

Riku Juntura

LÄMMÖNTUOTANTOLAITOSTEN OPTIMOINTI ERI
AJOTILANTEISSA

Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelma
2016

LÄMMÖNTUOTANTOLAITOSTEN OPTIMOINTI ERI AJOTILANTEISSA

Juntura Riku
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2016
Ohjaaja: Zenger Pekka
Sivumäärä:46
Liitteitä:1

Asiasanat: Kaukolämpö, Energia, Lämmöntuotanto, Kaukolämpöverkko

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää ja optimoida VSV-Energian Uudessa kaupungissa olevan kaukolämmön energiantuotannon tuottavuuteen ja taloudellisuuteen liittyviä asioita.

Aloitin opinnäytetyön tekemisen teoriaosuudella, jossa selvitettiin kaukolämmön hinnan muodostumista ja kaukolämpöverkoston toimintaa. Työssä selvitin myös VSV-Energian lämpölaitosten tiedot ja yleiskatsauksen käytettävistä polttoaineista.

Työssä tutkittiin lämmöntuotantolaitosten ajotapoja eri vuodenaikoina suhteutettuna kaukolämpöverkoston tarvitsemaan tehoon nähden. Kaukolämpöverkoston käytettävyyttä voidaan parantaa laskemalla verkostoon syötettävää kaukolämpöveden menolämpötilaa, huomioiden tuotannon ja asiakkaiden lämmöntarpeet. Kaukolämpöverkoston menolämpötilan säädöllä voidaan laskea kaukolämpöverkoston lämpöhäviöitä, mutta tämä lisää kaukolämpöveden virtausta kuluttajien tehontarpeen pysyessä vakioina.

VSV-Energia otti lokakuussa 2015 käyttöön uuden kiinteän polttoaineen laitoksen. Uudella lämpölaitoksella energian tuotanto on ympäristöystävällistä ja edullisempaa, raskaalla polttoöljyllä tuotettuun energiaan nähden. Tässä työssä selvitettiin myös lämpölaitosten ajotapoja kaukolämpöverkoston ja asiakkaiden tehontarpeen mukaan.

OPTIMIZING POWER PLANT IN DIFFERENT OPERATIONS

Juntura Riku
Satakunta University of Applied Sciences
Technology Pori
February 2016
Supervisor: Zenger Pekka
Number of pages: 46
Appendices: 1

Keywords: District heating, Energy, Heat production, The district heating network

The purpose for this thesis was to define and optimize productivity and economics for energy production in VSV-Energia in Uusikaupunki.

I started with the theory part of this thesis to find out how the price formates for district heating and how it operates. I also found out heating plants attainments and overall look for usable fuels for VSV-energia.

For this thesis I studied different modes of operation for heat production plant in different seasons of the year in relation to the power that district heating network requires. The usability of the district heating network can be improved by reducing the temperature of water flow, taking into account the production of heat and customer needs. By adjusting the district heating waterflow you can depress heat loss of the network, however, this increases district heating networks water flow while consumers power demand remains constant.

In October 2015 VSV-Energia put to use a new solid-fuel plant. At the new power plant energy production is environmentally friendly and cheaper compared to energy produced by bunker oil. In this thesis was also studied heating plants operation habits according to district heating networks and customers power requirements.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VAKKA-SUOMEN VOIMA OY.....	6
2.1	Yleistä.....	7
2.2	Kaukolämmöntuotannon historiaa Uudessakaupungissa.....	7
2.3	Uudenkaupungin kaukolämpöverkosto.....	8
2.4	Energian tuotanto laitoksittain.....	10
3	VSV-ENERGIAN LÄMPÖLAITOKSET.....	11
3.1	Peruskuormalaitokset.....	11
3.1.1	Kiinteänpolttoaineen biolämpölaite.....	11
3.1.2	ONKA.....	11
3.2	Vara- ja huipputeholaitokset.....	12
3.2.1	Janhua.....	12
3.2.2	Pohitulli.....	13
3.2.3	Hakametsä.....	13
3.2.4	Valmet.....	14
3.2.5	Sairaala.....	14
4	POLTTOAINEET.....	15
4.1	Polttoaineen kosteuden määrittäminen.....	15
4.2	Polttoaineen lämpöarvo.....	16
4.3	Käytössä olevat polttoaineet.....	16
4.3.1	Puu polttoaineena.....	17
4.3.2	Jyrsinturve polttoaineena.....	17
4.3.3	Nestekaasu polttoaineena.....	18
4.3.4	Öljy polttoaineena.....	18
5	KAUKOLÄMMITYS.....	19
5.1	Kaukolämmitys Suomessa.....	19
5.2	Mitä on kaukolämpö.....	20
5.3	Kaukolämmön tuotannon häviöt.....	20
5.3.1	Lämpöhäviöt.....	21
5.3.2	Vuotohäviöt.....	21
5.3.3	Painehäviöt.....	22
5.4	Veden käsittely.....	22
5.5	Paine-ero.....	23
5.6	Kaukolämpöverkosto.....	24
5.6.1	Pumppaamot.....	24
5.6.2	Lämmönsiirrinasemat.....	25

5.6.3	Pumppaus	25
5.6.4	Verkoston säätäminen	25
6	KAUKOLÄMMÖN KUSTANNUSRAKENNE	26
6.1	Kaukolämmön kustannusrakenne.....	26
6.1.1	Kaukolämmön kiinteät kustannukset	27
6.1.2	Kaukolämmön muuttuvat kustannukset	27
7	KAUKOLÄMMÖN HINNOITTELU	27
7.1	Liittymismaksu.....	27
7.2	Perusmaksu.....	28
7.3	Energiamaksu	29
7.4	Kilpailukyky	30
8	LÄMMÖNTUOTANNON OPTIMOINTI	31
8.1	Lämmöntuotannon nykytilanne.....	31
8.2	Verkostoon syötettävän lämpötilan tarkkailu	31
8.2.1	Tehosyöttö	32
8.2.2	Kaukolämpöverkoston lämpöhäviö.....	33
8.3	Lähtevän menoveden lämpötilan pudotuksella saatu säästö	38
8.4	Apujäähdytin	39
8.5	Edullisimman lämmöntuotantomallin selvittäminen.....	40
8.6	Lämpölaitosten ajomallit eri tilanteissa.....	42
8.6.1	Kaukolämpöteho alle 10MW	43
8.6.2	Kaukolämpöteho yli 10 MW	44
8.6.3	Kaukolämpöteho yli 40MW	44
9	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja selvittää VSV-Energian Uudenkaupungin lämpölaitosten ajotapoja eri vuodenaikoina. Tarkoituksena on selvittää järkevät ja taloudelliset ajotavat lämpökuormille läpi vuoden. Kaukolämmön tuotettavuuden optimointi on haastavaa, koska verkoston optimointiin vaikuttaa monta tekijää, kaukolämpöveden virtaus, ulkolämpötilat, asiakkaiden tehon tarpeet ja niin edelleen.

VSV-Energia otti käyttöön marraskuussa 2015 uuden kiinteänpolttoaineen biolämpölaitoksen. Tämä seikka tekee työstä haastavan, koska kaukolämpöverkoston käyttäytymisestä ja uuden lämpölaitoksen tuntidataa ei ole kerääntynyt pitkältä aikaväliltä. Tästä johtuen ei ole vielä voitu nähdä, miten kaukolämpöverkosto toimii nykytilanteessa. Lisäksi avoinna on lämmöntuotantolaitosten toimintaperiaatteet suhteutettuna tehontarpeisiin.

2 VAKKA-SUOMEN VOIMA OY

Vakka-Suomen Voima Oy:n (VSV) toimiala on sähköjakelu noin 24 000 asiakkaalleen. Vakka-Suomen Voimalla on pitkät perinteen sähköjakelussa. Toiminta alkoi vuonna 1909 Uudessakaupungissa. Konserniin kuuluvien tytäryhtiöiden liiketoimintaa on kaukolämmön ja sähköntuotanto, sekä erilaisten sähköverkkojen suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito. Vuonna 2013 VSV konsernin liikevaihto oli reilut 41 milj. Euroa ja konsernissa työskenteli 165 henkeä.

VSV-energia Oy on kokonaan VSV:n omistama tytäryhtiö. Tammikuussa 2015 VSV-Lämpö Oy ja sähköntuotantoyhtiö VSV-Energiapalvelu Oy sulautuivat yhdeksi yhtiöksi. VSV-Energian vastuualueeseen lukeutuu Uudenkaupungin kaukolämmön tuottaminen sekä konsernin sähköntuotanto-osuuksien ja sähköntuotantoon liittyvät kehittämistehtävät. VSV-Energia panostaa erityisesti ympäristöystävälliseen energiantuotantoon. VSV-Energia otti lokakuussa 2015 käyttöönsä uuden lämpölaitoksen, joka käyttää polttoaineenaan pääosin kotimaista puupolttoainetta. Tällä tavoin öljyllä

tuotettavan lämpöenergian osuus laskee murto-osaan aikaisemmasta. (Vakka-Suomen Voima 2014.)

2.1 Yleistä

VSV-Energia toimittaa Kaukolämpöä ja prosessilämpöä Uudenkaupungin ja Kalannin kaukolämpöasiakkaille. VSV-Energialla on Uudessakaupungissa seitsemän lämpökeskusta, josta uusimmat ovat kiinteällä polttoaineella toimiva 20 MW biolämpölaitos. Sekä samalla alueella sijaitseva 32 MW nestekaasulaitos. Vara- ja huipputeho- laitokset tuottavat energiansa polttoöljyllä, joiden käyttöaste on hyvin vähäinen. Lisäksi VSV-Energia ostaa Yara:n lannoitetehtaalta syntyvää prosessilämpöä.

VSV-Energia toimittaa lisäksi Kalannin asiakkaille kaukolämpöä ja prosessilämpöä. Kalannin alueen lämpöenergia tuotetaan 1,5 MW pellettilaitoksella ja lisälämpö tuotetaan polttoöljyllä.

2.2 Kaukolämmöntuotannon historiaa Uudessakaupungissa

Uudenkaupungin kaukolämpötoiminta on alkanut vuonna 1979. Uudenkaupungin ensimmäinen kaukolämpöverkosto rakennettiin ketunkallion pientaloalueelle. Varsinaisen pääverkoston rakennustyöt alkoivat 1980 Pohitullin koulun lämpökeskukselta. Vuonna 1990 kaukolämpöverkoston laajentuessa Janhuan alueelle rakennettiin uusi 12 MW lämpökeskus, joka tuottaa lämpöenergian raskaalla polttoöljyllä. Janhuan lämpökeskus oli yhtiön ensimmäinen kaukolämpötoimintaa varten rakennettu lämpölaitos.

VS-Lämpö teki lämmön sopimuksen vuonna 2000 Kemira agro Oy:n (nykyinen Yara) kanssa. Tällä tuotantotavan muutoksella Kemiran tehtaalta on saatavissa energiamäärä, jolla voitiin korvata noin 90% raskaan polttoöljyn käytöstä Uudenkaupungin kaukolämmöntuotannosta.

Vuonna 2009 VS-Lämpö osti Valmet Automotivelta lämpökeskuksen ja rakensi Valmet Automotive Oy:n lämpökeskuksen yhteyteen lämmönsiirrinaseman, jolloin

tämä mahdollisti lämmön toimittamisen lämpökeskukselta kaukolämpöverkkoon ja kaukolämpöverkosta Valmet Automotiven tehtaalle. Valmet Automotive on VSV-Energian merkittävin lämmön ostaja.

Vuonna 2012 VS-Lämpö rakensi 31 MW höyrylaitoksen Onkakadulle, jonka oli tarkoituksena toimittaa prosessihöyryä soijatehtaan tarpeisiin. Sittemmin Suomen soijanjalostus Oy hakeutui konkurssiin ja höyryn toimittaminen loppui. Vuonna 2015 höyrylaitos muutettiin kaukolämmöntuotantoon sopivaksi.

Yhtiö aloittaa vuonna 2015 uudella toiminimellä VSV-Energia. Samana vuonna alkoi uuden 20 MW biolämpölaitoksen rakentamishanke ja lisäksi Onkakadulta yhdistettiin uusi kaukolämpöputkisto Valmetin lämpölaitokselle. Lokakuussa 2015 käytöön otetulta biolämpölaitokselta ja Onka höyrylaitokselta alettiin tuottamaan kaukolämpöä Uudenkaupungin asiakkaiden lämmöntarpeisiin.

Nykyisellään VSV-Energialla on käytettävissä olevaa lämpökapasiteettia noin 157 MW. Lisäksi VSV-Energia ostaa Yara Oy:ltä (Kemira agro Oy) lämpöä vuositasolla noin 50 GWh. Ostettu maksimiteho on ollut noin 10 MWh. Uudenkaupungin kaukolämmön ja prosessienergian yhteinen energian tarve vuositasolla on noin 135 GWh. (VSV-Energian www-sivut)

2.3 Uudenkaupungin kaukolämpöverkosto

VSV-Energian kaukolämpöverkosto kattaa Uudenkaupungin alueen melko laajasti. Liitteessä 1. Näkee VSV-Energian kaukolämpöverkoston. Energian myynti asiakkaille vuonna 2015 oli noin 135 GWh. VSV-Energialla oli kaukolämpöasiakkaita vuonna 2015 yhteensä 386 kappaletta ja näiden yhteenlaskettu rakennustilavuus on 3062830 m³ sekä tilausteho on yhteensä 43,9 MW. Merkittävin asiakas on Valmet Automotive, joka ostaa kiinteistön lämmitykseen kaukolämpöä, sekä prosessilämpöä autojen valmistukseen. Alla on kaavio VSV-Energian asiakasmääristä liityntä vuosittain.

Kaavio 1. Uusien asiakkaiden liittymismäärät vuosittain.



VSV-Energian asiakkaat ovat jakautuneet seuraavanlaisesti: kerrostaloja on 112, rivitaloja 60, omakotitaloja 121, teollisuusrakennuksia 19 ja liikeyrakennuksia 74 kappaletta. Maanalaisen kaukolämpöverkoston pituus on 59,3 km. Uudenkaupungin kaukolämpöverkosto on rakennettu 1980 - 2015 välisenä aikana.

Taulukko 1. Uudenkaupungin kaukolämpöasiakkaat

Uudenkaupungin kaukolämpöasiakkaat 12/2015		
Kerrostalot		112kpl
Rivitalot		60 kpl
Omakotitalot		121 kpl
Teollisuusrakennukset		19kpl
Liikerakennukset		74kpl
	Yhteensä	386 kpl

2.4 Energian tuotanto laitoksittain

VSV-Energia tuottaa perustehon 20 MW:iin asti kiinteänpolttoaineen lämpölaitokselta ja lisätehoa tuotetaan höyrylaitokselta aina 40 MW:iin saakka, johon tehomäärään asti Onkakadulta Valmetin siirrinasemalle menevä kaukolämpöputki on mitoitettu. Lisäksi VSV-Energia ostaa Yaran lannoitetehtaalta tulevaa prosessin hukkalämpöä noin 6-9 MWh. Pääasiallinen energia pyritään tuottamaan kiinteänpolttoaineen laitokselta. Koska se on taloudellista ja ympäristöystävällistä kaukolämpöä. Laitosten huoltoseisakissa ja talvikuukausina tehontarpeen ollessa suuri, tuotetaan lisälämpöä nestekaasu laitokselta. Alla olevassa taulukossa on eriteltyä laitosten huipputehot ja tuotannot kaukolämpöverkkoon vuonna 2015. KPA:n ja Onkan tuotanto osuudet ovat pienet, koska kyseisiltä laitoksilta alettiin tuottamaan verkkoon lämpöenergiaa vasta lokakuussa 2015. Lisäksi on eriteltyä Yara:n tehtaalta ostettu energia.

Taulukko 2. Tuotanto 2015 laitoksittain kaukolämpöverkkoon

Lämpölaitos	Teho (MW)	Tuotanto (MWh)
Hakametsä	10	10351,6
Janhua	12	7865,2
KPA	20	21832,2
Onka	32	3930,7
Pohitulli	7	1070,1
Valmet	70	43922,7
Yhteensä		88972,5
Yara		42576
Yara + omatuotanto		131548,5

3 VSV-ENERGIAN LÄMPÖLAITOKSET

3.1 Peruskuormalaitokset

VSV-Energian kaukolämmön peruskuorma tuotetaan Onkakadun kiinteänpolttoaineen laitokselta sekä samalla tontilla olevasta höyrylaitokselta. Näiden laitosten yhteenlaskettu kaukolämpöteho on 53 MW, mutta kaukolämmön siirtojohto on mitoitettu 40 MW asti. Perusteho tuotetaan 20 MW:iin saakka kiinteänpolttoaineen laitokselta. Tämä teho riittää noin 0 °C saakka, jos Yaran tehtaalta saadaan tehoa 5-9 MW. Lämpötilan laskiessa pakkasen puolelle ja tehon tarpeen lisääntyessä, verkostoon otetaan lisätehoa Onkakadun höyrylaitokselta. Tällöin kaukolämpöverkkoon saadaan ajettua tehoa noin 40 MW. VSV-Energia toimittaa Valmet Automotiven tehtaalle vuositasolla lämpöenergiaa 55 GWh. Valmet Automotiven energiantarve vaihtelee tuotannon mukaan ja tehon tarve on suurimmillaan 12 MWh.

3.1.1 Kiinteänpolttoaineen biolämpölaitos

VSV-Energian uusiin lämpölaitos on otettu käyttöön lokakuussa 2015. Lämpölaitos tuottaa energiansa runkopuuhakkeella, metsätähteellä, kierrätyspuulla ja jyrshinturpeella. Lämpölaitoksen huipputeho on 20 MW ja 16 bar. Lämpölaitos toimii peruskuormalaitoksena.

Taulukko 3. KPA-tiedot

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
KPA	2015	20	1	Hake/ turve

3.1.2 ONKA

Onkan höyrylaitos sijaitsee samalla tontilla, kuin uusi kiinteänpolttoaineen laitos. Laitoksella on kolme höyrykattilaa, joiden yhteisteho on 32 MW ja 12 bar. Laitos tuottaa energiansa nestekaasulla. Tuotettu höyry johdetaan kiinteänpolttoaineen lai-

toksessa olevaan vaihtimeen, josta lauhdutettu vesi kulkeutuu takaisin kattilalaitokselle. Höyrylaitoksella tuotetaan energiaa silloin, kun kiinteänpolttoaineen laitoksella tuotettava energiamäärä ei riitä kaukolämmön tuottamiseen tai laitoksella on tuotannon poikkeamaa. Kiinteänpolttoaineen laitokselta ja höyrylaitokselta voidaan syöttää lämpöenergiaa kaukolämpöverkkoon maksimissaan 40 MW, koska Valmetin lämpökeskukselle menevä kaukolämpöjohto on mitoitettu 40 MW:iin.

Taulukko 4. Onka tiedot

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
Onka	2012	32	3	Nestekaasu

3.2 Vara- ja huipputeholaitokset

VSV-Energialla on viisi vara- ja huipputeholaitosta. Varalaitosten yhteenlaskettu huipputeho on 103 MW. Tällä tehokuormalla pystytään varmistamaan häiriötilanteissa asiakkaiden lämmönsaanti. Vara- ja huippu teholaitokset sijaitsevat kaupungilla ja ovat verkostoon nähden edullisilla paikoilla. Laitokset tuottavat lämpöenergiansa polttoöljyllä.

3.2.1 Janhua

Janhuan raskasöljylaitos on VSV-Energian ensimmäinen kaukolämpötoimintaa varten rakennettu laitos. Laitoksella on kaksi raskasöljykattilaa, jotka toimivat vara- ja huipputeho kattiloina. Janhuan lämpölaite sijaitsee lähimpänä Yaran tehdasta ja on uutta kiinteänpolttoaineen laitosta nähden verkoston ääripäässä. Janhuan lämpökeskusta käytetään, jos Yaran tehtaalta ei tule lämpöenergiaa verkostoon tai kiinteänpolttoaineen laitokselta tuleva teho ei riitä ja paine-ero on verkostossa epäedullinen.

Taulukko 5. Janhua tiedot

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
Janhua	1991	12	2	Raskaspolttoöljy

3.2.2 Pohitulli

Lämpökeskus sijaitsee Pohitullin koulun kellarissa. Kattiloista kaksi on nykyään otettu pois käytöstä, koska verkoston painetaso on noussut raja-arvon ylitse. Kattilat tuottavat energiansa raskaalla polttoöljyllä ja toimivat vara- ja huipputeho kattiloina. Pohitullin lämpölaite on verkostoon nähden epäedullisessa paikassa ja vuotuiset käyttötunnit ovat vähäiset.

Taulukko 6. Pohitulli tiedot

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
Pohitulli	1974	7	3	Raskaspolttoöljy

3.2.3 Hakametsä

Hakametsän lämpökeskus toimii vara- ja huipputeholaitoksena. Lämpökeskus tuottaa lämpöenergiansa raskaalla polttoöljyllä. Hakametsän lämpökeskus on saneerattu 2003 ja kaukolämpöverkosto on rakennettu samana vuonna hakametsäalueelle.

Taulukko 7. Hakametsä lämpökeskus tiedot

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
Hakametsä	2003	10	2	Raskaspolttoöljy

3.2.4 Valmet

Valmetin lämpökeskus on autotehtaan vanha keskus, jonka VSV-Energia osti kaukolämmöntuotantoon vuonna 2009. Lämpökeskuksella on viisi raskasöljykattilaa, joista kolme kattilaa ovat vuodelta 1968. Kattiloista kaksi on uudempia ja tehokkaampia. Laitoksen huipputeho on yhteensä 70 MW. Nykyisellään lämpölaitos toimii vara- ja huipputeho laitoksena

Taulukko 8. Valmet tiedot

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
Valmet	1968	70	5	Raskaspolttoöljy

3.2.5 Sairaala

VSV-Energia osti vuonna 2005 sairaalan lämpökeskuksen turvaamaan pääasiassa sairaalan alueen lämmönsaannin. Laitos toimii lisäksi vara- ja huipputeholaitoksena. Laitos on toiminut ennen raskaalla polttoöljyllä, mutta vuonna 2015 muutostöissä laitos muutettiin tuottamaan energiansa kevyellä polttoöljyllä.

Taulukko 9. Sairaalan lämpökeskus tiedot.

<i>Lämpökeskuksen nimi</i>	<i>Käyttöönotto vuosi</i>	<i>Kaukolämpöteho yhteensä MW</i>	<i>Kattiloiden lukumäärä (kpl)</i>	<i>Pääpolttoaine</i>
Sairaala	2005	4	2	Raskaspolttoöljy

4 POLTTOAINEET

4.1 Polttoaineen kosteuden määrittäminen

Polttoaineen kosteuden määrittäminen on tärkeää, koska siten voidaan määrittää otetun polttoaineen lämpöarvo. Kotimaisissa kiinteissä polttoaineissa, puun ja turpeen kosteus on suuri. Puussa ja kuoressa on tyypillisesti 55-60 prosenttia vettä. Turpeessa kosteus on tyypillisesti 40-50 prosenttia. Kosteus sitoutuu polttoaineisiin ulkoisena ja sisäisenä eli hygroskooppisena kosteutena. Hygroskooppinen kosteus sitoutuu polttoaineen huokosiin.

Polttoaineen kosteuden määrittäminen on toimenpide, joka tehdään jokaisesta polttoaine-erästä. Tällä tavoin pystytään seuraamaan myös polttoaineen laatua. Polttoaine-toimittaja ottaa näytteen jokaisesta toimituserästä. Näytteistä otetaan kosteusnäytteet ja tehdään myös kokoomanäytteet, jotka toimitetaan laboratorioon. Laboratorio tutkii näytteestä tuhkapitoisuuden, kalorimetrinen lämpöarvon ja alemmanlämpöarvon.

Polttoaineen kosteuden määrittäminen perustuu ISO- 589 menetelmään. Polttoaineen kosteus määritetään kuivattamalla polttoaine vakopainoon ± 105 °C:ssa uunissa noin 16 tunnin ajan. Näytettä ei saa kuivata yli 24 tuntia. Kosteusnäytteen koko määräytyy punnitus tarkkuuden ja näytteen kokoluokan mukaan. Punnitustarkkuuden ollessa 0,01g otetaan vähintään kaksi 30-100g kokoista näytettä. Tarkkuuden oltaessa 0,1g näytteen koko on 200-400g.

Kuivauksen jälkeen näytteet laitetaan eksikaattoriin. Eksikaattorissa näytteet jäähtyvät huoneen lämpöön. Näytteet voi punnita myös ilman eksikaattoria, mutta tällöin ne pitää punnita välittömästi uunista otettuina.

Polttoaineen kosteus saadaan selville punnitsemalla näytteet ennen ja jälkeen kuivauksen. Alla olevalla kaavalla lasketaan polttoaineen kosteuspitoisuus. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen, Pakkanen. 2000, 39).

Kaava 1. Polttoaineen kosteuden määrittäminen.

$$M_{ar} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100$$

missä M_{ar} on märkápainoa kohti laskettu kosteus saapumistilassa (%)

m_1 on märän näytteen massa (g)

m_2 on kuivatun näytteen massa (g)

4.2 Polttoaineen lämpöarvo

Energiasisältöön vaikuttavia asioita on lämpöarvo, tuhkapitoisuus ja kosteus. Lämpöarvo ilmoittaa polttoaineen täydellisessä palamisessa vapautuvan lämpöenergian. Kiinteille polttoaineille lämpöarvo ilmoitetaan energiana massayksikköä kohti eli MJ/kg. Lämpöarvon voi ilmoittaa ylempänä lämpöarvona tai alempana lämpöarvona. Ylemmässä lämpöarvossa (kalorimetrinen lämpöarvo) otetaan huomioon palamistuotteena syntyvä ja polttoaineen sisältämä vesi oletetaan palamisen jälkeen nesteeksi. Alemmassa lämpöarvossa (tehollinen lämpöarvo) oletetaan, että vesi höyrystyy palamisen yhteydessä. Alempi lämpöarvo kuvastaa parhaiten saapumistilassa olevan kiinteän polttoaineen energiamäärää. (Raiko, Saastamoinen, Hupa & Kurki-Suonio 2002, 123).

4.3 Käytössä olevat polttoaineet

VSV-Energia tuottaa energiansa pääosin ympäristöystävällisellä polttoaineella. Käytämällä polttoaineena runkopuuhaketta, metsätähdettä, kantomursketta, kierrätyspuuta. Uudella kiinteänpolttoaineen laitoksella käytetään polttoaineena myös jyrshintur-

vetta. Kiinteä polttoaine hankitaan lähialueen toimijoilta, joten polttoaine on kotimaista. Lisäksi vara- ja huipputeholaitoksilla polttoaineena käytetään nestekaasua ja raskasta polttoöljyä. VSV-Energia pyrkii vähentämään raskasöljykattiloiden käyttöä. Raskaalla polttoöljyllä toimivat laitokset ovat käytössä ainoastaan silloin, kun tarvitaan varatehoa tai kiinteänpolttoaineen laitoksen ja nestekaasu laitoksen tuottama energiamäärä ei riitä kattamaan tarvitsemaa kaukolämpötehoa. Raskaalla öljyllä tuotettu energian määrä on noin 10 prosenttia kokonaistuotannosta, joka vastaa arviolta energiana noin 13154 MWh vuodessa. Lisäksi VSV-Energia ostaa Yaran tehtaalta hukkalämpöä vuositasolla 42576 MWh. Yaralta ostettu energia on hinnaltaan kilpailukyistä ja on ympäristöystävällistä.

4.3.1 Puu polttoaineena

Vakka-Suomen Voiman biolämpölaitoksella käytetään polttoaineena puuta: runkopuuhaketta, metsätähdettä ja kantomurskettä. Vakka-Suomen Voiman kiinteänpolttoaineen laitos tuottaa energiansa 80% puuperäisillä polttoaineilla. Puuta pidetään ympäristöystävällisenä energiantuotanto tapana, koska poltossa syntyvän hiilidioksidipäästöjen katsotaan sitoutuvan puustoon.

Suomi lukeutuu maailmalla johtaviin teollisuusmaihin puuraaka-aineen ja puuenergian hyödyntäjänä. Metsäteollisuus käyttää valtaosan puuraaka-aineista, mutta puuta jää vielä energiantuotantoonkin runsas määrä hukkarunkopuuta, latvusmassaa, ja ohutta runkopuuta. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen, Pakkanen. 2000, 29).

4.3.2 Jyrsinturve polttoaineena

VSV-Energia hankkii käyttämänsä jyrsinturpeen lähialueen tuottajilta. Tällä tavoin varmistuu polttoaineen kotimaisuus ja samalla tuetaan lähialueen toimijoita.

VSV-Energian kiinteänpolttoaineen laitos tuottaa 20 % energiatarpeestaan jyrshinturpeella. Jyrshinturvetta käytetään polttoaineena, koska se pitää kattilan puhtaana ja kattilan nuohouksen tarve vähenee.

Jyrshinturve syntyy soilla kosteissa oloissa. Turvetta jyrshitään 1-2 cm suon pinnasta, tämän jälkeen turve annetaan kuivua auringossa, kunnes turve on saavuttanut 50% kosteuden. Tämän jälkeen jyrshinturve kootaan mekaanisesti tai pneumaattisesti suon laitaan aumoihin. Turve luokitellaan fossiiliseksi polttoaineeksi. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen, Pakkanen. 2000, 31).

4.3.3 Nestekaasu polttoaineena

Nestekaasu on polttoaineena turvallinen ja helppokäyttöinen. Nestekaasu valmistetaan raakaöljystä. Nestekaasun lämpöarvo 46,4 MJ/kg. Nestekaasu muodostuu propanista, butaanista tai niiden kaasumaisesta seoksesta. Propanin höyrystymispiste on -40 astetta ja butaanin -2 astetta. Butaanin tiheys ilmaan verrattuna on 2,1 kertainen ja propanin 1,56 kertainen. Litra nestekaasua tarvitsee kaasuuntuessaan noin 270 litran tilavuuden normaalissa 1,0132 bar. ilmanpaineessa. Varastoituna nestekaasu on nestemäistä ja kirkasta. Poltettaessa nestekaasu muuttuu kaasumaiseen muotoon.

VSV- Energian nestekaasun kulutus oli 317 tonnia ja energiaa laitos tuotti 3930,7 MWh vuonna 2015. (Aga www-sivut).

4.3.4 Öljy polttoaineena

Raskaan ja kevyen polttoöljyn käyttö energian tuotannossa painottuu etenkin erillis-tuotantolaitoksiin. Kaukolämpö yhtiöt ovat alkaneet pikkuhiljaa siirtymään raskaan polttoöljyn käytöstä kevyen polttoöljyn käyttöön tai johonkin ympäristöystävälliseen energiantuotantomuotoon.

Raskas polttoöljy on edullisempi vaihtoehto, mutta on käytettävyydeltään ja ympäristövaikutuksiltaan haitallisempi rikkidioksidipäästöjen kannalta. Rikkidioksidien ominaispäästö raskaalla polttoöljyllä on noin kaksinkertaiset kevyen polttoöljyyn

verrattuna. Raskaan polttoöljyn tehollinen lämpöarvo on yli 42,2 MJ/kg ja kevyellä 42,7 MJ/kg.

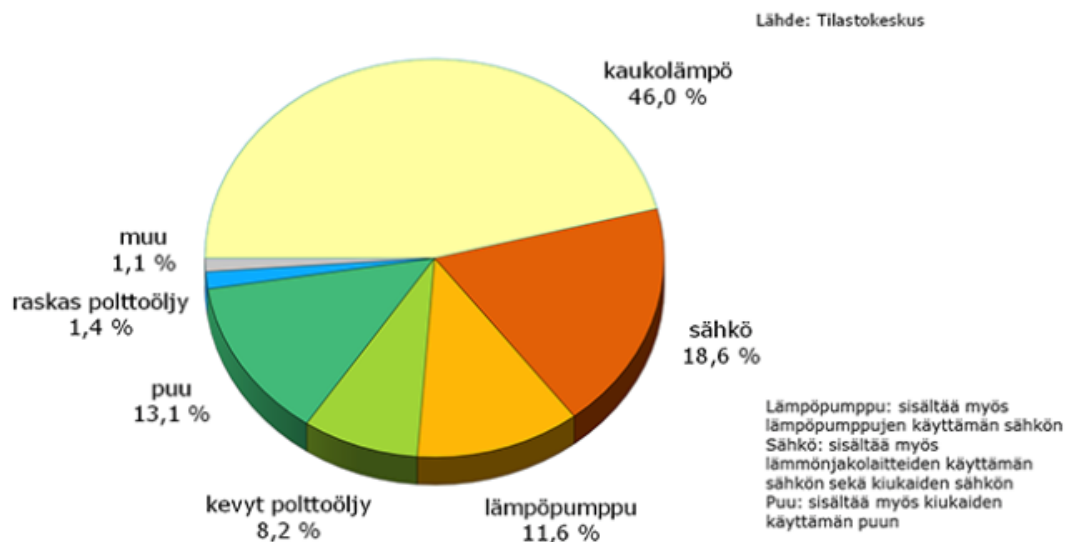
VSV-Energia käyttää raskasta ja kevyttä öljyä polttoaineenaan. Käyttäen vara- ja huipputeholaitoksia. Polttoöljyn käytön määrällä tuotetaan noin 10% tarvitsemasta energiasta. (Energiateollisuuden www-sivut)

5 KAUKOLÄMMITYS

5.1 Kaukolämmitys Suomessa

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Kaukolämmön suosio on lisääntynyt, sen varmuuden ja luonnollisuuden ansoista. Suomessa noin 2,7 miljoonaa ihmistä asuu kaukolämmöllä lämmitetyssä rakennuksessa. Suomen lämmitysmarkkinoilla kaukolämmön osuus on noin 46 prosenttia.

Kaavio 2. Suomen lämmitysmuodot



Kaukolämmön energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys perustuu siihen, että kaukolämmitys hyödyntää sähköteollisuuden ja prosessiteollisuuden hukkalämpöä. Kaukolämmön polttoaineina käytetään maakaasua, kivihiiltä, turvetta, puuta, sekä uusiutuvia energialähteitä, kuten biokaasu.

Asiakkaille lämpö siirtyy kaukolämpöverkon avulla, jossa kiertää kuumaa vettä. Asiakkaan lämmönsiirtimen välityksellä lämpöenergia siirtyy lämmitys- ja lämpimän käyttöveden verkostoihin. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 34)

5.2 Mitä on kaukolämpö

Kaukolämpö on kiinteistöjen ja rakennusten käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä energian tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaille. Kaukolämmön siirtoaineena toimii vesi tai höyry. Lämpö jaetaan kaukolämpöverkon välityksellä asiakkaille.

Kaukolämmön hyötyjä ovat: Energiatehokkuus, ympäristöystävällisyys, käyttövarmuus ja helppokäyttöisyys asiakkaan näkökulmasta.

Kaukolämmön haittoja ovat: Suuret investoinnit, pitkät takaisin maksuajat, suuret kulutusvaihtelut vuodenaikojen välillä, siirtohäviöt, eikä sovellu myöskään harvaan rakennetulle alueelle.

Kaukolämmityksessä on hyvät mahdollisuudet vähentää päästöjä käyttämällä vähäpäästöisiä polttoaineita. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 25)

5.3 Kaukolämmön tuotannon häviöt

Lämpö- ja pumppaushäviöitä minimoimalla pystytään vähentämään lämmön jakelunkustannuksia. Kaukolämpöverkon lämpötila tulisi säätää ulkolämpötilan mukaan, mutta kuitenkin siten, että lämpötila on riittävä koko verkoston alueella. Painehäviöt muodostuvat putkistojen kitkapainehäviöistä ja kuristuspainehäviöistä. Painehäviötä pyritään pienentämään käyttämällä mahdollisimman pientä paine-eroa. Verkostojen vuotokohdat lisäävät myös energian kulutusta, koska lämpöenergia siirtyy maaperään. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 156)

5.3.1 Lämpöhäviöt

Kaukolämpöverkosto muodostuu yksittäisistä putkistoista, joissa eristyspaksuus riippuu putkiston halkaisijasta ja putkityypistä. Ikääntyneet putkistot lisäävät verkoston lämpöhäviötä, koska ikääntyneiden putkien lämmöneristyskyky voi olla heikentynyt. Kiinnivaahdotettujen muovisuojakuoristen putkien eristävyys kyky laskee ajan kuluessa. Polyuretaanin sisältämä hiilidioksidi vaihtuu paremmin johtavaan ilmaan. Hiilidioksidin puoliintumisaika on tutkimusten perusteella 1 – 4 vuotta.

Lämpöhäviöt ovat pienissä kaukolämpöverkostoissa 10-20% luokkaa, kun verkoston putkikoot ovat keskimäärin DN 50. Suurissa verkostoissa häviöt ovat 4-10% luokkaa, kun putkikoot ovat keskimäärin DN 150. Pienempien verkostojen suuremmat lämpöhäviöt johtuvat suuremmasta vaippapinta-alasta suhteessa siirtokykyyn. Lämmönjohtuminen on suoraan verrannollinen lämpötilaeroon. Kaukolämpöputkessa lämpöä kulkeutuu putkistosta maaperään ja siitä edelleen ympäristöön. Osa hukkaan menevästä energiasta siirtyy menoputkesta paluuputkeen ja niin edelleen se palautuu takaisin hyödynnettäväksi lämpökeskukselle.

Kaukolämpökanavan syvyydellä, lämmönjohtavuudella tai maan laadulla ei ole suurta merkitystä, vaan noin 90% lämpöhäviöistä aiheutuu lämpötilojen tasoeroista, eristeen lämmönjohtavuudesta ja eristyspaksuudesta. (Koskelainen, Saarela, Sipilä. 2006, 205)

5.3.2 Vuotohäviöt

Kaukolämpöverkostojen vuotohäviöt ovat yleisiä, kun otetaan huomioon, että kaukolämpöputkisto sijaitsee maan alla ja putkistot ovat jatkuvassa rasituksessa. Kaukolämpöverkoston vanheneminen nostaa vuotohäviöiden määrää tuntuvasti. Yleisin syy putkiston vuotoon on ulkopuolisen veden aiheuttama rasitus, jolloin putki voi ruostua puhki. Maan routiminen voi aiheuttaa putkirikon myös.

Putkiston vuotaessa lisäveden tarve kasvaa. Lisäveden kulutuksen nousu kertoo, että putkistossa voi olla vuoto. Muutoin tarve lisävedelle on vähäistä. Vuotoja tapahtuu useammin menoputkissa, koska putkistossa oleva menoveden lämpötila on suurempi, kuin paluueden. Putkiston vuotaessa syntyy myös lämpöenergian menetyksiä, koska

vuotanut kaukolämpövesi kulkeutuu maaperään johtumalla. Putkistojen vuotokohtia on joskus vaikea paikallistaa, koska ruostunut putki voi kuljettaa eristeiden ja suoja- muoviputken sisäpuolella kaukolämpövedettä hyvinkin pitkiä matkoja. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 153)

5.3.3 Painehäviöt

Pumppaustyön tarpeen määrittelee verkoston painehäviö. Painehäviö muodostuu putkistojen kitkapainehäviöistä ja kuluttajien kuristusainehäviöistä. Asiakkaiden toimilaitteet rajoittavat kaukolämpöveden pääsyä menopuolelta kaukolämpöverkon paluupuolelle virtauksen perusteella. Vallitseva lämpöteho määrää virtauksen tarpeen. Kaukolämpöveden höyrystyminen estetään pitämällä riittävä painetaso kaukolämpöpumppujen avulla. Paineenpitopumppujen avulla varmistetaan, että kaukolämpöverkoston korkeimmassakin kohdassa on tarpeeksi suuri ylipaine. kaukolämpöpumppujen kavitaatioita pyritään estämään, pitämällä imupuolen paine riittävällä tasolla

Paine-ero ja massavirta vaikuttavat pumppaustehoon, koska pumppausteho on verkoston syöttöpisteiden pumppaustehojen summa. Kaukolämpöverkoston tulisi mitoittaa niin, että verkoston tehontarve ollessa suurin on painehäviön oltava noin 0,5- 2 bar / km. Mitoituksessa täytyy huomioida, että kaukolämpöverkosto koostuu menoja paluuputkistoista, jolloin painehäviö tulisi mitoittaa 1- 4 bar:iin. Liittymäjohtot mitoitetaan yleisesti 2 bar/ km häviöllä ja siirtojohtot 0,5- 1 bar/km. Vesivirta ja mitoitus vaikuttaa painehäviöihin paljon, joten verkoston mitoituksessa nämä luvut ovat suuntaa antavia. (Koskelainen, Saarela, Sipilä. 2006, 155)

5.4 Veden käsittely

Kaukolämpöverkoston veden laatua on syytä seurata ja pitää hyvänlaatuisena. Kaukolämpöverkoston yleisimmät korroosion ja käyttöhäiriöiden aiheuttajat ovat veteen liuenneet kaasut, lähinnä happi ja hiilidioksidi, alhainen tai korkea pH- arvo, liuenneet suolat, kuten kloridit sekä saostumia muodostavat yhdisteet. Hyvän laatuisella raakavedellä ja vedenkäsittelyn kemikaaleilla voidaan ehkäistä verkoston sisäpuolisia

korroosioita, mutta jos putki on ruostunut sisäpuolelta varastoinnin aikana, ei veden laadulla voida vaikuttaa asiaan. Putkiston asennus virheet tai asennuksen aikana putkistoon joutuneet asennusjätteet voivat johtaa korroosio- ongelmiin ja käyttöhäiriöihin. Kaukolämpöjärjestelmän kunnan kannalta on huolehdittava oikeasta lisä- ja täytöveden käsittelytavasta. Kaukolämpöverkoston ja kattiloiden mahdollisimman pitkää käyttöikää tavoiteltaessa on huolehdittava, ettei rakennusmateriaaleissa esiinny korroosiota ja ettei järjestelmän ero osiin muodostu kerrostumia.

Kaukolämpöveden käsittelyyn vaikuttaa usea eri tekijä. Vesi on pehmennettävä ja raakavedestä on syytä poistaa happi mahdollisimman hyvin. Termisellä hapenpoistolla poistetaan happea, mutta jos terminen hapenpoisto ei ole riittävä tai ole mahdollista, jäännöshappi poistetaan esimerkiksi hydratsiinilla. Kemikaaleja käytetään lisäksi pH-arvon säätämiseksi ohjearvonalueelle ja sähkönjohtavuuden nostamiseen. Fluorisoivia kemikaaleja, kuten pyraniinia ja uraniinia käytetään kaukolämpöveden värjäämiseen. Tällöin on helpompaa paikallistaa mahdolliset vuotokohtat verkostosta, koska verkostosta vuotanut vesi on havaittavissa ultraviolettivalolla. (Koskelainen, Saarela, Sipilä. 2006, 360)

5.5 Paine-ero

Kaukolämpöpumppujen paine- ja imupuolen paine-erolla toteutetaan veden kierto kaukolämpöverkostossa. Kaukolämpöpumpulla voidaan lisätä veden kiertonopeutta, jolloin pumppauksella voitetaan putkien sekä laitteiden kitkavoimat. Vesi virtaa paineen vaikutuksesta heikomman paineen suuntaan ja kitkavoimat aiheuttavat painehäviön. Painehäviö kasvaa noin nelinkertaiseksi virtausnopeuden kasvaessa kaksinkertaiseksi.

Pumpun tuottoa ja paine-eroa voidaan säätää kuristusventtiilillä, pyörimisnopeutta muuttamalla, järjestämällä ohivirtaus painepuolelta imupuolelle, säätämällä johtosii- piä tai tekemällä muutoksia juoksupyörään. Paine-ero säädetään kriittisen asiakkaan mukaan. Tällä asiakkaalla on verkoston pienin paine-ero ja tämä kulutuspiiste on yleensä lämmönjakokeskuksesta katsottuna etäisimpänä. Verkoston painetason säätäminen on tarpeellista, koska verkoston paine täytyy olla ilmakehän painetta korkeampi. Esimerkiksi 120 asteen lämpötilassa kaukolämpöverkoston vesi höyrystyy ab-

soluuttisen paineen ollessa alle kaksi baaria. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 340)

5.6 Kaukolämpöverkosto

Kaukolämmössä energia siirretään putkissa kiertävän veden mukaan. Kaukolämpöverkosto muodostuu meno- ja paluuputkistosta. Kaukolämpö järjestelmässä lämpö pumpataan lämpölaitokselta menoputkeen ja lämpö jakautuu kaukolämpöverkosta pitkin asiakkaan kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen. Asiakkaalta palannut jäähtynyt vesi johdetaan paluuputkeen, joka palautuu takaisin lämpölaitokselle uudelleenlämmitystä varten. Tyypillistä on, että asiakkaan järjestelmiä ei liitetä suoraan kaukolämpöverkkoon, vaan asiakkaalla on alajakokeskuksessa lämmönsiirrin. Kaukolämpöverkkoa ei tarvitse mitoittaa kaikkien kuluttajien huipputehojen mukaan, koska suuren asiakasmäärän kulutuksen satunnaisvaihtelu tasaantuu. Tämä tarkoittaa risteilyä, joka määritellään samanaikaisuuskertoimella. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 45)

5.6.1 Pumppaamot

Kaukolämpöverkostoissa asiakkaiden paine-eroa pyritään pitämään minimiarvon mukaisena tai hieman sen yläpuolella. Pienissä verkostoissa paine-eron pito onnistuu lämmönjakokeskuksen pumppujen avulla, jonka paine-eroa säädetään epäedullisimman asiakkaan mukaan. Suuremmat verkostot tarvitsevat välipumppaamoja, koska verkoston vesivirrat ovat suurempia ja etäisyydet pidempiä. Asiakkaan paine-eron pudotessa alle luvatus arvon tai noustessa yli sallitun arvon on syytä harkita verkostoon välipumppaamo. Pumppaamoina voidaan käyttää myös vara- ja huipputeholaitoksia, jos ne ovat verkoston kannalta hyvällä paikalla. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 175)

5.6.2 Lämmönsiirrasemat

Lämpölaitoksissa joissa halutaan pitää tietyn alueen lämpötilat ja painetasot erillään muusta verkostosta, käytetään lämmönsiirrasemaa. Lämmönsiirrasemaa kannattaa harkita myös, jos tietyn alueen paine-ero nousee raja-arvon ylitse tai verkoston rakennepainat ylittyy. Lämmönsiirrin on yleensä levysiirrin ja siirtimet kytketään yleensä rinnan, jotta käyttövarmuus ja vesimäärän säätömahdollisuudet ovat suuret. Rinnankytkettäessä siirtimet ovat samansuuruiset ja pumppu kytketään menopuolelle. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 175)

5.6.3 Pumppaus

Kaukolämpövettä pumpataan tyypillisesti asiakkaiden energiankulutuksen vaatiman tehon mukaan. Verkoston lämpötila vaikuttaa pumppauksen määrään myös. Kaukolämpöpumppuilla tuotetaan tarvitsema paine-ero, jolloin asiakas saa tarvitsemansa energian.

Tyypillisesti kaukolämpöpumppuina käytetään yleensä keskipakopumppuja, Keskipakopumput soveltuvat hyvin järjestelmien paineenpitoon, kiertoveden pumppaukseen ja lisäveden valmistukseen. Kaukolämpöpumppujen käyttöikä on noin 20 vuotta ja pumpun tulee kestää 120 asteen lämpötila ja 16 bar:n paine. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 169)

5.6.4 Verkoston säätäminen

Kaukolämpöpumppuja säädetään yleisesti kuristussäädöllä tai pyörimisnopeussäädöllä. Kuristusventtiilillä säädetään pumpun tuottoa ja paine-eroa, pyörimisnopeutta muuttamalla. Pyörimisnopeussäätö on taloudellisuutensa ja laajan säätövaran takia paras. Suuremmissa kaukolämpöverkostoissa voidaan käyttää useampaa pumppua, jolloin pumput voidaan kytkeä, joko rinnan- tai sarjaan kytkentä. Rinnan kytkettäessä säätömahdollisuudet ovat suuret. Pumput kytketään yleensä menopuolelle ja ovat keskenään samankokoisia.

Sarjaan kytkennässä on taas mahdollisuus suuremmalle nostokorkeuden säädölle, joka on tarpeen pitkillä väleillä. Sarjaan kytketyt pumput kytketään siten, että toinen

pumppu on menopuolella ja toinen on verkonpaluupuolella. Sarjaan kytkentä on yleistä suurissa ja keskikokoisissa kaukolämpöverkostoissa.

Kaukolämpöverkon painetason säädöllä varmistetaan, että verkostossa vallitseva paine on ilmanpainetta korkeampi. Tällä tavoin estetään veden höyrystyminen verkostossa. Verkoston menolämpötila säädetään ulkolämpötilan mukaan ja kaukolämmön kulutus määräytyy rakennusten energiatarpeen mukaan. Verkostoon syötetyn menolämpötilan tulee olla riittävä, jotta asiakkaat saavat tarvitsemansa lämpöenergian. Verkostoon ei kannata taloudellisessa mielessä syöttää liian korkeaa menovettä, koska se kasvattaa verkostohäviöitä.

Verkoston menoveden lämpötilalla on ylä- ja alarajat lämpötilan suhteen. Ulkolämpötila määrittelee asiakkaiden ja prosessien tarvitsemat lämpötilat, rakennusten ja lämpimänkäyttöveden mitoitus ja verkoston lämpöhäviöstä aiheutuva menolämpötilan aleneminen kauimmaisiin asiakkaisiin nähden. Jotta asiakas saisi kuumaa käyttövettä on syötettävän veden lämpötila oltava alimmillaan 65 °C . Verkkoon syötettävän menolämpötilan yläraja on tyypillisesti 120 °C, koska tässä lämpötilassa tulee kaukolämpöverkoston rakennetekninen raja vastaan. On myös huomioitava, että verkoston lämpöhäviöt kasvavat mitä kuumempaa vettä verkkoon syötetään. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 172)

6 KAUKOLÄMMÖN KUSTANNUSRAKENNE

6.1 Kaukolämmön kustannusrakenne

Kaukolämpöyrittysten merkittävimpiä kustannuksia ovat lämmöntuotantolaitosten ja kaukolämpöverkoston hankinta ja rakennuttamiskustannukset. Kiinteistä käyttö ja hoitokuluista aiheutuu lisäksi kuukausittain kustannuksia. Kaukolämmön jakeluun liittyviä kustannuksia on kaukolämpöpumpuista aiheutuva sähkönkulutus ja lisäksi muuttuvia kustannuksia tulee verkoston jakelussa aiheutuvista häviöistä. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 465)

6.1.1 Kaukolämmön kiinteät kustannukset

Pääomakustannukset ja juoksevat kustannukset ovat kaukolämmön tuotannon kiinteitä kustannuksia. Kaukolämmön vaatimat pääomakustannukset ovat yleensä etupainotteisia ja liittyvät yleensä toiminnan alkuvaiheisiin. Kaukolämmön tuotannon vaihtelut eivät vaikuta kiinteisiin kustannuksiin. Pääomakustannukset muodostuvat yleisesti rakennuksista, verkostosta, koneista ja laitteista. Lämpökeskusten lisäksi pumpaamot ja siirrinasemat muodostavat suuren pääomakustannuksen. Juoksevat kiinteät kulut ovat henkilökunnan palkat, ulkopuoliset palvelut, kiinteistöjen vuokrat sekä muut liiketoimintaan liittyvät kulut kuten vakuutukset. (energiateollisuuden www-sivut)

6.1.2 Kaukolämmön muuttuvat kustannukset

Kaukolämmön toiminnassa muuttuvat kustannukset koostuvat polttoaineiden ostoista, lämmön ostosta, polttoaine- ja tuotantoveroista, omakäyttösähköstä ja lisäveden valmistuksesta. Suurin kuluerä lämmöntuotannossa on polttoaineen hankinta, kun energia tuotetaan polttamalla. Omakäyttösähkö on myös iso kuluerä, koska sähköä kuluu kaukolämpö pumppuihin, jotta lämpöenergia saadaan siirrettyä asiakkaille. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 466)

7 KAUKOLÄMMÖN HINNOITTELU

7.1 Liittymismaksu

Liittymismaksu peritään asiakkaan liittyessä kaukolämpöön. Maksu kattaa kaukolämpöverkoston rakennuskustannukset ja mittakeskuksen perustamiskustannukset. Liittymismaksu määräytyy liittymisputken ja liittymistehon mukaan. Tilausteho määrittellään kyseisen alueen mitoituslämpötilan mukaan ja kiinteistön suurimman lämpötehon mukaan. Alla olevan esimerkin mukaan lasketaan kiinteistön liittymismaksut. Taulukko 10 on esimerkkilaskelma kiinteistön liittymismaksun laskentatavasta.

Kiinteistön tilausteho määrittelee liittymismaksun suuruuden. Rakennuksen tilaustehon määrittelee lvi-suunnittelija. taulukko 10 on laskettu esimerkkinä kerrostalon liittymismaksun hinta. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 470)

Kuva 2. VSV-Energian kiinteistön liittymismaksun peruste.

Tilausteho Ø	(kW)
0 ... 50	$k_1 \times (2000 + 80 \cdot \emptyset)$
50 ... 200	$k_1 \times (4000 + 40 \cdot \emptyset)$
200 ...	$k_1 \times (8000 + 20 \cdot \emptyset)$
kustannustasokerroin $k_1 = 1,25$	

Taulukko 10 Liittymistehon esimerkkilaskelma kerrostaloon

Liittymismaksun laskenta				
kiinteistön tehontarve			280 kW	
Kustannuskerroin			1,25	
Liittymismaksu			17000	Eur
Laskentakaava		$1,25 \cdot (8000 + 20 \cdot 280)$		

7.2 Perusmaksu

Kaukolämpöasiakas maksaa lämpöyhtiölle perusmaksua, joka perustuu asiakkaan sopimustehoon tai vesivirtaan. Perusmaksu laskutetaan kiinteästi joka kuukausi. Perusmaksu määritetään sopimustehon perusteella eli suurimman lämpötehon mukaan. Lämpöyhtiön on kyettävä toimittamaan kiinteistöön tarvittava lämpöteho kaikkina vuoden aikoina. Alla laskentakaava miten perusmaksu määräytyy. Taulukko 11 esittää esimerkkilaskelman miten perusmaksu määräytyy. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 470)

Kuva 3. VSV-Energian perusmaksu laskentataulukko.

Tilausteho \emptyset	(kW)
0 ... 50	$k_2 \times (100 + 20 \cdot \emptyset)$
50 ... 200	$k_2 \times (350 + 15 \cdot \emptyset)$
200 ...	$k_2 \times (2350 + 5 \cdot \emptyset)$

kustannustasokerroin $k_2 = 1,00$

Tilaustehoilla 9 kW ja 12 kW kustannustasokertoimen arvo on kuitenkin 1,25.

Taulukko 11 Perusmaksun laskenta esimerkki kerrostaloon

Perusmaksun laskenta				
Kiinteistön tehontarve		280	kW	
Kustannuskerroin		1		
Perusmaksu		3750	Eur	
Laskentakaava	$1 \cdot (2350 + 5 \cdot 280)$			

7.3 Energiamaksu

Energiamaksu määräytyy kuluttajan energiakulutuksen mukaan. Kaukolämpöasiakas maksaa kuluttamastaan lämpöenergiasta energiamaksua. Energiamaksun tulee olla kaikille asiakkaille tasapuolinen riippumatta lämpöenergian kulutusmäärästä. Energiamaksun määrään vaikuttaa päästökauppa ja energiaverotus, joka on merkittävässä asemassa polttoaineiden hankintahinnoissa. Energiamaksun mitoituksessa otetaan myös huomioon yhden liittymistehoyksikön lisäyksestä tai poistosta aiheutuvat kustannukset, jotka ovat niin sanottuja rajaenergiakustannuksia. Kaukolämmön käyttöä ohjaa eniten energiamaksun suuruus, joten kustannustasolla sillä on suuri merkitys energian kulutuksen ohjauksessa. Energiamaksun maksun määrä on vuodenaikariippumaton, koska laskennassa otetaan huomioon lämmityskauden huipputehotuotannon kustannukset. Energiankulutus mitataan asiakkaan alajakokeskuksessa olevasta

energiamittarista. Energiankulutusta voidaan mitata esimerkiksi Kamstrup Multical 602 mittarilla, joka on etäluettava mittari. Mittarin avulla saadaan tiedot tulevasta kaukolämpöverkoston lämpötilasta, palaavan veden lämpötila, sekä kaukolämpöveden virtaama. Näillä mitatuilla arvoilla ja veden ominaislämpökapasiteetin avulla pystytään laskemaan asiakkaan kuluttama energiamäärä. Mitattu energian kulutus saadaan laskemalla mittausjakson hetkelliset kulutukset alla olevalla laskukaavalla. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 471)

Kaava 1. Lämpöenergian laskentakaava

$$Q = c_p \int_{t_0}^{t_1} q_m \Delta T dt$$

missä

- Q = siirtynyt lämpöenergian määrä
- c_p = veden ominaislämpökapasiteetti
- q_m = virtausanturin läpi virrannut veden massavirta
- ΔT = veden lämpötilaero kaukolämmön tulo- ja paluuputkessa
- t_0 = ajan alkuhetki
- t_1 = ajan loppuhetki

7.4 Kilpailukyky

Kaukolämmön tärkeimpiä liittymishalukkuuteen ohjaavia asioita on kaukolämmön energian hinta ja lämmöntuotannon varmuus. Kaukolämmön kilpailukyky edellyttää, että kaukolämmön kustannukset on alemmat, kuin vaihtoehtoisen lämmitysmuotojen kustannukset ovat. Kilpailukykyyn vaikuttavat asiakkaan vaihtoehtoisten lämmitysmuotojen tarkastelut, tällä tavoin pystytään vertailemaan lämmitysmuotojen taloudellisuutta. Kiinteistöjen lämmitysmuotovertailussa tarkastellaan kaukolämpölaitteiden pääomakustannuksia ja vuosittaisia käyttö- ja hoitokuluja. Kaukolämmön kokonaiskustannuksiin lasketaan perus- energiamaksut sekä lämmönjakokeskusta vartan tarvittavat hankinta ja tilakustannukset. (Koskelainen, Saarela, Sipilä, 2006, 471)

8 LÄMMÖNTUOTANNON OPTIMOINTI

8.1 Lämmöntuotannon nykytilanne

VSV-Energian Uudenkaupungin kaukolämpöverkoston lämpöenergian tuotannosta vastaa yhtiön käyttömiehet. Uudella kiinteänpolttoaineen laitoksella on päävalvomo, josta ohjataan ja seurataan lämmöntuotantoa. Perusteho tuotetaan uudelta kiinteänpolttoaineen laitokselta, jonka teho alue on 4 – 20 MW. Kaukolämmöntuotantoon saadaan helposti lisätehoa vieressä olevalta höyrylaitokselta aina 32 MW:iin saakka. Kyseiset laitokset sijaitsevat Onkakadulla ja laitokselta lähtevä lämmönsiirtoputki on mitoitettu 40 MW lämpötehoon saakka. Lisäksi VSV-Energia ostaa Yaralta hukkalämpöä 4- 9 MW, joka on edullista ja ympäristöystävällistä energiaa. Yaralta ostetun energian vuotuinen keskiarvo on 4,8 MW/h.

Tämä lämpöteho joka tuotetaan Onkakadulta ja Yaralta ostettu energia riittää noin -20 ° C saakka. Pakkasen kiristyessä on käynnistettävä kaupungilla olevia vara- ja huipputeholaitoksia tai Valmet Automotiven lämpölaitos. Uudelta kiinteänpolttoaineen laitokselta syötettävän kaukolämmön lähtevän veden lämpötila on 115 ° C, koska Valmet Automotive tarvitsee 105 asteista prosessilämpöä. Jos Valmet Automotive ei käyttäisi näin korkeaa lämpötilaa, voitaisiin KPA-laitokselta syöttää verkkoon ulkolämpötilaan rinnastettua lämpötilaa. Kulutuksen kasvaessa syöttöveden lämpötilaa voi muuttaa yleisen suosituksen mukaan korkeintaan kaksi astetta minuutissa. Lähtevän veden lämpötilan ollessa yli sata asteista olisi muutosnopeuden hyvä olla 1 aste/ 6 minuuttia. Liian nopeat lämpötilan muutokset rasittavat kaukolämpöverkoston.

8.2 Verkostoon syötettävän lämpötilan tarkkailu

VSV-Energian Uudenkaupungin kaukolämpöverkkoon syötetään KPA-laitokselta 115 °C kaukolämpövedettä, koska Valmet Automotiven tehdas tarvitsee 105 °C prosessilämpöä. KPA-laitoksen ja Valmetin lämpökeskuksen välimatka on 1,76 km. Tällä matkalla kulkee DN400-2MPUK kaukolämpöputki, jonka lämpöhäviö on noin 86 kW. Valmet Automotiven autotehdas on viikolla tuotannossa ympärivuorokauden, mutta tuotanto katkaistaan viikonlopuksi. Tällä ajalla, kun Valmet Automotiven autotehtaalla ei ole tuotantoa olisi järkevää laskea lähtevän veden lämpötilaa. Ver-

kostoon syötetään viikonlopun aikana liikaa lämpötehoa. Lähtevänveden lämpötilan laskemisella voisi säästää huomattavia summia rahaa.

8.2.1 Tehosyöttö

Kaukolämmön tehosyötöllä tarkoitetaan kaukolämpöverkkoon tuotettavaa lämpötehoa, joka koostuu meno- ja paluuvesien lämpötilaerosta ja veden massavirtauksesta. Tehosyötön muutoksia voidaan tehdä virtausta tai menoveden lämpötilaa muuttamalla. Verkoston lähtevänveden lämpötilaa muutetaan asetusarvoa muuttamalla, mutta helpompaa on säätää virtaus, joka säädetään paine-ero asetuksella halutunlaiseksi.

Kaukolämpöveden sisältämä lämpöenergia voidaan laskea, kun on tiedossa veden virtausnopeus ja verkoston meno- ja paluuveden lämpötilaero. Alla olevalla kaavalla saadaan laskettua verkostoon syötetyn lämpöenergian määrä.

Kaava 2. Lämpöenergian laskenta

$$P = c \cdot T \cdot q_m$$

,missä

- P on teho
- c on veden ominaislämpökapasiteetti
- T on vesien lämpötilaero
- q_m on veden massavirta.

Kiinteänpolttoaineen laitokselta syötetään aina 115 asteista vettä verkostoon, koska Valmet Automotive tarvitsee tuotantoon 105 asteista vettä. Autotehdas ei tarvitse prosessilämpöä viikonloppuna, jolloin laitokselta lähtevän menoveden lämpötilan voisi asettaa seuraamaan ulkolämpötilaa. Tällä asetusarvon muutoksella voi säästää paljon lämpöenergiaa. Lähtevänveden lämpötila on vuodenkeskiarvolla 95 astetta, jos lämpötila on ulkolämpötilaan sidoksissa. Säästöä kertyy, jos tuotannon voi ajaa KPA-laitokselta, eikä höyrylaitokselta tarvitse tuottaa lämpöenergiaa. Taulukossa 12 on esimerkkilaskelma, miten kaukolämpöverkoston teho lasketaan.

Taulukko 12 Kaukolämpöverkoston tehon laskenta esimerkki.

Lämpöenergian laskenta			
Veden ominaislämpökapasiteetti		4,2	kJ/kg °C
kaukolämpöveden lämpötilaero		35	°C
veden massavirta		89	kg/s
Teho		13,08	MW

8.2.2 Kaukolämpöverkoston lämpöhäviö

Kappaleessa 5.3.1 kerroin yleisesti mistä asioista kaukolämpöverkoston lämpöhäviöt koostuvat. Tässä osiossa selvitin ja laskin Uuden KPA-laitoksen ja Valmetin lämpökeskuksen välisen DN400- 2MPUK kaukolämpöputken lämpöhäviön. Laitosten välimatka on 1,76 km. Taulukokossa 10 on alkuarvot lämpöhäviölaskelmalle. Annetut arvot ovat keskimääräisiä lukemia, mutta näillä arvoilla saadaan riittävän tarkka lämpöhäviöarvo kyseiselle kaukolämpöverkoston osuudelle.

Taulukko 10. Alkuarvot DN400 putkilinjalle

Putki	DN400-2MPUK
Syvyys maanpinnalta	1 m
eristeen lämmönjohtavuus	0,027 W/m K
Maan lämmönjohtavuus	2,3 W/ m °C

Menoveden keskimääräinen lämpötila	115°C
Paluuv veden keskimääräinen lämpötila	55°C
Maaperän keskimääräinen lämpötila	5 °C
Eristeen ulkohalkaisija	703,7 mm
Eristeen sisähalkaisija	406,4mm
Eristepaksuus	148,65mm
Putkien keskipisteiden etäisyys toisistaan	0,7 m

Ensin lasketaan eristettyjen putkien eristeen ja vaipan lämpövastus alla olevalla kaavalla.

Kaava 3. Putkien lämpövastus

$$R_i = \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{D_i}{D_p} + \frac{1}{2\pi\lambda_c} \ln \frac{D_c}{D_i} + R_{hi}$$

D_p = eristeen sisähalkaisija = putken ulkohalkaisija (m)

R_{hi} = lämpövastus eristeen pinnalla betonikanavassa, jossa on ilmatila.

(Kiinnivaahdotetun putken tapauksessa arvo on 0)

Yllä olevalla kaavalla laskettuna lämpövastukseksi tulee
3,23 m °C/W

Maanpinnan lämpövastus muutetaan tavallisesti ekvivalenttiseksi maakerrokseksi, jolloin korjatun putken syvyys lasketaan alla olevalla kaavalla.

Kaava 4. Korjattu putken sijaintisyvyys

$$H = H' + \frac{\lambda_g}{h_{gs}}$$

H = korjattu putken sijaintisyvyys (m)

H' = putken todellinen sijaintisyvyys (m)

h_{gs} = lämmönsiirtokerroin maanpinnalla, (yleensä 12...15W/m²,°C)

λ_g = maaperän lämmönjohtavuus (W/m, °C)

Yllä olevalla kaavalla laskettuna korjatun putken sijaintisyvyys on seuraavanlainen
1,178 m

Maan lämpövastus lasketaan alla olevalla yhtälöllä.

Kaava 5. Lämpövastuksen laskeminen.

$$R_g = \frac{1}{2\pi} \ln \left[\left(\frac{4H}{D_c} \right) \right]$$

Kaavalla laskettuna lämpövastukseksi tulee.

0,1314 m ° c/W

Putkien keskinäisen vaikutuksen lämpövastus lasketaan alla olevan kaavan mukaan.

Kaava 6. Putkien keskinäisen vaikutuksen laskentakaava.

$$R_m = \frac{1}{4\pi\lambda_g} \ln \left(1 + \left(\frac{2H}{E} \right)^2 \right)$$

E = putkien keskikohtien välinen etäisyys

λ_g = maaperän lämmönsiirtokerroin

H = korjattu putken sijaintisyvyys

Yllä olevalla kaavalla laskettuna putkien keskinäiseksi vaikutukseksi tulee.

0,0869 m ° c /W

Kokonaislämpövastus lasketaan alla olevalla kaavalla.

Kaava 7. Kokonaislämpövastus

$$K_1 - K_2 = \frac{1}{R_g + R_i + R_m}$$

Yllä olevalla kaavalla laskettuna kokonaislämpövastukseksi tulee.

0,2894 m °C/W

Kokonaishäviövirta tehdasvalmisteisessa johdossa lasketaan alla olevan kaavan mukaan.

Kaava 14. Tehdasvalmisteisen johdon kokonaishäviövirta.

$$\Phi_{\text{tot}} = \Phi'_m + \Phi'_p = 2(K_1 - K_2) \left[\frac{T_m + T_p}{2} - T_g \right]$$

T_m = menolämpötila

T_p = paluulämpötila

T_g = häiriöttömän maaperän lämpötila upotussyvyydellä

K_1 ja K_2 ovat lämmönläpäisykertoimia, jotka määritellään yhtälöillä 7 ja 8.

Yllä olevan kaavan mukaan kokonaishäviövirraksi tulee.

49,211 W/m

Kokonaishäviövirraksi kyseiselle 1,76 km putkimatkalle tulee alla olevan kaavan mukaan.

Kaava 8. Kokonaishäviövirta kokonaisputkimatkalla.

$$\varphi = 1760m * 49,211 \frac{W}{m} = 86,611 kW$$

8.3 Lähtevän menoveden lämpötilan pudotuksella saatu säästö

KPA-laitoksen ja Valmet-lämpökeskuksen välisen kaukolämpöjohdon kokonaishäviövirta on 86 kW. Kaukolämmön menoveden lämpötilan ollessa 115 astetta ja paluuv veden ollessa 65 astetta.

KPA- laitokselta syötettävän menoveden lämpötila voidaan laskea ulkolämpötilaan sidotuksi, jos Valmet Automotiven autotehdas ei ole tuotannossa. KPA-laitoksen lähtevän menoveden lämpötila laskee täten keskiarvolta 85 asteeseen, joka on vuotuinen keskiarvo. Paluuv veden vuotuinen keskiarvo on 55 astetta.

Lähtevän kaukolämpöveden ollessa keskiarvolta 85 astetta, putoaa kokonaishäviövirta 66,2 kW:iin. Taulukko 11 on laskettu kyseisen kaukolämpöputken lämpöhäviöt kahdella eri arvolla.

Taulukko 11. Lämpöhäviöt putkiosuudella.

Putkikoko (DN)	400	400
KL-Lähtevä lämpötila	115 °C	85 °C
KL-Paluu lämpötila	65 °C	55 °C
Eristettyjen putkien eristeen ja vaipan lämpövastus	3,236 m °C/ W	3,236 m °C/ W
Korjattu putken sijaintisyvyys	1,176 m	1,176 m
Maan lämpövastus	0,1313 °C/ W	0,1313 °C/ W
Kokonaislämpövastus	0,2894 °C/ W	0,2894 °C/ W
Kokonaislämpöhäviövirta	49,2 W/m	37,6 W/m
Lämpöhäviö putkiosuudella 1,76 km	86 kW	66,2 kW
Säästö		19,8 kW
Säästö vuodessa		55,5 MWh

Laskennassa on huomioitu päivät, jolloin lähtevän veden lämpötila seuraisi ulkolämpötilaa. Nämä päivät ovat yleensä viikonloppuja, jolloin autotehtaalla ei ole tuotanto käynnissä tai silloin, kun autotehtaalla on vuosihuolto.

8.4 Apujäähdytin

VSV-Energialla on käytössä KPA-laitoksella apujäähdytin, jotta kaukolämpöverkkoon voidaan ajaa riittävän pieni kaukolämpöteho. Apujäähdyttimellä voidaan siirtää kattilan ja höyrylämmönsiirtimen tuottamaa lämpöä ulkoilmaan. KPA-laitokselta kaukolämpöverkkoon ajettava pienin kaukolämpöteho on 2 MW. KPA-kattilan pienin lämpöteho riippuu polttoaineen kosteudesta ja leijutusmateriaalin partikkelikoosta, mutta teho on noin 4 MW. Mikäli kattilateho on liian suuri kaukolämpöverkkoon, niin käynnistetään apujäähdyttimen kiertovesipumppu, jonka jälkeen käynnistetään apujäähdytin. Tällöin lämpöä siirtyy ilmaan ja kaukolämpöverkkoon menevä teho alkaa laskemaan.

Apujäähdytin ja kiertovesipumppu kuluttavat käydessään maksimiteholla sähköä 11,2 kW. Apujäähdyttimen ollessa täydellä teholla, sen käyntikustannus on 0,896 Eur/h. Jos KPA-laitos on päällä ja tuottaa minimitehoa, joka on 4 MW ja kaukolämpöverkoston tehon ollessa 2 MW, täytyy ylijäämä teho ajaa apujäähdyttimien kautta ilmaan. Tällöin kiinteänpolttoaineen kattilalla tuotettua tehoa menee 2 MW apujäähdyttimelle. Tässä tilanteessa kaukolämpöverkoston tuotetun 2 MWh hinnaksi koostuu 120 euroa. Koska KPA-laitoksen tuotetun energian hinta on 30 Eur/MWh. Näillä arvoilla laskettuna tuotetun energian hinta on 60,5 Eur/MWh. Taulukossa 12 on laskettu apujäähdyttimen viemä energianhinta ja KPA-laitoksen ylijäämätehon kustannus.

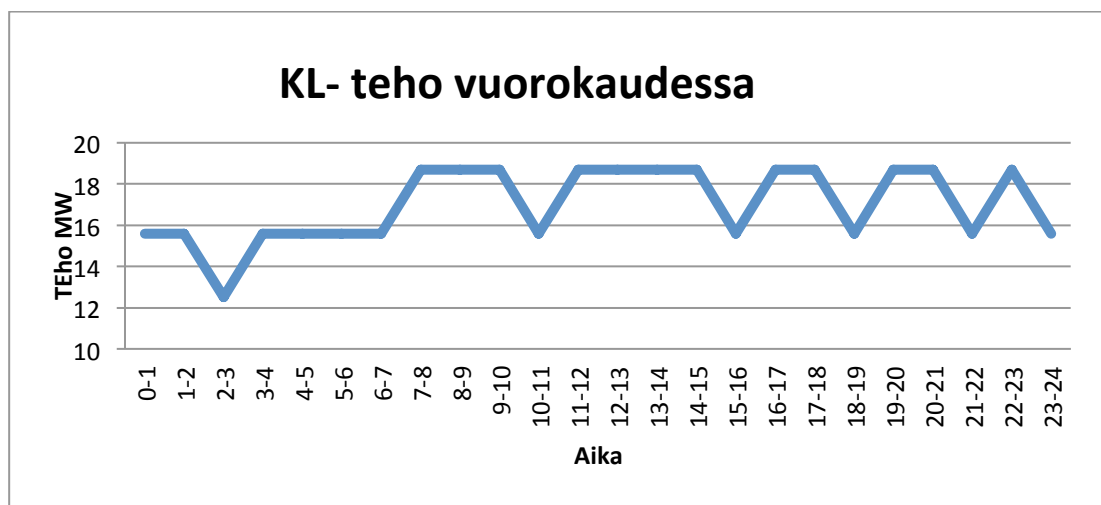
Taulukko 12. Apujäähdyttimen ja kattilatehon kustannus.

Apujäähdyttimien teho KW	7,2	KPA-laitoksen energian hinta Eur/MWh	30
Pumpun teho KW	4	Kattilalla tuotetun 4 MW energian kustannus	120
Sähkön hinta Eur/MWh	80		
Apujäähdyttimen kustannus Eur/h	0,896		
	Tuotetun energian hinta Eur/MWh	120.896	

8.5 Edullisimman lämmöntuotantomallin selvittäminen

Yksinkertaisin tapa maksimoida edullisinta lämmöntuotantoa on ostaa Yaralta lämpöenergiaa ja hyödyntää KPA-laitokselta tuotettua edullista lämpöenergiaa. Kuvasta 3 näkee KPA-laitoksen kaukolämpötehon käyttäytymisen tuntitasolla. Kuva ei kerro erityisesti mitään päivää, vaan kuvasta näkee miten vuorokauden aikana tyypillisesti tehomäärät käyttäytyvät. Esimerkiksi viikonloppu ja alkuviiikko on hyvinkin erilaisia kulutuksen suhteen, koska viikon alkupuolella tulee yleensä suurimmat kulutuspiikit.

Kaavio 3. KL-tehon käyttäytyminen vuorokauden aikana.



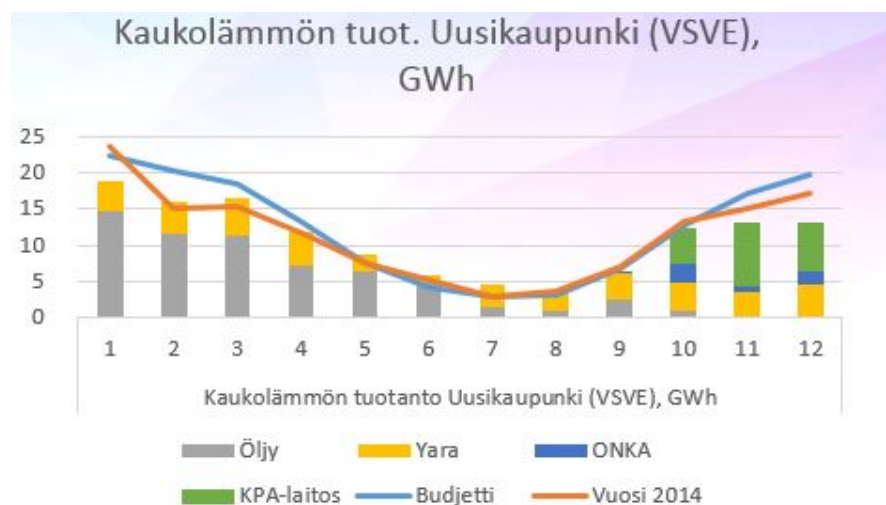
Kaavio 3 Näyttää hyvin miten vuorokauden aikana kaukolämpöverkon teho käyttäytyy. Kuvasta näkee, kuinka kuuden aikaan aamulla tulee tehontarpeeseen kulutus huippu, joka jatkuu niin sanotuksi päivittäiseksi perustehoksi. Kulutuksessa tulee ajoittain notkahduksia jotka jatkuvat iltaan saakka. Yöllä kulutus on maltillisempaa ja tasaisempaa. Kaukolämpöverkon kannalta katsottuna aamuinen lämpötehon huippu on huomionarvoinen asia, koska talvella kulutuksen ollessa suurempi voi kulutuksen nousu olla lähempänä 10 MW. Nopea kulutuksen nousu vaatii suuren virtausnopeuden noston, tai sitten kulutuksen nousuun voi varautua etukäteen menoveden

lämpötilan nostamisella. Verkostoon kannattaa varata etukäteen ylimääräistä lämpöä, jotta voisi välttyä huipputeholaitoksen käynnistämiseltä.

VSV-Energian kaukolämpöverkoston lämpötilan nosto kestää tunteja, vaikka KPA-laitokselta katsottuna Yaran tehdas on verkoston toisessa päässä, josta saadaan lämpöenergiaa kaukolämpöverkkoon. Suurimman kulutus huipun aiheuttaa Valmet Automotiven autotehdas, joka voi ottaa parhaimmillaan 12 MW kaukolämpötehoa pienessäkin ajassa.

Kaaviosta 4 näkee keskimääräisen kaukolämmöntuotannon kuukausittain Uudenkaupungin alueella.

Kaavio 4. Kaukolämmön tuotanto Uudessakaupungissa.



KPA laitoksen tuotetun energian hinta on alhainen, joten kyseistä laitosta on järkevää pitää mahdollisimman paljon käynnissä. Lämpökuorman ollessa pieni alle 4 MW ei KPA laitosta kannata käyttää, vaan energia on järkevämpää tuottaa Onkan höyrylaitokselta. Kappaleessa 8.4 laskin kuinka paljon on tuotetun energian hinta Eur/MWh, jos kaukolämpöverkon tehontarve on alle 4 MW ja ylijäämä teho ajetaan KPA-laitoksen apujäähdyttimellä ilmaan. Onkan höyrylaitokselta tuotettu energia maksaa taulukon 11 mukaan 51,23 Eur/MWh, joten alle 4 MW kaukolämpötehot on järke-

vämpää tuottaa höyrylaitokselta. Alla olevassa taulukossa on Uudenkaupungin lämpölaitosten tuotanto hinnat Eur/MWh.

Taulukko 11. Lämpölaitosten Tuotetun energian hinta.

Uudenkaupungin lämpölaitokset Eur/MWh	
Yara	17,91
KPA	30
Onka	51,23
Valmet	58,22
Janhua	64,06
Pohitulli	66,47
Hakametsä	65,67

8.6 Lämpölaitosten ajomallit eri tilanteissa

VSV-Energian lämmöntuotannon tilanne on muuttunut merkittävästi vuonna 2015, koska uuden kiinteänpolttoaineen laitoksen ja Valmetin lämpölaitoksen välille rakennettiin uusi DN400 putkilinja ja kaukolämmön tuotanto alkoi uudelta kiinteänpolttoaineen laitokselta. Nykyisellään lämmöntuotannon pääpaino on uudella kiinteänpolttoaineen laitoksella sekä vieressä olevalla höyrylaitoksella. Vanhat öljylaitokset jäivät vara- ja huipputeho laitoksiksi. Lisäksi Yaralta ostetaan lämpöenergiaa normaaliin tapaan. Lämmöntuotantoa ajatellen tarkasteltavia tilanteita ovat pohja-kuorma, huippukuorma, perusteho sekä sellaiset tilanteet jolloin tuotannossa on poikkeamaa.

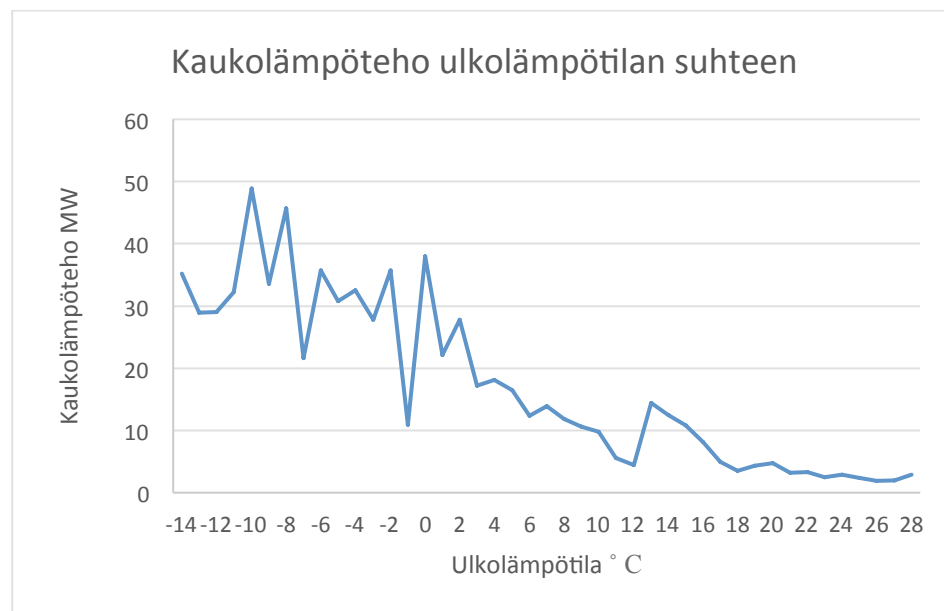
8.6.1 Kaukolämpöteho alle 10MW

Kaaviosta 5 näkee Uudenkaupungin kaukolämpötehon jakauman ulkolämpötilan mukaan. Kaukolämpöteho on alimmillaan alle 2 MW, kesäkuukausien korkeat ulkolämpötilat ja Valmet Automotiven seisakit laskevat kaukolämpöverkoston energiantarvetta. Kuvasta 15 myös näkee, ettei kaukolämpöteho ole suoraan verrannollinen ulkolämpötilaan. Valmet Automotiven tarvitsema prosessi- ja kiinteistöpiirin energiatarve vaihtelee tuotannon mukaan, joten kaukolämpöteho vaihtelee huomattavan paljon riippumatta ulkolämpötilasta. Kaukolämpöveden menolämpötila on pienillä tehoilla alimmillaan noin 70 astetta.

Lämpökuorman ollessa kaupungilla pieni ja Yaran tehtaalta saadaan energiaa. Kannattaa tällöin ajaa Yaralta saadulla energialla niin pitkälle kuin on mahdollista, koska tämä on edullisinta lämpöenergiaa. Yaralta saadaan kaukolämpötehoa noin 6-9 MW. Vuotuinen keskiarvo on 4,8 MWh. Lisää lämpöenergiaa kannattaa tuottaa seuraavalla tavalla, jos lämpölaitokselta tarvitsema lämpöteho on alle 4 MW, kannattaa teho tuottaa Onkan höyrylaitokselta. Koska KPA laitoksen alin lämpöteho on 4 MW. Tällöin ei tarvitse ajaa ylijäämä energiaa apujäähdyttimiin, joka nostaa energian tuotannon kustannuksia. Valmet Automotiven autotehtaan ollessa tuotannossa, se ottaa prosessilämpöä keskiarvolta 4 - 12 MW.

Jos Yaran tehtaalta ei saa energiaa ja kuorma on alle 10 MW mutta yli 4 MW, niin teho kannattaa ajaa KPA-laitokselta, koska se on edullisin tuotantotapa. Lämpökuorman ollessa alle 4 MW Kannattaa energia tuottaa Onkan höyrylaitokselta aina noin 4 MW:iin saakka. Kaukolämpötehon noustessa yli 4 MW:iin teho kannattaa tuottaa KPA-laitokselta, joka toimii silloin säätävänä laitokselta. Lämpötehon kasvavassa KPA-laitoksen tehoa voidaan nostaa. näiden kahden laitoksen ja Yaran yhteenlaskettu teho on parhaimmillaan jopa 50 MW.

Kaavio 5. Kaukolämpöteho ulkolämpötilan suhteen



8.6.2 Kaukolämpöteho yli 10 MW

Tämä teho on niin sanottua perustehoa, jonka KPA-laitos toimittaa kaukolämpöverkoon. Kaukolämpötehon ollessa yli 10 MW lämpöenergia kannattaa tuottaa KPA-laitokselta, koska KPA-laitokselta tuotettu lämpöenergia on edullisinta. Laitoksen lämpöteho riittää 20 MW saakka, jolloin lisätehoa saadaan Onkan höyrylaitokselta aina 40 MW:iin saakka. Tämä teho riittää niin sanotusti perustehoksi kaupungille ja Valmet Automotiven energian tarpeisiin. KPA-laitos toimii tässä tilanteessa säätävänä laitoksena.

8.6.3 Kaukolämpöteho yli 40MW

Lämpötehon ollessa yli 40 MW. KPA:n ja Valmet lämpökeskuksen välisen kaukolämmön siirtojohdon lämpökapasiteetti loppuu. Tällöin lisätehoa tuotetaan kaupungilla olevista lämpökeskuksista. Kaupungilla olevista lämpökeskuksista yleensä Ha-

kametsän tai Janhuan lämpökeskus käynnistetään ensimmäisenä. Koska tehontarpeen lisääntyessä verkoston paine-ero laskee alle kriittisen pisteen yleensä sairaalan alueella. Tällöin on järkevämpää tuottaa lisää lämpöenergiaa mahdollisimman lähellä kriittistä aluetta. Kaupungilla lämmöntarpeen ollessa suuri, energiaa tarvitsee tuottaa kaupungilla olevista lämpökeskuksista.

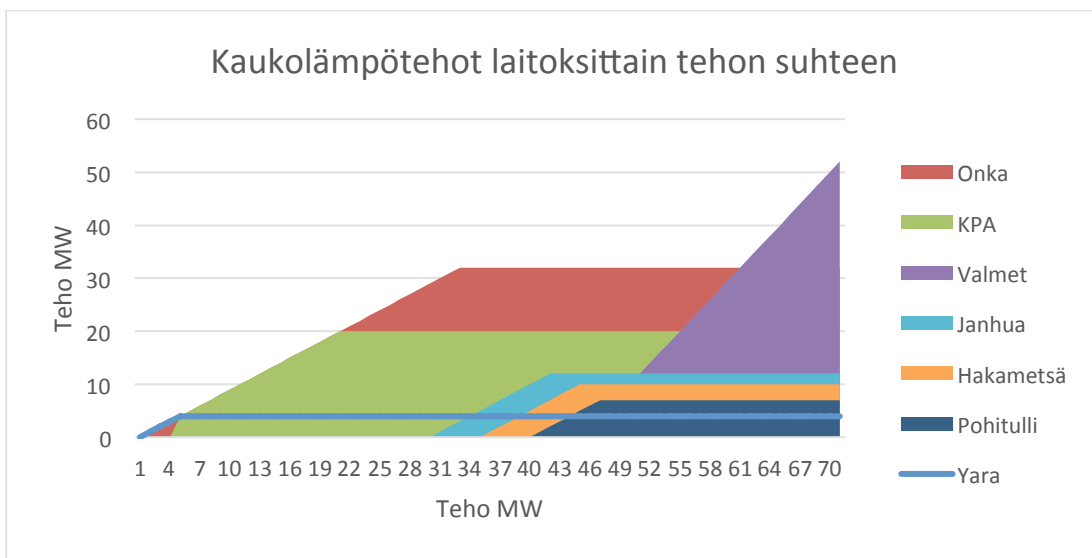
9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin lämmöntuotantolaitosten optimointia eri ajotilanteissa. Työssä selvitettiin aluksi kaukolämmön ja lämmöntuottamisen perusteita. Lisäksi työssä esiteltiin VSV-Energian historiaa ja kaukolämmön tuotantoa ja lämpölaitosten perustietoja.

KPA-laitos osoittautui edullisemmaksi laitokseksi tuottaa kaukolämpöä, jos kaukolämpöteho on yli 4 MW. Muutoin pienemmät tehot on järkevämpää tuottaa höyrylaitokselta. Edullisin lämmöntuotantotapa on ostaa Yaralta lämpöä. Yaralta saa lämpöenergiaa noin 4-9 MW. Tämän jälkeen toiseksi kannattavin energian tuotantotapa on KPA-laitos. Onkan höyrylaitos tulee kolmantena. Öljylaitoksia kannattaa käyttää ainoastaan vara- ja huipputeholaitoksina, koska kyseisten laitosten energian tuotanto on kalliimpaa verrattuna Yaran, KPA:n ja Onkan tuottamaan energiaan. Kaavio 6 kuvastaa kaukolämmöntuotantoa ideaali olosuhteissa. Kaaviossa ei ole huomioitu nopeita tehonmuutoksia eikä häiriöistä aiheutuvia tehonpoikkeuksia. Kaaviosta 6 näkee kuinka pienillä kuormilla teho jakautuu Yaran, KPA:n ja Onkan kesken. 20 Megawatin kohdalla Onkan höyrylaitos alkaa tuottamaan kaukolämpötehoa, koska KPA:n kaukolämpöteho on 20 MW. Tässä tilanteessa KPA toimii säätävänä laitoksena ja säätää kaukolämmönvaihdinta, jotta verkostoon saadaan riittävä määrä tehoa. Kaukolämpötehon ylittäessä 40 MW loppuu KPA-laitoksen ja Valmetin siirrinase-
man välisen kaukolämpöjohdon siirtokapasiteetti. Tämän jälkeen tehoa aletaan ajamaan verkkoon kaupungilla olevista vara- ja huipputeholaitoksista. Vara- ja huippu-

teholaitoksilta saisi kaukolämpötehoa yhteensä 103 MW, mutta todellisuudessa kaukolämpötehoa ei tarvita näin suurta määrää. Kaavio 6 pystyakselin Teho MW on VSV-Energian kaukolämmön huipputehot. Vaaka-akseli kuvaa lämpölaitosten kaukolämpötehon kapasiteettia suhteutettuna energian tuotannon kustannuksiin ja lämmöntuotannon ajomalleihin.

Kaavio 6. Kaukolämpötehot laitoksittain.



LÄHTEET

- /1/ Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. & Kurki-Sainio, I. 2002. Poltto ja palaminen. Jyväskylä: Gummerrus
- /2/ Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki: Edita
- /3/ Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Libris oy
- /4/ Aga www- sivut. Viitattu 28.2.2106.
http://www.aga.fi/fi/products_ren/propane/index.html.
- /5/ Energiateollisuuden www-sivut. Viitattu 28.2.2016.
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/oljy>
- /6/ Energiateollisuuden www-sivut. Viitattu 29.2.2016.
energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammon-hinta.

Kuva 1 Uudenkaupungin kaukolämpöverkosto.

