



Pekka Muikkula

**KAUKOLÄMPÖVERKOSTON SUUNNITTELU  
SAARELAN KAAVA-ALUEELLE**

# **KAUKOLÄMPÖVERKOSTON SUUNNITTELU SAARELAN KAAVA-ALUEELLE**

Pekka Muikkula  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Pekka Muikkula  
Opinnäytetyön nimi: Kaukolämpöverkoston suunnittelu Saarelan kaava-alueelle  
Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 53 + 8 liitettä

---

Toimeksiannon antoi Oulun Energian tuotanto- ja kaukolämpöosasto, ja työn aiheena on tutkia mahdollisuudet Saarelan kaupunginosan kaukolämpöön liittämiseen.

Työn tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa kaukolämpöverkosto Saarelan vanhalle, jo rakennetulle alueelle. Toisena osana työssä tutkittiin Saarelan uuden, vasta kaavoituksessa olevan, kaava-alueen mahdollisuudet kaukolämpöön liittämiseen. Molempien alueiden suunnitelmien perusteella laskettiin rakentamiskustannukset ja tutkittiin, onko kaukolämmön tarjoaminen Saarelaan kannattavaa.

Työssä laskettiin molemmille alueille tarvittavat kaukolämpöputket rakennusten tehontarpeiden perusteella ja suunniteltiin kaukolämpöverkoston putkien sijainnit alueella. Suunnitelmien perusteella laskettiin verkoston rakentamiskustannukset ja verrattiin niitä kaukolämpöliittymistä saataviin tuloihin. Näitä vertailemalla saatiin tietoa alueen kaukolämpörakentamisen kannattavuudesta.

Suunnitelmissa saatiin selville, että kaukolämpöverkoston rakentaminen vanhalle alueelle on haasteellisista. Tässä työssä mitoitettun ja suunnitellun vanhan alueen rakentaminen on kannattavaa silloin, jos liittymisaste saadaan todella korkeaksi tai jyvitetään korttelijohto.

Uuden kaava-alueen kaukolämpöverkoston rakentaminen taas on kannattavaa, jos alueella on sopivasti liittyjiä ja joukossa on muutamia suuria kuluttajia. Tässä työssä mitoitettun itä-Saarelan kaava-alueen kaukolämpöverkoston rakentamisen kannattavuuslaskelmasta saatiin positiivinen tulos.

---

Asiasanat:

Kaukolämpö, verkoston mitoitus, kaukolämmön kannattavuus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 KAUKOLÄMPÖ	6
2.1 Kaukolämmön historia Suomessa	9
2.2 Kaukolämpö Suomessa tällä hetkellä	10
3 KAUKOLÄMPÖ OULUSSA	11
3.1 Kaukolämmön laajeneminen Oulussa	11
3.2 Oulun Energian kaukolämmön tuotanto	13
4 VANHA SAARELAN ALUE	15
4.1 Tehontarpeen laskenta ja putkikoon valinta	19
4.2 Korttelijohtojen mitoitus	20
4.3 Siirtojohdon mitoitus	24
4.4 Kustannusarvio	27
4.5 Kannattavuuslaskelma	32
4.5.1 Kannattavuuslaskelma vaihtoehto A	32
4.5.2 Kannattavuuslaskelma vaihtoehto B	33
4.5.3 Kannattavuuden yhteenveto	34
5 UUSI SAARELAN ALUE	35
5.1 Alueen mitoitus	38
5.2 Korttelijohtojen mitoitus	39
5.3 Siirtojohdon mitoitus	41
5.4 Kustannusarvio	45
5.5 Kannattavuuslaskelma	47
6 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	52
LIITTEET	53

# 1 JOHDANTO

Kaukolämmitys on Suomen yleisin lämmitysmuoto noin 50 %:n markkinaosuudella. Se on ylivoimainen muihin lämmitysmuotoihin nähden, kun puhutaan energiatehokkuudesta, ympäristöystävällisyydestä ja käyttövarmuudesta.

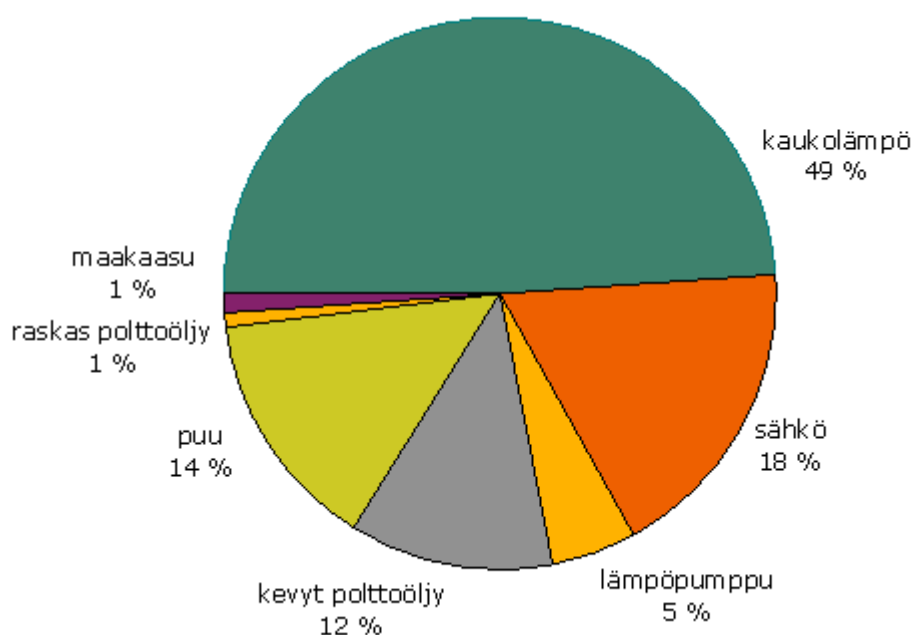
Toimeksianto tähän opinnäytetyöhön on saatu Oulun Energian tuotanto- ja kaukolämpöosastolta. Oulun Energia on Oulun kaupungin omistama liikelaitos, joka tuottaa sähköä ja kaukolämpöä. (Liite 1.)

Työn tavoitteena on selvittää kaukolämpöverkoston rakentamisen edellytykset Saarelan kaava-alueelle Oulussa. Ensimmäisenä selvitetään Saarelan vanhan, jo valmiiksi rakennetun alueen kiinteistöjen mahdollisuudet liittyä kaukolämpöön ja mitoitetaan alueelle rakennettava kaukolämpöverkosto kiinteistöjen tehontarpeiden perusteella. Toisena vaiheena työssä selvitetään Saarelan uuden, vasta kaavoituksessa olevan alueen edellytykset kaukolämpöön liittämiseen. (Liite 1.)

Mitoituksen ohessa suunnitellaan myös verkoston putkien reitit ja venttiileiden paikat verkostossa. Mitoituksen jälkeen tehdään kaukolämpöverkoston rakentamisen kannattavuuslaskelma. Siinä verrataan saatavaa vuosituottoa vuosikustannuksiin annuiteettimenetelmällä ja saadaan näin selville kyseisen alueen rakentamisen vuositulo eli verkoston rakentamisen kannattavuus. (Liite 1.)

## 2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämpö on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa. Sille on myös ominaista, että sitä varten organisoitu toiminta toteutetaan liiketoiminnan muodossa. Kaukolämpöasiakkaita voivat olla niin asuintalot kuin teollisuus-, liike- ja julkiset rakennuksetkin. Noin 2,6 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötaloissa, ja kaukolämmön osuus lämmitysmarkkinoista on lähes 50 %. (Kuva 1.)

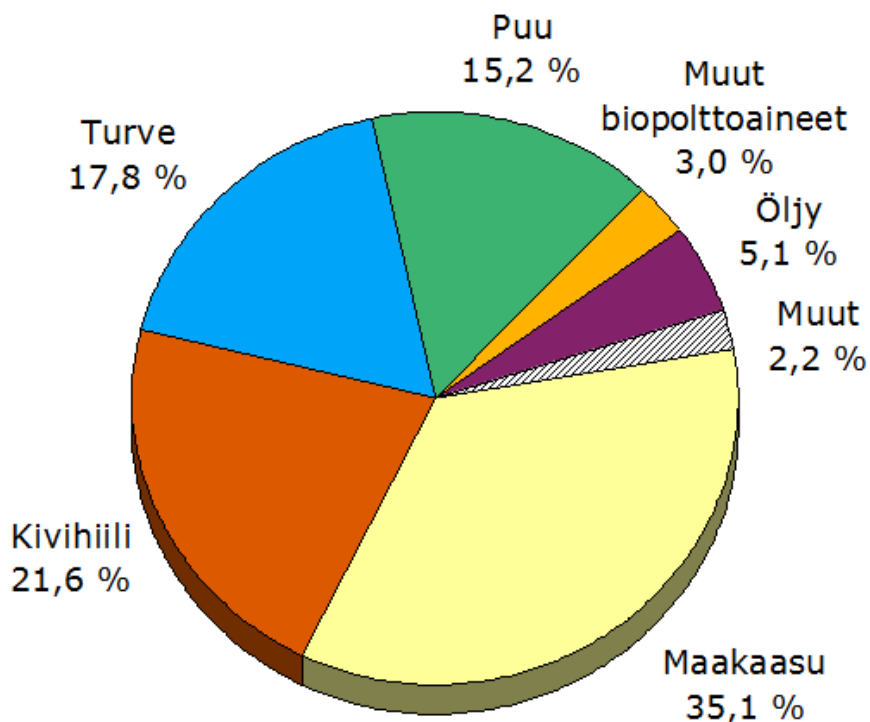


*KUVA 1. Lämmityksen hyötyenergia vuonna 2009 (Energiateollisuus - Lämmityksen hyötyenergia. 2009)*

Asiakkaalle lämpö siirretään kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Menojohdossa tuleva kuuma ja käsitelty kaukolämpövesi luovuttaa asiakkaalle lämpöä talon ja käyttöveden lämmitykseen. Paluujohdossa kaukolämpövesi palaa takaisin voimalaitokselle uudelleen lämmitystä varten. Kaukolämmityksen hyödyiksi voidaan lukea sen energiatehokkuus, käyttövarmuus sekä sen helppokäyttöisyys asiakkaan näkökulmasta. Ongelmia aiheuttavat suuret investoinnit, kulutusvaihtelut vuodenaikojen välillä sekä siirtohäviöt.

Kaukolämpöä ei ole myöskään järkevää rakentaa harvaan asutulle alueelle. Muita käyttömahdollisuuksia kaukolämmölle ovat sulanapitojärjestelmät ja kaukojäähdytys eli kaukokylmä. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 50.)

Kaukolämpöä tuotetaan lähes 80-prosenttisesti yhteistuotantolaitoksissa, eli voimalaitoksissa, jotka tuottavat sekä sähköä että lämpöä. Suomi on yhteistuotannon edelläkävijä, jolla on merkittävä vientietu kansainvälisesti kasvavilla markkinoilla. Yhteistuotanto lisää energiatehokkuutta erillistuotantoon verrattuna vähintään 30 %. Kaukolämmön polttoaineena voimalaitoksilla käytetään enimmäkseen kivihiiltä, maakaasua ja turvetta. (Kuva 2.)



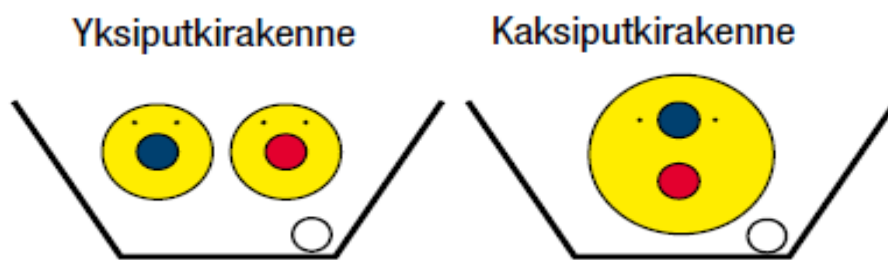
*KUVA 2. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannon polttoaineet vuonna 2010 (Kaukolämpö 2010 graafeina. 2011)*

Kaukolämpöä voidaan tuottaa myös lämpökeskuksissa, jotka tuottavat pelkästään lämpöä. Yleensä kaukolämpöverkostossa on myös huippu- ja varalaitoksia. Nämä käyttävät pääasiassa öljyä tai maakaasua polttoaineenaan ja ovat

nimensä mukaisesti tarkoitettu täydentämään tarvittaessa peruskuormalaitoksen lämpötehoa. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 50.)

Kaukolämmön siirtoon on olemassa erilaisia siirtojärjestelmiä. Niitä kutsutaan yksiputki-, kaksiputki-, kolmiputki- ja 4-putkijärjestelmiksi. Suomessa kaukolämpöenergia siirretään kaksiputkijärjestelmällä, joka toimii lämminvesialueella +70...+120 °C. Kaukolämmön siirtoon käytetyt johdot ryhmitellään kanavarakenteen mukaan kiinnivaahdotettuihin johtotyyppeihin, joustaviin johtotyyppeihin, betonikanavajohtotyyppeihin, muovisuojakuorijohtotyyppeihin ja muihin johtotyyppeihin. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 137 - 152.)

Näistä yleisimmin käytetty johtotyyppi on kiinnivaahdotetut johdot, joissa on polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen liitetty virtausputki ja polyeteenisuojakuori (kuva 3). Kiinnivaahdotettuihin putkiin kuuluvat yksiputkirakennejohto, jota kutsutaan nimellä 2Mpuk ja kaksiputkirakennejohto, josta käytetään nimitystä Mpuk. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 137 - 152.)



*KUVA 3. 2Mpuk eli yksiputkirakenne ja Mpuk eli kaksiputkirakenne johtorakenteet (Kaukolämpökäsikirja. 2008. Logstor Oy)*

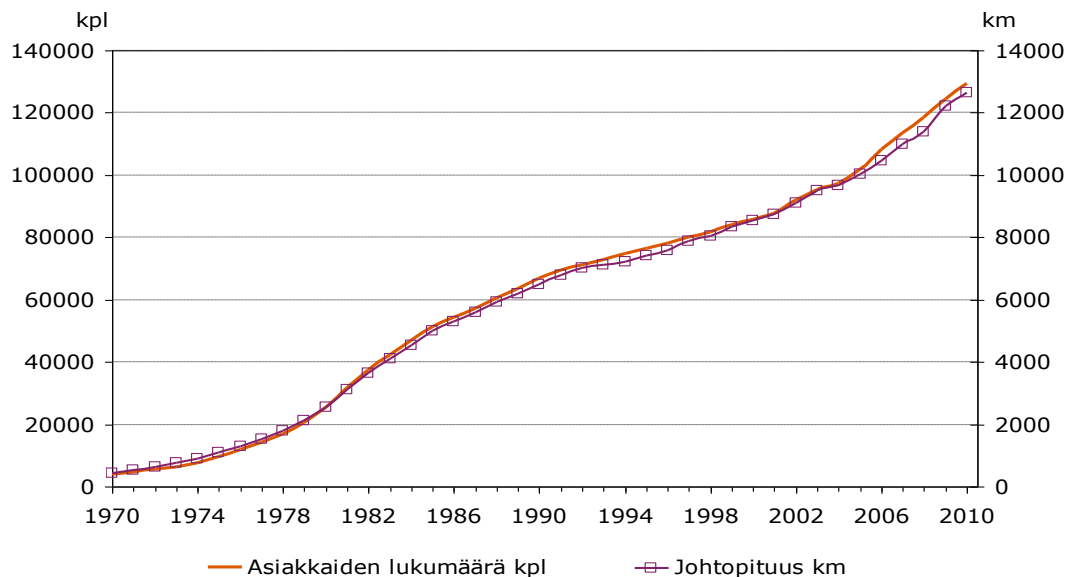
2Mpuk:ssa on erilliset meno- ja paluujohdot, joissa virtausputki ja suojakuori on liitetty kiinteästi yhteen polyuretaanieristeellä ja Mpuk:ssa on sekä meno- että paluuputki saman suojakuoren sisällä. Muita kaukolämpöverkoston toiminnan kannalta tärkeitä osia ovat erilaiset venttiilit, kaivot ja pumppaamot.



## 2.1 Kaukolämmön historia Suomessa

Suomen ensimmäinen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä rakennettiin vuonna 1940 valmistuneeseen olympiakylään Helsinkiin. Suomessa kaukolämmön idea lähti liikkeelle, kun huomattiin teollisuuden sähköntuotannossa syntyvän lauhdelämmön menevän hukkaan. Ensimmäinen yritys, joka aloitti kaukolämmöntuotannon, oli Espoon Tapiolan Lämpö Oy vuonna 1953. Helsinki oli ensimmäinen kaupunki, joka teki päätöksen kaukolämmityksen aloittamisesta vuonna 1953 ja ensimmäinen vesikaukolämmitys käynnistyi Helsingissä vuonna 1957. Aluksi kaukolämmityksen leviäminen Suomessa oli hidasta. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 50.)

Vuoden 1973 energiakriisin seurauksena Valtioneuvosto antoi päätöksen energiankäytön rajoituksista. Sen seurauksena kaukolämmön merkitys alkoi kasvaa, kun kaukolämmön energiataloudelliset edut huomattiin. 1980-luku oli pääasiassa kaukolämpöverkkojen laajentamisen aikaa ja 1990-luvulla kaukolämmitys vakiintui taajama-alueiden lämmitysmuotona (kuva 4). (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 50.)

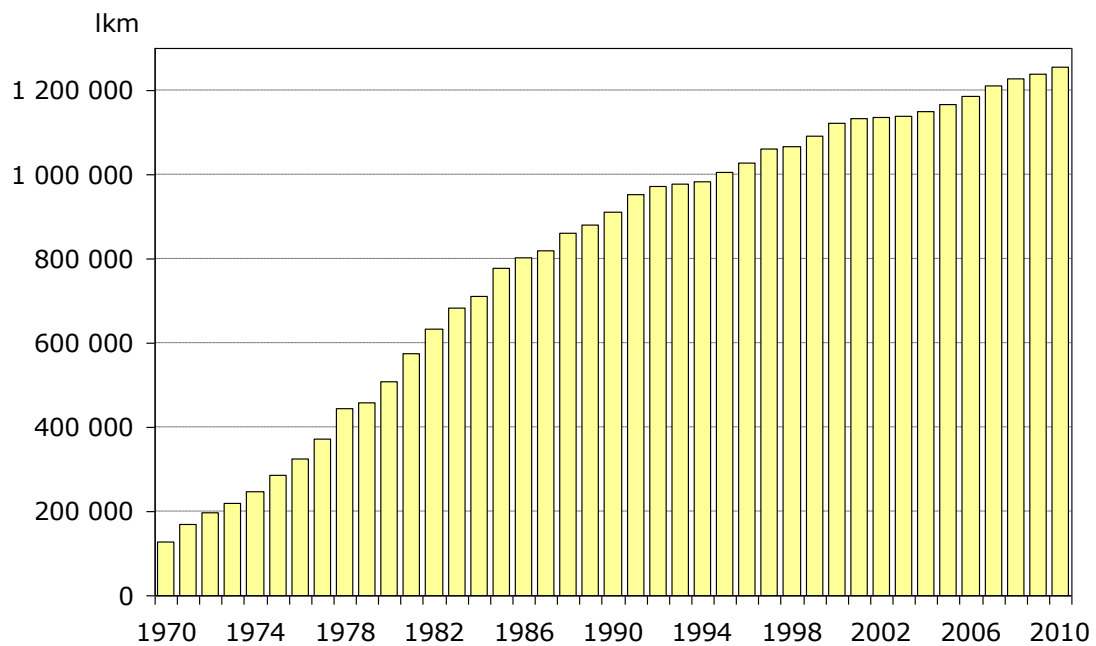


KUVA 4. Kaukolämpöasiakkaiden lukumäärä ja johtopituus (Kaukolämpö 2010 graafeina. 2011)

Kaukolämpöveden siirtojärjestelminä käytettiin aluksi muovisuojakuori- ja betonikanavajohtoja, mutta 1970-luvun puolivälissä käyttöön tullut kiinnivaahdotettu johtotyyppi syrjäytti nopeasti muut käytössä olleet johtotyypit. 1980-luvun puolivälin jälkeen käytännössä kaikki johdot on rakennettu kiinnivaahdotetulla johtotyypillä. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 25 - 50.)

## 2.2 Kaukolämpö Suomessa tällä hetkellä

Kaukolämmön osuus Suomen lämmitysmarkkinoista energiavuonna 2010 oli 49 %, joten kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitys muoto. Yhteensä kaukolämpöön on liitettyä lähes 100 000 asuintaloasiakasta, joissa on noin 1,3 miljoonaa asuntoa ja noin 2,64 miljoonaa ihmistä (kuva 5). (Kaukolämpö 2010 graafeina. 2011.)



KUVA 5. Kaukolämmitteiset asunnot (Kaukolämpö 2010 graafeina. 2011)

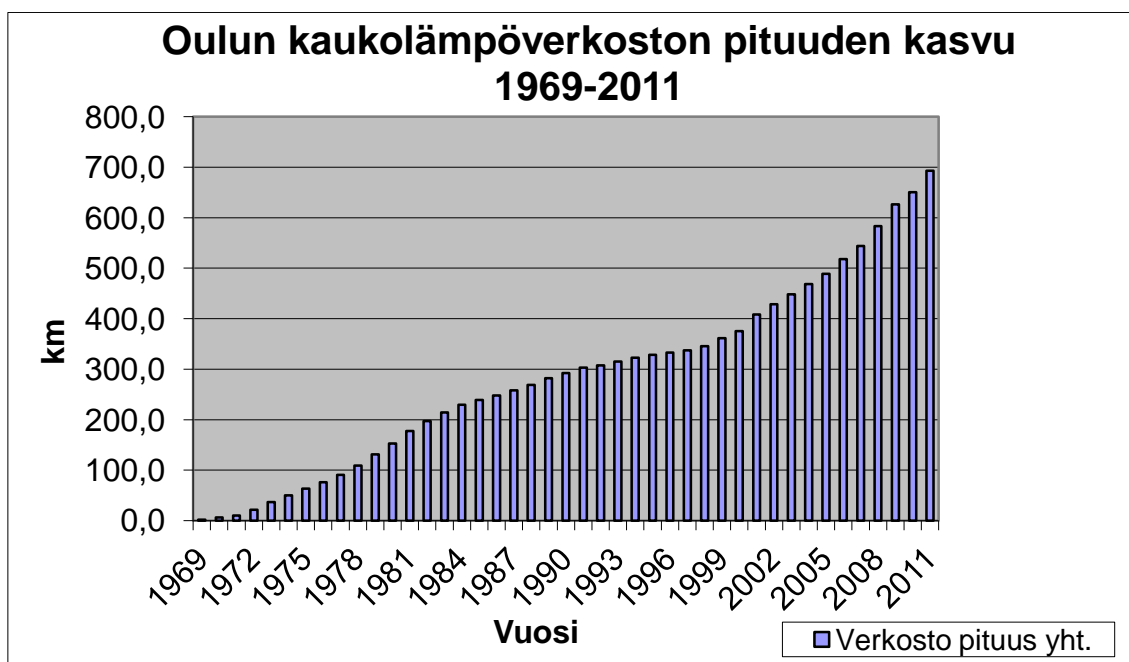
## 3 KAUKOLÄMPÖ OULUSSA

### 3.1 Kaukolämmön laajeneminen Oulussa

Kaukolämmitystoiminta alkoi Oulussa vuonna 1969 Myllytulliin rakennetulla lämpökeskuksella. Ensimmäiset kiinteistöt lämmitettiin kuitenkin Kosteperän alueelle sijoitetulla siirrettävällä lämpökeskuksella. Lämmön kulutus kasvoi 1970-luvun alussa, ja kun oma lämmöntuotanto ei riittänyt kysynnän kattamiseen, jouduttiin lämpöä ostamaan teollisuuslaitoksilta. Tämän seurauksena aloitettiin oman lämmitysvoimalaitoksen suunnittelu ja sen rakentaminen Toppilaan pääsi alkamaan vuonna 1974. (Fyrstén 2000, 11.)

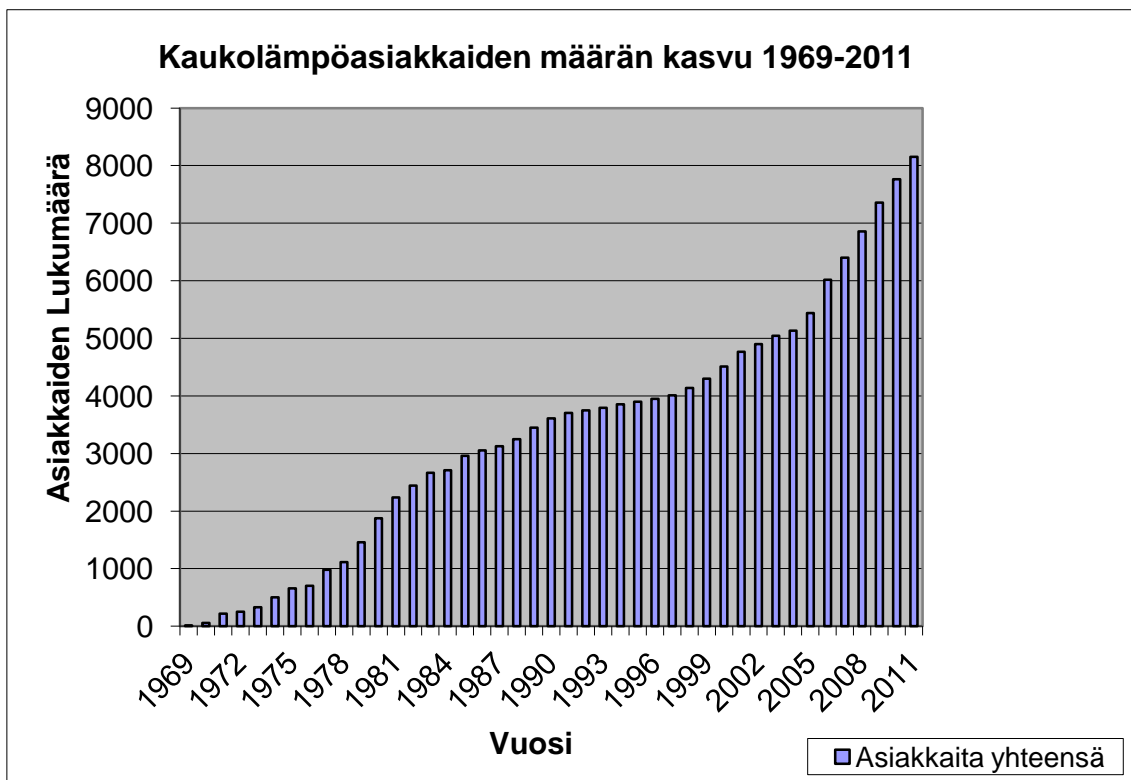
Kaukolämpöverkoston rakentamisen ensimmäinen huippukausi ajoittui 1970- ja 1980-lukujen vaihteeseen, jolloin myös ensimmäiset pientalot liitettiin kaukolämmityksen piiriin. 1970-luvun lopulla jo yli puolet oululaisista asui kaukolämpötaloissa. Toinen huippukausi alkoi 1990-luvun lopulla, rakentamisen vilkastuessa uudelleen.

TAULUKKO 1. Oulun kaukolämpöverkoston pituuden kasvu 1969 - 2011 (Oulun Energia)



Kaukolämpötoiminta on laajentunut myös Oulun ulkopuolelle lähikuntiin. (Kuva 6.) Siirtolinjoja on rakennettu Oulunsaloon ja Kempeleeseen vuonna 2001, Haukiputaalle vuonna 2009 ja viimeisimpänä Kiiminkiin vuonna 2011. Näin ollen nykypäivänä Oulun Energia myy kaukolämpöä Ouluun, Kiiminkiin, Haukiputaalle, Oulunsaloon. Kempeleeseen myytävä kaukolämpö menee Oulun Seudun Lämmölle. Kaukolämpö asiakkaita vuoden 2011 lopussa oli noin 8 200 ja oululaisista noin 80 % ihmistä asui kaukolämpöaloissa.

TAULUKKO 2. Kaukolämpöasiakkaiden määrän kasvu Oulussa 1969 - 2011 (Oulun Energia)



Energiateollisuus ry on myöntänyt Oulun Energialle Reilu kaukolämpö -laatumerkin kesäkuussa 2010. Reilu kaukolämpö -laatumerkki on merkki siitä, että yrityksen toiminta on avointa, reilua, kehityshakuista ja tiedottavaa. (Oulun Energia.)



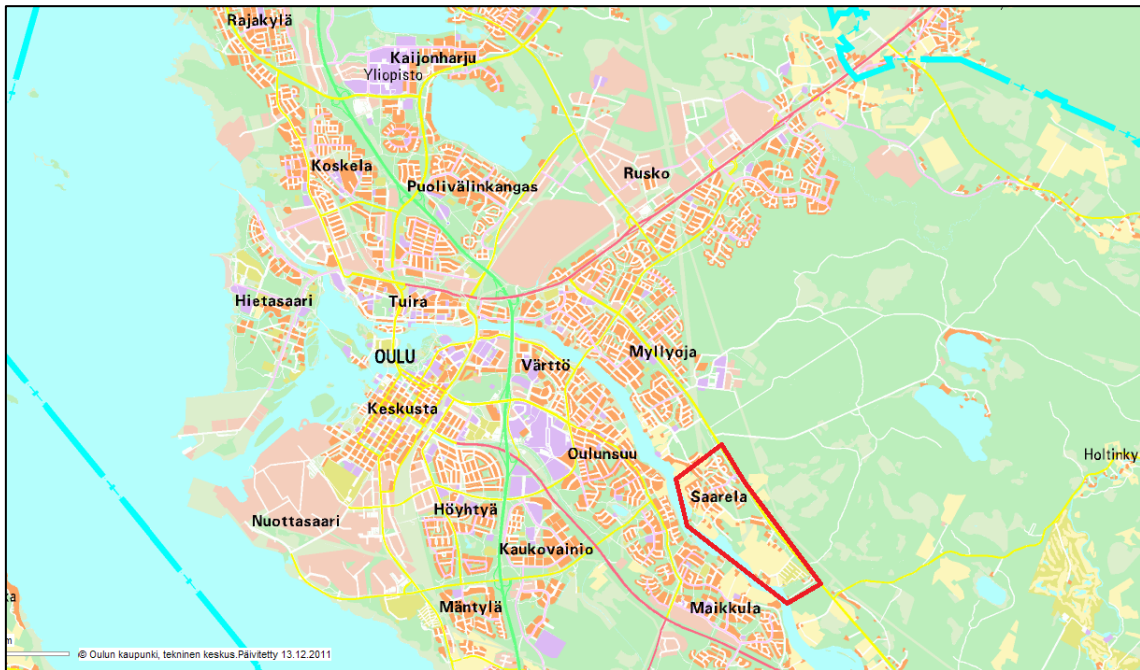
vuonna 1977. Se saneerattiin vuonna 1996. Toppila 1 on vastapainevoimalaitos, joka tuottaa sähköä ja lämpöä ja sen kaukolämpöteho on 145 megawattia. Toppilan voimalaitoksen laajennuksen, eli Toppila 2:sen rakentaminen aloitettiin vuonna 1995 ja se valmistui samana vuonna aloittaen tuotannon. Toppila 2 on väliottolauhdutusvoimalaitos, jossa tuotetaan myös sähköä ja kaukolämpöä. Lauhdekäytössä se tuottaa vain sähköä. Toppila 2:n kaukolämpöteho 200 megawattia. Lisäksi Toppilassa on savukaasulauhdutin, josta saatava kaukolämpöteho on 60 megawattia. Yhteensä Toppilan voimalaitosten kaukolämpöteho on 405 megawattia. (Oulun Energia.)

Toppilan voimalaitosten lisäksi Limingantulliin rakennettiin 50 MW:n lämpökeskus vara- ja huipputeholaitokseksi vuonna 1980. Myöhemmin lämpökeskusta on laajennettu toisella 40 MW:n suuruisella yksiköllä. Lisäksi 40 MW:n vara- ja huipputeho lämpökeskuksia on Pateniemessä, Vasaraperällä ja Oulunsuussa. Vuonna 1985 silloinen Energialaitos teki 40 MW:n lämmönostosopimuksen Oulu Oy:n eli nykyisen Stora Enson kanssa ja lisäksi Oulun Energia ostaa lämpöä myös Kemiralta. (Oulun Energia.)

Kemiran teollisuusalueelle on tällä hetkellä valmistumassa jätteenpolttolaitos, josta saadaan sen valmistuessa 50 MW:n teho. Sen lisäksi alueella on 200 000 m<sup>3</sup> kallioakku, jota voidaan hyödyntää varsinkin kesäisin voimalaitoksen huoltotöiden aikana. Vuonna 2012 Kemiran alueelle rakennetaan 50 MW:n kevytöljy lämpökeskus vara- ja huipputeho käyttöön. (Oulun Energia.)

## 4 VANHA SAARELAN ALUE

Saarelan kaupunginosa sijaitsee noin 5 kilometrin päässä Oulun keskustasta Oulujoen pohjoisrannalla. Saarelan länsipuolella on Myllyojan kaupunginosa ja Oulujoen vastarannalla Maikkulan kaupunginosa. Vanhalla Saarelalla tässä työssä tarkoitetaan jo rakennettua osaa Saarelasta. Ensimmäiset rakennukset Saarelaan rakennettiin jo 1950-luvun puolessa välissä, ja alue koostuu omakotitaloista sekä uudemmista 1990-luvun lopun tienoilla rakennetuista rivitaloista. Lisäksi alueella on päiväkotia ja palvelukotia. Vanhan ja uuden kaava-alueen yhteenlaskettu pinta-ala on noin 230 ha ja asukkaita alueella asuu noin 1 400. (Kuva 7.)



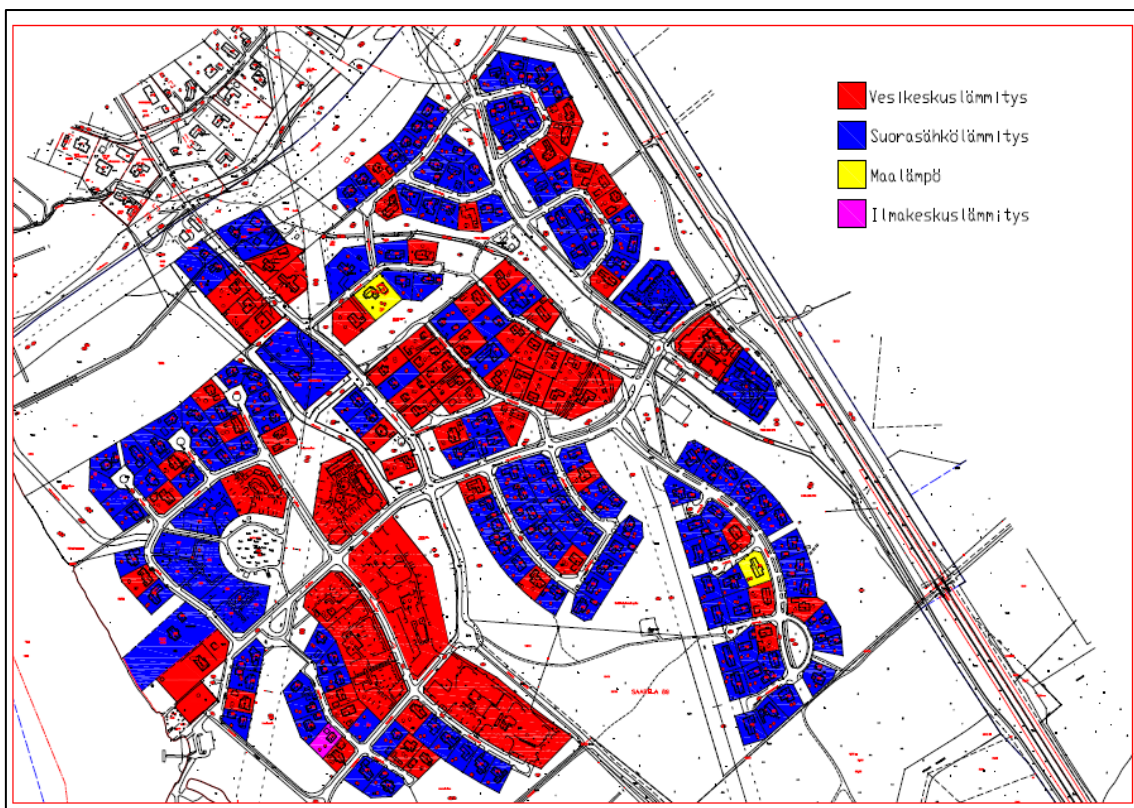
*KUVA 7. Saarelan kaupunginosa (Oulun kaupunki)*

Lähtökohdiana vanhan Saarelan alueen kaukolämpöön liittämiseksi on se, milloin Oulujoen ylittävä Poikkimaantien silta rakennetaan. Siltaan sijoitetaan kaukolämpöputket, jotka tuodaan Maikkulan puolelta Hiukkavaaraan. Tässä työssä ei oteta huomioon Poikkimaantien runkojohdon rakentamista ja siihen liittyviä kustannuksia, vaan suunnitellaan ja mitoitetaan kaukolämpöverkosto vanhan Saa-

relan alueelle, kuin runkojohto olisi jo rakennettu. Runkojohdon koko on DN400 2Mpuk, ja se kulkee Poikkimaantien reunassa Saarelan puolella. (Liite 2.)

Ensimmäisenä tehtävänä vanhan alueen suunnittelussa on selvittää alueen rakennusten lämmitysmuodot ja erotella vesikeskuslämmitteiset kiinteistöt muista lämmitysmuodoista (kuva 8). Tämä selvitys tehdään siksi, että kaukolämpöä ei ensisijaisesti tarjota sellaisille kiinteistöille joilla on suora sähkölämmitys. Suoran sähkölämmityksen muuttaminen vesikeskuslämmitykseen on pientaloasiakkaalle liian kallis investointi ja tämän takia näille kiinteistöille ei edes tarjota kaukolämpöä.

Toki asiakas saa halutessaan liittyä kaukolämpöön myöhemminkin, jos talo remontoidaan vesikiertolämmitteiseksi ja se on siirtojohdon läheisyydessä. Myös alueella olevat maalämpötalot voivat halutessaan liittyä myöhemmin, mutta heillekään ei kaukolämpöä ensisijaisesti tarjota. Selvityksen perusteella kartoitetaan vesikeskuslämmitteiset kiinteistöt ja jätetään pois muilla lämmitysmuodoilla lämmitettävät kiinteistöt.

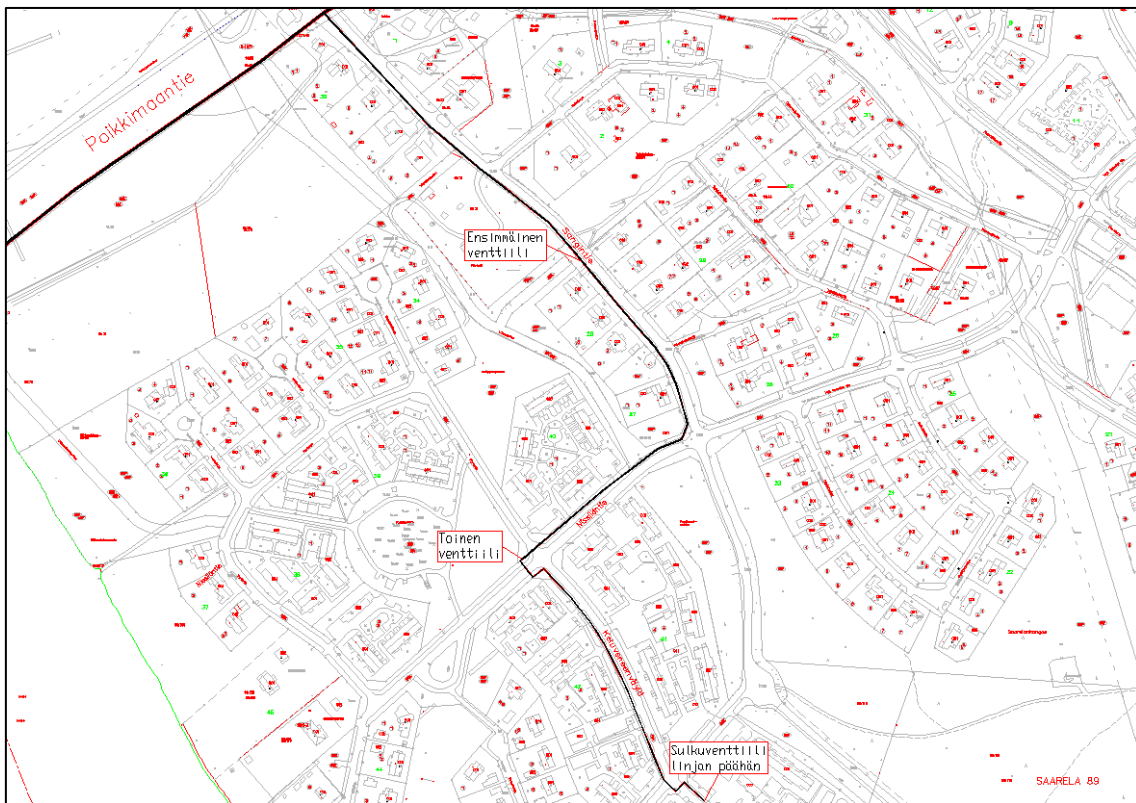


KUVA 8. Alueen lämmitysmuodot värikartalla



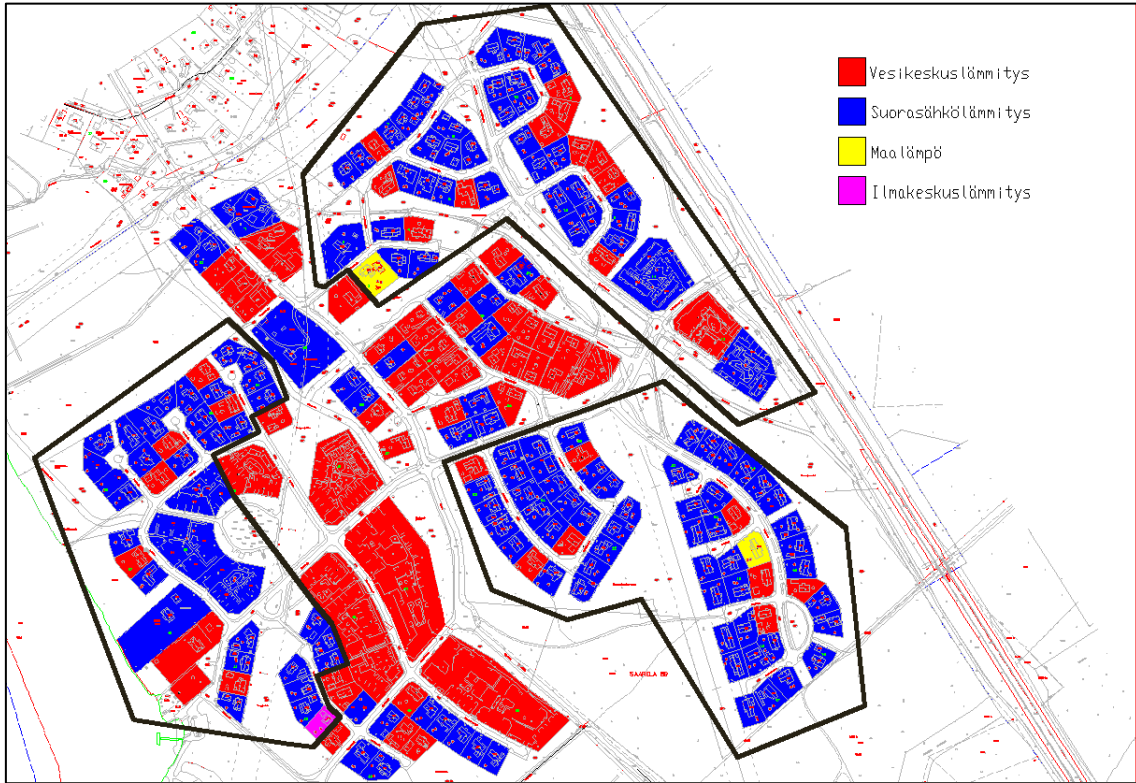
Toisena tehtävänä lämmitysmuotojen selvittämisen jälkeen, on kartoittaa alueen mahdolliset suurimmat kuluttajat ja niiden sijainnit eli vanhan Saarelan alueella sijaitsevat rivitalot. Rivitaloja on Keluveneenväylällä, Nissiläntiellä ja Pyrästiellä. Lisäksi aivan Yrjö Saarelan tien alkupäässä on Saarelan päiväkotia.

Koska suurin osa alueen rivitaloista sijaitsee Sangintien eteläpuolella, on järkevintä rakentaa siirtojohto Poikkimaantien rungosta Sangintien suuntaisesti kohti Saarelaa. Siirtojohto tuodaan Sangintietä pitkin aina Nissiläntien risteyskseen asti, mistä käännytään joen suuntaan Nissiläntietä etelään. Nissiläntietä jatketaan Keluveneenväylän risteyskseen asti ja johtoa rakennetaan Keluveneenväylää pitkin aina tien päässä oleville Sivakan rivitaloille asti. (Kuva 9.)



*KUVA 9. Saarelaan rakennettava siirtojohto*

Siirtojohtoon reitin valinnan jälkeen jätetään pois kaikki ne alueet, jossa vallitsevana lämmitysmuotona on suora sähkölämmitys. Tarkastelun perusteella pois jätetään alueet, jotka ovat Saarelan pohjoisosissa Vaalantien varressa, Yrjö Saarelan tien itäpuolella ja etelässä joen rannassa. (Kuva 10.)



*KUVA 10. Pois jätettävät alueet siirtojohtoon reittivalinnan perusteella*

Jäljelle jääville alueille rakennetaan siirtojohtoon omat haarot eli korttelijohtot. Ensimmäinen korttelijohto siirtojohtoon otetaan Keksikujan jälkeen tulevan viheralueen reunaan, mistä se vie polkua pitkin pohjoiseen Takalahdentien ja Muuraojantien omakotitaloille. Molemmille kaduille rakennetaan oma korttelijohto ja lisätään johtojen alkuun sulkuventtiilit. (Kuva 11.)

Toinen korttelijohto rakennetaan Pyrästien ja Nissiläntien risteykseen. Sen avulla liitetään Pyrästiellä oleva TA-asumisoikeus Saarela-rivitalo sekä Saponnikujan alkupäässä olevat omakotitalot verkkoon. (Kuva 11.)



TAULUKKO 3. Rakennusten ominaislämpötehot rakennustyypeittäin vuodelta 2006 (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 154)

Rakennustyyppit	Ominaislämpöteho (W/m <sup>3</sup> )	
	vanhat	uudet
Pientalot	22–30	18–20
Kerrostalot	22–28	15–20
Liikerakennukset	20–34	20–30
Julkiset rakennukset	28–38	25–32
Teollisuusrakennukset	25–35	15–25

Ominaislämpötehon arvoa käytettäessä on otettava huomioon, että ne ovat keskimääräisiä arvoja. Myös erikokoisille ja -ikäisille rakennuksille ominaislämpötehon arvo on erilainen. Uusiksi taloiksi on luokiteltu vuoden 2006 jälkeen rakennetut talot ja vanhoiksi ennen sitä rakennetut talot. Rivitalojen ominaislämpöteho käytetään ison pientalon mukaan otettua tehoa 28 W/m<sup>3</sup> ja omakotitalojen ominaislämpöteho käytetään arvoa 25 W/m<sup>3</sup>.

#### 4.2 Korttelijohtojen mitoitus

Saarelansaarentien korttelijohto on aivan verkoston häntäpäässä ja sen varrella olevat omakotitalot ovat verkoston viimeisiä asiakkaita. Alueen mitoitukseen lasketaan Varppikujan ja Vorokkikujan rakennusten tehontarve (taulukko 4). Kaikkien korttelijohtojen mitoituksessa otetaan huomioon myös lämpimän käyttöveden tehontarve yhden kerran. Sen arvona käytetään 63 kW, joka lisätään lopuksi yhteistehontarpeeseen.

TAULUKKO 4. Saarelansaarentien korttelijohdon mitoituslaskelma

Saarelansaarentien korttelijohto				
Katu	Talon nro.	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Vorokkikuja	3	621	25	15,5
	5	363	25	9,1
Varppikuja	1	570	25	14,3
	4	645	25	16,1
	6	339	25	8,5
Lämmin käyttövesi:				63,0
Yhteensä:				126,5

Laskelmien perusteella tehontarpeeksi saadaan 126,5 kW eli 0,1265 MW. Korttelijohdon putkikoko valitaan tehontarpeen perusteella, painehäviön ollessa korttelijohdolla 2 bar/km. Korttelijohdon putkikooksi valitaan DN40, jonka siirtokyky on 0,27 MW. DN32:n putkikokoa ei enää käytetä, vaikka se taulukossa vielä onkin.

Pyrästien korttelijohto haarautuu siirtojohdosta Pyrästien ja Nissiläntien risteyksestä. Korttelijohdon mitoitukseen lasketaan Pyrästiellä oleva TA-asumisoikeus Saarela rivitalo, sekä Saapponitien alussa olevat vesikiertoiset omakotitalot (taulukko 5). Koska korttelijohdon varrella on rivitalo, täytyy lämpimän käyttöveden tehontarve huomioida hiukan isommalla arvolla kuin pelkällä omakotitalo-alueella. Rivitalon lämpimän käyttöveden tehontarpeena käytetään 120 kW joka riittää kattamaan koko korttelijohdon.

TAULUKKO 5. Pyrästien korttelijohdon mitoituslaskelma

Pyrästien korttelijohto				
Katu	Talon nro.	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Pyrästie	10	3384	28	94,8
Saapponikuja	2	741	25	18,5
	3	441	25	11,0
Lämmin käyttövesi:				120,0
Yhteensä:				244,3

Tehontarpeeksi saadaan laskelman perusteella 244,3 kW eli 0,2443 MW. Putkikooksi korttelijohdolle saatiin putkikoon valintataulukosta DN40, jonka siirtokyky on 0,27 MW.

Takalahdentien ja Muuraojantien yhteiskorttelijohto rakennetaan siirtojohdosta Keksikujan jälkeen pohjoiseen. Korttelijohto lähtee aluksi yhteisjohtona sulkuventtiilistä, kunnes se saavuttaa Takalahdentien. Siitä johto jatkaa kahtena omana korttelijohtopätkänä pohjoiseen Muuraojantielle (taulukko 6) ja itään Takalahdentielle (taulukko 7). Laskelmissa lasketaan aluksi molempien teiden omat korttelijohdot ja lopuksi yhteinen johdon osa.

TAULUKKO 6. Muuraojantien korttelijohdon mitoituslaskelma

Muuraojantien korttelijohto				
Katu	Talon nro	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Muuraojantie	7	447	25	11,2
	8	528	25	13,2
	11	270	25	6,8
	12	225	25	5,6
	14	780	25	19,5
	16	480	25	12,0
	18	366	25	9,2
Lämmin käyttövesi:				63,0
Yhteensä:				140,4

Muuraojantien korttelijohdon tarvitsema tehontarve on 140,4 kW eli 0,1404 MW ja mitoituslaskelmien perusteella valitaan putkeksi DN40.

TAULUKKO 7. Takalahdentien korttelijohdon mitoituslaskelma

Takalahdentien korttelijohto				
Katu	Talon nro.	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Takalahdentie	6	330	25	8,3
	8	432	25	10,8
	9	432	25	10,8
	10	480	25	12,0
	12	225	25	5,6
	13	408	25	10,2
	14	285	25	7,1
	15	306	25	7,7
	16	345	25	8,6
	17	228	25	5,7
	19	405	25	10,1
	20	549	25	13,7
Lämmin käyttövesi:				63,0
Yhteensä:				173,6

Takalahdentien korttelijohdon tarvitsema tehontarve on 173,6 kW eli 0,1736 MW. Putkikoon valintataulukosta valitaan putkikooksi DN40, jonka siirtokyky on 0,27 MW. Kuten Muuraojantien korttelijohtoon, niin myös tähän korttelijohtoon jää hyvin tilaa ja mahdollisuuksia liittyä myöhemmin.

Takalahdentien ja Muuraojantien yhteiskorttelijohto mitoitetaan siirtojohtosta otettavasta haaroituksesta ensimmäiseen sulkuventtiin, laskemalla molempien teiden omien korttelijohtojen tehontarpeet yhteen ja valitsemalla putkikoko taulukosta. Yhteisen alkupätkän tehontarpeeksi saadaan (140,4 + 173,6) kW = 314 kW eli 0,314 MW. Putkikooksi valitaan DN50, jonka siirtokyky on 0,51 MW ja joka takaa verkon toimivuuden.

### 4.3 Siirtojohdon mitoitus

Korttelijohtojen mitoituksen jälkeen mitoitetaan siirtojohto Poikkimaantien rungosta Keluveneenväylän päähän asti. Mitoitus aloitetaan siirtojohdon viimeisestä osasta, eli Keluveneenväylän alussa olevasta sulkuventtiilistä tien päähän asti ulottuvasta pätkästä (taulukko 8). Tehoihin lasketaan Keluveneenväylän kiinteistöt ja lisätään siihen Saarelansaarentien korttelijohdon tehontarve.

TAULUKKO 8. Keluveneenväylän siirtojohdon mitoituslaskelma

Keluveneenväylän siirtojohto				
Katu	Talon nro.	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Keluveneenväylä	1	10899	28	305,2
	2	2283	28	63,9
	4	3639	28	101,9
	7	11205	28	313,7
	8	2001	28	56,0
	12	504	25	12,6
Saarelansaarentien korttelijohto				126,5
Yhteensä:				979,9

Siirtojohdon loppupään, eli Keluveneenväylän siirtojohdon tarvitsemaksi tehoksi saadaan 979,9 kW eli 0,9799 MW. Siirtojohto valitaan putkikoon valintataulukosta (liite 3) runkojohdon painehäviöllä 1 bar/km, siirtojohdon tehontarpeen perusteella. Mitoituksen perusteella valitaan putkikooksi DN80, jonka siirtokyky on 1,1 MW.

Siirtojohdon mitoituksessa seuraavana laskettavana osana on osa, joka lähtee Takalahdentien ja Muuraojantien yhteiskorttelijohdon jälkeen asennettavasta sulkuventtiilistä ja päättyy Nissiläntien ja Keluveneenväylän risteyksessä olevaan sulkuventtiiliin. Tehontarpeisiin täytyy nyt laskea Pырästien korttelijohto ja Keluveneenväylän siirtojohto. Lisäksi tarvitaan tehontarpeet Nissiläntien, Takalahdenkujan ja Sangintien loppupäässä olevilta rakennuksilta. (Taulukko 9.)



TAULUKKO 9. Siirtojohton toisen venttiilinvälin mitoituslaskelma

Siirtojohto toisen ja kolmannen sulkuventtiilin välillä				
Katu	Talon nro.	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Nissiläntie	4	4206	28	117,8
Sangintie	155	315	25	7,9
	159	300	25	7,5
	161	270	25	6,8
	180	579	19	11,0
	182	252	25	6,3
Takalahdenkuja	2	855	25	21,4
Pyrästien korttelijohto				244,3
Keluveeneenväylän siirtojohto				979,9
Yhteensä:				1402,8

Siirtojohton toisen venttiilinvälin tarvitsema tehontarve on 1 402,8 kW eli 1,4028 MW. Valitaan toisen venttiilinväliin putkikooksi DN100, jonka siirtokyky on 2,1 MW. Kuten edellä, siirtojohto on valittu runkojohton taulukosta painehäviön ollessa 1 bar/km.

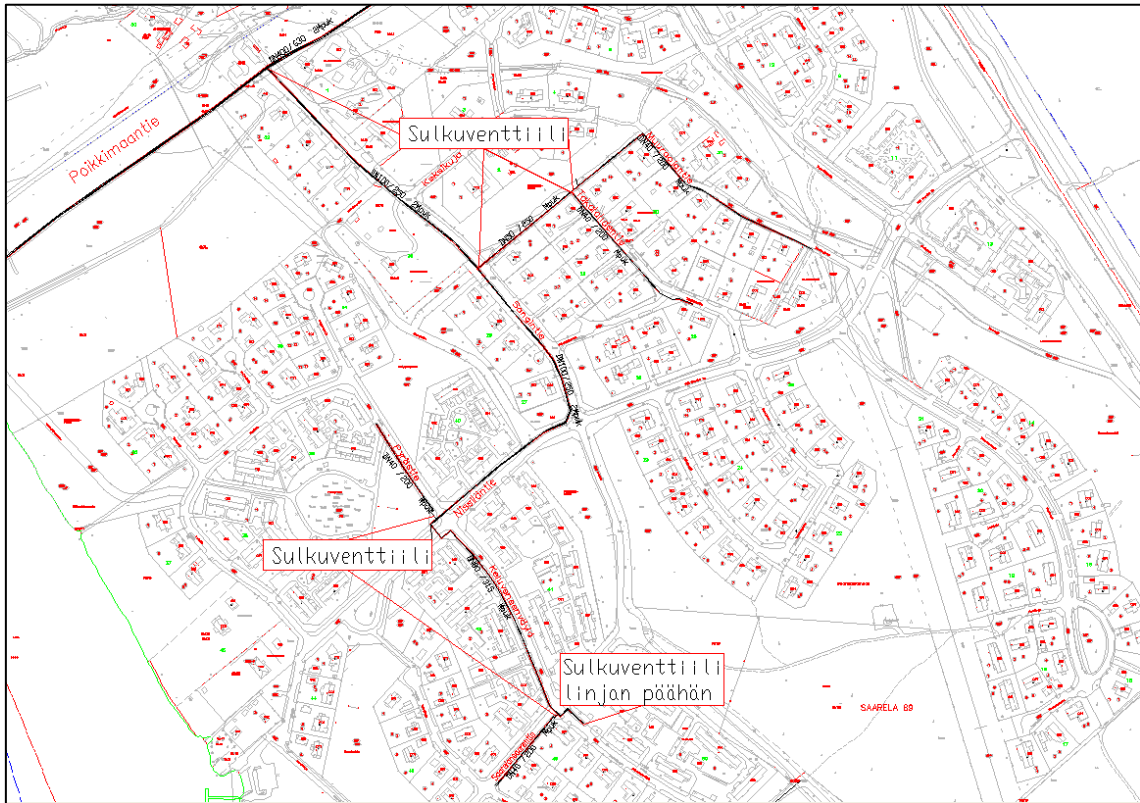
Lopuksi lasketaan siirtojohton ensimmäinen venttiilinväli, eli väli Poikkimaantien runkojohton ensimmäiseen venttiiliin, joka on ennen ensimmäistä haaroitusta (taulukko 10). Ensimmäisen venttiilinvälin putkikoon määrittämiseksi täytyy laskea yhteen kaikkien liitettävien rakennusten tehontarpeet.

TAULUKKO 10. Siirtojohton mitoituslaskelma rungosta ensimmäiseen venttiiliin

Siirtojohto rungosta ensimmäiseen venttiiliin				
Katu	Talon nro.	Yhteistilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
Keksikuja Sangintie	2	492	25	12,3
	143	444	25	11,1
	145	744	25	18,6
	162	375	25	9,4
	164	480	25	12,0
	166	804	25	20,1
Siirtojohto toisen ja kolmannen sulkuventtiilin välillä				1402,8
Muuraojantien korttelijohto				140,4
Takalahdentien korttelijohto				173,6
Yhteensä:				1800,3

Rungosta ensimmäiseen venttiiliin olevan siirtojohton tehontarpeeksi saadaan 1 800,3 kW eli 1,8003 MW. Tehontarpeen perusteella myös siirtojohton alkuun putkikooksi tulee DN100, siirtokyvyllä 2,1 MW. Siirtojohtoon jää siis hyvin tilaa, jos tulevaisuudessa tulee lisää kaukolämpöön liittyjiä.

Verkostoon rakennetaan kolme eri osaa siirtojohtoa, jotka jaetaan sulkuventtiilien avulla. Lisäksi verkostoon rakennetaan kolme eri korttelijohtoa, jotka haaroitetaan siirtojohtosta suunnitelmien mukaan. Putkikoot verkostossa ovat DN100, DN80 ja korttelijohdoissa DN50 ja DN40. DN100 -putkikoko rakennetaan 2Mpuk:na ja kaikki loput putket Mpuk:na. Verkostoon asennetaan myös 9 paria sulkuventtiilejä. (Kuva 12.)



*KUVA 12. Saarelaan rakennettava kaukolämpöverkosto putkikokoineen ja sulkuventtiileineen*

#### **4.4 Kustannusarvio**

Rakentamiskustannuksiin lasketaan kaikki tarvittavat putkimateriaalit, putki- ja liitostyöt sekä maanrakennustyöt. Putkimateriaalikustannuksiin lasketaan putkielementit, venttiilit ja erilaiset osat kuten kulmat ja haaroituskappaleet. Putki- ja liitostöihin kuuluvat putkien hitsaukset, tarvittavat liitostyöt ja eristykset sekä putkien ajo työmaalle. Maanrakennustöihin kuuluvat elementtikaivannot, kaivot ja peittotyöt. Kustannuslaskelmassa käytetyt hinnat ovat Oulun Energian keskimääräisiä vuoden 2010 arvonlisättömiä hintoja, jotka voivat vaihdella suuresti erilaisissa kohteissa. (Taulukko 11.)

TAULUKKO 11. Siirto johdon ja korttelijohtojen rakentamiskustannukset

Siirto johdon ja korttelijohtojen rakentamiskustannukset				
Siirto johdon osa	Putkikoko ja tyyppi	Metrimäärä	Rakentamiskustannukset €/m	Yhteensä €
Rungosta ensimmäiseen venttiiliin	DN100 2Mpuk	281	212	59572
Ensimmäisestä venttiilistä toiseen venttiiliin	DN100 2Mpuk	305	212	64660
Toisesta venttiilistä kolmanteen venttiiliin	DN80 Mpuk	257	191	49087
Korttelijohdon osa				
Saarelansaarentien kj.	DN40 Mpuk	88	130	11440
Pyrästien kj.	DN40 Mpuk	105	130	13650
Muuraojantien kj.	DN40 Mpuk	267	130	34710
Takalahdentien kj.	DN40 Mpuk	115	130	14950
Muuraojantien ja Takalahdentien yhteisjohto	DN50 Mpuk	119	147	17493
Yhteensä:				265562

Verkon rakentamiskustannukset ilman talojohtoja ovat yhteensä 265 562 €. Kannattavuuslaskelmassa verrataan rakentamiskustannuksia liittymismaksuista saataviin tuloihin (taulukko 12). Liittymismaksu on nimensä mukaisesti maksu, jolla talo liitetään kaukolämpöverkkoon. Liittymismaksuun lasketaan myös kiinteistölle rakennettavan talojohdon rakennuskustannukset. Liittymismaksun laskentakaavassa yhden omakotitalon talojohdon metrimääränä on käytetty 20 metriä ja rivitalolla 35 metriä. Nämä arvot on otettu oletusarvoiksi, koska todellisia talojohtojen mittoja ei tiedetä. Liittymismaksun laskennassa noudatetaan Oulun Energian liittymismaksuohjetta. (Liite 4.)

TAULUKKO 12. Liittymismaksut ilman jyvitystä

Liittymismaksut				
Rakennus	Tilausvesivirta V (m <sup>3</sup> /h)	Metrimäärä L (m)	Laskentakaava	Liittymismaksun suuruus €
Omakotitalot 39kpl	0,15	20	(2640+78*L)*39	163800
Rivitalot:				
Keluveeneenväylä 1	2,83	35	5600+4320*V+115*L	21851
Keluveeneenväylä 2	0,6	35	1280+6650*V+90*L	8420
Keluveeneenväylä 4	0,95	35	1280+6650*V+90*L	10748
Keluveeneenväylä 7	2,93	35	5600+4320*V+115*L	22283
Keluveeneenväylä 8	0,52	35	1280+6650*V+90*L	7888
Nissiläntie 4	1,09	35	1280+6650*V+90*L	11679
Pyrästie 10	0,88	35	1280+6650*V+90*L	10282
Yhteensä:				256951

Liittymismaksuista yhteensä saatava tulo on 256 951 €. Vanhalla asuinalueella on kuitenkin tapana vielä jyvittää siirto- ja korttelijohtojen rakentamiskustannukset (taulukko 13). Se tarkoittaa sitä, että lasketaan yhteen siirto- ja korttelijohdon rakentamiskustannukset ja jaetaan se sitten verkostoon liittyjien kesken. Menetelmää ei sovelleta kuin vanhoilla asuinalueilla.

Omakotitalojen jyvitysosuuden laskuissa käytetään kaikille omakotitaloille samaa tehontarvetta, joka on 15 kW. Omakotitalojen yhteenlaskettu tehontarve jaetaan verkoston yhteenlasketulla tehontarpeella ja kerrotaan rakentamiskustannuksilla, josta saadaan omakotitalojen yhteinen osuus verkoston jyvityksestä euroissa. Kun yhteinen osuus vielä jaetaan omakotitalojen lukumäärällä, saadaan yhdelle omakotitalolle jyvitysosuudeksi 2 430 €.

Rivitalojen jyvitysosuuden laskennassa lasketaan jokaiselle liittyvälle rivitalolle oma osuus jyvityksestä. Laskenta tapahtuu samaan tapaan kuin omakotitalojen osuuksien laskussa, eli jaetaan rivitalojen yhteenlaskettu tehontarve koko

verkoston yhteenlasketulla tehontarpeella ja kerrotaan se rakentamiskustannuksilla. Saatu rivitalojen osuus jyvityksestä euroina jaetaan rivitalojen tehontarpeella, josta saadaan yhdelle kW:lle eurohinta. Tämä kerrotaan jokaisen rivitalon omalla tehontarpeella, josta saadaan kaikille rivitaloille oma osuus verkoston jyvityksestä.

TAULUKKO 13. Verkoston jyvitys

Verkoston jyvitys				
Rakennus	Tehontarve kW	Hinta €/kW	Jyvitysosuus €	Jyvitykset yhteensä €
Omakotitalot (39kpl)	15	162,03	2430	94784
Rivitalot:				
Keluveeneenväylä 1	305	162,03	49419	49419
Keluveeneenväylä 2	64	162,03	10370	10370
Keluveeneenväylä 4	102	162,03	16527	16527
Keluveeneenväylä 7	314	162,03	50876	50876
Keluveeneenväylä 8	56	162,03	9074	9074
Nissiläntie 4	118	162,03	19120	19120
Pyrästie 10	95	162,03	15392	15392
Yhteensä:				265562

Edellä tehty jyvitys on laskettu sillä perusteella, että kaikki suunnitellut rakennukset liittyisivät kaukolämpöön. Tämä on kuitenkin todella epätodennäköistä näin uudella asuinalueella, koska kokemusten perusteella hyvin pieni osa omakotitaloista ja muutama rivitalo olisi todennäköisempi liittymäärä.

Jotta kannattavuus saadaan laskettua, tarvitsee rakennuskustannuksiin vielä lisätä talojohtojen rakentamiskustannukset. (Taulukko 14.)

TAULUKKO 14. Talajohtojen rakentamiskustannukset

Alueen talajohtojen rakentamiskustannukset				
Rakennukset	Putkikoko ja tyyppi	Metrimäärä yht.	Rakentamiskustannukset €/m	Yhteensä €
Omakotitalot 39kpl	DN20 Mpuk	780	140	109200
Rivitalot:				
Keluveneenväylä 1	DN40 Mpuk	35	130	4550
Keluveneenväylä 2	DN25 Mpuk	35	130	4550
Keluveneenväylä 4	DN25 Mpuk	35	130	4550
Keluveneenväylä 7	DN40 Mpuk	35	130	4550
Keluveneenväylä 8	DN25 Mpuk	35	130	4550
Nissiläntie 4	DN40 Mpuk	35	130	4550
Pyrästie 10	DN25 Mpuk	35	130	4550
Yhteensä:				141050

Kannattavuuslaskelmassa verrataan rakentamiskustannuksia liittymismaksuista saataviin tuloihin. Rakentamiskustannukset koostuvat siirtojohtojen, kortteli-johtojen ja talajohtojen rakentamiskustannuksista, ja niistä vähennetään liittymismaksut, joihin on lisätty jyvitykset.

Edellä lasketut kustannukset ja saatavat tulot on laskettu siten, että kaikki suunnitellut kiinteistöt liittyisivät verkostoon. Vanhoilla kaava-alueilla liittymismäärä on Oulun Energian rakentamiskokemuksen mukaan maksimissaan 50 %. Kuitenkin kaukolämpöverkosto joudutaan rakentamaan suurimpien putkien osalta lähes täydellisenä. Täten asiakkaiden määrän pieneneminen näkyy lähinnä vain talajohtojen määrän vähenemisenä.

Liittymistä vaikeuttavat asiakkaiden lämmityslaitteiden erilainen kunto. Liittymisentarve ei tule yhtä aikaa kaikille ja usein käy niin, ettei riittävää alku-kuormaa saada verkostoon ja verkosto jää rakentamatta. Muutaman vuoden päästä osa on jo uusinnut laitteensa ja seuraavilla taas olisi halukkuutta liittyä kaukolämpöön, mutta jälleen kerran se ei ole teknisesti mahdollista, koska ei taaskaan saada riittävästi kuormaa verkostoon.

On realistista olettaa, että liittyjiä olisivat molemmat Sivakan rivitalot ja ehkä yksi rivitalo näiden lisäksi. Myös muutama, maksimissaan viisi omakotitaloa, laskeaan realistiseen vaihtoehtoon. Tämän vuoksi kannattavuuslaskelma lasketaan A- ja B-vaihtoehtoilla, joita jälkimmäinen kuvaa edellä esitettyä, realistista vaihtoehtoa.

#### **4.5 Kannattavuuslaskelma**

Kannattavuuslaskelmissa vertailtiin annuiteettimenetelmällä laskettua vuosikustannusta vuosituottoon. Vuosikustannukset muodostuvat rakennettavan kaukolämpöverkoston nettoinvestoinnista, sen ylläpitokustannuksista ja kaukolämmön tuotantokustannuksista. Vuosituottoon lasketaan verkostoon liittyviltä asiakkailta perittävät perus- ja energiamaksut. Perusmaksu on kaukolämmöstä perittävä vuosittainen maksu ja energiamaksu peritään asiakkailta kulutuksen mukaan.

Perusmaksun ja energiamaksun laskennassa on käytetty Oulun Energian runkoverkon perus- ja energiamaksuohjetta (liite 5). Ylläpito- ja tuotantokustannuksien laskelmissa käytetyt arvot ovat Oulun Energialta saatuja arvioituja tietoja kustannuksista.

##### **4.5.1 Kannattavuuslaskelma vaihtoehto A**

Omakotitaloja suunnitellulla alueella on yhteensä 39 ja rivitaloja 7. Vaihtoehto A:n laskelmaan on otettu mukaan, että 10 omakotitaloa ja 3 suurinta rivitaloa liittyisi verkostoon. Tällä liittymäärällä saadaan lämmitysenergian kulutuksen mukaan laskettuna liittymisasteeksi noin 57 %, joka on todella optimistinen ja hyvin epätodennäköinen. Pitoaikana käytetään 15 vuotta ja laskentakorkona 5 %. Laskelma on kuvattu liitteessä 6/1.

Laskelman perusteella kaukolämpöverkoston rakentamisen investointikustannuksiksi saadaan 307 089,9 €. Asiakkaiden liittymismaksujen vähentämisen jälkeen verkoston nettoinvestoinniksi tulee 209 278,2 €. Verkoston ylläpitokustannukset ovat 7 150 € vuodessa ja tuotantoon menee 40 600 €. Vuosikustannuksiksi saadaan annuiteettimenetelmällä laskettuna 67 912,3 €. Vuosituotosta



57 842,3 € vähennetään vuosivuositukustannukset, saadaan vuositulokseksi -10 070,02 € tappiota.

Vaihtoehto A:n mukaan noin 57 %:n liittymisasteella tulos olisi reilun 10 000 € tappiolla. Kuten edellä jo mainittiin, vanhalla alueella liittymisaste on usein maksimissaan 50 % ja yleensä huomattavasti pienempi. Koska positiivisen tuloksen tekemiseen tarvitaan vielä suurempi liittymisaste, on alueen rakentaminen voitollisena hyvin epätodennäköistä.

#### **4.5.2 Kannattavuuslaskelma vaihtoehto B**

Vaihtoehto B:n laskelmaan on laskettu mukaan Sivakan rivitalot eli Keluveneenväylä 1 ja 7 sekä viisi omakotitaloa. Tällä liittymäärällä saadaan lämmitysenergian kulutuksen mukaan laskettuna liittymisasteeksi noin 43 %, joka on myös aika optimistinen, mutta tällä alueella kaikkein todennäköisin liittymisaste verkostoon liittyyiksi. Laskelma on kuvattu liitteessä 6/2.

Kannattavuuslaskelman perusteella kaukolämpöverkoston rakentamisen investointikustannuksiksi saadaan 288 539,9 €. Asiakkaiden liittymismaksujen vähentämisen jälkeen verkoston nettoinvestoinniksi tulee 223 406,7 €, joka jää suuremmaksi summaksi kuin vaihtoehto A:ssa asiakkaiden vähenemisen takia. Verkoston ylläpitokustannukset tosin ovat huomattavasti pienemmät, 3 850 € vuodessa ja tuotantoon menee myös vähemmän, 30 660 €. Vuosikustannuksiksi saadaan annuiteettimenetelmällä laskettuna 56 033,5 €. Vuositulosta 43 915,33 € vähennetään vuosikustannukset ja saadaan vuositulokseksi -12 118,18 €.

Vaihtoehto B on liittymisasteeksi realistisin vaihtoehto, mutta kuten kannattavuuslaskelma edellä osoittaa, 15 vuoden pitoajalla ja 5 %:n korolla kannattamaton sijoitus.

### 4.5.3 Kannattavuuden yhteenveto

Koska kyseessä on vanha asuinalue, jätettiin 100 %:n liittymisasteella laskenta suosiolla pois. Kannattavuuslaskelmat on myös tehty ilman siirto- ja korttelijohdosten jyvittämistä. Vaihtoehto A:n mukaan tehty laskenta on todella optimistinen, ja kuten laskelma osoittaa, 57 %:n liittymisasteellakin alueen liittäminen verkostoon on kannattamaton sijoitus. Vaihtoehto B on realistisin vaihtoehto liittymisasteeksi ja näin pienellä liittymisasteella on kustannuksia karsittava huomattavasti, että alueen rakentamisen tappiota saataisiin edes hieman positiivisen tuloksen suuntaan.

Yksi keino paremman tuloksen saamiseksi on laskea kannattavuuslaskelma aiempaa suuremmalla pitoajalla ja pienemmällä korolla. Vaihtoehto A:n vuositulo on 30 vuoden pitoajalla ja 3 %:n korolla noin 600 € tappiolla. Vaikka edellä mainituilla laskentaehdoilla laskettuna tulos painuu lähelle nollaa, on se edelleen tappiollinen tulos. Vaihtoehto B:n vuosituloksen tappio 30 vuoden pitoajalla ja 3 %:n korolla myös pienenee, mutta on edelleen tappiolla noin 2 000 €. 30 vuoden pitoajalla ja 3 %:n korolla positiivinen tulos saadaan, kun liittymisaste on 59 %. Positiivisen tuloksen saavuttamiseen 15 vuoden pitoajalla ja 5 %:n korolla liittymisasteen tulisi olla noin 82 % yhteistehontarpeen perusteella laskettuna.

Pelkästään kannattavuuslaskelmien perusteella voidaan todeta, että ilman poikkeuksellisen suurta liittymisastetta on kaukolämpöverkon rakentaminen vanhan Saarelan alueelle kannattamaton sijoitus. Positiiviseen tulokseen voitaisiin kuitenkin päästä jyvittämällä siirto- ja korttelijohdon rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelman laskeminen ottamalla huomioon CHP-tuotannosta saatavat hyödyt lopullisissa laskelmissa.

## 5 UUSI SAARELAN ALUE

Uusi Saarelan alue eli Itä-Saarelan alue on vasta kaavoituksessa oleva, nimensä mukaisesti vanhan Saarelan itäpuolella oleva kaava-alue. Alueen rajoina ovat lännessä vanhan Saarelan asuntoalue, pohjoisessa Vaalantie, etelässä Oulujoki ja idässä Kero-oja. Alueella on muutamia jo aikaisemmin rakennettuja kiinteistöjä ja ne otetaan myös huomioon verkoston mitoituksessa.

Alueelle on tämän työn kuluessa tehty asemakaavaluonnos (liite 7). Luonnos koostuu pääosin erillispientalojen korttelialueista, asuinpientalojen korttelialueista, asuinkerrostalojen ja rivitalojen korttelialueista sekä rivitalojen ja muiden kytkettyjen asuinrakennusten korttelialueesta. Luonnoksessa on myös lähipalvelurakennusten korttelialue, johon voidaan rakentaa esimerkiksi kauppa.

Lähtökohta alueen kaukolämpöön liittämiseen on koko alueen rakentamisen aloittaminen. Kun asemakaava ja alueelle tarjottavat lämmitysmuodot sekä rakentamisaikataulu on päätetty, on kaukolämmön rakentaminen ajankohtaista. Tässä työssä mitoitetaan alueelle kaukolämpöverkosto ja tutkitaan alueen kaukolämpöön liittämisen kannattavuutta sen avulla. Samalla myös rajataan pois alueet, joihin valitaan jokin muu lämmitysmuoto kuin kaukolämpö (kuva 13). Tämän tarkastelun perusteella kaikki alueelle jo rakennetut kiinteistöt, joilla on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, sijaitsevat niin kaukana siirtojohdon reitistä, ettei niitä huomioida mitoituksessa.

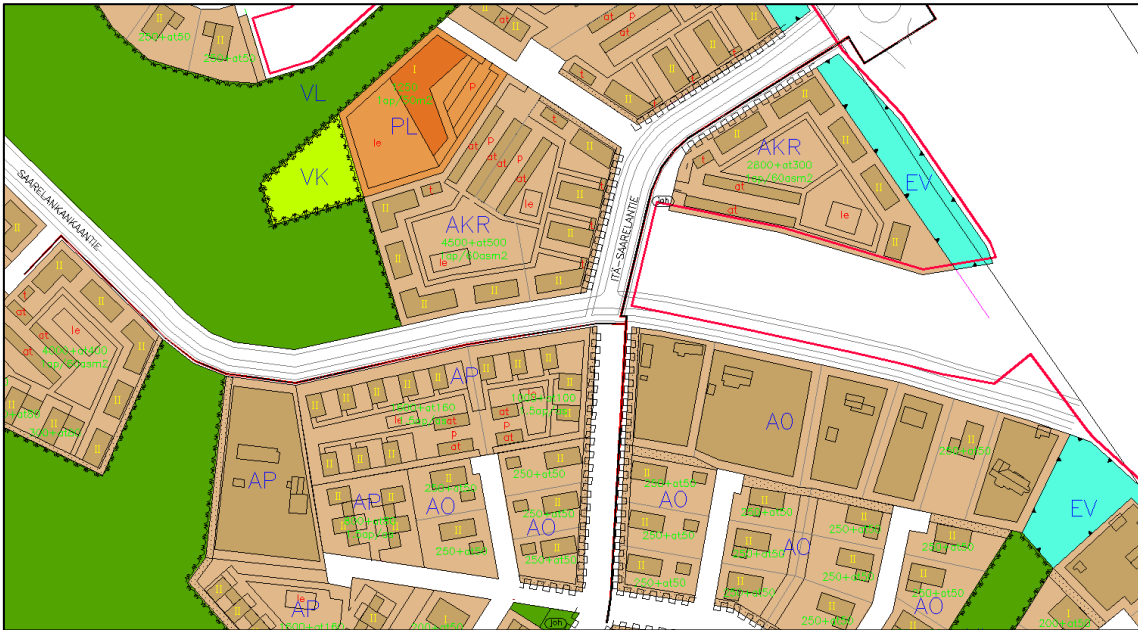


*KUVA 13. Pois rajatut alueet*

Vanhan alueen mitoituksesta poiketen uuden alueen mitoitus tehdään asemakaavaan merkittyjen korttelialueiden rakentamisoikeuksien perusteella. Tämä tehdään siksi, koska ei vielä tiedetä alueella olevien kiinteistöjen lämmitysmuotoja, kuten vanhalla alueella tiedettiin.

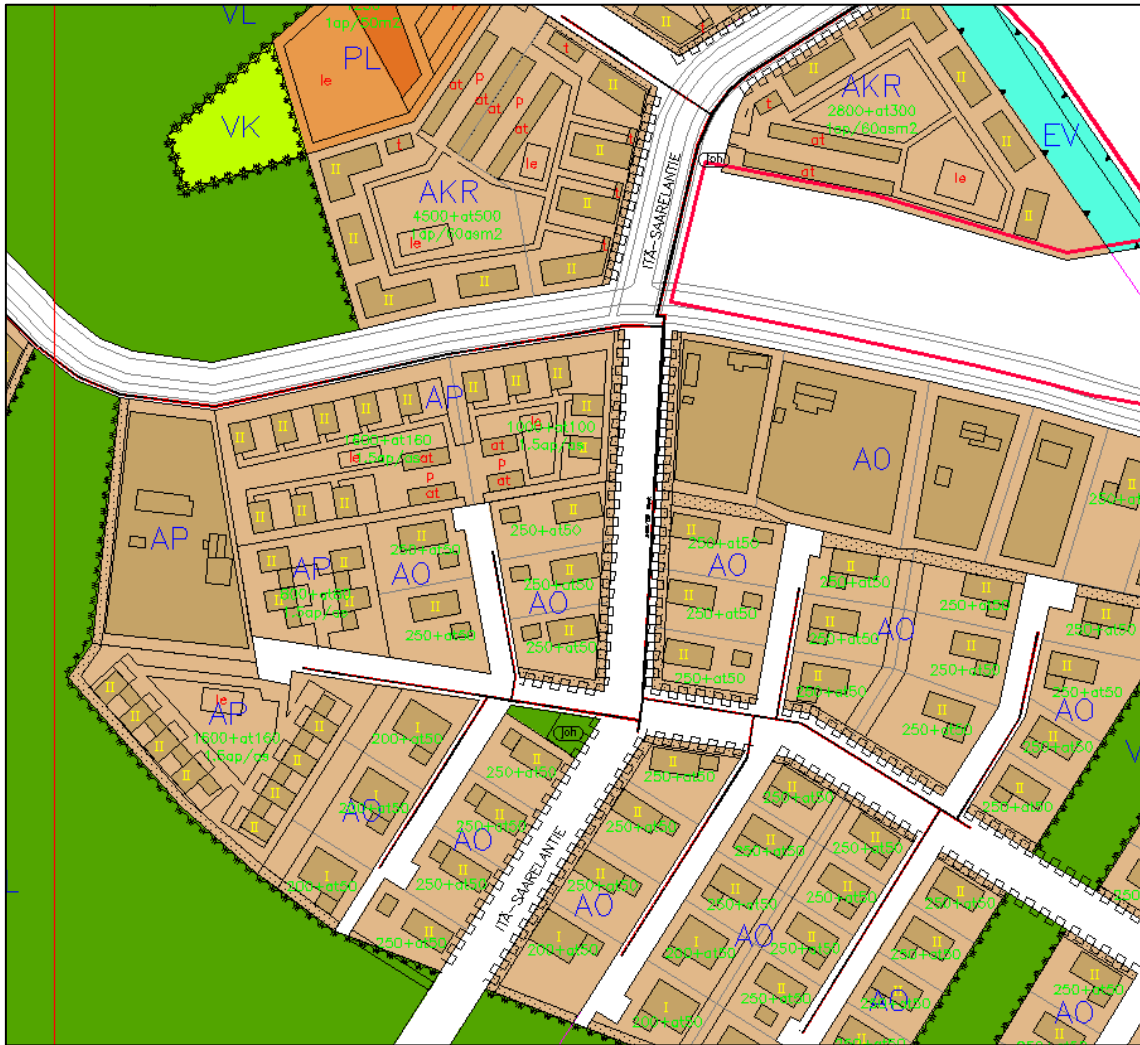
Asemakaavaluonnoksen ja korttelialueiden tyyppien tutkimisen perusteella voidaan siirtojohton reitti jo suunnitella. Siirtojohto lähtee Vaalantien pohjoispuolelta Kivikkokankaalta, jossa on runkojohtona DN300 2Mpuk. Kivikkokankaalta johto rakennetaan Vaalantien ali itä-Saarelan tielle. Itä-Saarelan tietä pitkin johtoa rakennetaan etelään aina Saarelankankaantielle asti. Siirtojohtoon asennetaan tässä kohti t-haaroitusosa ja toinen haara siirtojohtosta jatkaa Saarelankankaantien suuntaisesti länteen ulottuen viimeiselle rivitaloalueelle.

Toinen haara jatkaa etelään menevää tietä ensimmäiseen risteykseen asti, mihin asennetaan sulkuventtiili. (Kuva 14.)



*KUVA 14. Itä-Saarelaan rakennettava siirtojohto*

Siirtojohtoon reitin valinnan jälkeen tutkitaan alueelle tarvittavien korttelijohtojen sijainnit. Korttelialuetyyppien tutkimisen jälkeen voidaan päättää myös korttelijohtojen sijainnit. Ensimmäinen korttelijohto rakennetaan Vaalantien alituksen jälkeen tulevaan risteykseen, missä on tien päässä kaksi korttelialuetta asuinkerros- ja rivitaloille sekä lähipalvelurakennusten korttelialue. Toinen ja kolmas korttelijohto rakennetaan siirtojohtoon eteläpäähän, mistä otetaan haaroitukset korttelijohdoille sekä länteen että itään päin. (Kuva 15.)



KUVA 15. Itä-Saarelaan rakennettavat korttelijohdot

## 5.1 Alueen mitoitus

Uuden alueen mitoitus siis eroaa vanhan alueen mitoituksesta sillä, että vielä ei ole tiedossa muuta kuin alueelle rakennettavien talojen rakennusoikeudet. Kaukolämpöverkosto alueelle mitoitetaan juuri näiden rakennusoikeuksien avulla. Luonnoksessa on merkattu tonteille sallitut rakennusoikeudet pinta-aloina ja ne muutetaan tilavuudeksi kertomalla pinta-alat huonekorkeudella. Huonekorkeutena käytetään kolmea metriä.

Kuten vanhalla alueella, tilavuudet sitten kerrotaan ominaislämpötehon arvoilla josta saadaan alueen tehontarve. Ominaislämpötehojen arvot saadaan

taulukosta 3, uusien rakennusten kohdasta. Pientalojen arvona käytetään  $19 \text{ W/m}^3$ , lähipalvelurakennuksen arvona  $22 \text{ W/m}^3$  ja asuinkerrostalojen ja rivitalojen arvona  $17 \text{ W/m}^3$ .

## 5.2 Korttelijohtojen mitoitus

Alueelle rakennetaan kolme eri korttelijohtoa ja niiden putkikoot mitoitetaan ensimmäisenä. Korttelijohtojen putkikoot valitaan putkikoonvalintataulukosta (liite 3) painehäviön ollessa  $2 \text{ bar/km}$ . Lisäksi jokaisen korttelijohdon mitoituksessa on otettu huomioon lämpimän käyttöveden tehontarve, asuin- ja pientaloalueella  $63 \text{ kW}$  ja rivitaloalueella  $120 \text{ kW}$ .

Ensimmäinen mitoitettava korttelijohto on siirto johdon eteläpäästä itään lähtevä korttelijohto. Alue koostuu kahdenkokoisista erillispientaloista, joiden tehontarve on  $17,1 \text{ kW}$  ja  $14,25 \text{ kW}$ . (Taulukko 15.)

TAULUKKO 15. Eteläpään itään rakennettava korttelijohto

Eteläpään itään rakennettava korttelijohto				
Kortteli	Lukumäärä	Tilavuus $\text{m}^3$	Ominaislämpöteho $\text{W/m}^3$	Tehontarve $\text{kW}$
AO <sub>1</sub>	27	900	19	17,1
AO <sub>2</sub>	5	750	19	14,25

Alueella on 32 erillispientalotonttia, joista 27 on isompia eli  $17,1 \text{ kW}$ :n tehontarpeella olevia taloja ja loput pienempiä,  $14,25 \text{ kW}$ :n tehontarpeella olevia taloja. Näin ollen alueen tehontarpeeksi saadaan  $27 \cdot 17,1 \text{ kW} + 5 \cdot 14,25 \text{ kW} + 63 \text{ kW} = 595,95 \text{ kW}$ , eli noin  $0,60 \text{ MW}$ . Putkikoon valintataulukosta valitaan korttelijohdoksi DN65, siirtokyvyllä  $0,99 \text{ MW}$ , jolla rakennetaan korttelijohto venttiilistä ensimmäiseen risteykseen. Risteyksestä rakennetaan haaroitukset pohjoiseen ja etelään DN40- putkikoolla, joista sitten otetaan rakennuksille talojohdot kun talot ovat valmiina kaukolämpöön liittämiseen. Kun vähennetään ensimmäisen risteyksen haaroitusten vaatima tehontarve koko tehontarpeesta, voidaan putkikoko risteyksen jälkeen supistaa DN50: een. Tällä putkikoolla

rakennetaan loput korttelijohdosta tien päähän asti. Tien päässä rakennetaan vielä haaroitukset pohjoiseen ja etelään putkikoolla DN40.

Toinen korttelijohto on myös siirto johdon eteläpäässä. Mitoitettava korttelijohto lähtee siirto johdosta länteen ja korttelijohtoon liitettävä alue koostuu kahden kokoisista erillispientaloista ja kahdesta erikokoisesta asuinpientaloalueesta. Asuinpientalokorttelialueelle voi myös rakentaa rivitaloja ja tässä tapauksessa asemakaavaan on piirretty kaksi erikokoista rivitaloa. Erillispientalojen tehontarpeina käytetään 17,1 kW ja 14,25 kW ja alueen rivitalojen tehontarpeina 44,9 kW ja 89,8 kW. (Taulukko 16.)

*TAULUKKO 16. Eteläpään länteen rakennettava korttelijohto*

Eteläpään länteen rakennettava korttelijohto				
Kortteli	Lukumäärä	Tilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
AO <sub>1</sub>	9	900	19	17,1
AO <sub>2</sub>	3	750	19	14,25
AP <sub>1</sub>	1	2640	17	44,9
AP <sub>2</sub>	1	5280	17	89,8

Korttelijohdon mitoitusalueelle on kaavoitettu 9 isoa ja 3 pientä erillispientalontonttia ja kaksi erikokoista rivitalokorttelia. Alueen lämpimän käyttöveden tarve huomioidaan 150 kW:lla, koska alueella on sekä rivi- että pientaloja. Alueen tehontarve on  $(9 \cdot 17,1 + 3 \cdot 14,25 + 44,9 + 89,8 + 150)$  kW = 481,45 kW, eli noin 0,482 MW. Korttelijohdon putkikooksi valitaan DN50, jonka siirtokyky painehäviöllä 2 bar/km on 0,51 MW. DN50- putkikoolla rakennetaan johtoa risteykseen asti, mistä otetaan haaroitukset sekä pohjoiseen että etelään DN40- putkikoolla. Myös loppupätkä korttelijohdosta supistetaan DN40: een, koska kadun rivitalojen tehot eivät vaadi isompaa DN- kokoa.

Kolmas mitoitettava korttelijohto rakennetaan aivan kaava-alueen pohjoisosaan, Vaalantien alituksen jälkeen länteen kääntyvälle tielle. Alue koostuu kahdesta asuinkerrostalojen ja rivitalojen korttelialueesta sekä lähipalvelurakennuksesta.



Asuinkerrostalojen ja rivitalojen korttelialueiden tehontarpeena käytetään 295,8 kW ja 255 kW ja lähipalvelurakennuksen tehontarpeena 82,5 kW. Koska lähipalvelurakennus ei luultavasti käytä paljoakaan lämmintä käyttövettä, käytetään tehontarpeena 150 kW. (Taulukko 17.)

TAULUKKO 17. Verkoston pohjoisosaan rakennettava korttelijohto

Verkoston pohjoisosaan rakennettava korttelijohto				
Kortteli	Lukumäärä	Tilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
PL	1	3750	22	82,5
AKR <sub>1</sub>	1	17400	17	295,8
AKR <sub>2</sub>	1	15000	17	255,0

Korttelijohdon mitoitusta varten laskettava alueen tehontarve on siis  $(295,8 + 255 + 82,5 + 150) \text{ kW} = 783,3 \text{ kW}$ , eli 0,783 MW. Taulukosta putkikooksi valitaan DN65 siirtokyvyltä 0,99 MW. DN65-putkikoolla rakennetaan koko katu päätyyn asti, koska katu on suora ja ei ole tietoa rakennusten teknisten tilojen paikoista. Korttelijohdosta otetaan sitten jokaiselle kiinteistölle omat talojohdot, kun lämpöön kytkeminen on ajankohtainen.

### 5.3 Siirto johdon mitoitus

Siirtojohto on jaettu neljään osaan venttiileillä joiden avulla se on helpompi rakentaa ja tarvittaessa jälkeinpäin huoltaa. Siirto johdon putkikoko valitaan putkikoonvalintataulukosta (liite 3), runko johdon kohdalta painehäviön ollessa 1 bar/km.

Ensimmäinen mitoitettava siirto johdon osa lähtee venttiilistä Saarelankankaantien ja itä-Saarelantien risteyksestä länteen kohti vanhaa Saarelaa. Sen varrella on Saarelankankaantien länsipäässä olevat kaksi rivitalojen korttelialuetta ja kaksi erikokoista asuinpientaloaluetta, jotka ovat tässäkin tapauksessa pieniä rivitaloalueita. Lisäksi siirto johdon reitin varrella on yksi vanha rakennus, joka on kuitenkin suorasähkölämmitteinen eikä tarvitse mitoituksessa ottaa huomioon.

Rivitalojen korttelialueen tehontarpeena käytetään 224,4 kW ja alueen pienempien rivitalojen tehontarpeena 56 kW ja 90 kW. (Taulukko 18.)

*TAULUKKO 18. Siirto johdon ensimmäisen osan tehontarpeet*

Siirto johdon ensimmäisen osan tehontarpeet				
Kortteli	Lukumäärä	Tilavuus m <sup>3</sup>	Ominaislämpöteho W/m <sup>3</sup>	Tehontarve kW
AP <sub>3</sub>	1	5280	17	90
AP <sub>4</sub>	1	3300	17	56
AR	2	13200	17	224,4

Siirto johdon tehontarve alueella on  $(90 + 56 + 2 \cdot 224,4)$  kW = 594,8 kW eli noin 0,60 MW. Putkikooksi valitaan runko johdon taulukosta DN65, siirtokyvyllä 0,69 MW. Koko siirto johto täytyy rakentaa tällä putkikoolla, sillä suurimmat kuluttajat eli isommat rivitalot on johdon häntä päässä.

Siirto johdon toinen osa jatkaa Saarelankankaantie risteyksestä etelään liittäen etelässä olevat asuinkorttelit kaukolämpöön. Siirto johdon tehoon vaikuttavat korttelijohtot alueen eteläosassa. (Taulukko 19.)

*TAULUKKO 19. Siirto johdon toisen osan tehontarpeet*

Siirto johdon toisen osan tehontarpeet	
Korttelijohto	Tehontarve kW
Eteläpään itään rakennettava korttelijohto	595,95
Eteläpään länteen rakennettava korttelijohto	481,85
<b>Yhteensä:</b>	<b>1077,8</b>

Siirto johdon toinen osa mitoitetaan laskemalla yhteen sekä länteen että itään menevien korttelijohtojen tehontarpeet. Siirto johdon tehontarpeeksi saadaan  $595,95$  kW +  $481,45$  kW =  $1\ 077,8$  kW eli noin 1,08 MW. Valitaan putkikooksi valintataulukosta DN100 siirtokyvyllä 2,1 MW. Tehontarpeen perusteella

DN80-putkikoko olisi riittänyt, mutta koska tehontarve on aivan rajoilla, valitaan kokoa suurempi putki verkoston toimivuuden vuoksi.

Siirto johdon kolmas osa on väli ensimmäisestä venttiilistä Saarelankankaantien risteykseen, josta siirtojohto jakaantuu länteen ja etelään. Sen mitoituksessa lasketaan yhteen siirto johdon ensimmäisen ja toisen osan tehontarpeet. (Taulukko 20.)

*TAULUKKO 20. Siirto johdon kolmannen osan tehontarpeet*

Siirto johdon kolmannen osan tehontarpeet	
Siirto johdon osa	Tehontarve kW
1. Osa	594,8
2. Osa	1077,8
<b>Yhteensä:</b>	<b>1672,6</b>

Siirto johdon kolmannen osan tehontarpeeksi saadaan  $594,8 \text{ kW} + 1077,8 \text{ kW} = 1\ 672,6 \text{ kW}$ , eli 1,67 MW. Putkikooksi runko johdon valintataulukosta DN100, jonka siirtokyky on 2,1 MW.

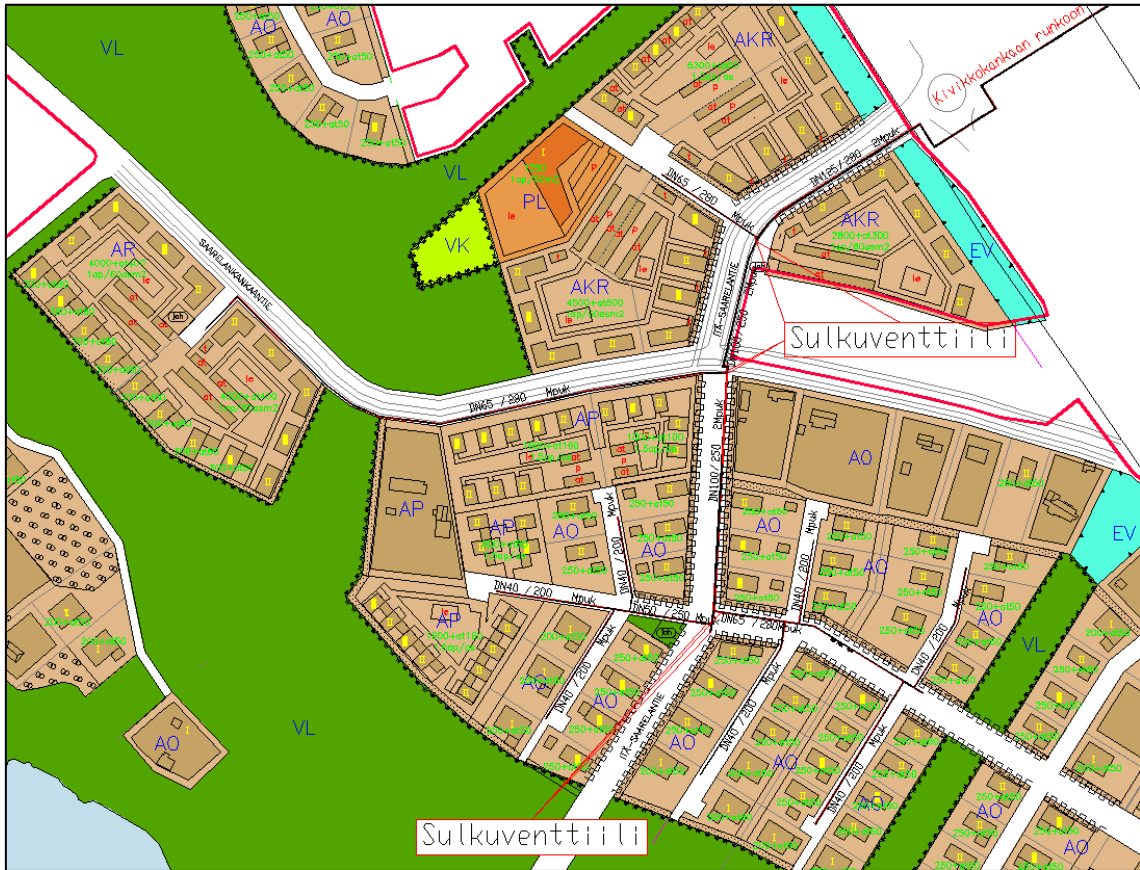
Viimeisenä osana siirto johdon mitoituksessa on rungosta ensimmäiseen venttiiliin ulottuva osa. Siihen lasketaan mukaan siirto johdon tähän mennessä lasketun osan tehontarve, pohjoisosan korttelijohdon tehontarve ja yhden asuin-kerrostalojen ja rivitalojen korttelialue, jonka tehontarve on 158,1 kW. (Taulukko 21.)

TAULUKKO 21. Siirto johdon neljännän osan tehontarpeet

Siirto johdon neljännän osan tehontarpeet	
Verkoston osa	Tehontarve kW
Siirto johdon 3. Osa	1672,6
Pohjoisosaan rakennettava korttelijohto	783,3
AKR <sub>3</sub>	158,1
<b>Yhteensä:</b>	<b>2614</b>

Rungon neljännän osan eli rungosta ensimmäiseen venttiilin ulottuvan siirto johdon tehontarve on siis  $1672,6 \text{ kW} + 783,3 \text{ kW} + 158,1 \text{ kW} = 2\,614 \text{ kW}$ , eli 2,61 MW. Kivikkokankaan rungon ja ensimmäisen venttiilin välin siirto johdon putkikooksi runko johdon valintataulukosta DN125, siirtokyvyllä 3,6 MW.

Itä-Saarelan kaukolämpöverkoston rakennetaan yksi siirto johto, joka on jaettu neljään eri osaan sulkuventtiileiden avulla. Lisäksi verkostoon rakennetaan kolme eri korttelijohtoa, jotka haaroitetaan siirto johdosta suunnitelmien mukaan. Siirto johdon putkikoot verkostossa ovat DN125, DN100 ja DN65. Korttelijohtoisissa putkikokoina on DN65, DN50 ja DN40. DN125- ja DN100- putkikoko rakennetaan 2Mpuk:na ja kaikki loput putket Mpuk:na. Lisäksi verkostoon asennetaan 7 paria sulkuventtiilejä. (Kuva 16.)



KUVA 16. Itä-Saarelaan rakennettava kaukolämpöverkosto

#### 5.4 Kustannusarvio

Kuten vanhan Saarelan alueen kustannuslaskuissa, rakentamiskustannuksiin lasketaan yhteen putkimateriaalikustannukset, putkityökustannukset ja maanrakennuskustannukset. Uuden Saarelan alueen rakentamiskustannuksiin lasketaan vain siirto- ja korttelijohdon rakentamiskustannukset (taulukko 22). Talojohtojen rakentamiskustannuksia ei voida vielä tarkasti laskea, sillä alueelle rakennettavia taloja eikä niiden tehoja vielä tiedetä. Tämän seurauksena myös liittymiskustannukset sekä perus- ja energiamaksut voidaan laskea vain arvioituilla arvoilla.

Uuden alueen rakentamisen kustannuksien laskeminen eroaa vanhaan alueeseen myös sillä tavalla, ettei uudelta alueelta peritä kortteli- ja siirtojohtojen jyvittämistä. Jyvitystä ei tehdä sen takia, koska alueen kaikki asukkaat

saavat itse päättää, minkä lämmitysmuodon ottavat ja yleensä jos tarjolla on kaukolämpöä, on se asiakkaalle edullisen ja suosituin vaihtoehto. Asiakkaat voivat myös halutessaan valita jonkin muun lämmitysmuodon.

Rakentamiskustannuslaskelmassa käytetyt hinnat ovat Oulun Energian keskimääräisiä vuoden 2010 arvonlisättömiä hintoja, jotka voivat vaihdella suuresti erilaisissa kohteissa.

*TAULUKKO 22. Itä-Saarelan kaukolämpöverkoston rakentamiskustannukset*

Siirtojohdon ja korttelijohtojen rakentamiskustannukset				
Siirtojohdon osa	Putkikoko ja tyyppi	Metrimäärä	Rakentamiskustannukset €/m	Yhteensä €
4. Osa	DN125 2Mpuk	414	234	96876
3. Osa	DN100 2Mpuk	93	212	19716
2. Osa	DN100 2Mpuk	171	212	36252
1. Osa	DN65 Mpuk	387	168	65016
Korttelijohdon osa				
Pohjoisosan kj.	DN65 Mpuk	75	168	12600
Eteläpään länteen lähtevä kj.	DN50 Mpuk	70	147	10290
	DN40 Mpuk	223	130	28990
Eteläpään itään lähtevä kj.	DN65 Mpuk	60	168	10080
	DN50 Mpuk	86	147	12642
	DN40 Mpuk	371	130	48230
Yhteensä:				340692

Itä-Saarelan kaava-alueen verkoston rakentamiskustannukset ilman talojohtoja ovat 340 692 €.

## 5.5 Kannattavuuslaskelma

Uuden alueen kannattavuuslaskelma tehdään 100 %:n liittymisasteen mukaan. Laskelmissa käytetään talojen lämmitysenergian kulutuksena arvioituja arvoja ja tutkitaan verkoston rakentamisen kannattavuutta vertaamalla annuiteettimenetelmällä laskettua vuosikustannusta vuosituottoon. Kuten vanhalla alueella, vuosikustannukset muodostuvat rakennettavan kaukolämpöverkoston nettoinvestoinnista, sen ylläpitokustannuksista ja kaukolämmön tuotantokustannuksista. Vuosituottoon lasketaan verkostoon liittyviltä asiakkailta perittävät perus- ja energiamaksut. Pitoaikana käytetään 15 vuotta ja laskentakorkona 5 %. Laskelma on kuvattu liitteessä 8.

Uuden alueen kaukolämpöverkostoon suunnitellut liittäjät koostuvat erillispientaloista, asuinpientaloista, rivitaloista, asuinkerrostaloista sekä yhdestä lähipalvelurakennusten korttelialueesta. Alueella on yhteensä 44 erillispientalotonttia, 4 asuinpientalotonttia, 2 rivitalotonttia, 3 pienkerrostalotonttia ja 1 lähipalvelurakennustontti. Arvioituina lämmitysenergian kulutuksina käytetään, erillispientaloilla 10 MWh/vuosi, asuinpientaloilla ja rivitaloilla 250 MWh/vuosi, pienkerrostaloilla 500 MWh/vuosi ja lähipalvelurakennuksella 150 MWh. Asuinpientalojen korttelialueelle suunnitellut rakennukset ovat itä-Saarelan alueella rivitaloja, joten siksi kulutus niillä on sama kuin rivitaloilla.

Laskelman perusteella kaukolämpöverkoston rakentamisen investointikustannuksiksi saadaan 509 365,0 €. Asiakkaiden liittymismaksujen vähentämisen jälkeen verkoston nettoinvestoinniksi jää 163 990,2 €. Verkoston ylläpitokustannukset ovat 29 700 € vuodessa ja tuotantoon menee 100 520 €. Vuosikustannuksiksi saadaan annuiteettimenetelmällä laskettuna 146 019,2 €. Vuosituotosta 147 009,34 € vähennetään vuosikustannukset ja saadaan vuositulokseksi 990,2 € voittoa, eli käytännössä nollatulot.

Itä-Saarelan alueen kannattavuuslaskelman mukaan saatiin alueen kaukolämpöliiketoiminnalle käytännössä nollatulot, 15 vuoden pitoajalla ja 5 prosentin

korolla. Jos pitoajan nostaa 30 vuoteen ja koron laskee 3 %:iin, on tulos yli 8 000 € voitollinen.

Kannattavuuslaskelma on siis laskettu 100 %:n liittymisasteella, mikä voisi uudella alueella toteutuakin, mutta luultavasti liittymisaste on hieman pienempi. Koska kaikkien alueelle rakennettavien talojen ei ole pakko liittyä kaukolämpöön, tulos saattaa vielä muuttua, mutta ei merkittävästi. Lisäksi osa kannattavuuslaskelmassa käytetyistä arvoista ovat arvioituja arvoja, joten senkään takia laskelma ei ole aivan tarkka.

Kannattavuuslaskelman perusteella voidaan todeta kaukolämpöverkoston rakentamisen itä-Saarelan kaava-alueelle olevan kannattavaa, mikäli liittymisaste pysyy lähes 100 %:ssa. Verkoston rakentaminen on kannattavaa myös siksi, koska kaukolämpöverkoston pitoaika on yleensä pidempi kuin 15 vuotta. Alueelle rakennetaan muutamia suuria kuluttajia tavallisten pientalojen lisäksi, ja ne lisäävät vuosittain saatavia tuloja. Lisäksi alueelle ei tarvitse rakentaa kovin pitkää siirtojohtoa, joten senkään rakentamiskustannukset eivät ole este verkoston rakentamiselle. Myös CHP-tuotannosta saatavat hyödyt nostavat kannattavuutta.



## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaukolämpöverkoston rakentamisen edellytykset Saarelan kaava-alueelle Oulussa. Tehtävänä oli mitoittaa ja suunnitella kaukolämpöverkosto sekä vanhalle jo rakennetulle Saarelan alueelle että uudelle vasta kaavoituksessa olevalle itä-Saarelan kaava-alueelle. Suunnitelmien ja mitoistusten perusteella laskettiin myös molemmille alueille rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelmat, joiden perusteella tehtiin johtopäätökset kaukolämpöverkoston rakentamisen kannattavuudesta.

Saarelan vanhan kaava-alueen lähtökohtana kaukolämpöverkoston rakentamiselle on se milloin Oulujoen ylittävä Poikkimaantien silta rakennetaan. Siltaan sijoitetaan kaukolämpöputket, jotka tuodaan Maikkulan puolelta aina Hiukka-vaaraan saakka. Tästä runkolinjasta on mahdollisuus ottaa siirtojohto vanhaan Saarelaan.

Saarelan vanhan alueen kaukolämpöverkosto koostuu suunnitelman mukaan kolmesta eri osasta siirtojohtoa ja kolmesta eri korttelijohdosta. Siirto- ja korttelijohdojen reittivalinnan jälkeen mitoitettiin tarvittavat putkikoot tehontarpeen mukaan. Tehontarve saatiin kertomalla rakennusten tilavuus taulukosta 3 saatavilla vanhojen rakennusten ominaislämpötehoilla. Lisäksi korttelijohdoissa otettiin huomioon lämpimän käyttöveden tarve lisäämällä korttelijohdon tehontarpeeseen yhden kerran 63 kW. Siirtojohdon putkikokoiksi verkostossa saatiin DN100, DN80 ja korttelijohdoiksi DN50 ja DN40.

Mitoittamisen jälkeen tutkittiin verkoston rakentamiskustannuksia, liittymismaksuja ja jyvityksiä 100 %:n liittymisasteella. Näistä laskelmista saatiin tärkeää tietoa, minkälaisissa rahasummissa liikutaan, jos kaikki suunnitellut rakennukset liittyisivät kaukolämpöön. Kannattavuuslaskelma tehtiin kuitenkin vain kahdella vaihtoehdolla, sillä vanhalla jo rakennetulla alueella liittymisaste on maksimissaan 50 %. Vaihtoehdoista A oli todella optimistinen ja B realistinen vaihtoehto verkoston liittymismääräksi.

Kannattavuuslaskelmat tehtiin annuiteettimenetelmällä, 15 vuoden pitoajalla ja 5 %:n korolla. Vaihtoehto A:n liittymisasteella vuositulokseksi saatiin reilun 10 000 € tappiollinen tulos. Oulun Energian rakentamiskokemuksen perusteella todettiin liittymisasteen olevan kovin optimistinen ja epätodennäköinen, joten tuloskin tulisi vielä laskemaan yhdessä liittymisasteen kanssa. Realistisimmalla B vaihtoehdolla saatiin tulokseksi noin 12 000 € tappiota.

Kannattavuuslaskelmia tutkittiin myös 30 vuoden pitoajalla ja 3 %:n korolla. Myös nämä laskelmat jäivät tappiollisiksi ja kaikkien laskelmien perusteella tehtiin johtopäätös, että mikäli tulevaisuudessa vanhan Saarelan alueelle tarjotaan kaukolämpöä, tulisi kustannuksia karsia huomattavasti. Lisäksi liittymisasteen tulisi olla vanhalle alueelle todella korkea, eikä sitä todennäköisesti saada tarpeeksi korkeaksi. Pelkästään kannattavuuslaskelmien perusteella kaukolämpöverkoston rakentaminen ei ole kannattavaa Saarelan vanhalle alueelle. Rakentamisesta voitaisiin kuitenkin saada kannattavaa jyvittämällä siirto- ja korttelijohtojen rakentamiskustannukset ja ottamalla huomioon CHP-tuotannosta saatavat hyödyt.

Uuden Saarelan kaava-alueen, eli itä-Saarelan kaava-alueen, kaukolämpöverkoston rakentamisen lähtökohtana on se, milloin alueella aloitetaan muut rakennustyöt. Verkoston suunnittelu ja mitoitus tehtiin myös hieman eri tavalla kuin vanhan alueen mitoitus. Koska alueesta ei ollut vielä muuta tietoa kuin alustava asemakaava, täytyi verkosto mitoittaa siitä löytyvien rakentamisoikeuksien ja tonttien lukumäärän perusteella. Myös alueella jo olevat muutamat omakotitalot otettiin huomioon mitoituksessa.

Siirtojohto uudelle alueelle rakennetaan Kivikkokankaan rungosta, Vaalantien pohjoispuolelta. Itä-Saarelan kaukolämpöverkosto koostuu suunnitelman mukaan neljästä eri osasta siirtojohtoa ja kolmesta eri korttelijohdosta ja yhteensä verkoston pituudeksi saatiin noin 2,0 km. Siirto- ja korttelijohtojen reittivalinnan jälkeen mitoitettiin tarvittavat putkikoot tehontarpeen mukaan aivan kuten vanhalla alueella. Tehontarve saatiin kertomalla rakennusoikeuksista saatava pinta-ala kuutioiksi ja kertomalla se taulukosta 3 saatavilla uusien

rakennusten ominaislämpötehoilla. Lisäksi alueen korttelijohdoissa otettiin huomioon lämpimän käyttöveden tarve lisäämällä korttelijohdon tehontarpeeseen yhden kerran 63 kW. Siirto johdon putkikooiksi verkostossa saatiin DN125, DN100, DN65 ja korttelijohdoissa DN65, DN50 ja DN40.

Mitoittamisen jälkeen tutkittiin verkoston rakentamiskustannuksia ja tehtiin kannattavuuslaskelma, jossa käytettiin arvioituja arvoja liittymismaksujen ja perusmaksujen laskennassa. Kannattavuuslaskelma tehtiin 100 %:n liittymisasteella, koska uudella alueella liittymisaste on todennäköisesti lähes 100 %.

Kannattavuuslaskelma tehtiin kuten vanhalla alueella annuiteettimenetelmällä, 15 vuoden pitoajalla ja 5 %:n korolla. 100 %:n liittymisasteella vuositulokseksi saadaan noin 1 000 € voittoa, eli käytännössä nollatulos. Koska alueelle rakennettavien talojen ei ole pakko liittyä kaukolämpöön, voi tulos kuitenkin vaihdella hieman molempiin suuntiin. Laskelmaan täytyy senkin takia suhtautua hieman kriittisemmin, koska siinä on käytetty arvioituja arvoja ja ne voivat poiketa lopullisista arvoista alueen valmistuttua.

Kannattavuuslaskelma tutkittiin myös 30 vuoden pitoajalla ja 3 %:n korolla ja sillä saatiin reilu 8 000 € voittoa. Näiden laskelmien perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että kaukolämpöverkoston rakentaminen itä-Saarelan kaava-alueelle on kannattava sijoitus. Alueen rakentamisen kannattavuutta nostaa myös CHP-tuotannosta saatavat hyödyt. Alueelle rakennetaan muutamia paljon kuluttavia kerrostaloja ja rivitaloja tavallisten pientalojen lisäksi, ja ne lisäävät vuosittain saatavia tuloja. Lisäksi alueelle ei tarvitse rakentaa kovin pitkää siirtojohtoa, joten senkään rakentamiskustannukset ole este verkoston rakentamiselle.

## LÄHTEET

Energiateollisuus – Kaukolämpö 2010 graafeina. 2011. Saatavissa:  
<http://www.slideshare.net/energiateollisuus/kaukolmp-2010-graafeina>.  
Hakupäivä 18.12.2011.

Energiateollisuus – Lämmityksen hyötyenergia. 2009. Saatavissa:  
<http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>. Hakupäivä 14.12.2011.

Fyrstén, Raija 2000. Kaukolämpöverkoston suunnittelu Hiirosten kaava-alueelle.  
Oulu: Oulun teknillinen oppilaitos, koneosasto. Teknikkotyö.

Kaukolämmön käsikirja. 2006. Kaukolämpö. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Kaukolämpökäsikirja. 2008. Logstor Oy. Saatavissa:  
<http://www.logstor.com/showpage.php?pageid=3203721>.  
Hakupäivä 20.12.2011.

Oulun Energia – Toppilan voimalaitokset. 2005. Saatavissa:  
[http://www.oulunenergia.fi/energiatuotanto/toppilan\\_voimalaitokset](http://www.oulunenergia.fi/energiatuotanto/toppilan_voimalaitokset).  
Hakupäivä 24.11.2011.

Oulun kaupunki - Asemakaavamerkinnot ja määräykset. 2011. Saatavissa:  
<http://www.ouka.fi/tekninen/Kaavoitus/kaavamaaraykset.pdf>.  
Hakupäivä 2.1.2012.

Oulun kaupunki – Oulun seudun karttapalvelu. 2011. Saatavissa:  
<http://kartta.ouka.fi/>. Hakupäivä 8.12.2011.

## **LIITTEET**

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Poikkimaantien runkoputken sijainti

Liite 3 Putkikoon valintataulukko

Liite 4 Oulun Energia: liittymismaksun laskentaohjeet

Liite 5 Oulun Energia: perus- ja energiamaksun laskentaohjeet

Liite 6 Saarelan vanhan alueen kannattavuuslaskelmat

Liite 7 Saarelan itäosan asemakaavaluonnos

Liite 8 Itä-Saarelan kannattavuuslaskelma

## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Pekka Muikkula \_\_\_\_\_

Tilaaja Oulun Energia, tuotanto ja kaukolämpö \_\_\_\_\_

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Kaj Norrbacka, kaukolämpöpäällikkö Oulun Energia

Työn nimi Kaukolämpöverkoston suunnittelu Saarelan kaava-alueelle \_\_\_\_\_

Työn kuvaus Suunnitella ja selvittää kustannukset/kannattavuus kaukolämpöverkoston rakentamiseksi Saarelan uudelle/vanhalle kaava-alueelle \_\_\_\_\_

Työn tavoitteet Selvittää kaukolämpöverkoston rakentamisen edellytykset Saarelan alueelle

Tavoiteaikataulu Maaliskuu 2012 \_\_\_\_\_

Päiväys ja allekirjoitukset \_\_\_\_\_



*Putkikoon valintataulukko*

Putkikoko	Runkojohto		Korttelijohto		Talojohto	
	R=1,0 bar/km		R=2,0 bar/km		R=3,0 bar/km	
DN	vesivirta m <sup>3</sup> /h	teho MW	vesivirta m <sup>3</sup> /h	teho MW	vesivirta m <sup>3</sup> /h	teho kW
20	0,58	0,033	0,84	0,048	1,0	59
25	1,1	0,062	1,70	0,093	2,0	110
32	2,3	0,13	3,50	0,19	4,1	250
40	3,4	0,19	4,80	0,27	6,0	340
50	6,2	0,35	9,0	0,51	11	630
65	12	0,69	18,0	0,99	22	1 200
80	19	1,1	27,0	1,5	33	1 900
100	37	2,1	52,0	2,9	63	3 700
125	64	3,6	92,0	5,2	110	6 400
150	110	6,1	150	8,7	190	11 000
200	220	12	310	18		
250	400	22	560	32		
300	620	35	880	50		





## LIITTYMISMAKSUT 1.7.2010

Tilausvesivirta V (m <sup>3</sup> /h)	Liittymismaksun laskentakaava (€)
0 – 0,2 (keskikokoiset omakotitalot)	$2\,640 + 78 * L$
0,21 – 2,0	$1\,280 + 6\,650 * V + 90 * L$
2,01 – 10,0	$5\,600 + 4\,320 * V + 115 * L$
> 10,0	$19\,900 + 2\,900 * V + 140 * L$

V = tilausvesivirta

L = liittymisjohdon laskennallinen pituus (m).

Liittymismaksuun ei lisätä arvonnäköveroa, koska se on siirto- ja palautuskelpoinen.

Tilausvesivirran mitoituslämpötila on  $-32\text{ °C}$ . Tilausvesivirran mitoituksessa on mittausjakson pituus yksi tunti.

Matalalämpöverkkoon liitetyn asiakkaan tilausvesivirran suuruus on 0,6 kertaa yhden tunnin mittausjaksolla mitoitusulkolämpötilassa mittaamalla tai laskemalla saatu vesivirta.

Asiakkaan tulee hallussaan olevan tontin alueella siirtää kustannuksellaan mahdolliset puutarhaistutukset ja arat rakennelmat työalueelta sekä johtotyön jälkeen vastata viimeistelyyn kuuluvista puutarha- ja päällystetöistä, siivouksesta yms.

Talojohdon pituus (L) mitataan OE:n lämpösuunnitelmista. Laskutusta korjataan jos liittymisjohdon pituus poikkeaa OE:n suunnitelmista  $\pm 5$  m.



**OULUN RUNKOVERKON  
KAUKOLÄMPÖHINNASTO  
1.1.2011**

**PERUS- JA ENERGIAMAKSUT**

**PERUSMAKSU**

Tilausvesivirta V (m<sup>3</sup>/h)                      Perusmaksun laskentakaava (€/vuosi)

0 – 0,2	(keskikokoiset omakotitalot)	$2,28 * 138 = 314,64$
---------	------------------------------	-----------------------

0,21 – 5,0		$2,28 * (34 + 520 * V)$
------------	--	-------------------------

> 5,0		$2,28 * (1\ 134 + 300 * V)$
-------	--	-----------------------------

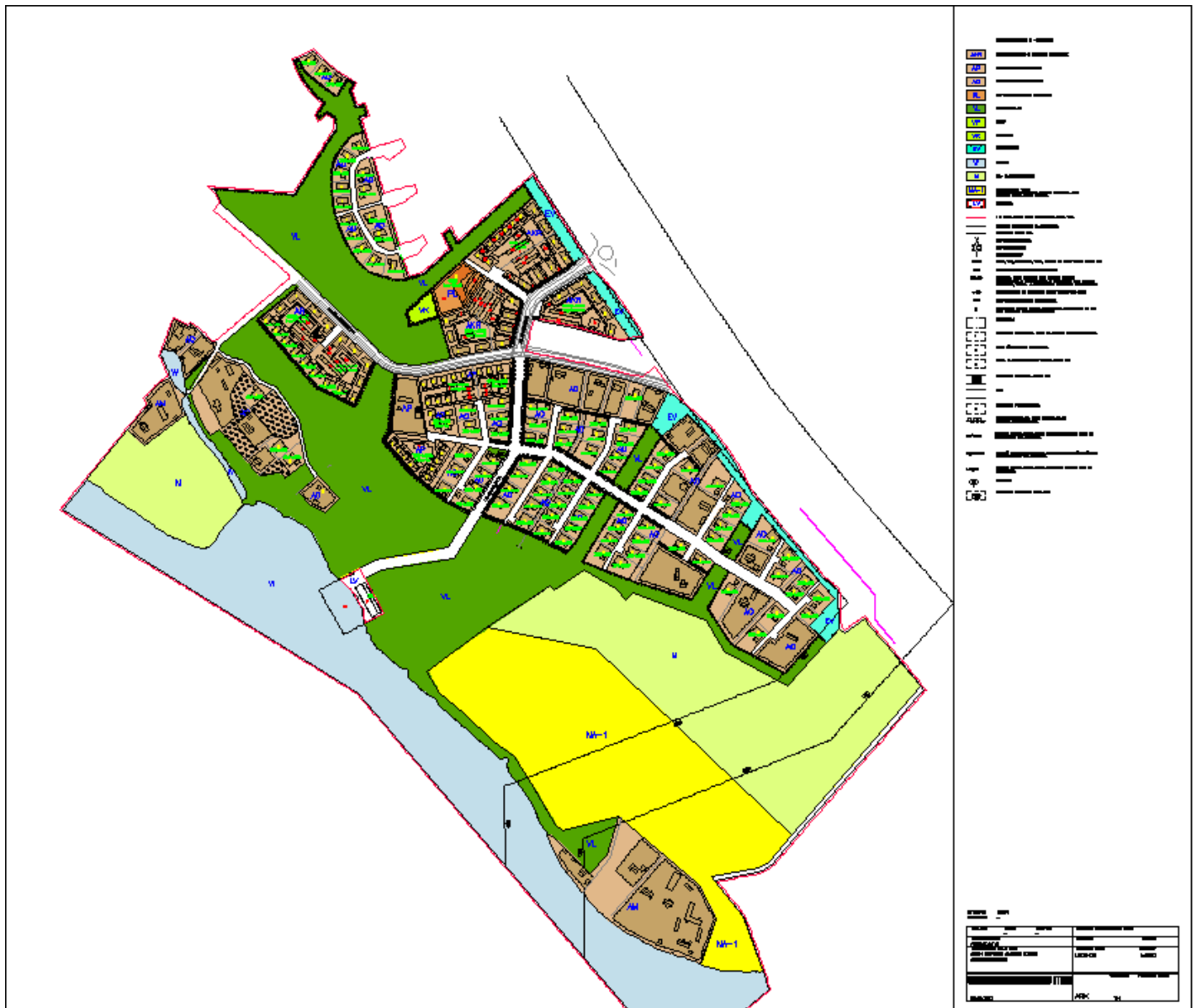
Tilausvesivirran mitoitusulkolämpötila on -32°C. Mikäli lämmitettävän kohteen ilmanvaihdon ohjaus tai muu syy aiheuttaa sen, että vesivirran huippu esiintyy tätä korkeammassa lämpötilassa, on tämä lämpötila tilausvesivirran mitoituksessa määräävä. Tilausvesivirran mittauksessa mittausjakson pituus on yksi tunti.

**ENERGIAMAKSU    31,96 €/MWh**

Perus- ja energiamaksuihin lisätään arvonlisävero 23 %.

Saarelan vanhan alueen liittämisen kaukolämpöön vaihtoehto A											
Pitoaika vuotta		Laskentakorko %									
15		5									
Rakennus tyyppi	Liittyvät talot kpl	Talojohdon pituus m	Talon lämmitysenergian kulutus MWh/vuosi	Lämmitysenergian kulutus yht. MWh/vuosi	Energian hinta €/MWh	Perusmaksu €/vuosi	Energiamaksut yht. €/vuosi	Perusmaksut yht. €/vuosi	Vuosituotto €/vuosi		
AO	10	20	15	150	31,96	314,64	4794,00	3146,40	7940,40		
AR		35	470	470	31,96	3432,77	15021,20	3432,77	18453,97		
		35	550	550	31,96	3551,33	17578,00	3551,33	21129,33		
		35	280	280	31,96	1369,82	8948,80	1369,82	10318,62		
								<b>Yhteensä:</b>	<b>57842,32</b>		
Verkoston rakentaminen:											
Rakennus tyyppi	Liittyvät talot kpl	Talojohdon hinta €/m	Siirto- ja korttelijohtoa yht. m	Siirto- ja korttelijohdon hinta €/m	Verkoston rakentaminen yht. €	Liittymismaksu €/talo	Liittymismaksut yht. €	Verkoston rakentaminen nettoinvestointi €			
AO	10	140	1537	172,7	307089,9	4200,0	97811,7	209278,2			
AR		130				21850,6					
		130				22282,6					
		130				11678,5					
Ylläpitokustannukset:											
Verkoston ylläpito €/asiakas/vuosi	Muut kustannukset €/asiakas/vuosi	Ylläpitokustannukset yht. €/vuosi	Polttoaine €/MWh/vuosi	Muut kustannukset €/MWh/vuosi	Tuotantokustannukset yht. €/vuosi	Vuosituotto yht. €/vuosi					
500	50	7150	20	8	40600	67912,3					
Investoinnin vuosikustannukset laskettu annuiteettimenetelmällä											
									<b>Vuositulo € /vuosi</b>	<b>-10070,02</b>	

Saarelan vanhan alueen liittämisen kaukolämpöön vaihtoehto B											
Pitoaika vuotta		Laskentakorko %									
15		5									
Rakennus tyyppi	Liittyvät talot kpl	Talojohdon pituus m	Talon lämmitysenergian kulutus MWh/vuosi	Lämmitysenergian kulutus yht. MWh/vuosi	Energian hinta €/MWh	Perusmaksu €/vuosi	Energiamaksut yht. €/vuosi	Perusmaksut yht. €/vuosi	Vuosituotto €/vuosi		
AO	5	20	15	75	31,96	387,01	2397,00	1935,04	4332,04		
AR		35	470	470	31,96	3432,77	15021,20	3432,77	18453,97		
		35	550	550	31,96	3551,33	17578,00	3551,33	21129,33		
								Yhteensä:	43915,33		
Verkoston rakentaminen:											
Rakennus tyyppi	Liittyvät talot kpl	Talojohdon hinta €/m	Siirto- ja korttelijohdon hinta €/m	Siirto- ja korttelijohdon rakentaminen yht. €	Verkoston rakentaminen yht. €	Liittymismaksu €/talo	Liittymismaksut yht. €	Verkoston rakentaminen nettoinvestointi €			
AO	5	140	1537	172,7	288539,9	4200	65133,2	223406,7			
AR		130				21850,6					
		130				2282,6					
Ylläpitokustannukset:											
Verkoston ylläpito €/asiakas/vuosi	Muut kustannukset €/asiakas/vuosi	Ylläpitokustannukset yht. €/vuosi	Polttoaine €/MWh/vuosi	Muut kustannukset €/MWh/vuosi	Tuotantokustannukset yht. €/vuosi	Vuositulos €/vuosi					
500	50	3850	20	8	30660	56033,5					
Investoinnin vuosikustannukset laskettu annuiteettimenetelmällä					-12118,18						



Itä Saarelan uuden kaava-alueen kaukolämpöön liittämisen kannattavuuslaskelma											
Pitoaika vuotta		Laskentakorko %									
15		5									
Rakennus tyyppi	Liittyvät talot kpl	Talojohdon pituus m	Talon lämmitysenergian kulutus MWh/vuosi	Lämmitysenergian kulutus yht. MWh/vuosi	Energian hinta €/MWh	Perusmaksu €/vuosi	Energiamaksut yht. €/vuosi	Perusmaksut yht. €/vuosi	Vuosituotto €/vuosi		
AO	44	20	10	440	31,96	314,64	14062,40	13844,16	27906,56		
AP	4	35	250	1000	31,96	1191,98	31960,00	4767,94	36727,94		
AR	2	35	250	500	31,96	595,99	15980,00	2383,97	18363,97		
AKR	3	35	500	1500	31,96	3456,48	47940,00	10369,44	58309,44		
PL	1	35	150	150	31,96	907,44	4794,00	907,44	5701,44		
Yhteensä: 147009,34											
Verkoston rakentaminen:											
Rakennus tyyppi	Liittyvät talot kpl	Talojohdon hinta €/m	Siirto- ja korttelijohtoa yht. m	Siirto- ja korttelijohdon hinta €/m	Verkoston rakentaminen yht. €	Liittymismaksu €/talo	Liittymismaksut yht. €	Verkoston rakentaminen nettoinvestointi €			
AO	44	140	1950	174,7	509365,0	4200,0	345374,8	163990,2			
AP	4	130				13685,8					
AR	2	130				13685,8					
AKR	3	130				21937,0					
PL	1	130				12649,0					
Ylläpitokustannukset:											
Verkoston ylläpito €/asiakas/vuosi	Muut kustannukset €/asiakas/vuosi	Ylläpitokustannukset yht. €/vuosi	Polttoaine €/MWh/vuosi	Muut kustannukset €/MWh/vuosi	Tuotantokustannukset yht. €/vuosi	Vuosikustannukset yht. €/vuosi					
500	50	29700	20	8	100520	146019,2					
Investoinnin vuosikustannukset laskettu annuiteettimenetelmällä											
										Vuositulo € /vuosi	990,2