankäyttönsä jakautumista hintaluokkien välille.

### Vaihtoehto 2 (talviaamu, talvi muu, muu aika)

Toinen vaihtoehto on hinnoitella muu aikakin vielä erikseen talviajalle ja muulle ajalle, jolloin eri hintaluokkia olisi 3. Tämän tyyppinen tuote on yhdistelmä kausituotteesta ja vuorokausituotteesta. Tässä on se etu, että asiakkaiden energiansäästötoimenpiteet tulevat kannattavammiksi talvikauden maksujen suhteellisen osuuden kasvaessa enemmän kuin pelkässä aamuhuippujen erillishinnoittelussa. Syynä tähän kannattavuuden kasvuun on se, että energiansäästötoimenpiteet vähentävät yleensä tilojen lämmityksen tarvetta, ja sen osuus energiankäytöstä on suurinta juuri talvisaikaan. Aamupiikkien erillishinnoittelulla taas voitaisiin saada melko kustannusvastaavaa hintaohjausvaikutusta asiakkaiden lämmönkäyttöön.

Talviaamun energianhinnat ovat alla olevassa esimerkissä voimassa jouluhelmikuussa klo 7:00 – 11:00, talven muu aika -energianhinnat ovat voimassa jouluhelmikuun muut tunnit ja lämpimän ajan energianhinnat ovat voimassa maalimarraskuun välisen ajan. Vaihtoehdossa 1 laskettu talviaamu -luokan osuus vuosittaisesta energiasta on 6,75 %. Kausituotetta laskettaessa taas saatiin lämmönmyynnin keskimääräisiksi osuuksiksi 43,8 % talvikaudelle ja muulle ajalle 56,2 %. Kun talvikauden osuudesta vähennetään talviaamujen osuus 6,75 % saadaan talven muun ajan energian osuudeksi 37,5 %.

Hinnat on laskettu siten, että kulutusjakaumaltaan keskimääräisen asiakkaan vuotuinen lämpölasku pysyy samana kuin nykyisellä tuotteella jos asiakas ei tee muutoksia kulutusrakenteeseensa. Vuoden 2014 energiamaksu nykyisellä tuotteella on 72,79 €/MWh. Tällöin tuotteen energiamaksut riippuvat kaavasta  $0,0675 * \text{HIN-}$



$$TA\_TALVIAAMU + 0,3750 * HINTA\_TALVI\_MUU + 0,5620 * HINTA\_MUU = 72,79 \text{ €/MWh.}$$

Iisalmen vuoden 2013 tunneittaisesta tuotantodatasta laskettiin keskimääräisen talviaamun tuntien ja keskimääräisen talven muun ajan tuntien ominaistuotantokustannuksien erotus. Iisalmessa vuoden 2013 tuotantodatan perusteella ominaistuotantokustannus oli talviaamuina vain keskimäärin noin 1,5 €/MWh kalliimpi kuin talven muuna aikana.

Tämä ominaistuotantokustannusten ero voisi olla suurempi sellaisissa verkoissa, joissa kiinteän polttoaineen laitosten maksimituotantokapasiteetti on mitoitettu suhteellisesti pienemmille verkon lämpökuormille. Tällöin myös sellaisten talviaamujen määrä kasvaisi, jolloin öljyä joudutaan polttamaan. Tarkan tunneittaisen tuotantodatan saaminen tuon tyyppisten verkkojen osalta osoittautui kuitenkin haastavaksi. Alla olevaan taulukkoon on laskettu energian hintoja tuotteelle erilaisilla hintaluokkien välisillä suhteilla.

*Taulukko 6.10 Talviaamujen erillishinnoittelun ja kausituotteen yhdistelmän hintaluokat eri painotuksilla*

Talviaamun energiamaksu €/MWh	Talvikauden muun ajan energiamaksu €/MWh	Muun ajan energiamaksu €/MWh
84,1	78	68
81,2	77	69
86,7	76	69
86,9	79	67

Talviaamujen erillishinnoittelu sekä yhdistetty kausituote ja aamujen erillishinnoittelu olisivat selvästi ulkolämpötilatuotetta tai huipputehotuotetta helpompia ja ennustettavampia asiakkaan kannalta. Näillä tuotteilla voitaisiin saada talviaamujen lämpökuormapiikkiin jonkinlaista pientä kustannusvastaavaa kulutusta ohjaavaa vaikutusta, jota pelkällä kausituotteella tai yksinkertaisilla hinnoittelumalleilla ei saada. Kuitenkin jos tuotteella haluttaisiin hintaohjausvaikutusta, niin talviaamun ja muun ajan energian välinen hintaero olisi asetettava suuremmaksi kuin todellisten ominaistuotantokustannusten erotus noiden luokkien välillä on.

Talviaamun ja muun ajan hintaeron ylimitoittaminen tarkoittaisi sitä, että yksittäinen asiakas, joka harjoittaisi kulutusjoustoja talviaamuina, saisi enemmän etua laskunsa kuin hän aiheuttaa energiayhtiölle kustannussäästöjä. Tämä menetetty rahamäärä olisi otettava takaisin muita hintaluokkia tai perustuotteen hintaa nostamalla. Käytännössä hintaluokkien ylimitoittaminen tarkoittaisi sitä, että asiakkaat jotka eivät joustaisi kulutuksessaan aamuina, maksaisivat ylimitoituksesta aiheutuneen toisten asiakkaiden laskusta vähentyneen rahamäärän. Tällainen hinnoittelu ei olisi oikeudenmukaista.

## Määräaikainen energian hinta

Määräaikaisella tuotteella tarjottaisiin asiakkaalle sopimuskauden ajaksi kiinteä energiamaksun hinta. Sopimuskausi voisi kestää esimerkiksi 2 vuotta. Määräaikainen tuote voisi olla rinnakkainen normaalin tuotteen kanssa. Normaalin tuotteen energiamaksu voisi päivittyä vuosittain tai jopa puolen vuoden välein. Tällöin määräaikaisen tuotteen etuna olisi asiakkaalle varmuus hinnasta.

Kaukolämpöyhtiölle tämä tarkoittaisi riskin ottamista polttoaineiden hintojen muuttumisesta, joten määräaikaisen tuotteen energian hinta olisi hieman normaalia tuotetta korkeampi. Sopimuksessa oleva hinta voisi olla arvonnlisäveroton, jolloin riski arvonnlisäveron muuttumisesta kesken sopimuskauden siirtyisi energiayhtiöltä asiakkaalle. Määräaikaisella tuotteella ei olisi mitään kulutusta ohjaavaa vaikutusta tai energiansäästöön kannustavaa hintatariffiratkaisua, vaan se tarjoaisi asiakkaille vaihtoehdon hinnoitteluun ja tarjoaisi joillekin asiakkaille mahdollisesti turvallisuuden tuntua määräaikaisen hinnan vuoksi.

## Uusien liittyjien määräaikainen energian hinta

Kaikille uusille liittyjille voitaisiin tarjota liittymiseen kannustavaa määräaikaista hintaa. Hinta voisi olla liittymishetken hinta ja se pysyisi määräaikaisena ensimmäiset 2 vuotta. Ongelmana joidenkin uusien asiakkaiden kohdalla on ollut se, että juuri ennen vuodenvaihdetta liittyvien asiakkaiden hinta on noussut lähes heti heidän liittyttyään kaukolämpöön. Tämä voi johtaa negatiivisiin mielikuviin kaukolämpöyhtiöstä jo heti asiakassuhteen alussa.

Määräaikaisella alkuhinnalla voitaisiin poistaa tämä ongelma ja luoda mahdollisesti joillekin asiakkaille lisäarvoa kaukolämpöön liittymiseen. Toisaalta on myös mieltävä, että onko 2 vuoden takuuhinnalla aidosti merkitystä uusien asiakkaiden liittymisen kannustamiseen, koska kaukolämmön asiakkuus on todellisuudessa pitkäaikainen asiakassuhde.

Negatiivinen puoli määräaikaisella alkuhinnalla voisi olla myös se, miten vanhat asiakkaat kokevat pelkästään uusia asiakkaita koskeva edun. Tällaisen uusille asiakkaille suunnatun edun laillisuus olisi selvitettävä mikäli ideaa jatkokehitetään, koska etu voisi rikkoa kaukolämmön hinnoittelun vaatimusta käsitellä samantyyppisiä asiakkaita samalla tavoin.

## Vihreä tuote

Vihreä lämpö olisi tuote, joka voitaisiin tarjota perustuotteen rinnalle. Vihreän tuotteen valinta olisi asiakkaalle arvovalinta tukea uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Tuotteessa energiamaksu olisi hieman perustuotetta korkeampi. Vihreän tuotteen myyntien osuus

saisi olla maksimissaan sama kuin uusiutuvien polttoaineiden käytön osuus tuotantolaitoksissa, mutta tämä tuskin tuottaisi ongelmaa.

Tuote voitaisiin kokea jopa negatiivisestikin, koska lämmöntuotannosta jo valmiiksi merkittävä osa tuotetaan puuperäisillä uusiutuville polttoaineilla ja vihreän tuotteen olemassaolo ei todennäköisesti vaikuttaisi lämmöntuotannon polttoainejakaumaan millään tavalla. Vihreä lämpö voisi myös heikentää nykyisen kaukolämpötuotteen vihreää imagoa, kun kaukolämpö yleensäkin koetaan ympäristöystävälliseksi lämmitys-  
muodoksi.

Savon Voiman asiakkailta on kysytty markkinatutkimuksen yhteydessä vihreästä lämmöstä, ja osoittautui että enemmistö asiakkaista olisi halukkaita ottamaan vihreän tuotteen, mutta enemmistö vihreää tuotetta kannattavista ei kuitenkaan haluaisi maksaa siitä ylimääräistä. 19 % vihreän tuotteen haluavista oli tutkimuksen mukaan valmiita maksamaan siitä hieman enemmän, joten vihreän tuotteen mahdollisuutta kannattaa kuitenkin pohtia.

### **6.1.2 Perusmaksukomponenttiin liittyvät kehitysideoita**

Perusmaksun eli kiinteän maksun uudistusta ei ole mielekäästä tuoda asiakkaille tarjolle vaihtoehtoisena tuotteena. Käytännössä perusmaksun uudistus olisi siis korvaava uudistus nykyisen perusmaksun tilalle. Perusmaksu voisi olla kokonaan uudentyyppinen tai sitten se koostuisi useasta eri hinnanmuodostuskomponentista.

### **Todelliseen huipputehoon perustuva vuosittain vaihtuva perusmaksu**

Vuosittaiseen huipputehoon perustuva perusmaksu eli tehomaksu määräytyisi vuoden korkeimman huippukulutuspiikin perusteella. Tehomaksun määrittävänä huippukulutuspiikkinä voitaisiin käyttää esimerkiksi Fortumin tyylistä ratkaisua, jossa piikki muodostuu 3 korkeimman perättäisen tunnin keskiarvosta. Huippukulutuspiikkinä voitaisiin käyttää myös esimerkiksi korkeimman kulutuksen vuorokauden aikaista keskiarvoa, jolloin lyhytaikaisten huipputehojen vaikutus tehomaksun suuruuteen vähenisi. Tehomaksu määräytyisi seuraavalle vuodelle aina edellisen vuoden huippukulutuksen perusteella. Energiayhtiöstä johtuvat katkot lämmönjakelussa täytyisi tällöin sulkea pois tarkastelusta.

Tämän tyyppisen perusmaksun määräytymisperusteen ongelmaksi tulee etenkin vuosittaisten huippupakkasten epäennustettavuudesta aiheutuvat vaihtelut seuraavan vuoden perusmaksuihin. Tehomaksun määräytymisessä voisi olla syytä eliminoida vuosittaisen lämpötilanvaihtelun vaikutus, jotta saman asiakkaan tehomaksu ei vaihtelisi vuosittain liian suuresti. Yksi keino tähän olisi jonkinlainen lämpötilakorjauskerroin. Tällöin kuitenkin tehomaksun määräytymisen selkeys asiakkaille voisi hämärtyä. Toinen vaihtoehto olisi käyttää esimerkiksi 3 edellisen vuoden huippukulutuspiikkien keskiarvoa perusmaksun määrittämisessä. Tällöin kuitenkin asiakkaiden tekemien energian-

säästötoimenpiteiden vaikutukset näkyisivät perusmaksussa täysin vasta 3 vuoden kuluessa, mikä on liian pitkä aika. Yleisestikin yksittäisen huippukulutuspiikin vaikuttaminen koko seuraavan vuoden perusmaksuun ei välttämättä olisi asiakkaille kovin reilun kuuloinen ratkaisu.

Perusmaksu on perinteisesti määritetty kattamaan kiinteitä kustannuksia, ja tästä syystä maksimitehokäyttöön perustuvaa tehomaksun määräytymistä voitaisiin perustella kiinteiden kustannusten osalta kustannusvastaavuudella. Mitä korkeampi on asiakkaan kulutuspiikki, sitä suuremman osuuden tuotantokapasiteetista hän varaa. Huipputehohon perustuvan tehomaksun etuna olisi etenkin sen nykyistä perusmaksua parempi kustannusvastaavuus hybridilämmittäjien hinnoittelussa. Jos tämän tyyliin perusmaksun määrittämiseen siirryttäisiin, kulutuspiikkien olisi syytä olla asiakkaan seurattavissa esimerkiksi Internet-palvelussa.

## **Kaukolämpöveden jäähtymään perustuva perusmaksu**

Perusmaksussa voisi liittymän tehoon perustuvan komponentin lisäksi olla jäähtymään perustuva hinnamuodostuskomponentti. Mitä paremman jäähtymän asiakas saa aikaiseksi, sitä pienempi olisi hänen jäähtymään perustuva perusmaksun osansa. Hyvästä jäähtymästä hyötyisivät tällöin sekä asiakas että kaukolämpöyhtiö. Asiakkaalla olisi tällöin mahdollisuus vaikuttaa itse suhteellisen helposti laskuun pitämällä säätölaitteensa kunnossa.

Jäähtymään perustuvan hinnamuodostuskomponentin suurin ongelma on se, että eri asiakkaat joutuvat eriarvoiseen asemaan. Esimerkiksi vanhoissa kerrostaloissa ei voida päästä yhtä suuriin jäähtymiin kuin uusissa kerrostaloissa, joissa on lattialämmitykset. Myös asiakkaan sijainti kaukolämpöverkossa vaikuttaa jäähtymän suuruuteen. [Vidgren 2014]

## **Huipputehon rajoittaminen ja alennettu perusmaksu**

Yksi keino vähentää huippukuormien aikaista tuotannon tarvetta voisi olla kahdenkeskisiin sopimuksiin perustuva tehon leikkaaminen joiltain asiakkailta huippukuormien aikaan. Asiakas hyötyisi tästä tehonalennuksesta alennettuna perusmaksuna. Sellaiset asiakkaat, joille tämä olisi mahdollista ja kannattavaa, ovat varmastikin vain yksittäistapauksia. Tällaisia asiakkaita voisivat olla esimerkiksi jotkut suuret teollisuusasiakkaat, joiden lämmönkäytön leikkaaminen ei kuitenkaan saisi haitata heidän omaa toimintaansa. Tällaiset lämmönkäytön leikkaamissopimukset toisivat myös teknisiä haasteita, koska energiayhtiön täytyisi pystyä ohjaamaan asiakkaan lämmönkäyttöä.

## **Todelliseen huipputehoon perustuva kuukausittain vaihtuva perusmaksu**

Perusmaksu voisi jakautua erikseen vuoden sisällä kiinteään osaan ja kuukausittain vaihtuvaan huipputehoon perustuvaan tehomaksuun. Kuukausittain vaihtuva todelliseen tehoon perustuva tehomaksu olisi reilumpi asiakkaille kuin vuosittain vaihtuva tehomaksu siitä syystä, että asiakkaan yksittäinen huippukulutuspiikki ei vaikuttaisi niin pitkän ajan maksuihin.

Kuukausittainen tehomaksu määräytyisi kunkin kuukauden toteutuneen huippukulutuspiikin perusteella. Huippukulutus voisi muodostua esimerkiksi kuukauden korkeimmasta vuorokauden keskitehosta, jolloin esimerkiksi teollisuusasiakkaiden hetkelliset tehopiikit eivät vaikuttaisi maksuun liian suuresti.

Huipputehoon perustuvalla kuukausittaisella tehomaksulla voitaisiin myös saada asiakkaita leikkaamaan kulutustaan huippukuormilta, jolloin energiayhtiö säästäisi tuotantokustannuksissa. Kuukausittain vaihtuvalla tehomaksulla saataisiin hinnoittelua hybridilämmittäjien osalta hieman nykyistä kustannusvastaavammaksi, mutta kuukausittain vaihtuva tehomaksu ei olisi tältä osin kuitenkaan yhtä hyvä kuin vuoden ajan vakiona pysyvä tehomaksu.

Mikäli kuukausittaista tehomaksua lanseerattaisiin, sen yhteyteen kannattaisi luoda asiakkaita varten Internet- palvelu, josta asiakkaat näkisivät omat kulutushuippunsa. Alla on pohdittu 2 erityyppistä kuukausittaisen tehomaksun määrittäytapaa.

### **Vaihtoehto 1:**

Ensimmäinen vaihtoehto olisi yksinkertaisempi ratkaisu. Tässä tavassa kutakin huipputehoa vastaavat tehomaksut olisi laskettu koko verkon keskiarvojen perusteella etukäteen. Tässä tehomaksun määrittäytavassa kutakin huipputehoa vastaisi aina sama kuukausittainen tehomaksu asiakkaasta riippumatta. Tehorajat kannattaisi määrittellä sellaisiksi, että keskimäärin erikokoisten asiakkaiden perusmaksut pysyisivät samansuuruisina kuin perinteisellä perusmaksun määrittäytavallakin.

Tämä tehomaksun määrittäytapa ei yksinään vastaisi vuoden sisällä kovin hyvin kiinteitä kustannuksia. Perusmaksun muodostuminen perinteisen tilaustehoon perustuvan kiinteän osuuden ja kuukausittain vaihtelevan tehomaksun yhdistelmästä tasaisi kesän ja talven välisiä perusmaksun eroja ja olisi täten kustannusvastaavampi vuoden sisälläkin kiinteiden kustannusten osalta.

### **Vaihtoehto 2:**

Toinen vaihtoehto olisi monimutkaisempi malli. Tässä tavassa kuukausittainen tehomaksu perustuisi kuukausittaisen huipputehopiikin ja asiakkaan tilaustehon suhteeseen. Alla on esitelty hahmottamisen vuoksi esimerkki yksittäisen asiakkaan kuukausittaisen tehomaksun määräytymisestä Iisalmessa, jossa kiinteän polttoaineiden tuotantoteho riit-

tää kattamaan noin 63 % verkon maksimitehosta. Tehomaksu määräytyisi tällöin lineaarisesti huipputehonvälillä 63 % - 100 % ollen taas sama tehovälillä 0 % - 63 %. Alla oleva kuva on havainnollistava esimerkki hinnan määräytymisestä.

*Taulukko 6.11 Esimerkki kuukausittain vaihtuvan tehomaksun hinnanmuodostuksesta vaihtoehdon 2 määräytymisperusteella*

	huipputeho 1	huipputeho 2	huipputeho 3	huipputeho 4	huipputeho 5
huipputehon ja tilaustehon suhde	50 %	63 %	75 %	88 %	100 %
kuukausittainen tehomaksu	100€	100€	133€	167€	200€

Kunkin asiakkaan kuukausittainen perusmaksu määräytyisi siis sen perusteella kuinka suuri olisi kuukauden huipputehon ja tilaustehon suhde. Tällaisessa tehomaksun määrittämisessä olisi perusmaksun käytännössä pakko perustua lisäksi toiseen kiinteästä tilaustehosta riippuvaan hinnanmuodostuskomponenttiin, koska muutoin asiakas vain hyötyisi korkeammasta tilaustehosta, eikä hinnoittelu kannustaisi energiansäästöön.

Kun kuukausittainen perusmaksu perustuisi sekä vuosittaiseen tilaustehoon perustuvaan komponenttiin että kuukausittaiseen tehomaksuun, ja hintakomponenttien suhteet olisi oikein mitoitettu, asiakkaan kannattaisi pyrkiä pitämään tilausteho mahdollisimman pienenä ja samalla välttämään huippukuormien aikaista lämmönkäyttöä.

Vaikka perusmaksun tarkoitus onkin kattaa kiinteitä kustannuksia, niin tällaisella tehomaksun määrittämisellä voitaisiin saada myös tuotantokustannuksissa näkyvää ohjaavaa vaikutusta. Tilaustehojen täytyisi tällaisessa perusmaksun määrittämisessä päivittyä automaattisesti vuosittain. Tämän tyyppinen tehomaksun määrittäminen olisi energiayhtiölle raskas toteutettava ja ylläpidettävä.

### 6.1.3 Liittymismaksuun liittyvät kehitysideoita

Liittymismaksuun liittyvillä kehitysideoilla pyritään saamaan asiakkaiden kaukolämpöön liittymistä houkuttelevammaksi.

### Liittymismaksun osamaksumahdollisuus

Uusien asiakkaiden liittymistä kaukolämpöön voitaisiin kannustaa osamaksutyypisellä liittymismaksulla, jossa liittymismaksu maksettaisiin korotettuna perusmaksuna muutamana vuoden aikana. Osamaksut voisivat olla korottomia, jolloin energiayhtiö tarjoaisi asiakkaalle liittymismaksua varten korottoman rahoituksen. Tämä korottomuus voisi tuoda kaukolämpöön liittymiseen lisäarvoa joidenkin asiakkaiden osalta. Jos asiakas haluaisi irtautua kaukolämmöstä ennen liittymismaksun loppuun maksamista, hän jou-

tuisi maksamaan liittymismaksun pois ennen irtautumista. Liittymismaksun osamaksu aiheuttaisi energiayhtiölle luottoriskin, mutta tyypillisesti kaukolämpöasiakkailta tämä riski on pieni.

Liittymismaksun osamaksumahdollisuus tuotaisiin vaihtoehdoksi nykyisen liittymismaksun rinnalle, jolloin asiakkaat saisivat itse valita millä tavalla liittymismaksun haluavat hoitaa. Liittymismaksun osamaksu voisi kiinnostaa etenkin sellaisia asiakkaita, joilla on jo olemassa oleva kiinteistö ja he ovat vain uudistamassa lämmitystapaansa. Tällaiset asiakkaat saisivat osamaksumahdollisuuden myötä liittyttyä kaukolämpöön todella pienin alkuinvestoinnein, jolloin esimerkiksi taloyhtiö säästyisi lainan otolta. Tämä toisi kilpailuetua esimerkiksi suurten investointikustannusten maalämpöön verrattuna.

## Avaimet käteen palvelu

Kaukolämpöön liittymiseen lisäarvoa voisi tuoda myös avaimet käteen tyylinen palvelu, jossa energiayhtiö hoitaa asiakkaan laitteistot käyttövalmiiksi esimerkiksi aliurakoitsijan kautta. Tällöin kaukolämpöasiakas saisi valmiin lämmitysjärjestelmän siten, että hänen itsensä tarvitsisi nähdä mahdollisimman vähän vaivaa asian eteen. Energiayhtiön rooli asiakkaan puolen laitteiden rakentamisessa olisi aliurakointisopimusten laadintaa ja työnlaadun seuranta.

### 6.1.4 Muun tyyppiset hinnoittelun kehitysideat

#### Tasaerälaskutus

Kaukolämmössä voisi sähköpuolen tapaan olla käytössä tasaerälaskutus, joka tasattaisiin todelliseen kulutukseen esimerkiksi kerran vuodessa. Tämä voisi tuoda lisäarvoa esimerkiksi taloyhtiöille, joiden omat rahavirrat vastikkeista ovat tasaisia läpi vuoden. Tasaerälaskutus ei kuitenkaan mielekkäällä tavalla ole mahdollista lainsäädännön vuoksi.

Energiatehokkuuslain 1211/2009 § 3:n mukaan: ”*Energian vähittäismyyjän on laskutettava sähkö, verkkomaakaasu, kaukolämpö ja kaukojäähdytys todettuun energiankulutukseen perustuen vähintään kolme kertaa vuodessa. Todettuun energiankulutukseen perustuvasta laskutuksesta voidaan kuitenkin poiketa, jos todettuun energiankulutukseen perustuvan mittauksen ja laskutuksen järjestäminen ei ole mahdollista tai se on kustannuksiltaan kohtuutonta. ... Todettuun energiankulutukseen perustuva laskutus vähintään kolme kertaa vuodessa on toteutettava viimeistään vuoden 2014 alusta.*”

Koska tasaerälaskutuksen idea kaukolämmössä olisi tasata kesän ja talven välisiä eroja, lainsäädännön vuoksi ei tasaerälaskutusta kaukolämpöön kannata siis edes pidemmälle pohtia.

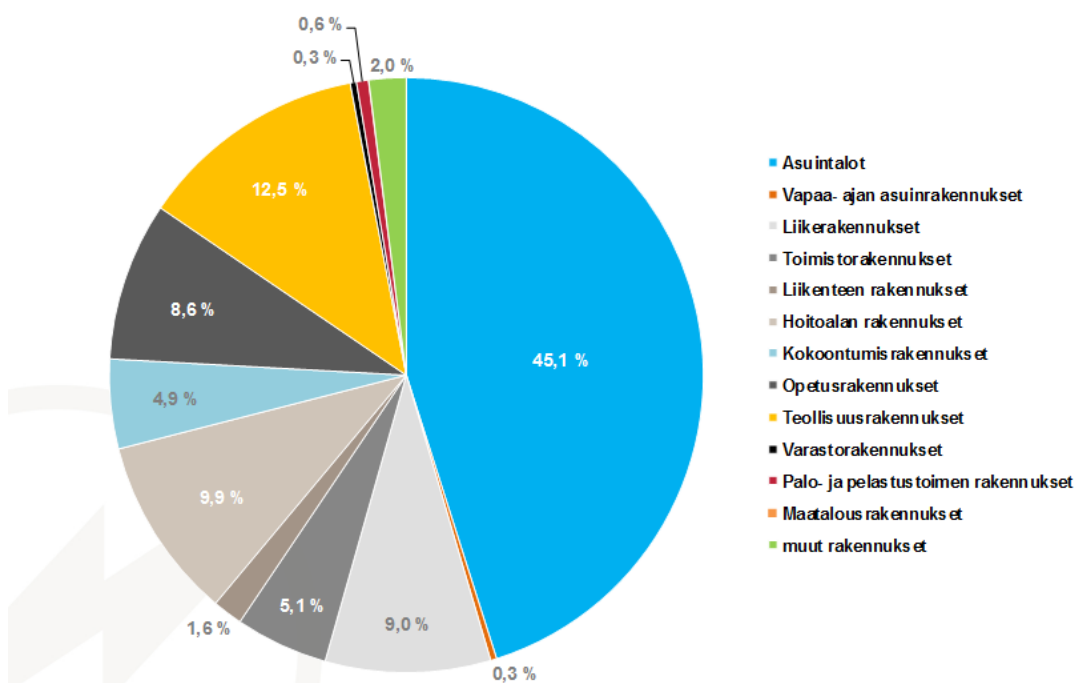
## 6.2 Savon Voimalle potentiaaliset hinnoittelumallit tarkempaan tutkiskeluun

Savon Voimalla päätettiin diplomityön ohjausryhmän kokouksessa 7.2.2014 mitä hinnoittelumalleja ryhdytään tutkimaan tarkemmin. Kappaleessa on käyty läpi työssä aiemmin hahmotellut mallit, ja niiden lisäksi kappaleessa on käsitelty kahta kokonaan uutta tuotetta, jotka ovat varatehomaksu ja Bonus. Jatkokehitettäviksi tuotteiksi muodostuivat tässä vaiheessa projektia kuukausittain vaihtuva tehomaksu, Bonus, varatehomaksu ja liittymismaksun osamaksu.

Tämä kappale on poistettu diplomityön julkisesta versiosta, koska se sisältää yksityiskohtaista sisäistä pohdintaa.

## 6.3 Savon Voiman kaukolämpöasiakkaiden haastattelut

Savon Voiman kaukolämpöasiakkaiden jakautuminen asiakassegmentteihin on koottu alla olevaan kuvaajaan. Segmenttien suuruudet jakautuvat asiakkaille myydyin energian suhteen, ja kuvaajassa ovat mukana kaikkien Savon Voiman 19 kaukolämpöverkon asiakkaat. Asuintalot asiakassegmentti voitaisiin jakaa vielä esimerkiksi kerrostaloihin, rivitaloihin ja omakotitaloihin. Näistä kuitenkin omakotitalojen osuus lämmönmyynnistä on todella pieni. Hinnoittelun kehittämisessä asiakaslähtöisyys on avainasemassa, ja tästä syystä käytiin hinnoittelun kehittämisestä keskustelemassa erityyppisten kaukolämpöasiakkaiden kanssa.



Kuva 6.2 Savon Voiman lämmönmyynnin jakautuminen asiakassegmenttien välille



Asiakashaastatteluihin pyrittiin valitsemaan mahdollisimman kattavasti lämmönkäyttöön erityyppisiä kaukolämpöasiakkaita. Taloyhtiöitä tapaamisissa edustivat isännöitsijät, joita kävin tapaamassa kolmella eripaikkakunnalla. Heitä oli yhteensä kuudesta eri isännöintiyrityksestä. Teollisuudesta oli valittu tapaamisiin lämmönkäyttöön erilaisia asiakkaita. Kävin tapaamassa kolmea erilaista teollisuusasiakasta. Mukana oli sekä prosessilämpöä käyttävää raskaampaa teollisuutta että erilaista teollisuutta edustava hyvinvointipalveluja tarjoava asiakas. Näiden lisäksi kävin vielä tapaamassa yhtä kunta-asiakasta, jolla on lämmönkäyttöä monenlaisissa kohteissa kuten asuinkiinteistöissä, julkisissa rakennuksissa ja terveyskeskuksessa. Asiakkaiden kanssa keskusteltiin heidän arvostamistaan ominaisuuksista kaukolämmön hinnoittelussa ja heille esiteltiin joitain aiemmin mietittyjä ehdotuksia uusiksi tuotteiksi.

Loput tästä kappaleesta on poistettu diplomityön julkisesta versiosta, koska asiakkaiden kanssa keskustelun lisäksi kappaleessa on yksityiskohtaista sisäistä pohdintaa.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn alkuvaiheessa tuotantokustannusten rakennetta seuraavien monimutkaisempien hinnoittelumallien ajateltiin olevan potentiaalisimpia uusia tuotteita kaukolämpöön. Ominaistuotantokustannukset Savon Voiman kaukolämpöverkoissa alkavat kasvaa huipputuotantolaitosten käynnistymisen vuoksi silloin, kun ulkolämpötila laskee tarpeeksi. Kaukolämpöverkosta riippuen tuo raja on -10 ja -20 asteen välissä. Myös kesäajalle ajoittuvat huoltoseisokit nostavat ominaistuotantokustannukset seisokin ajaksi korkeiksi.

Parhaiten ominaistuotantokustannuksien rakennetta seuraavia tuotteita olivat työssä hahmotellut huipputehotuote ja ulkolämpötilatuote. Tällaisilla tuotteilla olisi hintaohjauksella pyritty saamaan asiakkaita vähentämään lämmönkäyttöään silloin, kun lämmöntuotantokustannukset ovat talvisaikaan korkeita, eli käytännössä silloin kun öljyä käyttäviä huipputuotantolaitoksia pakkaskausien aikaan ajetaan.

Huipputuotannon osuus kokonaisenergiasta on Savon Voimalla kuitenkin sen verran pientä, että asiakkaat eivät kohtuullisilla kulutusjoustoilla saisi merkittävää etua laskuunsa uuden tuotteen myötä nykyiseen tuotteeseen verrattuna, kun heidän saamansa etu lasketaan aiheuttamisperiaatteen mukaisesti. Asiakashaastattelussa tuli myös ilmi, että asiakkailla ei tällä hetkellä ole ollenkaan mahdollisuutta vähentää kulutustaan huipputuotannon aikaan. Tämä tarkoittaisi siis sitä, että pystyäkseen joustamaan lämmönkulutuksessa, asiakkaiden olisi ensin investoitava esimerkiksi varaajiin ja rakennusautomaatioon. Kulutusjoustoon tähtäävät hintaohjaustuotteet siis hylättiin, koska tällaiset investoinnit olisivat suuria ja asiakkaiden laskussa näkyvä hyöty taas olisi melko pientä.

Monissa energiayhtiöissä on siirrytty kausityyppiseen kaukolämmön hinnoitteluun, jossa kaukolämmön energiamaksu on suurin talvikaudella ja alhaisin kesäkaudella. Savon Voiman kaukolämpöverkoissa tällainen tuote ei olisi kuitenkaan kustannusvastaava. Varsinaista tuotantokustannuksiin vaikuttavaa hintaohjausta kausituotteella ei kuitenkaan saada, joten tuotteen ei nähty Savon Voimalla tuovan merkittävää lisäarvoa nykyiseen lämpötuotteeseen verrattuna, ja kustannusvastaavuuden puuttumisen vuoksi kausituote hylättiin ainakin tässä vaiheessa.

Jos asiakkaille halutaan tarjota vaihtoehtoja lämpötuotevalikoimaan, hintaohjaustuotteen tultua hylätyksi vaihtoehtoisen tuotteen olisi tarjottava asiakkaalle jotain muuta arvoa kuin säästön mahdollisuutta laskussa jouston kautta. Tällaisia tuotteita voisivat olla esimerkiksi määräaikainen tuote, jossa asiakas maksaa hintojen muuttumattomuudesta, tai vihreä tuote, jossa asiakas maksaa uusiutuvan polttoaineen käytöstä. Näitäkään tuotteita ei lähdetty tässä vaiheessa kehittämään pidemmälle.

Tulevaisuudessa asiakkaiden energiatehokkuuden kasvamisen ja hybridilämmittäjien mahdollisen lisääntymisen vuoksi nykyinen energiamaksun ja perusmaksun hintakomponenttien suhde tulee aiheuttamaan entistä enemmän hinnankorotuspaineita energiamaksuun. Tämä johtuu siitä, että kun myydyt energiamäärät pienenevät, energiamaksusta saadut tulot pienenevät samassa suhteessa, ja energiamaksuilla täytyy kuitenkin tämän hetken hinnoittelurakenteella kattaa puolet kiinteistä kustannuksista.

Savon Voiman nykyinen perusmaksu perustuu asiakkaan tilaustehoon, joka perustuu kuukausittaisten ulkolämpötilojen ja keskitehojen avulla sovitettuun regressiooraan. Energiayhtiön kannalta perusmaksun perustuminen keskitehon sijasta huipputehoon olisi parempi vaihtoehto, koska tällöin hinnoittelu kohdentuisi oikeammin esimerkiksi vara- ja huipputehona kaukolämpöä käyttävien hybridilämmittäjien osalta.

Työssä pohdittiin vuosittaiseen tehohuippuun perustuvan tehomaksun määräytymistavan lisäksi myös kuukausittain vaihtuvaa tehomaksua. Asiakkaat eivät pitäneet huipputehoon perustuvaa vuosittaista tehomaksua oikeudenmukaisena. Kuukausittainen tehomaksu ei olisi vuosittaiseen tehomaksuun verrattuna yhtä hyvä hybridien oikeudenmukaisen hinnoittelun osalta, mutta sen ajateltiin olevan asiakkaille mieluisampi malli. Myöskään kuukausittain vaihtuva tehomaksu ei kuitenkaan saanut asiakkailta kovin hyvää palautetta.

Koska asiakkaat eivät kokeneet huipputehoon perustuvia tehomaksuja hyviksi, Savon Voimalla pohdittiin, että annetaan perusmaksun tulevaisuudessakin perustua keskitehoon ja kehitetään kaukolämmön vara- tai huipputehoksi jättävien hybridilämmittäjien kustannusvastaavuuden vuoksi uusi hintakomponentti, joka tässä työssä nimettiin varatehomaksuksi. Mikäli varatehomaksua ei ole mahdollista toteuttaa, perusmaksun osuutta ja määräytymisperustetta joudutaan ainakin pidemmällä aikavälillä muuttamaan.

Asiakkaiden mielestä kaukolämmön hinnoitteluun arvoa tuovia ominaisuuksia ovat tuotteen helppous, yksinkertaisuus ja ennustettavuus. Helppous ja yksinkertaisuus tekevät tuotteesta ymmärrettävän ja läpinäkyvän, ja ennustettavuus on asiakkaiden mielestä todella tärkeää budjetoinnin kannalta. Viranomaispuolelta taas tulee vaatimus kaukolämmön hinnoittelun kustannusvastaavuudesta. Asiakkaan arvostamien ominaisuuksien ja tarkan kustannusvastaavuuden välillä on tuotantokustannusten vaihtelevan luonteen vuoksi selkeä ristiriita. Hinnoittelun kannattaakin olla vain riittävän kustannusvastaavaa, ja tuotekehityksen päätavoitteena tulee olla kustannusvastaavuuden sijasta asiakasarvon luominen.

Nykyisessä tilaustehoon perustuvassa perusmaksussa on vielä kehitettävää asiakkaille parempaan suuntaan. Nykyisin tilausteho tarkastetaan yleensä vain asiakkaiden sitä erikseen pyytäessä, koska tilaustehon tarkastaminen on vielä käsityötä. Asiakastapaamisissa nousi esille, että tilaustehojen vuosittainen automaattinen tarkastaminen olisi ehdottomasti hyvä asia ja nykypäivää.

Asiakastapaamisissa nousi esille myös, että kuinka huonosti asiakkaat tuntevat tilaustehon määräytymisen perusteet. Tulevaisuudessa kannattaisikin esimerkiksi Savon Voiman internetsivuille tai PriWattiin laittaa ymmärrettävästi selitettynä tilaustehon määräytymisperuste sekä laskentakaava. Tämä voisi parantaa asiakkaiden kuvaa perus-

maksusta, koska osa asiakkaista kokee perusmaksun tällä hetkellä mystisenä negatiivisena maksuna, ja he tietävät sen vain liittyvän jollain tavalla energiankäyttöön.

Perusmaksun vuosittainen perustuminen todellisten tehojen perusteella lasketuihin tilaustehoihin mahdollistaa työssä hahmotellun Bonus-järjestelmän. Koska uusi nykyisen tuotteen rinnalle tuleva kaukolämpötuote ei toteutunut, Savon Voimalla haluttiin kehittää uutta lisäkannustetta, jolla asiakas voi saada säästöjä.

Uusien asiakkaiden liittymistä varten työssä pohdittiin liittymismaksun osamaksumahdollisuutta. Siitä asiakkailta tapaamisissa tullut palaute oli pelkästään positiivista, ja osamaksun ottamista nykyisen liittymismaksun rinnalle vaihtoehtoiseksi maksutavaksi kannattaakin harkita.

Alla olevaan taulukkoon on koottu erilaisten hinnoittelumallien ja hinnoittelun kehittämiseen liittyvien asioiden hyviä ja huonoja puolia sekä energiayhtiön että asiakkaan kannalta.

*Taulukko 7.1 Työssä hahmoteltujen tuotteiden hyviä ja huonoja puolia*

	<b>Hyvät puolet</b>	<b>Huonot puolet</b>
<b>Hintaohjaukseen tähtäävät tuotteet</b>		
<b>Ulkolämpötilatuote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mahdolliset kustannussäästöt energiayhtiölle tuotteen kulutuksenohjausvaikutuksen kautta</li> <li>- Säästöt asiakkaille laskussa heidän oman kulutusjoutonsa vuoksi</li> <li>- Hintaa voitaisiin ilmoittaa etukäteen säännusteen perusteella</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakkaiden kulutusjoutonsa mahdollisuus lähes olematon joten vain monimutkaistaisi hinnoittelua</li> <li>- Ei yhtä hyvää hintaohjauspotentiaalia kuin huipputehotuotteella</li> <li>- Asiakkaiden saamat säästöt laskussa olisivat kohtuullisella kulutusjoustolla kuitenkin pienet</li> </ul>
<b>Huipputehotuote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mahdolliset kustannussäästöt energiayhtiölle tuotteen kulutuksenohjausvaikutuksen kautta</li> <li>- Säästöt asiakkaille laskussa heidän oman kulutusjoutonsa vuoksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakkaiden kulutusjoutonsa mahdollisuus lähes olematon joten vain monimutkaistaisi hinnoittelua</li> <li>- Vaatisi asiakkailta tarkempaa oman kulutuk-</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaikista eniten tuotantokustannuksien rakennetta seuraavaa hintaohjauspotentiaalia</li> </ul>	<p>sensa seurantaa kuin ulkolämpötilatuote</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakkaiden saamat säästöt laskussa olisivat kohtuullisella kulutusjoustolla kuitenkin pienet</li> </ul>
<b>Talviaamujen erillishinnoittelu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakkaille kulutusjouston kannalta helpompi tuote kuin ulkolämpötila- tai huipputehotuote</li> <li>- Energiayhtiölle pieniä kustannussäästöjä talviaamujen huipputuotannon käytön mahdollisen vähentymisen vuoksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei merkittävää hintaohjauspotentiaalia kun hinnat määritetään kustannusvastaavasti aiheuttamisperiaatteen mukaan</li> <li>- Asiakkaiden minkään tasoinen kulutusjousto vaikeaa</li> </ul>
<b>Muut energiamaksukomponenttiin liittyvät tuotteet</b>		
<b>Kausituote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinnoittelurakenne olisi kiinteiden kustannusten osalta tiettyjen hybridilämmittäjien osalta kustannusvastaavampi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei ole Savon Voimalla tuotantokustannusten osalta kustannusvastaava, joten ei sovellu hinnoittelun läpinäkyvyyden vuoksi uudistukseksi tuotantokustannuksiin perustuvaan energiamaksuun</li> </ul>
<b>Vihreä tuote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakkaille vaihtoehtoinen tuote nykyisen rinnalle, jolloin asiakkaalle tarjotaan mahdollisuus ympäristöarvovalintaan</li> <li>- Pienet lisätuotot energiayhtiölle vihreän tuotteen korkeamman hinnan vuoksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ristiriita Savon Voiman kaiken lähienergian ystävällisyyttä korostavan markkinoinnin kanssa</li> </ul>

<b>Kiinteään hinta-komponenttiin liittyvät tuotteet</b>		
<b>Vuosittaiseen huipputehoon perustuva tehomaksu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olisi hybridilämmittäjien osalta kustannusvastavampi kuin keskitehoon perustuva perusmaksu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asiakkaat kokevat yksittäisen huipputehon vaikuttamista koko vuoden perusmaksuun epäoikeudenmukaisena</li> <li>- Kasvattaisi maksuja etenkin suurilla prosessilämpöä käyttävillä teollisuusasiakkailta, jotka kuitenkin pääsääntöisesti ovat energiayhtiölle erittäin kannattavia asiakkaita</li> </ul>
<b>Kuukausittain vaihtuva tehomaksu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mahdollistaisi kiinteiden maksujen osuuden kasvattamisen jos otettaisiin mukaan perusmaksun ja energiamaksun rinnalle tulevana kolmantena hintakomponenttina</li> <li>- Olisi hieman nykyistä parempi hinnoittelurakenne hybridilämmittäjien hinnoittelun kustannusvastavuuden kannalta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heikentäisi asiakkaiden lämpölaskujen ennustettavuutta</li> <li>- Voisi tuoda maksujen talvipainoisuuden vuoksi joillekin asiakkaille maksukykyongelmia</li> <li>- Ei yksinään riitä uudistamaan hinnoittelua hybridilämmittäjien osalta kustannusvastaavaksi</li> </ul>
<b>Jäähtymään perustuva perusmaksu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kannustaisi asiakkaita pitämään huolta omista lämpölaitteistaan ja tämä toisi energiayhtiölle kustannussäästöjä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asettaisi asiakkaat epätasa-arvoiseen asemaan</li> </ul>
<b>Hybridilämmittäjien varatehomasu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mahdollistaisi hybridilämmittäjien kustannusvastavan hinnoittelun ilman, että kaikkien asiakkaiden perusmaksua täytyisi uudistaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voisi tuoda energiayhtiölle negatiivista julkisuutta</li> </ul>

	heille epämieluisaan suuntaan	
<b>Bonus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toisi asiakkaille uudenlaisen mahdollisuuden säästää</li> <li>- Toisi energiayhtiölle markkinoinnillista arvoa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiayhtiölle aiheutuisi Bonuksesta vähäisiä kustannuksia</li> </ul>
<b>Liittymismaksuun liittyvät uudistukset</b>		
<b>Koroton liittymismaksun osamaksuvaihtoehto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voisi tuoda joillekin asiakkaille lisäarvoa kaukolämpöön liittymiseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toisi energiayhtiölle pieniä kustannuksia korotoman rahoituksen tarjoamisesta</li> <li>- Energiayhtiölle aiheutuisi pieni luottoriski rahoituksen tarjoamisesta</li> </ul>
<b>Avaimet käteen palvelu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tekisi asiakkaille kaukolämpöön liittymisen helpommaksi ja vaivattommammaksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aiheuttaisi energiayhtiölle melko paljon lisätyötä ja kasvavan resurssitarpeen myötä lisäkustannuksia</li> </ul>

## LÄHTEET

Anttonen, Kari. Diplomi-insinööri, Tekninen asiantuntija, Savon Voima Oyj. Siilinjärvi. Haastattelu 16.12.2013.

Aro, A. Uuden kaukolämpötuotteen hinnoittelumalli suurasiakkaille. Insinööriintyö. 2013. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. 40s.

Diaesitys kaukolämmön hinnan kehityksestä. Energiateollisuus ry [WWW]. [viitattu 10.4.2014]. Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla>

Energian hinnat, Tilastokeskus [WWW]. ISSN=1799-7984. 4. vuosineljännes 2013. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 12.2.2014]. Saatavissa: [http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2013/04/ehi\\_2013\\_04\\_2014-03-20\\_tie\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2013/04/ehi_2013_04_2014-03-20_tie_001_fi.html)

Energiatehokkuuslaki 1211, Laki energiamarkkinoilla toimivien yritysten energiatehokkuuspalveluista. Annettu Helsingissä 22.12.2009

Fortum kestoämpö – tuotesopimuksen ehdot henkilöasiakkaille 1.1.2014, Fortum Oyj [WWW]. [viitattu 16.1.2014]. Saatavissa: [http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Hinnastot%20ja%20sopimusehdot/Tuote-ehdot\\_Kestolampo\\_01012014.pdf](http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Hinnastot%20ja%20sopimusehdot/Tuote-ehdot_Kestolampo_01012014.pdf)

Fortum tarkkalämpö – tuotesopimuksen ehdot 1.7.2013, Fortum Oyj [WWW]. [viitattu 16.1.2014]. Saatavissa: [http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Hinnastot%20ja%20sopimusehdot/Tuote-ehdot\\_Tarkkalampo\\_01072013.pdf](http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Hinnastot%20ja%20sopimusehdot/Tuote-ehdot_Tarkkalampo_01072013.pdf)

Energiavuosi 2013, Energiateollisuus ry [WWW]. [viitattu 10.4.2014]. Saatavissa: <http://energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2012-kaukolampo>

Heljo, J. & Vihola, J., Energiansäästömahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa [WWW]. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. 2012 [viitattu 20.12.2013]. Saatavissa: [http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20933/heljo\\_vihola\\_energiansaastomahdollisuudet\\_rakennuskannan\\_korjaustoiminnassa.pdf?sequence=1](http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20933/heljo_vihola_energiansaastomahdollisuudet_rakennuskannan_korjaustoiminnassa.pdf?sequence=1)

Henell, Maija. Diplomi-insinööri, Liiketoimintajohtaja, Savon Voima Oyj. Siilinjärvi. Haastattelu 17.12.2013.



Hinnastot ja sopimusehdot, Tampereen Sähkölaitos [WWW]. [viitattu 11.12.2013]. Saatavissa:

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/kaukolampojaahdytysjamaakaasu/kaukolampo/hinnastotjasopimusehdot/Sivut/default.aspx>

Järvenpää, M., Länsiluoto, A., Partanen, V. & Pellinen, J. 2010. Talousohjaus ja kustannuslaskenta. WSOY. 452 s.

Kaukolämmön hinnat, Lahti Energia [WWW]. [viitattu 11.12.2013]. Saatavilla:

<http://www.lahtienergia.fi/lammitys/50/50>

Kaukolämmön myyntihinnasto, Vantaan Energia [WWW]. [viitattu 16.12.2013]. Saatavilla:

[http://www.vantaanenergia.fi/fi/Kaukolampo/hinnastotjaehdot/Documents/Kaukolämmön\\_myyntihinnasto\\_1.1.2013\\_alv24.pdf](http://www.vantaanenergia.fi/fi/Kaukolampo/hinnastotjaehdot/Documents/Kaukolämmön_myyntihinnasto_1.1.2013_alv24.pdf)

Kaukolämpö, Suur-Savon Sähkö [WWW]. [viitattu 24.1.2014]. Saatavissa:

<http://www.ssoy.fi/Energia/Kaukolampo/>

Kaukolämpöhinnasto, Savon Voima [WWW]. [viitattu 27.1.2014]. Saatavissa:

[http://www.savonvoima.fi/SiteCollectionDocuments/Kaukol%20a4mp%20b6/SV\\_klhinnasto\\_perusjaenergiamaksu\\_01012014.pdf](http://www.savonvoima.fi/SiteCollectionDocuments/Kaukol%20a4mp%20b6/SV_klhinnasto_perusjaenergiamaksu_01012014.pdf)

Kaukolämpötariffi, Helsingin Energia [WWW]. [viitattu 11.12.2013]. Saatavissa:

<http://www.helen.fi/Documents/Hinnasto%20-%20lämpö%20ja%20jäähdytys/Kotitaloudet/Kaukolämpötariffi.pdf>

Kaukolämpötuotteet, Kuopion Energia [WWW]. [viitattu 11.12.2013]. Saatavissa:

[http://www.kuopionenergia.fi/kaukolampo/kaukolampotuotteet\\_1.1.2013\\_alkaen](http://www.kuopionenergia.fi/kaukolampo/kaukolampotuotteet_1.1.2013_alkaen)

Kaukolämpöverkko, Energiateollisuus ry [WWW]. [viitattu 4.12.2013]. Saatavissa:

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukolampoverkko>

Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Energiateollisuus ry, Fredrikinkatu 51-53 B, 00100 Helsinki. 566 s.

Kuukausittaiset lämpötilat, Kuopion sää, Savonia [WWW]. [viitattu 28.1.2014]. Saatavissa:

<http://weather.savonia-amk.fi/?sivu=tilastot#MonthlyTemperatures>

Lämmitysverkoston perussäätö, Motiva [WWW]. [viitattu 30.12.2013]. Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston\\_perussaato](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston_perussaato)

Lämpötuotteet, Jyväskylän Energia [WWW]. [viitattu 15.2.2014]. Saatavissa: <http://www.jyvaskylanenergia.fi/lampo/lampotuotteet>

Mäkelä, V.M., Lintunen, T., Latva, V., Kuha, S., Hämäläinen, A., Asikainen, T. & Pirttinen, J. Hybridilämmitys kaukolämmitetyissä kiinteistöissä ja käytön ympäristövaikutukset [WWW]. Mikkeli, Mikkelin Ammattikorkeakoulu. 11.5.2007. [viitattu 10.2.2014]. Saatavissa: [http://energia.fi/sites/default/files/hybridilammitys\\_kl\\_kiinteistoissa\\_ja\\_kayton\\_ymparistovaikutukset.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/hybridilammitys_kl_kiinteistoissa_ja_kayton_ymparistovaikutukset.pdf)

Nuorkivi, A. Kaukolämmön hinnoittelumallit [WWW]. Energu-An Consulting. Elokuu 2009. [viitattu 4.2.2014]. Saatavissa: [http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammon\\_hinnoittelumallit\\_2009.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammon_hinnoittelumallit_2009.pdf)

Perussäädön hyödyt, Motiva [WWW]. [viitattu 29.1.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/lammitusverkoston\\_perussaato/perussaaton\\_hyodyt](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitusverkoston_perussaato/perussaaton_hyodyt)

Pesola, A., Bröckl, M. & Vanhanen, J. Älykäs kaukolämpöjärjestelmä ja sen mahdollisuudet [WWW]. Gaia Consulting Oy. 8.11.2011. [viitattu 10.2.2014]. Saatavissa: [http://energia.fi/sites/default/files/alykas\\_kaukolampojarjestelma\\_gaia\\_2011.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/alykas_kaukolampojarjestelma_gaia_2011.pdf)

Pohjolainen, Risto. LVI- tekniikko, tekninen asiakasvastaava, Savon Voima Oyj. Siilinjärvi. Haastattelu 17.2.2014

Polttoaineluokitus, Tilastokeskus [WWW]. [viitattu 8.1.2014]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html)

Puranen, Olli. Kauppatieteiden maisteri, Salkunhoitaja, Savon Voima Oyj. Siilinjärvi. Haastattelu 8.1.2014.

Päästökauppadirektiivi, Työ- ja elinkeinoministeriö [WWW]. [viitattu 8.1.2014]. Saatavissa: <http://www.tem.fi/energia/paastokauppa/paastokauppadirektiivi>

Sarvaranta, A., Jääskeläinen, J., Puolakka, J. & Kouri, P., Kaukolämmön hinnoittelun nykytila ja tulevaisuudenmahdollisuudet [WWW]. Espoo, ÅF-Consult Oy. 21.12.2012. [viitattu 16.12.2013]. Saatavissa: <http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammonhinnoittelunnykytilajatulevaisuudenmahdollisuudet.pdf>

Suomala, P., Manninen, O. & Lyly-Yrjänäinen, J., 2011. Laskentatoimi johtamisen tukena. Helsinki, Edita Prima Oy. 336 s.

Tiitinen, Mirja. Asiantuntija, Energiateollisuus ry. Puhelinhaastattelu 12.2.2014.

Trad, Sonya. Swedish district heating association. Puhelinhaastattelu 16.1.2014.

Vidgren, Heino. Koneteknikko, asiakasvastaava, Savon Voima Oyj. Siilinjärvi. Haastattelu 6.1.2014.

Woodside, A.G., Golfetto, F. & Gibbert, M. 2008. Creating and managing superior customer value. Emerald Group Publishing Limited. 477 s.

Yleistä päästökaupasta, Energiavirasto [WWW]. [viitattu 8.1.2014]. Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/yleista-paastokaupasta>

Öppen fjärrvärme aktuella priser, Fortum Oyj [WWW]. [viitattu 13.12.2013]. Saatavissa: <http://oppenfjarrvarme.fortum.se/aktuella-priser/>