

Sanna Pulli

KAUKOLÄMPÖJOHTOJEN MITOITUS

KAUKOLÄMPÖJOHTOJEN MITOITUS

Sanna Pulli
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Energiatekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma, energiatekniikka

Tekijä: Sanna Pulli
Opinnäytetyön nimi: Kaukolämpöjohtojen mitoitus
Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: 46 + 9 liitettä

Työn tilaajana toimi Haapajärven Lämpö Oy. Haapajärven Lämpö Oy:llä on kaksi lämpölaitosta, ja kolmannen laitoksen rakentaminen on suunnitteilla. Työn tarkoituksena oli mitoittaa kaukolämpöjohto uudelta laitokselta vanhoille laitoksille sekä selvittää, onko tarvetta saneerata vanhoja johtoja. Lisäksi oli tehtävä myös kustannuslaskelma.

Ensimmäiseksi oli selvitettävä, rakennetaanko uusia kaukolämpöjohtoja yksi vai useampia. Suurimman haasteen aiheutti se, että Haapajärven saha tarvitsee ympäri vuoden 120-asteista vettä, kun taas kaupungin verkossa veden lämpötila on 75–115 °C ulkolämpötilasta riippuen. Ensimmäinen vaihtoehto oli, että rakennetaan vain yksi kaukolämpöjohto, joka liittyy vanhaan runkoon. Toinen vaihtoehto oli, että uudelta laitokselta lähtee yksi kaukolämpöjohto, joka haarautuu kahdeksi. Toinen johto liittyy kaupungin verkkoon ja toinen menisi sahalle. Kolmannessa vaihtoehdossa rakennettaisiin kaksi erillistä kaukolämpöjohtoa: toinen kaupungin verkkoon ja toinen sahalle. Enoro Oy:n simulointiohjelmistolla löydettiin optimaalisin vaihtoehto ja päätettiin rakentaa kaksi erillistä kaukolämpöjohtoa.

Seuraavaksi lähetettiin tarjouspyynnöt putkiasennus-, maanrakennus- ja alitusurakoista. Tässä vaiheessa selvitettiin ainoastaan urakoiden hinnat, koska urakan aikataulua ei vielä tiedetä. Tarjoukset eivät myöskään ole sitovia. Ongelmia aiheutti erityisesti putkiurakan osalta tarjousten vähäisyys. Lopulta kaikista rakennusurakan osa-alueista saatiin tarjoukset ja kustannuslaskelma voitiin tehdä. Kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukseksi saatiin noin 560 000 €.

Asiasanat: kaukolämpö, verkoston mitoitus, verkon rakentaminen, kestävä kehitys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 HAAPAJÄRVEN LÄMPÖ OY	7
3 KAUKOLÄMPÖ	10
3.1 Kaukolämmön historia Suomessa	12
3.3 Kaukolämmön tulevaisuus	14
3.4 Kaukolämpö Haapajärvellä	15
4 KAUKOLÄMPÖJOHTOJEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN	18
4.2 Kaukolämpöjohdot	19
4.3 Kaukolämpöverkon mitoitus	21
4.3.1 Tehonsiirtokyky	21
4.3.2 Pumppaus	23
4.3.3 Lämpöhäviöt	24
4.3.4 Painehäviöt	25
4.3.5 Vuotohäviöt	27
4.4 Kaukolämpöverkon simulointi	27
4.4.1 Staattisen virtauslaskennan periaatteet	28
4.4.2 Verkkolaskennan teoriaa	28
4.4.3 Grades Heating -laskentaohjelma	28
4.4.4 Vaihtoehdot	29
4.4.5 Valittu ratkaisu	32
4.5 Kaukolämpöverkon rakentaminen	33
4.5.1 Maanrakennus	33
4.5.2 Junaradan alitus	34
4.5.3 Maantien alitus	35
4.5.4 Putkiasennus	35
5 LUVITUS	37
5.1 Ratahallinto	37
5.2 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus	37
5.3 Maanomistajat	38

5.4 Alueen kaapelit	38
6 KUSTANNUSLASKELMAT	40
6.1 Tarjouspyynnöt ja tarjoukset	40
6.2 Laskelmat	40
7 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	44
LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Haapajärven Lämpö Oy:lle. Haapajärven Lämpö Oy rakentaa uuden lämpölaitoksen tehon tarpeen kasvun vuoksi, ja myös kaukolämpöverkon pääpumpauspaikka siirtyy uudelle lämpölaitokselle. Jatkossa vanhat laitokset toimivat vara- ja huippulaitoksina. Tutkimuksen tavoitteena on mitoittaa kaukolämpöjohto uudelta lämpölaitokselta vanhoille laitoksille sekä tutkia vanhojen laitosten välisen johdon mahdollista uusimista. Työhön kuuluu myös kaukolämpöjohtojen kustannuslaskelmat.

Tehokas kaukolämmön tuotanto vähentää ympäristökuormitusta ja ilmastovaiikutuksia. Kaukolämmön energiatehokkuus perustuu siihen, että se hyödyntää hukkaan menevää lämpöenergiaa, jota syntyy sähköntuotannon yhteydessä sekä teollisuusprosessien jätelämpönä. Sähkön tuotannossa menee valtavat määrät lämpöenergiaa hukkaan, kun jäähtynyt höyry lauhdutetaan takaisin vedeksi. Jos lauhtumislämpö sen sijaan siirretään lämmönsiirrinten avulla kaukolämpöverkkoon, saadaan polttoaineesta hyödynnettyä huomattavasti isompi osa. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto on lähes kaksi kertaa tehokkaampaa kuin erillistuotanto. Tuotettaessa kaukolämpöä erillisissä lämpölaitoksissa käytetään enimmäkseen uusiutuvia polttoaineita, jolloin päästöt ovat merkittävästi pienemmät verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin.

2 HAAPAJÄRVEN LÄMPÖ OY

Haapajärven Lämpö Oy on perustettu vuonna 1979. Sen toimialana on lämmön tuotanto ja jakelu. Haapajärven kaupunki omistaa 64 % yrityksen osakkeista. HASA Oy omistaa 26 % ja MN 16 Holding Oy:n omistuksessa on 10 % osakkeista. (1.)

Haapajärven Lämmön ensimmäinen lämpökeskus oli 1 MW:n siirrettävä turvekeskus. Se oli riittävä virastokeskuksen ja lukion rakennusten lämmittämiseen. Vuonna 1979 yhtiö hankki 3 MW:n KPA-keskuksen ja seuraavana vuonna sen rinnalle 4,2 MW:n KPA-kattilan. Polttoaineena näissä käytettiin turvetta ja sahausjätettä. Tehon tarve kasvoi, eikä KPA-kattiloiden teho riittänyt, joten vuonna 1981 yhtiö hankki 4,8 MW:n raskasöljylaitoksen. Tehon tarpeen edelleen kasvaessa Haapajärven Lämpö hankki vuonna 1987 2,9 MW:n raskasöljylaitoksen ja kaksi vuotta myöhemmin 3,0 MW:n raskasöljykeskuksen. Yhtiö aloitti uuden KPA-laitoksen suunnittelun vuonna 1990. Rakentaminen käynnistyi vuonna 1992, ja seuraavana vuonna 7 MW:n KPA-laitos otettiin käyttöön. Rakentamisen yhteydessä sahalle ja keskustaan päin meneviä linjoja uusittiin ja suurennettiin. Uuden laitoksen rinnalle kytkettiin toimimaan aiemmin hankitut. 4 MW:n ja 2,5 MW:n raskasöljykeskukset. Vanha KPA-keskus purettiin pois. (1; 2.)

Vuonna 1994 kaukolämpöverkkoon liitettiin Haapajärven terveyskeskus, jonka 1,3 MW:n raskasöljylaitoksesta tuli varalaitos. Kaksi vuotta myöhemmin yhtiö hankki 4 MW:n raskasöljykattilan lisäämään toimintavarmuutta. Tehon tarpeen edelleen kasvaessa KPA-kattilan teho nostettiin muutostöiden avulla 11,8 MW:iin vuonna 2000. Samana vuonna hankittiin myös savukaasupesuri tehostamaan lämmöntalteenottoa ja pitämään hiukkaspäästöt alhaalla. Vuonna 2005 verkostoon liitettiin teollisuusalue, jonka vuoksi KPA-kattilan teho nostettiin 17 MW:iin muutosinvestoinnin avulla. (1; 2.)

Tällä hetkellä Haapajärven Lämpö Oy:llä on kaksi lämpölaitosta: Viikatetien 17 MW:n laitos (kuva 1) sekä vuonna 2008 käyttöön otettu Rantakadun 14 MW:n

laitos (kuva 2). Päälämpölaitokselta eli Viikatetieltä valvotaan molempia laitoksia automaatiojärjestelmän avulla. Päivystäjän matkapuhelimeen tulevat hälytykset laitoksilta. (1; 2.)



KUVA 1. Viikatetien lämpölaitos (1)



KUVA 2. Rantakadun lämpölaite (1)

Viikattien lämpölaitokselta ajetaan lämpöenergiaa pääasiassa kaupungin verkkoon. 17 MW:n KPA-kattilan rinnalla on 5,0 MW:n ja 1,5 MW:n kevytöljypolttimet. Laitoksella on varatehona neljä raskaspolttoöljykattilaa, joiden yhteisteho on 10,5 MW. Rantakadun laitos tuottaa lämpöenergiaa pääsääntöisesti HASAn kuivaamoille, mutta sieltä voidaan ajaa lämpö myös kaupungin verkkoon tarvittaessa. 14 MW:n KPA-kattilan lisäksi laitoksella on varatehona 8 MW:n raskaspolttoöljykattila. (1; 2.)

Polttoaineena molemmilla laitoksilla käytetään pääasiassa purua ja kuorta. Lisäksi käytetään tasaamo- ja metsähaketta, kierrätyspuumursketta sekä kovilla pakkasilla turvetta. Polttoaine saadaan pääasiassa viereiseltä sahalta. Lämpötuotannossa käytettävistä polttoaineista puun osuus 99 %. (1; 2.)

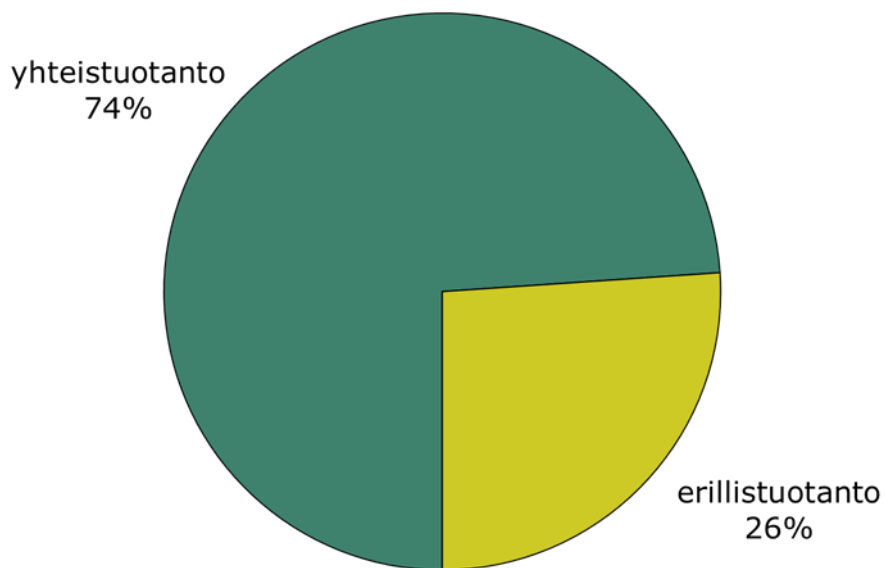
3 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämpöä tuotetaan keskitetysti joko lämpölaitoksissa erillistuotantona tai lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa. Sitä käytetään rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen ja se onkin Suomen yleisin rakennusten lämmitysmuoto. Kaukolämpöasiakkaita ovat asuintalot, teollisuus- ja liikerakennukset sekä julkiset rakennukset. (3, s. 25.)

Lämpöenergia jaetaan asiakkaille kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Veden lämpötila asiakkaalle tullessa on säästä ja vuodenajasta riippuen 65–115 °C. Kesällä lämpötila on alimmillaan, koska lämpöä tarvitaan ainoastaan käyttöveden lämmittämiseen. Asiakkaalta vesi palaa takaisin tuotantolaitokselle uudelleen lämmitettäväksi, ja palaava vesi on lämpötilaltaan 40–60 °C. (4.)

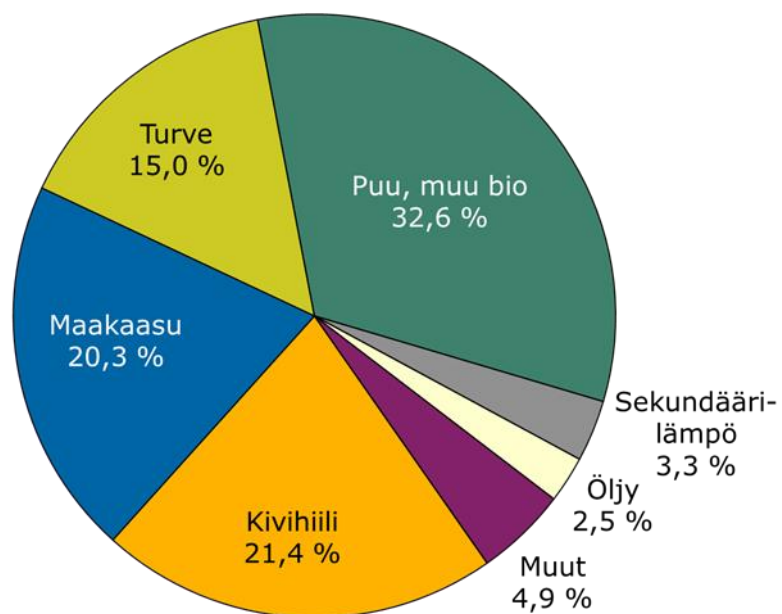
Kaukolämmityksen hyötyjä ovat energiatehokkuus, ympäristöystävällisyys, helpokäyttöisyys sekä käyttövarmuus. Keskimäärin kaukolämpöasiakas on ilman lämmöntoimitusta vain 1–2 tuntia vuodessa, joten kaukolämmön toimitusvarmuus on lähes 100 %. Ongelmia aiheuttavat suuret investoinnit, suuret vuodenaikojen väliset vaihtelut sekä siirtohäviöt. Kaukolämmitys ei myöskään sovellu harvaan asutuille alueille. (3, s. 25; 4.)

Suomi on maailmanlaajuisesti yksi lämmön ja sähkön yhteistuotannon johtavista maista. Kaukolämmöstä tuotetaan 74 % lämmön ja sähkön yhteistuotannolla sekä 26 % erillistuotannolla (kuva 3). Vastaavasti kolmasosa sähköstä saadaan yhteistuotannosta. Vastaava luku muualla EU:ssa on hieman yli kymmenen prosenttia. Yhteistuotanto on myös merkittävä keino vähentää kasvihuonekaasujen syntymistä. (5; 6.)



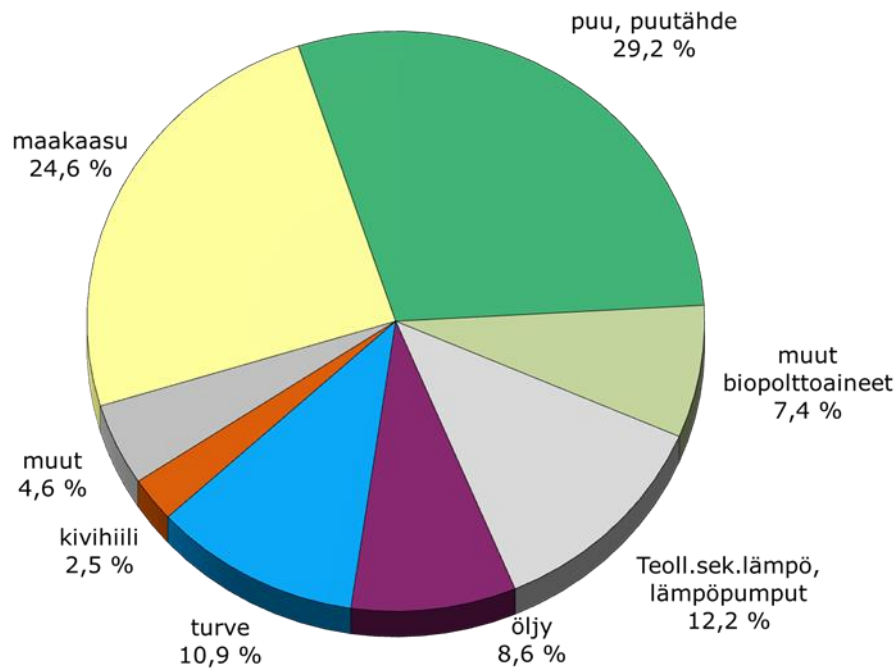
KUVA 3. Kaukolämmön tuotanto vuonna 2015 (5)

Yhteistuotantolaitoksilla polttoaineena käytetään enimmäkseen puuta, kivihiiltä, maakaasua ja turvetta (kuva 4). Vuonna 2015 polttoaineista 33 % oli uusiutuvia, 36 % hiilidioksidivapaita ja 56 % kotimaisia. (5.)



KUVA 4. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2015 (5)

Erillistuotannossa pääpolttoaineet ovat puu, maakaasu, teollisuuden sekundääriämpö sekä turve (kuva 5). (7.)



KUVA 5. Kaukolämmön erillistuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2014 (7)

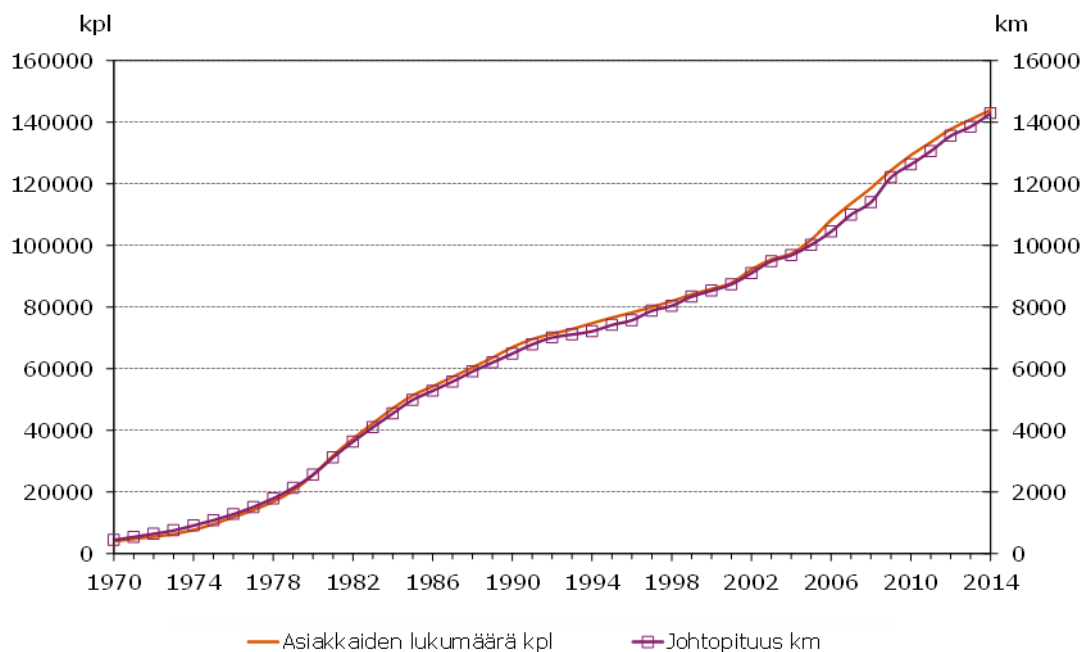
3.1 Kaukolämmön historia Suomessa

Yhdysvalloissa ja Saksassa kaukolämmitys aloitettiin jo 1800-luvun lopulla. Kaukolämmityksen periaate keksittiin jo kuitenkin vuonna 1622, kun hollantilainen keksijä Cornelius Drebbel ehdotti lämpimän veden jakeluun perustuvan verkon rakentamista. Verkkoa ei kuitenkaan vielä tuolloin rakennettu. (3, s. 32–35.)

Suomessa idea kaukolämmöstä sai alkunsa, kun havaittiin, että teollisuudessa sähköntuotannon sivutuotteena syntyi lauhdelämpöä, jota ei hyödynnetty millään tavoin. Syntyi ajatus siitä, että lauhdelämmöllä voitaisiin lämmittää esimerkiksi asuntoja. Suomessa on siis alusta lähtien kaukolämmityksen tarkoituksena ollut yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto. Sen kehittämistä alettiin suunnitella 1920-luvulla. Vuonna 1928 perustettu komitea sai asiasta mietinnön valmiiksi vuonna 1939. Toinen maailmansota kuitenkin hidasti varsinaisen kehityksen etenemistä, mutta jo seuraavana vuonna Helsingin olympiakylään rakennettiin

Suomen ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kattava kaukolämmitysjärjestelmä. Sodan jälkeen oli pula energiasta ja kaukolämmityksellä saatiin helpotusta tilanteeseen. (3, s. 32–35.)

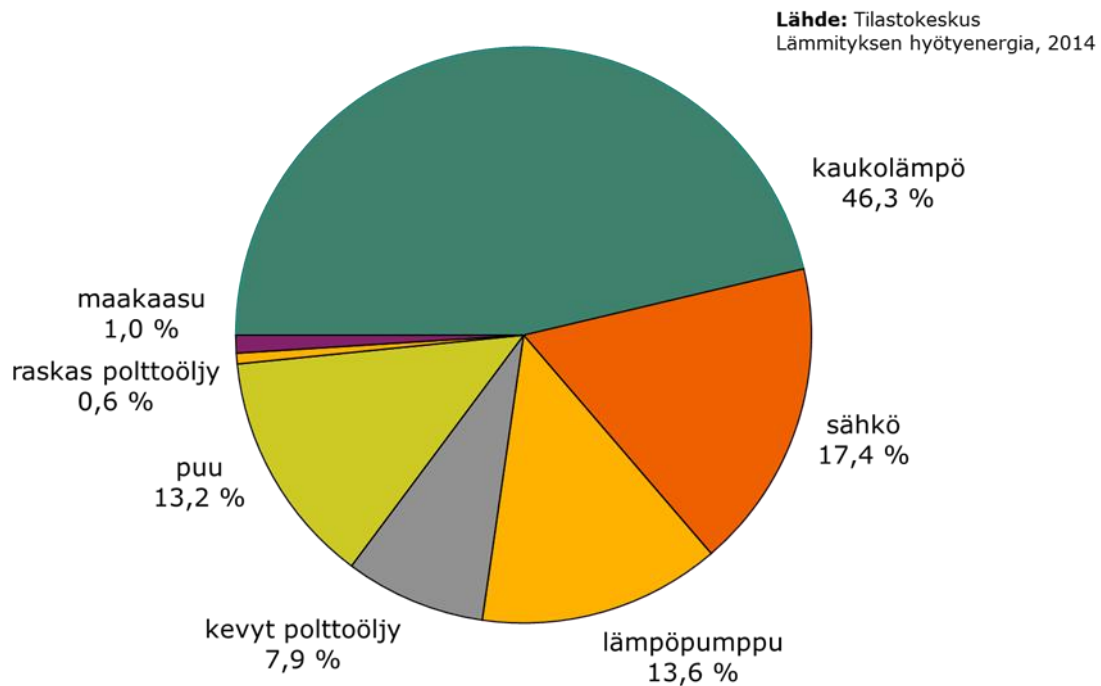
Espoon Tapiolan Lämpö Oy oli ensimmäinen yritys Suomessa, joka aloitti kaukolämmön tuotannon vuonna 1953. Samana vuonna Helsingin kaupunki päätti aloittaa kaukolämmityksen. Vesikaukolämmitys käynnistyi Helsingissä vuonna 1957. Aluksi kaukolämmön leviäminen Suomessa oli hidasta. Kaukolämmön merkitys alkoi kasvaa vasta 1970-luvulla energiakriisin seurauksena, kun valtioneuvosto antoi päätöksen energiankäytön rajoituksista (kuva 6). Energia-asiasta käytiin vilkasta keskustelua ja kaukolämmön energiataloudelliset edut huomattiin. Kaukolämpöä pidettiin myös yhtenä keinona vähentää energihuollon tuontiriippuvuutta. 1980-luvulla pääasiassa laajennettiin kaukolämpöverkkoja ja 1990-luvulla kaukolämmitys vakiintui kaupunkialueiden lämmitysmuotona. (3, s. 32–35.)



KUVA 6. Kaukolämpöasiakkaiden lukumäärä ja johtopituus (7)

3.2 Kaukolämpö Suomessa tällä hetkellä

Vuonna 2015 kaukolämmön markkinaosuus oli 46,3 %, joten kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa (kuva 7). Suomessa on noin 144 000 kaukolämpöverkkoon liitettyä asiakasta, joista 115 400 on asuintaloasiakkaita. Noin 2,7 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötalossa (5; 7.)



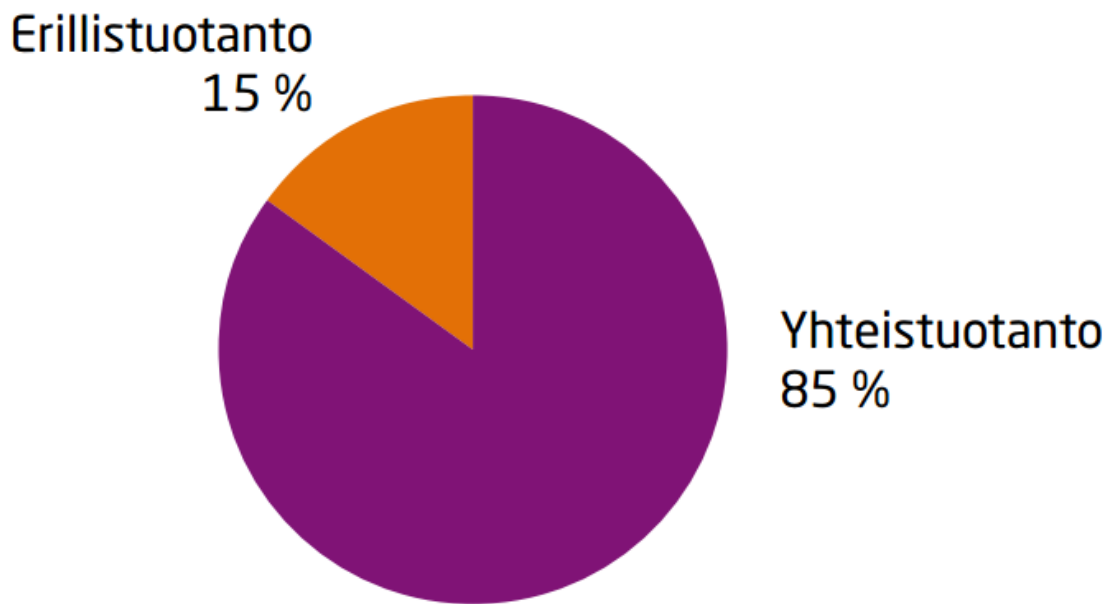
KUVA 7. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2015 (5)

3.3 Kaukolämmön tulevaisuus

Energiaratkaisuja ja -politiikkaa on suunniteltava pitkällä, jopa vuosikymmenien aikajänteellä. Energiateollisuus ry:n tavoitteena on hiilidioksidineutraali sähkön ja kaukolämmön tuotanto vuonna 2050. Tarkoitus on korvata fossiilisten polttoaineiden käyttö sähköllä ja kaukolämmöllä liikenteessä, asumisessa ja elinkeinoelämässä sekä tavoitella mahdollisimman alhaisia päästöjä sähkön ja lämmön tuotannossa. Näillä toimilla saadaan vähennettyä kasvihuonepäästöjä merkittävästi. (8.)

Vuosien 2011 ja 2025 välillä rakennettavissa rakennuksissa kaukolämmön markkinaosuuden ennakoidaan olevan 50–75 %, kun se vielä vuonna 2010 oli

45 %. Yhteistuotannon osuus kaukolämmön tuotannosta tulee kasvamaan nykyisestä 74 prosentista 85 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä (kuva 8). (5; 8.)



KUVA 8. Kaukolämmön tuotanto vuonna 2050 (8)

Metsäenergian ja muun uusiutuvan energian käytön uskotaan kaksinkertaistuvan nykyisestä sähkön ja kaukolämmön tuotannossa. Öljyn ja kivihiilen käyttö vähenee, mutta turpeen käyttö voi nousta noin 20 prosenttia nykytasosta. Maa-kaasun käytön arvellaan pysyvän nykytasolla. (8.)

3.4 Kaukolämpö Haapajärvellä

Kaukolämpöverkoston kokonaispituus Haapajärvellä on 43,6 km, ja se kattaa suurimman osan keskustaajaman alueesta. Liittymisteho on 42,8 MW ja rakennustilavuus 937 929 r-m³. Taulukossa 1 on esitetty ostetun energian määrä polttoaineittain. Taulukosta nähdään, että yli puolet ostetusta polttoaineesta on kuorta. Puru, hake sekä kierrätys- ja kantomurska kattavat polttoaineesta noin 40 %. (1; 2.)

TAULUKKO 1. Ostettu energia polttoaineittain (2)

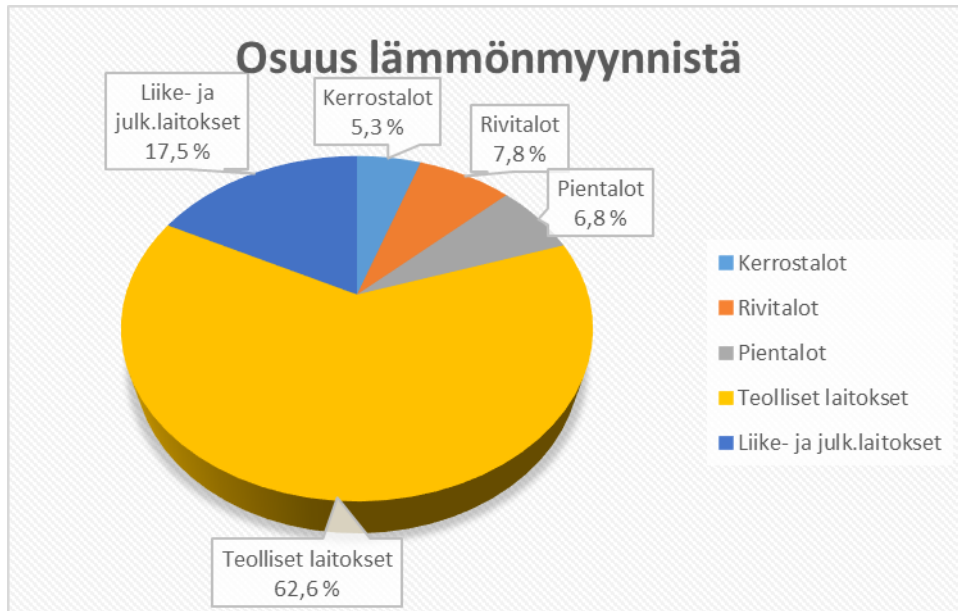
Polttoaine	Ostettu energiamäärä [MWh]	Osuus energiamäärästä [%]
Kuori	53 351	50,5
Puru	18 283	17,3
Hake	13 996	13,2
Kierrätys-/kantomurska	10 945	10,4
Kutterinlastu	4 524	4,3
Metsähake	3 521	3,3
Raskasöljy (tn)	5 438	0,6
Turve	829	0,3
Kevytöljy (l)	285	0,1

Taulukosta 2 nähdään, että 94 % energiasta tuotetaan biopolttoaineilla. Loput energiasta tuotetaan savukaasupesurilla, jolla saadaan savukaasujen hukkalämpö talteen sekä pieni osa öljyllä ja turpeella. (2.)

TAULUKKO 2. Tuotettu energia (2)

	MWh	%
Biopolttoaine	92 249	94,0
Pesuri	4 937	5,0
Öljy	736	0,7
Turve	285	0,3
Tuotettu yhteensä	98 207	100,0

Teolliset laitokset ovat suurin lämmönostaja 62,6 %:n osuudellaan (kuva 9). Toiseksi suurin kuluttaja on liike- ja julkiset laitokset. Asuinrakennusten osuus on noin 20 %. (2.)



KUVA 9. Kuluttajajakauma, osuus lämmönmyynnistä (2)

4 KAUKOLÄMPÖJOHTOJEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Kaukolämpöverkon suunnittelu koostuu yleissuunnittelusta, putkiston mitoituksista sekä putkiston reitti- ja asennussuunnittelusta. Suomessa kaukolämpöverkkoja rakennettaessa käytetään lämminvesialueella toimivaa kaksiputkijärjestelmää. Menoveden lämpötila on korkeintaan 120 °C ja mitoituspaine useimmiten 16 bar tai 10 bar, kuten Haapajärven Lämpö Oy:n verkossa. Käyttöaineena on kaukolämpövesi, joka on käsitelty suositusten mukaisesti. (9, s. 52; 10, s. 5.)

4.1 Kaukolämpöverkon yleissuunnittelu

Lähtökohdan suunnittelussa muodostavat kaukolämpöön liitettävistä alueista tehdyt selvitykset ja päätökset. Alueiden tehontarpeet, ajallinen kehittyminen sekä tuotantolaitosten sijainti, teho ja rakentamisen ajoitus täytyy olla selvillä. Verkon osat mitoitetaan ajatellen niiden toimintaa ”lopullisessa” verkossa. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös muiden yritysten ja laitosten maanpäälliset ja -alaiset johdot, rakenteet, laitteet ja kasvillisuus. Mikäli mahdollista, kaukolämpöjohdot asennetaan vähintään 0,2–0,5 metrin etäisyydelle muista johdoista. (10, s. 5.)

Yleissuunnittelussa on hyvä huomioida myös tulevat tarpeet kaavoituksen sekä muiden suunnitelmien pohjalta esimerkiksi 10–15 vuoden tähtämellä. Verkkoa ei kuitenkaan välttämättä ole kannattavaa rakentaa näin pitkällä tähtämellä, vaan lisätä siirtokapasiteettia myöhemmin esimerkiksi rakentamalla välipumpuasema tai lisäyhteys. (10, s. 5.)

Erityisesti laajoissa ja silmukoiduissa verkoissa kannattaa hyödyntää simulointi- ja laskentaohjelmia, joita on kehitetty verkkojen suunnittelua, mitoitusta ja laskentaa varten (10, s. 5).

4.2 Kaukolämpöjohdot

Kaukolämpöjohdoissa käytetyt virtausputket valmistetaan pääsääntöisesti teräksestä. Nykyään käytetään lähes yksinomaan kiinnivaahdotettua johtojärjestelmää. Kiinnivaahdotetuissa kaukolämpöjohdoissa virtausputki ja polyeteenisuojakuori on liitetty polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen. Johtoon kuuluu suorat putkieleментit, kulmaelementit, haarayhde- ja kiintopiste-elementit, venttiilielementit, yhdistelmäventtiilit, liitokset sekä asennustarvikkeet. Normaaleissa käyttökohteissa ja -olosuhteissa johtoelementtien täytyy kestää vähintään 30 vuotta jatkuvassa käyttölämpötilassa 120 °C, vähintään 50 vuotta jatkuvassa käyttölämpötilassa 115 °C sekä yli 50 vuotta alemmissa käyttölämpötiloissa. (3, s. 137–140; 12.)

Kiinnivaahdotetun johdon hyviä puolia ovat muun muassa seuraavat:

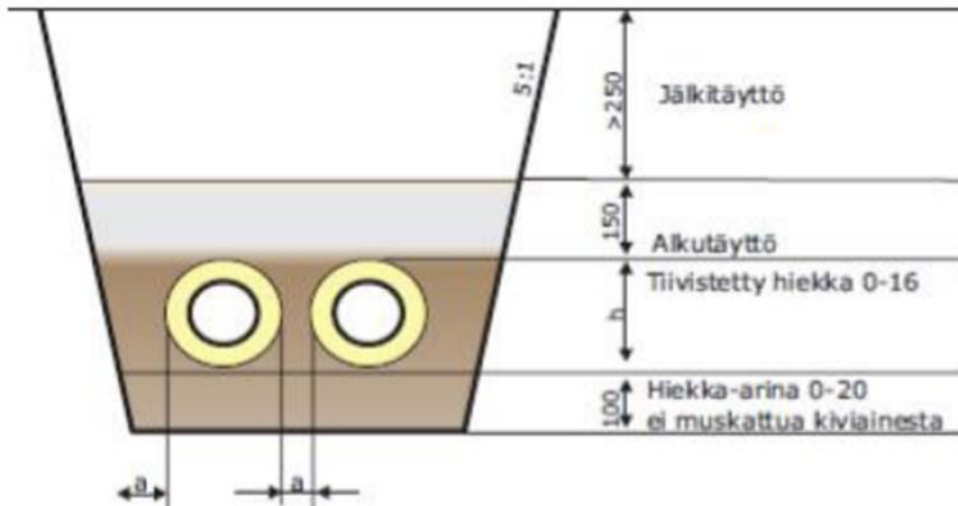
- Virtausputki on helposti käsiteltävä elementti kovan polyuretaanieristeen ja suojaputken ansiosta.
- Maanpainuminen johdon ympärillä ei vaikuta johdon toimintaan.
- Elementtien valmistuksen valvominen ja laadun tasaisena pitäminen on helppoa.
- Virtausputken korrosio rajoittuu rikkoutumiskohtaan mikäli suojakuori tai eriste rikkoutuu.
- Eri valmistajien elementit ovat yhteensopivia.

Kiinnivaahdotetun johdon huonoja puolia ovat seuraavat:

- Johdon asennus on hankalaa virtausputken lämpötila- ja lämpöliikevaihtelujen rajauksen vuoksi.
- Käyttöolosuhteissa virtausputkissa esiintyy merkittäviä jännityksiä, jotka on huomioitava suunnittelussa.
- Muovisuojaputki on heikompi suoja kuin betoni ulkopuolista rikkoontumista vastaan.

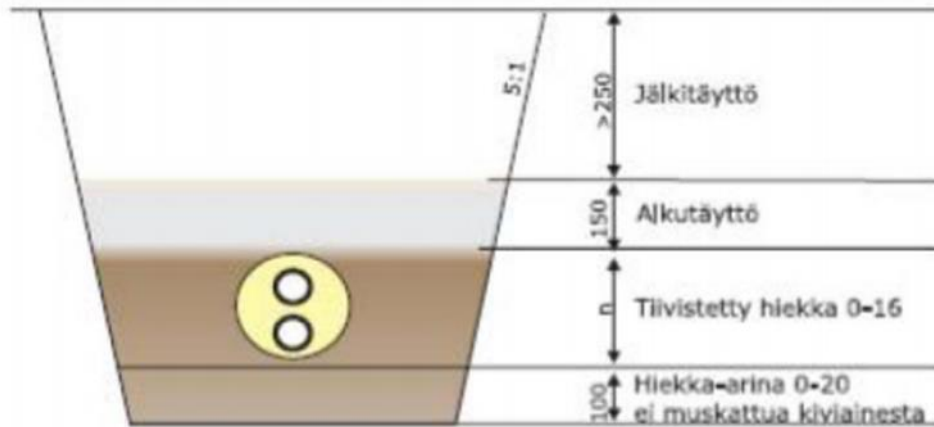
Euroopassa on yhtenäiset standardit koskien kiinnivaahdotetun johdon rakennetta, mittoja sekä teknisiä vähimmäisvaatimuksia. (3, s. 137–140; 12.)

Kiinnivaahdotettuja kaukolämpöjohtoja on kahdenlaisia: 2Mpuk ja Mpuk eli yksi- ja kaksiputkijohtoja. M tarkoittaa muovisuojakuorta (polyeteeni), pu polyuretaanieristettä ja k kiinnivaahdotettua. Yksiputkijohdossa meno- ja paluujohdot ovat kumpikin oman erillisen suojakuorensa sisässä (kuva 10). Yksiputkijohtoa valmistetaan kokoluokissa DN 5 – DN 1200. Putkien pituus on halkaisijasta riippuen 6, 12, 16 tai 18 metriä. (3, s. 137–140; 12.)



KUVA 10. Kiinnivaahdotettu johto yksiputkisena (11)

Kaksiputkijohdossa sekä meno- ja paluupuolen virtausputket että yhteinen suojaputki on liitetty polyuretaanilla yhteen. Menoputki on paluuputken alapuolella lämpöhäviön vähentämiseksi (kuva 11). Kaksiputkijohtoa valmistetaan kokoluokissa DN 15 - DN 250. Putkien pituus on 6 tai 12 metriä. (3, s. 137–140; 12.)



KUVA 11. Kiinnivaahdotettu johto kaksiputkisena (11)

4.3 Kaukolämpöverkon mitoitus

Kaukolämpöjohtojen mitoitus tehdään aina kyseisen verkoston osan tarpeiden mukaisesti. Merkittävimmät muuttuvat tekijät mitoituksessa ovat siirrettävä teho, kaukolämpöveden jäähtymä ja lämpimän käyttöveden tehontarpeen vaihtelu. (10, s. 52.)

4.3.1 Tehonsiirtokyky

Kaukolämpöverkon mitoitusperusteena käytetään siirrettävää lämpötehoa eri käyttötilanteissa tuotantolaitokselta tai laitoksilta kulutusalueelle. Mikäli lämmityslaitoksia on useita, laitosten väliset johdot mitoitetaan osakuormitustilanteessa, jolloin vain osa laitoksista on käynnissä. Kaukolämpöjohdoissa kiertävä vesivirta ja lämpötilaero määräävät siirtyvän lämpötehon kaavan 1 mukaisesti. (3, s. 198–199.)

$$\dot{Q} = c_p \rho q_v \Delta T$$

KAAVA 1

missä

\dot{Q} = lämpöteho [W]

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [J/kg°C]

q_v = tilavuusvirta [m³/s]

ρ = veden tiheys [kg/m³]

ΔT = meno- ja paluulämpötilojen erotus eli jäähdytys [°C]

Vesivirran ja veden mitoitusvirtausnopeuden perusteella saadaan laskettua tarvittava putkikoko kaavalla 2.

$$d_{lask} = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi v_{mit}}}$$

KAAVA 2

missä

d_{lask} = laskennallinen putkihalkaisija [m]

q_v = tilavuusvirta [m³/s]

v_{mit} = mitoituksessa käytettävä veden virtausnopeus [m/s]

Mitoitusvirtausnopeus riippuu putkimateriaalista ja putken sallitusta painehäviöstä. Putkitaulukosta valitaan sisähalkaisijaltaan seuraavaksi suurempi putkikoko (taulukko 3). Mahdolliset tulevat tehonlisäykset täytyy huomioida putkikoon mitoituksessa. (9, s. 53.)

TAULUKKO 3. Kaukolämpöputken lämmönsiirto, kun $\Delta T = 50$ °C

DN	Ulkohalk. [mm]	Tilavuus [l]	Teho [kW]	Virtaus m ³ /h	Virtaus [l/s]	Vastus [Pa/m]
25	33,7	0,64	52	0,9	0,25	100
40	48,2	1,5	183	3,2	0,87	100
50	60,3	2,3	385	6,6	1,83	100
65	76,1	3,9	793	13,5	3,78	100
80	88,9	5,4	1080	18,5	5,14	100
100	114,3	9	2080	35,5	9,9	100
125	139,7	13,6	3730	64	17,8	100
150	168,3	19,9	6240	107	29,7	100
200	219,1	34,7	12950	212	61,7	100
250	273	54,5	22400	383	106,7	100
300	323,9	76,8	35500	610	169	100
400	406,4	121,7	64000	1100	304,8	100
500	508	192,7	116300	2000	541	100

Kaukolämpöverkon tehonsiirtokyvyn ylärajaan vaikuttavat putkikoko, sallittu painetaso, painehäviö, paine-ero ja lämpölaitosten pumppujen mitoitus sekä mahdollinen virtauksen rajoitus ja asiakkaiden kaukolämpölaitteiden mitoitus. Lämpötilaeron suuruuteen vaikuttavat järjestelmän rakennelämpötilat, lämpölaitoksen menoveden lämpötilasäädöt, käyttöveden lämmityksen mitoitus sekä verkon siirtokyky. Myös menolämpötila halutaan pitää mahdollisimman alhaisena, jotta lämpöhäviöt pysyvät pienenä. (3, s. 198–199.)

Veden massavirtaa ja lämpötilaeroa muuttamalla joko erikseen tai samanaikaisesti voidaan verkon tehonsiirtokykyä säätää. Mikäli verkossa on useita lämmöntuotantolaitoksia, pyritään tuotannon optimoimiseksi peruskuormalaitokset saamaan mahdollisimman nopeasti toimimaan täydellä teholla, minkä jälkeen lisäteho otetaan tarvittaessa huippukuormalaitoksilta. Lämpölaitokselta lähtevän menoveden lämpötila säädetään pääosin ulkolämpötilan mukaan. Jotta johdorakenteet eivät rasittuisi liikaa syöttöalueiden rajakohdissa lämpötilojen nopean muuttumisen vuoksi, kaikkien tuotantolaitosten täytyy toimia samalla menolämpötilan säätökäyrällä. Lämpölaitokselle palaavan veden lämpötilaan vaikuttavat asiakkaiden kaukolämpölaitteiden jäähdytyskyky sekä niiden mitoitus. Paluuputken lämpöhäviöillä ei ole juurikaan vaikutusta paluuveden lämpötilaan. Verkossa kiertävä vesivirta määrätty aina asiakkaiden omien kaukolämpölaitteiden mukaan. (3, s. 198–199.)

4.3.2 Pumppaus

Asiakkaiden kulutuksen vaatima teho määrää, minkä verran kaukolämpövettä pumpataan kiertoon. Kaukolämpöverkkoon luodaan virtauspumppujen avulla riittävän suuri paine-ero, jotta asiakkaat saavat tarvitsemansa lämmön. Jos paine-eroa ei saada pidettyä tarpeeksi suurena esimerkiksi pitkien välimatkojen vuoksi, täytyy rakentaa välipumppaamoja. Pumppauksella on myös voitettava verkoston virtausvastukset. Veden höyrystyminen vältetään paineenpitopumpeilla, joilla varmistetaan, että verkon joka kohdassa on riittävä ylipaine. (13, s. 20–21.)

Keskipakopumppu on yleisin kaukolämpöpumppu. Se soveltuu hyvin järjestelmän paineenpitoon sekä kierto- ja lisäveden pumppaukseen. Yleensä sopiva

pumppu valitaan tarvittavan tuoton, nostokorkeuden ja hyötysuhteen perusteella. Pumpun pumppausteho määräytyy näiden kolmen tekijän avulla. Kaukolämpöpumpun tulisi kestää 16 barin painetta ja 120 asteen lämpötilaa noin 20 vuoden ajan. (13, s. 20–21.)

Kaavalla 3 lasketaan pumpun pumppausteho eli pumpun sähkötehtotarve (13, s. 20–21).

$$P_p = \frac{q_m \cdot g \cdot H}{\eta_p} = \frac{\rho \cdot q_v \cdot g \cdot H}{\eta_p} = \frac{q_v \cdot \Delta p_p}{\eta_p}$$

KAAVA 3

missä

P_p = pumpun tehontarve [W]

q_m = massavirta [kg/s]

g = putoamiskiihtyvyyys [m/s^2]

H = pumpun nostokorkeus [m]

η_p = pumpun hyötysuhde

ρ = tiheys [kg/m^3]

q_v = tilavuusvirta [m^3/s]

Δp_p = pumpun paine-ero [Pa]

4.3.3 Lämpöhäviöt

Pienissä kaukolämpöverkoissa putkikoon ollessa keskimäärin DN 50 lämpöhäviöt ovat 10–20 %. Suuremmissa verkoissa, joissa putkikoko on keskimäärin DN 150, lämpöhäviöt ovat 4–10 %. Pienissä verkoissa vaippapinta-ala on suurempi suhteessa siirtokykyyn ja tästä syystä häviöt ovat suhteellisesti suuremmat. Lämpötilaerolla on suuri vaikutus lämmön johtumiseen. Lämpö siirtyy johdosta maaperään ja siitä edelleen ympäristöön. Osa lämmöstä siirtyy myös menoputkesta paluuputkeen. Tällöin lämpö palaa tuotantolaitokselle uudelleen hyödynnettäväksi eikä siten mene suoraan häviöksi. (3, s. 203.)

Yleisimpiä lämpöhäviöiden aiheuttajia kaukolämpöverkossa ovat seuraavat:

- Verkon käyttölämpötila on liian suuri.
- Putkiston lämpöeristys on liian ohut.
- Putkiston eristeaine on vanhentunut, minkä vuoksi eristeen lämmönjohtavuus on suuri.
- Maaperän lämmönjohtavuus on suuri.
- Putkiston peitesyvyys on matala.
- Ulkopuoliset vuotovedet jäädyttävät kaukolämpöväettä.
- Verkon käyttöaste on heikko.
- Lämmönmittauksessa on epätarkkuuksia.

Verkon käyttölämpötila täytyy säätää ulkolämpötilan mukaan, mutta on kuitenkin huolehdittava, että lämpötila kauimmaisellakin asiakkaalla on riittävä. Vuotovesiä ei pidä päästää verkkoon, koska ne lämpöhäviöiden lisäksi aiheuttavat myös putkiston käyttöiän lyhenemistä. Suurin osa lämpöhäviöiden aiheuttajista on mahdollista poistaa, mutta jonkin verran häviöitä on aina jo pelkästään siitä syystä, ettei ole kannattavaa kasvattaa eristepaksuutta kohtuuttomasti. Eristetason ja -materiaalin valintaan on syytä kiinnittää huomiota uusien kaukolämpöjohdoteiden rakennettaessa. (3, s. 209–210.)

Eristämällä kaukolämpöjohdot sekä muut verkoston osat saadaan lämpöhäviöitä pienennettyä. Yleisimmät eristemateriaalit kaukolämpöverkossa ovat polyuretaani, mineraalivilla ja lasivilla. Polyuretaania käytetään yleisimmin putkistojen eristeenä ja kivi- ja lasivillaa laitteiden ja komponenttien eristeenä. (9, s. 60.)

4.3.4 Painehäviöt

Veden virratessa putkessa syntyy kitkan vaikutuksesta painehäviö, joka määritetään kaavalla 4.

$$\Delta p_v = \xi \frac{L}{d_s} \frac{\rho v^2}{2}$$

KAAVA 4

missä

Δp_v = painehäviö [Pa]

ξ = kitkakerroin

L = putkipituus [m]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

ρ = veden tiheys [kg/m³]

v = virtausnopeus [m/s]

Kitkakerroin ξ määräytyy Reynoldsin luvun Re ja karheuden k perusteella. Reynoldsin luku lasketaan kaavalla 5.

$$Re = \frac{vd_s}{\nu}$$

KAAVA 5

missä

v = virtausnopeus [m/s]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

ν = kinemaattinen viskositeetti [m²/s]

Putkistossa olevat käyrät, venttiilit, haarat sekä muut virtausta häiritsevät tekijät aiheuttavat kertavastuksia. Kertavastuksista aiheutuva painehäviö lasketaan kaavalla 6.

$$\Delta p_k = \zeta \frac{\rho v^2}{2}$$

KAAVA 6

missä

Δp_k = painehäviö [Pa]

ζ = kertavastusluku

ρ = veden tiheys [kg/m³]

v = virtausnopeus [m/s]

Laskemalla kitka- ja kertavastukset yhteen saadaan putken kokonaispainehäviö. Vastusten aiheuttama häviö on huomattava, joten putket pyritään mitoittamaan niin, että sekä vastukset että putkikoko ovat edullisimmat. (3, s. 199–202.)

4.3.5 Vuotohäviöt

Uusissa kaukolämpöputkissa ei tietenkään pitäisi vuotohäviöitä olla, mutta on hyvin tavallista, että vanhemmissa verkoissa kaukolämpövettä vuotaa jossain määrin. Verkostot ovat pitkiä ja kun otetaan huomioon, että putket kulkevat maan alla ja kärsivät jatkuvasta rasituksesta, on vuotojen esiintyminen ymmärrettävää. Verkkoon pääsevät ulkopuoliset vuotovedet ruostuttavat kaukolämpöputkia, mikä on yleisin kaukolämpöveden vuotohäviöiden aiheuttaja. On tärkeää, että vuodot korjataan mahdollisimman pian, ennen kuin ne aiheuttavat lisäongelmia. (13, s. 27–28.)

4.4 Kaukolämpöverkon simulointi

Verkkojen virtauslaskennalla selvitetään virtaukset ja painesuhteet eri osissa verkkoa. Sen avulla verkon toimintaa pyritään simuloimaan mahdollisimman tarkasti. Laskentaa hyödynnetään myös, kun tarkastellaan kuinka verkon kapasiteetti riittää eri käyttötilanteissa. Simuloimalla voidaan tarkastella myös tulevia käyttötilanteita laskennallisesti sekä suunnitella sopivia verkkoja ja verkon osia tulevaisuuden tarpeita varten. Suurten silmukkaverkkojen laskenta käsin on mahdotonta, joten sitä varten on kehitetty tietokoneohjelmia, joiden avulla laskenta helpottuu huomattavasti. (3. s, 218.)

Verkoston simulointi voidaan tehdä joko staattisella tai dynaamisella laskentamallilla. Staattista laskentaa käytetään verkon siirtokapasiteetin mitoittamisessa sekä kriittisten ja virtauksiltaan ja lämpötiloiltaan tasaisten käyttötilanteiden tarkastelussa. Laskennalla selvitetään virtausmäärät, lämpötilat, painejakaumat sekä muut normaalitilanteen toiminta-arvot. Dynaamista laskentaa käytetään tarkasteltaessa virtauksissa ja lämpötiloissa ajan suhteen tapahtuvia muutoksia. Sitä käytetään muun muassa säätötoimintojen suunnittelussa. (3. s, 218.)

4.4.1 Staattisen virtauslaskennan periaatteet

Virtausten staattinen laskenta tapahtuu epälineaarisesti, koska painehäviö on verrannollinen suunnilleen virtausmäärän toiseen potenssiin. Laskentaa varten muodostetaan yhtälöryhmä, joka ratkaistaan iteratiivisella menetelmällä. Iterointi alkaa jostakin arvatusta alkutilasta ja laskennan avulla ratkaisua tarkennetaan lähemmäs oikeaa lopputulosta. Mitä useampi laskentakierros käydään läpi, sitä tarkempi tulos saadaan. Yleensä ei päästä aivan täsmälliseen tulokseen. (3, s. 218)

4.4.2 Verkkolaskennan teoriaa

Matemaattisesti tarkasteltuna voidaan sanoa, että verkko koostuu elementeistä (putket, pumpput, venttiilit ym.), jotka liittyvät toisiinsa solmupisteissä eli putkien liitoskohdissa. Veden virratessa elementin läpi muodostuu painehäviö, jolla on epälineaarinen yhteys virtausmäärän kanssa. Samaan solmupisteeseen liittyvien elementtien liittymispäissä on sama paine. Jokaiseen elementtiin määritetään positiivinen suunta, joka yleensä on virtaussuunta, mikäli se on tiedossa. Suunnalla ei ole kuitenkaan merkitystä laskennan tai lopputulosten kannalta. Virtaus verkkoon (syöttöpiste) ja sieltä ulos (kulutus-piste) tapahtuu ainoastaan solmupisteiden kautta. Laskennassa tarkastellaan vain menojohtoa ja virtausten ajatellaan tapahtuvan sisään ja ulos, vaikka todellisuudessa vesi siirtyy vain meno- ja paluujohtojen välillä. (3. s, 218–219.)

4.4.3 Grades Heating -laskentaohjelma

Grades Heating on Enoro Oy:n verkostosimulointiohjelmisto, jolla simuloidaan muun muassa kaukolämpöverkon toimintaa. Ohjelmiston avulla voidaan mitoit-taa esimerkiksi kaukolämpöputkia, venttiilejä ja pumppaamoja sekä optimoida lämpökeskusten pumppauksia tarkastelemalla ahtaita olemassa olevia putki-osuuksia. Simulointia varten tarvitaan seuraavat lähtötiedot: putkilinjat ja -koot, asiakastiedot, lämpökeskusten tiedot sekä pumppaustiedot halutusta laskentati-lanteesta. (14.)

Haapajärven Lämpö Oy:n tapauksessa verkko on simuloitu staattisella laskentamallilla. Simulointi on tehty käytännössä yhden ajanhetken mukaan, joka todellisuudessa on kuitenkin keskiarvo huipputilanteesta. Laskennassa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Verkon yksi solmupiste määritellään niin sanotuksi kiinteän paineen solmuksi ja yksi painetaso kiinnitetään. Tässä tapauksessa kyseinen solmupiste on laitoksen paineenpito ja painetaso on paineenpidon taso kyseisessä ajotilanteessa.
- Jokaiselle kuluttajalle määrätään vakiojäähdytys todellisen ajotilanteen perustella. Arvoa verrataan todellisen ajotilanteen tietoihin.
- Jokaiselle kuluttajalle määrätään risteilykerroin, joka huomioi lämpökuorman risteilyä eri ajanhetkillä. Risteilykertoimella huomioitu teho on aina pienempi kuin tilausteho.
- Lämpökeskuksille määritellään lähtevän menoveden lämpötila, joka perustuu todelliseen ajoarvoon.
- Verkolle määrätään minimipaine-eropiste, joka käytännössä on verkon kaukaisin kuluttaja.
- Ulkolämpötila määräytyy todellisen ajoarvon perusteella.

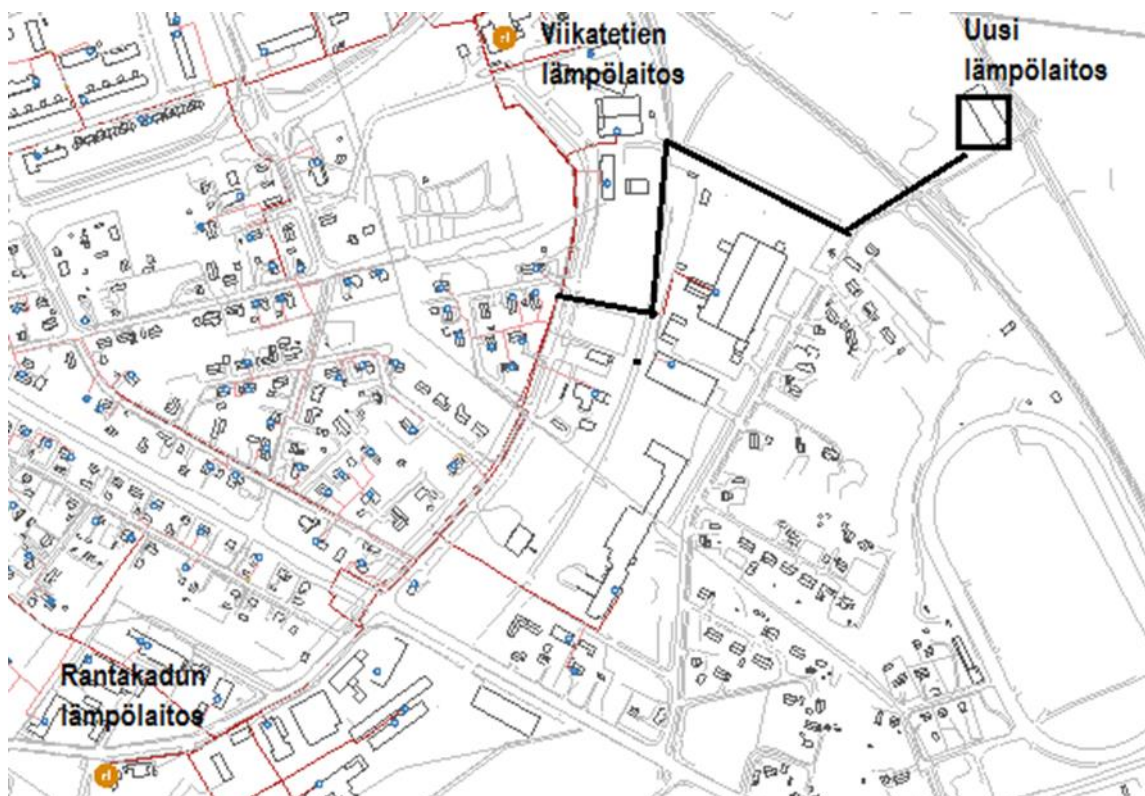
Haapajärven Lämpö Oy:n tapauksessa verkkoa on simuloitu huippukuormatilanteen perusteella, joten edellä mainitut oletukset perustuvat oikeisiin toteutuneisiin arvoihin. Huippukuormatilanteen vuoksi voidaan myös käyttää verkossa yleistä risteilykerrointa. (14.)

4.4.4 Vaihtoehdot

Kun uusien kaukolämpöjohtojen määrää, kokoa ja reittiä alettiin suunnitella, vaihtoehtoja oli muutama. Täytyi miettiä, lähteekö uudelta laitokselta yksi vai kaksi johtoa, ja jos yksi, haarautuuko se mahdollisesti jossain kohtaa. Suurimman haasteen aiheutti se, että Haapajärven saha tarvitsee ympäri vuoden 120-asteista vettä, kun taas kaupungin verkossa veden lämpötila on 75–115 °C ulkolämpötilasta riippuen.

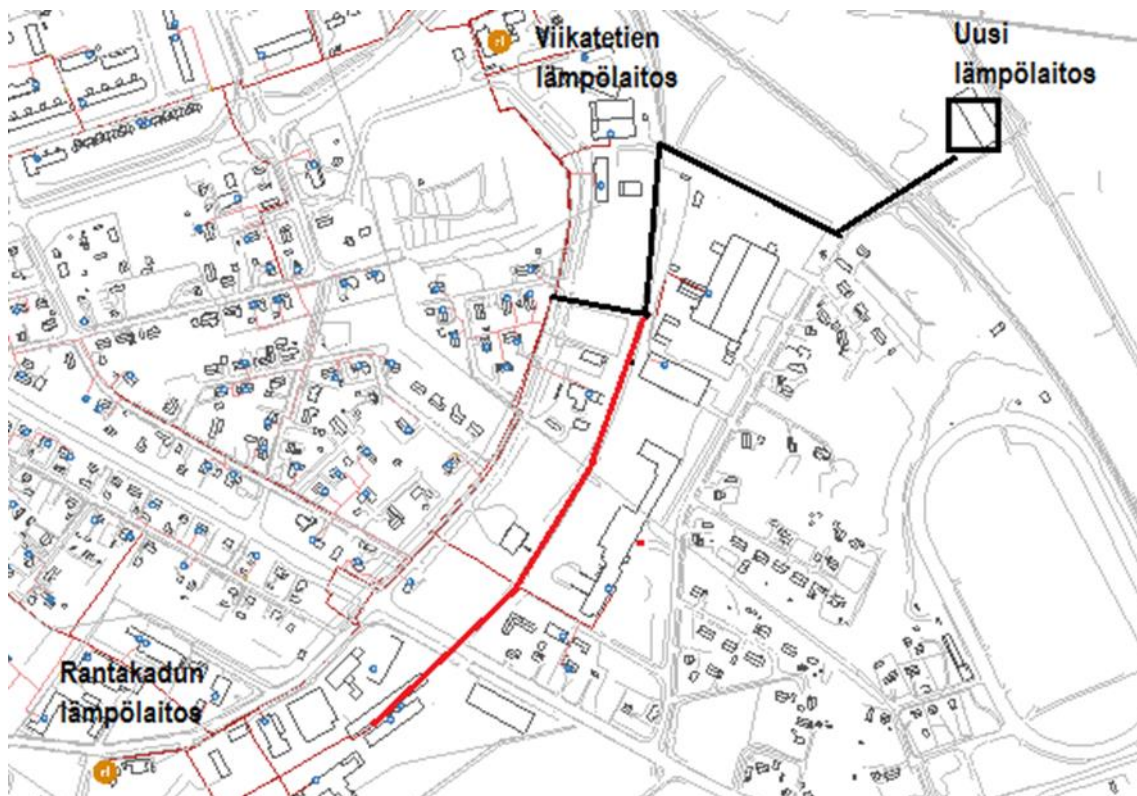
Simulointi tehtiin huipputilanteen mukaan, jolloin sahalle ajettava teho on 11,4 MW ja kaupungin verkkoon 18,6 MW eli yhteensä 30 MW. Uikolämpötila on $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuluttajien oletusjäähdytys on $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, paitsi sahalla jäähdytys on $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Paluupaine uudelle laitokselle on 2 bar ja minimipaine-ero on 0,6 bar. Johtojen reittivalinnalle ei ollut juurikaan vaihtoehtoja. Olemassa olevien rakennusten vuoksi uudelle linjalle löytyi yksi kannattava vaihtoehto.

Ensimmäinen vaihtoehto oli se, että rakennetaan vain yksi kaukolämpöjohto, joka liittyy vanhaan runkoon (kuva 12). Tällöin johto olisi kooltaan DN 350. Tämän seurauksena olemassa olevien laitosten välinen johto kävisi liian pieneksi ja täytyisi myös saneerata. Nykyisen rungon menojohto on DN 200 ja paluujohdtona on kaksi DN 150 johtoa. Tässä vaihtoehdossa laitokselta lähtisi ympäri vuoden 120-asteista vettä, mikä tarkoittaa sitä, että myös kaupungin verkkoon menisi koko ajan tarpeettoman kuumaa vettä ja häviöt kasvaisivat erityisesti kesällä todella suuriksi.



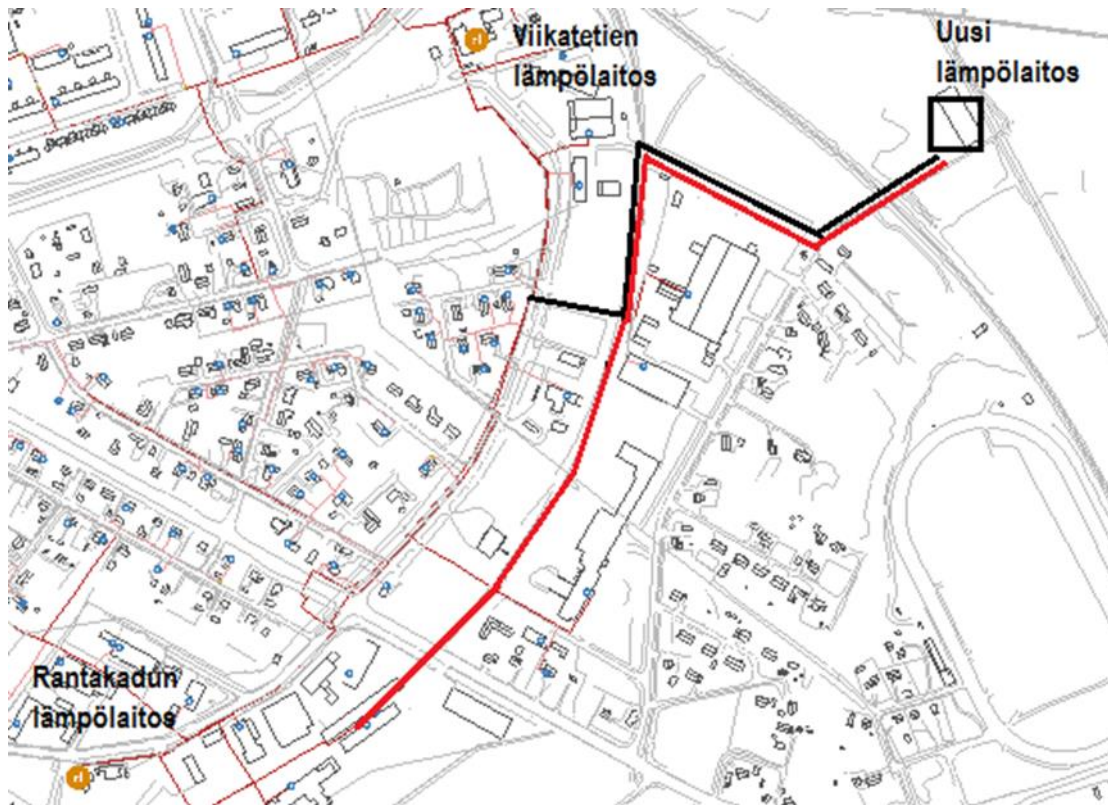
KUVA 12. Vaihtoehto 1

Toisessa vaihtoehdossa laitokselta lähtee myös vain yksi johto, mutta se haarautuu kahdeksi (kuva 13). Toinen johto liittyy kaupungin verkkoon ja toinen johto menee sahalle. Laitokselta lähtevä johto olisi edelleen DN 350, kaupungin verkkoon liittyvä johto DN 300 ja sahalle menevä johto DN 250. Tällöin Rantakadun laitokselle päin lähtevää vanhaa johtoa ei tarvitsisi saneerata lainkaan, ainoastaan pohjoiseen päin lähtevä johto olisi hyvä muuttaa DN 200:sta DN 250:ksi. Tämä vaihtoehto vaatisi venttiilin, jonka avulla sahalla palaavalla vedellä, joka on edelleen kuumaa, jäähdytetään kaupungin verkkoon menevää vettä, jotta sinne ei mene turhaan liian kuumaa vettä. Laitokselta lähtee edelleen koko ajan 120-asteista vettä.



KUVA 12. Vaihtoehto 2

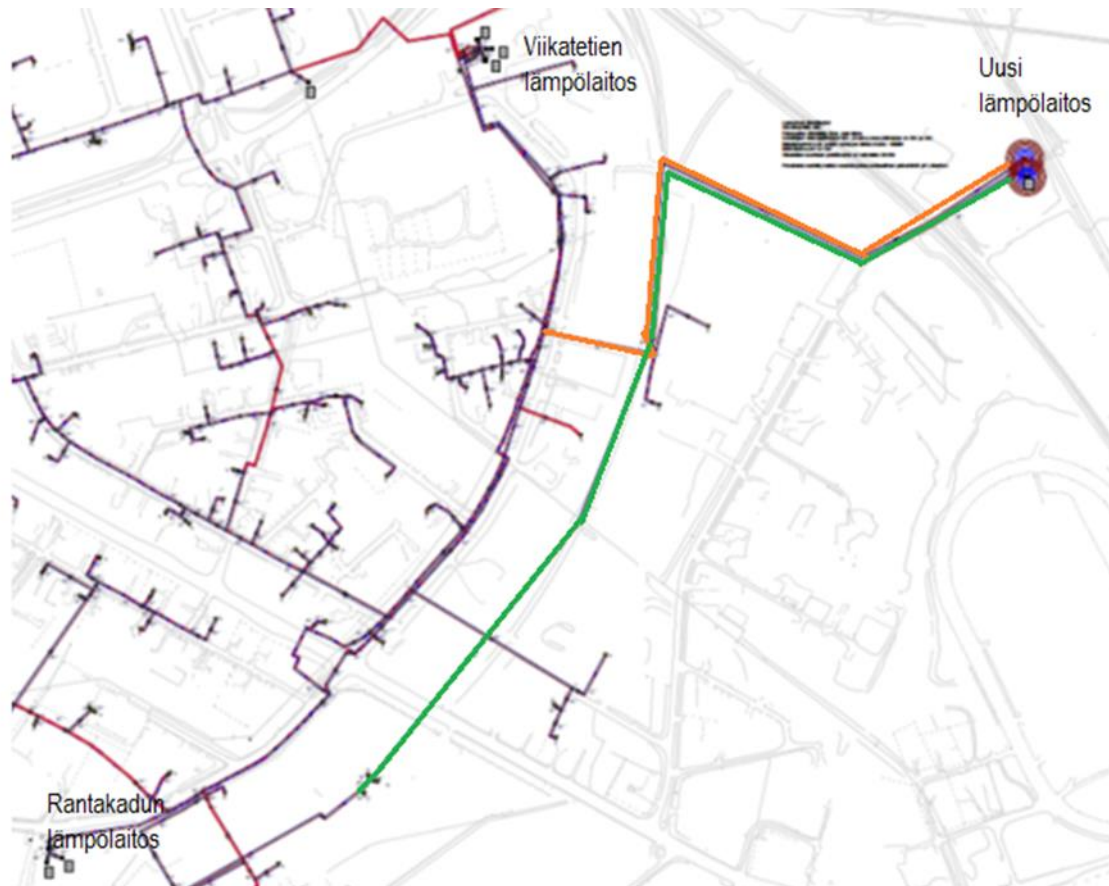
Kolmannessa vaihtoehdossa laitokselta lähtee kaksi erillistä johtoa: toinen kaupungin verkkoon ja toinen sahalle (kuva 14). Kaupungin verkkoon liittyvä johto on DN 300 ja sahalle menevä johto DN 250. Näin ollen myös tässä vaihtoehdossa täytyy harkita, saneerataanko Viikatetielle menevä vanha kaukolämpöjohto DN 250:ksi.



KUVA 14. Vaihtoehto 3

4.4.5 Valittu ratkaisu

Eri vaihtoehtojen tarkastelun jälkeen päädyttiin siihen, että uudelta lämpöaitok-selta rakennetaan lähtemään kaksi erillistä kaukolämpöjohtoa. Toinen johto liit-tyy kaupungin verkkoon ja toinen johto menee sahalle (kuva 15). Näin ollen kaupungin verkkoon ei mene tarpeettoman kuumaa vettä. Viikatetielel menevän vanhan kaukolämpöjohdon saneerausta ei yhdistetä samaan urakkanaan uusien johtojen rakentamisen kanssa, vaan se tehdään erillisenä urakkana myöhem-min.



KUVA 15. Uudet kaukolämpöjohdot

4.5 Kaukolämpöverkon rakentaminen

Kaukolämpöjohtotyöt voidaan jakaa yhteen, kahteen tai kolmeen erilliseen urakkaan: maanrakennusurakka, eristyslementti- ja putkiurakka sekä eristysurakka. Tässä työssä johtotyöt on jaettu maanrakennusurakkaan, josta erillisenä osana alitusurakka, sekä putki- ja eristysurakkaan. Työt tehdään Energia-teollisuus ry:n suositusten mukaan. (3, s. 184.)

4.5.1 Maanrakennus

Johtoreitillä suoritetaan katselmus maanrakennusurakoitsijan kanssa. Katselmuksessa päätetään, mitä toimenpiteitä ennen työn aloittamista on tehtävä, esimerkiksi miten kasvistoa suojellaan ja hävitetäänkö puut ja pensaat vai istutetaan uudestaan. Ennen töiden aloittamista on suoritettava muun muassa seuraavat toimenpiteet:

- Töiden aloittamisesta, suorituksesta ja valvonnasta on sovittava kunnan viranomaisten kanssa.
- Työmaan merkitsemisestä ja suojaamisesta on huolehdittava.
- Mahdollisista melu- ja liikennehaitoista on ilmoitettava kiinteistöille.
- On hankittava tarvittavat varasto- ja työmaa-alueet.

Rakentaminen täytyy tapahtua hyväksytyjen piirustusten ja sovittujen aikataulujen mukaisesti ja on huolehdittava, että piirustuksiin ja tietojärjestelmiin tuleva kaukolämpöjohto on totuuden mukainen. (3, s. 189)

4.5.2 Junaradan alitus

Alitus tarkoittaa sitä, että kaukolämpöjohto viedään olemassa olevan radan alitse kokonaan maanpinnan alapuolella. Suojaputken ulkohalkaisijan täytyy olla niin suuri, että esimerkiksi putkielementin tuentapannat saadaan helposti asennettua suojaputkeen. Suojaputken sisähalkaisijan on oltava niin suuri, ettei suojattava putki vaurioidu asennuksessa. (15, s. 3–10.)

Alitusputken minimi upotussyvyys on radan korkeusviiva – 1,4 m radan keskilinjasta 2,7 metrin etäisyydellä molempiin suuntiin. Radan korkeusviivalla tarkoitetaan viivaa, joka määrittelee radan korkeuden aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla. Rataan on tehtävä routasuojaus, mikäli kaukolämpöputki rakennetaan radan rakennekerrosten tasolle (radan korkeusviiva – 1,8...2,4 m). Alitus pyritään kuitenkin rakentamaan roudattomaan syvyyteen. Useampia raiteita alitettaessa etäisyys mitataan uloimpien ratojen keskilinjasta. Penkereen ulkopuolella suojaputken tai putkilinjan rakenteen vähimmäisyvyys maanpinnasta on 0,5 m ja suojaputken täytyy ulottua vähintään 3 metriä penkereen ulkopuolelle. (15, s. 3–10.)

Kaukolämpöjohdon alitus rakennetaan kaivamatta. Käytetyimmät alitusmenetelmät ovat tunkkaus, lyönti ja poraus. Tunkkaus ja lyönti soveltuvat kivettämiin ja hienorakeisiin maihin. Molemmissa käytetään avonaista putkea, joka tyhjenetään joko korkeapainehuuhtelulla tai kairalla. Putken päähän jätetään kuitenkin vähintään 0,5 metrin pituinen maatulppa. Lyönti tapahtuu ilman takatukea, mutta tunkkaus vaatii puristavan voiman aikaansaamiseksi takatuen, joka

useimmiten on ponttiseinä. Tunkkaus on tällä hetkellä vähiten käytetyin alitusmenetelmä. Poraus soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa täytyy läpäistä louhetta ja suuria kiviä sisältävä maamassa tai kallio. Suojaputkena käytetään tällöin teräsputkea. (15, s. 3–10.)

4.5.3 Maantien alitus

Olemassa olevien teiden alitukset tehdään yleensä kohtisuoraan. Suositeltavia paikkoja alitukselle ovat esimerkiksi sorasta tai hiekasta tehty 1–5 metrin korkuinen penger, routimaton maalaatikkorakenne sekä väistämismuunnos sivutie liittymässä. Vältettäviä paikkoja ovat kohdat, joissa on suuri routanousu tai kallio lähellä tien pintaa. (16, s. 10–13.)

Määritettäessä johdon peitesyvyyttä on huomioitava tien sivuajat ja tierakenteessa ennestään olevat johdot sekä kuormituksen, roudantorjunnan ja liukkaudentorjunnan asettamat vaatimukset. 2Mpuk- ja Mpuk -johtojen peitesyvyys on 0,5–6,0 metriä. Jos johto on rakennettava tiensuuntaisesti, on vältettävä johdon sijoittamista ajorataan tai pientareelle. Suojaputkena käytetään teräs-, betoni- tai muoviputkea. Poraus- ja työntömenetelmissä käytetään yleensä sileää teräsputkea. Alitus voidaan tehdä myös kaivamalla. (16, s. 10–13.)

4.5.4 Putkiasennus

Putkiurakoitsija sopii aikataulusta yhdessä maanrakennusurakoitsijan kanssa. Alhaisin elementtien käsittelylämpötila on $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Käsittely ei saa vahingoittaa teräsputkea tai suojakuorta, ja erityisesti pakkasella on varottava, ettei elementtiin kohdistu iskuja. (10, s. 26–30.)

Asennuksessa täytyy noudattaa elementtivalmistajan ohjeita. Kaivannon pohjan on oltava tasainen ja elementtien avonaiset päät on pidettävä suljettuna, jottei putkiin pääse vieraita esineitä. Asennuksessa on myös huomioitava putkien lämpöliike sekä mahdollinen esijännitys. Ainoastaan rakennuttajan hyväksymät ammattitaitoiset hitsaajat saavat suorittaa putkien hitsaustöitä. (10, s. 26–30.)

Kun kaukolämpöjohto on valmis, se testataan painekokeella. Kaikki saumat tarkastetaan, jonka jälkeen koepaine pidetään johdossa vielä vähintään tunnin

ajan. Ennen kaivannon täyttöä kaukolämpöjohto vielä esilämmitetään normaalin kiertoveden lämpötilaan. Esilämmityksen aikana katsotaan, asettuvatko putket kaivantoon suunnitellulla tavalla. (10, s. 26–30.)

5 LUVITUS

Ennen rakennustöiden aloittamista on huolehdittava, että töiden vaatimat luvat on asianmukaisesti hoidettu. Radan ja maanteiden alitukseen on hankittava luvat ja rakennettavan alueen maanomistajilta on kysyttävä luvat. On myös selvitettävä, mitä kaapeleita alueella on, ja huomioitava ne rakennustöissä.

5.1 Ratahallinto

Lupa radan alitukseen haetaan Ratahallintokeskukselta risteämisluvalla ennen työn aloittamista. Luvan hakeminen edellyttää, että alituksesta on laadittu asianmukaiset suunnitelmat, joista käy ilmi vähintään seuraavat asiat:

- alituksen sijainti
- alitusmenetelmä
- rakentamisajankohta
- suojaputken tyyppi, halkaisija, seinämäpaksuus, pituus ja kaltevuus
- tarvittaessa pohjavesiolosuhteiden huomioon ottaminen
- alittavan rakenteen/suojaputken etäisyys muista alueella sijaitsevista kaapeleista, putkista ja muista rakenteista
- alitukseen välittömästi liittyvät laitteet ja rakenteet.

Lupahakemukseen liitetään myös yleiskartta alueesta, alituksen etäisyyden eri kohteista selvittävä kohdekartta, alituksen suuntainen leikkauspiirustus rautatiealueelta sekä alitusrakenteen poikkileikkaus. (15, s. 5-6.)

5.2 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

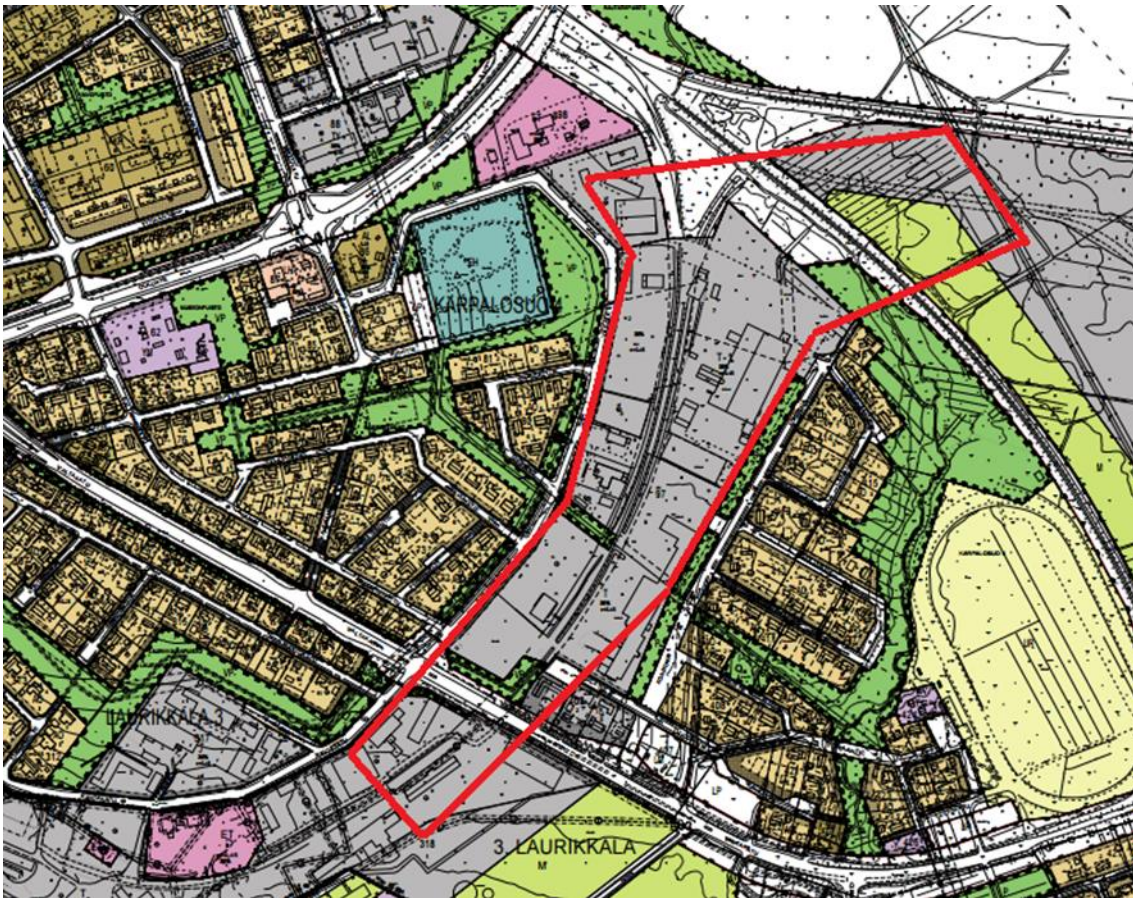
Lupa tien alitukseen haetaan tienpitäjältä, tässä tapauksessa Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta. Ennen luvan hakemista on selvitettävä seuraavat asiat:

- alituskohdat, alitustapa ja rakenne
- onko tiealueelle mahdollista sijoittaa tiensuuntaisia johtoja
- tiealueella ennestään olevat laitteet ja rakenteet
- maaperätiedot

- lämpöjohdon rakenne, eristeet, kuivatus ja sulkulaitteet
- toteutusaikataulu (16, s. 25).

5.3 Maanomistajat

Haapajärven kaupungilta selvitettiin alueen maanomistajat, joilta kysytään lupa tarvittaessa. Kuvassa 16 on Haapajärven asemakaavaan rajattu alue, jolta maanomistajat selvitettiin. Tarkemmat tiedot ovat liitteissä 2 ja 3.



KUVA 16. Kartta alueesta, jolta maanomistajat on selvitettävä

5.4 Alueen kaapelit

Tietoyhteiskuntakaavassa (917/2014) 241. §:ssä sanotaan telekaapeleita vaarantavasta työstä seuraavaa:

”Ennen maanrakennustyöhön, metsätyöhön, vesirakennustyöhön taikka muihin telekaapeleita mahdollisesti vaarantavaan työhön ryhtymistä työn suorittajan on vaurioiden välttämiseksi selvitettävä, sijaitseeko työalueella telekaapeleita.

Teleyrityksen on annettava maksutta tietoja telekaapeleiden sijainnista. Teleyrityksen on annettava työn suorittajalle vaaran välttämiseksi tarpeelliset tiedot ja ohjeet.” (17.)

Säännöksen tarkoituksena on ehkäistä telekaapelivaurioita. Telekaapelivaurio saattaa korjauskustannusten lisäksi aiheuttaa televiestinnän katkeamisen seurauksena huomattavia taloudellisia menetyksiä teleyritykselle. Selonottovelvollisuudella on keskeinen merkitys arvioitaessa vahingonaiheuttajan korvausvelvollisuutta. Vahingonaiheuttaja, joka on laiminlyönyt selonottovelvollisuuden, ei voi tehokkaasti vedota siihen, että hän ei tiennyt alueella sijaitsevasta telekaapelista. Alueella sijaitsee Elisan ja Soneran puhelinkaapeleita sekä Elenian sähkökaapeleita (liitteet 6-8). (18.)

6 KUSTANNUSLASKELMAT

Rakentamiskustannuksiin lasketaan putkimateriaalit, putki- ja eristystyöt sekä maanrakennustyöt. Putkimateriaaleihin lasketaan putki- ja kulmaelementit, venttiilit, supistuskappaleet ja haarat. Putki- ja eristystöihin kuuluvat putkien ajo työmaalle, putkien hitsaukset ja liitostyöt sekä eristykset. Maanrakennustöihin kuuluvat putkikaivannot ja kaivantojen täyttötyöt.

6.1 Tarjouspyynnöt ja tarjoukset

Tarjouspyynnöt lähetettiin erikseen putkiasennus-, alitus- ja maanrakennusurakoista. Tässä vaiheessa selvitetään ainoastaan urakoiden hinnat, koska urakan aikataulua ei vielä tiedetä. Tarjoukset eivät ole sitovia. Sekä putkiasennus- että maanrakennusurakasta lähetettiin viidelle yritykselle tarjouspyynnöt. Tarjouspyyntöihin liitetyt yksikköhintaluettelot ovat liitteissä 4 ja 5. Alitusurakasta pyydettiin ainoastaan yhdeltä yritykseltä tarjous.

Määräaikaan mennessä saatiin alitusurakkatarjous, neljä maanrakennusurakkatarjousta, yksi putkiasennusurakkatarjous sekä yksi putkimateriaalitarjous.

6.2 Laskelmat

Maanrakennusurakkatarjouksissa oli yhtä lukuun ottamatta ainoastaan yksikköhinnat, joten ensin oli arvioitava yksikkömäärät ja sen jälkeen laskettava urakalle hinta, minkä jälkeen tarjouksia vertailtiin ja valittiin tarjouksista paras. Tarjoukset on eritelty liitteessä 9. Yksikkömäärät ovat karkeita arvioita, jotka tarkentuvat myöhemmin. Kustannuslaskelmassa käytetyt hinnat ovat arvonlisättömiä hintoja. Taulukossa 4 on putkiurakan kustannuslaskelma. Laskelmassa on eritelty putkimateriaalit ja -työt sekä työtunnit.

TAULUKKO 4. Putkiurakan kustannuslaskelma

PUTKIURAKKA				
Putkimateriaalit	Yksikkö	Määrä arviolta	Yksikköhinta euroa alv 0 %	Kokonaishinta euroa alv 0 %
Putki 1P 300/560 L=16m	m	760	93,71	71 219,60 €
Putki 1P 250/500 L=16 m	m	1170	75,45	88 276,50 €
Kulma 1P K 90° 300/560	kpl	4	511,93	2 047,72 €
Kulma 1P K 90° 250/500	kpl	4	407,46	1 629,84 €
Kulma 1P K 30° 300/560	kpl	2	439,15	878,30 €
Kulma 1P K 30° 250/500	kpl	2	322,53	645,06 €
T-haara 300/560 (3626)	kpl	4	691,7	2 766,80 €
T-haara 250/500 (3621)	kpl	2	582,72	1 165,44 €
SWJ-Jatkos 560 täydellisenä	kpl	60	116,96	7 017,60 €
SWJ-Jatkos 500 täydellisenä	kpl	120	87,48	10 497,60 €
Vaahtopakkaus nro. 13	kpl	60	67	4 020,00 €
Vaahtopakkaus nro. 12	kpl	120	53,12	6 374,40 €
				196 538,86 €
Putkityöt				
Putki 1P 250/500 L=16 m	m	760	18	13 680,00 €
Putki 1P 300/560 L=16m	m	1170	23,3	27 261,00 €
Putken katkaisu 2Mpuk DN 250/500	kpl	13	48	624,00 €
Putken katkaisu 2Mpuk DN 300/560	kpl	20	54	1 080,00 €
Ylimääräinen sauma DN 250	kpl	4	120	480,00 €
Ylimääräinen sauma DN 300	kpl	7	144	1 008,00 €
Jatkosauma DN 250/500 SWJ-holkki	kpl	76	192	14 592,00 €
Jatkosauma DN 300/560 SWJ-holkki	kpl	117	207	24 219,00 €
Kulma 1P K 30° 250/500	kpl	2	220	440,00 €
Kulma 1P K 90° 250/500	kpl	4	220	880,00 €
Kulma 1P K 30° 300/560	kpl	2	280	560,00 €
Kulma 1P K 90° 300/560	kpl	4	280	1 120,00 €
2Mpuk yhdistelmäventtiili DN 250/500	kpl	1	220	220,00 €
2Mpuk yhdistelmäventtiili DN 300/560	kpl	1	280	280,00 €
Supistuskappale 300/250	kpl	2	280	560,00 €
Supistuskappale 300/200	kpl	2	280	560,00 €
Supistuskappale 250/200	kpl	2	220	440,00 €
T-haara 300/300	kpl	6	280	1 680,00 €
Miestyötunti	h	1000	64	64 000,00 €
Ylityö 50%tunti	h		96	0,00 €
Ylityö 100%tunti	h		128	0,00 €
				153 684,00 €
			Urakkasumma	350 222,86 €

Taulukossa 5 on maanrakennusurakan kustannuslaskelma. Laskelmassa on eritelty putkikaivannon kaivu- ja täyttötöyt, kiviainekset ja muut materiaalit sekä tarvittavat työkalut ja työtunnit.

TAULUKKO 5. Maanrakennusurakan kustannuslaskelma

MAANRAKENNUSURAKKA				
			Yksikköhinta	Kokonaishinta
Putkikaivannon kaivu- ja täyttötöyt	Yksikkö	Määrä arviolta	euroa alv 0 %	euroa alv 0 %
Maakaivannon kaivaminen 2MPUK-linjalle	m	1300	12	15 600,00 €
Ylijäämämassojen ajo läjitysalueelle (etäisyys 0-5 km)	m ³	1400	6	8 400,00 €
Alkutäyttö, hiekka	m	1300	15	19 500,00 €
Lopputäyttö kaivumailla	m	1300	6	7 800,00 €
Kiviainekset ym.				
KaM # 0-16 mm, sisältäen kuljetuksen työmaalle	tn	100	8	800,00 €
KaM # 0-32 mm, sisältäen kuljetuksen työmaalle	tn	100	7,7	770,00 €
Suodatinhiekkä, sisältäen kuljetuksen työmaalle	m ³	820	7,28	5 969,60 €
Suodatinkangas KL2, asennettuna	m ²	4100	0,45	1 845,00 €
Finfoam 50 mm, suulakepuristettua, kuivairtitiheys 35 kg/m ³	m ²	100	6	600,00 €
Laskutyöperusteet				
Kaivinkone 1	h	160	51	8 160,00 €
Kaivinkone 2	h	160	46	7 360,00 €
Kuorma-auto	h	320	60	19 200,00 €
Traktori	h	100	45	4 500,00 €
Työnjohtaja	h	160	50	8 000,00 €
Ammattimies	h	740	35	25 900,00 €
			Urakkasumma	134 404,60 €

Taulukossa 6 on alitusurakan kustannuslaskelma. Hinta sisältää alituksen suo-
japutkineen.

TAULUKKO 6. Alitusurakan kustannuslaskelma

ALITUSURAKKA				
			Yksikköhinta	Kokonaishinta
Alitus ja suo- japutki	Yksikkö	Määrä arviolta	euroa alv 0 %	euroa alv 0 %
DN 250/600	m	80	700	56 000,00 €
DN 300/700	m	30	700	21 000,00 €
			Urakkasumma	77 000,00 €

Näin ollen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset ovat 561 627 €.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli mitoitaa kaukolämpöjohto uudelta lämpölaitokselta vanhoille laitoksille sekä tutkia, onko vanhojen laitosten välisiä johtoja tarpeellista saneerata. Simulointiohjelman avulla löydettiin optimaalisin vaihtoehto ja päätettiin rakentaa kaksi erillistä kaukolämpöjohtoa, joista toinen yhdistyy vanhaan runkojohtoon ja toinen menee suoraan Haapajärven sahalle, jonka kaukolämmön tarpeet ovat hyvin erilaiset kuin kaupungin kaukolämpöverkossa. Todettiin myös, että vanhaa johtoakin on tarpeellista saneerata, mutta se tehdään erillisenä urakkana, eikä sitä ole tämän työn kustannuslaskelmassa huomioitu.

Kun uudet kaukolämpöjohdot oli mitoitettu ja johtojen reitti valittu, tehtiin kustannuslaskelma. Tätä varten pyydettiin tarjoukset putki-, maanrakennus- ja alitusurakoista. Ongelmia aiheutti putkiurakan osalta tarjousten vähyyys. Lopulta saatiin yhdet tarjoukset sekä putkimateriaaleista että putkiasennuksesta ja kustannuslaskelma voitiin tehdä. Rakentamisurakan alkamisajankohta ei ole vielä selvillä. Tässä vaiheessa tehty kustannuslaskelma tarkentuu siinä vaiheessa, kun rakentamisurakan tarkemmat tiedot selviävät.

LÄHTEET

1. Haapajärven Lämpö Oy - Historia. 2015. Haapajärven Lämpö Oy. Saatavissa: <http://haapajarvenlampo.fi/haapajarven-lampo-oy/>. Hakupäivä 3.1.2016.
2. Toimintakertomus 2014. 2015. Haapajärven Lämpö Oy. Saatavissa: <http://haapajarvenlampo.fi/wp/wp-content/themes/haapajarvi/Kertomus2014/FLASH/FLASH/index.html>. Hakupäivä 13.1.2016.
3. Kaukolämmön käsikirja. 2006. Energiateollisuus ry. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.
4. Kaukolämmön toimintaperiaate. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>. Hakupäivä 14.1.2016.
5. Energiavuosi 2015 – Kaukolämpö. 2016. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2015-kaukolampo>. Hakupäivä 24.2.2016.
6. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/sahkon-ja-lammon-yhteistuotanto>. Hakupäivä 25.1.2016.
7. Kaukolämpö 2014 graafeina. 2015. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot/kaukolammitys>. Hakupäivä 5.1.2016.
8. Haasteista mahdollisuuksia – sähkön ja kaukolämmön hiilineutraali visio vuodelle 2050. 2010. Energiateollisuus ry. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/haasteista_mahdollisuuksia__ja__hiilineutraali_visio_vuodelle_2050_20091112.pdf. Hakupäivä 23.2.2016
9. Mäkelä, Veli-Matti – Tuunanen, Jarmo 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 3.1.2016.
10. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. 2013. Suositus L11/2013. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/julkaisut/suositus-l112013-kaukolampojohtojen-suunnittelu-ja-rakentamisohjeet>. Hakupäivä 4.1.2016.

11. Kaukolämpöjohtojen optimaalisen eristyspaksuuden tarkastelu. 2009. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/eristyspaksuuden_optimointi_raportti_lty_180909.pdf. Hakupäivä 16.3.2016.
12. Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot. 2010. Suositus L1/2010. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/julkaisut/suositus-l12010-kiinnivaahdotetut-kaukolampojohdot-pdf>. Hakupäivä 21.1.2016.
13. Viander, Tero 2014. Kaukolämpöverkon käytön optimointi. Diplomityö. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/102299/Diplomityo_Tero_Viander_08122014.pdf?sequence=2. Hakupäivä 17.2.2016.
14. Korpinen, Ville 2016. Re: Yleistietoa simulointiohjelmasta. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Sanna Pulli. 1.3.2016.
15. Kaukolämpöjohdon rakentaminen radan alitse. 2005. Suositus L14/2005. Energiateollisuus ry. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/suositusl14_2005_0.pdf. Hakupäivä 4.1.2016.
16. Kaukolämpöjohdot ja maantiet. 2005. Suositus L15/2005. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/sites/default/files/suositusl152005.pdf>. Hakupäivä 4.1.2016.
17. L 7.11.2014/917. Tietoyhteiskuntakaari. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917#L28P241>. Hakupäivä 16.3.2016.
18. Kaapelinäytöt. 2016. PyhäNET. Saatavissa: <http://www.pyhanet.fi/tuki-ja-ohjeet/kaapelinaytot/>. Hakupäivä 29.2.2016.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Kartta alueen omistuksista

Liite 3 Lista maanomistajista

Liite 4 Putkiasennusurakan yksikköhintaluettelo

Liite 5 Maanrakennusurakan yksikköhintaluettelo

Liite 6 Elisan kaapelit

Liite 7 Soneran kaapelit

Liite 8 Elenian kaapelit

Liite 9 Maanrakennusurakan hintavertailu

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Sanna Pulli

Tilaaja Haapajärven Lämpö Oy

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Haapajärven Lämpö Oy:n toimitusjohtaja Janne Alpua. puh. 044 445 6100

Työn nimi Kaukolämpöjohtojen mitoitus

Työn kuvaus Kaukolämpöverkon pääpumppaus siirtyy eri paikkaan. Työssä mitoitetaan uudet kaukolämpöjohdot ja tehdään kustannuslaskelmat.

Työn tavoitteet Työn tavoitteena on mitoittaa kaukolämpöjohto uudelta lämpölaitokselta vanhoille laitoksille sekä tutkia vanhojen laitosten välisen johdon mahdollista uusimista.

Tavoiteaikataulu

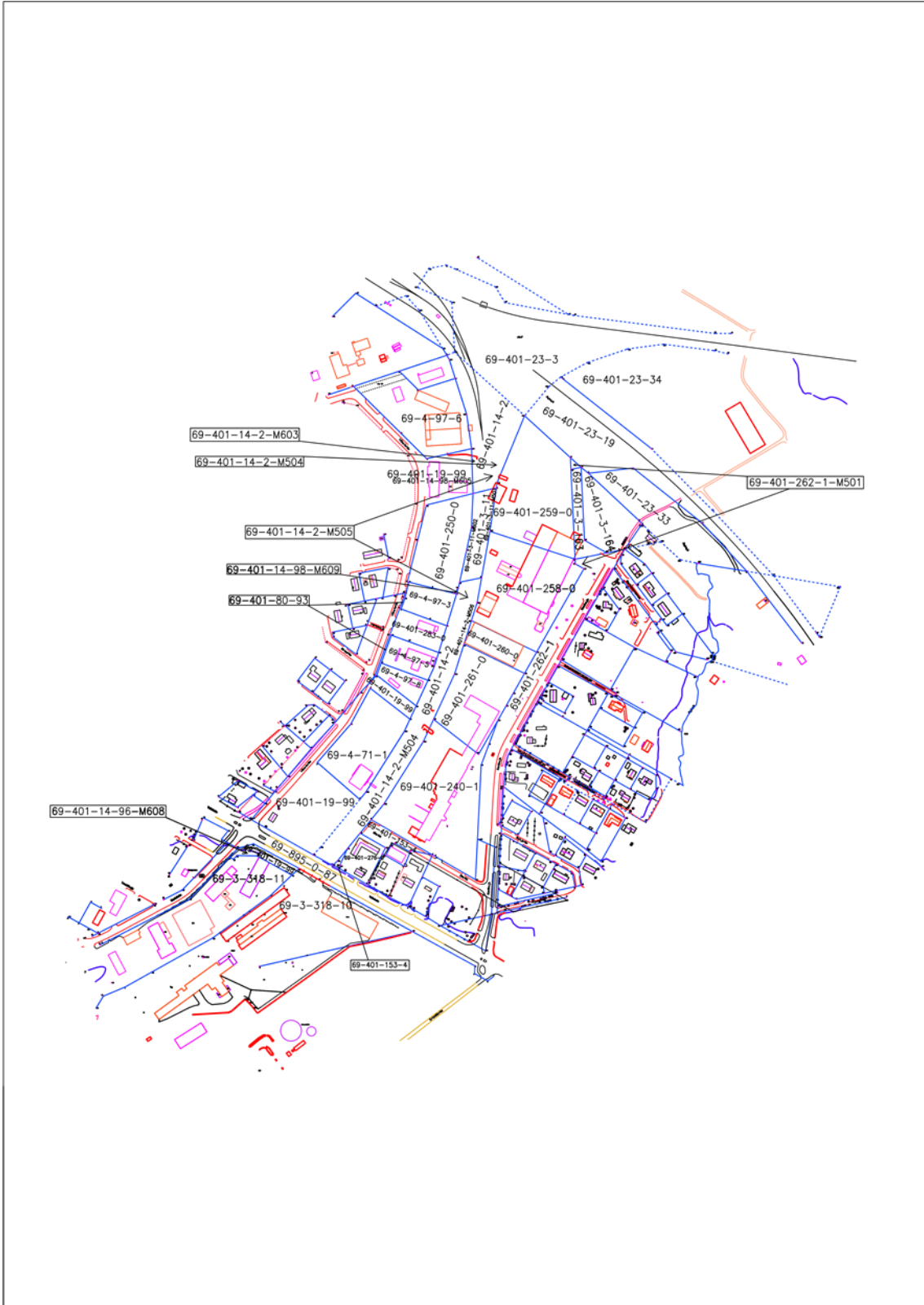
Työ on tarkoitus olla valmis huhtikuussa 2016.

Päiväys ja allekirjoitukset

28.9.2015

Sanna Pulli

Janne Alpua



Kiinteistö- tai määräalatus	Omistaja	Osoite	Muuta
69-4-97-6	Kaskipuu Oy	Viikatetie 16	
69-401-19-99	Haapajärven seurakunta	Ronkaalankuja 3	Kiinteistöä monessa kohdassa, mutta aina määräala tai joku vuokralla (esim. Lujabetoni).
69-401-14-98-M605	Niskasen maansiirto Oy	Viikatetie 14	Seurakunnan kiinteistöstä
69-401-14-98-M609	Niskasen maansiirto Oy	Viikatetie 14	Seurakunnan kiinteistöstä
69-401-250-0	Niskasen maansiirto Oy	Viikatetie 14	
69-401-14-2	Suomen valtio, Liikennevirasto		
69-401-14-2-M504	Lujabetoni Oy	Silatie 2	Määräala kiinteistöstä 69-401-14-2
69-401-14-2-M505	Tiivituote Oy	Konikuja 7	Luovutettu määräalasta 69-401-14-2-M504
69-401-14-2-M603	Niskasen maansiirto Oy	Viikatetie 14	Luovutettu määräalasta 69-401-14-2-M504
69-401-14-2-M506	PL-Glass Oy	Konikuja 5	Määräala kiinteistöstä 69-401-14-2
69-401-23-34	Haapajärven kaupunki	PL4 85801	
69-401-23-19	Suomen valtio, Liikennevirasto		
69-401-3-11	Haapajärven kaupunki	PL4 85801	
69-401-3-11-M501	Tiivituote Oy	Konikuja 7	Kiinteistöstä 69-401-3-11
69-401-3-11-M602	Niskasen maansiirto Oy	Viikatetie 14	Kiinteistöstä 69-401-3-11
69-401-80-93	Haapajärven kaupunki	PL4 85801	
69-4-97-3	PL-Glass Oy	Konikuja 5	
69-401-283-0	Syrjä Rami Juhani	Viikatetie 8	
69-4-97-5	Kospaja Oy	Viikatetie 6	
69-4-97-8	Niska Lauri Arvo Antero	Viikatetie 6	
69-4-71-1	Lujabetoni Oy	Silatie 2	
69-3-318-11	Haapajärven Ha-Sa Oy	Hiljalankatu 7	
69-3-318-10	Haapajärven Ha-Sa Oy	Hiljalankatu 7	
69-401-14-96-M608	Haapajärven Ha-Sa Oy	Hiljalankatu 7	Seurakunnan kiinteistöstä
69-401-153-4	Haapajärven kaupunki	PL4 85801	
69-401-276-0	Tuomaala Timo Tapio	Silatie 7	
69-895-0-87			Kalajoki - Iisalmi maantie
69-401-240-1	Lujabetoni Oy	Silatie 2	
69-401-216-0	Lujabetoni Oy	Silatie 2	
69-401-260-0	PL-Glass Oy	Konikuja 5	
69-401-258-0	Tiivituote Oy	Konikuja 7	
69-401-259-0	Tiivituote Oy	Konikuja 7	
69-401-3-164	Tiivituote Oy	Konikuja 7	
69-401-3-163	Tiivituote Oy	Konikuja 7	
69-401-262-1	Haapajärven kaupunki	PL485801	
69-401-262-1-M501	Tiivituote Oy	Konikuja 7	Määräala kiinteistöstä 69-401-262-1
69-401-23-33	Jokilaaksojen koulutuskuntayhtymä	Erkkiläntie 1	
69-401-23-3	Suomen valtio, Liikennevirasto		

HAAPAJÄRVEN LÄMPÖ OY			Yksikköhintaluettelo	
Viikatie 20				
85800 Haapajärvi			25.2.2016	
Yksikköhintojen täyttö oransseihin soluihin.				
10.Putkityöt	Yksikkö	Määrä arviolta	Yksikköhinta euroa alv 0%	Kokonaishinta euroa alv 0%
10.1 Putken asennus 2Mpuk				
10.1.1 DN 250/500	m	760		0
10.1.2 DN 300/560	m	1170		0
10.2.1 Putken katkaisu 2Mpuk DN 250/500	kpl	13		0
10.2.2 Putken katkaisu 2Mpuk DN 300/560	kpl	20		0
10.3.1 Ylimääräinen sauma DN 250	kpl	4		0
10.3.2 Ylimääräinen sauma DN 300	kpl	7		0
10.5.1.1 Jatkosauga DN 250/500 AL-pelti + kutiste	kpl	6		0
10.5.1.2 Jatkosauga DN 300/560 AL-pelti + kutiste	kpl	11		0
10.5.2.1 Jatkosauga DN 250/500 SWJ-holkki tai vastaava	kpl	76		0
10.5.2.2 Jatkosauga DN 300/560 SWJ-holkki tai vastaava	kpl	117		0
10.7.1.1 Kulmaelementti DN 250/500 30°	kpl	2		0
10.7.1.2 Kulmaelementti DN 250/500 90°	kpl	2		0
10.7.1.3 Kulmaelementti DN 250/500 nousukulma	kpl	2		0
10.7.2.1 Kulmaelementti DN 300/560 30°	kpl	2		0
10.7.2.2 Kulmaelementti DN 300/560 90°	kpl	2		0
10.7.2.3 Kulmaelementti DN 300/560 nousukulma	kpl	2		0
10.10.2.1 2Mpuk yhdistelmäventtiili DN 250/500	kpl	1		0
10.10.2.2 2Mpuk yhdistelmäventtiili DN 300/560	kpl	1		0
10.12.1 Supistuskappale 300/250	kpl	2		0
10.12.2 Supistuskappale 300/200	kpl	2		0
10.12.3 Supistuskappale 250/200	kpl	2		0
10.13 T-haara 300/300	kpl	4		0
10.15 Tuntiveloitus				0
10.15.1 Miestyötunti	h			0
10.15.2.1 Ylityö 50%tunti	h			0
10.15.2.2 Ylityö 100%tunti	h			0
			Urakkasumma	0€

1. PUTKIKAIVANNON KAIVU- JA TÄYTTÖTYÖT

Nimikkeistö	€/yks	yks
Maakaivannon kaivaminen 2MPUK-linjalle	_____	m ³ rtr
Ylijäämämassojen ajo läjitysalueelle (etäisyys 0-5km)	_____	m ³ rtr
Alkutäyttö,hiekka	_____	m ³ rtr
Lopputäyttö kaivumailla	_____	m ³ rtr

2. KIVIAINEKSET YM.

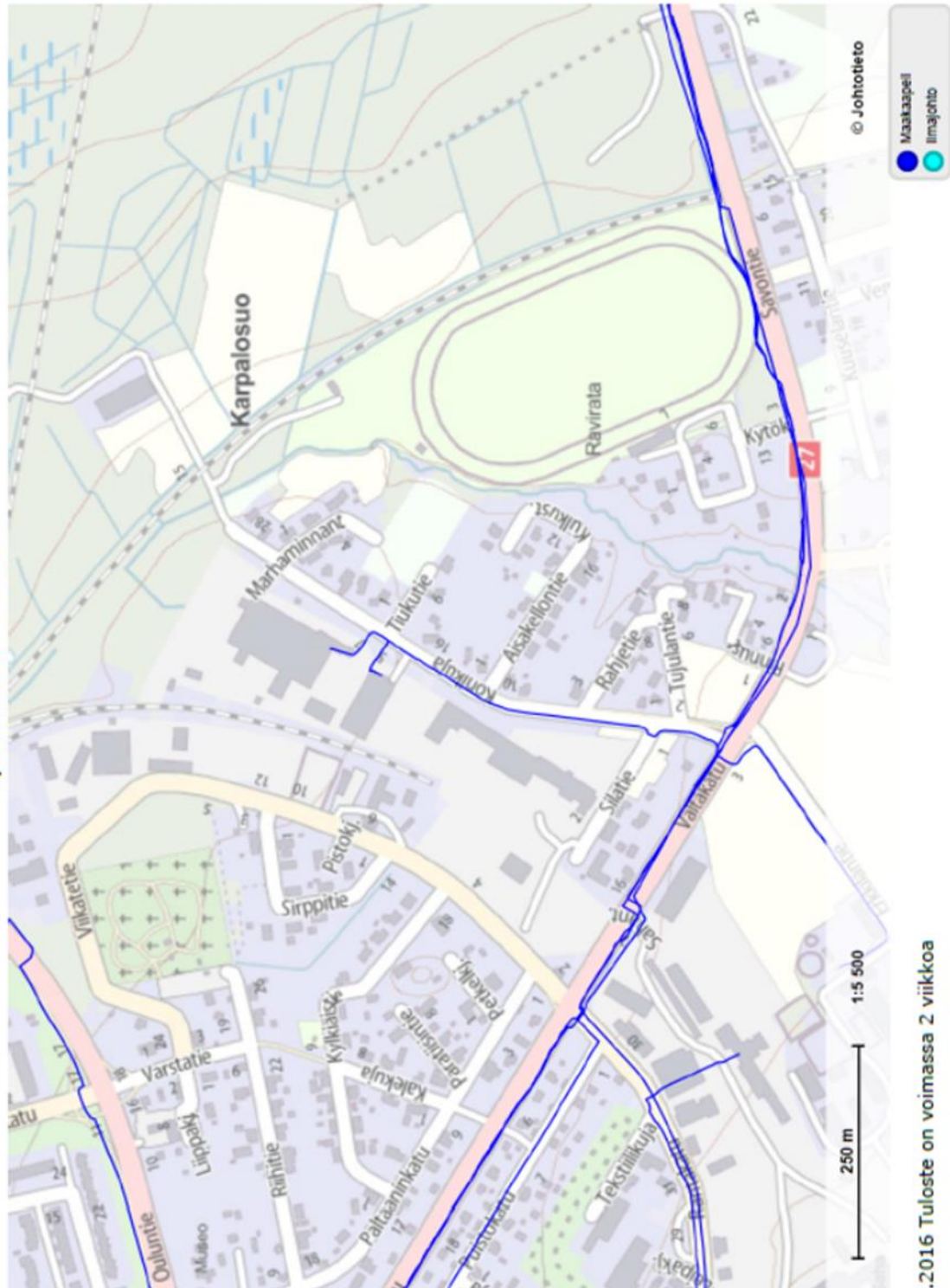
Nimikkeistö	€/yks	yks
KaM # 0-4 mm sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	tn
KaM # 0-16 mm sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	tn
KaM # 0-32 mm sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	tn
KaM # 0-65 mm sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	tn
KaM # 0-100 mm sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	tn
KaM # 8-16 mm sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	tn
Suodatinhiekkä sisältäen kuljetuksen työmaalle	_____	m ³
Suodatinkangas KL2 asennettuna	_____	m ²
Finnfoam 50 mm suulakepuristettua, kuivairtitiheys 35 kg/m ³	_____	m ²

3. LASKUTYÖPERUSTEET (muissa kuin yksikköhinnoin suoritettavissa töissä)

Nimikkeistö	€/yks	yks
Kaivinkone 1 Tyyppe	_____	h
Kaivinkone 2 Tyyppe	_____	h
Kuorma-auto	_____	h
Traktori	_____	h
Työnjohtaja	_____	h
Ammattimies	_____	h

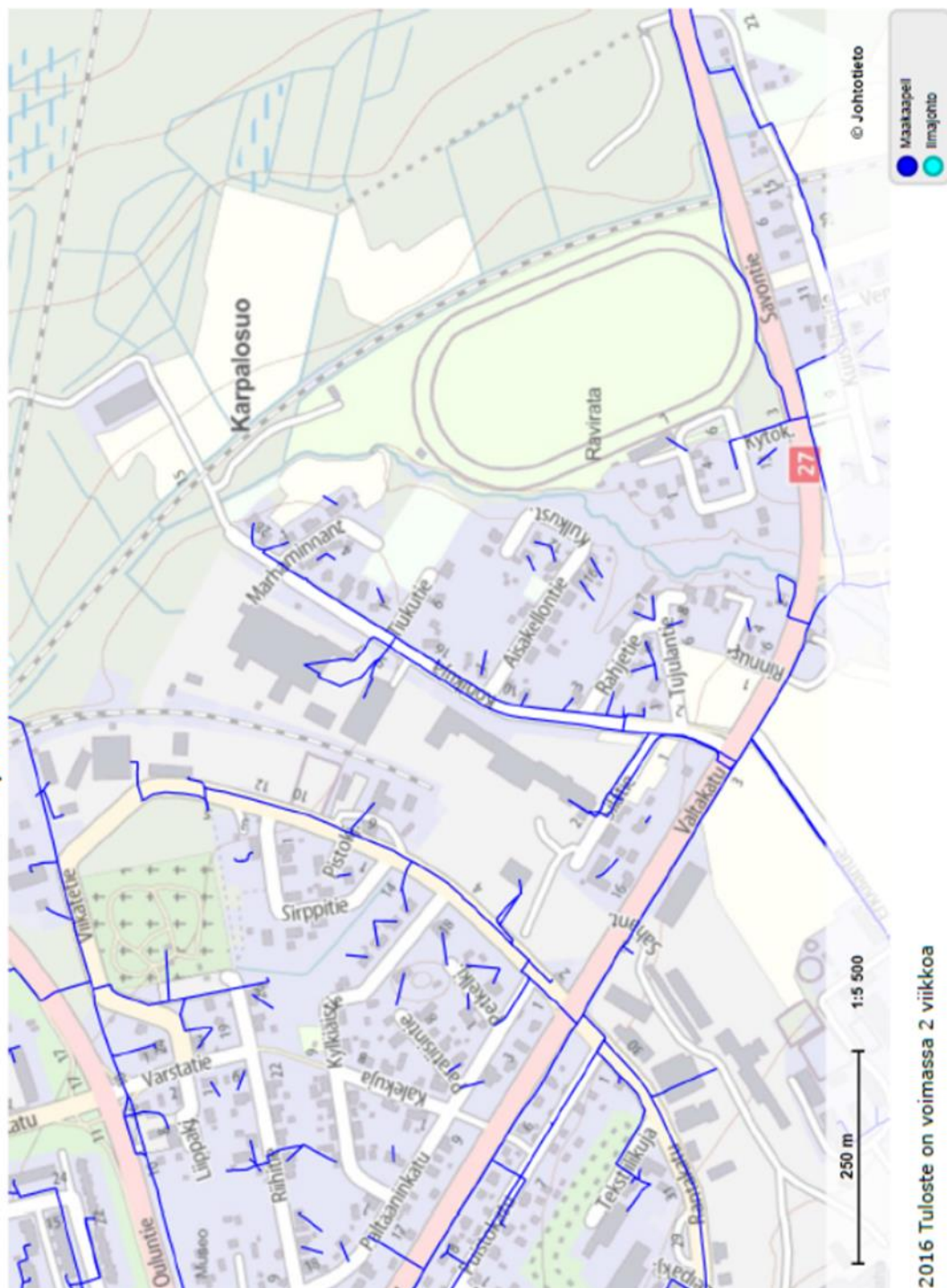
Pienkoneet, kuten maantiivistimet (max. 400kg), moottorisaha yms. sekä muut käsityökalut katsotaan kuuluvaksi urakoitsijan perustyökaluihin eikä niistä makseta erillistä korvausta.

Elisa
Työnnumero: 539887-0

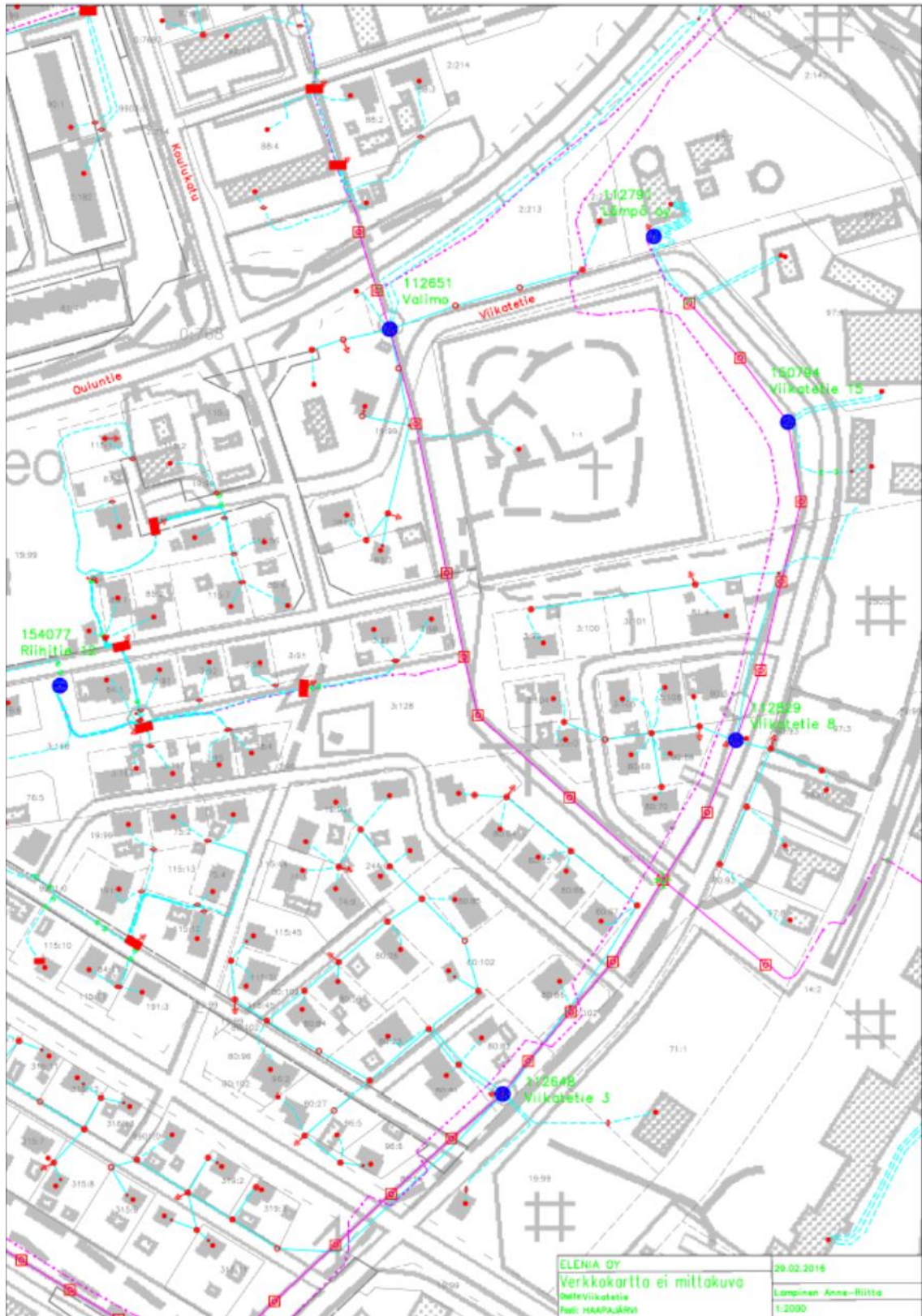


.2016 Tuloste on voimassa 2 viikkoa

Sonera
Työnumero: 539887-0



.2016 Tuloste on voimassa 2 viikkoa



MAANRAKENNUSURAKKA		Määrä arviolta		Tarjoukset, yksikköhinnat alv 0 %		Kokonais hinta alv 0 %			
		Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4
Putkikaivannon kaivu- ja täyttötöyt									
Maakaivannon kaivaminen ZMPUK-linjalle		1300	12,00	22,00	52,00	€ / m	15 600 €	78 474 €	67 600 €
Maakaivannon kaivaminen ZMPUK-linjalle		3567				€ / m ³ rtr	5 520 €		
4 putkea samassa kaivannossa		600	9,20			€ / m	4 060 €		
2 putkea samassa kaivannossa		700	5,80			€ / m	8 400 €	11 200 €	2 800 €
Ylijäämämassojen ajo läjitysalueelle (etäisyys 0-5 km)		1400	4,00	8,00	2,00	€ / m ³	12 696 €		
Alkutäyttö,hiekka		1380	9,20			€ / tn	19 500 €		
Alkutäyttö,hiekka		1300	15,00			€ / m ³ rtr	7 800 €	16 660 €	7 140 €
Alkutäyttö,hiekka		595		28,00	12,00	€ / m			
Lopputäyttö kaivumailla		1300	6,00			€ / m		33 400 €	20 040 €
Lopputäyttö kaivumailla		1670		20,00	12,00	€ / m ³ rtr			
4 putken kaivanto		600	5,50			€ / m	3 300 €		
2 putken kaivanto		700	4,40			€ / m	3 080 €		
Tasauskerros sepeli 8-16		690	13,90			€ / tn	9 591 €		
							43 847 €	139 734 €	97 580 €
Kiviainekset ym.									
KaM # 0-4 mm	sisältään kuljetuksen työmaalle		7,20	8,30	6,48	€ / tn			
KaM # 0-16 mm	sisältään kuljetuksen työmaalle	100	9,30	8,00	9,00	€ / tn	930 €	900 €	780 €
KaM # 0-32 mm	sisältään kuljetuksen työmaalle	100	9,00	7,70	8,52	€ / tn	900 €	852 €	760 €
KaM # 0-65 mm	sisältään kuljetuksen työmaalle		8,70	7,40	8,30	€ / tn			
KaM # 0-100 mm	sisältään kuljetuksen työmaalle		8,50	7,30	8,30	€ / tn			
KaM # 8-16 mm	sisältään kuljetuksen työmaalle		10,60	8,10	12,00	€ / tn			
Suodatinhiekka	sisältään kuljetuksen työmaalle	820	6,90	7,28	8,00	€ / m ³	5 658 €	6 560 €	6 068 €
Suodatinkangas KL2	asennettuna	4100	2,00	0,45	3,50	€ / m ²	8 200 €	14 350 €	6 150 €
Finnfoam 50 mm	suulakepuristettua, kuivairtoihyys 35 kg/m ³	100	10,00	6,00	18,00	€ / m ²	1 000 €	1 800 €	560 €
							16 688 €	24 462 €	14 318 €
Laskutyöperusteet									
Kaivinkone 1		160	72	51	68	€ / h	11 520 €	10 880 €	8 000 €
Kaivinkone 2		160	66	46	76	€ / h	10 560 €	12 160 €	8 000 €
Kuorma-auto		320	65	60	68	€ / h	20 800 €	21 760 €	20 800 €
Traktori		100	52	45	58	€ / h	5 200 €	4 500 €	4 800 €
Työnjohtaja		160	65	50	56	€ / h	10 400 €	8 960 €	7 680 €
Ammattimies		740	50	35	42	€ / h	37 000 €	31 080 €	35 520 €
							95 480 €	73 120 €	84 800 €
							156 015 €	134 405 €	196 698 €
					Urakkasumma				