

# KAUKOLÄMPÖVERKOSTON SIJAINTELIVITYS

Tervolan kunta

Isometsä Jukka

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Jukka Isometsä	<b>Vuosi</b>	2018
<b>Ohjaaja</b>	Timo Karppinen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Tervolan kunta		
<b>Työn nimi</b>	Kaukolämpöverkoston sijaintiselvitys		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	41+12		

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää toimeksiantona Tervolan kuntakeskuksen alueen kaukolämpöverkoston sijainti sekä tuottaa paikkatietoa kaukolämpöverkostosta Tervolan teknisen puolen käyttämään paikkatietojärjestelmään.

Opinnäytetyössä on käyty läpi kaukolämpöjärjestelmän toimintaperiaate yleispiirteittäin läpi, Tervolan kaukolämpöverkoston rakentamisen historiaa sekä itse sijaintiselvityksen eri vaiheet yksityiskohtaisesti läpi. Opinnäytetyön suorittaminen koostui kolmesta eri vaiheesta, joita olivat arkistotutkimukset, maastotyöskentely ja editointityöskentely.

Opinnäytetyön lopputuotoksina saatiin kattava selvitys Tervolan kaukolämpöverkoston sijainnista MapInfo Pro 16:ssa toimivaan paikkatietojärjestelmään sekä tulostettava paperikarttaversio. Opinnäytetyön tuotoksiin kuuluu myös pohdintaosuus tuotetun aineiston laadusta sekä pohdintaa hankkeessa ilmenneistä haasteista

Opinnäytetyötä varten konsultoitiin useita henkilöitä sekä yrityksiä, jotka ovat olleet mukana Tervolan kaukolämpöverkoston rakentamisessa. Opinnäytetyötä varten tehtiin myös kaukolämpöverkoston paikkatietoa koskeva laadullinen kysely kaukolämpöä myyville yrityksille ympäri Suomea. Kyselyn tuloksia hyödynnettiin toimeksiannon suorittamisessa. Opinnäytetyö soveltuu neuvoo antavaksi työhjeksi, mutta ei yleiseksi työhjeksi hankkeen kaltaisissa tilanteissa, sillä sijaintiselvitykset ovat usein tapauskohtaisia.

Technology, Communication and Transport  
Degree Programme of Land Surveying  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Jukka Isometsä	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Timo Karppinen		
<b>Commissioned by</b>	Municipality of Tervola		
<b>Subject of thesis</b>	GIS Survey of District Heating Infrastructure		
<b>Number of pages</b>	41+12		

---

The purpose of this thesis was to do a GIS survey of district heating system in the region of the municipality of Tervola. The thesis was commissioned by the technical director of Tervola municipality.

This thesis discussed the history of district heating infrastructure and its extensions in the Tervola municipality, the common principle of the district heating infrastructure and in-depth perspective into the GIS surveying methods of the district heating system. A qualitative survey about the positioning data of the district heating infrastructure was conducted for various companies which work in the field of district heating in Finland. The main goal of the survey was to find out the meaningful positioning accuracy for the different district heating infrastructure elements, such as pipelines and valve wells

The result of this thesis was a summary of the GIS survey quality. The results also included the challenges met in the thesis process, and the actual district heating infrastructure GIS survey product. The commission was successful as the commissioner accepted the product. This thesis can be used as guidance in similar cases.

Key words: district heating, GIS, GNSS, mapping, Tervola

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	9
2	OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	10
2.1	Toimeksiantajan esittely.....	10
2.2	Tervolan kaukolämpöverkko .....	11
2.3	Tervolan kaukolämpöverkoston historia lyhyesti.....	13
3	SYYT KAUKOLÄMPÖVERKON SIJAINTELIVITYKSELLE.....	17
3.1	Paikkatietojärjestelmän ajantasaistaminen .....	17
3.2	Kaukolämpöverkoston tarkka sijainti.....	20
4	HANKKEEN ETENEMINEN.....	21
4.1	Toimeksianto .....	21
4.2	Resurssien selvitys .....	22
4.3	Aluerajaus ja työn maastotöiden suunnittelu.....	23
4.4	Maastotyöt .....	24
4.5	Paikannusvälineistö .....	24
4.5.1	Mittauskojeet .....	24
4.5.2	Kaapelinhakulaite .....	24
4.6	Kaukolämpöverkoston kartoittaminen .....	26
5	MITTAUSAINEISTON EDITOINTI .....	28
5.1	Editoinnin työmenetelmät.....	28
5.1.1	3D-Win .....	28
5.1.2	AutoCAD 2018 .....	30
5.1.3	MapInfo Professional 16.....	31
5.2	Tilaaajan vaatimukset .....	33
5.3	Haasteita työn suorittamisessa .....	34
6	KYSELY KAUKOLÄMPÖVERKON PAIKKATIEDOSTA.....	35
6.1	Kyselyn lähettäminen.....	35
6.2	Kyselyn tulokset.....	35
7	POHDINTA.....	37

LÄHTEET.....	39
LIITTEET .....	42

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Tervolan teknistä johtajaa Virpi Mäki-Isoa tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta sekä maastotöissä minua avustanutta kiinteistöhoitaja Esko Alaollitervoa.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DN 80+80/280	Putkikoko / Ulkohalkaisija millimetreinä (Mpuk).
DN 2x80/280	Putkikoko / Ulkohalkaisija millimetreinä (2Mpuk).
2Mpuk	Yksijohtoputki. Erilliset meno- ja paluujohdot omissa suojaputkissa.
Mpuk	Kaksijohtoputki. Meno- sekä paluupuolen virtausputket yhteisessä suojaputkessa.
OTF-ratkaisu	On The Fly. RTK-mittauksessa tapahtuva alkutuntemattomien ratkaiseminen lennosta. Alkutuntemattomien ratkaisun jälkeen voidaan käyttää FIX-ratkaisua. (Tötterström 2002.)
FIX-ratkaisu	GPS-vastaanotin on selvittänyt erotushavaintojen avulla tukiaseman ja GPS-vastaanottimen välisen vektorin. Mahdollistaa senttimetriluokan paikannustarkkuuden. (JHS-suositukset 2017.)
VRS	Virtual Reference Station, VRS-RTK-mittauksessa käytettävä virtuaalinen tukiasema. VRS-RTK-menetelmällä voidaan saavuttaa jopa senttimetriluokan paikannustarkkuus. (Tötterström 2002.)
RTK	Real Time Kinematic. Yleinen satelliittimittausmenetelmä, jossa maassa oleva fyysinen tukiasema lähettää korjausdatan maastotallentimen GPS-vastaanottimeen. (Tötterström 2002.)

ETRS-GK24	Tervolan kunnan käyttämä Gauss-Krüger-karttaprojektio ja tasokoordinaatisto. Tasokoordinaatistoa käytetään tarkkuutta vaativissa mittaustöissä. (Kolumbus 2017.)
3D-Win	Maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu kotimainen Windows-ohjelmisto (3D-system Oy 2018a).
Paikkatieto	Sijaintitietoihin, kuten koordinaatteihin, sidottua tietoa kohteen ominaisuuksista. Paikkatietoa säilytetään tietokokonaisuudessa.
Kaukolämpö	Kaukolämpö on kuumaa vettä, joka kiertää suljetussa putkiverkossa kaukolämpökeskukselta asiakkaille. Kaukolämpövesi kiertää kaksiputkisessa (meno-paluujohto) putkiverkossa. (Elenia 2018.)
PDOP	Positional Dilution of Precision. PDOP-arvo koostuu taso- ja korkeustarkkuuden epävarmuudesta. (RSGEOSPATIAL 2018.)



## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää Tervolan kuntakeskustan alueen kaukolämpöverkoston maastosijainti sekä tuottaa paikkatietoaineistoa kaukolämpöinfrastruktuurista Tervolan kunnan paikkatietokokonaisuuteen. Opinnäytetyö tehtiin Tervolan kunnan toimeksiantona syksyn 2017 ja kevään 2018 aikana. Aihe valittiin opinnäytetyöksi, sillä Tervolan kunnalla oli kaukolämpöverkoston sijaintiselvitykselle todellinen tarve. Kaukolämpöverkostosta ei ollut varmaa faktatietoa digitaalisessa muodossa vaan pelkästään vanhoja käsin piirrettyjä sijaintikarttoja verkoston sijainnista sekä muistin varaan perustuneita karttoja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada koottua Tervolan kuntakeskuksen kaukolämpöverkosto paikkatieto digitaaliseen muotoon Tervolan kunnan käyttämään paikkatietokokonaisuuteen. Koska kaikki luotettava digitaalinen tieto puuttui, kuten esimerkiksi kaukolämpöputkistojen sijaintitieto, oli maastotyöskentely tärkeänä osana kaukolämpöverkoston sijainnin määrittämisessä.

Ajantasainen kaukolämpöverkostokartta helpottaa esimerkiksi uudisrakentamista, sillä verkostoa voidaan varmuudella merkata maastoon koordinaattitietojen avulla. Myös kaukolämpöverkkoon kohdistuvat huoltotoimenpiteet helpottuvat, sillä erilaiset kaukolämpöverkoston kuuluvat erilaiset venttiilit on helppo paikantaa tarkan koordinaattitiedon avulla esimerkiksi talvella. Koordinaattitietoon on myös yhdistetty tieto putken rakentamisvuodesta sekä putkikoosta.

Opinnäytetyössä käsitellään kaukolämpöverkoston rakennetta yleisellä tasolla, Tervolan kunnan kaukolämpöverkon historiaa sekä selvitetään kaukolämpöverkoston paikkatietoaineiston keräämisprosessi yksityiskohtaisesti läpi. Opinnäytetyötä varten tehtiin myös kaukolämpöä myyville yrityksille kaukolämpöverkoston paikannustarkkuutta käsittelevä kysely, jonka vastauksia käytettiin antamaan suuntaa kaukolämpöverkoston paikantamistarkkuuteen.

## 2 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Toimeksiantajan esittely

Tervola on noin 3000 asukkaan kunta Lapin maakunnassa (Tilastokeskus 2017). Opinnäytetyön tilaaja toimi Tervolan kunnan tekninen puoli, joka on vastuussa muun muassa kunnan kaavoittamisesta, kiinteistöistä, liikenneväylistä sekä kaukolämmöstä. Tervolan kunnan teknisenä johtajana toimii Virpi Mäki-Iso (Tervola 2018a).

Tervolan kunnan ylläpitämään Tervolan kuntakeskuksen (Kuvio 1) kaukolämpöverkkoon kuuluu noin 6,2 kilometriä kaukolämpöverkostoa ja 59 kaukolämpöliittymää. Tervolan kunnan osuus kaukolämmön kulutuksesta oli vuonna 2017 49 %, Tervolan Vuokratalot Oy:n osuus 16 % ja yksityisten henkilöiden osuus 35 % (Mäki-Iso 2018a).



Kuvio 1. Tervolan kuntakeskuksen kaukolämpöverkon nykytilan aluerajaus (Tervola 2018b)

## 2.2 Tervolan kaukolämpöverkko

Kaukolämpöverkosto on lämmitysjärjestelmä, missä lämpölaitoksessa lämmitetty vesi kierrätetään suljetussa meno- ja paluuputkijärjestelmässä asiakkaille (Kuvio 2). Veden lämpötila menoputkessa on 65 ja 115 °C välillä ja paluuputkessa 40 ja 60 °C välillä (Energia 2018a). Tervolan kunnan alueella kaukolämpövedtä lämmitetään biopolttoainelaitoksessa.



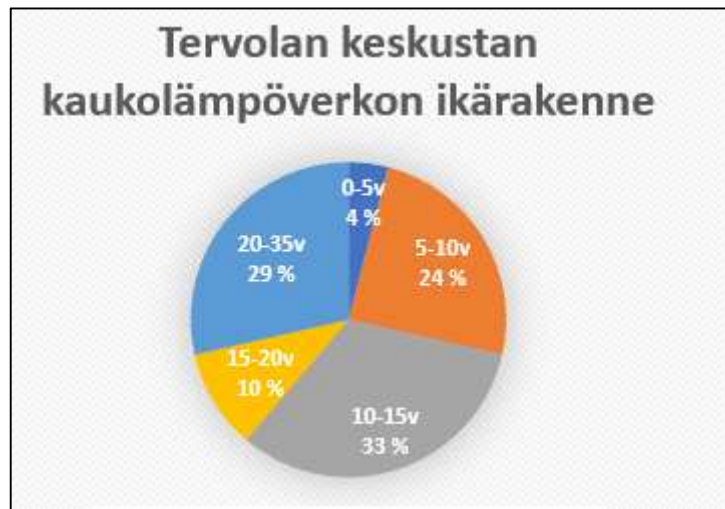
Kuvio 2. Kaukolämmön toimintaperiaate (Elenia 2018)

Vaikka kaukolämpöputket ovat nykyään hyvin lämpöeristettyjä (Energia 2018b), niin Tervolassa kaukolämpöputkien aiheuttama lämpökarkaaminen on aiheuttanut useita vauriota päällysteisiin tieosuuksien alituksissa (Kuvio 3). Osasyitä runsaslukuisiin päällystevaurioihin ovat Tervolan keskustan alueen maaperä sekä matalat tienalitukset. Päällystevauriot toimivat yhtenä sijainnin varmentamiskeinona, kun kaukolämpöverkoston sijaintia lähdettiin selvittämään.



Kuvio 3. Kaukolämpöputken routimisen aiheuttamaa päällystevauriota Keskustien varrella

Tervolan kuntakeskuksen kaukolämpöverkon putkien ikä vaihtelee 0-5 vuodesta aina 35 vuoteen asti (Kuvio 4). Kaukolämpöverkoston iän valvominen on tärkeää, sillä kaukolämmön peruskorjaussuunnitelmissa ikä on yksi peruste korjaustoimenpiteille (Kalliosaari 2016). Kaukolämpöputken asennusvuodesta voidaan saada viitteitä siitä, minkälaisella tekniikalla putki on esimerkiksi hitsattu tai minkälainen putken rakenne on. Tarkat tiedot putken asennustiedoista saadaan kuitenkin rakennuttamissuunnitelmista sekä työmaadokumenteista.



Kuvio 4. Tervolan keskustan kaukolämpöverkon ikärakenne

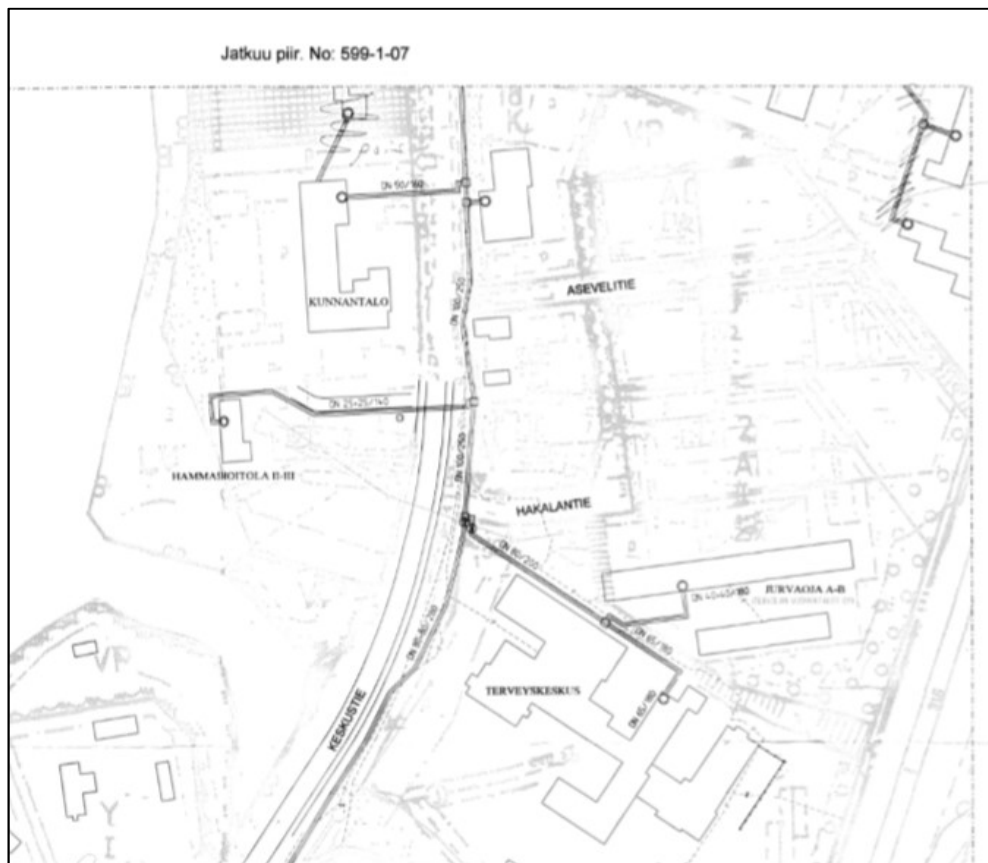
Tervolan kuntakeskustan alueen kaukolämpöputkien osuudet kokonaispituudesta ovat seuraavat: 78,3 % MPUK (Liite 6) sekä 21,7 % 2MPUK (Liite 7) putkityyppiä. Vanhempien, yli 20 vuotta vanhojen, putkien rakenne on ollut tavallisesti MPUK-tyyppistä ja uudempien 2MPUK putkityyppiä (Liite 5). Nykyisin rakennettavien 2MPUK-putkien käyttöikä on parhaimmillaan 100 vuotta (Energia 2018c).

### 2.3 Tervolan kaukolämpöverkoston historia lyhyesti

Ennen 1980-lukua Tervolan alueella oli suppea aluelämpöverkosto, joka ulottui Tervolan kunnantalon kellarista tien toiselle puolelle niin kutsuttuun teletaloon. Ensimmäisen kaukolämpöverkosto-osan suunnittelusta oli vastuussa rovaniemeläinen Insinööritoimisto Olavi Pohjalainen. Ensimmäinen suunnitelma saatiin valmiiksi 1980-luvulla, ja kaukolämpöverkon runkoverkon rakentaminen tapahtui vuosina 1981-83. (Insinööritoimisto Olavi Pohjalainen 1983.) Vuosina 1983-1985 kaukolämpöverkkoa laajennettiin liikekeskukseen sekä länteen Lapinniemen koulukeskusta päin. Kaukolämpöverkkoa laajennettiin Lapinniemen koulukeskuksen kellaritiloissa olevaan lämpökeskukseen vuonna 1998.

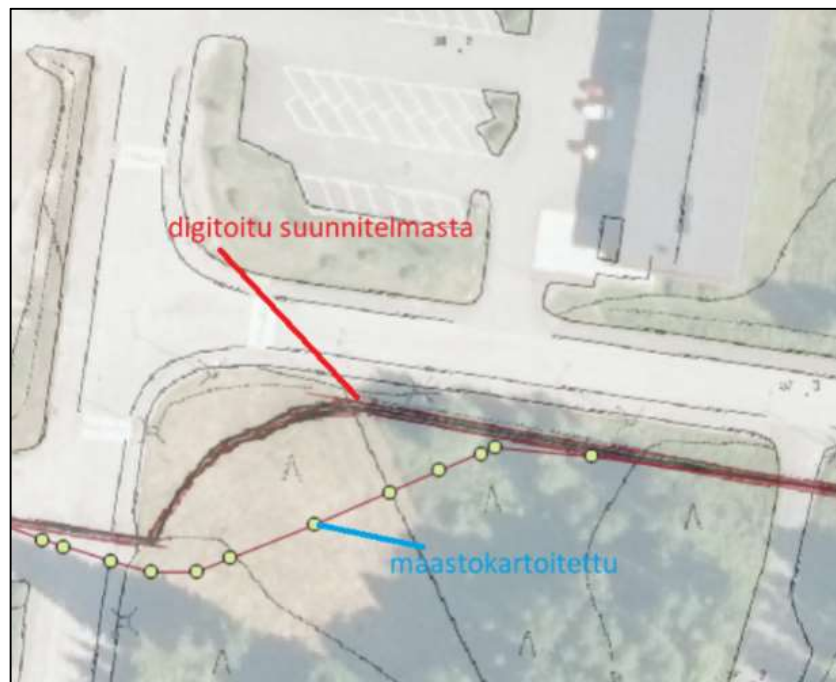
Seuraava rakentamisvaihe toteutettiin vuosina 2002-2004, jolloin kaukolämpöverkkoa jatkettiin keskustien myötäisesti etelään päin. Kaukolämpöverkko vedettiin runkoverkosta myös Tervolan seurakuntakeskuksen kiinteistöön.

Vuonna 2004 oululainen Planora OY laati tiettävästi ensimmäisen kattavan selvityksen Tervolan keskustan kaukolämpöverkon sijainnista (Planora 2006). Selvitys laadittiin neljälle A1-kokoiselle paperille, joita kaikkia ei löydetty arkistoista (Kuvio 5). Tervolan kunnalla ei ole hallussaan digitaalista dataa Planora Oy:n tuottamasta selvityksestä. Selvityksen tarkkuusluokasta tai paikantamismenetelmästä ei löytynyt tietoa.



Kuvio 5. Ote Planora Oy:n kaukolämpöverkoston sijaintiselvityksestä (Kaukolämpöverkkokartta 2004)

Kaukolämpöverkkoon on tehty laajennuksia tasaisella tahdilla vuoden 2004 jälkeen. Vuonna 2005 Meri-Lapin LVI-suunnittelu laati useita suunnitelmia kaukolämpöverkoston laajentamiselle verkoston pohjoispäättyyn (Meri-Lapin LVI-suunnittelu 2005). Useat luonnokset olivat yhtenä syynä sille, että Tervolan kunnan nykyinen kaukolämpöverkkokartta digitoitiin osittain väärin (Kuvio 6).



Kuvio 6. Virhe kaukolämpöverkostokartan digitoinnissa. Maastokartoitettu tieto (pistejana) vastaa putken todellista sijaintia (Kaukolämpöverkoston laajennus 2007-2008)

Vuosina 2006-2007 Tervolan kunta selvitti Pappilanmännistön kiinteistöjen omistajien halukkuutta liittyä kaukolämpöverkkoon. Alueelta liittyi kaukolämpöverkkoon seitsemän omakotitalon omistajaa. Veljekset Vaara Oy ilmaisi myös halukkuutensa rakentaa biopolttoainetta käyttävän lämpölaitoksen (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Tervolan kaukolämpölaitos (Tervola 2018c)

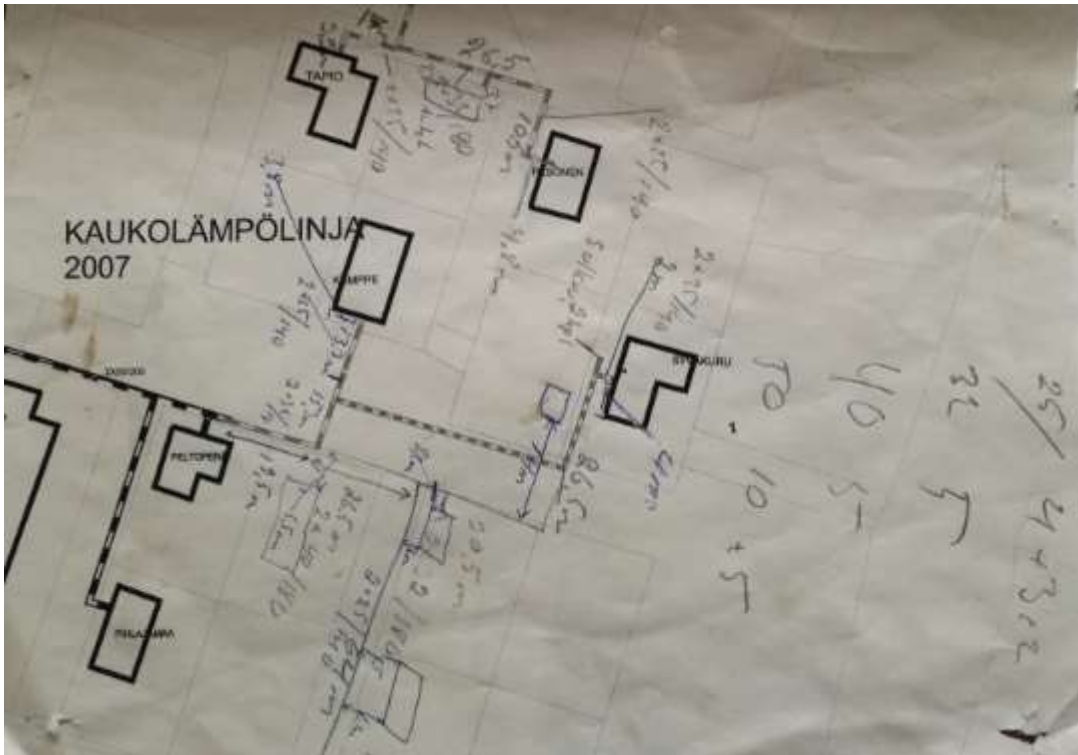
Vuonna 2011 Järvi-Suomen Energiasuunnittelu Oy laati kattavan selvityksen kaukolämpöverkon laajennustarpeesta sekä vaihtoehtoista tuottaa kaukolämpöä verkoston asiakkaille. (Järvi-Suomen Energiasuunnittelu Oy 2011). Vuonna 2014 suoritettiin viimeisin laajennus kaukolämpöverkoston rakentamalla noin 300 metriä pitkä putki Itäpuolentien myötäisesti etelään Tervolan terveyskeskukseen. Putken päähän tehtiin tulppaus, joka mahdollistaa verkoston laajentamisen edelleen (Alaollitervo 2017a).



### 3 SYYT KAUKOLÄMPÖVERKON SIJAINTELIVITYKSELLE

#### 3.1 Paikkatietojärjestelmän ajantasaistaminen

Tärkeimpänä syynä kaukolämpöverkoston sijaintiselvitykselle sekä tarkan paikkatietoaineiston keräämiselle oli se, että aikaisempaa paikkatietoa ei ollut olemassa digitaalisessa muodossa. Ainoat tallessa olevat tiedot kaukolämpöverkoston sijainnista olivat osittain väärin piirrettyssä fyysisessä paperikartassa, hajanaisissa selvityksissä (Kuvio 8) sekä kiinteistöhoitaja Esko Alaollitervon muistissa.



Kuvio 8. Fyysinen kaukolämpölinjakartta vuodelta 2007, johon on päivitetty tietoja lyijykynällä (Kaukolämpöverkostokartta 2007)

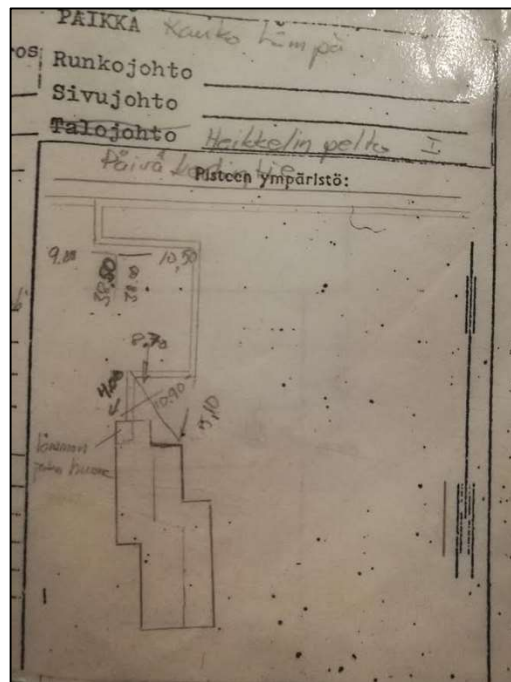
Kaukolämpöverkkoon kohdistuvissa kyselyissä sekä esimerkiksi huoltotoimenpiteiden suunnittelu oli vaikeaa digitaalisen paikkatiedon puuttumisen vuoksi. Kaukolämpöverkon paikkatiedon puuttuminen yhdistettynä informaation puutteeseen oli aiheuttanut Tervolan kunnassa jo aineellisia vahinkoja, kun kaivinkone oli miltei katkaissut kaukolämpöputken valokuidun asennustöiden yhteydessä vuonna 2016 (Alaollitervo 2017b).

Kaukolämpöverkoston sijaintiselvityksellä pyrittiin myös kokoamaan irtonaista tietoa yhteen. Vaikeasti hyödynnettävää tietoa oli etenkin kaukolämpöverkoston rakentamisen alkuvaiheista 1980-1990 luvulla sillä rakentamisessa mukana olleet henkilöt ovat jo poistuneet kunnan palveluksesta. Asiakirjoja on säilynyt vain joitakin kappaleita, joten laajaa kokonaiskuvaa ei saatu muodostettua pelkästään dokumenttien pohjalta (Kuvio 9).

Pääpiirteissään sijaintiselvityksessä on pyritty hyödyntämään Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmän mietintöjä, jossa oli annettu ehdotuksia maanalaisten kaapeliverkostojen paikantamisen, sekä tiedonhallintajärjestelmien vaatimuksista, jotta Tervolan kaukolämpöverkoston rakenne vastaisi mahdollisimman hyvin nykyajan standardeja.

Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä listasi maanalaisten verkostojen tärkeimmiksi tekijöiksi sijaintitietojen luotettavuuden tiedonhallintajärjestelmän kattavuuden, tietojen ajantasaisuuden, tarkat ominaisuustiedot, tiedonhallintajärjestelmän formaatit ja järjestelmän helpon käytettävyyden (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a).

Osittain sijaintiselvityksessä turvaututtiin myös marraskuussa 2017 suoritettun kaukolämpöverkoston paikkatietoa koskevan kyselyn tuloksiin, jotka antoivat osviittaa kaukolämpöverkoston osien paikantamistarkkuudesta.



Kuvio 9. Kaukolämpöputken asentamiseen liittyvä dokumentti sidemittoineen vuodelta 1987 (Tervolan kunta, pisteselityskortti 1987)

### 3.2 Kaukolämpöverkoston tarkka sijainti

Tervolan kaukolämpöverkostosta oli käytettävissä erittäin rajallisesti vain joitakin sidemittatietoja, jotka eivät antaneet verkoston sijainnista kokonaiskuvaa muille kuin niille, jotka ovat olleet mukana verkoston rakentamisessa. Tiedon hyödynnettävyys ei ollut suurta, sillä vain harvoja kopioita kaukolämpöverkoston side- ja tarkemittauksista on säilynyt. Mitat olivat sidottu usein rakennusten nurkkiin.

Koska digitaalista koordinaattitietoa ei ollut, verkoston sijaintitarkkuuden parantaminen tapahtui nykyaikaisilla paikantamisvälineillä. Koordinaattien tarkkuus vastasi useiden eri kaukolämpöalalla toimivien yritysten paikantamisvaatimukset. Esimerkiksi uudelle henkilöstölle venttiilikaivojen paikantaminen voi olla vaikeaa ilman tarkkaa koordinaattitietoa.

Paperikartassa putken merkinnät, venttiilikaivojen sijainnit sekä itse kaukolämpöputken sijainti olivat todellisuudessa ”vain oikealla läänillä”, eli parhaimmillaan 5-15 metrin tarkkuusluokassa (Alaollitervo 2017c).

## 4 HANKKEEN ETENEMINEN

### 4.1 Toimeksianto

Opinnäytetyö sai alkunsa syksyllä 2017, kun Tervolan kunnan tekninen puoli ilmoitti mahdollisesti toimeksiannosta sähköpostitiedustelun jälkeen. Tervolan kunta ei ollut aikaisemmin suunnitellut kaukolämpöverkoston sijaintiselvitystä tarkemmin, mutta tarve sijaintiselvitykselle oli ajankohtainen, sillä kaukolämpölaitoksen kiinteistöhoitaja Esko Alaollitervo oli jäämässä eläkkeelle vuoden 2018 kevään aikana (Mäki-Iso 2018b). Kaukolämpöverkoston toimeksianto aloitettiin lokakuussa 2017 allekirjoittamalla toimeksiantosopimus (Liite 9), jossa määriteltiin toimeksiannon sisältö, sekä osatehtävät. Työn tarkemmat tiedot sekä vaatimukset käytiin läpi suullisesti. Toimeksiantosopimuksen lisäksi laadittiin myös virallinen työsopimus Tervolan kunnalle.

## 4.2 Resurssien selvitys

Toimeksiantoa varten tuli selvittää käytössä olevat resurssit sekä tarvittavat resurssit, jotta työn suunnittelu onnistuisi parhaimmalla mahdollisella tavalla. Resurssit jaettaisiin neljään kohtaan:

- työskentelytilat
- työvoima
- mittaus- sekä paikannusvälineet
- oheisvälineet.

Tervolan kunnalla ei ollut mittaus- tai paikannusvälineistöä, mittaustaitoista henkilökuntaa tai editointiohjelmistoja. Tervolan kunta pystyi tarjoamaan apuhenkilöt kaukolämpöverkoston paikantamista varten sekä työtilat. Tervolan kunta vastasi toimeksiantosopimuksen mukaisesti toimeksiantoon liittyvistä kustannuksista.

Hankittavaksi jäi mittaus- sekä paikannusvälineistö ja editointiohjelmistot. Mittausvälineistö (Trimble R8 VRS-GPS sekä Trimble S6 takymetri) saatiin lainattua Lapin ammattikorkeakoululta maastotöiden ajaksi. Myös editointiohjelmistot (3D-Win ja AutoCAD 2018) saatiin Lapin ammattikorkeakoulun käyttölisenssin kautta. Kaukolämpöputken paikannusvälineistönä käytettiin C.A.T 4 kaapelinhakulaitetta, joka vuokrattiin rovaniemeläiseltä Renta konevuokrausyrityksestä.

### 4.3 Aluerajaus ja työn maastotöiden suunnittelu

Ennen maastotöiden aloittamista selvitettiin kaukolämpöverkoston ulottuvuus maastossa. Tervolan kunnalla oli tiedossa kaukolämpöverkoston tarkka aluerajaus, joten maastotöiden suunnittelu onnistui vaivattomasti. Kaukolämpöverkoston ulottuvuus maastossa oli noin 60-65 hehtaarin kokoinen alue (Kuvio 1).

Kaukolämpöverkoston sijaintiin liittyviä, sekä sen rakennustöihin liittyviä asiakirjoja oli dokumentoitu digitaalisen tiedon puuttumisesta huolimatta paperisena jo 1980-luvun alusta lähtien. Löytyneitä kaukolämpöverkoston sijaintiin liittyviä vanhoja suunnitelmia sekä karttoja tarkasteltiin ennen maastotöiden aloittamista, jotta saataisiin kokonaiskuva työn laajuudesta ja kaukolämpöverkoston summittaisesta sijainnista. Arkistoja tarkasteltiin myös maastotöiden jälkeen kaukolämpöverkoston editointivaiheessa.

#### 4.4 Maastotyöt

Maastotyöt olivat korkeimmalla prioriteetilla kaukolämpöverkoston sijaintiselvityksessä. Maastotöiden ajankohta oli oltava vuoden 2017 aikana ja lumettomana ajankohtana. Maastotyöt sovittiin aloitettavaksi lokakuussa 2017 melko pian toimeksiannon varmistuttua. Maastotöiden aloittamisesta sovittiin yhdessä Virpi Mäki-Ison sekä Esko Alaollitervon kanssa. Mittausvälineistöä käytti toimeksiannon saaja, sillä Tervolan kunnalla ei ollut mittaustaitoista henkilökuntaa.

#### 4.5 Paikannusvälineistö

##### 4.5.1 Mittauskojeet

Mittauskojeina käytettiin Lapin ammattikorkeakoulun laitteistoja. Työssä käytettiin Trimblen R8 VRS GPS-vastaanotinta sekä Trimblen S6 robottitakymetria. Kartoitus suoritettiin pääsääntöisesti VRS GPS-laitteella, mutta GPS-signaalin kannalta haastavissa paikoissa turvauduttiin takymetriin.

##### 4.5.2 Kaapelinhakulaite

Kaukolämpöverkon paikantamiseen maastossa käytettiin Radiodetection Ltd yrityksen kehittämää C.A.T 4 (Cable Avoidance Tool) kaapelinhakulaitetta (Kuvio 10). Laitetta käytettiin niin kutsutussa radiomoodissa, jonka paikantaminen perustuu VLF-aaltoihin (Very Low Frequency), joka havaitsee esimerkiksi metalliputkien heijastamia matalan taajuuden radioaaltoja (3btraining 2018.) Laite ilmaisee havaitsemansa putken sijainnista korkealla äänimerkillä metallinpaljastimen tapaan.

Laitetta pystyi käyttämään erillisen signaalivahvistimen kanssa, joka kytkettiin paikannettavaan kohteeseen. Kaukolämpöputken paikannuksessa signaalinvahvistinta jouduttiin käyttämään paikoissa, joissa kulki useita erilaisia kaapeleita tai putkia.



Kytkemällä signaalinvahvistin suoraan kaukolämpöputkeen esimerkiksi lämmönjakohuoneessa, onnistui kaukolämpöputken signaalin havaitseminen helpommin, sillä laite havaitsi pelkästään kaukolämpöputkesta vahvistuneen signaalin.

Kaapelinhakulaitetta käytettiin seuraavalla tavalla: laitteen käyttäjä liikuttaa kaapelinhakulaitetta horisontaalisesti oletetun putken sijaintia kohden. Laite ilmoittaa putken havaitsemisesta korkealla äänimerkillä. Operaattori merkkasi putken sijaintia merkintämaalilla.



Kuvio 10. C.A.T 4 kaapelinhakulaite (Radiodetection 2018)

#### 4.6 Kaukolämpöverkoston kartoittaminen

Kaapelitutkan käyttäjä merkkasi kaukolämpöputken sijaintia merkkusmaalilla osoitettuaan sen paikan kaapelinhakulaitteella, jonka jälkeen merkattu piste kartoitettiin Trimblen R8 VRS GPS-laitteella ETRS-GK24-koordinaatistossa N2000-korkeusjärjelmään. GPS-vastaanottimen tallentamalla korkeudella ei ollut tarkoitusta, sillä putkilinja mitattiin vain XY-ulottuvuudessa. Kaukolämpöputki on asennettu samaan tiettyyn syvyyteen, yleensä 0,5–1,0 metrin syvyyteen (Rakentaja 2007). Asentamissyvyys määräytyy tapauskohtaisesti.

GPS-vastaanottimen havainnot asetettiin tallentumaan vain FIX-menetelmällä. FIX-menetelmä tarkoittaa, että GPS-tallennin tallentaa pelkästään korjatut tarkkuudeltaan senttimetriluokan mittaustulokset OTF-ratkaisun jälkeen.

Kartoituksessa käytettiin pääsääntöisesti viiden sekunnin mittausepookkia, joka koettiin riittäväksi putkilinjan kartoitustarkkuudeksi. Tarkkuustoleranssit asetettiin GPS-paikannukseen X- ja Y suunnassa 20 millimetriä ja korkeuteen 25 millimetriä. GPS-paikannukseen soveltumattomat kohteet, kuten katoksien alla tai korkeiden talojen välittämässä läheisyydessä olevat kohteet kartoitettiin tarpeen vaatiessa takymetrin avulla. Takymetri asemoitiin vapaan asemapisteen menetelmällä ottamalla kaksi liitoshavaintoa GPS:lla mitattuihin apupisteisiin. Sää oli GPS-mittaukselle otollinen, täysin pilvetön taivas.

Kaukolämpöputki kartoitettiin koodilla 449, joka on 3D-Win editointiohjelmiston koodi kaukolämpöputkelle. Oikeiden koodien käyttäminen nopeutti editointivaihetta. Putkilinjaa kartoitettiin suorilla noin 25 - 35 metrin välein, ja kaarteissa noin viiden metrin välein. Pisteitä kartoitettiin tarpeen mukaan myös tiheämmin, sillä turhat pisteet karsittiin pois editointivaiheessa. Pääasiallisesti turhan pitkiä välimatkoja putkilinjan merkkauksessa pyrittiin välttämään.

Kaukolämpöverkkoon kuuluvien erilaisten kaivojen kartoittaminen suoritettiin pelkästään GPS-vastaanottimella, sillä kaivojen sijainnit olivat avoimilla paikoilla, joissa PDOP-luku pysyi matalana.

Kaivojen sijainnit olivat tilaajalle tärkeitä, sillä kaivot sisältävät erilaisia venttiilejä. Mittaus tapahtui kaivon kannen silmämääräisestä keskikohdasta. Mittaus suoritettiin 10 sekunnin epookeilla kolme kertaa. Jokaisen mittauskerran jälkeen laite alustettiin asettamalla satelliittien katkaisukulma 80 asteeseen, jolloin GPS-vastaanotin menetti alustuksen. Kun katkaisukulma asetettiin takaisin 15 asteeseen, GPS-vastaanotin sai alustuksen uudelleen. Kolmen mittauskerran jälkeen havainnoista laskettiin keskiarvo. Kaivot kartoitettiin 3D-Win-ohjelman tunnistamalla koodilla 440.

Jokainen kaivo sisälsi yhtä tai useampaa kolmesta venttiilityypistä: sulkuventtiilin (SV), ilmausventtiilin (IV) tai tyhjennysventtiilin (TV). Sulku- sekä ilmausventtiilit sijaitsivat suoraan kaukolämpöputken linjalla, tarkoittaen että putket yhdistyvät edeltä mainittuihin kaivotyyppeihin. Tyhjennysventtiilit eivät olleet suoraan kaukolämpöputkilinjalla. Kaukolämpökaivojen kannen halkaisija on 60 senttimetriä. Kaivojen kannet käytettiin auki, ja venttiilien lukumäärä tarkastettiin ennen kaivon sijainnin mittausta.

## 5 MITTAUSAINIESTON EDITOINTI

### 5.1 Editoinnin työmenetelmät

Tervolan kunnalla ei ollut tarjota pistemuodossa olevan mittausaineiston editoimiseen tarkoitettuja ohjelmistoja, joten editointityöskentely suoritettiin Lapin ammattikorkeakoulun 3D-Win sekä AutoCAD 2018-ohjelmistoilla. Tervolan kunnalla on käytössään paikkatieto-ohjelmisto MapInfo Professional 16, joka sisältää myös Tervolan kunnan paikkatietojärjestelmän. MapInfo Professional ei yksistään soveltunut toimeksiannon kaltaisen mittausaineiston editoimiseen.

Tervolan kunnalla ei ollut käytössään yksistään johtotietojen säilyttämiseen tarkoitettua paikkatietokokonaisuutta (esim. Xcity), sillä ohjelmiston hankkiminen tulisi liian kalliiksi suhteutettuna ohjelmiston käyttötarpeeseen Tervolan kunnassa (Mäki-Iso 2018c).

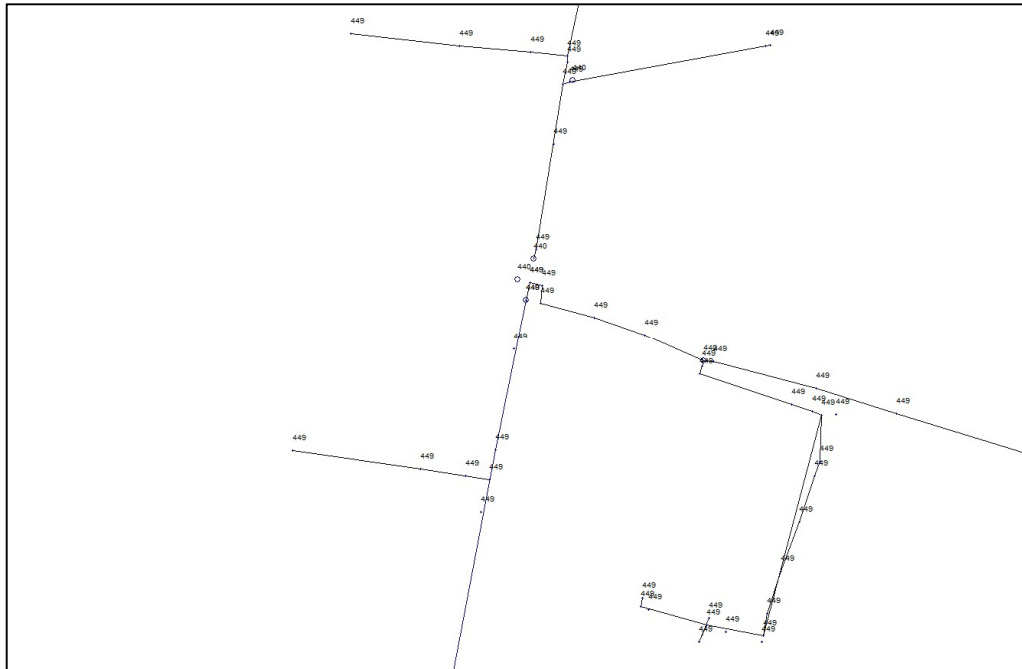
#### 5.1.1 3D-Win

3D-Win on 3D-Systems Oy:n kehittämä tietokoneohjelmisto, joka on tarkoitettu erityisesti maastomittausdatan monipuoliseen editoimiseen (3D-system 2018c). 3D-Win ohjelmistoa käytettiin Lapin ammattikorkeakoulun paikallisilla tietokoneilla sekä etänä Citrix-etäkäyttöohjelman kautta.

Maastomitattu aineisto kirjoitettiin Trimblen maastotallentimesta .GT formaatissa, jotta se voitaisiin avata 3D-Win ohjelmassa. Aineistossa erikokoiset putket, sulkuventtiilit (SV), ilmausventtiilit (IV) sekä tyhjennysventtiilit (TV) eroteltiin. Aineistosta korjattiin virheelliset viivat, pisteet sekä poistettiin ylimääräisiä pisteitä (Kuvio 11).

Ainestoa editoidessa tuli olla huolellinen, jotta jokaisen putken ominaisuudet tulisivat oikein (Kuvio 9). Putken tietoihin merkattiin putken koon tiedot DN 80+80/280 (2MPUK) tai DN 2x80/280 (MPUK) muodossa. Kaukolämpökaivojen tietoihin asetettiin tieto kaivon sisältämän venttiilin tyypistä.

Editoinnissa oli myös huomioitava, että kaukolämpöputki ei tee pienisäteisiä kaaria, vaan pelkästään 90 asteen käännöksiä tai erittäin loivia kaarteita. Kaukolämpöputki kuitenkin pystyi ”mutkittelemaan” pitkällä suorallakin. Putken pieni mutkittelevuus pystyttiin selittämään valitulla työtavalla asentamisvaiheessa. Jos putki hitsattiin maan päällä ja sen jälkeen kammettiin kaivantoon, putkesta tuli hieman mutkitteleva. Jos putki taas hitsattiin kaivannossa, putkesta tuli suora (Alaollitervo 2017d).



Kuvio 11. Kaukolämpöverkoston osa ennen editointia 3D-Win-ohjelmassa

### 5.1.2 AutoCAD 2018

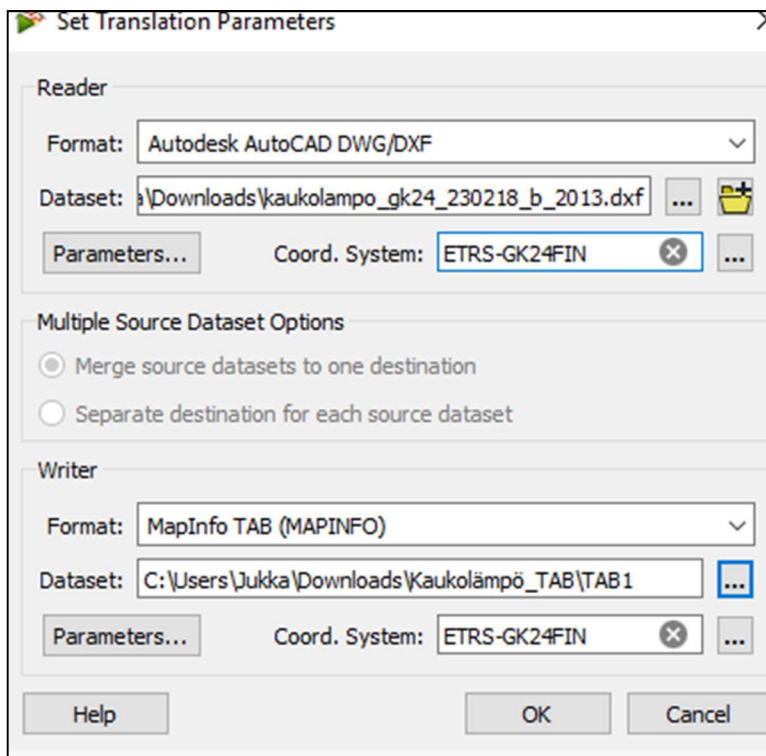
AutoCAD on suljetun lähdekoodin tietokoneavusteinen piirtämisohjelma (Computer Aided Design), jonka on kehittänyt Autodesk Inc. (Technopedia 2018). Kaukolämpöverkostopiirroksen viimeistelyssä käytettiin AutoCAD 2018 ohjelmistoa. Piirrokseen lisättiin putkien- sekä venttiilikaivojen tyypit, värit sekä nimiö. Tiedosto kirjoitettiin .DXF formaatissa, jotta siitä pystyttäisiin luomaan MapInfo 2016-ohjelmaan sopiva tiedosto (Kuvio 12).



Kuvio 12. Kaukolämpöverkon editoimista AutoCAD 2018 -ohjelmistolla

### 5.1.3 MapInfo Professional 16

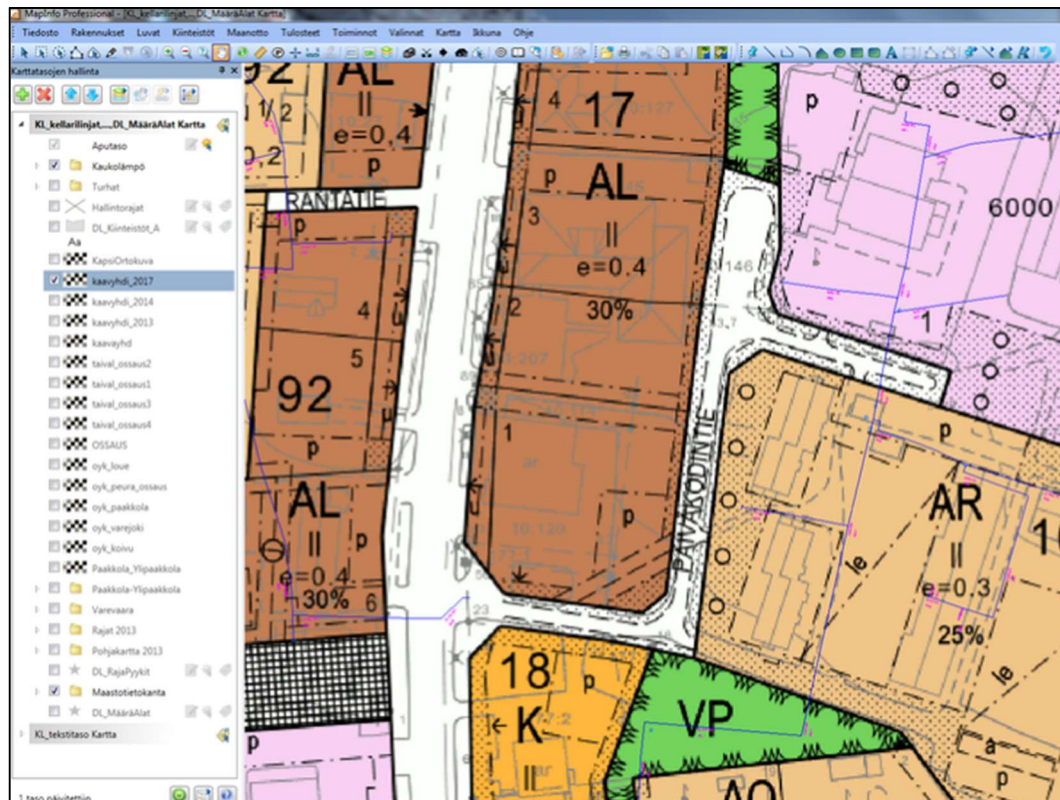
MapInfo Professional Pitney Bowes Software -yrityksen kehittämä paikkatieto-ohjelmisto (Pitney bowes 2018). Tervolan kunnan paikkatietojärjestelmä toimii MapInfo 16-ohjelmistossa, johon AutoCAD 2018-ohjelmistolla luotu .DXF formaatissa ollut kaukolämpöverkostopiirros piti muuntaa. Muuntamiseen käytettiin MapInfo:ssa sisäänrakennettua Universal Translator-formaatinkäännössovellusta (Kuvio 13).



Kuvio 13. Universal Translator -käyttöikkuna

Ikkunaan määritellään käännettävän sekä käännetyn tiedoston parametrit: formaatti, koordinaattijärjestelmät sekä mahdolliset lisäparametrit liittyen esimerkiksi tekstien sijoitteluun. Formaattinkääntäjä loi .DXF tiedoston jokaisesta tasosta oman .TAB tiedoston. Tiedostoja tuli käännöksen jälkeen neljä: KL\_linja (kaukolämpöputki), KL\_kaivot (venttiilikaivot), KL\_teksti (tekstitaso) sekä KL\_kaivotyypit (venttiilikaivojen tyypit).

Tiedostoille luotiin oma Kaukolämpö-niminen taso Tervolan kunnan paikkatietopalvelimelle. Kansion luomisen jälkeen luotiin uusi taso MapInfoon, johon linkitettiin Kaukolämpö-kansion tiedostot (Kuvio 14).



Kuvio 14. Kuvakaappaus Tervolan kunnan MapInfo Professional 16-ohjelmasta. Sininen viiva kuvastaa kaukolämpöverkon sijaintia. Taustakarttana Tervolan kaavakartta



## 5.2 Tilaajan vaatimukset

Tilaajana toimineen Tervolan kunnan teknisen johtajan vaatimuksena oli saada senkaltainen lopputuote, joka olisi käyttövalmis Tervolan kunnan paikkatietokokonaisuudessa, ja ettei aineiston käyttöönotto vaatisi tilaajalta lisätoimenpiteitä. Lopputuotteen sisältövaatimukset käytiin läpi tarkemmin suullisesti, joten tästä syystä lopputuotteen tarkempia vaatimuksia ei ole kirjattu toimeksiantosopimukseen. Tilaajan vaatimuksia lopputuotteen sisällön suhteen olivat seuraavat:

- Kaukolämpöverkon- ja kaivojen sijainti kartoitetaan kokonaisuudessaan toimeksiantosopimuksen aluerajauksen sisältä.
- Kaukolämpöputken sijainti kartoitetaan riittävällä tarkkuudella ilman korkeustietoa (XY  $\pm 0.50$  m).
- Venttiilikaivot kartoitetaan korkeustiedon kanssa (XY  $\pm 0.20$  m, Z:  $\pm 0.25$  m).
- Kartoitus tapahtuu ETRS-GK24 koordinaattijärjestelmään ja N2000 korkeusjärjestelmään.
- Lopputuotteessa oltava kaukolämpöputken rakennusvuosi, tyyppi (2MPUK / MPUK), ja venttiilikaivojen tyyppi (SV, IV, TV).
- Lopputuotteen formaatti .DXF ja .TAB.
- Alkuperäinen mittausdata säilytetään.

Toteutunut kaukolämpölinjan kartoitustarkkuus oli noin 0,10-0,20 m, mutta yhdistettynä kaapelinhakulaitteen paikannus- sekä merkkaukstarkeyteen päästiin todellisuudessa noin 0,20-0,40 m tarkkuuteen. Venttiilikaivojen todellinen kartoitustarkkuus oli XY: 0,15 m ja Z: 0,15 m.

### 5.3 Haasteita työn suorittamisessa

Haasteita työn suorittamisessa oli useita: mittausaineiston käsittely, putkitietoaineiston kerääminen, paikkatieto-ohjelman formaatti sekä lähtötietoaineiston puuttuminen digitaalisessa muodossa. Haasteina mittausdatan editoinnissa olivat runsas mittausaineiston määrä, sillä mittausaineiston editointi tehtiin ilman ulkopuolista apua. Pisteitä mittaustiedostoissa oli noin 1400 kappaletta, ja aineisto koostui viivamuotoisesta sekä pistemuotoisesta aineistosta. Vaikeuksia editoinnissa loivat myös epävarmuus putken rakennusvuodesta sekä putken tyypistä. Useiden eri henkilöiden konsultoinnin jälkeen lopputuotteeseen saatiin riittävän tarkka tieto putken rakentamisvuodesta ja tyypistä.

Mittausaineisto tarkastettiin useaan otteeseen Tervolan kaukolämpölaitoksen kiinteistöhoitaja Esko Alaollitervon kanssa sekä Tervolan kunnan teknisen johtajan Virpi Mäki-Ison kanssa. Laatua tarkkailtiin koko editointiprosessin ajan pitämällä yhteyttä sähköpostin sekä puhelimen välityksellä. Mitattua aineistoa vertailtiin löytyneisiin vanhoihin karttoihin, joista saaduilla sidemitoilla saatiin varmuus todellisesta sijainnista.

## 6 KYSELY KAUKOLÄMPÖVERKON PAIKKATIEDOSTA

### 6.1 Kyselyn lähettäminen

Syyskuussa 2017 suoritettiin kaukolämpöverkon paikantamiseen liittyvä kysely (Liite 1), joka lähetettiin 24 satunnaisesti valikoidulle suomessa kaukolämpöä myyville yritykselle (Liite 2). Kysely sisälsi viisi kaukolämpöverkon paikantamiseen liittyvää kysymystä. Vastauksia kyselyyn saatuun 19 kappaletta. Kyselyyn lähetettiin URL-linkki Kyselynetti.fi sivustolle sähköpostin välityksellä. Kyselyyn oli vastausaikaa kaksi kuukautta, jonka jälkeen kyselyn tulokset ladattiin .png-muotoisina kuvina (Liite 4.) Kyselyyn vastaaminen tapahtui anonyymisti, joten minkään yrityksen vastauksia ei voida yksilöidä.

Kyselyn vastauksia voitiin pitää luotettavina kolmesta syystä:

1. kysely oli suljettu vain URL-linkin saaneille.
2. kysely lähetettiin kaukolämpöä myyville yrityksille.
3. kyselyyn tuli odotettu määrä vastauksia.

### 6.2 Kyselyn tulokset

Kyselyn tarkoituksena oli saada tarkempaa tietoa siitä, että kuinka suuri paikannustarkkuus on tarkoituksenmukainen kaukolämpöverkoston eri osille.

Kyselyn perusteella (n=19) kaukolämpöverkon sekä siihen liittyvien osien ihanteellinen paikantamistarkkuus oli 10–25 senttimetriä (27,8%). Yli 100 senttimetrin paikannustarkkuutta ei koettu riittävän tarkaksi. GPS-laitteistolla mitattua koordinaattitietoa kaukolämpöputken rakennusvaiheessa pidettiin luotettavimpana paikantamismetodina (89%). Kaapelinhakulaitetta pidettiin toiseksi luotettavimpana paikantamismetodina (11%). Kaksi vastaajaa ilmoitti, että heidän edustamansa yrityksensä kaukolämpöverkko ei ole kartoitettu digitaaliseen tietojärjestelmään. Kaukolämpöverkon digitaalisen aineiston puuttuminen oli aiheuttanut suoria ongelmia sen paikannuksessa: kaukolämpöverkko oli sijainnut jossakin muualla, missä sen olisi pitänyt.

Johtopäätöksenä kyselyn tuloksista voidaan todeta, että kaukolämpöverkon kartoittaminen olisi suotavaa jo sen rakennusvaiheessa. Tarkka kartoittaminen ennaltaehkäisee paikantamiseen liittyviä ongelmia, sekä nopeuttaa esimerkiksi muita rakennustöitä, sillä kaukolämpöputken merkitseminen tarkalla koordinaattitiedolla on vaivattomampaa, kuin etsiminen kaapelinhakututkalla, tai muistin varaan perustuvalla hakemisella. Nykyaikaisilla GPS-mittauslaitteistoilla 5-15 senttimetrin paikantamistarkkuuteen pääseminen ei tuota vaikeuksia edes vaikeissakaan olosuhteissa.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada kattavasti paikkatietoa toimeksiantajan rajaamasta alueesta sekä saada tämä data toimeksiantajan käyttämään paikkatietokokonaisuuteen. Opinnäytetyö saavutti tavoitteensa erinomaisesti aikataulun puitteissa, huolimatta opinnäytetyön aikana esiintyvistä haasteista.

Suurimpia haasteita opinnäytetyön olivat lähes kaiken lähtöaineiston puuttuminen digitaalisessa muodossa, vanhojen rakentamisasiakirjojen huono saatavuus, joka osaltaan aiheutti epävarmuuden joidenkin kaukolämpöverkoston osien putkiko'issa. Ongelma ratkaistiin konsultoimalla useita henkilöitä, joiden tiedettiin olleen mukana kaukolämpöverkoston rakentamisessa. Myös aikataulu aiheutti joiltain osin haasteita, sillä hanketta suunniteltiin ripeällä tahdilla, koska sijaintiselvitys tuli saada valmiiksi loppuvuoden 2017 aikana. Myös johtotietoihin erikoistuneen paikkatietojärjestelmäohjelmiston, kuten Trimble Xcityn, puuttuminen aiheutti osaltaan ongelmia formaattien tulkinnessa. Myöhemmin saadun tiedon mukaan tämänkaltaisen ohjelmien hankintaa oli pohdittu, mutta ohjelmistojen hankintaan ei oltu päädytty niiden kalliiden käyttökustannusten vuoksi.

Kaukolämpöverkoston paikantamistarkkuutta koskeva kysely yhdessä Liikenne- ja viestintäministeriön (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010b) kanssa antoivat kuvan siitä, minkälainen nykyaikainen maanalaisia johtoja koskeva paikkatietotuote on. Opinnäytetyön lopputuote vastaa hyvin työryhmän mietintöjä siitä, minkälaista laadukas maan alainen kaapelitieto on. Tärkeimpinä seikkoina voidaan pitää kaapelitietojen luotettavuutta, digitaalista muotoa, oikeaa koordinaatistoa, helppoutta sekä yksinkertaisuutta.

Opinnäytetyön suorittamisen jälkeen voidaan todeta, että tämän tapauksen kaltaiset johto- tai putkirakentamisen mittaukset sekä muut tarkat rakentamiseen liittyvät dokumentoinnit suositellaan tehtäväksi jo rakentamisen aikana sekä säilytettävän sähköiseen tietokantaan tai muuhun tarkoituksenmukaiseen tietokokonaisuuteen nykyajan standardeja mukaillen.

Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää muun muassa neuvoa antavaksi työohjeksi, mikäli opinnäytetyön kaltainen tilanne uusiutuu. Opinnäytetyö ei kuitenkaan sovellu yleiseksi työohjeksi, sillä sijaintiselvitys oli poikkeustapaus. Lopputuotteen hyödyntämismahdollisuudet ovat erinomaiset, sillä lopputuote on kokonaisuudessaan käytettävissä Tervolan teknisen puolen paikkatietokokonaisuudessa.

## LÄHTEET

3btraining 2018. CAT & Genny – What are they used for? Viitattu 20.4.2018 <https://www.3btraining.com/utilities/cat-genny/>.

3D-system Oy 2018a. 3D-Win. Viitattu 16.4.2018 <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>.

–2018b. 3D-Win. Viitattu 20.4.2018 <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>.

–2018c. 3D-Win. Viitattu 19.4.2018 <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>.

Alaollitervo, E. 2017a. Tervolan kunta. Kiinteistönhoitajan haastattelu 19.10.2017.

–2017b. Tervolan kunta. Kiinteistönhoitajan haastattelu 21.10.2017.

–2017c. Tervolan kunta. Kiinteistönhoitajan haastattelu 22.10.2017.

–2017d. Tervolan kunta. Kiinteistönhoitajan haastattelu 23.10.2017.

Elenia 2018. Tietoa kaukolämmöstä: Miten kaukolämpö toimii? Viitattu 16.4.2018 [http://www.elenia.fi/lampo\\_ ja\\_ kaasu/tietoa\\_ kaukolammosta/toiminta](http://www.elenia.fi/lampo_ ja_ kaasu/tietoa_ kaukolammosta/toiminta).

Energia 2018a. Kaukolämpöverkkoja lähes 15 000 km. Viitattu 27.3.2018 [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot).

–2018b. Kaukolämpöverkkoja lähes 15 000 km. Viitattu 1.4.2018 [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot).

–2018c. Kaukolämpöverkkoja lähes 15 000 km. Viitattu 1.4.2018 [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot).

JHS-suositukset 2017. JHS 184: Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä. Viitattu 20.4.2018 <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS184/JHS184.html>.

JHS-suositukset 2015. Viitattu 20.4.2018 JHS 197: EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmät, niihin liittyvät muunnokset ja karttalehtijako. [http://www.jhs-suositukset.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=17467970-d396-49e4-b303-c8771f2e4b06&groupId=14](http://www.jhs-suositukset.fi/c/document_library/get_file?uuid=17467970-d396-49e4-b303-c8771f2e4b06&groupId=14).

Kalliosaari, K. 2016. Lämpöputkien ikä on selvä riski – kymmeniä vuotoja vuodessa. Viitattu 27.3.2018. <https://www.aamulehti.fi/kotimaa/lampoputkien-ika-on-selva-riski-kymmenia-vuotoja-vuodessa-23331519/>

Kaukolämpöjohto: 2MPUK 2010. Tyypipiirustus: Energiateollisuus ry. Viitattu 16.4.2018 <https://goo.gl/LBRSwc>.

Kaukolämpöjohto: MPUK 2010. Tyypipiirustus: Energiateollisuus ry. Viitattu 16.4.2018 <https://goo.gl/2LgSrW>.

Kaukolämpöjohtojen rakennustöistä 1983. Työselitys. Rovaniemi: Insinööritoimisto Olavi Pohjalainen.

Kaukolämpöverkko 2004. Reittikartta. Oulu: Planora Oy.

Kaukolämpöverkostokartta 2005. Reittikartta. Tervolan kunta: Tervolan tekninen puoli.

Kaukolämpöverkoston laajennus 2007-2008. Selvitys. Tervola: Tervolan kunta.

Kolumbus 2017. EUREF-FIN, ETRS89-realisaatio Suomessa, 2003/2005. Viitattu 20.4.2018 <http://www.kolumbus.fi/eino.uikkanen/geodocs/kkjgps.htm>.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a. Työryhmän mietintö: Kaapelitietojen hallinnan kehittäminen. Viitattu 20.4.2018 <https://goo.gl/hRgrUh>.

–2010b. Työryhmän mietintö: Kaapelitietojen hallinnan kehittäminen. Viitattu 30.4.2018 <https://goo.gl/hRgrUh>.

Mäki-Iso, V 2018a Kysely Tervolan kaukolämpöverkon avainluvuihin. Viitattu 27.3.2018 Sähköposti [jukka.isometsa@edu.lapinamk.fi](mailto:jukka.isometsa@edu.lapinamk.fi).

–2018b. Tervolan kunta. Tervolan kunnan teknisen johtajan haastattelu 13.4.2018.

–2018c. Tervolan kunta. Tervolan kunnan teknisen johtajan haastattelu 13.4.2018.

Pitney Bowes 2018. Geographic information systems: MapInfo pro. Viitattu 20.4.2018 <https://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html>.

Radiodetection 2018. CAT and Genny: Cable Avoidance Tools. Viitattu 20.4.2018 <https://www.radiodetection.com/en/products/cable-avoidance/cat4-and-genny4-range>.

Rakentaja 2007. Kaukolämmön tuotto. Viitattu 20.4.2018 [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/2141/kaukolammon\\_tuotanto.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/2141/kaukolammon_tuotanto.htm).

RSGEOSPATIAL 2018. What is PDOP? And Why Its Obsolete. Viitattu 20.4.2018 <http://www.resourcesupplyllc.com/what-is-pdop-and-why-its-obsolete/>.

Techopedia 2018. AutoCAD: What does AutoCAD mean? Viitattu 14.5.2018 <https://www.techopedia.com/definition/6080/autocad>.

Tervola 2018a. Teknisen osaston tehtävät. Viitattu 27.3.2018 <http://tervola.fi/asuminen-ja-rakentaminen/tekniset-palvelut>.

–2018b. Asuminen ja rakentaminen: Kaukolämpö. Viitattu 27.3.2018 <http://tervola.fi/asuminen-ja-rakentaminen/asuminen/kaukolampo>.



–2018c. Asuminen ja rakentaminen: Kaukolämpö. Viitattu 20.4.2018  
<http://tervola.fi/asuminen-ja-rakentaminen/asuminen/kaukolampo>.

Tervolan aluelämpöverkon laajennus 2011. Raportti. Ylämylly: Järvi-Suomen Energiasuunnittelu Oy.

Tervolan kuntakeskuksen kaukolämpöyömaan dokumentointi 1987. Pisteselityskortti. Tervolan kunta: Tervolan tekninen puoli.

Tilastokeskus 2017. Ennakkoväkiluku alueittain 2018. Viitattu 27.3.2018  
[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_vrm\\_\\_vamu/statfin\\_vamuu\\_pxt\\_001.px/?rxid=6c2b3d86-5c9d-4be3-8fc3-6008576380c4](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vamu/statfin_vamuu_pxt_001.px/?rxid=6c2b3d86-5c9d-4be3-8fc3-6008576380c4).

Tötterström, S. 2000. Maankäyttö. GPS RTK-Network ja virtuaalitukiasema (VRS). Viitattu 6.11.2017  
[http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk500/mk500\\_387\\_totterstrom.pdf](http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk500/mk500_387_totterstrom.pdf).

Verkostorakentaminen 2005. Suunnitelma. Kemi: Meri-Lapin LVI-suunnittelu.

## LIITTEET

- Liite 1. Kyselyn kysymykset
- Liite 2. Kyselyn vastaanottajalista
- Liite 3. Kyselyn saateteksti
- Liite 4. Kyselyn tulokset
- Liite 5. Kaukolämpöverkon ikärakenteen data
- Liite 6. Kaukolämpöjohto: MPUK tyyppiirroskuva
- Liite 7. Kaukolämpöjohto: 2MPUK tyyppiirroskuva
- Liite 8. Kaukolämpöverkosto kartoitettuna
- Liite 9. Toimeksiantosopimus

1. Onko yrityksenne käyttämä kaukolämpöverkko maastokartoitettu digitaaliseen tietojärjestelmään? \*
2. Onko kaukolämpöverkon digitaalisen sijaintitiedon puuttuminen aiheuttanut ongelmia esimerkiksi asiakkaiden kyselyissä, uudisrakentamisessa tai muissa kaukolämpöverkon sijaintiin liittyvissä tiedusteluissa? \*
3. Millaisia ongelmia kaukolämpöverkon digitaalisen sijaintitiedon puuttuminen on aiheuttanut? \*
4. Aseta kaukolämpöputken paikantamiseen liittyvät tavat luotettavuusjärjestykseen \*

  - a. Gps-laitteistolla kartoitettu koordinaattitieto putken asennusvaiheessa
  - b. Urakoitsijan käsin piirtämä kartta putken sijainnista
  - c. Kaapelinhakulaitteen näyttö
  - d. Laitosmiehen ulkomuisti

5. Millaisen sijaintitarkkuuden koet tarpeelliseksi kaukolämpöverkon (putken, sulkuventtiilien, yms) paikantamisessa maastossa? \*

NEVE (Napapiirin energia)  
Oulun energia  
Turun energia  
Helsingin kaukolämpö  
Itä-Savon Lähienergia Oy  
Outokummun energia  
Tornion energia  
Vaasan sähkö  
Lappeenrannan energia  
Ylitornion kaukolämpö  
Sodankylän kaukolämpö  
Ranuan lämpö Oy

Loimaan kaukolämpö  
Salon kaukolämpö  
Kuhmo kaukolämpö  
Kajaani (Loiste)  
Joutsan lämpö oy  
Kalajoki lämpö oy  
Herrfors  
Seinäjoen energia Oy  
Someron lämpö oy  
Korpelan voima  
Savon voima

Hei!

Teen maanmittaustekniikan opinnäytetyötä, jonka osana on kaukolämpöverkon paikantaminen sekä kartoittaminen digitaaliseen muotoon. Olisiko Teillä hetki aikaa vastata muutamaan lyhyeen kysymykseen liittyen kaukolämpöverkon sijaintitietoihin? Kysely on lähetetty satunnaisesti valikoidulle kaukolämpöä myyville yrityksille.

Vastausaikaa on marraskuuhun asti.

Kysely avautuu klikkaamalla linkistä ([www.kyselynetti.fi](http://www.kyselynetti.fi))  
<https://www.kyselynetti.com/s/96dc502>

Kiitos vastauksista!

Jukka Isometsä

Lapin ammattikorkeakoulu

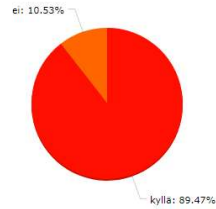
## 1. Onko yrityksenne käyttämä kaukolämpöverkko maastokartoitettu digitaaliseen tietojärjestelmään? \*

Osallistujamäärä: 19

17 (89.5%): kyllä

2 (10.5%): ei

- (0.0%): en tiedä



## 2. Onko kaukolämpöverkon digitaalisen sijaintitiedon puuttuminen aiheuttanut ongelmia esimerkiksi asiakkaiden kyselyissä, uudisrakentamisessa tai muissa kaukolämpöverkon sijaintiin liittyvissä tiedusteluissa? \*

Osallistujamäärä: 2

1 (50.0%): kyllä

1 (50.0%): ei



## 3. Millaisia ongelmia kaukolämpöverkon digitaalisen sijaintitiedon puuttuminen on aiheuttanut? \*

Osallistujamäärä: 1

- Kaukolämpöjohto on ollut eri paikassa kuin olisi pitänyt olla. Vanhojen käytöstä poistettujen putkien tiedon puuttuminen on aiheuttanut turhia korjauspyyntöjä.

## 4. Aseta kaukolämpöputken paikantamiseen liittyvät tavat luotettavuusjärjestykseen \*

Osallistujamäärä: 18

	1.		2.		3.		4.		Aritmeettinen keskiarvo (Ø)		Standard deviation (±)			
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Ø	±	1	2	3	4
GPS-laitteistolla kartoitettu koordinaattitieto ...	16x	88,89	2x	11,11	-	-	-	-	1,11	0,32				
Urakoitsijan käsin piirretty kartta putken sijai...	-	-	3x	16,67	14x	77,78	1x	5,56	2,89	0,47				
Kaapelinhakulaitteen näyttö	2x	11,11	13x	72,22	3x	16,67	-	-	2,06	0,54				
Laitosmiehen ulkomuisti	-	-	-	-	1x	5,56	17x	94,44	3,94	0,24				

## 5. Millaisen sijaintitarkkuuden koet tarpeelliseksi kaukolämpöverkon (putken, sulkuventtiilien, yms) paikantamisessa maastossa? \*

Osallistujamäärä: 18

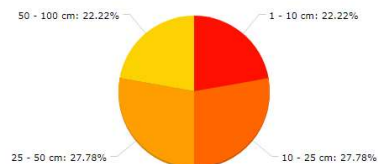
4 (22.2%): 1 - 10 cm

5 (27.8%): 10 - 25 cm

5 (27.8%): 25 - 50 cm

4 (22.2%): 50 - 100 cm

- (0.0%): yli 100 cm



**HUOM: Metrilukemat ovat maastomitattuja. Todelliset lukemat selviävät pöytäkirjoista**

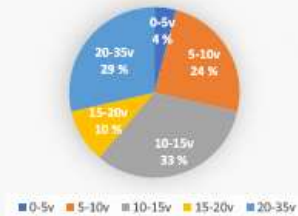
100+10/2Mpuk-putkityyppi  
2x100/2 Mpuk-putkityyppi

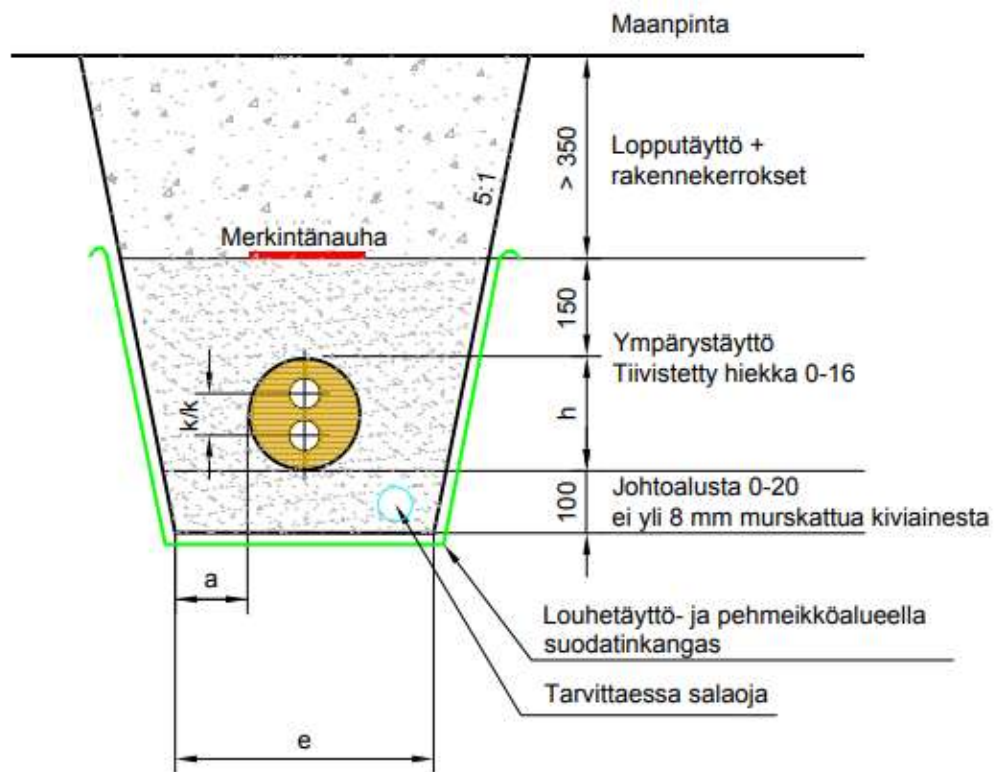
Putkityyppi	Pituus, m	Rak.vuosi
100+100/250	217,28	1998
40+40/180	162,81	2002
80+80/200	214,20	2002
50+50/200	239,24	2002
25+25/140	10,00	2006
40+40/180	97,60	2006
32+32/180	38,21	2006
65+65/280	452,13	2006
25+25/140	275,87	2007
32+32/180	125,50	2007
50+50/280	94,04	2007
65+65/280	113,88	2007
50+50/200	204,71	2007
40+40/180	205,00	2008
32+32/180	114,20	2009
65+65/280	135,50	2009
100+100/400	325,87	2009
40+40/140	31,91	2001
40+40/180	31,36	2005
40+40/180	43,00	1996
65+65/280	72,40	2009
80+80/280	521,65	2002
32+32/180	8,00	2013
40+40/180	118,02	2010
32+32/180	81,20	2004
25+25/140	86,30	2010
25+25/140	196,30	2004
40+40/180	85,55	2004
32+32/180	16,10	2010
50+50/200	232,82	2007
40+40/180	113,10	2007
25+25/180	72,00	2009
32+32/140	80,20	2007
2x32/140	12,00	1985
2x65/190	30,00	1985
2x50/180	67,90	1985
2x25/130	12,00	1985
2x150/315	378,60	1998
2x65/180	183,47	1981
2x50/180	33,40	1983
2x100/180	91,34	1981
2x50/160	49,36	1977
2x100/180	120,84	1996
2x32/140	23,41	1996
2x65/140	103,50	1996
2x40/140	13,00	2014
2x65/140	20,30	2009
2x50/140	71,00	2009
2x40/120	123,57	2008

Tyyppi	Pituus
Mpuk	4815,94
2Mpuk	1333,68
Yhdistetty	6149,62

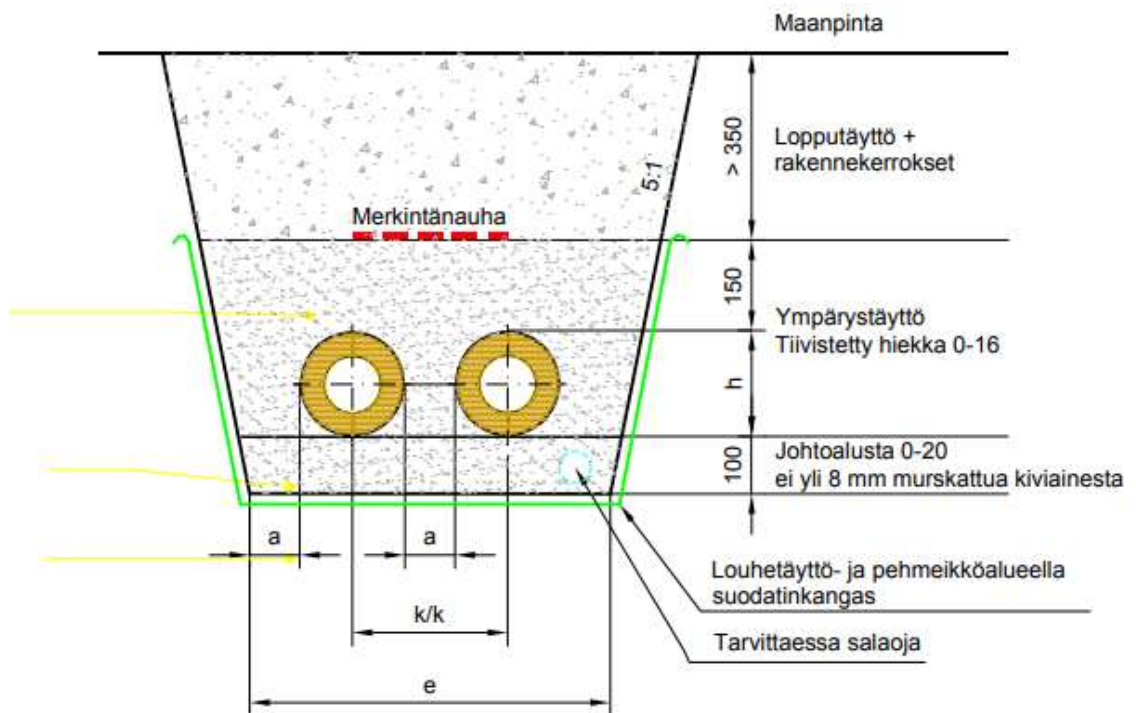
	%	
0-5v	2	4 %
5-10v	12	24 %
10-15v	16	33 %
15-20v	5	10 %
20-35v	14	29 %
yht	49	100 %

**Tervolan keskustan kaukolämpöverkon  
ikä rakenne**

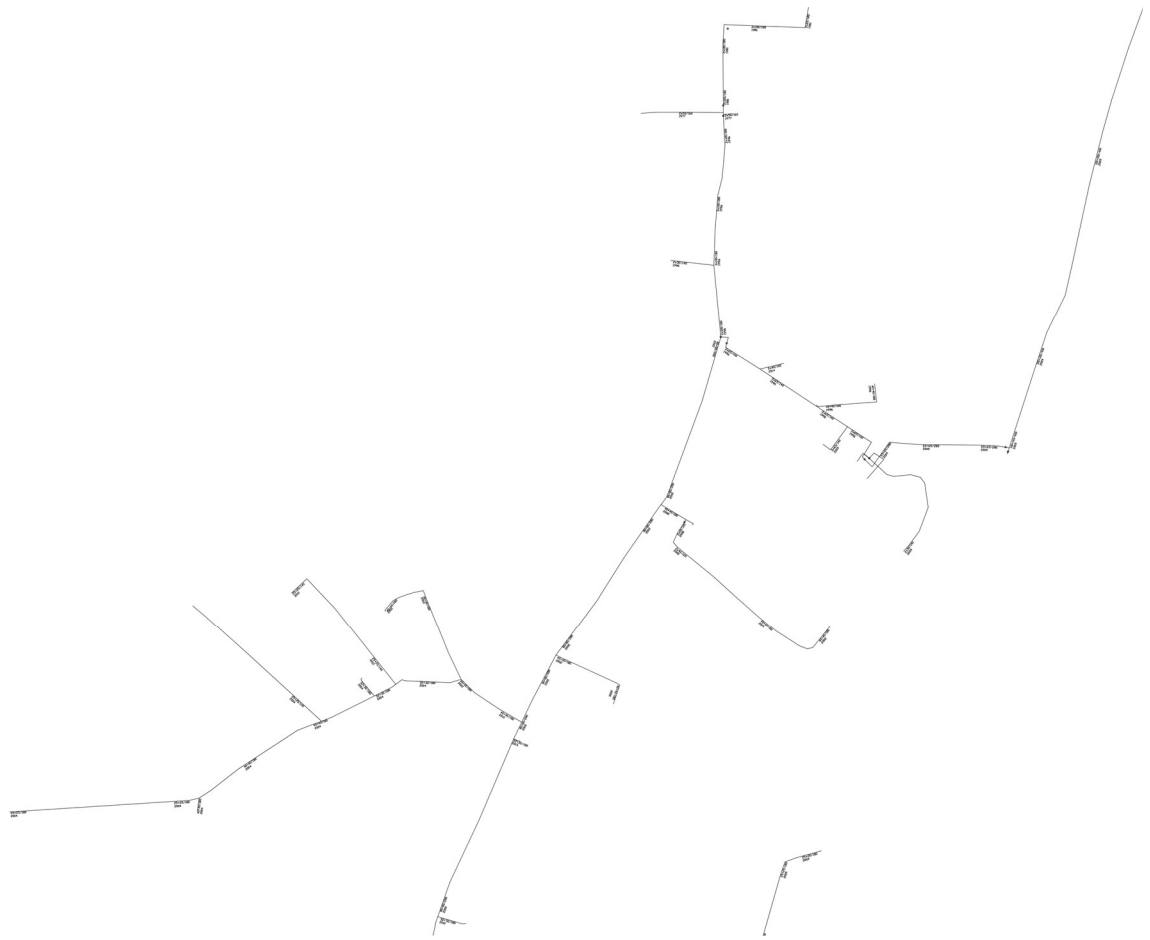




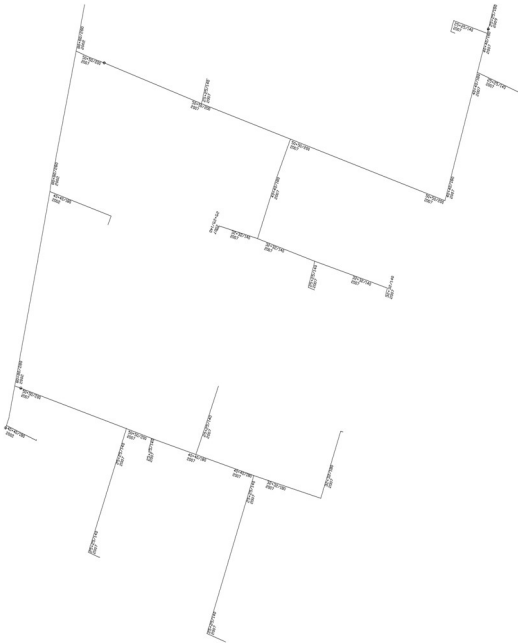








## Liite 8 3(3)



Pinnustuksen merkinnät	
—	Puhtaan rakennusviivon
—	—
—	Puhdas / Suojattu / Suojattu (S)
Ⓧ	Tyhjennysventtiili
Ⓧ	Ilmausventtiili
Ⓧ	Sukkuventtiili

Tervola 15.3.2018  
Kaukolämpöverkko-  
sekä kaivot 1:1

Päiväys 15.3.2018	Mitt. J. Isometsä Pinn. J. Isometsä Tark. Vesa Mäki-Isa	Yhteyshenkilö Tiedosto Koordinaattijärjestelmä Korkeusjärjestelmä	Jukka Isometsä kaukolampo-gh24-150318_c.dwg ETRS-GK24 N2000
----------------------	---	--	--



## TOIMEKSIANTOSOPIMUS

### 1. TOIMEKSIANTOSOPIMUKSEN OSAPUOLET

**Toimeksiantaja**

Virpi Mäki-Iso, Tervolan tekninen johtaja

**Toimeksiannon saaja**

Jukka Isometsä, Maanmittaustekniikan opiskelija (Insinööri, AMK)

### 2. TOIMEKSIANTO

#### 2.1. Toimeksiannon kuvaus

Toimeksiannon tehtävänä on tuottaa **Tervolan kuntakeskuksen** (Liite 1.) alueen **kaukolämpöverkosta paikkatietoaineistoa**. Kaukolämpöverkosto kattaa kaukolämpöputket aluerajauksen sisällä, sekä erityyppiset kaukolämpöinfrastruktuuriin kuuluvat venttiilikaivot.

Maastomittaukset mitataan ETRS-GK24 koordinaatistoon N2000-korkeusjärjestelmään. Maastotyöt suoritetaan VRS-GPS sekä takymetrilla. Lopputuotteen formaatti on AutoCAD-ohjelmistoon sopiva .DXF sekä MapInfo ohjelmistoon sopiva .TAB tiedostoformaatti.

Mittauskojoiden ym. laitteista vastaa toimeksiannon saaja.

Tervolan kunta vastaa toimeksiannon kustannuksista.

#### 2.2. Toimeksiantoon sisältyvät tehtävät

Toimeksianto koostuu karkeasti kolmesta osatehtävästä:

- Maastotöistä (mittaus, kaivojen sekä putken paikantaminen)
- Editointityöstä
- Erilaisista kaukolämpöverkon selvityksistä

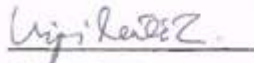
### 3. TOIMEKSIANNON AIKATAULU

Toimeksianto alkaa lokakuussa 2017, ja päättyy kesäkuussa 2018.

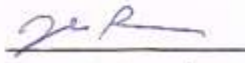
### 4. ALLEKIRJOITUS

Tämä toimeksianto on tehty kahtena kappaleena; yksi kummallekin osapuolelle

Paikka ja aika Tervola 10.10.2017



Toimeksiantaja



Toimeksisaaja Jukka Isometsä