

Energiateollisuus ry

Energiatehokkuusselvitys kaukolämmityksen  
pumppausjärjestelyistä

## TIIVISTELMÄ

**Päiväys 10.6.2009**

**Viite 60N50061.02**

Sivu 1 (2)  
Yhteyshenkilö Antti Hakulinen  
Kaukolämpöjärjestelmät  
Puh. 010 33 24332  
Faksi 010 33 24263  
antti.hakulinen@poyry.com

### OSA 1:

Työn ensimmäinen osa käsittää Energia-Ekono Oy:n (nykyinen Pöyry Energy Oy) vuonna 1993 tekemän selvityksen ”*Kaukolämmön pumppauksen energiankulutus*” esimerkkilaskennat päivitettyinä nykyisillä investointikustannusarvioilla ja energian hinnoilla ottaen huomioon vuoden 1993 jälkeen tapahtuneen teknisen kehityksen.

Esimerkkilaskennat päivitettiin voimalaitoksen osalta sähköhinnalla 51,17 €/MWh sekä välipumppaamon ja lämpökeskuksen osalta sähköhinnalla 60 €/MWh. Tässä huomioitavaa on, että nyt laskettu välipumppauksen sähkön hinta 60 €/MWh tulenee vuonna 2011 muuttumaan johtuen sähköveron korotuksesta.

Suurimpana teknisenä kehityksenä vuoteen 1993 verrattuna todettiin taajuusmuuttajien yleistymisen ja nestekytökimen poisjäätö.

### OSA 2:

Työn toisen vaiheen tavoite on kartoittaa kaukolämpöpumppauksen kuluttaman sähköenergian säästöpotentiaalia, ja luoda nopea työkalu, jolla voidaan arvioida yksittäisen kaukolämpöverkon pumppauksen tehokkuutta.

Työ tehdään tutkimalla kaukolämpötilastoja sekä tutustumalla tarkemmin yhteen case-laitokseen (Iisalmen kaukolämpöverkko).

Kaukolämpötilastoista on löydettävissä joukko yhtiöitä, joiden kaukolämmön pumppaukseen käyttämä sähkömäärä on epäilyttävän suuri. Näiden yhtiöiden osalta tulisi selvittää syy korkeaan pumppausenergian tarpeeseen.

Tilastoissa on myös joukko yhtiöitä, joiden tilastoitu pumppausenergian tarve on epäilyttävän pieni. Näiden osalta tulisi varmistua mittausten ja tilastoinnin oikeellisuudesta.

Keskimääräisessä tilanteessa kaukolämpöverkon pumppausenergian määrän tulisi olla noin 0.5 % kaukolämmön hankinnasta (myynti+häviöt). Mikäli kaukolämpöverkon lämpötiheys (hankinta / kaukolämpöverkon pituus) on alle 3 GWh/km saattaa pumppausenergian määrä kasvaa, mutta sen tulisi joka tapauksessa olla alle 1 % lämmön hankinnasta.

Pumppausenergian säästöpotentiaalin Suomessa arvioidaan olevan noin 20 % nykyisestä pumppausenergiasta eli noin 30 GWh/a. Tämän säästöpotentiaalinen rahallinen arvo on noin 2 miljoonaa euroa.

Lisätietoja antaa:

Antti Hakulinen  
Pöyry Energy Oy  
S-posti: [antti.hakulinen@poyry.com](mailto:antti.hakulinen@poyry.com)

**ENERGIATEHOKKUUSSELVITYS KAUKOLÄMMITYKSEN  
PUMPPAUSJÄRJESTELYISTÄ, OSA 1:****KAUKOLÄMMÖN PUMPPAUKSEN ENERGIANKULUTUS****SISÄLLYSLUETTELO****ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>YLEISTÄ</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ONGELMAN KUVAUS</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>KYTKENTÄ AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>LAITEKARTOITUS JA PÄIVITYS VUODEN 1993 SELVITYKSEEN</b>	<b>4</b>
<b>4.1</b>	<b>Yleistä</b>	<b>4</b>
<b>4.2</b>	<b>Pumput, moottorit ja säädöt sekä niiden hyötysuhteet</b>	<b>4</b>
4.2.1	Pumput	4
4.2.2	Sähkömoottori	4
4.2.3	Taajuusmuuttaja	4
4.2.4	Nestekytin	4
<b>4.3</b>	<b>Kustannukset</b>	<b>5</b>
4.3.1	Pumpun (sis. moottorin ja säädön) investointikustannus	5
4.3.2	Investointi – ja käyttökustannukset	5
4.3.3	Välipumppaamon investointikustannukset	7
<b>4.4</b>	<b>Kokonaishyötysuhteet</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CASE-TAPAUKSET</b>	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Säätölaitteiden vaikutus pumppausenergiaan</b>	<b>10</b>
5.1.1	1 pumppu	10
5.1.2	2 pumppua	10
5.1.3	3 pumppua	11
<b>5.2</b>	<b>Sijoituspaikan vaikutus pumppausenergiaan</b>	<b>12</b>
<b>5.3</b>	<b>Pumppaustavan vaikutus pumppausenergiaan</b>	<b>14</b>
<b>5.4</b>	<b>Esimerkki laskenta</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>17</b>
<b>Liitteet</b>		
1	Pumppausenergian laskenta ja pumpun sijoituksen vaikutus	

## ABSTRACT

### SECTION 1:

The objective of the first part of this study was to update the calculations of the district heating pumping energy carried out in 1993 by Pöyry Energy Oy (former Energia-Ekono Oy). There have been changes in investment costs as well as in energy prices. Therefore, there was a need to update the calculations with present investment costs and energy prices taking into account the technical developments since 1993.

In this study, the calculations of the 1993 study were updated with the price of energy 51,17 €/MWh used by the power plant and 60 €/MWh used by the booster pump station and the heating plant. Here it must be noted that the now calculated cost of pumping energy used by the booster pump station and the heating plant will change in 2011 because of the increase in electricity tax.

Compared with the 1993 study the most significant technical achievements from 1993 to nowadays are that the frequency converters have become more common and the absence of the fluid clutch.

### SECTION 2:

The objective of the second part of this study is to determine the savings potential in district heating pumping in Finland. Also a measurement method is developed to quickly estimate the efficiency of district heating pumping.

The work is based on the data gathered from district heating statistics and from one case study (Iisalmi district heating network)

The district heating statistics reveal a number of district heating networks whose consumption of energy needed for pumping is suspiciously high. These companies should clarify the reasons for this.

Also, companies with a suspiciously low consumption of pumping energy should check their measurements and data gathering routines.

On average the electricity needed for district heating pumping should not be over 0.5 % of the total energy supply (=sold+losses). If the density (supply/length of the network) of the district heating network is under 3 GWh/km, the energy needed for pumping may rise. In any case the proportional pumping energy should be lower than 1 %.

The Finnish potential for saving in district heating pumping is estimated to be 20 % of the current pumping energy i.e. 30 GWh/a. This corresponds to a yearly saving of approximately EUR 2 million.

## 1 YLEISTÄ

Pöyry Energy Oy on Energiateollisuus ry:n lämmönjakotoimikunnan toimeksiannosta laatinut selvityksen: ”*Energiatehokkuus selvitys kaukolämmityksen pumppausjärjestelyistä*”. Työ- ja elinkeinoministeriö on osallistunut työn rahoitukseen liittyen energia-alan energiatehokkuussopimusten toimeenpanoon. Kaukolämmön pumppauksen energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia pidetään merkittävänä ja työllä on osaltaan tarkoitus kannustaa kaukolämpöyrityksiä analysoimaan oma tilanteensa ja käynnistämään tehostamistoimenpiteitä. Työtä voidaan hyödyntää mm. toteutettaessa työ- ja elinkeinoministeriön tukemia kaukolämpökatselmuksia. Työ on kaksiosainen.

Työn ensimmäisen osa (Osa 1) käsittää päivityksen Energia-Ekono Oy:n (nykyinen Pöyry Energy Oy) vuonna 1993 tekemän selvityksen ”*Kaukolämmön pumppauksen energiankulutus*” esimerkkilaskelmiin nykyisillä investointikustannusarvioilla ja energian hinnoilla huomioiden vuoden 1993 jälkeen tapahtuneen teknisen kehityksen.

Työn toisessa osassa (Osa 2) tutkitaan kaukolämpöpumppauksen kuluttaman sähköenergian säästöpotentiaalia käyttäen apuna keskikokoisen kaupungin tietokonepohjaista kaukolämpöverkostolaskentamallia sekä kaukolämpötilastoja ja käyttötaloudellisia tunnuslukuja.

## 2 ONGELMAN KUVAUS

On havaittu, että vuoden 1993 selvityksen ”*Kaukolämmön pumppauksen energiankulutus*” esimerkkilaskennat ovat olleet laajassa käytössä kaukolämpökentällä. Pumppaus tekniikka ja laitehinnat sekä energiahinnat ovat kuitenkin muuttuneet vuodesta 1993 niin paljon, että esimerkkilaskentojen päivittäminen uusilla hinnoilla, huomioiden muutoksen pumppaustekniikoissa, on katsottu olevan tarpeellista. Näin tehtäessä pystyvät kaukolämpölaitosten ja energiayhtiöiden pumppaussuunnittelun kanssa työskentelevät henkilöt käyttämään päivitettyjä esimerkkilaskentoja paremmin ja tehokkaammin apuna omassa työssään, kun uudet hintatasot löytyvät esimerkeistä jo valmiina.

Yllä mainitun lisäksi kaukolämpöyhtiöistä kentältä on tullut tietoa, että usein operaattorit ajavat kaukolämpöpumppuja liian suurten minimipaine-erovaatimusten mukaan. Esimerkiksi, jos kuluttajalaitteiden vaatima minimipaine-ero ( $\Delta p$ ) on tyypillisesti 0,6 bar, saattaa operaattori ns. ”varmuuden vuoksi” ajaa laitoksen kiertopumppuja sekä välipumppaamoja niin, että minimipaine-ero 1,0 – 1,5 bar taataan verkoston kriittisissä kuluuspisteissä. Tästä toimintatavasta aiheutuu ylimääräistä pumppausta ja siten tarpeetonta pumppausenergian kulutusta. Kaukolämmön pumppaukseen käytetään pumppaussähköä Suomessa n. 150 GWh/a eli n. 9 miljoonaa euroa vuodessa.

## 3 KYTKENTÄ AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN

Ajatus tälle työlle syntyi Pöyry Energy Oy:n joulukuussa 2008 valmistuneen selvityksen ”*Esiselvitys kaukolämmityksen pumppausjärjestelyistä*” luonnosvaiheen esittelytilaisuudessa 4.9.2008 Energiateollisuus ry:n Lämmönjakelutoimikunnalle. Näin ollen tutkimustyö on eräänlaista jatkotyötä ym. esiselvitykselle.

## **4 LAITEKARTOITUS JA PÄIVITYS VUODEN 1993 SELVITYKSEEN**

### **4.1 Yleistä**

Vuoden 1993 tutkimuksessa on sähkön hintana käytetty 100 mk/MWh. Nyt päivitettyyn sähkön hintaan 60 €/MWh on päästy Työ- ja elinkeinoministeriön 1/2008 julkaiseman energiakatsauksen perusteella keskiuurelle teollisuuslaitokselle (2 GWh/a). Kyseisen katsauksen mukaan sähkönhinta keskiuurelle teollisuuslaitokselle 1.7.2006 oli 7,30 c/kWh. Tästä vähentämällä 18 % (alv 22 %) päästään sähköverot sisältävään arvonlisäverottomaan pumppausenergian hintaan 6 c/kWh. Laskennat on päivitetty edellä mainitulla sähköhinnalla.

### **4.2 Pumput, moottorit ja säädöt sekä niiden hyötysuhteet**

#### **4.2.1 Pumput**

Vanhan tutkimuksen kohta 4.2.1 ”Pumput” on päivitetty hyötysuhteiden osalta. Nykyisin parhaiden markkinoilla olevien keskipakopumppujen hyötysuhde on luokkaa 0,75...0,85. Joissain tapauksissa on päästy lähelle 0,9.

#### **4.2.2 Sähkömoottori**

Sähkömoottoreina käytetään vakimoottoreita, jotka soveltuvat taajuusmuuttajakäyttöön. Jännite valitaan tapauskohtaisesti laitoksen jännitetason mukaan. Sähkömoottorin tekniikka ei ole juurikaan muuttunut vuoteen 1993 verrattuna.

#### **4.2.3 Taajuusmuuttaja**

Taajuusmuuttajat käsitetään nykyään yhä useammin vakiokomponentiksi. Hintataso on laskenut huomattavasti verrattuna vuoteen 1993 ja käyttöala on todella laaja kattaen kaikki tehot ja jännitearvot.

Taajuusmuuttajat ovat nykyään luotettavia. Käyttäminen sekä käyttöönotto ovat helpottuneet todella paljon. Niitä käytettäessä pumpun käynnistykset ja pysäytykset ovat helpompia suorittaa sekä prosessin että laitteiston kannalta.

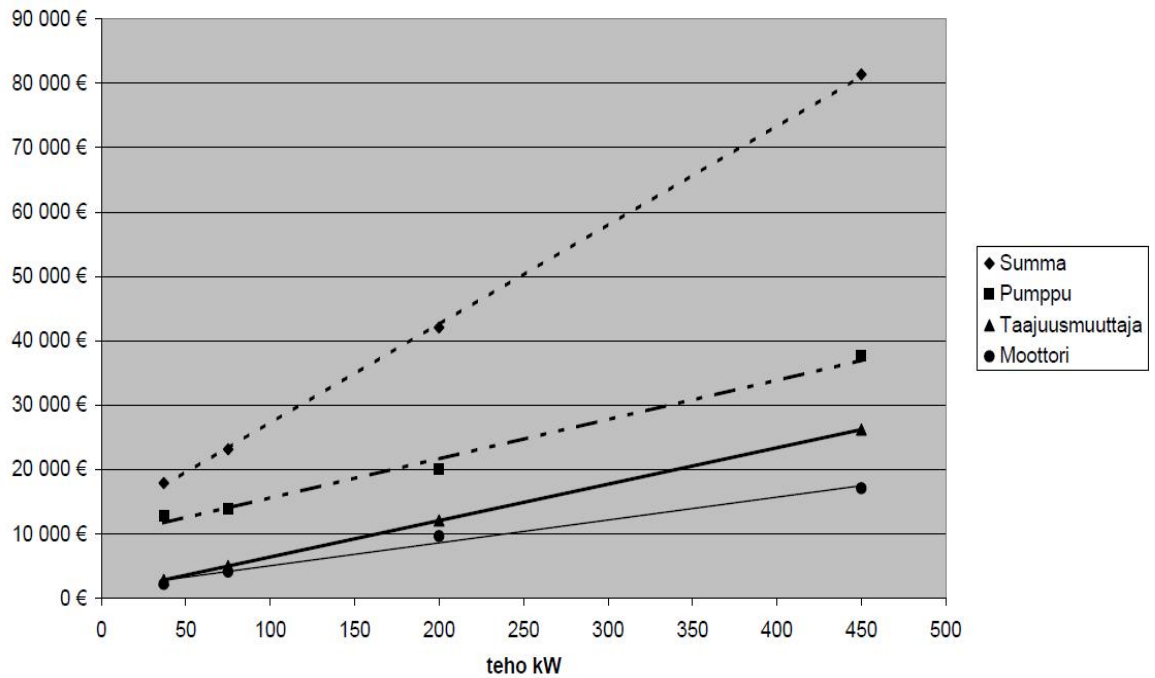
#### **4.2.4 Nestekytkin**

Nestekytkinvaihtoehtojen laskentoja ei ole päivitetty uudelleen. Nestekytkin ei ole enää normaali tapauksessa varteen otettava vaihtoehto taajuusmuuttajalle pumpun kierrosnopeuden säädössä kaukolämpöjärjestelmissä.

## 4.3 Kustannukset

### 4.3.1 Pumpun (sis. moottorin ja säädön) investointikustannus

Kun vanhassa vuoden 1993 tutkimuksessa oli kustannusselvitykset laadittu moottoritehoille 30 kW, 75 kW, 200 kW, 400 kW ja 900 kW, on nyt vuonna 2009 päivitettyt kustannusselvitykset laadittu tehoille 37 kW, 75 kW, 200 kW ja 450 kW (kuva 4.2).



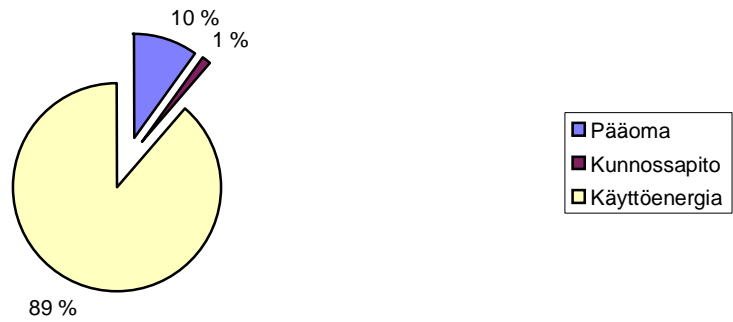
Kuva 4.2 Pumpun investointikustannukset (alv 0 %) / The investment costs of a pump

### 4.3.2 Investointi – ja käyttökustannukset

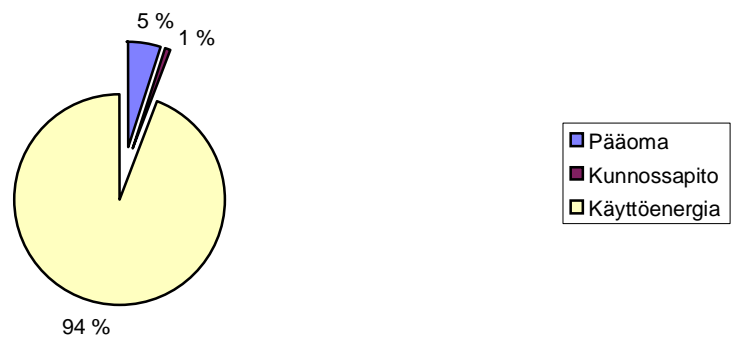
Vuoden 1993 tutkimuksessa kohdassa 4.3.1 ”Yleistä” toisessa kappaleessa todetaan pumpun elinikäisten kustannusten muodostuvan pääosin energiakustannuksista. Päivittämällä tutkimuksen liitteen 5.4 ”Elinikäiset kustannukset” seuraavilla oletuksilla: energian hinta 60 €/MWh, käyttöaika 15 v, huipunkäyttöaika 5000 h/a vuodessa, korko 5 % ja kunnossapitokäyttökustannus 1,2 % investoinnista, on päästy seuraaviin tuloksiin:



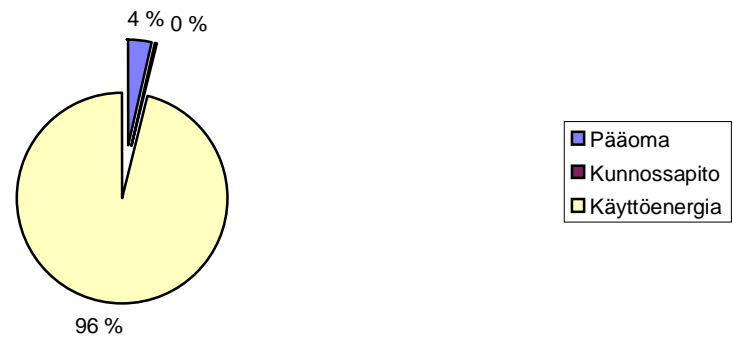
**Pumppu I, teho: 16 kW**



**Pumppu II, teho: 131 kW**



**Pumppu III, teho: 283 kW**



**Kuva 4.1 Kolmen erikokoisen pumpun elinikäiset kustannukset esimerkinomaisesti / An example of lifetime costs of three different sized pumps**

Yllä olevissa kuvioissa on esitetty esimerkinomaisesti kolmen erikokoisen kaukolämpöpumpun elinikäiset kustannukset pumpun ja moottorin investoinnille. Kuvasta voidaan päätellä että pumpun hyötysuhteella on hyvin suuri merkitys, sillä käyttökustannukset muodostavat pumpun elinikäisistä kustannuksista 89 - 96 %. Tämän vuoksi investointia tehtäessä tulisi hyötysuhteeseen kiinnittää erityisesti huomiota. Huonon hyötysuhteen pumppu voi syödä investoinnissa säästyvät kustannukset monin kertaisesti.

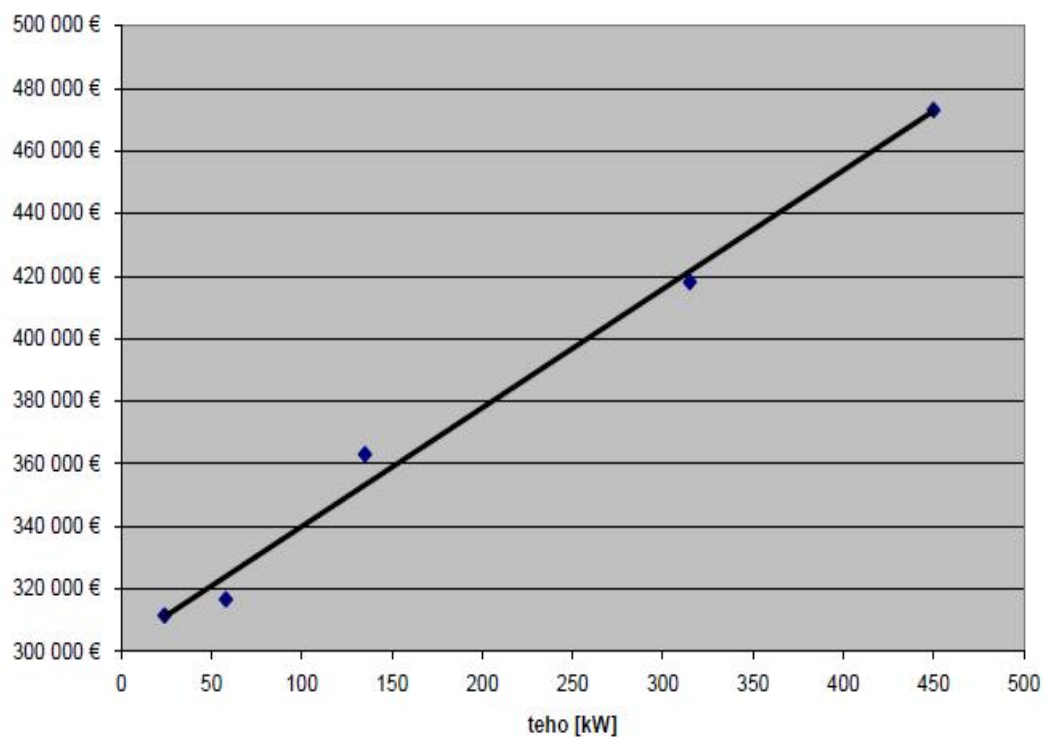
### **4.3.3 Välipumppaamon investointikustannukset**

Jaettaessa kustannukset pumpun akselitehon mukaan tulee kW:n investointikustannukseksi päivitettyillä hinnoilla n. 17 000 €/kW pienessä n. 24 kW:n kokoluokissa, n. 3700 €/kW n. 135 kW:n teholla ja vain n. 1500 €/kW 450 kW:n tehoisella pumppuasemalla. Pumppuaseman teho tässä tarkoittaa yhden pumpun tehoa. Em. kustannusten tunnusluvut ovat hintoja ilman arvonlisäveroa.

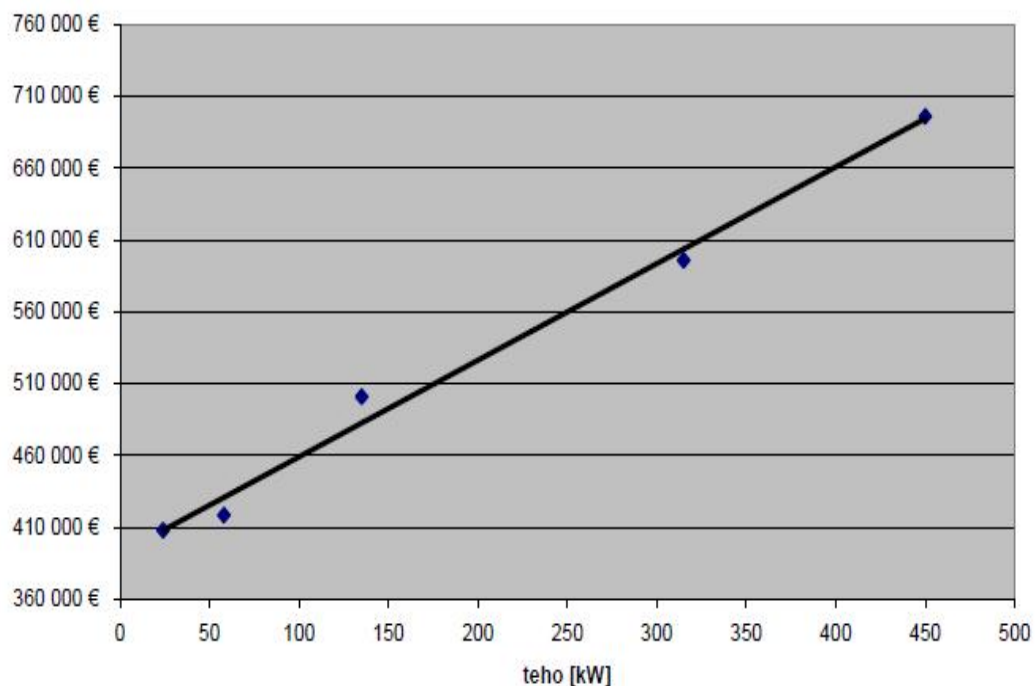
Pienissä kokoluokissa saadaan kustannukset putoamaan n. puoleen, jos pumppu voidaan sijoittaa jo olemassa oleviin tiloihin, jossa sähkönsyöttö on valmiina tai esim. maanalaisiin pumppaamokaivoihin. Maanalaisissa kaivoksissa ei ole käytettävissä välipumppaamo rakennuksiin verrattavia huolto- ja käyttötiloja.

Välipumppaamoiden investointikustannukset ovat suuntaa-antavia, koska esim. rakennusten perustuskustannukset voivat vaihdella huomattavasti olosuhteista riippuen.

Kuvassa 4.3 ja 4.4 on esitetty nykyisillä investointikustannuksilla päivitettyt käyrät välipumppaamon investoinnille.



**Kuva 4.3. Välipumppaamon arvonlisäverottomat investointikustannukset (meno- tai paluupumppu) / The investment costs of a booster pump station (only 1 pump)**



**Kuva 4.4** Välipumpun arvonlisäverottomat investointikustannukset (meno- ja paluupumput) / The investment costs of a booster pump station (with 2 pumps)

#### 4.4 Kokonaishyötysuhteet

Kokonaishyötysuhteet ovat jonkin verran parantuneet teknisen kehityksen myötä. Koska pumppauksen energiasäästöjä on verrattu aina vähintään kahden eri tapauksen välillä, on muutos tapahtunut samassa suhteessa. Esimerkiksi, jos hyötysuhde on parantunut tapauksessa A 5 %, on sen myös tällöin oletettu parantuneen tapauksessa B 5 %. Näin ollen saavutettu käytetyn sähköenergian säästö on pysynyt suhteessa samana.

## 5 CASE-TAPAUKSET

### 5.1 Säätolaitteiden vaikutus pumppausenergiaan

Tässä kohdassa tutkittiin mitä vaikutusta pumppujen lukumäärällä ja erilaisilla säätolaitteilla on kaukolämmössä käytettävään pumppausenergiaan. Pumput sovitettiin kaukolämmön toimitukseltaan 160 GWh/a kaukolämpöverkkoon, jolloin pumppaussähkönkulutuksen suuruusluokka on n. 140...200 MWh/a tapauksesta riippuen.

Tarkasteltavana olivat seuraavat tapaukset:

#### 5.1.1 1 pumppu

Tässä vaihtoehdossa lämmöntuotantolaitoksella on lämmöntoimitusta varten yksi kaukolämpöpumppu.

Kierrosluvun säätövaihtoehdot:

- taajuusmuuttajasäätö
- hydraulikytkin
- hydraulikytkin lämmöntalteenotolla

Parhaimmaksi säätötavaksi yhden pumpun pumppaukselle osoittautui hydraulikytkin varustettuna lämmöntalteenotolla.

Taajuusmuuttajasäädön energiakulutus on n. 20 % suurempi ja pelkän hydraulikytkimen 90 % suurempi kuin lämmöntalteenotolla varustetulla hydraulikytkimellä.

#### 5.1.2 2 pumppua

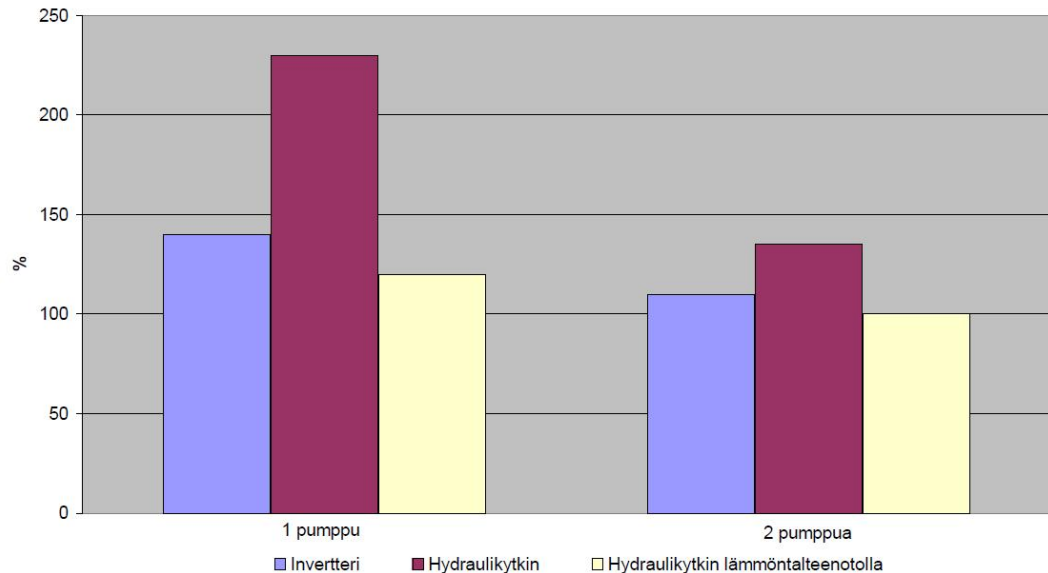
Tässä vaihtoehdossa lämmöntuotantolaitoksella on lämmöntoimitusta varten kaksi rinnankytkettyä kaukolämpöpumppu.

Kierrosluvun säätömahdollisuudet:

- taajuusmuuttajasäätö
- hydraulikytkin
- hydraulikytkin lämmöntalteenotolla

Pumppaus jaettiin kattilalaitoksella kahdelle pumpulle siten, että 30 % massavirrasta (peruspumppaus) pumpataan suoralla käytöllä ja loput 70 % pumpataan säätökäyttöisellä pumpulla.

Pienin energiankulutus saavutettiin jälleen lämmöntalteenottokytkenällä varustetulla hydraulikytkimellä. Taajuusmuuttajasäätökytkenän energiankulutus oli n. 10 % suurempi ja pelkkä hydraulikytkinkäyttö 35 % suurempi kuin pumpun käyttölämmöntalteenotto kytkennällä varustetulle hydraulikytkimellä.



**Kuva 5.1a Kaukolämmöpumppauksen energiankulutus yhdellä ja kahdella pumpulla / Energy consumption in district heating pumping with one and two pumps**

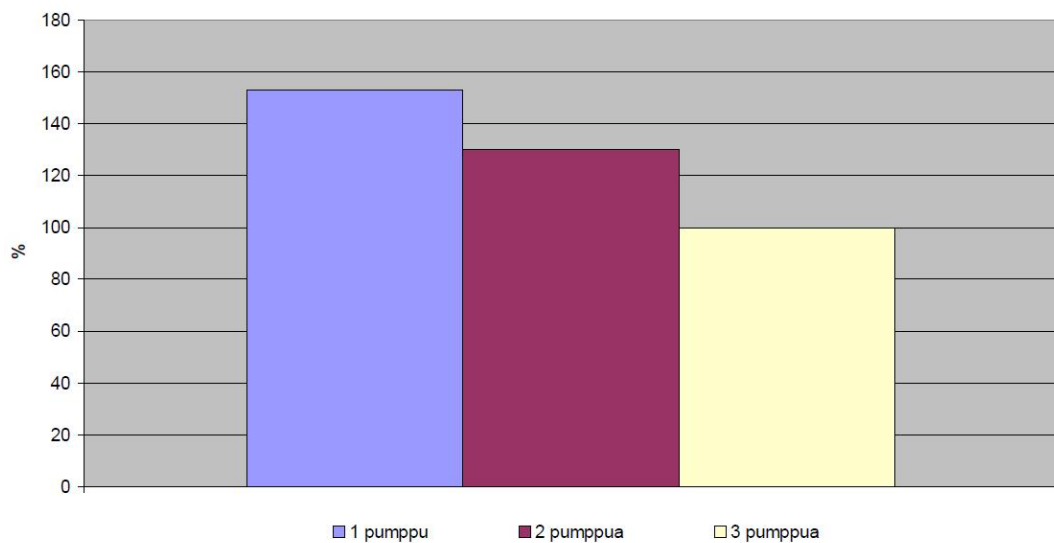
Verrattaessa yhden pumpun hydraulikytkin vaihtoehtoa kahden pumpun kytkennän parhaaseen tapaukseen (suorakäyttö + hydraulikytkin lämmöntalteenotolla) pumppausenergiankulutus on yli kaksinkertainen.

### 5.1.3 3 pumppua

Kaukolämpöverkon pumppaus on jaettu seuraavasti:

- suorakäyttö kattilalaitokselta massavirta n. 30 %
- suorakäyttö välipumppaamolta n. 10 %
- säädetty kattilalaitokselta loput n. 60 %

Tarkastelussa kaukolämpöverkossa on välipumppaamo ja kattilalaitoksella on kaksi pumppua, joista toinen on suorakäyttöinen ja toinen säädetty. Kun verrataan tätä konseptia kahden edellisen kohdan parhaisiin ratkaisuihin, voidaan nähdä, että yhden pumpun vaihtoehto on n. 50 % ja kahden pumpun vaihtoehto 30 % tuhlavampi kuin kolmen pumpun vaihtoehto.



**Kuva 5.1b Kaukolämpöpumppauksen energiakulutus kun pumppaus on jaettu 1..3 pumpulle / Energy consumption in district heating pumping when the pumping is divided between 1 to 3 pumps**

Merkittävin muutos vuoden 1993 tutkimukseen on nykyisillä pumpuilla nestekytken pois jäänti (kohta 4.2.4).

## 5.2 Sijoituspaikan vaikutus pumppausenergiaan

Laskennassa on käytetty laskentaesimerkkinä Vantaan Energia Oy:n Koivukylänverkon vuoden 1993 tilannetta siten, että verkon lämmöntarvetta on kasvatettu n. 10 MW Mikolan alueella, näin ollen koko verkon lämmöntarve on n. 50 MW.

Kaukolämpöverkko on suhteellisen väljä, paitsi Mikolan haaran osalta, jossa on 14 MW lämpökuorma DN 200 kaukolämpöjohdon päässä.

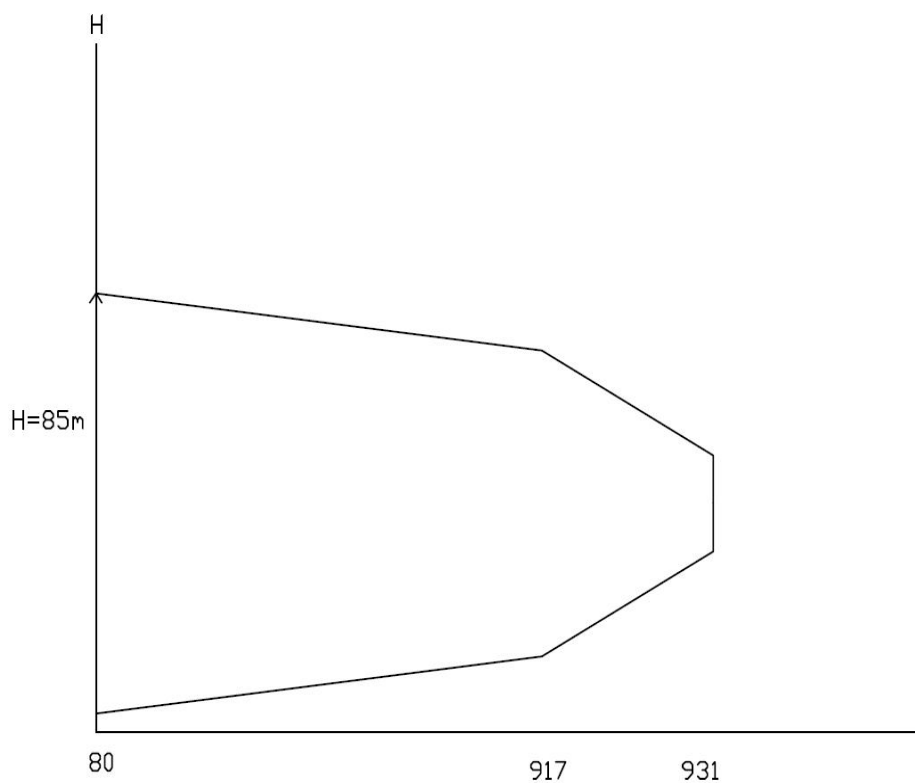
Tässä osassa tutkimusta ei ole otettu huomioon pumppauksen jakamista pumppauspaikalla usealle eri pumpulle. Energiankulutusta laskettaessa on otettu huomioon vain pumpun hyötysuhde toimintapisteen funktiona.

Laskennassa on tarkasteltu kahta pumppausvaihtoehtoa.

- Vaihtoehto 1.1: koko pumppaus hoidetaan lämpökeskukselta
- Vaihtoehto 2.1: pumppaus hoidetaan lämpökeskukselta sekä Mikolan haarasta sijaitsevalla välipumppaamolla.

### Vaihtoehto 1.1

Pumppaus hoidetaan yhdellä kierroslukusäätöisellä pumpulla, jonka nostokorkeus on 85 m ja tilavuusvirta 260 kg/s. Pumpun käyttämä vuosittainen energiamäärä on 400 MWh/a (kuva 5.2).

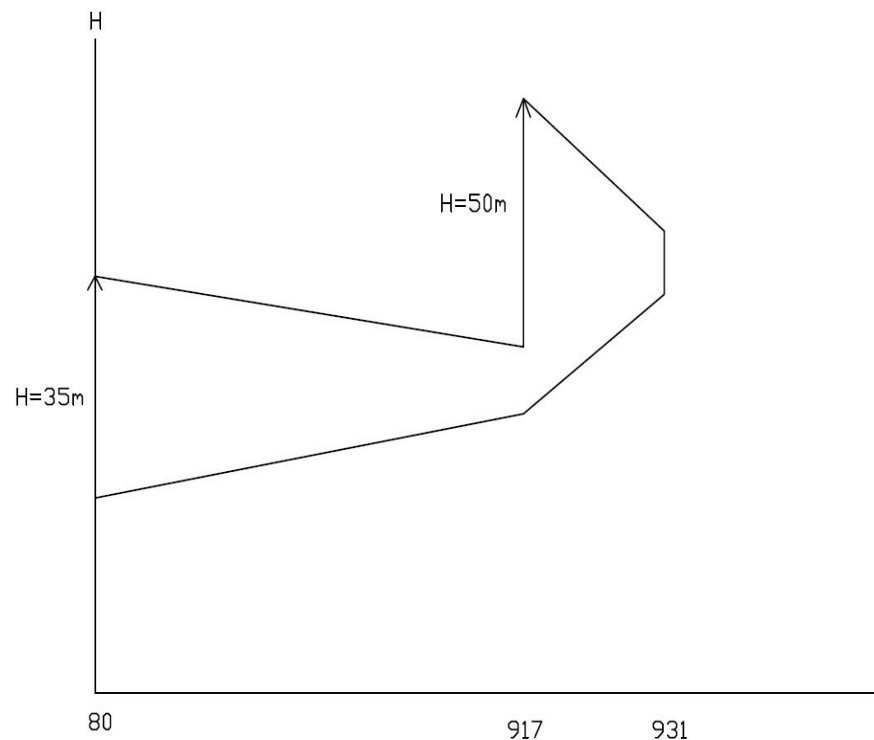


**Kuva 5.2 Kaukolämpöverkko ilman välipumppaamaa / District heating network without a booster pump station**



### Vaihtoehto 1.2

Pumppaus lämpökeskukselta hoidetaan pumpulla, jonka nostokorkeus on 35 m ja tilavuusvirta 260 kg/s. Välipumppaamon pumpun mitoitus arvot ovat 50 m nostokorkeutta ja tilavuusvirta on 77 kg/s. Molemmat pumput ovat kierroslukusäätöisiä. Pumppujen käyttämä yhteinen vuosittainen energiamäärä on 270 MWh/a (kuva 5.3).



**Kuva 5.3 Kaukolämpöverkko yhdellä välipumppaamolla varustettuna / District heating network operated with one booster pump station**

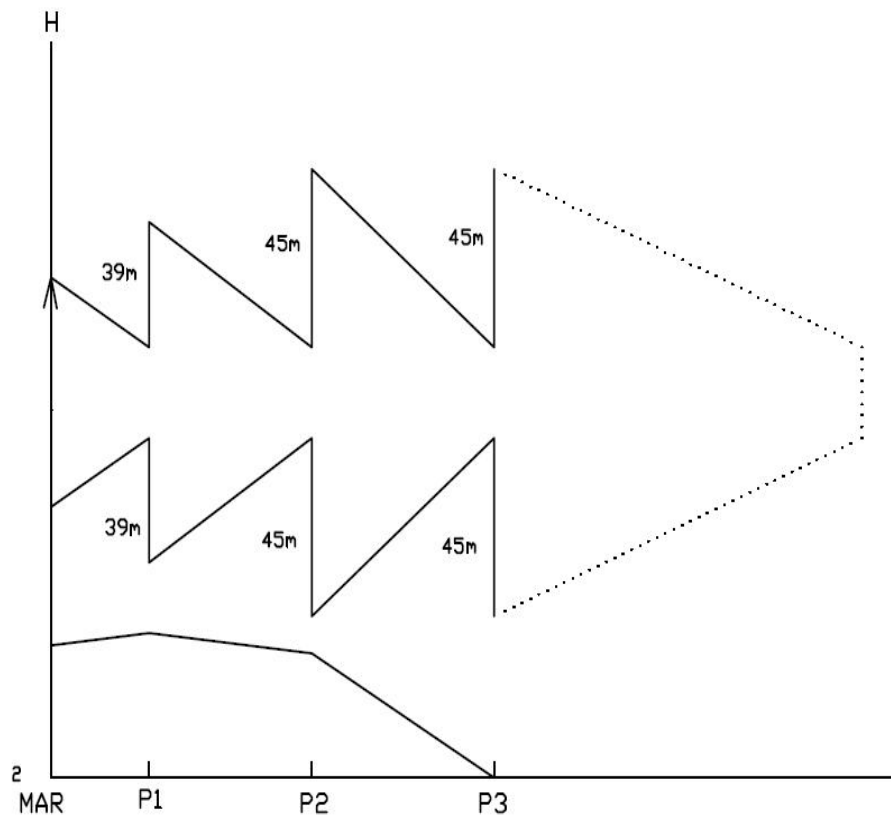
Tämän esimerkin arvoilla välipumppaamaa käytettäessä kuluu pumppausenergiaa 130 MWh/a vähemmän kuin ilman välipumppaamaa. Suhteellisesti pumppausenergiaa kuluu noin 33 % vähemmän. Säästettävän sähkön arvo on 7800 €/a sähkön hinnalla 60 €/MWh (alv 0 %).

### 5.3 Pumppaustavan vaikutus pumppausenergiaan

Laskennassa on käytetty esimerkkinä Vantaan Energia Oy:n Martinlaaksosta itään suunnitettavaa DN 500 siirtojohtoa, jonka siirtotehona on tarkasteltu käytettyä 200 MW. Siirtojohdossa on 3 kpl välipumppaamaa, joissa jokaisessa on sekä meno- että paluupumppu. Pumpeissa on kierroslukusäätö. Välipumppaamo 3:n jälkeen kaukolämpöverkko laajenee useaksi haaraksi. Tarkastelussa on laskettu välipumppaukseen käytetyt vuosienenergiat kahdelle pumppaustavalle: perustapaus (vaihtoehto 2.1) ja optimaalinen pumppaus (vaihtoehto 2.2).

- Vaihtoehto 2.1:

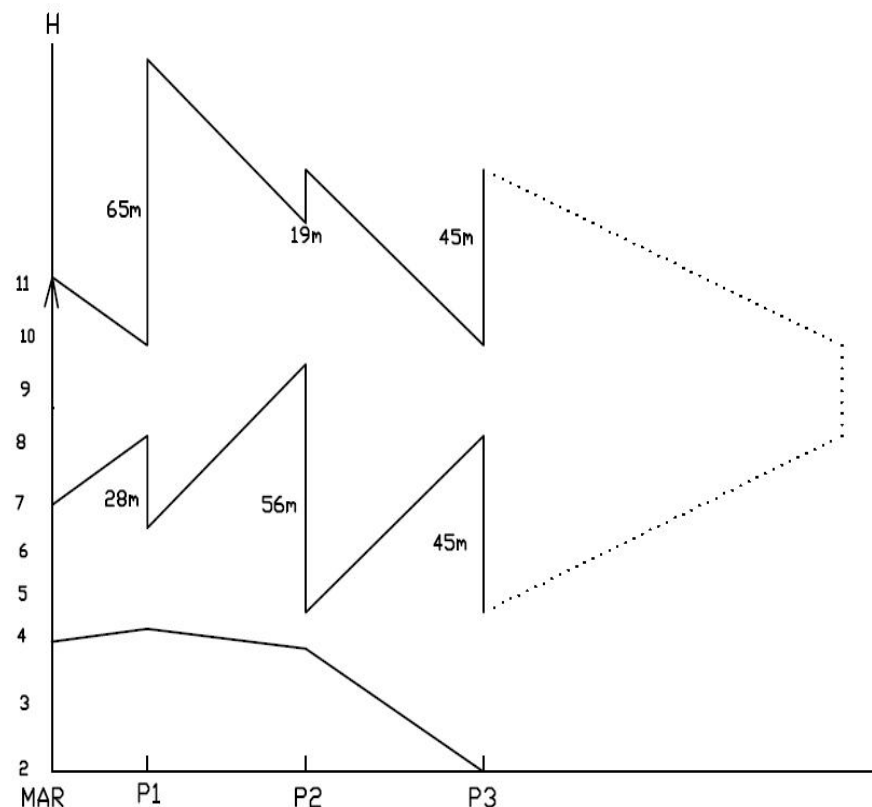
Pumppauksen laskenta perustuu nykyisiin pumppuihin ja kaukolämmössä yleisesti käytettävään symmetriseen pumppaukseen. Laskennassa kullakin välipumppaamolla on meno- ja paluupaineen ero 1,0 bar. Pumput eivät toimi muuttuneitten pumppausolosuhteiden vuoksi mitoitusasteessaan (optimi arvolla), välipumppaamoja 3 lukuun ottamatta. Vuotuisesti pumppausenergiaksi muodostui yhteensä kaikilla pumppaamoilla 7100 MWh/a (kuva 5.4).



**Kuva 5.4 Kaukolämpöverkon siirtojohdon symmetriapumppaus / Symmetrical pumping of a district heating network**

- Vaihtoehto 2.2:

Pumppaus on optimoitu nykyisille pumppuille. Välipumppaamolla 3 on meno- ja paluupuolen paineen ero 1,0 bar ja pumppaamoille 1 ja 2 on optimoitu toimintapisteet energiakulutuksen suhteen. Välipumppaamojen 1 ja 2 pumppaus muodostuu epäsymmetriseksi siten, että joko meno- tai paluupumppu pumppaa mahdollisimman lähellä mitoituspistettä. Vuotuiseksi pumppausenergiaksi muodostuu yhteensä kaikilla pumppaamoilla n. 5900 MWh/a (kuva 5.5).



**Kuva 5.5 Kaukolämpöverkon siirtojohdon epäsymmetriapumppaus / Unsymmetrical pumping of a district heating network**

Säästöä syntyy n. 1200 MWh/a eli suhteellisenä osuutena n. 15 %, joka 60 €/MWh sähkön hinnalla on n. 72 000 €/a. Lisäksi on tarkasteltu optimaalinen symmetrinen pumppaus, jossa kaikki pumput ovat mitoitetu vaihtoehtoon 2.1 mukaan ja toimivat mitoituspisteessään. Vuotuinen energiankulutus on tällöin n. 4600 MWh eli säästöä nykytilanteeseen verrattuna on 2600 MWh eli suhteellisenä osuutena n. 35 %, joka tarkoittaa säästöä 156 000 €/a.

#### 5.4 Esimerkki laskenta

Liitteenä olevassa välipumppaamon laskentaesimerkissä otettiin huomioon sähköveron erilaisuuden vaikutus voimalaitoksen omakäyttösähkössä ja välipumppaamoon ostettava sähkössä.

### 6 YHTEENVETO

Tässä selvityksen 1. osassa päivitettiin Energia-Ekono Oy:n (nykyinen Pöyry Energy Oy) vuonna 1993 tekemän selvityksen ”*Kaukolämmön pumppauksen energiankulutus*” esimerkkilaskennat ja kuvaajat nykyisillä investointikustannusarvioilla sekä energian hinnoilla. Vanhat vuoden 1993 esimerkkilaskennat päivitettiin sähkön hinnalla 60 €/MWh (alv 0 %). Näin ne saatiin vastaamaan nykypäivän tasoa, jotta alalla toimijoiden olisi helpompi hyödyntää ja käyttää jo valmiiksi päivitettyjä esimerkkejä.

Tekniseen kehitykseen kiinnitettiin huomiota mm. toteamalla yleisesti hyötysuhteen kehittyneen jonkin verran. Suurin kehitys vuoteen 1993 verrattuna oli nestekytkimien poisjäänti ja taajuusmuuttajien yleistyminen. Ne todettiin käsitettävän tätä nykyä lähes aina pumppauksen vakio komponentiksi.

Pumppujen elinikäisen kustannuksen perusteella täytyy pumppauksen käyttökustannuksiin kiinnittää erityistä huomiota jo pumppujen ja säätölaitteiden investointivaiheessa.

Pumppauksen jakaminen useammalle pumpulle antaa hyvän mahdollisuuden säästää pumppausenergia tapahtuipa pumppaus yhdestä pisteestä tai laitokselta ja välipumppaamosta. Pumppauksen jakamista täytyy tarkastella tapauskohtaisesti ja ottamalla huomioon kaikki kustannuksiin vaikuttavat tekijät.

## ESIMERKKILASKELMA KAUKOLÄMPÖPUMPPAUKSEN SIJOITUKSEN VAIKUTUKSISTA PUMPPAUKSEN SÄHKÖNKULUTUKSEEN JA KUSTANNUKSIIN

### 1) Lämpö tuotetaan voimalaitoksella

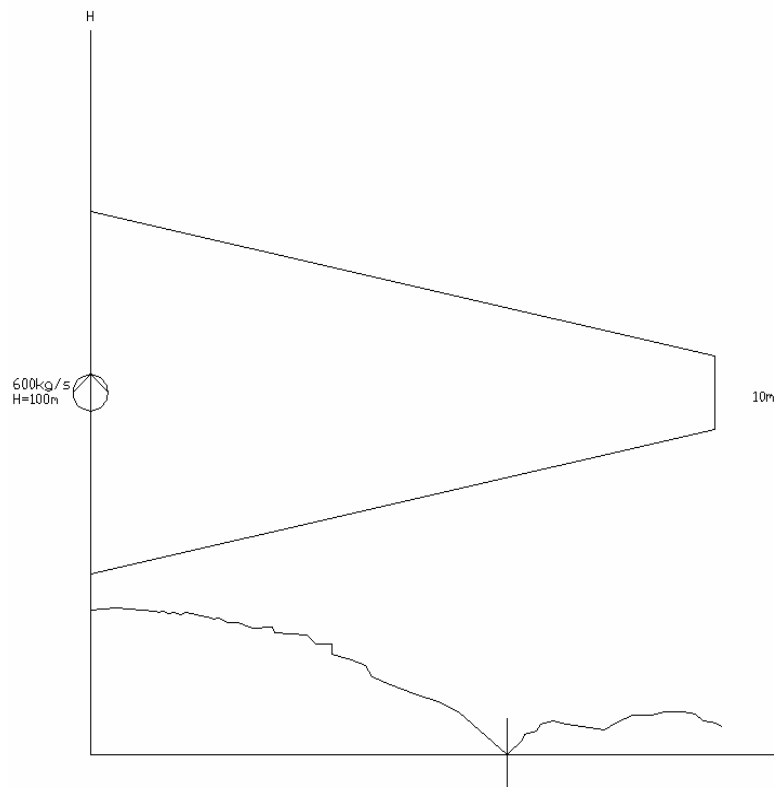
Kun lämpö tuotetaan voimalaitoksella, voidaan voimalaitoksen kaukolämpöpumpuissa käyttää voimalaitoksella tuotettua sähköä, josta ei tarvitse maksaa sähköveroä.

Seuraavassa on esitetty esimerkin avulla, millä tavoin voidaan tarkastella pumppauksessa käytettävän energian säästömahdollisuuksia välipumppaamon avulla.

Pumppausteho lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$P = \frac{m * g * H}{\eta}$$

-jossa P = teho [W]  
m = massavirta [kg/s]  
g = 9,81 [m/s<sup>2</sup>]  
H = nostokorkeus [m]  
η = pumpun hyötysuhde



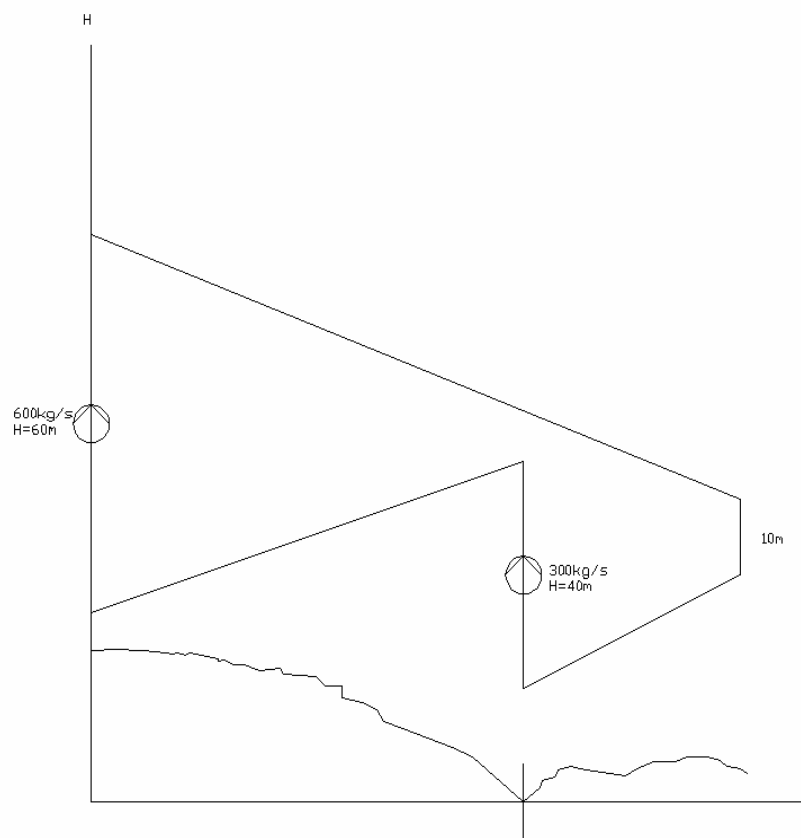
Kuva A pumppausenergian laskentaesimerkki, pumppaus ilman välipumppaamoä / An example of a pumping energy calculation, pumping without a booster pump station

Kuvan A tapauksessa oleva paine-ero on pumppaamalla maanpintaan nähden 10 m, viimeisellä kuluttajalla käytettävissä on 10 m, massavirta on 600 kg/s, nostokorkeus on 100 m ja pumpun hyötysuhde 0,85. Kaukolämmön pumppaustehon pysyvyydeksi oletetaan n. 5000 h/a. Pumpun hyötysuhteessa on huomioitu tekninen kehitys vuoteen 1993 verrattuna. Näin ollen saadaan pumpun vaatimaksi tehoksi:

$$P_p = 600 \cdot 9,81 \cdot 100 / 0,85 / 1000 = 692 \text{ kW.}$$

Pumppauksen kuluttama sähkö euroina vuodessa voidaan määrittää vähentämällä arvonlisäverottomasta sähkön hinnasta, 60 €/MWh sähköverot 8,83 €/MWh, jolloin päästään sähkön hintaan 51,17 €/MWh (ET 2009). Tästä saadaan vuotuiseksi kustannukseksi:

$$692 \text{ kW} \cdot 5000 \text{ h/a} \cdot 5,117 \text{ c/kWh} = 177\,000 \text{ €a.}$$



**Kuva B Pumppausenergian laskentaesimerkki, pumppaus välipumppaamolla / An example of a pumping energy calculation, pumping with a booster pump station**

Kun verkkoon sijoitetaan välipumppaamo puoliväliin ja oletetaan, että massavirta jakaantuu tasaisesti koko verkon osalle, välipumppaamon massavirta on 300 kg/s. Välipumppaamon ja pääpumppaamon kohdalla on paine-ero maanpintaan nähden 10 m, viimeisellä kuluttajalla käytettävissä oleva paine-ero 10 m (1,0 bar). Välipumppaamon pumpun nostokorkeus on 40 m, jolloin meno- ja paluujohdon paine-ero on n. 10 m. Loppu pumppaus 60 m hoidetaan pääpumppaamolta lämmöntuotantolaitoksella.

Laitokselta pumppaavan pumpun sähköhinnaksi on oletettu 51,17 €/MWh ja välipumppaamon pumppaussähkön hinnaksi 60 €/MWh. Vuonna 2011 tulee välipumppauk-

sen kuluttaman sähkön sähkövero nousemaan nykyisestä 8,83 €/MWh => 17,00 €/MWh (ET tiedote: ”Energiaverojen korotuksen vaikutus kaukolämmöhintaan”).

Pääpumppaamon tehontarve on:

$$P_p = 600 * 9,81 * 60 / 0,85 / 1000 = 415 \text{ kW}$$

Pumppauskustannukset euroina vuodessa ovat noin:

$$415 \text{ kW} * 5000 \text{ h/a} * 5,117 \text{ c/kWh} = 106\,200 \text{ €/a.}$$

Välipumppaamon tehontarve on:

$$P_v = 300 * 9,81 * 40 / 0,85 / 1000 = 138 \text{ kW}$$

Vastaavat pumppauskustannukset euroina vuodessa ovat noin:

$$138 \text{ kW} * 5000 \text{ h/a} * 6,0 \text{ c/kWh} = 41\,400 \text{ €/a.}$$

Pumppauksen kuluttama yhteisteho on 553 kW ja pumppauskustannukset noin 147 600 €/a.

Välipumppaamolla varustettu verkon pumppausteho on 139 kW pienempi kuin, että pumppaus tapahtuu yhdestä paikasta. Näin ollen saadaan vuotuiseksi säästöksi:

$$177\,000 \text{ €/a} - 147\,600 \text{ €/a} = 29\,400 \text{ €/a}$$

## 2) Lämpö tuotetaan lämpökeskuksessa

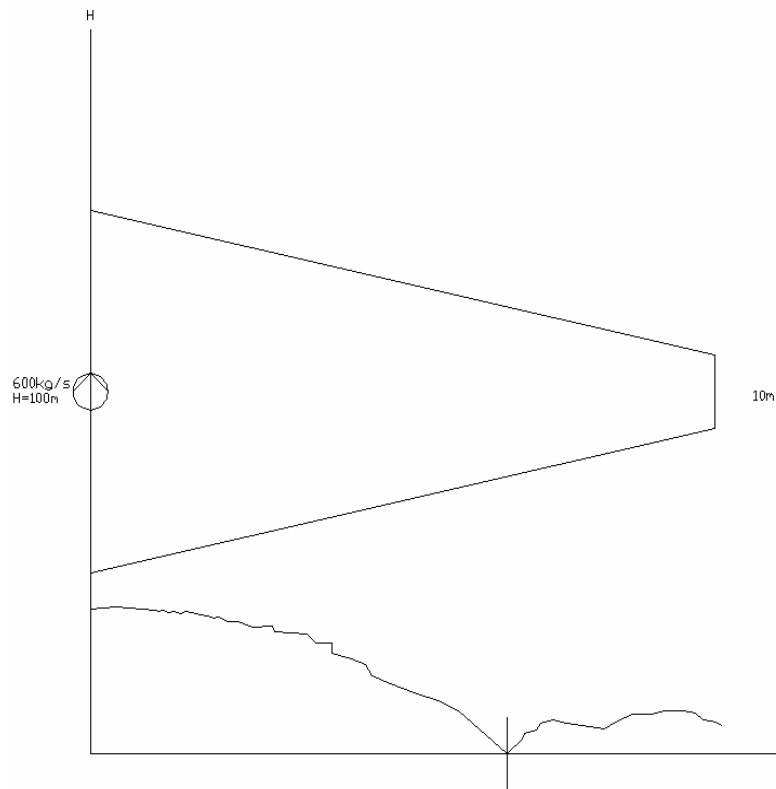
Kun lämpö tuotetaan lämpökeskuksessa, jolloin ei ole omaa sähköntuotantoa, joudutaan kaikesta pumppausenergiasta maksamaan sähkövero.

Seuraavassa on esitetty esimerkin avulla, millä tavoin voidaan tarkastella pumppauksessa käytettävän energian säästömahdollisuuksia välipumppaamon avulla.

Pumppausteho lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$P = \frac{m * g * H}{\eta}$$

-jossa P = teho [W]  
m = massavirta [kg/s]  
g = 9,81 [m/s<sup>2</sup>]  
H = nostokorkeus [m]  
η = pumpun hyötysuhde



**Kuva A pumppausenergian laskentaesimerkki, pumppaus ilman välipumppaamoja / An example of a pumping energy calculation, pumping without a booster pump station**

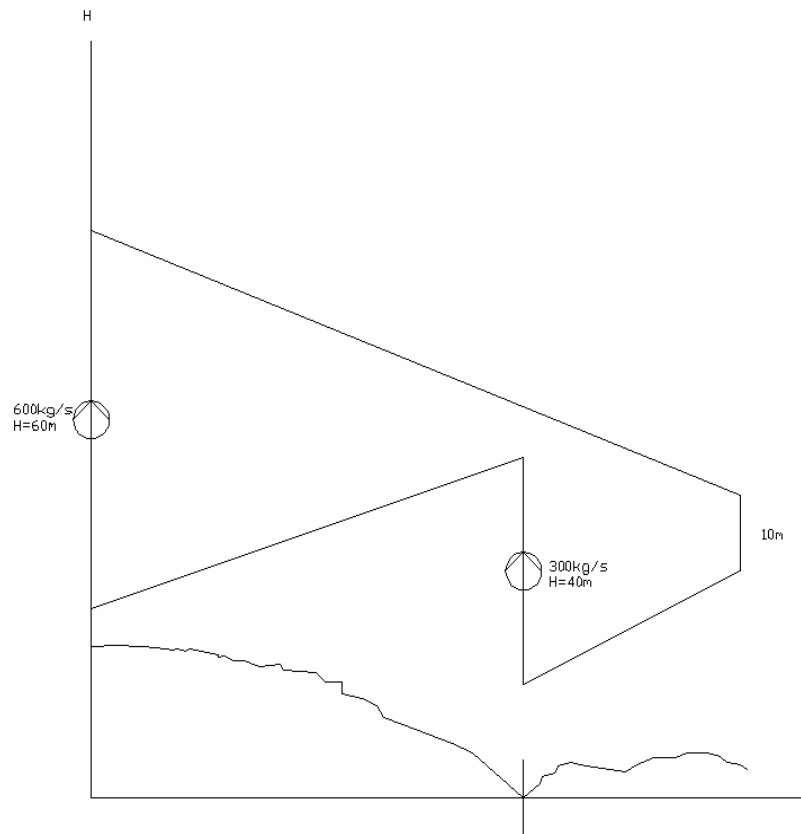
Kuvan A tapauksessa oleva paine-ero on pumppaamalla maanpintaan nähden 10 m, viimeisellä kuluttajalla käytettävissä on 10 m, massavirta on 600 kg/s, nostokorkeus on 100 m ja pumpun hyötysuhde 0,85. Kaukolämmön pumppaustehon pysyvyydeksi oletetaan n. 5000 h/a. Pumpun hyötysuhteessa on huomioitu tekninen kehitys vuoteen 1993 verrattuna. Näin ollen saadaan pumpun vaatimaksi tehoksi:

$$P_p = 600 \cdot 9,81 \cdot 100 / 0,85 / 1000 = 692 \text{ kW.}$$

Sähkön hinnalla 60 €/MWh saadaan vuotuiseksi pumppauskustannukseksi:

$$692 \text{ kW} \cdot 5000 \text{ h/a} \cdot 6,0 \text{ c/kWh} = 207\,600 \text{ €/a.}$$





**Kuva B Pumppausenergian laskentaesimerkki, pumppaus välipumppaamolla / An example of a pumping energy calculation, pumping with a booster pump station**

Kun verkkoon sijoitetaan välipumppaamo puoliväliin ja oletetaan, että massavirta jakaantuu tasaisesti koko verkon osalle, välipumppaamon massavirta on 300 kg/s. Välipumppaamon ja pääpumppaamon kohdalla on paine-ero maanpintaan nähden 10m, viimeisellä kuluttajalla käytettävissä 10 m (1,0 bar). Välipumppaamon nostokorkeus on 40 m jolloin meno- ja paluujohdon paine-ero on n. 10 m. Loppu pumppaus 60 m hoidetaan pääpumppaamolta lämmöntuotantolaitoksella.

Sähkön hinta myös välipumppaamolla on 60 €/MWh. Tällöin pääpumppaamon tehontarve on:

$$P_p = 600 \cdot 9,81 \cdot 60 / 0,85 / 1000 = 415 \text{ kW}$$

Pumppauskustannukset vuodessa ovat noin:

$$415 \text{ kW} \cdot 5000 \text{ h/a} \cdot 6,0 \text{ c/kWh} = 124\,500 \text{ €/a.}$$

Välipumppaamon tehontarve on:

$$P_v = 300 \cdot 9,81 \cdot 40 / 0,85 / 1000 = 138 \text{ kW}$$

Vastaavat pumppauskustannukset vuodessa ovat noin:

$138 \text{ kW} * 5000 \text{ h/a} * 6,0 \text{ c/kWh} = 41\,400 \text{ €/a}$ .

Pumppauksen kuluttama yhteisteho on 553 kW ja pumppauskustannukset noin 165 900 €/a.

Välipumppaamalla varustettu verkon pumppausteho on 139 kW pienempi kuin, että pumppaus tapahtuu yhdestä paikasta. Näin ollen saadaan vuotuiseksi säästöksi

$207\,600 \text{ €/a} - 165\,900 \text{ €/a} = 41\,700 \text{ €/a}$

**ENERGIATEHOKKUUSSELVITYS KAUKOLÄMMITYKSEN  
PUMPPAUSJÄRJESTELYISTÄ, OSA 2:****KAUKOLÄMMÖN PUMPPAUKSEN KULUTTAMAN SÄHKÖENERGIAN  
SÄÄSTÖPOTENTIAALI****SISÄLLYSLUETTELO**

<b>1</b>	<b>YLEISTÄ</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ONGELMAN KUVAUS</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>TUTKIMUKSEN TAVOITTEET</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>KYTKENTÄ AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>LÄHTÖTIEDOT</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>KAUKOLÄMMÖN PUMPPAUSENERGIA TILASTOJEN VALOSSA</b>	<b>4</b>
<b>6.1</b>	<b>Tutkittavat tunnusluvut</b>	<b>4</b>
6.1.1	Hankinta	4
6.1.2	Verkon pituus	7
6.1.3	Lämpötiheys	8
6.1.4	Tehotiheys	10
6.1.5	Pienten kuluttajien osuus	11
6.1.6	Huipunkäyttöaika	12
6.1.7	Häviöiden määrä	14
<b>6.2</b>	<b>”Työkalu”</b>	<b>14</b>
<b>6.3</b>	<b>Kaukolämpötilastoista tehtävät johtopäätökset</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>MALLI-KAUPUNGIN KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ</b>	<b>19</b>
<b>7.1</b>	<b>Yleistä</b>	<b>19</b>
<b>7.2</b>	<b>Simuloinnin tulokset</b>	<b>20</b>
7.2.1	Nykytilanne	20
7.2.2	”Normalisoitu” nykytilanne	20
7.2.3	Olvin ongelman vaikutus	21
7.2.4	Välipumppaamon vaikutus	21
7.2.5	Uusi iso asiakas pohjoiseen	21
7.2.6	Uusi iso asiakas pohjoiseen lähelle voimalaitosta	21
7.2.7	Uusi iso asiakas etelään	22
7.2.8	Yhteenvedo simuloinneista	22

**8 YHTEENVETO****25****Liitteet**

- 1 Kaukolämpötilastosta poimitut tutkittavat yhtiöt
- 2.0 Iisalmen kaukolämpöverkko
- 2.1 Iisalmen kaukolämpöpumppauksen nykytilanteen simulointi, normalisoitu
- 2.2 Iisalmen kaukolämpöpumppauksen simulointi, välipumppaamon vaikutus
- 2.3 Iisalmen kaukolämpöpumppauksen simulointi, yksi uusi iso kuluttaja pohjoiseen
- 2.4 Iisalmen kaukolämpöpumppauksen simulointi, yksi uusi iso kuluttaja etelään

## 1 YLEISTÄ

Pöyry Energy Oy on Energiateollisuus ry:n lämmönjakotoimikunnan toimeksiannosta laatinut selvityksen: ”*Energiatehokkuusselvitys kaukolämmityksen pumppausjärjestelyistä*”. Työ- ja elinkeinoministeriö on osallistunut työn rahoitukseen liittyen energia-alan energiatehokkuussopimusten toimeenpanoon. Kaukolämmön pumppauksen energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia pidetään merkittävänä ja työllä on osaltaan tarkoitus kannustaa kaukolämpöyrityksiä analysoimaan oma tilanteensa ja käynnistämään tehostamistoimenpiteitä. Työtä voidaan hyödyntää mm. toteutettaessa työ- ja elinkeinoministeriön tukemia kaukolämpökatselmuksia. Työ on kaksiosainen.

Työn ensimmäisen osan (Osa 1) tarkoitus on päivittää Energia-Ekono Oy:n (nykyinen Pöyry Energy Oy) vuonna 1993 tekemän selvityksen ”*Kaukolämmön pumppauksen energiankulutus*” esimerkkilaskennat nykyisillä investointikustannusarvioilla ja energian hinnoilla huomioiden vuoden 1993 jälkeen tapahtuneen teknisen kehityksen.

Työn toisessa osassa (Osa 2, tämä raportti) tutkitaan kaukolämpöpumppauksen kuluttaman sähköenergian säästöpotentiaalia käyttäen apuna valittavan keskikokoisen kaupungin tietokonepohjaista kaukolämpöverkostolaskentamallia sekä kaukolämpötilastoja ja käyttötaloudellisia tunnuslukuja.

## 2 ONGELMAN KUVAUS

Kaukolämpöyhtiöistä kentältä on tullut tietoa, että usein operaattorit ajavat kaukolämpöpumppuja liian suurten minimipaine-erovaatimusten mukaan. Esimerkiksi, jos kuluttajalaitteiden vaatima minimipaine-ero ( $\Delta p$ ) on tyypillisesti 0,6 bar, saattaa operaattori ns. ”varmuuden vuoksi” ajaa laitoksen kiertopumppuja sekä välipumppaamoja niin, että minimipaine-ero on liian suuri verkoston kriittisissä kulutuspisteissä. Tästä toimintatavasta aiheutuu ylimääräistä pumppausta ja siten tarpeetonta pumppausenergian kulutusta. Myös muita mahdollisia säästökohteita etsitään

## 3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Työn toisen vaiheen tavoite on kartoittaa kaukolämpöpumppauksen kuluttaman sähköenergian säästöpotentiaalia, kun todellisia käytettyjä ja oletettavasti liian suuria minimipaine-eroja verrataan pienempiin minimipaine-eroarvoihin, joilla kaukolämpöjärjestelmän pumppausta voitaisiin todellisuudessa säätää. Esimerkinomaisen verkostolaskennan tuloksia sekä kaukolämpötilastoja ja kaukolämmön käyttötaloudellisia tunnuslukuja apuna käyttäen kokonaissäästöpotentiaalia pyritään karkeasti arvioimaan yhteisesti koko Suomen kaukolämpöjärjestelmille.

Lisäksi pyritään laatimaan ”työkaluja” ja tunnuslukuja, joiden avulla mahdollinen säästöpotentiaali voidaan hyödyntää. Tunnuslukujen avulla voidaan verrata kunkin laitoksen pumppauksen sähkönkulutusta optimaaliseen kulutukseen, ottaen kuitenkin huomioon kunkin laitoksen kaukolämpöverkon erikoispiirteet.

#### **4 KYTKENTÄ AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN**

Tämä tutkimus on jatkoa Pöyry Energy Oy:n laatimalle selvitykselle ”*Esiselvitys kaukolämmityksen pumppausjärjestelyistä*” Energiateollisuus ry:n Lämmönjakelutoimikunnalle.

#### **5 LÄHTÖTIEDOT**

Selvitys perustuu pitkälti vuoden 2007 kaukolämpötilastoon. Tilaston vajaasta 200:sta kaukolämpöverkosta vain runsaasta 60:sta oli ilmoitettu kaukolämmön pumppauksen vaatima sähkömäärä. Suurimmat yhtiöt ovat pumppausenergian ilmoittaneet, jolloin energialla painotettu osuus ilmoittaneista yhtiöistä on lähes 70 %.

Joidenkin yhtiöiden ilmoittamat pumppausenergian määrät ovat huomattavan alhaisia.

Tutkitut yhtiöt on listattu liitteessä 1.

Yksittäisenä malli-kaupunkina on käytetty Iisalmen kaukolämpöverkkoa. Iisalmen lähtöarvot perustuvat Savon Voima Oy:n käyttöhenkilökunnan haastatteluihin.

#### **6 KAUKOLÄMMÖN PUMPPAUSENERGIA TILASTOJEN VALOSSA**

Tässä luvussa tarkoituksena on kartoittaa Suomen kaukolämpöverkoissa oleva pumppausenergian säästöpotentiaali. Tässä osassa tutkitaan kaukolämpötilaston avulla, onko olemassa yhtiöitä, joiden kaukolämmön pumppaukseen käyttämä sähkömäärä on suhteettoman suuri. Tarkastelu tehdään hakemalla kaukolämpötilastoista erilaisia tunnuslukuja (kaukolämpöjohtojen pituus, asiakasjakautuma ym.), ja vertaamalla niitä ko. yhtiön kaukolämmön pumppaukseen käyttämään sähkömäärään.

Samalla pyritään kehittämään nopea arviointikriteeri, työkalu, jolla kaukolämpöyhtiön mitatun pumppauksen suuruutta voidaan arvottaa suhteessa muihin yhtiöihin.

##### **6.1 Tutkittavat tunnusluvut**

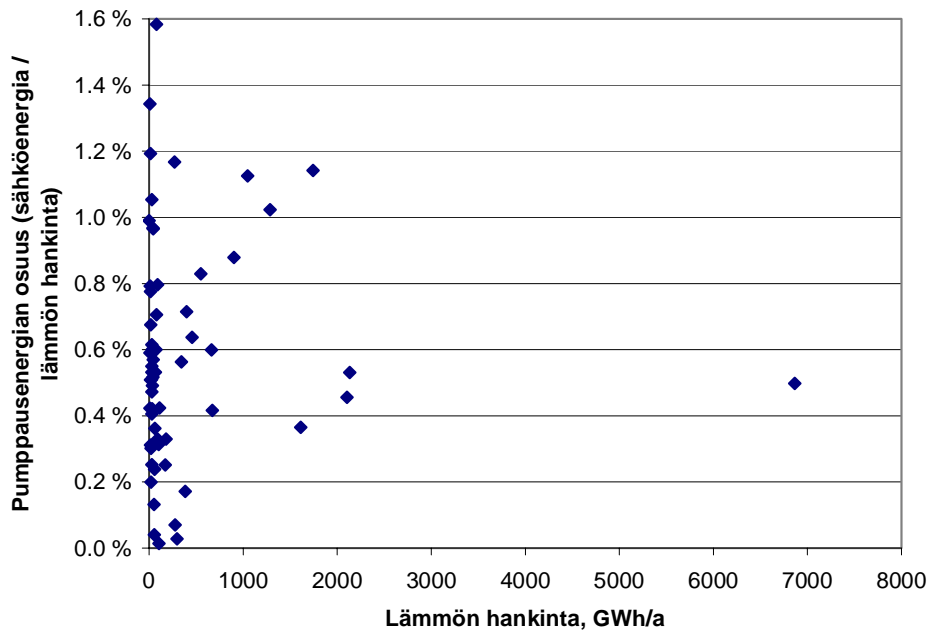
###### **6.1.1 Hankinta**

Lämmön hankinta on sama kuin lämmön tuotanto ja osto yhteensä.

Ennako-oletuksena lienee, että hankinnan määrän korrelointi pumppausenergian määrään olisi negatiivinen, eli suurilla yhtiöillä kaukolämpöverkko on tehokkaammassa käytössä.

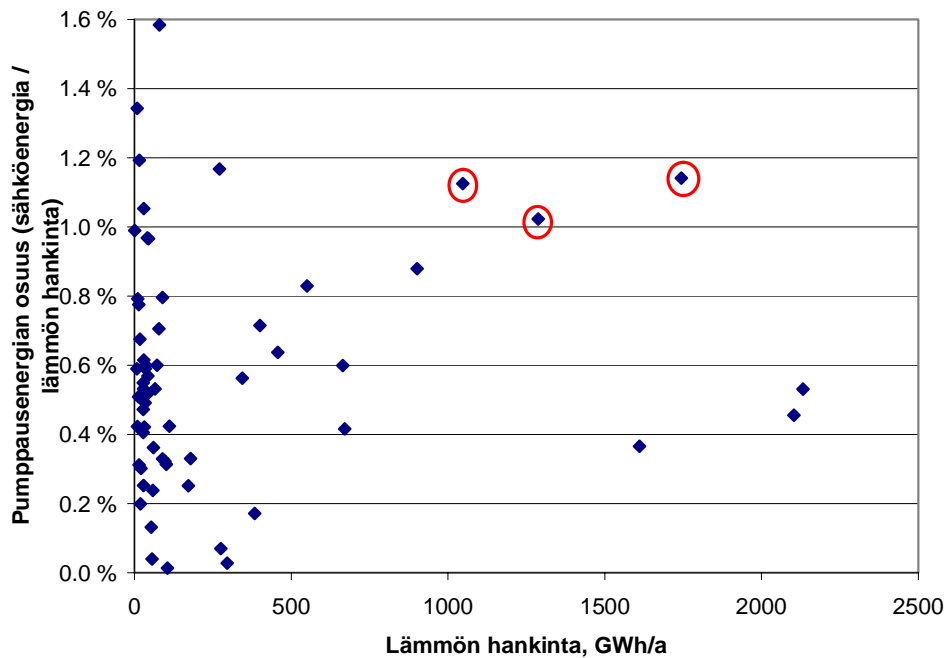
Piirrettäessä kaikki Suomen kaukolämpöyhtiöiden tiedot samaan koordinaatistoon ei korrelaatio tule esiin (ks. kuva 6.1a). Tämän takia on kuvissa 6.1b ja 6.1c esitetty vain tietyn kokoiset yhtiöt.

Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. kokonaishankinta

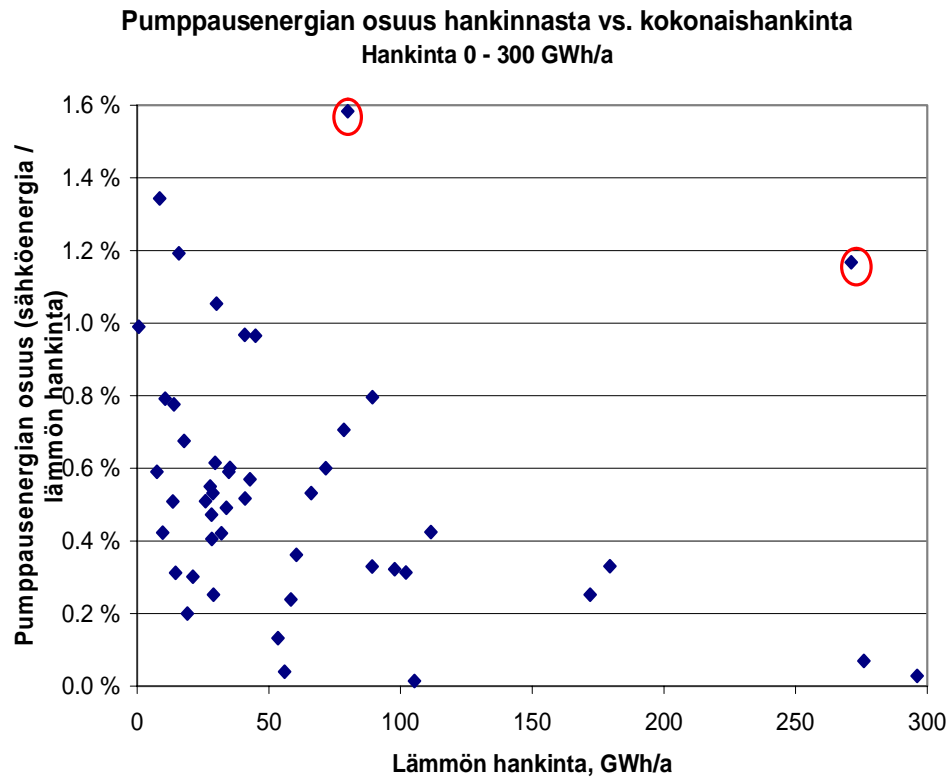


Kuva 6.1a Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa kaukolämpöyhtiön kokoon, lämmön hankinta 0 - 7 000 GWh/a / Electricity used for pumping in relation to the size of a district heating company, heat supply 0 – 7 000 GWh/a

Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. kokonaishankinta  
 Hankinta 0 - 2 500 GWh/a



Kuva 6.1b Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa kaukolämpöyhtiön kokoon, lämmön hankinta 0 – 2 500 GWh/a / Electricity used for pumping in relation to the size of a district heating company, heat supply 0 – 2 500 GWh/a



**Kuva 6.1c Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa kaukolämpöyhtiön kokoon, lämmön hankinta 0 – 300 GWh/a / Electricity used for pumping in relation to the size of the district heating company, heat supply 0 – 300 GWh/a**

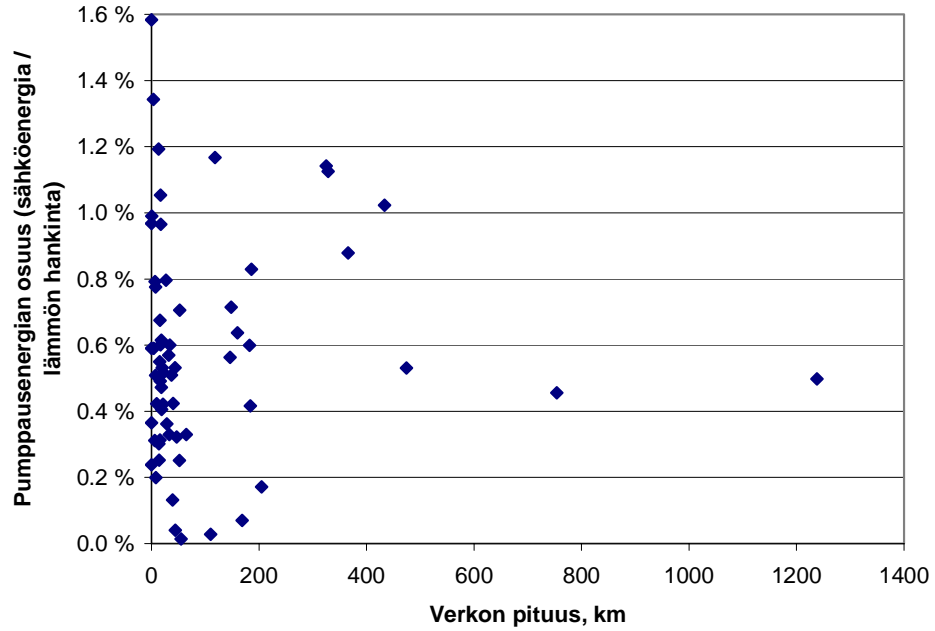
Keskimääräinen pumppausenergian osuus on 0,6 % lämmön hankinnasta. Yhtiön lämmönhankinnan kasvaessa pumppaussähkön suhteellinen suuruus pienenee.

Kuviin on merkitty ympyröillä yhtiöt, joiden pumppausenergia selvästi näyttäisi olevan tarpeettoman suuri.



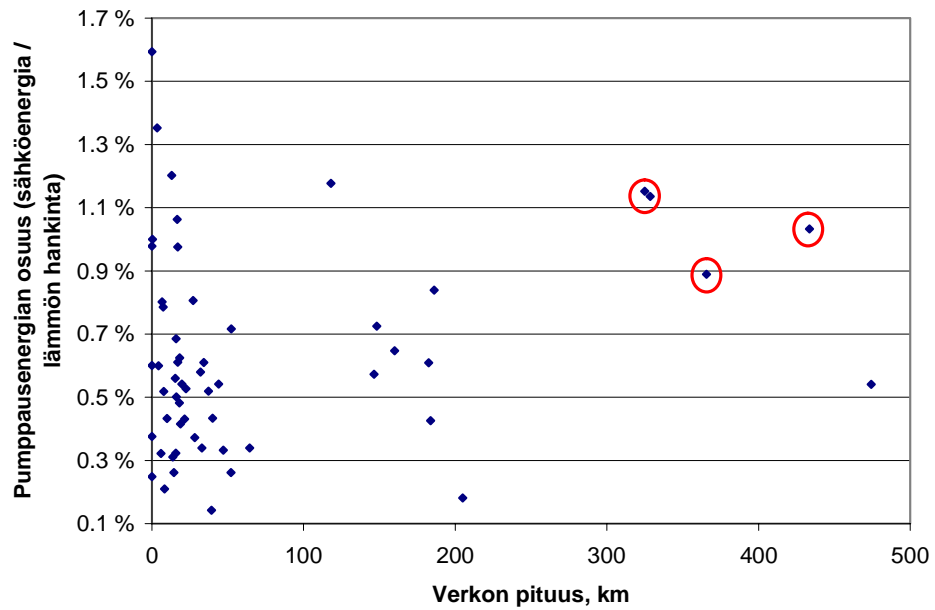
## 6.1.2 Verkon pituus

Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. verkon pituus

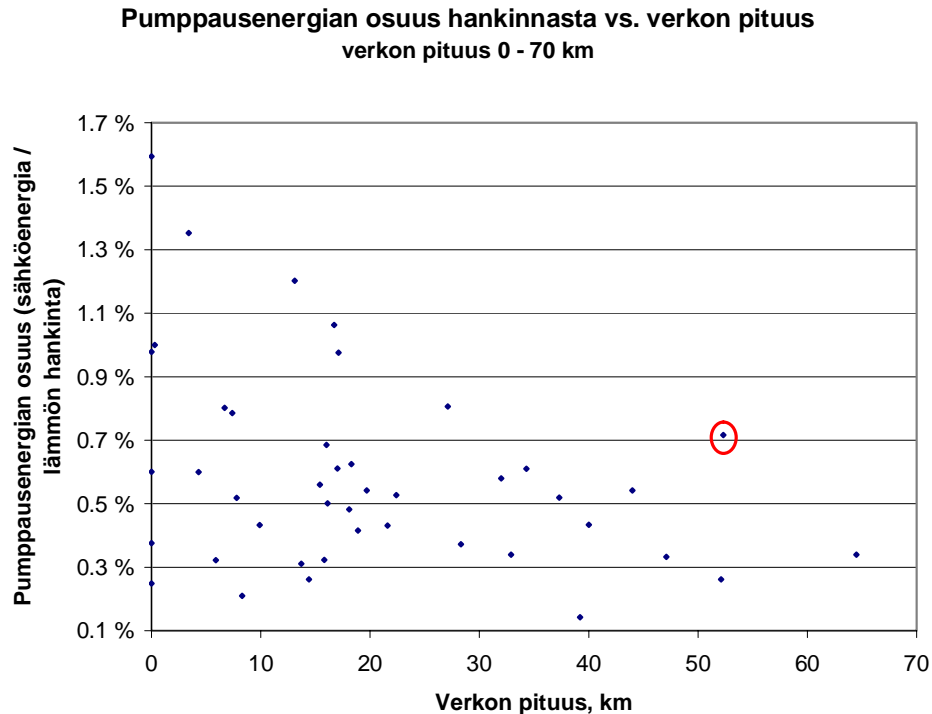


Kuva 6.2a Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa verkon pituuteen, 0 – 1 300 km / Electricity used for pumping in relation to the length of the district heating network, 0 – 1 300 km

Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. verkon pituus  
 verkon pituus 0 - 500 km



**Kuva 6.2b Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa verkon pituuteen, 0 – 500 km / Electricity used for pumping in relation to the length of the district heating network, 0 – 500 km**



**Kuva 6.2c Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa verkon pituuteen, 0 – 70 km / Electricity used for pumping in relation to the length of the district heating network, 0 – 70 km**

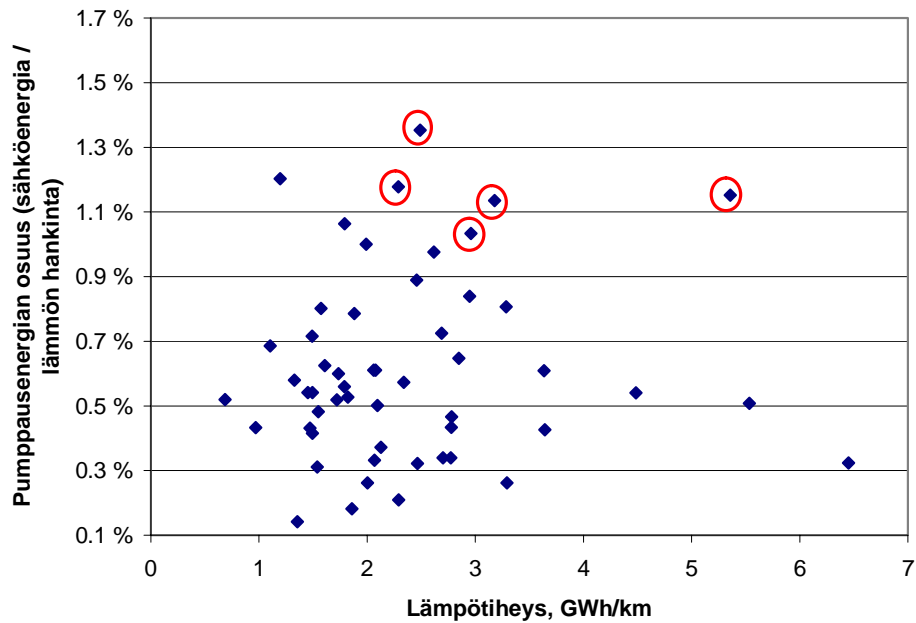
Pumppausenergian suhteellisella suuruudella ja verkon pituudella on yhteys; mitä enemmän putkea, sitä pienempi suhteellinen pumppausenergia. Tulos johtuu siitä, että verkon pituus korreloi luonnollisesti lämmön hankinnan määrän kanssa.

Mikäli yhtiö erottuu kuvissa 6.2a-c, saattaa se kertoa siitä, että yhtiön lämpötiheys on poikkeuksellisen heikko.

### 6.1.3 Lämpötiheys

Lämpötiheys lasketaan jakamalla lämmön hankinta verkon pituudella.

Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. lämpötiheys

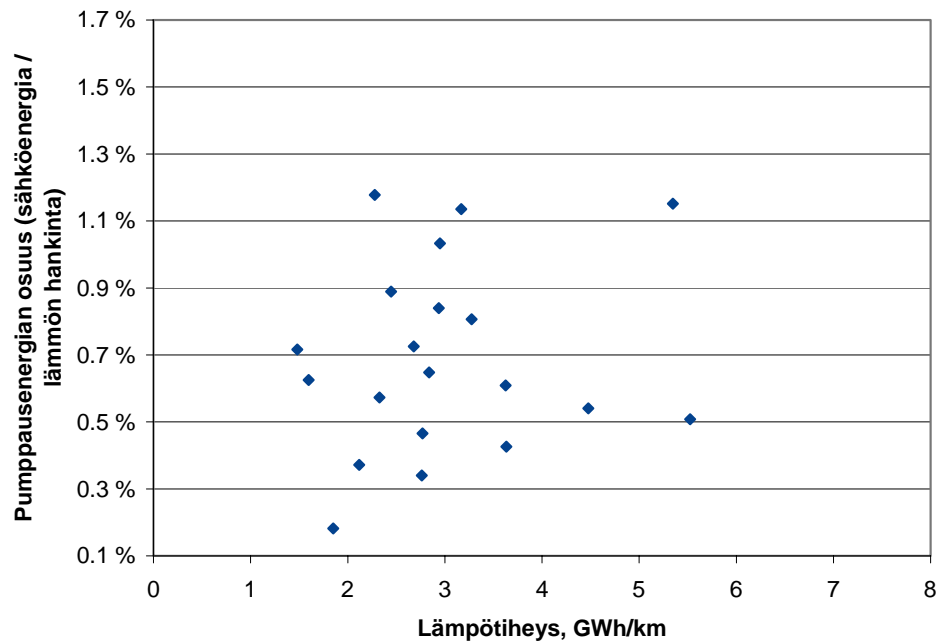


**Kuva 6.3a Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa lämpötiheyteen / Electricity used for pumping in relation to the heat density**

Suuri lämpötiheys luonnollisesti johtaa pienempään suhteellisen pumppauksen tarpeeseen. Edellisessä kuvassa on ympyrällä merkitty yhtiöt, jotka tuntuvat poikkeavan ”epä-educseen” muista yhtiöistä.

Surraavaan kuvaan on piirretty kuvan 6.3a ne yhtiöt, joilla on sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Ajatuksena on selvittää, näkyykö kuvaajassa se, että sähköntuottajilla on suurempi intressi pitää kaukolämpöveden lämpötilat matalina. Tämä puolestaan johtaisi korkeampaan pumppaussähkön tarpeeseen.

**Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. lämpötiheys**  
 vain yhteistuotantolaitokset



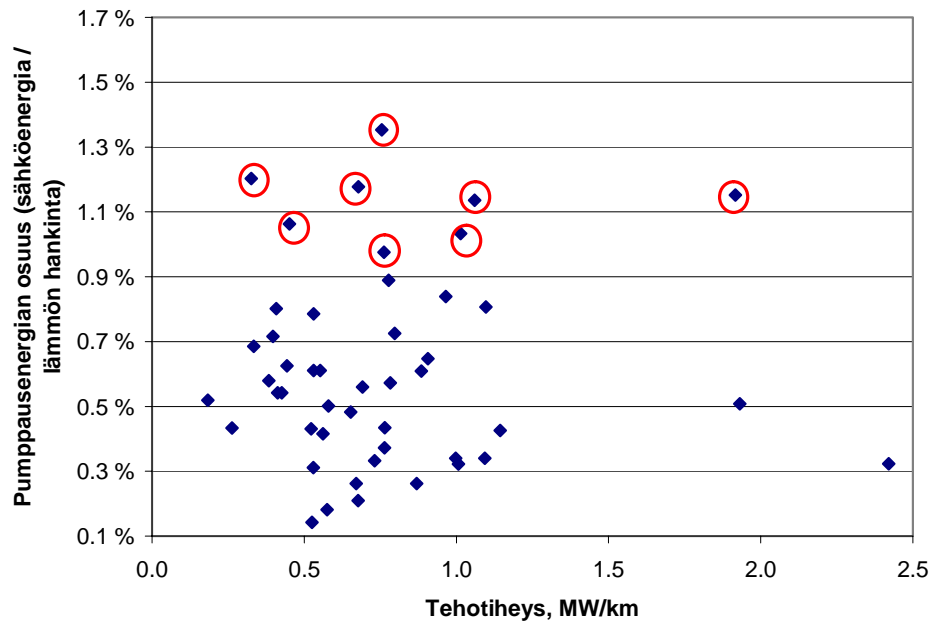
**Kuva 6.3b Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa lämpötiheyteen / Electricity used for pumping in relation to the heat density**

Kuvia 6.3a ja 6.3b vertaamalla ei ole nähtävissä selkeää systemaattista eroa.

#### 6.1.4 Tehotiheys

Tehotiheys lasketaan jakamalla kaukolämpöyhtiön todellinen vuorokausihuipputeho verkon pituudella.

**Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. tehoteiheyys**



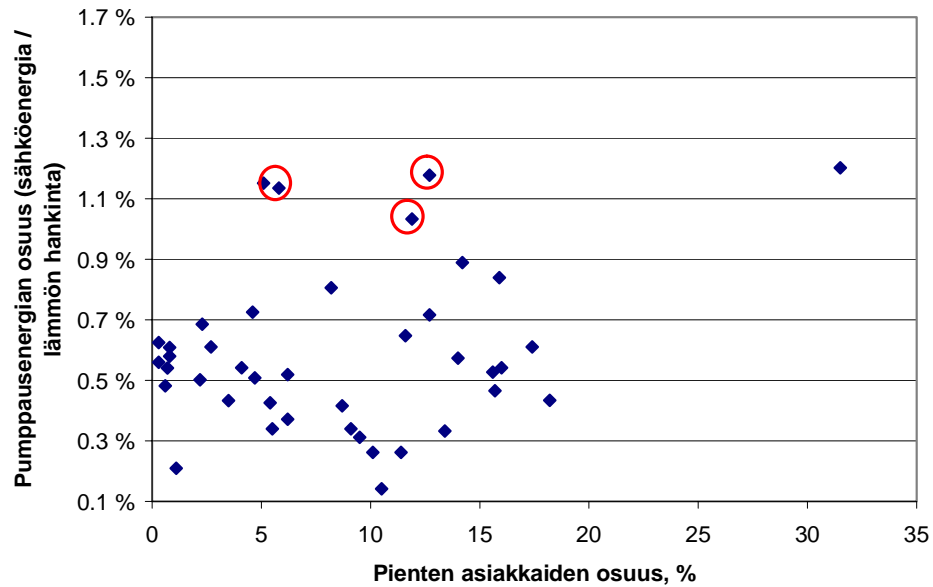
**Kuva 6.4 Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa tehoteiheyteen / Electricity used for pumping in relation to the heat output density**

Pumppaus­säh­kön määrällä ja tehoteiheydellä on lievä korrelaatio.

### 6.1.5 Pienten kuluttajien osuus

Pieninä asiakkaina pidetään tässä tarkastelussa pientaloja, rivitaloja sekä kaikkia asiakkaita, joiden liittymisteho on enintään 30 kW. Osuus on tässä laskettu jakamalla pienten asiakkaiden liittymisteho kokonaisliittymisteholla. Laskelmissa on otettu huomioon vain normaalilämpötilaverkot.

**Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. pienten asiakkaiden osuus**



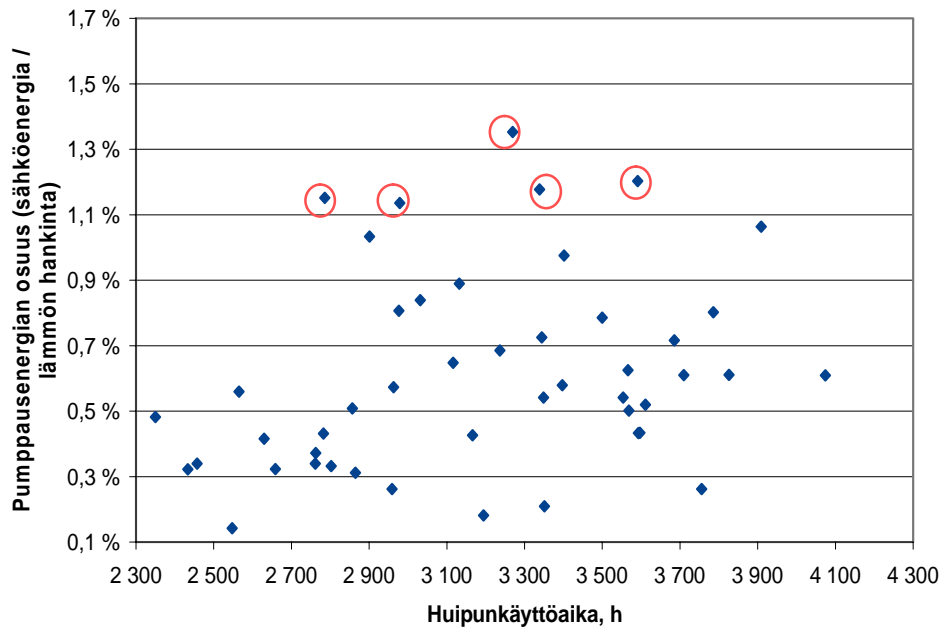
**Kuva 6.5 Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa pienten asiakkaiden osuuteen asiakkaista / Electricity used for pumping in relation to the proportion of small heat customers**

Pienten asiakkaiden suuri osuus selittää osittain pumppausenergian suuruutta. Korrelaatio on kuitenkin heikko.

### 6.1.6 Huipunkäyttöaika

Huipunkäyttöaika on tässä laskettu jakamalla hankinta vuorokausihuipputeholla.

Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. huipunkäyttöaika



**Kuva 6.6 Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa yhtiön hankinnan huipunkäyttöaikaan / Electricity used for pumping in relation to peak utilization hours**

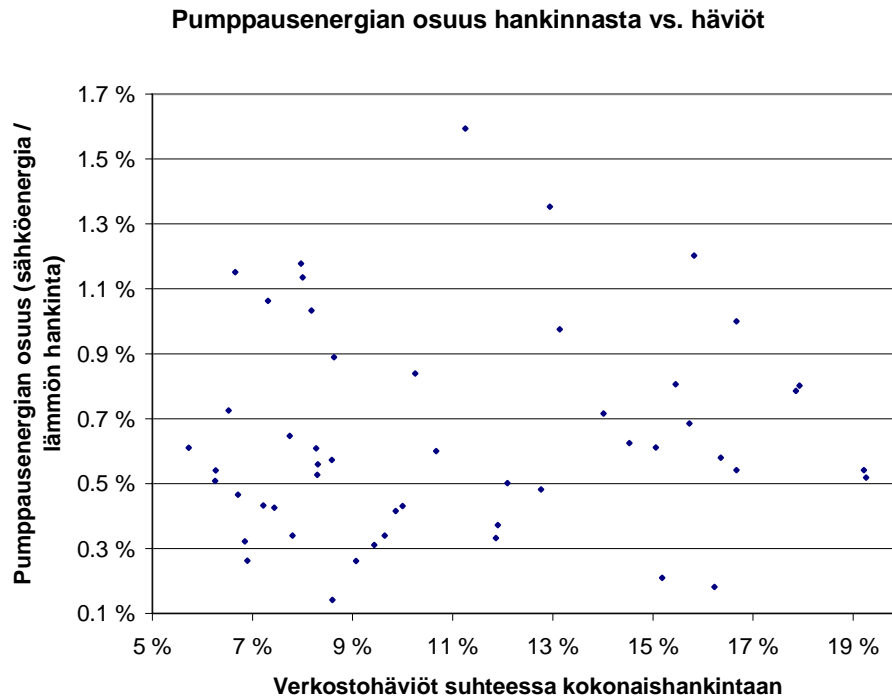
Suhteellisen pumppausenergian määrällä ja huipunkäyttöajalla ei ole selkeää riippuvuutta. Lievästi pumppausenergian määrä näyttäisi kasvavan huipunkäyttöajan noustessa. Tähän voi olla kaksi selitystä:

1 Verkot mitoitetaan huipun mukaan, jolloin yhtiöt, joilla on pieni huipunkäyttöaika, ovat mitoitukseltaan väljiä suurimman osan vuotta.

2 Teollisuuskuluttajat ovat keskimäärin syrjässä muun kaukolämmön kulutuksesta. Toisaalta tätä ilmiötä pitäisi pienentää se, että pienten paikkakuntien lämmöntuotanto voi olla (esim. saha) teollisuuskuluttajan yhteydessä.

Ympyröidyt yhtiöt ovat samoja, jotka ovat jo aikaisemmissa kuvissa tulleet esille.

## 6.1.7 Häviöiden määrä



**Kuva 6.7 Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa verkostohäviöiden suuruuteen / Electricity used for pumping in relation to the heat losses of the district heating network**

Pumppausenergian määrällä ja verkostohäviöillä näyttäisi olevan lievä negatiivinen korrelaatio. Tämä selittynee sillä, että alentamalla kl-verkon menolämpötilaa pienennetään lämpöhäviöitä, mutta samalla joudutaan lisäämään pumppausta.

## 6.2 ”Työkalu”

Tässä kappaleessa on pyritty kehittämään nopea arviointikriteeri, työkalu, jolla kaukolämpöyhtiön mitatun pumppauksen suuruutta voidaan arvottaa suhteessa muihin yhtiöihin.

Työkalun antama viitearvo pumppauksen määrälle on arvo, jonka alle tulisi pyrkiä.

Työkalun antama viitearvo on liian matala joissakin erikoistapauksissa. Esim. Porvoon pumppausenergian laskeminen normaalille tasolle voi olla mahdotonta tuotannon sijaitessa kaukana kulutuksesta.

Edellisen kappaleen kuvista oli nähtävissä, ettei pumppauksen määrä korreloi vahvasti minkään tekijän kanssa. Siten ei ole mitään tunnuslukua, joka erottuisi muista paremmaksi seurattavaksi tekijäksi. Työkalun parametriksi valitaan tekijä, joka:

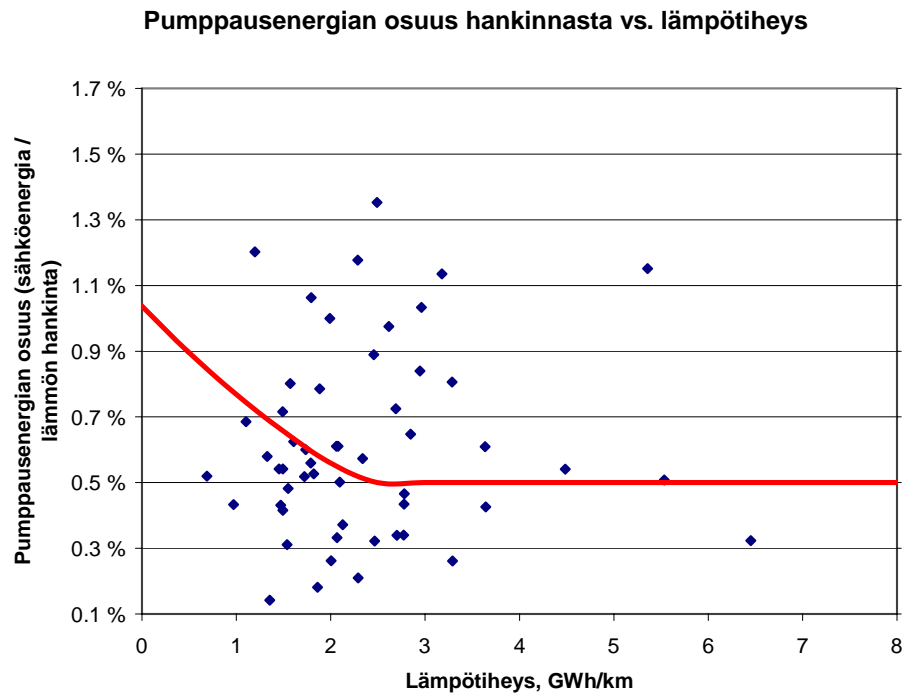
1. Jokainen yhtiö mittaa
2. On yksiselitteinen



3. Vaikuttaa pumppauksen määrään (vaikka se edellisen kappaleen kuvista välttämättä ei niin ilmeistä olisi)

Parametriksi valitaan lämpötiheys. Yhtiöltä vaadittava tieto on siten lämmön kokonaishankinta ja kaukolämpöverkon pituus.

Seuraavassa on kuva 6.3 esitetty uudestaan niin, että siihen on piirretty käyrä, joka pyrkii kiteyttämään suhteellisen pumppausenergian määrän riippuvuuden lämpötiheydestä.



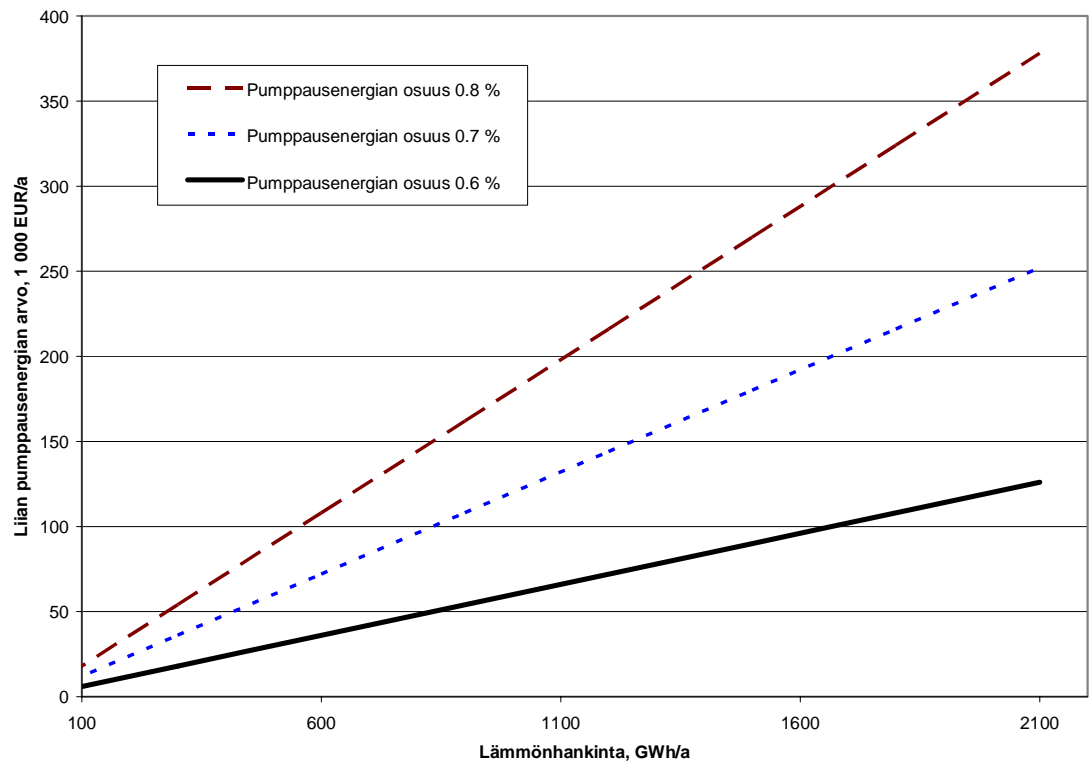
**Kuva 6.8 Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa lämpötiheyteen + sovitekäyrä / Electricity used for pumping in relation to the heat density of the district heating network + trend line**

Kuvasta 6.8 nähdään, että lämpötiheyden ollessa yli 3 GWh/km tulisi pumppaussähkön määrän olla korkeintaan 0,5 % hankitusta lämpömäärästä. Mikäli verkon lämpötiheys tästä laskee, tulisi pumppaussähkön määrän joka tapauksessa olla alle 1 % lämmön hankinnasta.

Liitteessä 1 on listattu ne yhtiöt, joiden tiedoilla tässä kappaleessa esitetyt kuvaajat on piirretty. Listan avulla kukin yhtiö voi tarkistaa oman kaukolämpöverkon pumppausenergian määrään suhteessa keskimääräiseen tilanteeseen.

Seuraavan kuvan avulla voi yksittäinen kaukolämpöyhtiö arvioida, mitä liian suuri pumppausenergian tarve käytännössä merkitsee rahassa.

"Liian" pumppausenergian arvo  
 Lämpötiheys > 2.5 GWh/km, Sähkön arvo 60 EUR/MWh

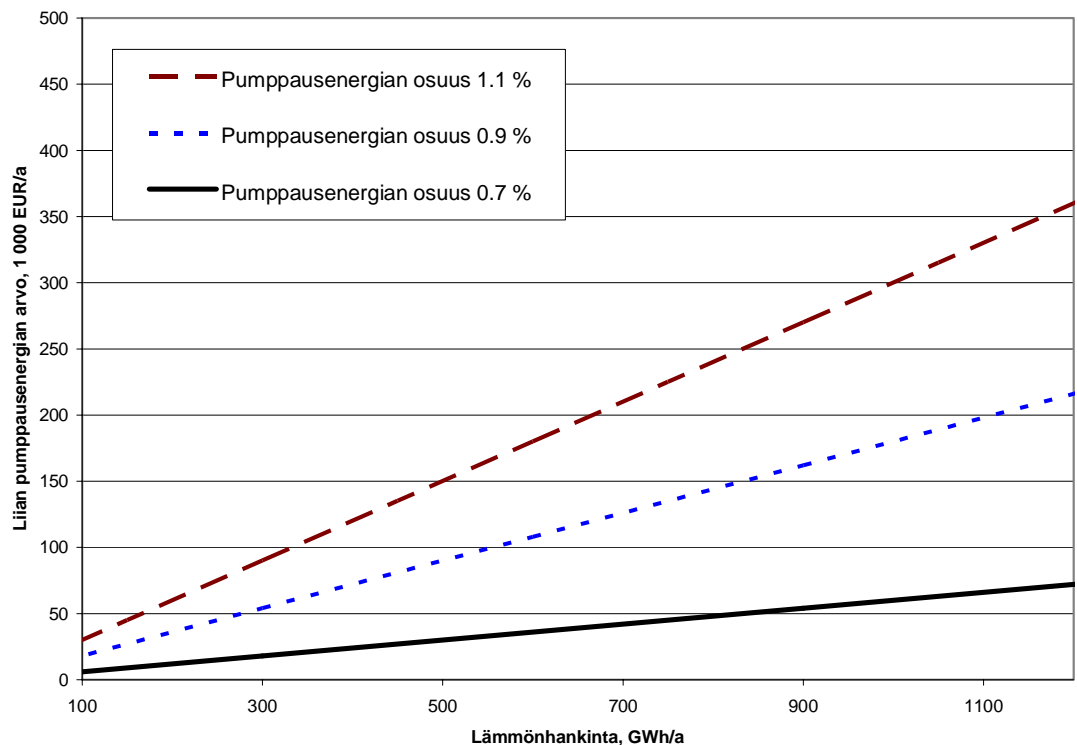


**Kuva 6.9 Liiin suuren pumppauksen rahallinen merkitys / Cost effect of the surplus pumping energy**

Esimerkiksi, jos yhtiön lämmönhankinta on 1 100 GWh/a ja verkon lämpötiheys on yli 2,5 GWh/km sekä kaukolämmön pumppauksen sähköenergia on 0,7 % lämmönhankinnasta, menetetään vuodessa turhana pumppauksena runsaat 130 000 EUR.

Seuraava kuva on vastaava kuin kuva 6.8, mutta pätee yhtiölle, jonka lämpötiheys on heikompi (1,5 GWh/km). Tällöin normaali pumppausenergian määrä on noin 0,6 % lämmönhankinnasta.

"Liaan" pumppausenergian arvo  
Lämpötiheys 1,5 GWh/km, Sähkön arvo 60 EUR/MWh



Kuva 6.10 Liian suuren pumppauksen rahallinen merkitys / Cost effect of the surplus pumping energy

### 6.3 Kaukolämpötilastoista tehtävät johtopäätökset

Pumppausenergian osuus hankinnasta on keskimäärin luokkaa 0,6 %. Tämä osuus vaihtelee eri yhtiöillä. Suurilla yhtiöillä osuus on keskimäärin pienempi kuin pienillä yhtiöillä.

Kaukolämpöverkon lämpötiheyden ollessa yli 3 GWh/km tulisi pumppaussähkön määrän olla korkeintaan 0,5 % hankitusta lämpömäärästä. Mikäli verkon lämpötiheys tästä laskee, tulisi pumppaussähkön määrän joka tapauksessa olla alle 1 % lämmön hankinnasta.

Tilastoissa on nähtävissä, että joillakin yhtiöillä on huomattavan alhainen suhteellinen pumppausenergian kulutus. Näitä yhtiöitä ei tässä selvityksessä ole tuotu esiin ”mallitapauksina”, koska on mahdollista (ehkä jopa todennäköistä), että alhaiset arvot johtuvat mittauksiin liittyvistä ongelmista. Mikäli yhtiön pumppausenergian kulutus on alhainen verrattuna muiden vastaavien yhtiöiden kulutukseen, tulisi siis varmistua, ettei tämä johdu mittausvirheistä.

Mikäli yhtiön pumppausolosuhteissa todetaan olevan vikaa, voidaan tilanteen korjaus aloittaa tekemällä yhtiölle kaukolämpökatselmus (SKY:n raportti KK9/2001 SKY-kansio 3/9). Työn suorittamiseen voidaan hakea valtion avustusta.

Vertaamalla pumppausenergian ominaiskulutusta (= pumppaussähkö / lämmön hankinta) tiettyihin kaukolämpöverkon tunnuslukuihin (esim. lämpötiheys, tehotiheys) erottui joukosta muutama lämpöyhtiö, joiden pumppausenergian tarve tuntui epäilyttävän suurelta. Näiden yhtiöiden kaukolämmön pumppausjärjestelyissä saattaisi olla tehostamisen varaa.

### **Säästöpotentiaali**

Liitteen 1 listauksesta voitaneen päätellä, että pumppauksen sähkön osuus kaukolämmön hankinnasta ”normaalilla hyvällä” kaukolämpöverkolla on luokkaa +0,4-0,5 %. Keskimääräinen pumppausenergian osuus on 0,59 % joten alentamisen varaa voisi olla vajaat 20 %. Tämän arvo on luokkaa 2 MEUR vuodessa.

Säästöpotentiaalia pienentää se, että pumppaukseen käytetty sähkö ei kokonaisuudessaan mene hukkaan vaan muuttuu lämmöksi.

## 7 MALLI-KAUPUNGIN KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ

### 7.1 Yleistä

Työssä tarkasteltiin todellisena esimerkkitapauksena Iisalmen kaukolämpöverkkoa.

Seuraavassa on joitakin tilastotietoja Iisalmen kaukolämmön toimituksista vuodelta 2007:

Taulukko 7.1. Iisalmen kaukolämpötoiminta lukuina v. 2007 / Figures presenting the operation of Iisalmi district heating network

<b>Hankinta</b>	179.9 GWh/a
<b>Lämpöhäviöt</b>	17.6 GWh/a
<b>Pumppausenergia / hankinta</b>	0.3 %
<b>Verkon pituus</b>	71 km
<b>Lämpötiheys</b>	2.5 GWh/km
<b>Max. Korkeusero</b>	20 m

Kaukolämmön pumppaukseen käytetty sähkömäärä on huomattavan alhainen, alle 0,3 %. Alhaista pumppausenergian määrää selittävät seuraavat tekijät:

- Iisalmen kaukolämpöverkko on suhteellisen tiheästi rakennettu (mutta harvempi kuin Suomen isojen kaupunkien verkot)
- verkon putkidimensiot ovat suhteellisen suuret virtausmääriin nähden

Valtaosa lämmöstä tuotetaan Parkatin voimalaitoksella ja samalla tontilla olevilla vesikattiloilla.

Kaukolämpöverkon muoto on pitkulainen etelä-pohjois –suunnassa. Parkatin voimalaitos on kaupungin keskustan pohjoispuolella.

Keskustan eteläpuolella on kaukolämpöverkossa välipumppausasema, joka varmistaa riittävän paine-eron myös verkon eteläosiin.

Normaalisti verkkoa pumpataan niin, että kaikilla lämpöasiakkailla on paine-eroa vähintään 0,6 bar. Tällä hetkellä ongelmana on, että Olvi ei saa kaikkea tarvitsemaansa kaukolämpöä, jos sen käytettävissä oleva paine-ero laskee alle 1,5 bar. Olvin liityntäpiste kaukolämpöverkkoon on ennen välipumppaamaa, jolloin Olvin vaatima paine-ero joudutaan pumpaamaan voimalaitoksella. Tällä hetkellä Olvin vaatima korkea paine-ero nostaa lähes kaikkien kaukolämpöasiakkaiden saamaa paine-eroa.

## 7.2 Simuloinnin tulokset

Iisalmen kaukolämpöverkon reagointia muutoksiin tutkittiin simuloimalla verkon käyttymistä erilaisissa tilanteissa. Tutkittavat tilanteet olivat seuraavat

- 1 Nykytilanne
- 2 ”Normalisoitu” nykytilanne
- 3 Olvin ongelman vaikutus
- 4 Välipumppaamon vaikutus
- 5 Uusi iso asiakas pohjoiseen
- 6 Uusi iso asiakas pohjoiseen lähelle voimalaitosta
- 7 Uusi iso asiakas etelään

Iisalmen kaukolämpöverkko on esitetty liitteessä 2.0.

### 7.2.1 Nykytilanne

Verkon pumpptausta mitoitettavia pisteitä on kaksi: ennen välipumppaamaa oleva piste ja verkon eteläkärjessä oleva asiakas (piste 10155). Molemmissa pisteissä paine-eroksi asetetaan 0,6 bar. Tällä tavoin voimalaitoksen ja välipumppaamon kaukolämpöpumppujen nostokorkeudet saadaan minimoitua.

Olville on oletettu riittävän paine-eroksi alle 1 bar.

Laskentapisteessä voimalaitokselta pumpataan lämpöä 32 MW ja verkon lämpötilaero on luokkaa 40 °C. Tämä vastaa keskimääräistä lämmityskauden tilannetta.

Tässä tilanteessa keskimääräiset painehäviöt ovat hyvin maltilliset. Pumpausenergian määrä suhteessa tuotettuun lämpö määrään on 0,2 %.

### 7.2.2 ”Normalisoitu” nykytilanne

Iisalmen kaukolämpöverkon pumpptausedenergian suhteellinen tarve on alhaisempi kuin yleensä suomalaisissa kaukolämpöverkoissa. Jotta tämän selvityksen tulokset olisivat enemmän yleispäteviä, on verkkoa ”tiukennettu” nostamalla voimalaitokselta pumpatta-

vaa tehoa. Tavoitteena oli tilanne, jossa painehäviöt ovat keskimäärin luokkaa 1 bar/km. Tähän päästään, kun voimalaitostontilta pumpattava teho nostetaan arvoon 58 MW lämpötilaerolla 40 °C.

Liitteestä 2.1.on esitetty painesuhdekuvaaja reitillä Voimalaitos – Kriittinen kuluttaja etelässä.

### **7.2.3 Olvin ongelman vaikutus**

Olvin lämmönsiirrossa on ollut ongelmia Olvin käytössä olevan paine-eron laskiessa alle 1 bar. Varmistaakseen Olvin tarvitseman lämmön on kaukolämpöverkkoa pumpattu niin, että Olvin liityntäpisteen kohdalla paine-ero on ollut 1,5 bar. Tämän on nostanut paine-eroja muuallakin verkossa.

Olvin tarvitseman, normaalia suuremman käytettävissä olevan paine-eron vaikutusta kokonaispumppauskustannuksiin on tarkasteltu tässä yhteydessä.

### **7.2.4 Välipumppaamon vaikutus**

Välipumppaamon avulla voidaan pienentää voimalaitoksella tapahtuvaa pumppausta.

Liitteessä 2.2 on esitetty painekuvaaja reitillä voimalaitos – kriittinen kuluttaja etelässä siinä tilanteessa, että välipumppaamo ei ole käytössä. Tämän tilanteen vaikutus pumppausenergian kokonaismäärään ja – kustannuksiin on määritetty suhteessa siihen, että välipumppaamo käytetään optimaalisesti.

### **7.2.5 Uusi iso asiakas pohjoiseen**

Tässä tarkastelussa on kaukolämpöverkon pohjoisosiin lisätty yksi uusi 300 kW kuluttaja. Liityntäpiste on voimalaitoksen pohjoispuolella, jolloin uusi kuluttaja vaikuttaa ensisijassa voimalaitoksella tapahtuvaan pumppaukseen.

Voimalaitoksen ja uuden suurehkon kuluttajan välissä on suhteellisen pitkä DN80 putkiosuus. Tällä osuudella painehäviö kasvaa niin suureksi, että se pakottaa nostamaan voimalaitoksen pumppauskorkeutta 2,3 bar. Tämä vähentää pumppauksen tarvetta välipumppaamossa.

Uuden asiakkaan ja voimalaitoksen välille on jo nykyisin suunnitteilla uusi putkiosuus.

Liitteestä 2.3. on esitetty painesuhdekuvaaja reitillä Voimalaitos – Kriittinen kuluttaja etelässä. Pohjoisen uusi asiakas pakottaa nostamaan pumppauksen nostokorkeutta voimalaitoksella, jolloin välipumppaamon nostokorkeus alenee.

### **7.2.6 Uusi iso asiakas pohjoiseen lähelle voimalaitosta**

Tässä tarkastelussa on kaukolämpöverkon pohjoisosiin lisätty yksi uusi 300 kW kuluttaja. Liityntäpiste on voimalaitoksen pohjoispuolella, jolloin uusi kuluttaja vaikuttaa ensisijassa voimalaitoksella tapahtuvaan pumppaukseen. Liityntäpiste on kuitenkin hyvin

lähellä voimalaitosta, ja matkalla olevat putkiyhteydet ovat väljästi mitoitettu, joten uuden asiakkaan vaikutus pumppaukseen on siten pieni.

### 7.2.7 Uusi iso asiakas etelään

Uusi asiakas on sijoitettu lähes verkon äärimmäiseen pisteeseen etelässä, mutta kuitenkin niin, että uusi asiakas voi liittyä DN125 –siirtojohtoon.

Uuden asiakkaan kuluttama lämpö joudutaan pumppaamaan koko kaupungin läpi. Suurimmat pumppauskustannukset aiheutuvat kaupungin keskustan läpäisystä. Välipumppaamossa uuden kuluttajan aiheuttama tarvittavan nostokorkeuden lisäys on pieni.

Tähän tarkasteluun liittyvä painekuvaaja reitillä voimalaitos – kriittinen kuluttaja etelässä on esitetty liitteessä 2.4.

### 7.2.8 Yhteenveto simuloinneista

Seuraavaan taulukkoon on koottu eri simuloitujen tilanteiden tärkeimmät arvot.

Taulukko 7.2. Pumppaus simuloituissa tilanteissa / Pumping in the simulated situations

	Välipumppaamo			Pumppaus			teho yhteens kW	lisäteho kW
	virtaus	nosto- korkeus	teho	virtaus	nosto- korkeus	teho		
	kg/s	bar	kW	kg/s	bar	kW		
Nykytilanne	48,8	0,9	4,9	190	2,3	47,7	52,6	-
"Normalisoitu" nykytilanne	89,2	2,9	28,2	347,7	6,0	227,4	255,6	
Olvin ongelman vaikutus	89,2	2,2	20,9	347,7	6,7	253,9	274,8	19,2
Välipumppaamon vaikutus			0,0	347,7	8,7	329,7	329,7	74,1
Uusi iso asiakas pohjoiseen	89,2	0,5	4,5	349,5	8,3	316,2	320,7	65,1
Uusi iso asiakas pohjoiseen lähelle voimalaitosta	89,2	2,9	28,1	349,5	6,0	228,6	256,7	1,1
Uusi iso asiakas etelään	91,0	3,2	32,1	349,5	6,1	232,4	264,5	8,9



Taulukko 7.3. Kriittiset pisteet simuloiduissa tilanteissa / Critical points in the simulated situations

Kriittiset pisteet (1)						
	N:o	paine-ero	N:o	paine-ero	N:o	paine-ero
		bar		bar		bar
Nykytilanne	10155	0,6	41285	0,6		
"Normalisoitu" nykytilanne	10155	0,6	41285	0,6		
Olvin ongelman vaikutus	10155	0,6	41285			
Välipumppaamon vaikutus	10155	0,6				
Uusi iso asiakas pohjoiseen	10155	0,6	41285		10379	0,6
Uusi iso asiakas pohjoiseen lähelle voimalaitosta	10155	0,6	41285	0,6		
Uusi iso asiakas etelään	10155	0,6	41285	0,6		

1) 10155 = verkon eteläisin kuluttaja, 41285 = piste ennen välipumppaamoa, 10379 = pohjoisin kuluttaja

Seuraavassa taulukossa on arvioitu eri tekijöiden kustannusvaikutuksia. Lukuja tulkittaessa on huomioitava, etteivät ne sellaisenaan päde Iisalmen tapauksessa, vaan pikemminkin keskiverto kaukolämpöverkossa. Koska Iisalmen verkko on normaalia väljempi, on eri tekijöiden todelliset kustannusvaikutukset pienempiä.

Taulukko 7.4. Kustannusvaikutukset simuloiduista tilanteista / Costs of the studied situations

Pumppauksen huipunkäyttöaika	5000	h
Uuden asiakkaan vuosienenergia	780	MWh <sub>t</sub>
Sähkön arvo (alv 0 %)	60	EUR/MWh <sub>e</sub>

#### Kustannusvaikutukset

	EUR/a	EUR/MWh <sub>t</sub>
Olvin ongelman vaikutus	5 771	7,4
Välipumppaamon vaikutus	22 240	29
Uusi iso asiakas pohjoiseen	19 537	25,0
Uusi iso asiakas pohjoiseen lähelle voimalaitosta	324	0,4
Uusi iso asiakas etelään	2 678	3,4

Mikäli kaukolämpöyhtiöllä on yksi ”ongelma-asiakas”, jonka lämmöntoimitus edellyttää pumppaukselta erityisjärjestelyjä, voi tästä aiheutua vuosittain tuhansien eurojen lisäkustannus.

Alle 50 kW:n välipumppaamalla voidaan vuositasolla saavuttaa yli 20 000 EUR säästöt. Tämän kokoisen maanpäällisen välipumppaamon (kaksi pumppua menopuolella) investointikustannukset ovat runsaat 300 000 EUR, joten välipumppaamoinvestoinnin takaisinmaksuaika menee yli 15 vuoden.

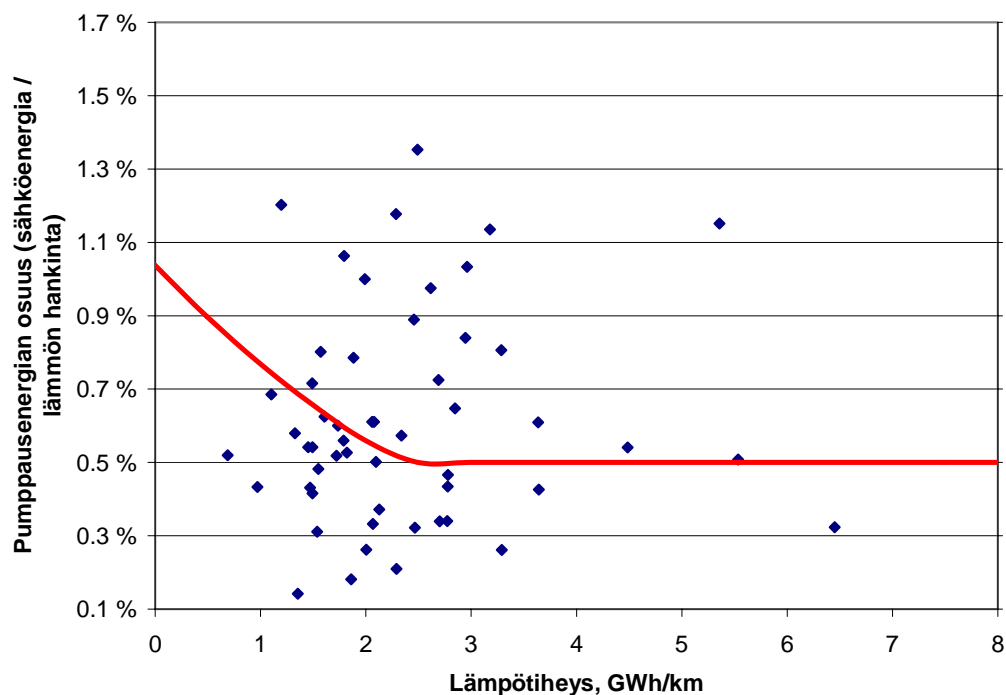
Uuden asiakkaan liittäminen kaukolämpöverkkoon voi parhaimmassa tapauksessa aiheuttaa marginaalisen lisän tarvittavaan pumppauksen määrään. Pahimmassa tapauksessa lisäpumppauksen arvo on suurempi, kuin ko. asiakkaan kuluttaman lämmön tuottamisen polttoainekustannukset!

## 8 YHTEENVETO

Työssä pyrittiin tilastotietojen ja yhden esimerkitapauksen avulla luomaan yksiselitteinen kriteeri, ”työkalu”, jonka avulla nopeasti voidaan arvioida kaukolämpöverkon pumppauksen hyvyttä.

Pumppauksen suhteellisen määrän (pumppausenergia / lämmön kokonaishankinta) ja erilaisten tunnuslukujen välinen riippuvuus on heikko. Parhaimmaksi ja helposti laskettavaksi osoittautui kriteeri, jossa pumppauksen määrää verrataan kaukolämpöverkon lämpötiheyteen. Lämpötiheys on sama kuin lämmön kokonaishankinta jaettuna kaukolämpöverkon kokonaispituudella. Seuraavassa kuvassa on esitetty pisteillä todellisia energialaitosten toimintapisteitä vuoden 2007 kaukolämpötilastoon perustuen. Yhtenäinen viiva osoittaa, minkä arvon alapuolella tehokkaasti toimivan kaukolämpöyhtiön tulisi pysyä.

**Pumppausenergian osuus hankinnasta vs. lämpötiheys**



**Kuva 8.1 Pumppaukseen käytetyn sähkön määrä suhteessa lämpötiheyteen + sovitekäyrä / Electricity used for pumping in relation to the heat density of the district heating network + trend line**

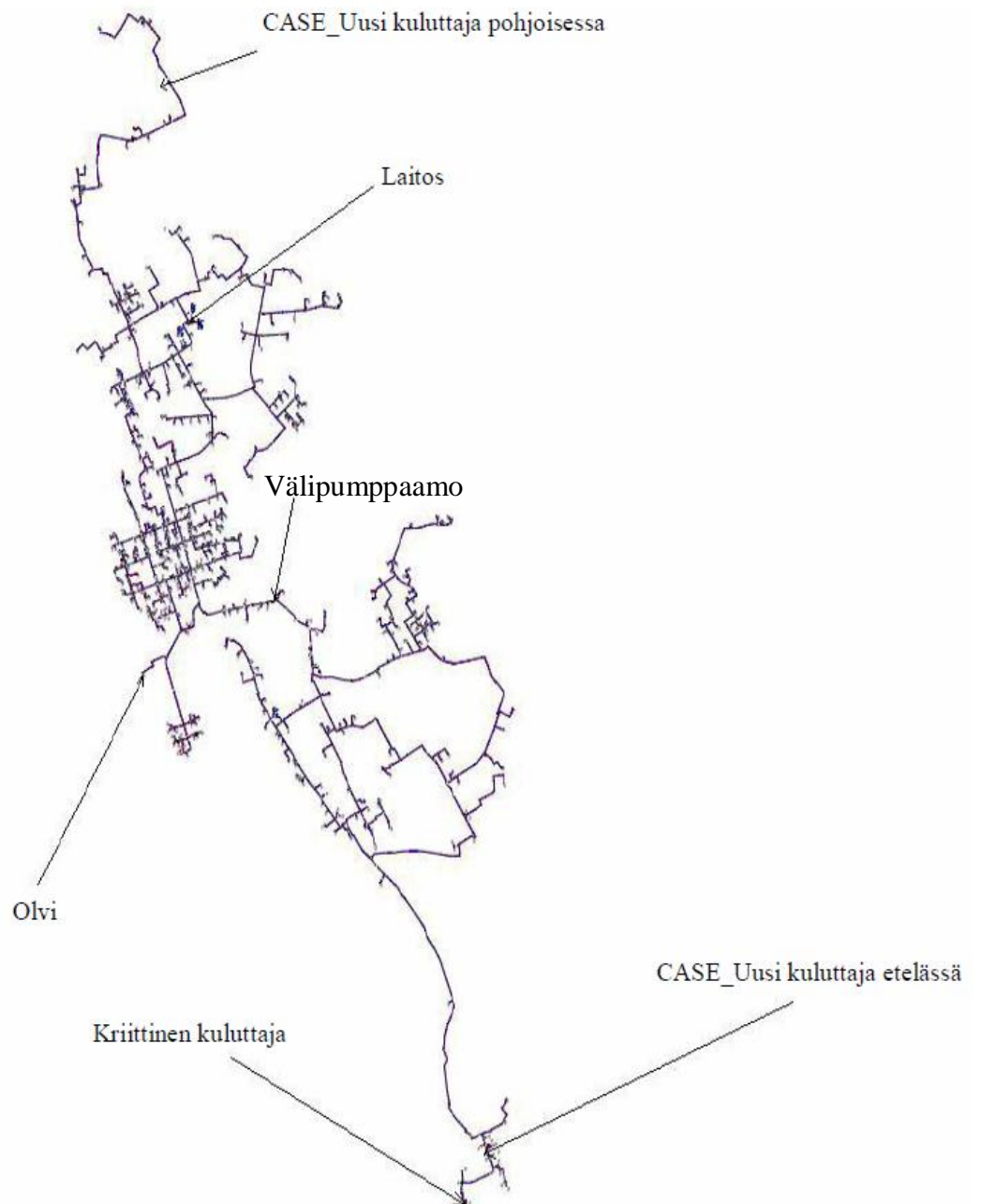
Suureen pumppaussähkön määrään voi olla syynä tekijöitä, joihin kaukolämpöyhtiön on vaikea vaikuttaa, esim tuotannon sijaitessa kaukana kulutuksen painopisteestä.

Pumppausenergian säästöpotentiaalin Suomessa arvioidaan olevan noin 20 % nykyisestä pumppausenergiasta eli noin 30 GWh/a. Tämän säästöpotentiaalinen rahallinen arvo on noin 2 miljoonaa euroa.

Vuoden 2007 kaukolämpötilasto  
 Kaukolämmön pumppausenergian ilmoittaneet yhtiöt

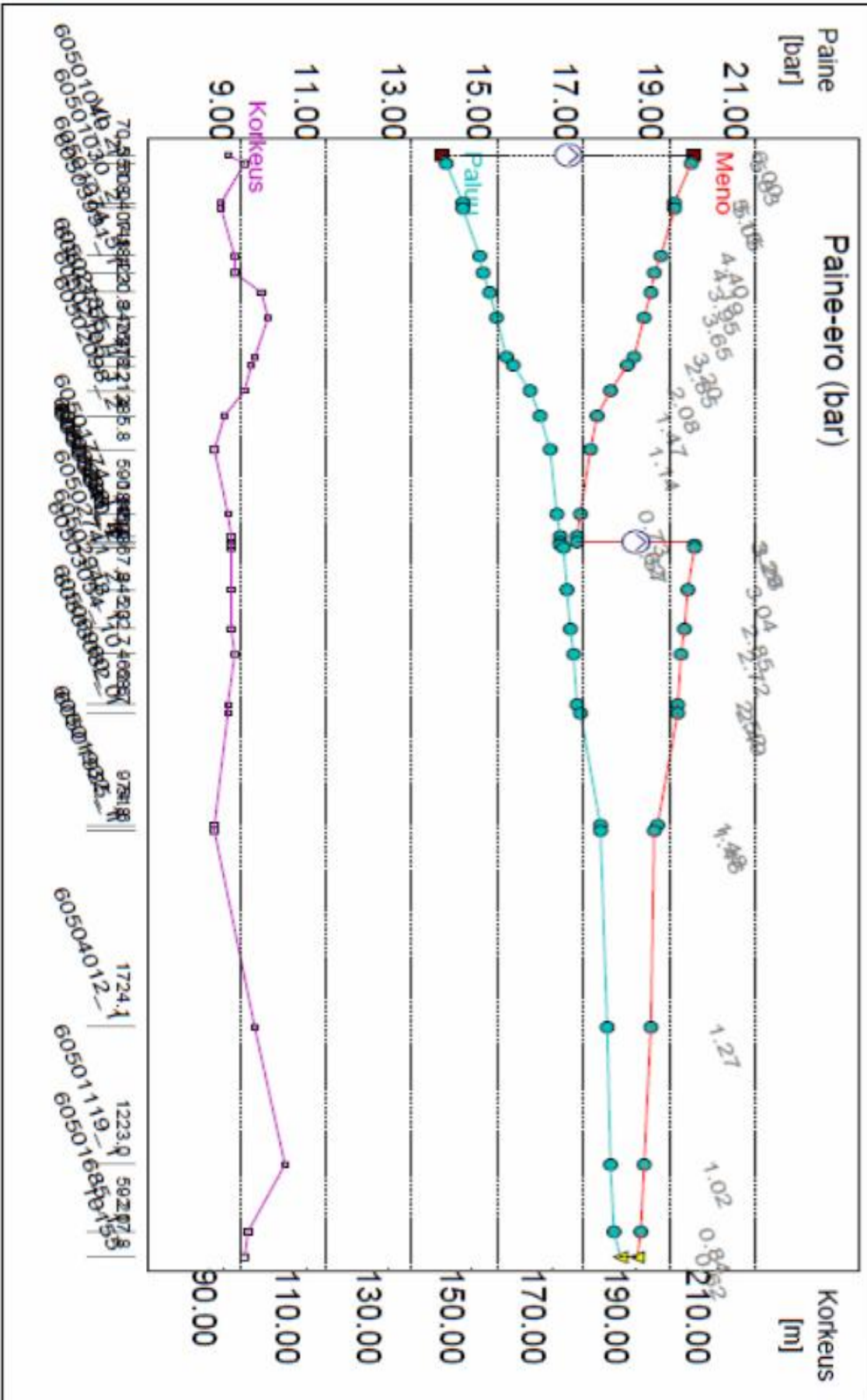
	Hankinta GWh	Pumppaus- energia MWh	Pump. / hankinta	Verkon pituus km	Lämpö- tiheys GWh/km	Pienten osuus %	Huippu- teho MW	Teho- tiheys MW/km	Lämpö- häviöt	
050	Mariehamns Energi Ab	105,3	25	0,0 %	54,8	1,9	8,6	34,3	0,626	11,2 %
029	Kajaanin Lämpö Oy	296,1	113	0,0 %	110,0	2,7	10,9	82,5	0,750	8,9 %
123	Nivalan Kaukolämpö Oy	56,0	28	0,1 %	44,5	1,3	10,6	17,3	0,389	15,0 %
033	Kokkolan Energia	275,9	220	0,1 %	168,4	1,6	13,7	89,7	0,533	12,3 %
042	Nurmesen Lämpö Oy	53,5	76	0,1 %	39,2	1,4	10,6	21,0	0,536	8,6 %
071	Seinäjoen Energia Oy	383,3	696	0,2 %	205,0	1,9	0,0	120,0	0,585	16,2 %
147.03	Suur-Savon Sähkö Oy, Rantasalm	19,1	40	0,2 %	8,3	2,3	1,2	5,7	0,687	15,2 %
148.21	Fortum Power and Heat Oy, Lohja	58,4	145	0,2 %	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,0 %
031	Kemin Energia Oy	172,0	450	0,3 %	52,1	3,3	11,5	45,8	0,879	9,1 %
067.02	Jämsän Aluelämpö Oy, Jämsänko	29,0	76	0,3 %	14,4	2,0	10,2	9,8	0,681	6,9 %
169	Haminan Energia Oy	21,2	66	0,3 %	13,7	1,5	9,6	7,4	0,540	9,4 %
170	Juuan kunnan kaukolämpölaitos	14,6	47	0,3 %	5,9	2,5	0,0	6,0	1,017	6,8 %
135	Helsinki-Vantaan lentoasema	102,1	330	0,3 %	15,8	6,5	0,0	38,4	2,430	4,3 %
004.03	Lahti Energia Oy, Hollola	97,8	325	0,3 %	47,1	2,1	13,5	34,9	0,741	11,9 %
067.01	Jämsän Aluelämpö Oy, Jämsä	89,2	303	0,3 %	32,9	2,7	9,2	36,3	1,103	9,6 %
147.01	Suur-Savon Sähkö Oy, Savonlinna	179,5	610	0,3 %	64,5	2,8	5,6	65,0	1,008	7,8 %
004.02	Lahti Energia Oy, Nastola	60,5	225	0,4 %	28,3	2,1	6,3	21,9	0,774	11,9 %
148.06	Fortum Power and Heat Oy, Naant	1611,0	6050	0,4 %	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	1,9 %
108	Saarjärven Kaukolämpö Oy	28,4	118	0,4 %	18,9	1,5	8,8	10,8	0,571	9,9 %
003	Vaasan Sähkö Oy	670,9	2859	0,4 %	183,7	3,7	5,5	211,9	1,154	7,4 %
125	Someron Lämpö Oy	32,0	138	0,4 %	21,6	1,5	0,0	11,5	0,532	10,0 %
147.07	Suur-Savon Sähkö Oy, Kerimäki	9,7	42	0,4 %	9,9	1,0	3,6	2,7	0,273	7,2 %
023	Kaarinan Lämpölaitos	111,5	484	0,4 %	40,0	2,8	18,3	31,0	0,775	21,4 %
148.26	Fortum Power and Heat Oy, Espoo	2103,5	9800	0,5 %	754,0	2,8	15,8	0,0	0,000	6,7 %
109	Jalasjärven Lämpö Oy	28,2	136	0,5 %	18,1	1,6	0,7	12,0	0,663	12,8 %
147.04	Suur-Savon Sähkö Oy, Juva	33,9	170	0,5 %	16,1	2,1	2,3	9,5	0,590	12,1 %
005	Helsingin Energia	6863,9	34864	0,5 %	1238,0	5,5	4,8	2402,8	1,941	6,3 %
161.09	Vattenfall Jokilaaksojen Lämpö Oy	13,5	70	0,5 %	7,8	1,7	0,0	0,000	0,000	19,3 %
159	Keminmaan Energia Oy	26,0	135	0,5 %	37,3	0,7	6,3	7,2	0,193	20,8 %
161.06	Vattenfall Jokilaaksojen Lämpö Oy	41,0	216	0,5 %	22,4	1,8	15,7	0,0	0,000	8,3 %
010.01	Tampereen Sähkölaitos, Tampere	2132,4	11528	0,5 %	474,3	4,5	0,8	0,0	0,000	6,3 %
062	Kiviristin Lämpö Oy	66,1	358	0,5 %	44,0	1,5	16,1	18,6	0,423	19,2 %
117	Kauhavan Kaukolämpö Oy	28,8	156	0,5 %	19,7	1,5	4,2	8,6	0,437	16,7 %
004.04	Lahti Energia Oy, Asikkala	27,7	155	0,6 %	15,4	1,8	0,4	10,8	0,701	8,3 %
032	Hyvinkään Lämpövoima Oy	343,7	1969	0,6 %	146,4	2,3	14,1	116,0	0,792	8,6 %
075	Kannuksen Kaukolämpö Oy	42,8	248	0,6 %	32,0	1,3	0,9	12,6	0,394	16,4 %
161.10	Vattenfall Jokilaaksojen Lämpö Oy	7,5	45	0,6 %	4,3	1,7	0,0	0,000	0,000	10,7 %
148.30	Fortum Power and Heat Oy, Ikaali	34,8	209	0,6 %	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,0 %
019	Pori Energia Oy	664,9	4049	0,6 %	182,4	3,6	0,9	163,2	0,895	8,3 %
137	Haapajärven Lämpö Oy	71,6	437	0,6 %	34,3	2,1	17,5	19,3	0,563	5,7 %
024.02	Porvoon Energia Oy, Loviisa	35,2	215	0,6 %	17,0	2,1	2,8	9,2	0,541	15,1 %
148.13	Fortum Power and Heat Oy, Eura	29,6	185	0,6 %	18,3	1,6	0,4	8,3	0,454	14,5 %
015	Etelä-Savon Energia Oy	457,1	2959	0,6 %	160,0	2,9	11,7	146,7	0,917	7,7 %
178	Laihian Nuuka Lämpö Oy	17,8	122	0,7 %	16,0	1,1	2,4	5,5	0,344	15,7 %
085	Kemijärven Kaukolämpö Oy	78,5	562	0,7 %	52,3	1,5	12,8	21,3	0,407	14,0 %
018	Kotkan Energia Oy	400,0	2900	0,7 %	148,2	2,7	4,7	119,6	0,807	6,5 %
171	Alkkulan Aluelämpö Oy	14,0	110	0,8 %	7,4	1,9	0,0	4,0	0,541	17,9 %
174	Huovinen Energia Oy, Säkylä	10,6	85	0,8 %	6,7	1,6	0,0	2,8	0,418	17,9 %
068	Kankaanpään Kaukolämpö	89,3	720	0,8 %	27,1	3,3	8,3	30,0	1,107	15,5 %
148.29	Fortum Power and Heat Oy, Joens	550,2	4618	0,8 %	186,1	3,0	16,0	181,5	0,975	10,3 %
002	Kuopion Energia	901,7	8017	0,9 %	365,6	2,5	14,3	287,9	0,787	8,6 %
093	Kiteen Lämpö Oy	44,9	438	1,0 %	17,1	2,6	0,0	13,2	0,772	13,1 %
148.35	Fortum Power and Heat Oy, Vamm	40,9	400	1,0 %	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,0 %
043.02	Turku Energia Oy, Aura	0,6	6	1,0 %	0,3	2,0	0,0	0,000	0,000	16,7 %
004.01	Lahti Energia Oy, Lahti	1287,7	13303	1,0 %	433,5	3,0	12,0	443,9	1,024	8,2 %
114	Mäntsälän Sähkö Oy	30,1	320	1,1 %	16,7	1,8	0,0	7,7	0,461	7,3 %
007	Jyväskylän Energia Oy	1047,4	11894	1,1 %	328,6	3,2	5,9	351,6	1,070	8,0 %
043.01	Turku Energia Oy Ab, Turku	1744,0	20083	1,2 %	324,9	5,4	5,2	626,0	1,927	6,7 %
024.01	Porvoon Energia Oy, Porvoo	271,1	3192	1,2 %	118,0	2,3	12,8	81,2	0,688	8,0 %
175	Lämpö Korpela Oy	15,8	190	1,2 %	13,1	1,2	31,6	4,4	0,336	15,8 %
147.05	Suur-Savon Sähkö Oy, Puumala	8,5	115	1,4 %	3,4	2,5	0,0	2,6	0,765	12,9 %
152.03	Vapo Oy, Lieksa	80,0	1275	1,6 %	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	11,3 %
	Yhteensä	24 162	149 720		6 486			6 032		
	Keskisarvo			0,59 %	104,6	2,2	6,4	97,3	0,6	10,7 %

## Iisalmen kaukolämpöverkko



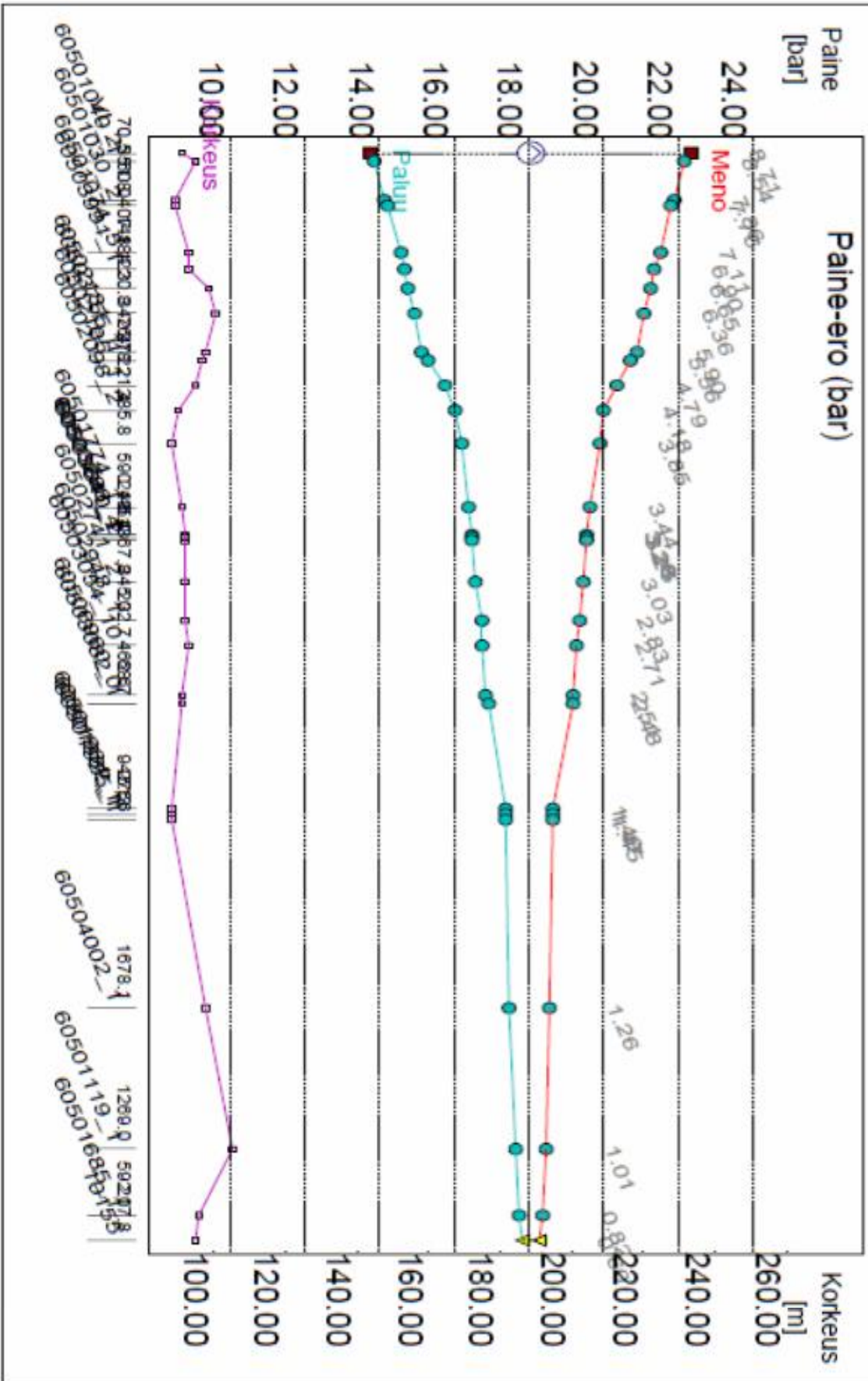
# "Normalisoitu" nykytilanne

27.05.2009 10:17



# Ilman välipumppua

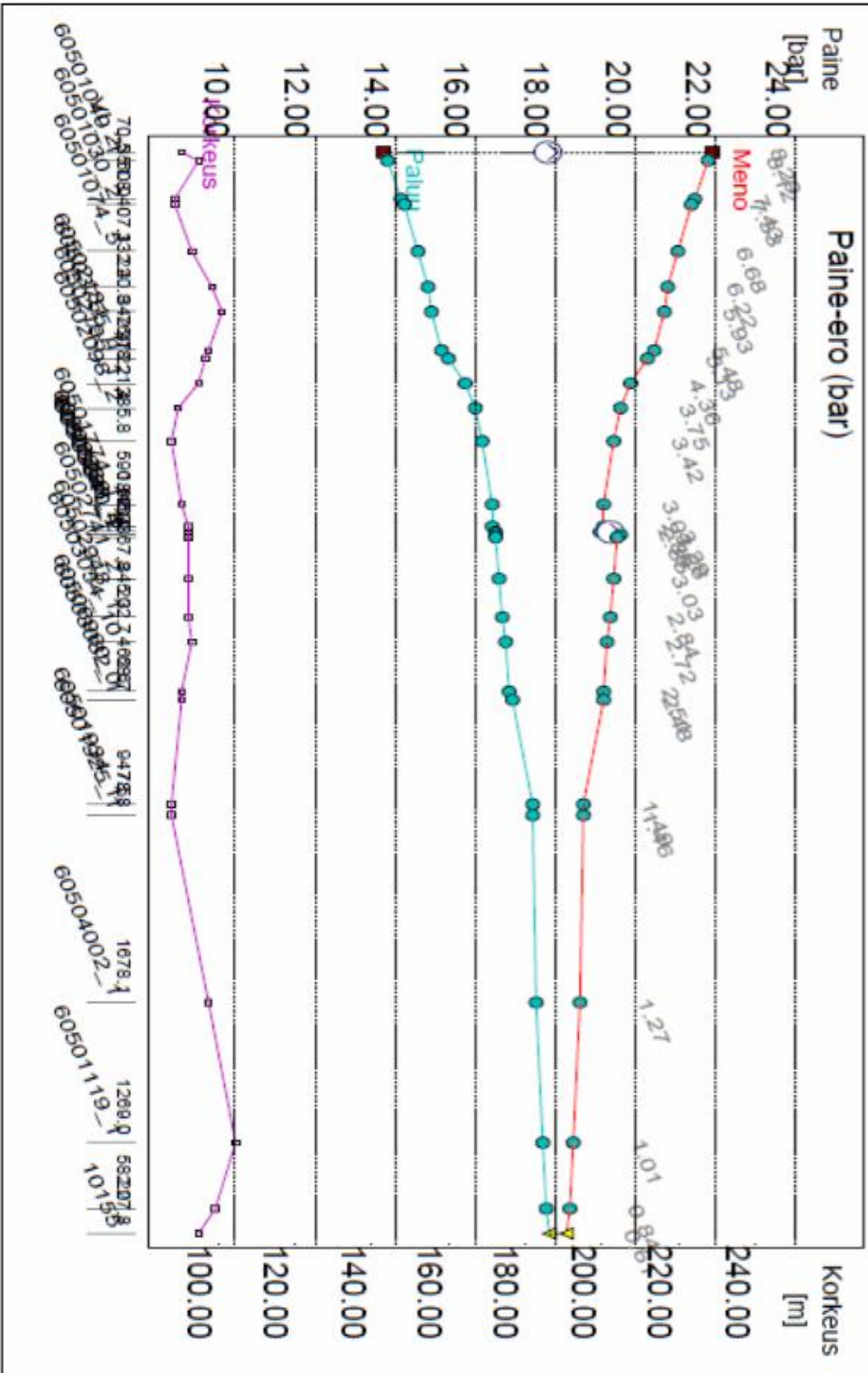
03.06.2009 10:33





# Uusi iso asiakas pohjoiseen

27.05.2009 10:45



# Uusi iso kuluttaja etelässä

27.05.2009 10:56

