

KAUKOLÄMMÖN IDÄN SIIRTOJOHDON SUUNNITTELU

Ville-Samuli Aulèn

Opinnäytetyö
Joulukuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantotalous/Lentokonetekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotantotalouden sekä lentokonetekniikan suuntautumisvaihtoehdot

AULÉN VILLE-SAMULI: Kaukolämmön idän siirtojohton suunnittelu
Opinnäytetyö 41s, liitteet 32s.
Tammikuu 2012

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa ja sen avulla lämpönsä saa noin puolet koko maasta. Lämmitysmuotona se on taloudellinen ja ympäristöystävällinen.

Tampereen Kaukolämmön kantaverkko pitää sisällään lähes 600 kilometriä kaukolämpöjohtoa ja sen avulla lämpönsä saa yli 5000 asiakasta Tampereella, Ylöjärvellä ja Pirkkalassa. Asiakaspalautteen ansiosta ilmeni, että nykyisellään itäisellä jakelualueella, esimerkiksi Atalassa, paine-erot ovat liian pieniä eikä verkon kapasiteetti riitä kylmimpinä aikoina. Ratkaisuna tähän esitettiin rakennettavaksi uusi siirtojohto, jonka kooksi esitettiin DN400-2Mpuk. Johtoa lähdettiin suunnittelemaan yleissuunnitelman pohjalta ja rakennustöiden aloitusajankohdaksi arveltiin talvea 2011-2012.

Tämän työn aiheena on itäisen siirtojohton suunnittelu osaksi Tampereen Kaukolämmön kantaverkkoa. Taustainformaationa opinnäytetyössä esitetään kaukolämpöön, sen suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvää teoriaa. Tämän jälkeen siirrytään kuvaamaan suunnitteluprosessi alusta loppuun. Lopputuloksina esitetään valmiit suunnitelmat, jotka pitävät sisällään asema-, profiili- ja detaljipiirroksat. Suunnitelmat on jaettu pisteväleittäin ja jokaisen pistevälin suunnitelmia on selvitetty kirjallisesti varsinaisten suunnitelmien lisäksi. Suunnitelmat ovat sellaisenaan toteuttamiskelpoisia.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical and Production engineering
Option of Industrial Engineering and Management/Aviation Engineering

AULÉN VILLE-SAMULI: Designing of the Eastern Transmission Line of the District Heating System
Bachelor's thesis 41 pages, appendices 32pages
January 2012

District heating is the most common heating method in Finland. More than half of the country is heated through the district heating system. As a form of heating, it is cost-effective and environmentally friendly.

Tampereen Kaukolämpö's grid includes almost 600 kilometres of district heating pipeline and over 5000 customers in Tampere, Pirkkala and Ylöjärvi are served through it. Via customer feedback it was noted that, at present, the differences in pressure are too small and the capacity of the grid is not enough during the coldest times in the Eastern transmission area, such as in Atala. As a solution, it was decided that a new DN400-2Mpuk –sized transmission line would be constructed. The design of the pipeline was started based on a generic plan and the estimated starting time of the construction work was winter 2011-2012.

The object of this thesis is to design the Eastern transmission line to become a part of Tampereen Kaukolämpö's grid. For background information, some basic theory of district heating, its design and construction, is presented. The report then covers the process of design from start to finish. As the result of the study, all the final drawings are presented, including zone drawings, engineering drawings and detailed drawings. The drawings are divided into dot pitches and all the drawings of each dot pitch are reported in written form, in addition to proper drawings. Drawings are realizable as such.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus	6
1.2 Työn rakenne	6
2 KAUKOLÄMPÖ TEORIASSA	7
2.1 Yleistä	7
2.2 Lämmön tarpeen määrittäminen	9
3.1 Mitoitusarvot	11
3.2 Järjestelmän vaatimukset	11
3.3 Kaukolämpöjohdot	11
3.3.1 Kaukolämpöjohtojen rakenteet	11
3.3.2 Yksiputkijärjestelmä	12
3.3.3 Suunnan muutokset	13
3.3.4 Lujuustarkastelu	13
3.3.5 Lämpöhäviöt	15
3.4 Venttiilit ja kaivot	15
4 KAUKOLÄMMÖN SUUNNITTELU	17
4.1 Verkon yleissuunnittelu	17
4.2 Johtojen suunnittelu	18
5 TAMPEREEN KAUKOLÄMPÖVERKON NYKYTILA	19
5.1 Yritysesittely	19
6 SUUNNITTELUPROSESSI	22
6.1 Lähtötilanne	22
6.2 Työkalut	22
6.3 Suunnittelun pääperiaatteet	23
6.5 Sijoitussuunnitelmat	26
6.5.1 Sammon valtatie ja Irjalankadun risteys	26

6.5.2 Pisteväli 1-7.....	27
.....	28
6.5.3 Pisteväli 8-13.....	28
6.5.4 Pisteväli 14-19.....	30
6.5.5 Pisteväli 20-25.....	31
6.5.6 Pisteväli 26-29.....	32
6.5.7 Pisteväli 30-36.....	33
6.5.8 Sammon valtatie ja Pirttikadun risteys.....	34
6.5.9 Pisteväli 37-41.....	35
6.5.10 Pisteväli 42-52.....	36
6.5.11 Valtatie 9:n alitus	36
6.5.12 Katsastusasema	37
6.5.13 Aitolahdentien ja Seppä-Villen kadun risteys.....	37
6.5.14 Pisteväli 53-57.....	37
6.5.15 Linnainmaan pumppaamon liitokset.....	38
7 POHDINTA	39
LÄHTEET.....	40
LIITTEET	41

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on sijoitussuunnitelman tekeminen Tampereen Kaukolämpö Oy:n idän siirtojohdolle. Tampereen kaukolämpöverkossa on ilmennyt lähinnä liian pienistä paine-eroista johtuvia ongelmia itäisillä jakelualueilla, kuten esimerkiksi Atalassa. Tässä työssä on suunniteltu itäiselle siirtojohdolle sijainti käyttäen pohjana Tampereen Kaukolämpö Oy:n yleissuunnitelmaa aiheesta.

Siirtojohdolla pyritään lisäämään vesivirtaa Linnainmaan pumppaamalla, johon nykyisellään siirretään kaukolämpöä pienemmällä johdolla. Nykyinen johto on todettu asiakkaiden palautteen perusteella riittämättömäksi. Uuden johdon tehtäväksi voidaan mainita paine-erojen kasvattaminen myös itäisellä jakelualueella vastamaan Kaukolämmön käsikirjassa esitettyä 60kPa:n paine-eroa.

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Tämän työn pääasiallisena tavoitteena on suunnitella tehtäväksi siirtojohto Irjalankadun ja Sammon valtatie risteyksestä Aitolahdentien ja Leinolankadun risteykseen. Työssä on ensinnäkin tarkoitus esittää kaikki tarvittavat suunnitelmat, jotta ne ovat suoraan toteuttamiskelpoisia ja mahdollisimman yksiselitteisiä. Opinnäytetyön tuloksina esitetään asema-, profiili- ja detaljikuva koko johdon matkalta. Toisena opinnäytetyön tavoitteena on kuvata siirtojohtoon suunnittelu vaiheittain ja näin saada kokonaiskuva prosessista.

1.2 Työn rakenne

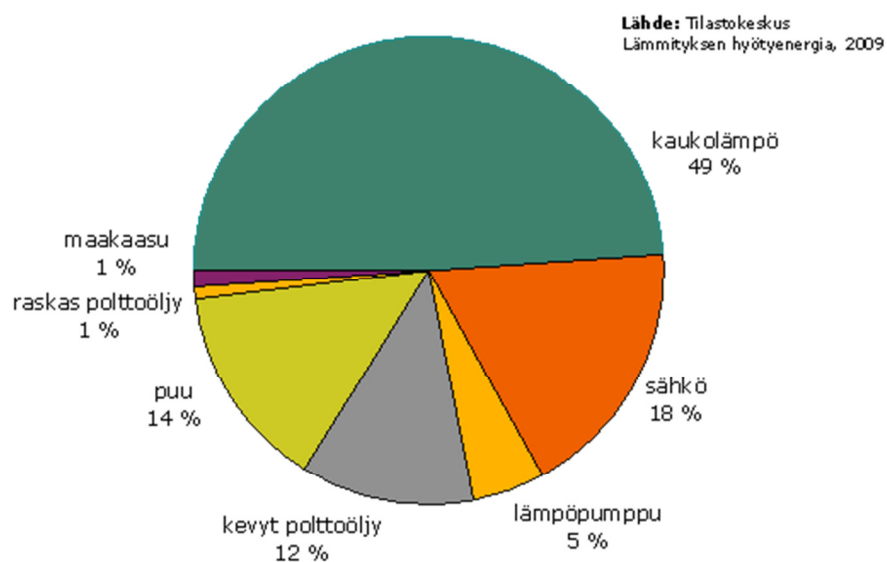
Tässä opinnäytetyössä esitellään ensin kaukolämmön suunnitteluun keskeisesti liittyvää teoriaa ja käsitteitä, sekä esitellään kaukolämpöä ja Tampereen Kaukolämpö Oy:tä lyhyesti. Lisäksi työssä annetaan selvitys sille, miksi ja minkälaiselta pohjalta tätä työtä lähdettiin tekemään. Varsinaisessa työosiossa kuvataan suunnittelutapahtuma eri työvaiheineen. Työn tuloksina esitetään valmiit suunnitelmat.

2 KAUKOLÄMPÖ TEORIASSA

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti kaukolämmön taustateoriaa. Lisäksi kappaleessa kerrotaan lyhyesti tekijöistä, jotka liittyvät rakennusten lämmöntarpeen selvittämiseen sekä selvitetään lämmöntuotantoa yleisellä tasolla.

2.1 Yleistä

Kaukolämmön käsikirja 2006 määrittelee kaukolämmön seuraavasti: ”*Kaukolämmitys on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaina oleville kiinteistöille.*” Kaukolämmitys on maamme yleisin lämmitysmuoto ja sen historia Suomessa ulottuu aina 1950-luvulle saakka. Suomessa jopa 2,6 miljoonaa asukasta asuu kaukolämmöllä lämmitetyissä taloissa, ja lämmitysmuotona kaukolämpö on tarjolla lähes kaikissa kaupungeissa ja taajamissa. Vuonna 2009 kaukolämmön osuus lämmitysmarkkinoilla oli lähes 50%; asuinkerrostaloja, sekä liike- ja julkisia rakennuksia tarkasteltaessa kaukolämmön osuus lämmitysmuodoista on 95%. Yleisesti voidaan sanoa, että kaukolämpö on sitä taloudellisempaa, mitä tiheämpään rakennettua alue on ja mitä suurempia rakennukset ovat. Omakotitaloista kaukolämmityksellä lämpenee noin 7%. (<http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>.)



Kuvio 1: Lämmitysmuotojen jakautuminen Suomessa (<http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>)

Kaukolämpöä voidaan välittää käyttäen siirtoaineena joko vettä tai höyryä. Näistä kahdesta vesi on Suomessa yleisemmin käytetty. Siirtoaineena käytetty vesi on käsitelty lämpölaitoksilla poistamalla siitä mekaaniset epäpuhtaudet, sekä värjäämällä se vihreäksi, jotta mahdollisissa vuototapauksissa ongelmakohdan paikantaminen olisi helpompaa. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 44.) Hapen poistossa käytetään hydratsiinia (Energiateollisuuden suositus KK3/2007). Varsinaiset asiakkaat saavat lämpönsä epäsuorasti, eli toisin sanoen heillä on oma eriytetty lämmityskierto, jossa siirtoaineena toimiva vesi lämmitetään lämmönsiirtimissä. Lämmönsiirtimille lämpö toimitetaan mittauskeskusten kautta, joissa siirretyn lämmön mittaus tapahtuu. Kaukolämmön toimittajan tehtäväksi jää näin ollen toimittaa lämpö mittauskeskuksille, joista kaukolämpövesi palaa lämmön luovutettuaan uudelleen lämmitettäväksi lämpökeskuksille.

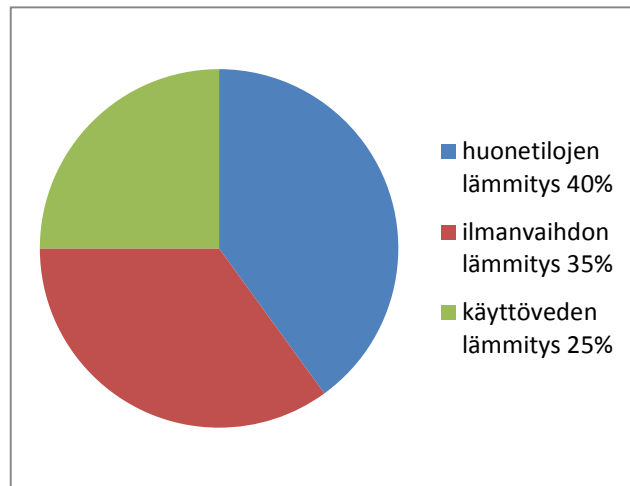
Kaukolämpöverkon toiminnan mahdollistava kierto perustuu paine-eroihin, jotka vaihtelevat jatkuvasti. Keskipaineen on pysyttävä kuitenkin jatkuvasti riittävän korkeana, jotta vältettäisiin veden höyrystyminen ja jotta paine riittäisi kattamaan verkossa ja asiakkaiden laitteissa esiintyvät painehäviöt. Putkien välinen paine-ero saadaan aikaan tuotantolaitoksien pumpuilla. (Kaukolämmön alueverkon liittäminen kantaverkkoon 2011, 9.) Tuotantolaitoksien pumppujen lisäksi kaukolämpöverkoissa käytetään erillisiä pumppaamoja.

Varsinainen lämpö tuotetaan joko lämpökeskuksissa tai sähköä ja lämpöä tuottavissa yhteistuotantolaitoksissa. Suomessa jopa 80% lämmöntuotannosta tapahtuu yhteistuotantolaitoksissa, kuten esimerkiksi Naistenlahden voimalaitoksella. Näin ollen Suomen voidaan sanoa olevan maailmanlaajuisestikin johtava maa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa (Kaukolämmön käsikirja 2006, 27). Sähkön ja lämmön yhteistuotannolla voidaan katsoa olevan merkittävää hyötyä verrattuna pelkkää lämpöä tuottaviin lämpökeskuksiin. Ensimmäisenä mainittakoon suuri hyötysuhde: yhteistuotantolaitoksissa polttoaineen energiasisällöstä saadaan käytettyä hyödyksi noin 85%. Tämä johtuu siitä, että sähkön tuotannossa syntyvä jätelämpö käytetään hyödyksi kaukolämmön tuotannossa, jolloin sähkösaalis hieman pienenee, mutta kaukolämpöveteen saadaan riittävä lämpötilataso. Lämpövarastoa purkamalla ja lataamalla voidaan lisäksi käyttää hyödyksi sähkön ja lämmön tarpeen erilaisia tuntivaihteluita. Toisaalta polttoainevalikoiman ja energian hankintatapojen monipuolisuus antaa mahdollisuudet vaikuttaa sekä energian hintaan että

ympäristövaikutuksiin. (Kaukolämmön käsikirja 1989, 12.)

2.2 Lämmön tarpeen määrittäminen

Lämmön tarpeen voidaan katsoa muodostuvan kahdesta eri osatekijästä, joista ensimmäinen on teho, jota asiakas tarvitsee saadakseen kullakin ajan hetkellä tarvitsemansa sisäilman ja käyttöveden lämpötilan. Toisena tekijänä toimii energia, jota kuluu, kun tehoa ylläpidetään kulutustarpeen mukaan jonakin ajanjaksona. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 51.) Seuraavaksi esittelen hieman lämmitystehon ja –energian laskennan perusteita. En kuitenkaan esittele varsinaisia laskukaavoja, koska työtäni varten tarvittavat luvut oli jo etukäteen laskettu eikä kaavoja näin ollen tarvittu tässä työssä.



Kuvio 2: Lämmityksen jakautuminen Suomessa (Kaukolämmön käsikirja 2006)

Rakennusten lämmitystehon tarpeen laskenta tapahtuu uudisrakennuksissa Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten ja ohjeiden (RakMk) mukaisesti. Vanhoissa rakennuksissa lämmitystehon määrittäminen tapahtuu käytettävissä olevien kulutustietojen ja –mittausten perusteella. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 51.) Tehonlaskentaa tarvitaan asiakaslaitteiden mitoittamiseksi, liittymistehon määrittämiseksi, lämmönkulutuksen arvioimiseksi eri käyttötilanteissa ja rakennuksen lämmitysjärjestelmän tutkimiseksi. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 55.)

Lämmitysenergian tarpeen määrittäminen voidaan laskea joko kuukautta tai vuotta kohti. Luotettavimpaan tulokseen päästään laskemalla kuukausittainen lämmitysenergian tarve ja laskemalla kuukausittaisten arvojen avulla vaihtoehtoisesti

vuotuinen tai lämmityskauden energiantarve. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 55.)

Kaukolämmön kulutus vaihtelee suuresti riippuen viikonpäivästä ja kellonajasta. Eri tyyppisillä rakennuksilla kulutus myös vaihtelee eri tavoin. Otetaan esimerkiksi asuinrakennus, jossa kulutushuipuksi muodostuvat aamu ja ilta. Asuinrakennuksissa vaihtelu perustuu pääasiassa lämpimän veden käyttöön, mutta osittain myös ilmanvaihdon päivärytmiin. Toisena esimerkkinä voidaan pitää toimistorakennusta, jossa sisälämpötilan annetaan laskea yön aikana muutaman asteen verran. Tällöin kulutushuipuksi muodostuu aamu, jolloin kulutus on suurta johtuen siitä, että yön aikana jäähtynyttä sisäilmaa lämmitetään normaalille tasolle. Näistä kahdesta esimerkistä asuinrakennuksella on selvästi suurempi huipputunnin kulutusvaihtelu, johtuen muun muassa siitä, ettei asuinrakennuksissa ole sisäisiä lämpöenergian lähteitä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 61.)

Varsinainen lämmityksen mitoitus ja kapasiteetti on aina suunniteltava niin, että asiakkaalla on aina saatavissaan riittävä energian saanti paikkakunnan mitoituslämpötilassa. Rakennuksen lämmitystehoa käytetään perustana myös laskettaessa kaukolämmön liittymistehoa, tilaustehoa. Lyhytaikaisia käyttöhuippuja ei oteta huomioon määritettäessä liittymistehoa, sillä niiden vaikutus lämmönhankinnan kustannuksiin on pieni. Rakennuksen tilausvesivirran ja talojohdon määrittävät käyttövesipiiriin kytkettyjen laitteiden, lämmityksen ja ilmanvaihdon laitteiden suurin lämmitysteho ja mitoituslannetta vastaavat meno- ja paluulämpötilat. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 65.) Varsinaisia laskukaavoja en kuitenkaan edellä mainituista syistä esittele.

3 KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ

Tässä kappaleessa perehdytään laitteisiin, jotka liittyvät olennaisesti kaukolämmön siirtämiseen. Kappale antaa kuvan siitä, kuinka kaukolämpöä siirretään lämmöntuotantopaikoista asiakkaille ja mitä asioita lämmön siirtämiseen liittyy.

3.1 Mitoitusarvot

Energiateollisuus esittää tarkat vaatimukset käytetyille putkielementeille. Putkien mitoituspainena käytetään 16 baaria ja mitoituslämpötilana alle 120:tä celsiusastetta. Käyttöaineena jokaiselle putkielementille toimii käsitelty kaukolämpövesi. (Energiateollisuuden suositus L1 2010, 7.)

3.2 Järjestelmän vaatimukset

Nykyisten järjestelmien käyttöiälle annetaan selvät vaatimukset ja normaaleissa käyttöolosuhteissa elementtien ja valmisosien on kestävä 120 asteen lämpötilassa 30 vuotta, 115 asteen lämpötilassa 50 vuotta ja alemmilla lämpötiloilla yli 50 vuotta. Lisäksi putken tulee kestää normaalin käytön aikana lämpötilanvaihteluiden aiheuttamat jännitykset mitoituslämpötilassa 120 astetta. Lisäksi johdon tulee kestää ulkopuolista kuormaa ja sen tulee kestää ohjeiden mukaista käyttöä -18°C korkeammissa lämpötiloissa. Venttiileitä ja muita valmisosia koskevat samat vaatimukset. (Energiateollisuuden suositus L1 2010, 8.)

3.3 Kaukolämpöjohdot

3.3.1 Kaukolämpöjohtojen rakenteet

Suomessa lämmönsiirtäminen tapahtuu käyttäen hyväksi kaksiputkista järjestelmää, eli käytössä on yksi meno- ja yksi paluuputki. Kaukolämmössä on käytössä monenlaisia putkityyppejä, mutta nykyään yleisimmät käytetyt putkirakenteet ovat kiinnivaahdotetut putkirakenteet, eli 2Mpuk ja Mpuk –rakenteet. Kaukolämpöputket voidaan ryhmitellä muovisuojakuorirakenteisiin ja betonikanavarakenteisiin.

Muovisuojakuorirakenteisiin kuuluvat Mpuk, 2Mpuk, Mpul, 2Mpul, Mpe, Mmw ja 2Mmw. Kirjaimet ovat lyhenteitä käytetyistä materiaaleista. Ensimmäinen kirjain M viittaa suojakuoren materiaaliin, muoviin, joka useimmiten on polyeteeni. Seuraavat kaksi kirjainta kertovat käytetyn lämpöeristeen: pu:lla tarkoitetaan polyuretaanivaahtoa, pe:llä vaahdotettua polyeteenia ja mv:llä mineraalivillaa. Viimeinen kirjain kertoo rakenteen: k viittaa siihen, että putket ovat kiinni eristeessä ja l siihen, että putket liikkuvat.

Betonikanavarakenteisiin kuuluvat Emv, Epu, Wmw, Tmv, Ymv ja Pkb. Näissä rakenteissa ensimmäinen kirjain viittaa kanavan rakenteeseen: e:llä tarkoitetaan kokoelementtikanavaa, w:llä kolmitukista elementtikanavaa, t:llä työpaikalla valettavaa suorakulmaista kanavaa, y:llä yläelementtikanavaa, jossa on työpaikalla valettava alaosa ja p:llä puolielementtikanavaa, jossa on työpaikalla valettava pohjalaatta. Viimeiset kaksi kirjainta viittavat lämpöeristeeseen: mv:llä tarkoitetaan mineraalivillaa, pu:lla polyuretaanivaahtoa ja kb:llä kevytbetonia.

3.3.2 Yksiputkijärjestelmä

Kiinnivaahdotettu putkirakenne on tällä hetkellä yleisin kaukolämpöverkonrakennuksessa käytetty putkirakenne. Kaksiputkirakenteessa lämpöhäviöt ovat selvästi pienempiä kuin yksiputkirakenteessa. Lisäksi varsinkin pienemmillä dimensioilla rakennuskustannukset ovat kokemusten perusteella yleisesti pienempiä kaksiputkirakenteella kuin yksiputkirakenteella. (Energiateollisuuden suositus L1 2010, 4.) Nykyään yksiputkirakenteen taloudellisuus verkon rakentamisessa on kuitenkin osoittautunut kyseenalaiseksi (Parpola 2011). Tässä työssä käytettiin hyväksi yksiputkirakennetta, joten kaksiputkirakennetta ei käsitellä.

Yksittäisen 2Mpuk –putkielementin pituus voi vaihdella tavarantoimittajasta riippuen ja niitä onkin saatavilla ainakin 6-, 12-, 16- ja 18-metrinä elementteinä. Putken turhaa paloittelua lyhyempiin osiin on hyvä välttää sekä materiaalin että työn säästämiseksi. Tästä syystä jo suunnitteluvaiheessa on syytä ottaa huomioon linjan jako putkielementtien pituuden mukaan.

3.3.3 Suunnan muutokset

Kaukolämpöjohdoissa käytetään aina myös erilaisia kulmia, joista L- ja Z-malliset ovat käytännöllisimmät, sillä niillä voidaan ottaa vastaan lämpöliikettä. Lisäksi kaukolämpölinjoissa esiintyy luonnollisesti myös muun kokoisia kulmia. Kaikki alle 10° kulmat voidaan tehdä viistekulmina, jolloin erillistä kulmaelementtiä ei tarvita. Valmiita elementtejä löytyy ainakin 30°, 60° 90° ja 45°:lle, sekä lisäksi Z-kulmille ja niitä pyritään käyttämään ylimääräisten kustannusten välttämiseksi. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 164.) Kulmia, jotka sijoittuvat välille 30° - 60° on pyrittävä välttämään, sillä niissä ylittyvät pääsääntöisesti sallitut jännitykset (Kaukolämpöverkon suunnittelu, seminaari 2.-3.11.2011).

3.3.4 Lujuustarkastelu

Lämpötilan muutokset kaukolämpöputkessa aiheuttavat putkeen lämpölaajenemista. Tämän lämpölaajenemisen vaikutukset korostuvat erityisesti pitkissä ja suorissa linjan osissa, joita tässäkin työssä on paljon. Teräkselle lämpölaajenemiskerroin on $12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Jonkinlaista käsitystä sen merkityksestä saadaan, kun lasketaan esimerkkinä sata metriä pitkän linjan lämpölaajeneminen lämmitettäessä sitä sataan asteeseen, jolloin pituuden muutokseksi saadaan noin 120 millimetriä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 226.) Kaukolämpölinjassa siis esiintyy lämpölaajenemista käyttöönottovaiheessa, mutta myös varsinaisessa käytössä, sillä kaukolämpölinjan lämpötila vaihtelee vuoden- ja vuorokaudenaikojen mukaan. Kaukolämpöjohdon lämpötilanvaihteluista johtuva lämpölaajenemisliike aiheuttaa putkiin vaihtelevia jännityksiä, jotka ajan myötä voivat aiheuttaa väsymisvaurioita rakenteissa. Tästä syystä suunnitteluvaiheessa on tarkkaan mietittävä, miten lämpöliike siirretään ympäristöön. Pääasiallisia tapoja tällaiseen kompensointiin on kolme:

1. Luonnollinen kompensointi
2. Tasainkompensointi
3. Kompensoimaton järjestelmä

Luonnollisella kompensoinnilla tarkoitetaan sitä, että verkkoon rakennetaan kulmakohtia, käyttämällä esimerkiksi valmiita Z- tai L-elementtejä, jolloin putki pääsee liikkumaan esteettä. Tasainkompensoinnilla taas tarkoitetaan sitä, että putkien kanssa asennetaan sarjaan palje- tai liukutasaimia vastaanottamaan lämpöliikettä. Toisinaan kaukolämpöverkoista tehdään myös kompensoimattomia, eli niin sanottuja jäykkiä verkkoja. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 226.)

Kaukolämpöjohtoja asennettaessa käytetään hyväksi maaperän kitkaa, jolloin puhutaan kitkakiinnitetystä järjestelmästä. Tämä tarkoittaa sitä, että putken luonnollinen liike estetään, jolloin putkeen aiheutuu pituussuuntaisia jännityksiä, jotka ilmenevät putken lämpenemisen yhteydessä puristusvoimana ja putken viilenemisen yhteydessä vetovoimana. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 226.) Puhuttaessa kitkakiinnitteisestä järjestelmästä, voidaan kuitenkin todeta, ettei maan kitkavoima riitä kumoamaan lämpöliikettä putken vapaassa päässä, jolloin lämpöliike pyritään ottamaan vastaan erilaisilla kulmaelementeillä. Tällaisessa järjestelyssä tarkoituksena on antaa kaukolämpöputken paisua, kunnes se on jännitteetön. Linja peitetään vasta putken ollessa jännitteetön. (Kaukolämmön alueverkon liittäminen kantaverkkoon 2011, 18.)

Kaukolämpöjohtoon liittyy usein myös haaroituksia, joten niiden tekotapa on esitettävä suunnitelmassa. Koska haaroituksissa siirtyy voimia runko- ja haarajohdon välillä, tehdään yli kaksitoista metriin haaroitukseen aina Z-kulma, jonka ihanteellinen sijoitus runkojohtoon nähden on vähintään kolmen metrin päässä. (Parpola 2011.) Haaroitus pyritään aina ottamaan linjan päältä, sillä se on helpompi tekijälle, silloin vältetään ylimääräinen maankaivuu sekä estetään kaukolämpölinjoissa olevien epäpuhtauksien kerääntyminen haaroituskohtaan. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 165.) Varsinainen haaroituksen tekeminen voidaan hoitaa paitsi paineettomana, myös paineellisena. Tällöin käytetään hyväksi Tonison valmistamaa kierresulkua, jossa haaroitus voidaan ottaa paineellisesta linjasta ja näin ollen vältetään lämmöntoimituksen katkot asiakkaille ja säästetään työkustannuksissa. (Parpola 2011.)

3.3.5 Lämpöhäviöt

Jokaisessa kaukolämpöjohdossa ilmenee lämpöhäviöitä ja ne ovatkin kaukolämmön toimituksen suurin yksittäinen kuluerä. Lämmön siirtymistä maaperään ja sitä kautta ympäristöön pyritään estämään eristeillä, mutta täysin lämpöhäviötön linja on mahdoton toteuttaa nykyisellä tekniikalla. Osa lämmöstä siirtyy menoputkesta paluuputkeen, jolloin tämä lämpö voidaan hyödyntää tuotantolaitoksilla. Varsinaiseksi lämpöhäviöiden estokeinoksi suunnittelussa muodostuukin lähinnä johtometrien vähentäminen. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 209.) Lämpöhäviöt ovat riippuvaisia eristepaksuudesta, verkon kuormitusasteesta ja käyttölämpötilasta sekä verkossa olevista vuodoista.

3.4 Venttiilit ja kaivot

Kaukolämpöverkkoon liittyvät olennaisena osana erilaiset venttiilit, joita ovat sulk-, ohitus-, säätö-, tyhjennys- ja ilmanpoistovenntiilit. Niitä tarvitaan liitos-, muutos- ja korjaustöiden yhteydessä. Sulkuventtiileillä voidaan verkosta erottaa tietty osa, tai jakaa verkkoa pienempiin osiin. Ohitusventtiileitä taas käytetään yleensä suurempien venttiilien yhteydessä, jotta käyttäminen olisi helpompaa ja jotta voitaisiin välttää venttiilien äkillisten sulkemisten aiheuttamat paineiskut. Tyhjennys- ja ilmanpoistovenntiilit taas tulevat tarpeeseen putkiston tyhjennys- ja täyttövaiheessa. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 167.) Venttiilityypeistä mainittakoon palloventtiilit, jotka ovat kylläkin kalliimpia, mutta myös varmatoimisempia, kuin vaihtoehtona toimivat läppäventtiilit.

Kaukolämpöventtiilien sijoittelu on tärkeä osa verkon suunnittelua. Venttiilit on sijoitettava niin, että käyttöönotto olisi mahdollisimman helppoa. Tässä käytetään hyödyksi nyrkkisääntöä, jonka mukaan optimaalinen venttiiliväli on noin 300 metriä. Lisäksi venttiilit on sijoitettava niin, että mahdolliset tulevat suuret haaroitukset on mahdollisimman vaivaton suorittaa. Venttiilit on myös sijoitettava ilmanpoiston helpottamiseksi linjan korkeimpiin kohtiin, jolloin erillisiä ilmanpoistokaivoja ei tarvitse rakentaa. (Parpola 2011.)

Varsinaiset venttiilien käyttölaitteet, eli tässä tapauksessa ilmanpoisto- ja ohitusventtiilit sekä kierukkavaihteet, sijoitetaan kaukolämpökaivoon. Kaukolämpökaivo on rakennettava niin, että kaikki toimilaitteet ovat helposti käytettävissä. (Parpola 2011.)

4 KAUKOLÄMMÖN SUUNNITTELU

Tässä kappaleessa perehdytään lyhyesti kaukolämmön suunnittelun teoriaan. Lisäksi tarkoituksena on selvittää suunnitteluun liittyviä vaatimuksia ja tarpeita sekä suunnittelun tarpeellisuutta.

4.1 Verkon yleissuunnittelu

Kaukolämpöverkon yleissuunnittelu ja mitoitus lähtee liikkeelle siitä, että selvitetään liitettävät alueet, näiden tehontarpeet sekä ajallinen kehittyminen. Lisäksi on otettava huomioon tuotantolaitosten sijainti, teho ja rakentamisen ajoitus. Yleisesti periaatteena voidaan kuitenkin pitää sitä, että verkon osat mitoitetaan ajatellen niiden toimintaa tulevassa verkossa. Sen lisäksi, että siirtojohtoja mitoittaessa otetaan huomioon alueen nykyiset tehontarpeet, on otettava huomioon muun muassa kaavoituksessa ilmenevät tulevat tarpeet. On kuitenkin itsestään selvää, että verkkoa on hyvin vaikeaa mitoittaa esimerkiksi 10-15 vuoden tähtämellä; tällöin on hyvä muistaa, että siirtokapasiteettia voidaan kasvattaa myöhemmin esimerkiksi lisäämällä pumppausasemia ja uusia yhteyksiä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 153.)

Alueen asiakkaiden tehontarpeen määrittäminen on hyvin raskasta, joten siinä käytetään apuna tietokoneohjelmia. Laskentaperusteena käytetään aina suurinta tarvittavaa yhtäaikaista tuntitehoa. Näitä laskelmia käytetään yleissuunnittelussa apuna sellaisenaan. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 153.)

Varsinainen johtojen mitoitus tapahtuu kierrätettävän vesivirran perusteella, joka taas määräytyy siirrettävän lämmitystehon sekä meno- ja paluuputken lämpötilaerojen perusteella. Koska tuotantolaitokset eivät juurikaan voi vaikuttaa lämmitystehon tarpeeseen, on johdonmukaista, että veden jäähdytys pyritään maksimoimaan virtauksen ja siten putkidimensioiden pienentämiseksi. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 155.)

4.2 Johtojen suunnittelu

Johtojen suunnitteluun liittyy yleissuunnitelman pohjalta tehty reittisuunnittelu sekä tekninen suunnittelu. Reittisuunnitelmaan kuuluvat sekä asema- että profiilipiirros ja tarvittaessa detaljikuvat. Suunnitteluun kuuluu olennaisena osana muiden yritysten ja laitosten johtojen, laitteiden ja rakenteiden sijaintien selvittäminen, jotta voidaan huolehtia riittävästä sijoitusetäisyydestä niihin nähden. Lisäksi on ensiarvoisen tärkeää osoittaa kaivantolinjan sijainti katualueella kiistattomasti. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 159.)

Reittisuunnittelun osana toimivat erilaiset selvitykset. Reittiä suunniteltaessa on selvitettävä johdon suunnitellun sijainnin maanomistajuudet ja pyytää tarvittaessa lupa rakentamiseen. Myös johdon välittömässä läheisyydessä sijaitsevat muut maanalaiset rakenteet ja esteet on syytä selvittää, sekä maaperäolosuhteet mahdollisuuksien mukaan. Lisäksi on otettava huomioon suunnitellulla reitillä ja sen läheisyydessä tapahtuva liikenne, jotta myös rakennusaikainen liikenne voidaan järjestää mahdollisimman turvallisesti ja sujuvasti. Suunnittelun yhteydessä on hyvä selvittää yhteiskaivuilmoituksella muiden johtorakentajien rakennustarpeet rakennettavalla osuudella. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 159.)

Uutta johtoa rakennettaessa on otettava huomioon asiakkaiden esittämät näkökohdat ja lisäksi heitä ja muita alueen asukkaita on informoitava tulevasta johtorakennustyöstä. Nämä näkökohdat huomioon ottaen johto on suunniteltava niin, että se on kokonaistaloudellisesti katsottuna mahdollisimman edullinen toteuttaa. Lisäksi suunnitteluun sisältyvät tarvittavien varastovaroitusten tekeminen ja työn tapahtumien päivittäminen tietojärjestelmiin. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 159.)

Teknisiin suunnitteluperusteisiin kuuluu selvittää mahdollisimman edullinen liitoskohta olemassa olevaan verkkoon. Suunnittelussa on otettava huomioon lämpöliike ja sen kompensointi ja vastaanotto, sekä selvitettävä käytettävä asennusmenetelmä. Lisäksi suunnitelmassa on selvitettävä koko johdon ja sen erilaisten yksityiskohtien toteutus. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 159.) Vanhaan verkkoon liityttäessä on myös tärkeää varmistaa vanhojen johtojen toiminnan säilyminen ja toiminta yhdessä uuden johdon kanssa. (Kaukolämpöverkon suunnittelu, seminaari 2.-3.11.2011).

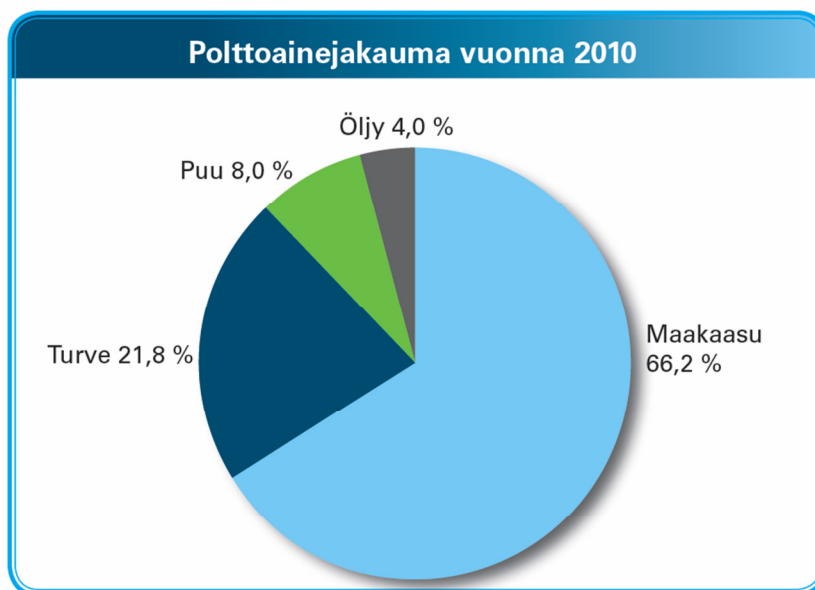
5 TAMPEREEN KAUKOLÄMPÖVERKON NYKYTILA

Tässä kappaleessa selvitetään Tampereen kaukolämpöverkon nykytilan lisäksi Tampereen Kaukolämpöä yrityksenä. Lisäksi kappaleen tarkoituksena on selvittää syitä sille, miksi opinnäytetyöni kohteena olevaa johtoa suunnitellaan rakennettavaksi.

5.1 Yritysesittely

Tampereen Kaukolämpö Oy on vuonna 1964 toimintansa aloittanut Tampereen kaupungin omistama yhtiö, jonka toimialana on kaukolämmön ja maakaasun myynti Tampereella, Pirkkalassa ja Ylöjärvellä. Lisäksi yrityksen liiketoimintaan kuuluu vuodesta 2011 kaukojäähdytys. Tampereen Kaukolämpö Oy on Tampereen Sähkölaitos Oy:n tytäryhtiö ja sillä on neljä sisaryhtiötä: Tampereen Vera Oy, Tampereen Sähkönmyynti Oy, Tampereen Sähköverkko Oy ja Tampereen Energiantuotanto Oy. (Tampereen Kaukolämpö Oy, esittely 2010.)

Kaukolämpö tuotetaan pääasiassa Tampereen Energiantuotanto Oy:n tuotantolaitoksissa ekologisesti sähkön ja lämmön yhteistuotantona. Tämän lisäksi lämpöä tuotetaan tarpeen mukaan lämpökeskuksissa, jotka sijaitsevat eri puolilla jakelualueita. (Tampereen Kaukolämpö Oy, esittely 2010.)



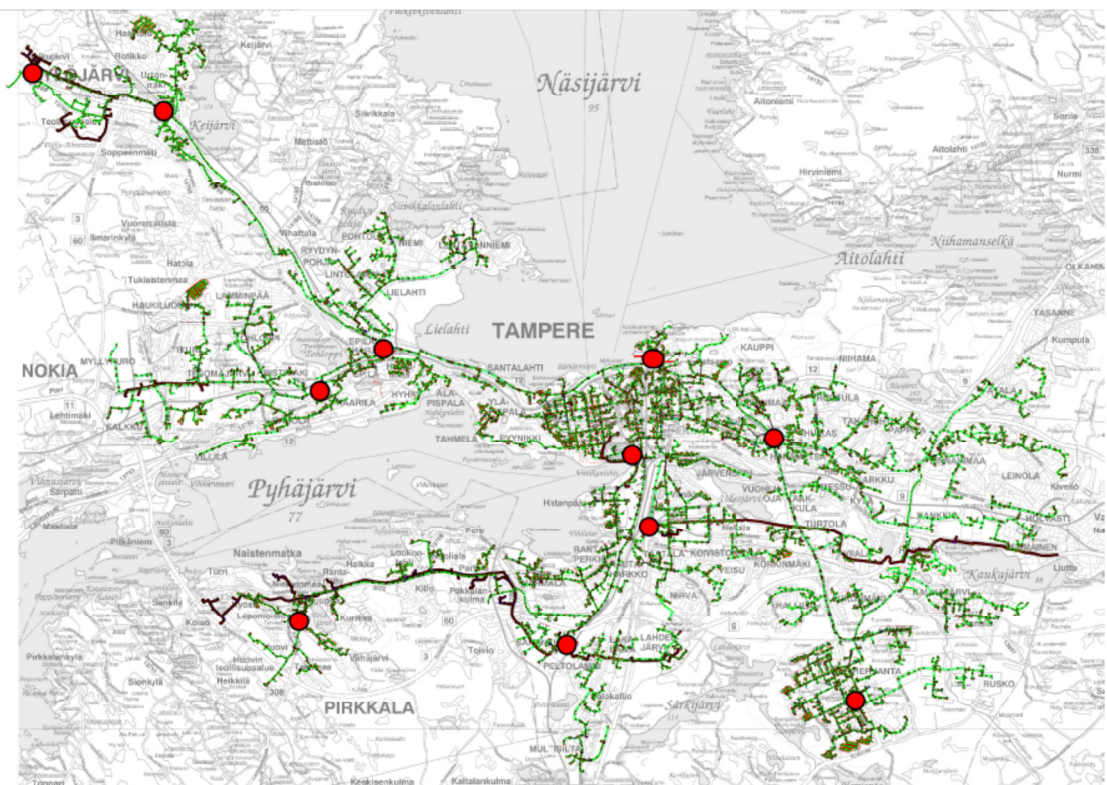
Kuvio 3: Polttoainejakauma vuonna 2010

(http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/1FBC4E87-CD14-4EFB-950D-E1667FDE5F10/0/alkuperäseloste_netti.pdf)

Tampereen Kaukolämpö Oy:llä on kaukolämpöasiakkaita yli 5000 ja maakaasuasiakkaita 84. Uusia asiakkaita yritys saa vuosittain noin 100-120. Yrityksen vuosittainen liikevaihto on noin 110 miljoonan euron luokkaa; vuosittainen lämmönmyynti on noin 2200-2400 GWh ja vuosittainen maakaasun myynti noin 270-290 GWh. (Tampereen Kaukolämpö Oy, esittely 2010.)

5.2 Kaukolämmön kantaverkko

Varsinaista kaukolämpöverkkoa Tampereelle alettiin rakentaa vuonna 1964 ja ensimmäinen asiakas liitettiin 2.9.1964. Tästä kaukolämpöverkko on laajentunut vuosittain ympäri Tamperetta, ja vuonna 2002 toiminta laajeni Pirkkalaan yhtiön ostettua Pirkkalan kaukolämpö ja maakaasutoiminnan itselleen. Ylöjärvelle yritys alkoi tehdä liiketoimintaa vuonna 2003. Nykyisellään kaukolämpöverkon pituus on yhteensä noin 580 kilometriä, ja se pitenee vuosittain noin 10 kilometriä. Tällä hetkellä kaukolämpöverkon kautta lämpönsä saa noin 180 000 pirkanmaalaista. (Kaukolämmön alueverkon liittäminen kantaverkkoon 2011, 21.)



Kuvio 4: Tampereen Kaukolämmön kantaverkko (Tampereen Kaukolämpö Oy, esittely 2010)

Vaikka nykyistä verkkoa peruskorjataan vuosittain, on verkkovuotojen lukumääräksi vakiutunut 30-40 kappaletta vuodessa. Yhteensä työkohteita on vuodessa noin 200 kappaletta, joista aiheutuvia toimituskeskeytyksiä vuodessa on noin 70 kappaletta. Ennakoimattomia vikoja verkossa ilmenee noin 10 kappaletta vuodessa. (Tampereen Kaukolämpö Oy, esittely 2010.)

Kaukolämmön kantaverkkoa pyritään jatkuvasti laajentamaan vastaamaan sekä nykyisten, että tulevien asiakkaiden lämmöntarvetta. Tässä työssä suunniteltiin kaukolämmön siirtojohtoa varmistamaan itäisten alueiden, kuten esimerkiksi Atalan lämmönsaantia. Johtavana ajatuksena työssä oli, että Irjalankadulta otettaisiin haara, josta Linnainmaan pumppaamolle saataisiin suurempi vesivirta. Tarve ilmeni asiakkaiden palautteista, sekä koneasentajien toimesta. Ongelmaksi itäisemmillä alueilla ovat ilmenneet riittämättömät paine-erot, jotka nykyisellään eivät vastaa 60 kPa:n minimipaine-eroa. (Parpola, 2011).

6 SUUNNITTELUPROSESSI

Tässä kappaleessa kuvataan kaukolämpöjohdon suunnitteluprosessi vaiheittain alusta loppuun. Kappaleen tarkoituksena on antaa lukijalle kuva siitä, minkälainen prosessi kaukolämmön siirtojohdon suunnittelu on ja minkälaisia työvaiheita siihen sisältyy.

6.1 Lähtötilanne

Kirsi Raippalinna oli suunnitellut tässä työssä käsiteltävälle idän siirtojohdolle yleissuunnitelman, joka toimi tämän työn pohjana. Suunnitelmassa oli selvitetty johdon karkea sijoitus ja tulevan johdon halkaisijan mitoitus. Tärkeimmät yleissuunnitelmasta selviävät tiedot olivat suunniteltu haaroituskohta, sekä suunniteltu johdon rakenne ja koko, eli DN400-2Mpuk. Varsinainen suunnittelutyöni alkoi näin ollen johdon suunnittelun sijainnin kuvaamisella ja fyysisellä kohteeseen tutustumisella.

6.2 Työkalut

Työssä käytettiin kahta tietokoneohjelmaa, jotka olivat Autodeskin AutoCAD 2011 ja Teklan Xpower. Autodeskin AutoCAD on suunnitteluohjelma, josta tässä työssä käytettiin vain 2D-mallinnusta profiili- ja detalji-piirrosten tekoon. Teklan Xpower taas on paikkatietojärjestelmä, josta löytyy koko Tampereen Kaukolämmön kantaverkon sijaintitiedot sekä Tampereen Sähköverkon kaapeleiden sijainnit. Lisäksi ohjelmalla voidaan hakea Tampereen Veden verkostoa. Xpoweria käytettiin työssä asemapiirrosten luomiseen sekä olemassa olevien paikkatietojen hakemiseen.

Tietokoneohjelmien lisäksi työssä käytettiin erilaisia mittaustyökaluja sekä kameraa. Varsinkin kameran käytön tarpeellisuus korostui suunniteltaessa kaukolämpöjohdolle optimaalista sijaintia. Lisäksi työssä toimivat apuna vanhat suunnitelmakuvat olemassa olevista johdoista ja pumpaamosta.

6.3 Suunnittelun pääperiaatteet

Johdon suunnittelun pohjana käytettiin tässä työssä muutamaa pääperiaatetta. Tärkeimpänä pidettiin luonnollisesti sitä, että suunnitelma olisi toteuttamiskelpoinen ja niin selkeä, että lopullisesta toteutuksesta vastaaville työntekijöille olisi täysin selvää, miten toimia. Johtoa suunniteltiin niin, että sen rakentamisesta aiheutuvat haitat asiakkaille ja kuntalaisille olisivat mahdollisimman pienet, niin liitostöiden, kuin rakentamisenkin osalta. Luonnollisesti myös kustannuksia pyrittiin minimoimaan, muun muassa käyttämällä jo olemassa olevaa putkea paluuputken osana.

Varsinaisessa sijaintisuunnittelussa otettiin huomioon alueella sijaitsevat muiden yritysten rakenteet, kuten esimerkiksi sähkö- ja vesijohtojen sijainnit. Näin pyrittiin välttämään johtojen päällekkäisyyttä. Tämän lisäksi suunnitelmissa on merkittävänä 20 kilovoltin kaapelit mahdollisten työtapaturmien ehkäisemiseksi. Sijaintisuunnittelussa otettiin huomioon myös tonttien omistajuussuhteet sekä hankittiin tarvittavat luvat tonteille rakentamiseen. Yleisesti ottaen suunnittelussa pyrittiin kuitenkin käyttämään ainoastaan Tampereen kaupungin omistamia tontteja. Sijaintisuunnittelulla pyrittiin vaikuttamaan myös liikenteen sujuvuuteen rakentamisen aikana, jotta vältettäisiin turhien haittojen tuottaminen kuntalaisille.

Määräävänä tekijänä suunnittelussa toimi myös se, että johdon kunnossapito ja mahdollisten haaroitusten ottaminen olisi tulevaisuudessa mahdollisimman helppoa. Tässä arviointityössä apuna toimivat opinnäytetyön tekijän kahden kesän mittainen työkokemus koneasentajana sekä asiantuntija Jyrki Parpolan kokemukset.

6.4 Kohdekuvaus

Siirtojohton sijoitus suunniteltiin ulottuvaksi Irjalankadun ja Sammon valtatie risteyksestä Leinolantien ja Aitolahdentien risteyksessä sijaitsevalle pumppaamolle, jolloin linjan pituudeksi tulisi arviolta noin kaksi kilometriä. Linja suunniteltiin kulkemaan kevyen liikenteen väylää pitkin Sammon valtatie vierellä. Sammon valtatie on vilkkaasti liikennöity, joten varsinkin risteyskohdissa suunnittelulla pyrittiin vaikuttamaan työnaikaiseen turvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen. Lisäksi reitin varrella olevan runsaan asutuksen johdosta myös kevyen liikenteen sujuvuus piti varmistaa. Tämä tuli kyseeseen varsinkin katsottaessa Sammon valtatie ja Hintsankadun risteystä, jonka välittömässä läheisyydessä sijaitsevat koulut aiheuttavat paljon kevyttä liikennettä. Ongelmalliseksi kohdaksi muodostui myös johdon risteäminen Valtatie 9:n kanssa, joka toi mukanaan omat haasteensa.

Varsinainen suunniteltu reitti oli maastoltaan pääosin hyvää. Kevyt liikenne voitiin suurimmassa osassa johdon kulkureittiä siirtää kulkemaan toisella puolella Sammon valtatieä. Joillakin osuuksilla ongelmaksi muodostui kevyen liikenteen väylän kapeus, joka varmasti tulee olemaan haaste myös rakennusvaiheessa, erityisesti maarakennuksessa. Maastoltaan reitti oli pääosin nousevaa, mikä on luonnollisesti hyvä asia ajatellen täyttöön liittyvää ilman poistoa. Johdon suunnitellulle reitille osui luonnollisesti muiden yhtiöiden kaapeleita ja johtoja, jolloin johdon sijaintia oli tarkasteltava niidenkin kannalta. Matkan varrelle osui myös yksi 20 kilovoltin sähkökaapeli, joka merkittiin suunnitelmakuviin työtapaturmien välttämiseksi; asiaa selvitettiin myös yhteydessä Tampereen Sähköverkkoon, jolloin saatiin selville, että kaapeli saadaan työn ajaksi jännitteettömäksi.

Tontin suunniteltu sijainti kevyen liikenteen väylällä sai aikaan sen, että tonttien omistussuhteet olivat pääosin edulliset, eli suurin osa johdon suunnitellusta sijainnista osui Tampereen kaupungin omistamille tonteille. Poikkeuksen muodosti Valtatie 9:n jälkeinen osuus, jolla oli kolme eri omistajaa. Itse Valtatie 9 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen omistuksessa, joten ylittämiseen jouduttiin hakemaan lupaa, sekä noudattamaan heidän määräyksiään. Valtatie 9:n jälkeen jouduttiin lisäksi suunnitellulla reitillä rakentamaan kahden yksityisen tonteille. Näistä toinen oli Tampereen Kaukolämmön asiakas, joten tontille rakentaminen on sallittua ilmoittamalla siitä.

Toinen tontin omistaja taas ei ollut Tampereen Kaukolämmön asiakas, joten tontille rakentamiseen jouduttiin luonnollisesti hakemaan lupaa ja neuvottelemaan rakentamisesta.

6.5 Sijoitussuunnitelmat

Tässä kappaleessa käydään läpi pisteväli kerrallaan sijoitussuunnitelmaa ja pyritään antamaan selkeä kuva siitä, miksi johdon sijainti on suunniteltu niin kuin se on.

6.5.1 Sammon valtatie ja Irjalankadun risteys

Suunniteltu haaroituskohta sijaitsee Sammon valtatie ja Irjalankadun risteyksessä. Risteysalueella läpi kulkee DN400-2Mpuk –kaukolämpöjohto, josta haaroitus suunniteltiin tehtäväksi. Haaroitus suunniteltiin tehtäväksi käyttäen valmiita 90°-kulmaelementtejä, eli toisin sanoen liittöstyö suunniteltiin niin, että vanha johto katkaistaan ja siihen liitetään hitsaamalla kyseiset kulmaelementit. Vanha johto taas suunniteltiin jatkumaan niin, että uudesta DN400-2Mpuk linjasta otetaan DN300-2Mpuk –haaroitus, joka kulmaelementtien jälkeen laajennetaan takaisin DN400-2Mpuk –kokoon. Sammon valtatie alittava DN150-2Mpuk –johto suunniteltiin myös haaroitettavaksi uudesta DN400-2Mpuk –johdosta ja liitettäväksi olemassa olevaan venttiilikaivoon. (Liite 3, 4 ja 5.)



Kuvio 5: Irjalankadun ja Sammon valtatie risteys (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.2 Pisteväli 1-7

Uusi johto suunniteltiin kulkemaan Sammon valtatie vieressä kulkevan kevyen liikenteen väylän oikeassa reunassa katsottaessa johtoa Irjalankadun suunnasta. Suurin syy tähän menettelyyn olivat vasempaan reunaan sijoitetut katuvalot. Heti johdon alkuun, pisteen 3 välittömään läheisyyteen, suunniteltiin DN400 –palloventtiilielementit tekemään käyttöönotto ja kunnossapito mahdolliseksi. Koska kyseinen elementti on hieman leveämpi, lisättiin suunnitelmiin maarakennusta silmällä pitäen teksti ”venttiilielementtien kohdalla kaivetaan arinan tasosta 30mm alemmas”. Muuten johto pyrittiin sijoittamaan korkeussuunnassa niin, että sen peittosyvyydeksi jäisi noin 600mm, mutta kuitenkin niin, että venttiilielementtien peittosyvyydeksi jäisi tarvittavat 700mm. Lisäksi pisteen seitsemän välittömään läheisyyteen suunniteltiin sijoitettavaksi ilmanpoistokaivo sen ollessa tällä pistevälillä korkein kohta. (Liitteet 1 ja 2.)



Kuvio 6: Kevyen liikenteen väylä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)



Kuvio 7: Kevyen liikenteen väylä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.3 Pisteväli 8-13

Tällä pistevälillä johto suunniteltiin kulkemaan edelleen kevyen liikenteen väylän oikeaa laitaa. Pisteele 11 suunniteltiin lisäksi DN400 palloventtiilielementit, sen ollessa matalin kohta tällä pistevälillä. Tämän jälkeen alkoi loiva ylämäki, joten mahdolliset tulevat linjan tyhjennykset olisi hyvä suorittaa tähän kaivoon. (Liitteet 6 ja 7.)



Kuvio 8: Suunniteltua reittiä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)



Kuvio 9: Suunniteltua reittiä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.4 Pisteväli 14-19

Tälläkin pistevälillä johto suunniteltiin sijoitettavaksi kevyen liikenteen väylän oikeaan reunaan. Pistevälille 15-16 osuva Hintsankadun risteys osoittautui erikoiskohdaksi siinä mielessä, että lähellä risteysaluetta sijaitsevat koulut aiheuttavat alueelle paljon kevyttä liikennettä. Tämä todettiin tärkeäksi asiaksi ottaa huomioon, kun johtoa aletaan rakentaa. Lisäksi risteysalueelle sijoittui paljon erilaista kunnallistekniikkaa, kuten esimerkiksi sähkökaapeleita, jotka luonnollisesti on tärkeä ottaa huomioon linjaa rakennettaessa. Piste 16 välittömään läheisyyteen suunniteltiin lisäksi sijoitettavaksi venttiilielementtikaivo, jotta mahdolliset tulevat haaroitukset Hintsankadun suuntaan olisi mahdollisimman helppo tehdä. Lisäksi venttiilielementit mahdollistavat linjan käyttöönoton. Piste 16 jälkeen suunniteltiin lisäksi luonnollisen paisunnan mahdollistavat kulmaelementit, joiden avulla linja saatiin sijoitettua jälleen kevyen liikenteen väylän oikeaan reunaan. (Liitteet 8 ja 9.)



Kuvio 10: Hintsankadun ja Sammon valtatie risteys (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.5 Pisteväli 20-25

Pistevälillä 20-22 johto suunniteltiin kulkemaan varsinaisen kevyen liikenteen väylän vasemmalla puolella ja lasitettu linja-auto pysäkki suunniteltiin kierrettäväksi sen takaa. Pistevälillä 22-25 johto suunniteltiin sijoitettavaksi kevyen liikenteen väylän oikeaan reunaan. Ongelmalliseksi muodostui pisteen 22 läheisyydessä sijaitseva 20 kilovoltin kaapelilautta, joka merkittiin sekä asema- että profiilipiirrokseseen mahdollisten vaaratilanteiden välttämiseksi. Lautta suunniteltiin ohitettavaksi alakautta. Asiaa selviteltäessä kävi myös ilmi, että kyseinen kaapelilautta on mahdollista saada jännitteettömäksi työn ajaksi. Tällä välillä ongelmaksi tulee rakennusvaiheessa todennäköisesti muodostumaan myös kevyen liikenteen väylän ahtaus, joka saanee aikaan omat haasteensa ainakin maarakennusta silmällä pitäen. (Liitteet 10 ja 11.)



Kuvio 11: Linja-autopysäkki (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.6 Pisteväli 26-29

Pistevälillä 26-29 johto sijoitettiin kulkemaan jälleen kapean kevyen liikenteen väylän oikeassa laidassa. Lisäksi Rauninkadun risteykseen, pisteelle 28, suunniteltiin sijoitettavaksi DN400 –palloventtiilielementtikaivo sen ollessa paitsi risteyskohta, myös johdon korkein kohta tällä pistevälillä. Näin ollen venttiilielementtikaivo toimii käyttöönoton mahdollistamisen lisäksi myös ilmanpoistokaivona. (Liitteet 12 ja 13.)



Kuvio 12: Suunniteltua reittiä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.7 Pisteväli 30-36

Pistevälillä 30-33 johto suunniteltiin sijoitettavaksi kevyen liikenteen väylän oikeaan reunaan, ja pistevälillä 33-36 taas kevyen liikenteen väylän vasempaan reunaan katuvalaistuksen sijoittuessa tällöin oikeaan reunaan. Pisteseen 30 suunniteltiin sijoitettavaksi palloventtiilielementtikaivo, jonka tarkoituksena on jälleen mahdollistaa linjan käyttöönotto, toimia ilmanpoistokaivona, sekä mahdollistaa verkon jakaminen pienempiin osa-alueisiin. Pisteeltä 32 lähtien rakennettavaksi suunniteltiin ainoastaan menoputki, jolloin jo olemassa oleva DN250-2Mpuk –johto toimii paluuputkena. Näin pyrittiin taloudellisuuteen sekä materiaali- että työkustannuksissa. Tällöin johdon malli muuttuu DN400-1Mpuk:si. Lisäksi pisteelle 36 suunniteltiin sijoitettavaksi ilmanpoistokaivo sen ollessa tämän pistevälin ja koko johdon korkein kohta. (Liitteet 14 ja 15.)



Kuvio 13: Suunniteltua reittiä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.8 Sammon valtatie ja Pirttikadun risteys

Sammon valtatie ja Pirttikadun risteyksessä kulkeva DN300-2Mpuk johto suunniteltiin haaroitettavaksi uudelleen uudesta DN400-2Mpuk –johdosta. Tällöin lähtöön suunniteltiin uudet DN300 –palloventtiilielementit helpottamaan liitostyötä sekä takaamaan venttiilien pitävyyttä. Haaroituksessa suunniteltiin käytettäväksi valmiita 30°:n- ja 60°:n kulmaelementtejä. Tämä liitos jouduttiin suunnittelemaan otettavaksi linjan alta, haaroituksen noustessa muuten liian pintaan. (Liitteet 16 ja 18.)

Koska pisteeltä 32 lähtien suunniteltiin rakennettavaksi vain menoputkea, täytyi olemassa olevan DN250-2Mpuk liitos DN400-2Mpuk –paluuputkeen suunnitella. Varsinainen liitos suunniteltiin tehtäväksi osittain tavallisena liitoksena ja osittain päittäisliitoksena niin, että toinen DN250 –putki liitettäisiin supistimilla DN400 –paluuputkeen ja toinen DN250 -putki suunniteltiin hitsattavaksi DN400 –paluuputkeen. Tässä haaroituksessa jouduttiin suunnittelemaan kulmakohdissa käytettäväksi valmiiden 90°:n kulmaelementtien lisäksi myös 5°:n viistesauvoja. (Liitteet 17 ja 18.)



Kuvio 14: Suunniteltua reittiä (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.9 Pisteväli 37-41

Pistevälillä 37-39 johto suunniteltiin sijoitettavaksi kevyen liikenteen väylän vasempaan reunaan. Tämän jälkeen johto suunniteltiin sijoitettavaksi pois kevyen liikenteen väylältä sen vasemmalle puolelle. Tällä pistevälillä suunniteltiin rakennettavaksi vain menoputki, jolloin tarvittavan kaivannon koko muuttui huomattavasti pienemmäksi. Pisteele 41 suunniteltiin sijoitettavaksi palloventtiilielementit, mahdollistamaan käyttöönotto, sekä pienentämään lämpölaajenemisen vaikutusta seuraavalle pistevälille sijoittuvalla alitusputkella. Rakennusvaiheessa risteysalueen työt on suunniteltava tarkkaan, jotta ulkopuolisille aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa. (Liitteet 19 ja 20.)



Kuvio 15: Valtatie 9:n ramppi (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.10 Pisteväli 42-52

Pistevälille 42-43 suunniteltiin sijoitettavaksi 90°:n kulmaelementit mahdollistamaan luonnollinen paisunta. Valtatie 9:n alitusta käsitellään omassa kappaleessaan, joten siihen ei tässä puututa. Valtatie 9:n alituksen jälkeinen osuus suunniteltiin sijaitsemaan Valtatie 9:n laidalla sijaitsevalla kaupungin omistamalla tontilla. Pisteväli 47-50 suunniteltiin sijoitettavaksi yksityisen tontille, joten kyseisen tontin omistajan kanssa on asiasta keskusteltava ennen varsinaisen työn alkua. Pisteväli 51-52 suunniteltiin rakennettavaksi Aitolahdentien vierellä kulkevan kevyen liikenteen väylän vasempaan laitaan. Tälläkin pistevälillä suunniteltiin rakennettavaksi pelkkä menoputki, jolloin kaivannon koko pienentyy huomattavasti. Kaikissa taitoskohdissa suunniteltiin käytettäväksi valmiita kulmaelementtejä. (Liitteet 21 ja 22.)

6.5.11 Valtatie 9:n alitus

Valtatie 9 suunniteltiin alitettavaksi poraamalla, sillä tien katkaisu kaivuutöiden ajaksi ei tullut kysymykseen. Porauskalusto suunniteltiin sijoitettavaksi yksityisen tontille, jolloin asiasta keskusteltiin tontin omistajan kanssa ja pyydettiin tarvittavat luvat. Valtatien alituksessa suunniteltiin käytettäväksi DN900 –suojaputkea ja johto suunniteltiin riittävään syvyyteen, jotta välttyttäisiin mahdollisilta liikenteen aiheuttamilta vaurioilta. Varsinainen kaukolämpöputki suunniteltiin suojattavaksi polyeteenitassuilla, jotta välttyttäisiin työn aiheuttamilta vaurioilta putken eristeessä. (Liite 23.)



Kuvio 16: Valtatie 9 (Kuva: Ville-Samuli Aulén, 2011)

6.5.12 Katsastusasema

Nykyinen katsastusasema on liitetty kaukolämpöverkkoon jo aiemmin, mutta nykyinen haaroitus on otettu vanhasta DN250-2Mpuk –johdosta, joka siis uuden suunnitelman mukaan muutetaan uuden siirto johdon paluuputkeksi. Tämä sai aikaan sen, että menoputken haaroitus on tehtävä uudelleen niin, että se otetaan uudesta DN400-1Mpuk –menoputkesta. Haaroitus suunniteltiin tehtäväksi päältäottona ja linjaan suunniteltiin sijoitettavaksi luonnollisen paisunnan mahdollistama z-elementti. Jo olemassa oleva DN250-2Mpuk –johto suunniteltiin ylitettäväksi ja liittyminen olemassa olevaan DN40 –menoputkeen suunniteltiin tehtäväksi päittäisliitoksena käyttäen hyväksi valmista kulmaelementtiä. Tämän lisäksi jo olemassa olevaan DN40-2Mpuk –johtoon oli suunniteltava sijoitettavaksi venttiilit, jotta mahdollisessa vuototapauksessa välttyttäisiin suurilta vaurioilta. (Liitteet 24 ja 25.)

6.5.13 Aitolahdentien ja Seppä-Villen kadun risteys

Aitolahdentien ja Seppä-Villen kadun risteyksessä, pisteessä 52, suunniteltiin DN250-2Mpuk –johto liitettäväksi uuteen DN400 –paluuputkeen. Tämä suunniteltiin tehtäväksi käyttäen hyödyksi valmiita kulmaelementtejä, ja koska 45°:n taitokselta ei voitu välttyä, suunniteltiin sekin tehtäväksi valmiilla kulmaelementeillä. Liitostavaksi suunniteltiin jälleen päittäisliitoksen ja tavallisen haaroituksen yhdistelmää, jolloin toinen DN250 –putki liitetään supistuskappaleen avulla suoraan DN400 –putkeen ja toinen DN250 –putki suunniteltiin liitettäväksi DN400 –putken kylkeen. 45°:n kulmaelementtien jälkeen vanha ja käyttämättömäksi jäävä DN250-2Mpuk johto suunniteltiin tulpattavaksi ja tarvittavilta osin poistettavaksi. (Liite 26.)

6.5.14 Pisteväli 53-57

Pistevälille 53-54 suunniteltiin rakennettavaksi DN400-2Mpuk –johto, joka alittaa Aitolahdentien. Pistevälille 54-57 taas suunniteltiin rakennettavaksi ainoastaan menoputki. Lisäksi pisteeseen 53 suunniteltiin sijoitettavaksi palloventtiilielementit. (Liitteet 27 ja 28.)

Pisteessä 54 ongelmaksi muodostui ahtaus, sillä kyseisessä kohdassa sijaitti sadevesikaivo ja uusi DN400 –menoputki oli kierrettävä, jotta paluuputki saatiin liitettyä olemassa olevaan DN250 –paluuputkeen sekä Kaukajärven että Atalan suuntaan. DN400 –menoputki suunniteltiin ylitettäväksi Kaukajärven suuntaan, mutta peittosyvyyden jäädessä pieneksi, jouduttiin pistemäistä kuormaa vähentämään suunnitteleamalla finnfoam –levyt jakamaan kuormaa. Atalan suuntaan liitos suunniteltiin tehtäväksi käyttäen supistusyhdettä, jolloin liitos onnistuisi päittäisliitoksena. (Liitteet 29 ja 30.)

6.5.15 Linnainmaan pumppaamon liitokset

Linnainmaan pumppaamolle suunniteltiin rakennettavaksi pelkkä DN400 –menoputki. Tämä putki suunniteltiin vanhan DN250 –menoputken paikalle ja liittyminen pumppaamoon suunniteltiin päittäisliitoksena olemassa olevaan DN250 – nousukulmaan. Liitoksessa suunniteltiin käytettäväksi supistusyhdettä. Kaikki taitokset suunniteltiin tehtäväksi 90°:n kulmaelementeillä ja vanha DN250 –menoputki suunniteltiin poistettavaksi uuden putken tieltä. (Liite 31.)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena syntyivät tarkat ja toteuttamiskelpoiset suunnitelmat itäiselle siirtojohdolle. Lisäksi työssä on esitetty se prosessi, mikä johti valmiisiin suunnitelmiin. Valmiit suunnitelmat käsittävät asema-, profiili- ja detaljipiirrustukset ja ovat sellaisenaan käyttökelpoisia ja mahdollisimman selkeitä.

Suunniteltu johto tulee olemaan hyödyllinen osa Tampereen Kaukolämmön kantaverkkoa. Se tulee tarjoamaan riittävän lämmönsiirtokapasiteetin ajatellen itäisiä jakelualueita, kuten Atalaa. Lisäksi johto on suunniteltu niin, että sen käyttöönotto on mahdollisimman mutkatonta ja rakentaminen taloudellista.

Varsinainen työ sujui melkolailla ongelmitta, vaikkakin apua jouduttiin usein kysymään kokeneemmilta työntekijöiltä, sekä muilta asiantuntijoilta. Työssä käytetyt menetelmät olivat osittain tekijälle uusia, joten avun tarve oli toisinaan suurtakin. Toisaalta tekijän vähäinen kokemus sai aikaan sen, että työhön saatiin uutta näkökulmaa.

Työ opetti tekijälleen paljon lisää kaukolämpöjohdon suunnittelusta, sekä siihen liittyvistä asioista. Työssä käytetyt ohjelmat samoin kuin suunnitteluun liittyvät käytännötkin tulivat entistä tutummiksi työn edetessä. Työ auttoi tekijää omaksumaan paljon uutta tietoa kaukolämpöön ja sen rakentamiseen ja suunnittelemiseen liittyvästä teoriasta. Voitaneen siis sanoa, että työlle asetettamani tavoitteet täyttyivät.

LÄHTEET

Kirjallisuus:

1. Adato 2006: Kaukolämmön käsikirja
2. Energiataloudellinen yhdistys 1989: Kaukolämmityksen käsikirja
3. Litma, Leena 2011: Kaukolämmön alueverkon liittäminen kantaverkkoon, Tampereen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö
4. Energiateollisuus ry 2010: Suositus L1
5. Energiateollisuus ry 2007: Suositus KK3

Sähköiset julkaisut:

6. <http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>
7. http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/1FBC4E87-CD14-4EFB-950D-E1667FDE5F10/0/alkuperäseloste_netti.pdf

Muut:

8. Tampereen Kaukolämpö Oy 2010, esittely 2010
9. Parpola, Jyrki, Asiantuntija, Tampereen Kaukolämpö Oy

LIITTEET

- Liite 1. Pisteväli 1-7, asemapiirros
 - Liite 2. Pisteväli 1-7, profiilipiirros
 - Liite 3. Irjalankadun ja Sammon valtatie risteyks, detaljipiirros
 - Liite 4. Pisteväli I-IV, profiilipiirros
 - Liite 5. Pisteväli V-VIII, profiilipiirros
 - Liite 6. Pisteväli 8-13, asemapiirros
 - Liite 7. Pisteväli 8-13, profiilipiirros
 - Liite 8. Pisteväli 14-19, asemapiirros
 - Liite 9. Pisteväli 14-19, profiilipiirros
 - Liite 10. Pisteväli 20-25, asemapiirros
 - Liite 11. Pisteväli 20-25, profiilipiirros
 - Liite 12. Pisteväli 26-29, asemapiirros
 - Liite 13. Pisteväli 26-29, profiilipiirros
 - Liite 14. Pisteväli 30-36, asemapiirros
 - Liite 15. Pisteväli 30-36, profiilipiirros
 - Liite 16. Pirttikadun ja Sammon valtatie risteyks 1, detaljipiirros
 - Liite 17. Pirttikadun ja Sammon valtatie risteyks 2, detaljipiirros
 - Liite 18. Pirttikadun ja Sammon valtatie risteyks, profiilipiirroksset
 - Liite 19. Pisteväli 37-41, asemapiirros
 - Liite 20. Pisteväli 37-41, profiilipiirros
 - Liite 21. Pisteväli 42-52, asemapiirros
 - Liite 22. Pisteväli 42-52, profiilipiirros
 - Liite 23. Valtatie 9 alitusputki, detaljipiirros
 - Liite 24. Pisteväli a-e, asemapiirros
 - Liite 25. Pisteväli a-e, profiilipiirros
 - Liite 26. Seppä-Villen kadun ja Aitolahdentien risteyks, detaljipiirros
 - Liite 27. Pisteväli 53-57, asemapiirros
 - Liite 28. Pisteväli 53-57, profiilipiirros
 - Liite 29. Leinolantien ja Aitolahdentien risteyks 1, detaljipiirros
 - Liite 30. Leinolantien ja Aitolahdentien risteyks 2, detaljipiirros
 - Liite 31. Linnainmaan pumppaamo, detaljipiirros
 - Liite 32. Yhdistelmäkaivo, periaatepiirros
- Liitteiden luottamuksellisuuden vuoksi niitä ei tässä työssä esitellä.