

KAUKOLÄMPÖTYÖMAAN VAIHEET JA TARKEMITTAUS

Penttinen Antti

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikan ja Liikenteen ala
Maanmittaustekniikka
Insinööri

| | | | |
|--------------------------------|---|-------|------|
| Tekijä | Antti Penttinen | Vuosi | 2017 |
| Ohjaaja | Timo Karppinen | | |
| Toimeksiantaja | Lapin ammattikorkeakoulu | | |
| Työn nimi | Kaukolämpötyömaan vaiheet ja tarkemittaus | | |
| Sivu- ja liitesivumäärä | 35 + 3 | | |

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on käydä läpi kaukolämpötyömaan vaiheet ja mahdolliset ongelmatilanteet urakoitsijan näkökulmasta sekä antaa kokonaiskuva kaukolämpö-työmaan erinäisistä mittauksista ja siitä, miten ne tulee suorittaa. Työssä käsiteltiin kirjallisuuden avulla lyhyesti kaukolämpörakentamisen historiaa ja yleisimmät kaukolämmityksen tuotantomenetelmät. Tämän lisäksi työssä käsitellään omaan kokemukseen nojautuen ja osaksi kirjallisuutta apuna käyttäen kaukolämpörakentamisen työvaiheita ja tarkemittausta.

Työssä käsitellään nimenomaan Napapiirin Energian ja Veden alueella tapahtuvaa kaukolämpörakentamista. Vuonna 2016 Rovaniemellä rakennettiin yhteensä noin 6000 metriä valmista runkolinjaa sekä taloliittymiä. Kaukolämpötyömaalla on otettava huomioon monia asioita, kuten maanalaiset johdot ja rakenteet, mahdollinen maaperän kallioisuus ja liikenne. Tämä opinnäytetyö käsittelee mahdollisia kaukolämpötyömaalla ilmeneviä ongelma-kohtia ja niiden ratkaisua.

Kaukolämmitys on Suomessa taajama-alueilla yleisin ja energiatehokkain rakennusten ja käyttöveden lämmitysmuoto. Kaukolämpölinjat rakennetaan Suomen kaukolämpöyhdistyksen määräysten ja paikallisen energiayhtiön rakennusmääräysten mukaan.

Avainsanat

Kaukolämpö, tarkemittaus, kaukolämpölinjojen rakentaminen

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

| | | | |
|--------------------------|---|------|------|
| Author | Antti Penttinen | Year | 2017 |
| Supervisor | Timo Karppinen | | |
| Commissioned by | Lapland University of Applied Sciences | | |
| Subject of thesis | Stages of district heating construction and surveying | | |
| Number of pages | 35 + 3 | | |

The purpose of this thesis was to act as a guide for new employees working for the contractor. The work describes different operations in the district heating network construction, and focuses more on the surveying process. The work also offers some answers to different kind of problems that might appear during the construction.

This thesis handles the district heating network construction in Rovaniemi area where Napapiirin Energia ja Vesi is responsible for it, and it can't be used as a common guide for all district heating network constructions in Finland since the working methods might differ.

In Rovaniemi during summertime 2016, a new trunk line and the house connections were built a total of 6000 meters. The construction of these line includes different stages of constructions, that were explained in this thesis.

In urban built areas, district heating is the most commonly used form of heating and more new lines are built every year. District heating lines are built under the regulations of the Finnish District Heating Association and according the local energy supplier's building regulations

Key words

district heating, survey, construction

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 KAUKOLÄMMITYKSESTÄ | 8 |
| 2.1 Historia..... | 8 |
| 2.2 Kaukolämmitys tänä päivänä | 9 |
| 2.3 Kaukolämmön putkityypit | 10 |
| 3 TYÖVAIHEET | 13 |
| 3.1 Katselmukset, johtonäytöt ja ilmoitukset | 13 |
| 3.2 Linjanmerkkäus ja kaivuutyöt..... | 17 |
| 3.3 Kaivuutyöt | 18 |
| 3.4 Putkityöt | 21 |
| 4 TARKEMITTAUS | 25 |
| 4.1 Laitteisto | 25 |
| 4.2 RTK-Mittaus..... | 25 |
| 4.3 Kaukolämpölinjan mittaus | 26 |
| 4.4 Mittausdatan editointi | 30 |
| 4.5 Peittotyöt ja viimeistely | 32 |
| 4.6 Muut huomioon otettavat asiat..... | 34 |
| 5 POHDINTA | 35 |
| LÄHTEET | 36 |
| LIITE 1. MPUK -JOHDON MITOITUSTAULUKKO | 37 |
| LIITE 2. 2MPUK –JOHDON MITOITUSTAULUKKO..... | 38 |

ALKUSANAT

Haluan kiittää KVL-Tekniikan työkavereitani, jotka perehdyttivät minut kaukolämpöurakoinnin maailmaan kesän 2016 aikana. Annetuilla eväillä opinnäytetyön aiheen valinta oli luonnollinen ja työ ei täten perustunut ainoastaan lähteisiin, vaan myös omaan tietotaitoon. Lisäksi haluan kiittää Napapiirin Energian ja Veden kaukolämmön henkilökuntaa, joilta sain tarvittavan materiaalin työn saattamiseksi loppuun. Erityiskiitokset KVL-Tekniikan projektivastaavalle Tuomas Vaaralle, joka suostui antamaan haastattelun.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

| | |
|------------|--|
| CHP-laitos | Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos |
| ETRS-GK 26 | Rovaniemen alueella käytettävä koordinaattijärjestelmä |
| GNSS | Global Navigation Satellite System |
| KL | Kaukolämpö |
| JOP | Joustinputki |
| Mpuk | Kaksiputkirakenteinen kaukolämpöputki |
| 2Mpuk | Yksiputkirakenteinen kaukolämpöputki |
| NEVE | Napapiirin Energia ja Vesi |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni käsittelee urakoitsijan työvaiheita kaukolämpöurakassa sekä siihen liittyviä mittaustöitä. Lisäksi käyn läpi esimerkein mahdollisia ongelmatilanteita ja ratkaisuja. Tietopohjana käytän pitkälti omaa kokemusta alalta sekä osaksi alan kirjallisuutta täydentämään omaa tietämystäni.

Rovaniemellä vuonna 2016 kaukolämpöurakassa rakennettiin noin 6000 metriä kaukolämpölinjaa (Alaluusua). Toimin tuona aikana työnjohtoharjoittelussa urakoitsijan työnjohtoharjoittelijana, jolle kuului myös mittaustehtävät. Harjoitteluun mennessäni perehdytystä mittaustehtäviin ei ollut sillä kukaan työpaikalla ei osannut käyttää mittalaitteistoa (Leican GNSS -laitteisto). Perehdytyksen puutteen takia jouduin mittaamaan ensimmäisen kohteen kaksi kertaa koska ensimmäinen mittausdata ei kelvannut tilaajalle (Napapiirin Energia ja Vesi). Tästä sain idean tehdä opinnäytetyönä riittävän kattavan työohjeen urakoitsijan hyödynnettäväksi. Rovaniemen alueella kaukolämpöurakoitsijana toimi KVL-Tekniikka.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sekä maapuolen töitä sekä kaukolämpötöitä, kuten putken asennusta ja eristystä. Maapuolen työvaiheita ei voi soveltaa esimerkiksi vesihuollon rakentamiseen, sillä esimerkiksi kerrospaksuudet ja käytettävät maa-ainekset ja asennussyvytydet vaihtelevat.

2 KAUKOLÄMMITYKSESTÄ

2.1 Historia

Kaukolämpö tuli yleiseen tietoon vuonna 1622, kun hollantilainen Cornelius Drebbel ehdotti lämpimän veden jakeluun perustuvan verkon rakentamista. Tiedossa ei kuitenkaan ole, että järjestelmä olisi tuolloin rakennettu. (Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, 32.)

Jo 1700- ja 1800 -luvuilla kaukolämmitysjärjestelmiä käytettiin suurten rakennusten lämmittämiseen muun muassa Venäjällä ja Englannissa. Ensimmäinen kaupallinen kaukolämpöjärjestelmä aloitti toimintansa Yhdysvalloissa vuonna 1877, jolloin New Yorkin osavaltioon Lockportiin perustettiin höyrykaukolämmitysjärjestelmä. (Koskelainen ym. 2006, 32.)

Lockportin kokemusten pohjalta muodostettiin yhtiö, joka toimitti kaukolämpöä aluksi noin 50 yhdysvaltalaiskaupungissa. Myöhemmin toiminta laajeni höyrykaukolämmitysjärjestelmien toimittamiseen satoihin kaupunkeihin ympäri maailmaa. (Koskelainen ym. 2006, 32.)

Saksa, Tanska ja Venäjä olivat Euroopan edelläkävijöitä kaukolämmössä. Saksan Hampuri sai ensimmäisen kaukolämpöjärjestelmänsä vuonna 1893, Tanskan Fredriksberg 1903 ja Venäjän Pietari vuonna 1924 sekä Moskova vuonna 1928. (Koskelainen ym. 2006, 32-33.)

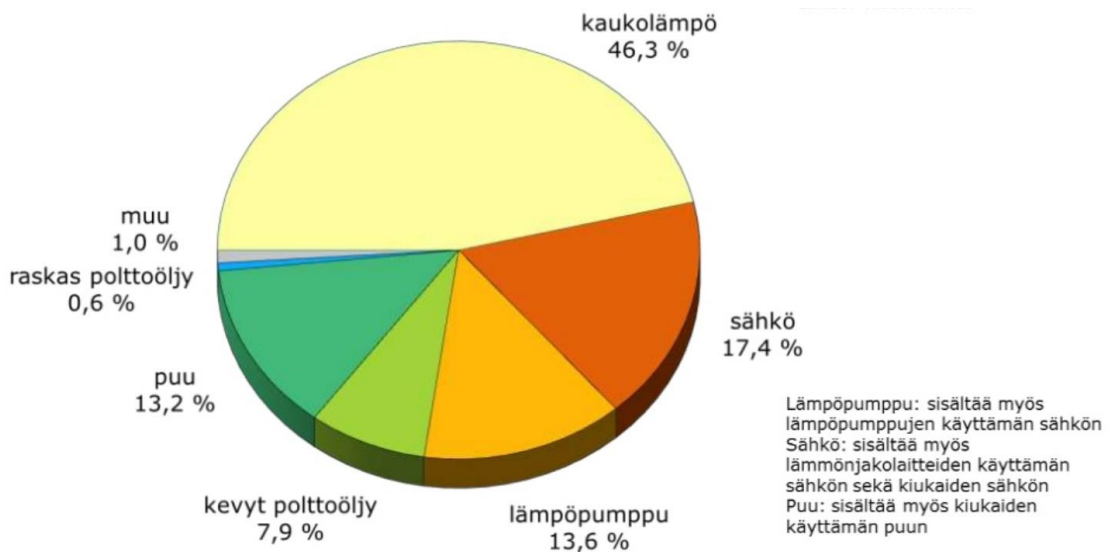
Ajatus kaukolämmöstä Suomessa levisi, kun Saksa ja Yhdysvallat ottivat sen käyttöön 1800-luvun lopulla. 1920-luvulla suunniteltiin yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon kehittämistä Sähköinsinööriiliiton toimesta. Sähköinsinööriiliitto perusti komitean vuonna 1928 laatimaan asiasta mietintöä, joka valmistui vuonna 1939. Toisen maailmansodan vuoksi kehitystyö pysähtyi ja vielä sodan jälkeenkin sähkönpulaa lievitettiin yksinkertaisesti lisäämällä vesivoimaa, ei muuttamalla lämmitysmuotoja. Suomen ensimmäinen kokonaisen asuinalueen kaukolämmitysjärjestelmä saatiin Helsingin olympiakylään, joka valmistui vuonna 1940. (Koskelainen ym. 2006, 34.)

Suomessa kaukolämmityksen tarkoituksena on alusta asti ollut sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Huomattiin, että teollisuuden sähköntuotannosta syntyi hukkaan menevää lauhdelämpöä, jota voitaisiin hyödyntää kiinteistöjen lämmittämiseen. (Koskela ym. 2006, 34.)

2.2 Kaukolämmitys tänä päivänä

Tänä päivänä kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Vuonna 2015 sen prosentuaalinen markkinaosuus oli noin 46 prosenttia, ja sitä käyttää noin 2,7 miljoonaa suomalaista. Tämä tarkoittaa noin 116 500 asuintaloasukasta ja 1,34 miljoonaa asuntoa. Kaukolämmön asiakkaiden määrä kasvaa tasaisesti, noin kahdentuhannen asukkaan vuosivauhtia, ja vuonna 2015 kaukolämpöjohtoja Suomessa oli noin 15 000 kilometriä. Kaukolämpöä löytyy liki jokaisesta asutuskeskuksesta Suomessa. (Wilhelms 2016, 31.)

Kaukolämpö merkitsee asumismukavuutta ja hyvinvointia. Se on toimitusvarma, turvallinen ja ennen kaikkea helppokäyttöinen lämmitysmuoto, jota käyttämällä säästää energiaa ja rahaa ilman kalliita investointeja. Kuvassa 1 on selvitetty kaukolämmön markkinaosuutta vuonna 2015 verrattuna muihin lämmitystapoihin. (Energiateollisuus 2016a, 3.)



Kuva 1. Kaukolämmön markkinaosuudet vuonna 2015 (Energiateollisuus)

Suurimmaksi osaksi kaukolämpöä syntyy yhteistuotannossa sähkön kanssa (n.80%). Näin toimivaa laitosta kutsutaan CHP -laitokseksi. Sen peruseriaatteenä on, että sähköntuotannon yhteydessä syntynyt lämpö otetaan talteen lämmönkeräysyksikön avulla. Rovaniemellä Suosiolan voimalaitos on CHP -laitos, jossa lämmönvalmistuksen ohessa syntynyt sähkö kerätään talteen ja syötetään verkkoon. (Vaara 2017)

2.3 Kaukolämmön putkityypit

Nykyiset kaukolämpöputket ovat polyuretaanieristeistä teräsputkea, jotka voidaan raa'asti jakaa kahteen tyyppiin: yksiputkirakenteeseen (2Mpuk) ja kaksiputkirakenteeseen (Mpuk). Yksiputkirakenteeseen luetaan myös joustinputket (JOP). Joustinputki on saumaton pois lukien tarvittavia liitossaumoja. Sen käyttöä suositellaan taloliittymissä, koska saumattomuuden takia se ei vuoda inhimillisten asennusvirheiden takia (Kuva 2).



Kuva 2. JOP-putket kaukolämpökaivannossa

Yksiputkirakenne (2MPuk) tarkoittaa sitä, että meno- ja paluuvirtausputki, eli kiinteistöihin menevä kuuma vesi ja niistä palaava jäähtynyt vesi, ovat kumpikin oman erillisen suojakuorensa sisällä (kuva 3). Ne on suunniteltu kestäväksi 16 barin jatkuvaa painetta maksimissaan noin 120 asteen lämpötilassa vähintään 30 vuotta. (Energiateollisuus b, 2016, 1, 2.)



Kuva 3. 2Mpuk asennettuna kaivannossa

Yksiputkirakenteisessa kaukolämpöputkessa haarat otetaan kuvan 3 mukaisesti joko yläkautta, tai vaihtoehtoisesti alakautta esimerkiksi tilanteissa jossa peittoa on saatava putken päälle enemmän. Haarat ovat herkäät vaurioille. Kaivinkone voi kaivaessaan kaivaa haaran rikki koska se on runkolinjaa ylempänä.

Kaksiputkirakenteessa (Mpuk) meno- ja paluuvirtausputket ovat saman suojakuoren sisässä päällekkäin (kuva 4). Kaksiputkirakenne ei vaadi yhtä suurta kaivantoa kuin yksiputkirakenne ja se on energiatehokkaampi, mutta se on haastavampi hitsata koska teräsputket ovat niin lähellä toisiaan. (Vaara 2017)



Kuva 4. Eristämätön Mpuk –linja

Kaksiputkirakenteisessa kaukolämpöputkessa haarat otetaan kohtisuoraan putken kyljestä. Tällöin putki on vähemmän vaurioherkkä, koska kaivettaessa kaivinkone ei vahingossa pysty kaivamaan haaraa irti, sillä se on samassa korossa rungon kanssa.

3 TYÖVAIHEET

Urakoitsijan työvaiheet kaukolämpötyömaalla voidaan karkeasti jakaa seuraavasti

- katselmukset, johtonäytöt ja ilmoitukset
- linjanmerkkaus
- kaivutyöt
- putkityöt, käyttöönotto ja eristys
- mittaustyöt
- peittotyöt ja viimeistely.

Lisäksi on muita tilaajan suorittamia töitä työmaalla jotka jaksottavat työn edistymistä, kuten hitsausaumojen tarkistukset, kiinteistöjen mahdolliset sisäänvedot ja tarkemittausten hyväksyntä. Onkin tärkeää tiedottaa tilaajaa jatkuvasti urakan vaiheista, jotta tilaajan olisi nopea reagoida tarvittaviin toimenpiteisiin.

3.1 Katselmukset, johtonäytöt ja ilmoitukset

Tilaaja toimittaa urakoitsijalle suunnitelmakarttakuvan tulevasta urakasta. Urakoitsijan vastuulla on suorittaa alueelle katselmus. Tällä tarkoitetaan alueen mahdollisimman tarkkaa kuvaamista. Kuvattavia kohteita ovat tie ojineen, katuvalot, puut ja istutukset, kiinteistöt ja muu mahdollinen joka voi urakan takia rikkoutua.

Katselmus on ennen kaikkea tärkeä tehdä mahdollisten korvaustapauksien läpikäymisen helpottamiseksi. Kuvista voi esimerkiksi todistaa, että lähitalon kivijalka on ollut halki jo ennen urakan aloittamista.

Katselmukset helpottavat myös maisemoinnin suorittamista. Ojalinjaukset on hyvä tarkistaa katselmuksesta, jotta ne tullaan tekemään vanhaa vastaaviksi, ja esimerkiksi purettu kiveys on helppo asentaa uudelleen käyttämällä ennen urakkaa otettua kuvaa apuna.



Kuva 5. Katselmuskuva Lapinaukean urakasta

Esimerkiksi yhdestä Lapinaukean kaukolämpökuvan katselmuskuvasta (Kuva 5) näkee selvästi reunakivien huonon kunnan sekä sen, että asfaltoidun alueen laskut ovat olleet väärin jo ennen urakan suorittamista, sillä vesi on kerääntynyt isoksi lätäköksi. Myös reunakivet on jo valmiiksi rikki.

Ennen kaivuutöiden aloittamista on varmistuttava maan alla ja ilmassa kulkevista kaapeleista. Maan alla kulkee sähkö- ja telekaapeleita, puolustusvoimien kaapeleita, maanalaisia tunneleita ja kunnallistekniikkaa. Kaikkien sijainti on selvitetävä vahinkojen välttämiseksi. Urakoitsijalla on ilmoitusvelvollisuus rikkoontuneesta kaapelista tai kunnallistekniikasta. Jos kyse on merkatusta kaapelista, on urakoitsijalla korvausvastuu. Jos kaapelinomistaja on jättänyt jonkun kaapelin merkkäämättä ja se menee poikki, on kaapelinomistajan yleensä itse kustannettava kaapelin korjaus.

Kaapelien sijainnin selvittämiseksi on tilattava johtonäyttö. Suuri osa kaapeleiden näytöistä on ohjattu yhden näyttöpöynnön alle osoitteeseen <https://johtotietopankki.fi/>. Rovaniemen alueella palvelussa on mukana DNA:n, Elisan ja Soneran kaapelit. Kaapelit merkataan maastoon oranssilla fluorisoivalla maalilla. (Johtotietopankki, 2017.)

Napapiirin Energia ja Vesi näyttää sähkökaapelit ja kaukolämpöputken vanhan Rovaniemen kunnan alueelta. NEVEN kaapeleiden näyttö on tilattava numerosta 0400 690 911. NEVEN kaapelit merkitään maastoon sinisellä maalilla. NEVE merkitsee myös kaukolämmön. Kaukolämpö merkitään sinisellä viivalla, jossa kaksi viivaa on lähekkäin toisiaan. Kesäaikaan kaikkien kaapeleiden näytössä on jonoa noin viikko, joten näytöt on tilattava hyvissä ajoin.

Vanhan Rovaniemen maalaiskunnan alueelta johtonäytöt tilataan Rovakaira Oy:ltä. Näytöt tilataan Rovakairan asiakaspalvelusta numerosta 016 3316200. Puolustusvoimien kaapelinäytöt tilataan myös johtotietopankista. Jos alueella on puolustusvoimien kaapeleita, johtotietopankki ilmoittaa siitä ja antaa numeron tai sähköpostiosoitteen josta voi tilata puolustusvoimien näytön. Puolustusvoimien johtonäyttöä tilatessa on hyvä varautua jopa kahden viikon odotukseen. (Puolustusvoimat, 2017.)

Kuvassa 6 suurin osa johtonäytöistä on maalattu hiekan päälle mäkisessä paikassa. Tällaisissa paikoissa piirretyt viivat täytyy kuvata ja viivoja täytyy käydä vahvistamassa päivittäin, sillä jo ensimmäinen vesisade voi hävittää ne.



Kuva 6. Johtonäyttö Rovaniemen Poropolulla

Kaikkia johtonäyttöjä tilatessa on otettava huomioon vallitseva sekä tuleva sää. Märkään asfalttiin tai hiekkamaahan maalattu viiva ei kestä kulutusta tai säätä,

kun taas kuivaan asfalttiin piirretty viiva voi kestää koko kesän. Tämän takia sa-
teisella säällä johtonäytöt on hyvä kuvata ja viivoja vahvistaa aika ajoin. Jos joh-
tonäyttö on yli kaksi viikkoa vanha, on näyttö tilattava uudestaan, sillä näyttö on
tällöin vanhentunut ja kaivaessa kaikki vastuu on urakoitsijalla.



Kuva 7. Johtonäyttöjä Siljotiellä

Myös kuvassa 7 osa johtonäytöistä on maalattu hiekalle. Vaurioiden välttämiseksi
niitä tulee vahvistaa päivittäin. Kuvassa vasemmalla näkyy suunniteltu kaukoläm-
pölinja punaisella maalilla. Sen vieressä oikealla sininen pariviiva on vanha kau-
kolämpölinja. Kuvan oikeassa laidassa sähkö- ja telekaapeleita sinisellä ja orans-
silla.

Urakoitsija huolehtii tarvittavista ilmoituksista koskien kaivu- ja täyttötöitä. Ilmoi-
tukset on syytä toimittaa urakan lähialueen postilaatikoihin vähintään viikkoa en-
nen kaivuutöiden aloittamista. Ilmoituksessa on oltava urakan laajuus ja arvioitu
valmistumisaika, sekä kuka toimii urakoitsijana. Myös yhteystiedot on syytä lait-
taa ilmoitukseen. Tilaaja huolehtii lämmönkatkaisun ilmoituksista aikataulun var-
mistuttua.

3.2 Linjanmerkkkaus ja kaivuutyöt

Linjanmerkkkauksella tarkoitetaan suunnitellun kaukolämpölinjan sijainnin merkkausta maastoon. Tilaaja toimittaa suunnitellusta kaukolämpölinjasta suunnitelmakehän, jossa on koordinaatit linjasta, sekä läheisten kiinteistöjen pylväiden koordinaatit. Kaukolämmön runkolinjan on kuljettava kaupunkien mailla, joten on tärkeää pitää huoli, ettei se missään kohtaa kulje muiden kiinteistöjen alueella.

Linjanmerkkkaus suoritetaan GNSS -laitteiston avulla. Tässä opinnäytetyössä käytössä on ollut Leican laitteistoa. Kämmentietokoneeseen tehdään uusi työ, joka nimetään tarpeeksi kuvaavasti, esimerkiksi ”Lapinaukea linja”. Työhön syötetään suunnitelmakehän kaikki koordinaatit linjanmukaisessa järjestyksessä. Pisteiden merkkauksella merkitään maastoon kaikki pisteet punaisella maalilla. Jos mahdollista, käytetään myös puupaaluja, jotta kaivinkoneenkuljettajan on mahdollisimman helppo kaivaa linjanmukaisesti (Kuva 8).



Kuva 8. Merkattu KL -linja Rovaniemen Ounasrinteellä

Pidempien linjojen merkkauksessa on hyvä käyttää apuna myös linjanmerkkauksia. Linjanmerkkauksella kämmentietokoneeseen syötetään alku- ja loppupisteiden numerot, jolloin pystyy merkkamaan syötettyjen pisteiden välille viivan. Laite osoittaa linjan sijainnin nuolin ja etäisyydellä.

Linjanmerkkkaus suoritetaan aina tilaajan edustajan läsnä ollessa. Linjanmerkkkaus voidaan suorittaa myös yksin mutta se täytyy myöhemmin käydä läpi tilaajan kanssa. Tilaaja joko hyväksyy linjanmerkkauksen tai hylkää sen, jolloin linjaan tehdään tarvittavat muutokset. Hylkäyksen syynä voi esimerkiksi olla linjalle sattunut sadevesiviemäri, tai puu jonka kaato aiheuttaa kohtuutonta vaivaa. Tarvittavat muutokset linjaan tehdään yleensä heti paikan päällä, jos tilanne ei vaadi kiinteistöjen rajojen tarkistusta tai muuta jota ei voi hoitaa paikan päällä. Linjanmerkkauksen hyväksynnän jälkeen on lupa aloittaa kaivuutyöt.

3.3 Kaivuutyöt

Urakoitsijan vastuulla on hoitaa liikennejärjestelyt. Tiealueilla työt on suoritettava niin, ettei niistä aiheudu vaaraa jalankulkijoille, työntekijöille tai liikenteelle. Ennen kaivuutyön aloittamista on kivi- ja laattapäällysteet sekä reunakivet irrotettava ja varastoitava ja peittotöiden jälkeen ne on asennettava takaisin. Päällyste, irrotettu maa ja kallio kuljetetaan välittömästi pois työmaalta ellei toisin ole sovittu. Kaivuumaat joita ei voida hyödyntää peittotöissä on kuljetettava tilaajan osoittamaan paikkaan. Kaivanto ja sen ympäristö on pidettävä siistinä ja kaivuumaiden kulkeutuminen ympäristöön on estettävä. (Rovaniemen energia. 2015, 11.)

Kaivanto on suojattava liikenteeltä heijastavalla suoja-aidalla. Kaivanto voidaan suojata myös huomionauhalla alueilla, joilla ei ole liikennettä, esimerkiksi peltoalueet, metsäalueet ja hoitamattomat heinikot. (Rovaniemen energia. 2015, 11.)

Kaivuu aloitetaan yleensä siitä päästä missä tuleva KL-linja liitetään vanhaan. Myös muut helpot kaivuukohdat pyritään kaivamaan ensin. Vaikeat kohdat, kuten tien alitukset ja taloliittymät, pyritään kaivamaan sellaiseen aikaan jolloin siitä ei aiheudu haittaa talojen asukkaille tai liikenteelle. Käytännössä isojen teiden alituksessa tämä tarkoittaa yöaikaan kaivuuta, ja pienien teiden alituksessa sekä taloliittymien kaivuussa aikaa jolloin asukkaat ovat töissä.

Tien alituksella tarkoitetaan kohtaa, jossa kaukolämpölinja alittaa tien ja tämän takia tie joudutaan katkaisemaan kaivuutöiden ajaksi. Tällaisiin kohtiin asenne-

taan joko kaivannon yli kulkevat ajosillat, tai niin sanotut alitusputket, jotka peite-
tään ja joihin kaukolämpöputket voidaan työntää. Alitusputkia käytetään myös
tapauksissa, joissa tiedetään, että KL-putkien päällä tulee ajamaan raskasta lii-
kennettä joka voi vaurioittaa KL-putkia. Putkien asennuksen jälkeen alitusputkien
päätt on vaahdotettava umpeen, kuten kuvassa 9. Tällöin vesi tai maa-aines ei
pääse tekemään tuhojaan putken sisään.



Kuva 9. Tien alitus suoritettu alitusputkia käyttämällä

Kaivanto on tuettava, jos ympäröivä maa on märkää ja voi sortua kaivantoon, tai
kaivannon reunat ovat normaalia korkeammat. Kuvassa 10 kaivannon reuna on
tuettu vanereilla ja lankuilla. Kaivanto voidaan tukea myös esimerkiksi valmiilla
kaivannon tukemiseen tarkoitetuilla elementeillä.



Kuva 10. Kaivannontuenta rakennettu sortumavaaran takia

Tukematta jätetty kaivanto aiheuttaa sortumavaaran, mikä on hengenvaarallinen kaivannossa oleville. Myös kaivannon seinämässä näkyvät kivet on poistettava. Pudotessaan ne voivat työntekijöiden lisäksi vahingoittaa myös kaukolämpöputkia. Tilaaja maksaa urakoitsijalle lisähinnan kaivannontuennoista, joten niiden rakentamisen kynnyks on pieni ja niitä käytetäänkin melko usein.

Tulevan kaukolämpöputken koko ja tyyppi määrittävät kaivannon koon. Kaukolämpökaivanto kaivetaan taulukoiden 1 ja 2 mukaan. Liitoskohdissa tilaa tulee olla niin paljon, että putket voidaan hitsata ongelmitta ja hitsausseama nähdään koko matkaltaan (kuva 11). Työtilan liitoskohdassa on oltava myös niin suuri, että sen eristäminen voidaan suorittaa vaikeuksitta.



Kuva 11. Hitsaajalle on jätettävä riittävästi työtilaa

3.4 Putkityöt

Kaivuutöiden jälkeen urakoitsija noutaa kaukolämpöelementit ja valmisosat tilaajan osoittamasta varastosta tai työmaalla kuljetusliikkeen autosta. Kaivannon pohjalle asetetaan aluspuut, jotka helpottavat putkien hitsausta ja eristystä. Putket lasketaan aluspuiden päälle. Purettaessa elementtejä on nostoliinon leveys oltava vähintään 100mm. Putkielementtien käsittely ei saa vaurioittaa niiden rakennetta. Putkien päät on pidettävä peitettynä hitsaustyöhön saakka, ettei putken sisään pääse vettä, maata, roskaa tai eläimiä. (Rovaniemen energia. 2015, 19.)

Uusi linja hitsataan kokonaisuudessaan valmiiksi ennen kuin sitä aletaan liittää vanhaan. Liitostyö vaatii lämmönjakelun katkaisun vanhaan linjaan seuraavalle venttiilille asti, joka usein löytyy seuraavasta katujen risteyksestä. Lämmönjakelun katkaisusta on ilmoitettava asiakkaille, ja sen hoitaa tilaaja.

Putkitöissä on otettava huomioon linjan lämpölaajeneminen. Kaukolämpölinjat tehdään kitkakiinnitysmenetelmällä, joka vaatii linjojen esilämmityksen noin 70 celsiusasteeseen ennen linjojen peittämistä. Tällöin putkissa tapahtuu lämpöliikettä jota ei saa estää, jottei putkistoon synny jännitystä joka voi murtaa hitsaus-
sauman ajan myötä. (Rovaniemen energia. 2015, 19.)

Lineaarinen lämpölaajeneminen lasketaan kaavalla

$$\Delta L = \alpha \Delta T L_0 \quad (1)$$

missä

| | | |
|------------|----|------------------------------------|
| ΔL | on | pituuden muutos |
| α | on | lineaarinen lämpölaajenemiskerroin |
| ΔT | on | lämpötilan muutos |
| L_0 | on | kappaleen alkuperäinen pituus. |

Esimerkiksi +15 asteisessa lämpötilassa asennettu linja on 860 metrin mittainen. Esilämmityksessä linja lämpenee +70 asteeseen, eli +55 astetta. Teräksen pituuden lämpötilakerroin on $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, eli jokaista lämpötila-astetta kohti teräs laajenee 0,000012 metriä. Tällöin 860 metrin KL-linja laajenee esilämmityksessä ylläolevalla kaavalla laskettuna n. 57 senttimetriä.

Esilämmityksen aikana linjan hitsaussaumot tarkastetaan vuotojen tai muiden hitsausvirheiden varalta tilaajan toimesta. Urakoitsija saa yksikköhinnan jokaisesta hitsaussaumasta, joten ne myös lasketaan. Saumat lasketaan myös urakoitsijan toimesta, ettei laskuvirheitä tulisi. Hitsaussaumojen yksikköhintoihin sisältyy hitsaussaumojen valmistelu, oionta, pyöröstys, puhdistus ja vasarointi. Urakoitsijan virheestä tai huolimattomuudesta aiheutuvia hitsaussaumoja ei makseta. (Rovaniemen energia. 2015, 19.)

Hitsaustöitä saa suorittaa ainoastaan tilaajan hyväksyvät ammattitaitoiset hitsaajat, ja heillä on oltava kaukolämpöhitsaukselle soveltuva pätevyystodistus. Hitsausaumojen on täytettävä vähintään standardi SFS-EN 5817 hitsausluokka B. (Rovaniemen energia. 2015, 19.)

Jos putkielementtiä täytyy lyhentää, on putken eriste poistettava virtausputken päältä vähintään 100 millimetrin matkalta hitsauskohdasta. Lämmitettäessä eristeen isosyanaattia sisältävä polyuretaani vapauttaa myrkyllisiä kaasuja jotka vältetään kuorimalla virtausputkea. (Rovaniemen energia, 2015, 19.)

Kaukolämpölinjan mutkat tehdään valmiista elementeistä. Kuitenkin alle viiden asteen suunnanmuutokset rakennetaan viistämällä virtausputki manuaalisesti. DN-80 ja suuremmissa putkissa maksetaan viistesaumasta 1,5-kertainen yksikköhinta. (Rovaniemen energia, 2015, 20.)

Hitsatun linjan saumat tarkistetaan silmämääräisesti tilaajan toimesta. Kaikki puutteet, kuten vuotava hitsausauma, tulee korjata välittömästi. Suuremmissa linjoissa käytetään myös painekoetta, jolloin linjaan ajetaan vedellä tietty paine. Tällöin vuotokohdat on nähtävissä selkeästi. Paineekokeesta maksetaan urakoitsijalle erillinen hinta.

Hyväksytyyn hitsauksen jälkeen linjan saumakohdat eristetään. Liitoskohdat eristetään polyuretaanilla. Polyuretaani on vaahtomainen aine, joka on kuivuttuaan tehokas lämpöeriste. Liitoskohtaan asennetaan ulkokuori, joka on yleensä peltiä. Pellin päälle porataan reikä, jonka kautta polyuretaani suihkutetaan tilaan. Eristys suoritetaan yleensä konevaahdotuksella.

Konevaahdotuslaite koostuu kuorma-auton tavaratilassa olevasta uretaanin ainesosien sekoituslaitteesta, pumpusta ja letkusta. Vaahdotuslaitteen käyttö vaatii kahden henkilön työpanoksen.

Vaahdotuksen jälkeen suoritetaan kutistus. Ulkokuori puhdistetaan huolellisesti ja esilämmitetään. Pintojen lämpötilan tulee olla noin 60 celsiusastetta, joka takaa kutisteen tarttumisen. Kutistaminen aloitetaan keskeltä alhaalta ympäriinsä lämmittämällä. Tällä varmistetaan, ettei kutisteen alle jää ilmakuplia. Tilaaja tarkistaa ja hyväksyy valmiin eristyksen. (Rovaniemen energia. 2015, 21.)



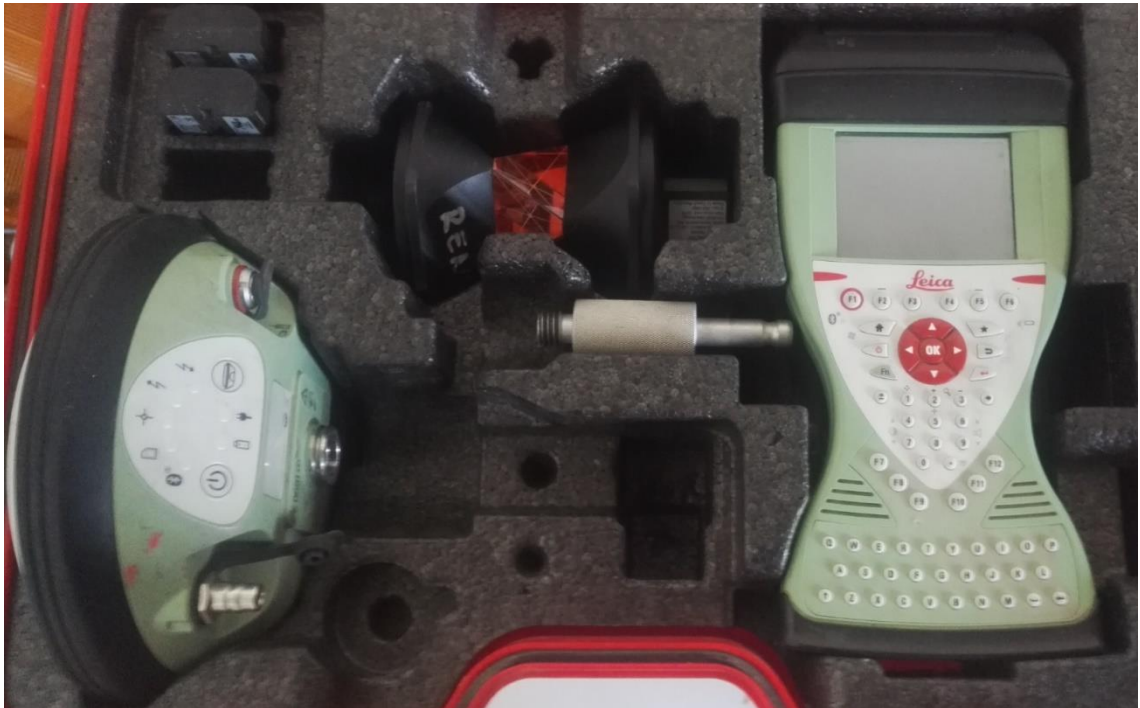
Kuva 12. Vaahdotettu MPuk-linja

4 TARKEMITTAUS

Urakoitsija vastaa omalla kustannuksellaan kaukolämpölinjojen tarkemittauksesta. Ennen kaukolämpölinjojen tarkemittausta on urakoitsijan huolehdittava mittaajan perehdytyksestä työtä koskeviin erikoispiirteisiin ja työturvallisuuteen. Tilaaja on vastuullinen järjestämään perehdytyksen mittaustyöhön ensimmäisellä mittauskäynnillä urakoitsijan sitä vaatiessa. (Rovaniemen energia 2015, liite 10.)

4.1 Laitteisto

Tarkemittaukset suoritetaan Rovaniemellä satelliittipaikantimella. Vuonna 2016 käytössä oli kartoitussauvaan kiinnitetty Leica Viva GS14 älyantenni yhdistettynä Leica Viva CS15 maastotallentimeen.



Kuva 13. Leican GS14 älyantenni ja CS15 maastotallennin

4.2 RTK-Mittaus

Mittaukset suoritettiin käyttämällä RTK (Real Time Kinematic) mittausta. RTK-mittaus, eli reaaliaikainen kinemaattinen mittaus, on satelliittimittauksessa käytetty perusmenetelmä. Perinteiseen RTK-mittaukseen tarvitaan tunnetulla pis-

teellä sijaitseva tukiasema. Tukiaseman vastaanotin mittaa vaihehavainnot, ja lähettää ne paikantavalle vastaanottimelle. Paikantava vastaanotin ratkaisee reaaliajassa alkutuntemattomat ja muut mittauksessa tarvittavat suureet. Tiedonsiirtoyhteys on usein järjestetty tukiaseman ja paikantavan vastaanottimen välille matkapuhelinverkon avulla. Joissain GNSS-laitteissa on valmius hyödyntää useampaakin matkapuhelinverkkoa. (Laurila P, 2005. 319.)

RTK-mittauksessa alkutuntemattomat ratkaistaan ”lennosta” (OTF = On The Fly). Tämänhetkisellä tekniikalla havaintoaika yhdellä pisteellä on parhaimmillaan noin 3-4 sekuntia, riippuen satelliittien määrästä ja alueen esteisyydestä. Luotettavaan tulokseen vaaditaan vähintään 6-7 satelliittia. Laittevalmistaja Leica lupaa laitteellensa RTK-mittauksessa 8mm + 1ppm tarkkuuden tasokoordinaateille ja korkeudelle 15mm + 1ppm, joissa ppm kuvastaa etäisyydestä riippuvaa virhettä (parts per million). (Leica, 2016.)

4.3 Kaukolämpölinjan mittaus

Tarkemittaukset mitataan ETRS-GK 26 koordinaattijärjestelmään ”tielaitosformaattiin”, tilaajan koodiluettelon mukaisilla koodeilla. Korkeusjärjestelmänä käytetään N2000 korkeusjärjestelmää. Koodeilla on eritelty eri putkityypit, dimensiot ja sulkuventtiilit. Vaadittu mittaustarkkuus tasolla ja korkeudessa on +/- kymmenen senttimetriä putkilinjan todellisesta sijainnista. (Rovaniemen energia 2015, liite 10.)

Mittauskohta riippuu putkityypistä. Molemmissa putkityypeissä havainto otetaan jokaisesta kaukolämpölinjan kulmasta, sekä suoralta noin 10-15 metrin välein. Mäkisillä alueilla mittauspisteitä otetaan tiheämmin. Kohdissa joissa kaukolämpölinja haarautuu, otetaan havaintopiste samasta kohtaa molemmille putkityypeille. Tämä helpottaa myöhemmin datan editointia.

Mittausdatan kokonaisuuden hahmottamista ja editoimisen helpottamista varten kaukolämpölinja kartoitetaan taiteviivoina eli viivamaisina kohteina. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen putki eritellään antamalla sille oma viivanumero. Käytännössä ensimmäinen putki kartoitetaan viivanumerolla 1, toinen viivanumerolla 2 ja niin edelleen. Lisäksi kaikki runkolinjoista lähtevät haarat kartoitetaan omalla viivanumerollaan Näin mitattaessa laite yhdistää mitatut pisteet viivalla mittausjärjestyksessä, luoden suoran viivan pisteiden välille. Kaukolämpölinjan eri koot ja haarat on mitattava kaikki omalla viivakoodillaan. Samaa viivakoodia käytettäessä viiva ei katkea vaan tiedostoon tulee yksi yhtenäinen viiva, jolloin mittausdata on väärännäköinen eikä kelpaa tilaajalle.



Kuva 14. MPuk-linjan mittauskohdat

Tilaajan ohjeiden mukaan kaukolämpöputket mitataan samalla pintakoodilla 1. Venttiileille syötetään pintakoodiksi 0. Pisteet mitataan arinakorosta eli putken alapinnasta keskeltä putkilinjaa. Näin ollen MPuk -linjaa mitattaessa antennikoroon lisätään putkityypin ulkohalkaisija (Taulukko 1) ja havainto otetaan putken päältä. MPuk -linjan sulkuventtiilit mitataan mahdollisimman tarkasti keskeltä

venttiiliä. Sulkuventtiilin molemmin puolin läheltä sulkuventtiiliä on hyvä ottaa pisteet, jolloin venttiilin kohdistus keskelle linjaa on helppoa editointivaiheessa.

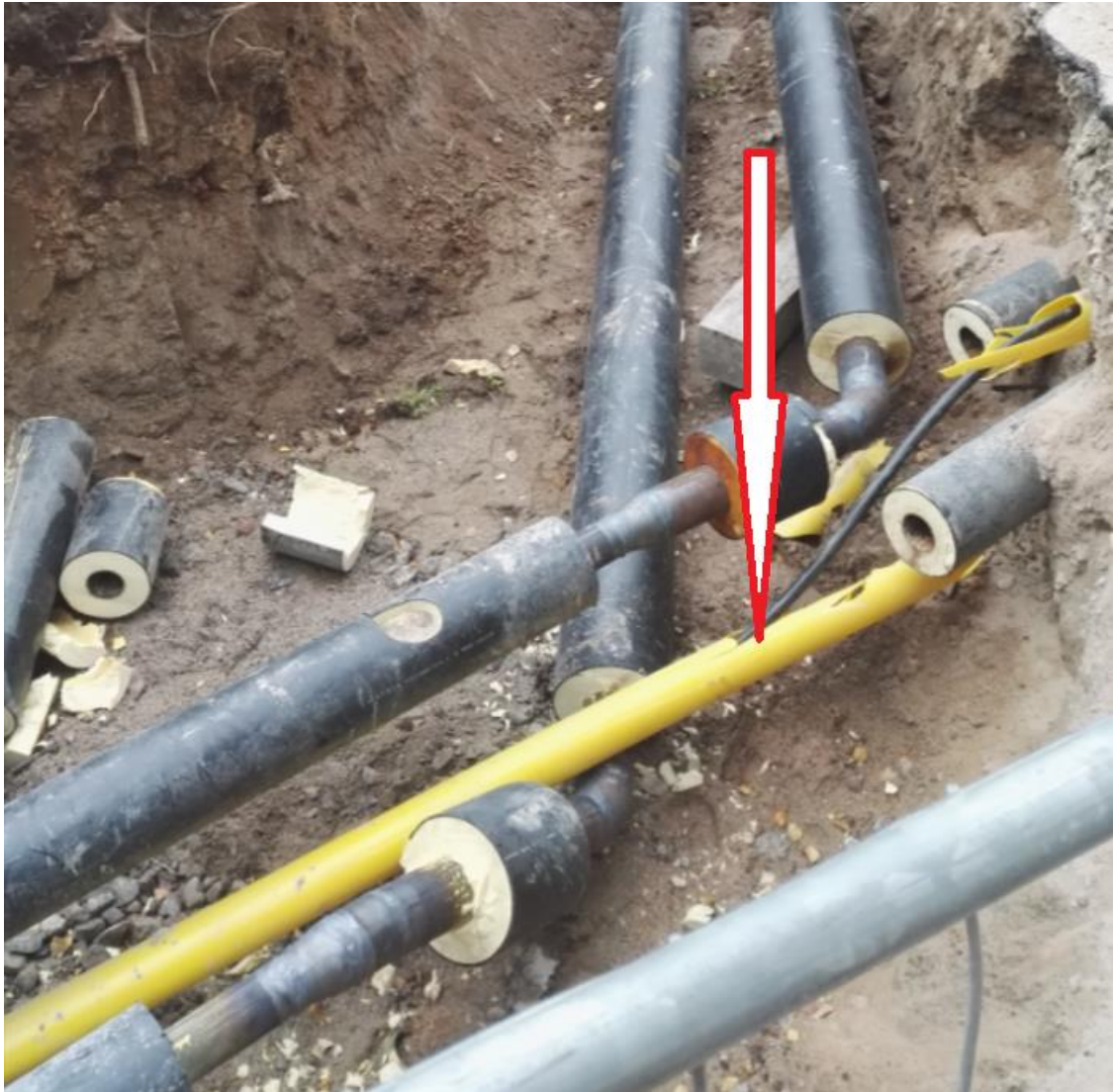
2MPuk-linjalla havainnot otetaan putkien välistä arinatasosta. Helpointa pisteet on mitata aluspuiden päältä, jolloin voi olla varma, että havainto on otettu tarkalleen arinatasosta. Esimerkiksi hiekan päällä mitattaessa kartoitussauvan pää voi upota hiekkaan ja vaikuttaa korkeuden mittaustulokseen.

2Mpuk-linjalla venttiilit eivät ole samalla kohdalla, vaan 0,5-1 metrin päässä toisistaan riippuen linjan koosta. Tällöin venttiili mitataan keskeltä venttiileitä. Venttiileistä otetaan vain yksi havainto.



Kuva 15. 2MPuk-linjan mittauskohdat

On tapauksia, joissa uuden kaukolämpölinjan virtaussuunta on eri kuin vanhalla linjalla johon uusi liitetään. Ongelma on yksinkertaisinta ratkaista niin sanotulla letityksellä (Vaara 2017). Letityksessä kaukolämpöputket risteytetään kuvan 15 mukaisesti. Tällöin tarkemittattaessa mittauspiste on linjan ulkopuolella, jotta linja piirtyy oikein karttaohjelmaan.



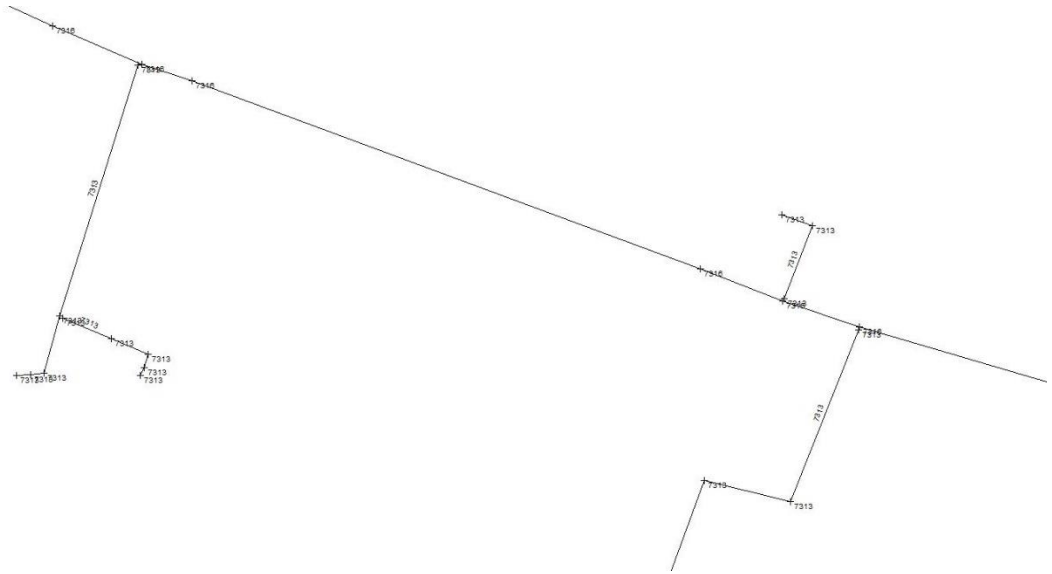
Kuva 16. KL-linjan letitys ja mittauskohta

Satelliittipaikannuksella mittaaminen rakennusten ja isojen puiden lähellä on vaikeaa. Esimerkiksi kaukolämpöputkien sisäänmenokohtat on käytännössä mahdotonta saada mitattua tarkasti. Koska kaukolämpöputket pitää mitata koko näkyvältä matkalta, on sisäänmenokohtien mittaamisessa sovellettava.

Noin 2-3 metriä ennen sisäänmenoa kaukolämpölinja tekee 90° kulman. Yleensä mittaus onnistuu jo tästä kohtaa. Viimeinen piste mitataan kulmasta ja otetaan rullamitalla mitta seinään asti. Dataa käsiteltäessä syötetään manuaalisesti piste mittauksen mukaisesti 90° kulmassa mitattuun linjaan. Pisteelle annetaan sama korkolukema kuin kulmasta mitatulle pisteelle.

4.4 Mittausdatan editointi

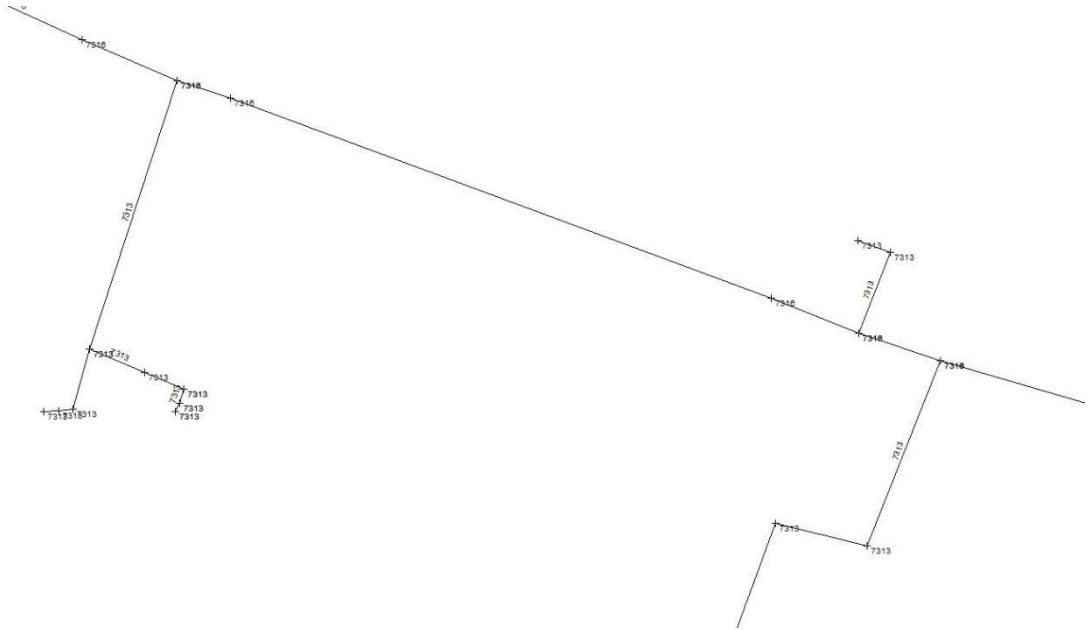
Editointi suoritetaan 3D-Win ohjelmaa. Mittaustiedosto tuodaan maastotallentimelta ”Vienti käyttäjä data” -toiminnolla. Tiedosto kirjoitetaan .gt muotoon, mikä avataan 3D-Winissä. Oikein suoritettu kaukolämpölinjan mittaus vähentää mitausdatan editoinnin tarvetta. Datan editoinnissa risteysalueen samasta kohtaa mitatut eri koodilla olevat pisteet editoidaan samalle koordinaatille, jolloin risteysalueet ovat oikean näköisiä eikä haarautuvan linjan viiva ala ”tyhjästä”.



Kuva 17. Mittausdata ennen editointia

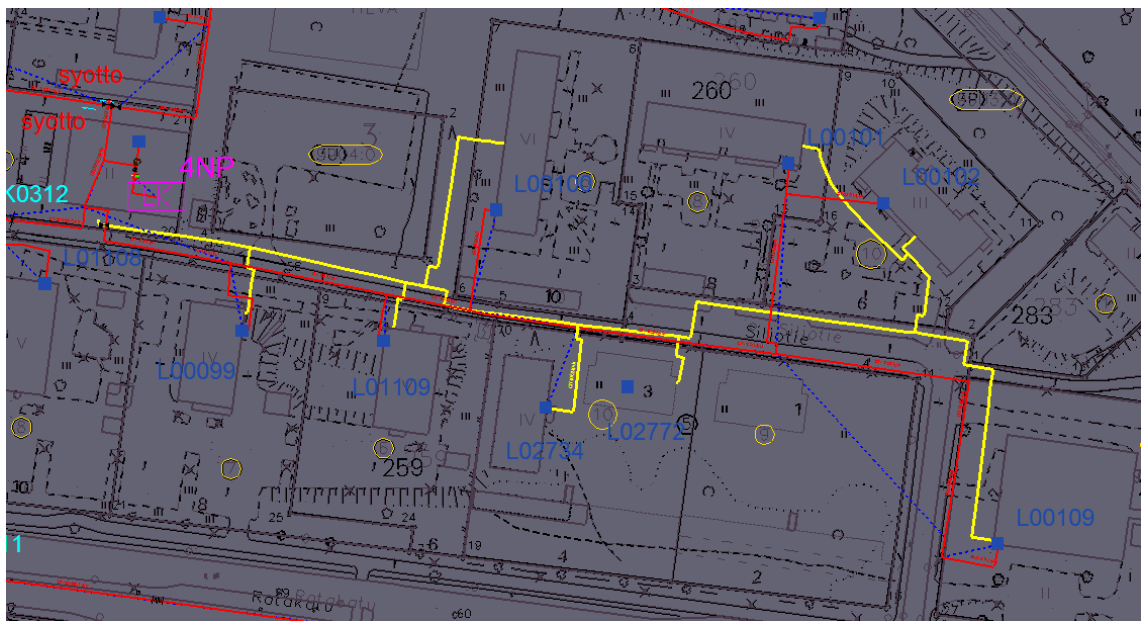
Lopputuloksena tiedoston pitää olla yhtenäinen, linjalla ei saa olla katkoja viivassa ja venttiilien on osuttava mahdollisimman tarkasti keskelle linjaa. Pisteiden koodit on myös hyvä tarkistaa vielä tässä vaiheessa.

Editoitu data kirjoitetaan .lv muotoon, mitä kutsutaan myös tielaitosformaattiin. Tiedosto nimetään riittävän kuvaavasti, esim. Ajoporontie v1, missä v1 tarkoittaa versiota. Usein urakat ovat niin laajoja, että ne on mitattava osissa. Tämän takia versionumero on oltava nähtävissä nimestä, ettei oikeaa versiota tarvitse hakea samannimisten tiedostojen seasta. Kun koko linja on kokonaisuudessaan mitattu, on kaikki versiot hyvä yhdistää samaan tiedostoon ja lähettää kokonaisuus tilaajalle.



Kuva 18. Mittausdata editoinnin jälkeen

Editoidut mittaukset lähetetään tilaajalle sähköpostilla odottamaan hyväksyntää. Yleensä tilaaja vastaa lähettämällä kuvankaappauksen tilaajan karttaohjelmaan siirretystä mittausdatasta, jossa se näkyy pohjakartan päällä punaisella tai keltaisella. Jos data näyttää tilaajan mielestä totuutta vastaavalta, se hyväksytään. Tilaaja käyttää valmista mittausdataa esimerkiksi kunnossapitotehtäviin, venttiilien etsintään ja tulevien kaukolämpölinjojen suunnitteluun



Kuva 19. Valmis linja tilaajan karttaohjelmassa (Kuva: Tapio Karvonen)

4.5 Peittotyöt ja viimeistely

Kaukolämpökaivantoon ei saa jättää kaukolämpö- tai muuta roskaa, eikä täytössä saa käyttää muutenkaan rakennusjätettä, puita, oksia, risuja, jäätä tai muuta ylimääräistä tavaraa. Täytön aloitustapoja on kahdenlaisia, riippuen arinahiekan asetusvaiheesta ja kaivuuryhmästä. (Rovaniemen energia, 13.)

Arinahiekka on kaukolämpöputken alle tuleva kivetön, seulottu hiekka. Riippumatta putkityypistä on sitä oltava taulukoiden 1 ja 2 mukaisesti vähintään 10 senttimetriä. Jos arinahiekka on asetettu ennen putkien asennusta, poistetaan vain aluspuut ja ympäröidään putkielementit hiekkakerroksella.

Jos arinahiekkaa ei ole asetettu ennen putkien asennusta ja putket lepäävät aluspuiden päällä, kaadetaan putkien väliin riittävän harvaan niin paljon hiekkaa, että putket jäävät kantamaan hiekan päälle, kun aluspuut vedetään pois. Näitä hiekkakasoja kutsutaan tartunnoiksi. Tämän jälkeen kaivinkoneella kaadetaan putkien väliin hiekkaa kauttaaltaan.



Kuva 12. Hiekkatartuntoja peittotyössä

Täyttötyöt suoritetaan kerroksittain, pitäen huolta riittävästä tiivistämisestä. Ympäristäyttöön käytetään 0-8 millimetristä routimatonta hiekkaa. Muualla kuin tiealueilla lopputäyttöön voi käyttää kaivuumaita, joista on poistettu yli 20 senttiset kivet. Täyttötyöstä jääneet kivet ja ylimääräinen maa kuljetetaan tilaajan osoittamaan paikkaan, urakoitsijan kustantamana. (Rovaniemen energia, 13.)

Hiekkatäytön ja tiivistämisen jälkeen venttiilien ympärille asennetaan joko betoni- tai muovikaivo. Hiekkaan asetetaan painekyllästetyt lankut, joiden päälle kaivo asennetaan. Venttiilien on oltava kaivossa niin, etteivät ne vastaa kaivon renkaiisiin ja ovat näin käytettävissä. Venttiilit voi asettaa samaan kaivoon, jos mahdollista.

Tiealueilla lopputäyttö on suoritettava käyttämällä vastaavia materiaaleja mistä tiealueen rakennekerrokset koostuvat. Rikkoutuneet laatat ja muut päällysteet on kunnostettava entistä vastaavaan kuntoon. (Rovaniemen energia, 13.)

Kaivanto täytetään noin 15-40 senttimetrin kerroksina tiivistäen vähintään 400 kilon tärylevyllä. Kerrokset tiivistetään täryllä niin, että ne vastaavat Infra RYL:n tiiveysvaatimuksia liikennöitävällä alueella kivennäismaalla tehdyssä lopputäytössä:

-tiiveysaste (Proctor) >90% tai

-tiiveyssuhde (Kannettavapudotuspainolaite) <2,8.

(Rovaniemen energia, 13)

Nurmikot, istutukset ja muut viheralueet on kunnostettava alkuperäistä vastaavaksi, ja hyväksyttävä joko valvojalla, alueen omistajalla tai kunnallisteknisen osaston hyväksymällä tavalla. Kiinteistöjen liittymisjohtojen kaivantoihin tehdään ainoastaan karkea soratäyttö ja tiivistys. Viimeistelytyöt hoitaa asiakas. Jos kyseessä on vuotokorjaus tai muu vastaava vanhan kaukolämmön korjaustyö, on myös vihertyöt urakoitsijan vastuulla.

Tilaaaja maksaa urakoitsijalle kestopäällysteen pohjatöistä neliöhinnan yksikköhintaluettelon mukaisesti. Asfaltin reunat on oikaistava asfalttileikkurilla. (Rovaniemen energia, 13.)

4.6 Muut huomioon otettavat asiat

Kaukolämpöurakan aikana voi ilmetä useita erinäisiä ongelmatilanteita ja työmaata hidastavia asioita. Tällaisia seikkoja ovat esimerkiksi sään tai liikenteen aiheuttamat kaivannon sortumat, veden aiheuttamat ongelmat ja muut sään aiheuttamat haitat, kuten pakkanen. Lisäksi erinäiset laiterikot voivat hidastaa työmaan etenemistä.

Kaivannon sortumat ovat harvinaisia mutta mahdollisia. Sortumisen voi estää kaivannontuennalla ja kaivannon reunojen riittävällä viistämisellä.

Kovat vesisateet aiheuttavat kaivannon tulvimisen etenkin savisella maaperällä. Lisäksi kostealla alueella tehdyt kaivannot tulvivat, koska ympäröivä maa tihkuu kaivantoon. Kaivantojen tulvimista hallitaan uppopumpuilla. Märät alueet on sallaajitettava ja suodatinkangas asennettava ennen arinahiekan laittamista.

Mittauskaluston kanssa voi ilmetä ongelmia. Keväällä urakan alkaessa GPS:n lisenssi on luultavasti vanhentunut, jolloin on soitettava leican palvelunumeroon (09) 415 40 200, tai lähetettävä sähköpostia osoitteeseen tuki.suomi@leica-geosystems.com, jolloin leica jatkaa lisenssiä. Lisenssin vanhentumisen huomaa siitä, ettei RTK-mittaus toimi.

Laitteisto voi sammua ja mittaustarkkuudet heitellä huomattavasti. Tällöin akut on vaihdettava, vaikka akun varaustaso näyttääkin olevan korkealla. Myös mittaus ajankohdalla voi olla vaikutusta mittaustarkkuuteen. Lisäksi lähistöllä olevat puut, rakennukset ja sähkölaitteet voivat häiritä mittausta.

5 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä on käyty läpi urakoitsijan työvaiheet Napapiirin Energian ja Veden kaukolämpötyömailla, sekä syvällisemmin käsitelty näiden kaukolämpöurakoiden tarkemmittausta GNSS-kalustolla. Tässä työssä kuvatut menetelmät soveltuvat ohjeeksi uusille urakoitsijan työntekijöille sekä ohjeeksi urakassa toimivalle kartoittajalle, jolla on käytössään tässä työssä esiteltyä GNSS-kalustoa vastaava kalusto.

Kaukolämpölinjojen merkkkaus ja tarkemmittaus on pitkälti yksin suoritettavaa työtä resurssien rajallisuuden vuoksi. Tämän takia työturvallisuus näyttelee suurta osaa työtä tehdessä, sillä mittaja on itse vastuussa liikenteen tarkkailusta, kun mittauksia tehdään liikenteen seassa, sekä työturvallisuudesta kaivannossa mitattaessa. Työautoa on hyvä käyttää tiealueilla mitattaessa työturvallisuuden takaajana. Autossa on hyvät hätävilkut, joiden avulla autoilijat saadaan pudottamaan vauhtiaan. Tähän ei kuitenkaan saa luottaa sokeasti vaan aina on oltava varuillaan.

Mitattaessa on pidettävä huoli riittävästä mittaustarkkuudesta. Tarkkuutta rajoittaa GNSS-paikantimen rakenteellinen tarkkuus, läheiset rakennukset ja puut, sekä mahdollisesti myös mittausajankohta. Monissa mittauskohteissa takymetrillä mittaus olisi helpompaa, sillä GNSS-paikannin ei pysty alustamaan mittausta esimerkiksi kerrostalon seinän vieressä. Tällöin tarkkuus kärsii koska mittaus täytyy suorittaa loppuun mittanauhaa apuna käyttäen. Valitettavasti takymetriä ei ole urakoitsijalla käytettävissä.

LÄHTEET

Energiateollisuus, 2016a. Kaukolämmön ABC. Energiateollisuuden julkaisema opasvihko

Energiateollisuus, 2016. Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot. Suositus L1/2016. Energiateollisuuden julkaisu, viitattu 6.2.2017
http://energia.fi/files/593/SuositusL1_2016_Kiinnivaahdotetut_kaukolampojohdot.pdf

Johtotietopankki. Viitattu 4.2.2017 <https://johtotietopankki.fi/>

Koskelainen, L., Saarela, R., Sipilä, K., 2006. Suomen lämmitysmarkkinat. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry:n julkaisu

Laurila, P., 2010. 3. painos. Mittaus- ja Kartoitustekniikan perusteet

Puolustusvoimat. Viitattu 4.2.2017. <http://puolustusvoimat.fi/kaavoitus-ja-rakentaminen>

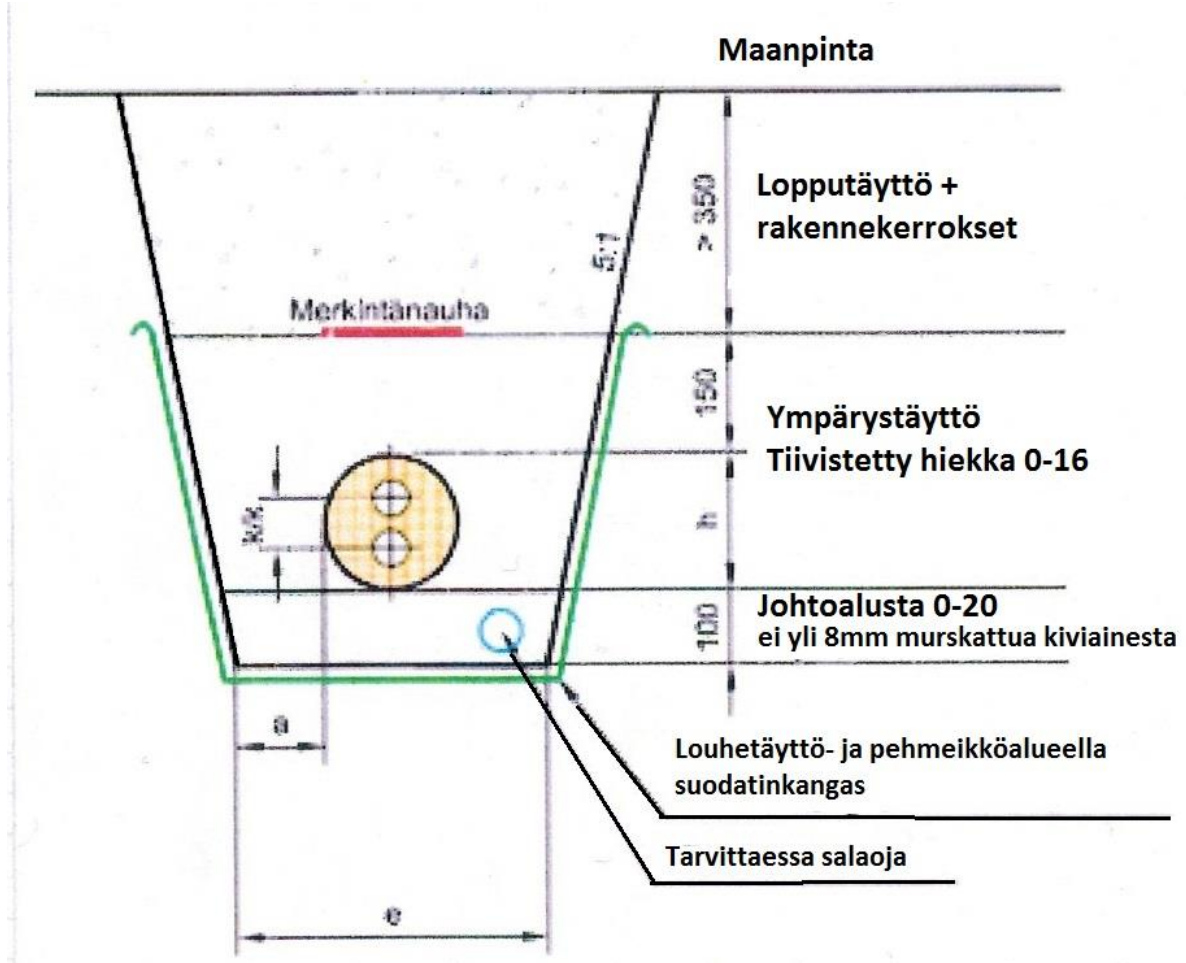
Rovaniemen Energia, 2015 Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje

Rovaniemen energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje. Liite 10. Kaukolämpölinjojen tarkemittaus työohje. 2015

Wilhelms, T., 2016. Energiateollisuuden materiaalipankki, Kaukolämpö 2015 graafeina. Viitattu 4.2.2017.
http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampo_2015_graafeina.html

Vaara, T. 2017. KVL-Tekniikan projektivastaavan haastattelu. 10.2.2017

LIITE 1. MPUK -JOHDON MITOITUSTAULUKKO



| DN | Elementti tilavuus m ³ /m | Putket | | | | Kanava | | | Täyttö m ³ /m | Kaivu m ³ /m | Pinta 1) m ² /m | Pinta 2) m ² /m |
|-----|--|----------|---------|-----------|--|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | du mm | s mm | k/k mm | Vesitilavuus dm ³ /johto-m | h mm | e mm | a mm | | | | |
| 15 | 0,02 | 21,3 | 2,0 | 40,3 | 0,47 | 160 | 550 | 200 | 0,50 | 0,54 | 0,86 | 1,26 |
| 20 | 0,02 | 26,9 | 2,0 | 45,9 | 0,82 | 160 | 560 | 200 | 0,50 | 0,54 | 0,86 | 1,26 |
| 25 | 0,025 | 33,7 | 2,3 | 52,7 | 1,33 | 180 | 580 | 200 | 0,52 | 0,57 | 0,89 | 1,29 |
| 32 | 0,031 | 42,4 | 2,6 | 61,4 | 2,17 | 200 | 600 | 200 | 0,55 | 0,61 | 0,92 | 1,32 |
| 40 | 0,031 | 48,3 | 2,6 | 67,3 | 2,92 | 200 | 600 | 200 | 0,55 | 0,61 | 0,92 | 1,32 |
| 50 | 0,049 | 60,3 | 2,9 | 80,0 | 4,67 | 250 | 650 | 200 | 0,60 | 0,70 | 0,99 | 1,39 |
| 65 | 0,062 | 76,1 | 2,9 | 96,1 | 7,76 | 280 | 680 | 200 | 0,63 | 0,75 | 1,03 | 1,43 |
| 80 | 0,078 | 88,9 | 3,2 | 113,9 | 10,69 | 315 | 715 | 200 | 0,67 | 0,82 | 1,08 | 1,48 |
| 100 | 0,125 | 114,3 | 3,6 | 139,3 | 18,02 | 400 | 800 | 200 | 0,75 | 1,00 | 1,20 | 1,60 |
| 125 | 0,196 | 139,7 | 3,6 | 169,7 | 27,56 | 500 | 900 | 200 | 0,84 | 1,23 | 1,34 | 1,74 |
| 150 | 0,245 | 168,3 | 4,0 | 208,3 | 40,36 | 560 | 960 | 200 | 0,89 | 1,38 | 0,42 | 1,82 |
| 200 | 0,395 | 219,0 | 4,5 | 264,0 | 69,27 | 710 | 1110 | 200 | 1,01 | 1,80 | 1,63 | 2,03 |
| 250 | 0,635 | 273,0 | 5,0 | 318,0 | 108,65 | 900 | 1300 | 200 | 1,13 | 2,40 | 1,90 | 2,30 |

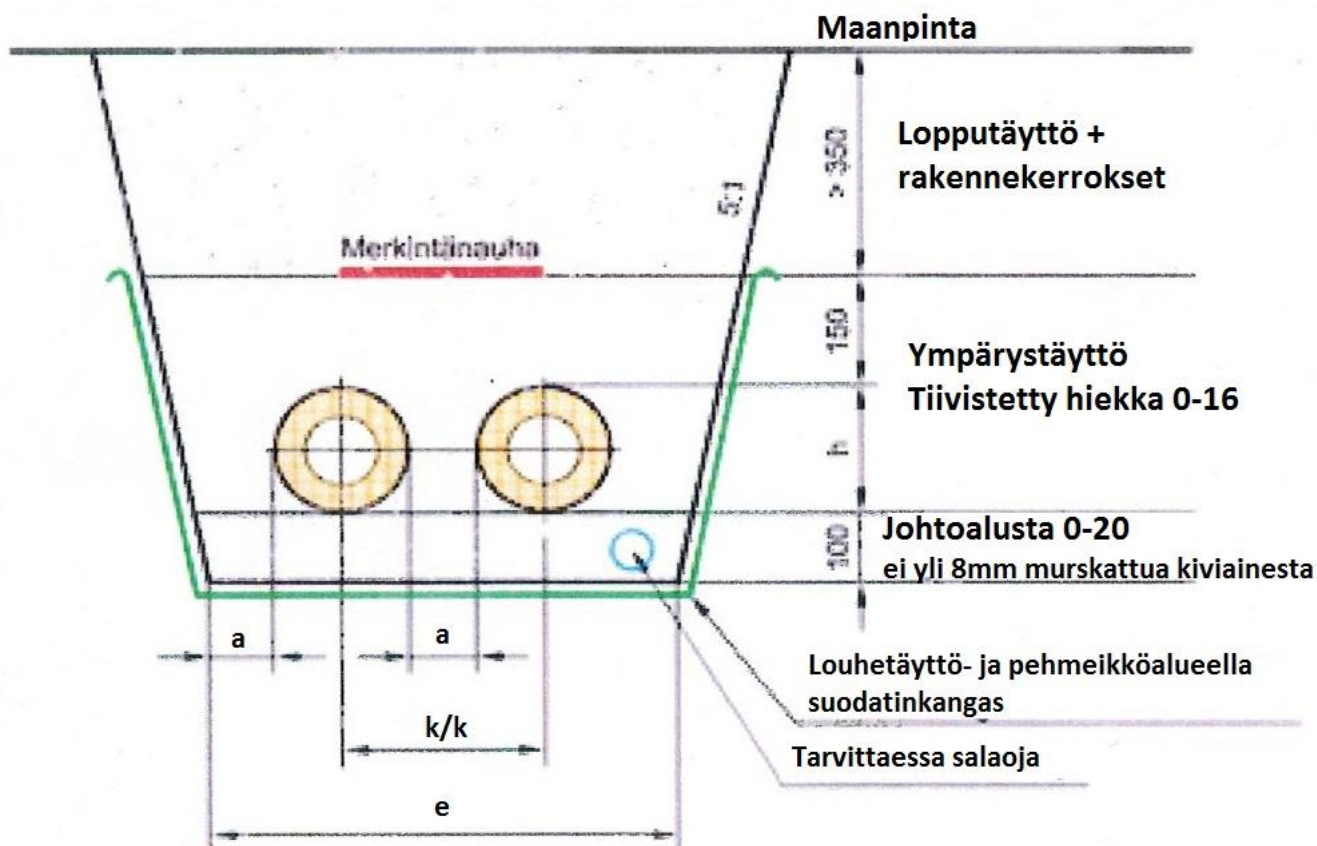
Täyttö, Kaivu ja Pinta laskettu kuvan mukaisilla minimimitoilla.

Täyttö = Rakenneteoreettinen m³/mKaivu = Kiintoteoreettinen m³/m

Pinta 1) = Kaivannon pinta

Pinta 2) = Kaivannon pinta+asfaltti 200mm

LIITE 2. 2MPUK –JOHDON MITOITUSTAULUKKO



| DN | Elementti | Putket | | | | Vesitilavuus us dm ³ /johto-m | Kanava | | | Täyttö m ³ /m | Kaivu m ³ /m | Pinta 1) m ² /m | Pinta 2) m ² /m |
|-----|-----------|-------------------------------|----------|---------|-----------|---|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | tilavuus m ³ /m | du mm | s mm | k/k mm | | h mm | e mm | a mm | | | | |
| 15 | 0,019 | 21,3 | 2,0 | 260 | 0,47 | 110 | 670 | 150 | 0,56 | 0,58 | 0,95 | 1,35 | |
| 20 | 0,025 | 26,9 | 2,0 | 275 | 0,82 | 125 | 700 | 150 | 0,59 | 0,61 | 0,99 | 1,39 | |
| 25 | 0,025 | 33,7 | 2,3 | 275 | 1,33 | 125 | 700 | 150 | 0,59 | 0,61 | 0,99 | 1,39 | |
| 32 | 0,031 | 42,4 | 2,6 | 290 | 2,17 | 140 | 730 | 150 | 0,62 | 0,65 | 1,03 | 1,43 | |
| 40 | 0,031 | 48,3 | 2,6 | 290 | 2,92 | 140 | 730 | 150 | 0,62 | 0,65 | 1,03 | 1,43 | |
| 50 | 0,04 | 60,3 | 2,9 | 310 | 4,67 | 160 | 770 | 150 | 0,66 | 0,70 | 1,07 | 1,47 | |
| 65 | 0,051 | 76,1 | 2,9 | 330 | 7,76 | 180 | 810 | 150 | 0,7 | 0,75 | 1,12 | 1,52 | |
| 80 | 0,063 | 88,9 | 3,2 | 350 | 10,69 | 200 | 850 | 150 | 0,75 | 0,81 | 1,17 | 1,57 | |
| 100 | 0,093 | 114,3 | 3,6 | 400 | 18,02 | 250 | 950 | 150 | 0,85 | 0,95 | 1,29 | 1,69 | |
| 125 | 0,123 | 139,7 | 3,6 | 430 | 27,58 | 280 | 1010 | 150 | 0,92 | 1,04 | 1,36 | 1,76 | |
| 150 | 0,156 | 168,3 | 4,0 | 465 | 40,36 | 315 | 1080 | 150 | 1 | 1,16 | 1,45 | 1,85 | |
| 200 | 0,251 | 219,0 | 4,5 | 600,0 | 69,27 | 400 | 1400 | 200 | 1,35 | 1,60 | 1,8 | 2,2 | |
| 250 | 0,393 | 273,0 | 5,0 | 700 | 108,65 | 500 | 1600 | 200 | 0,61 | 2,00 | 2,04 | 2,44 | |
| 300 | 0,493 | 323,9 | 5,6 | 760 | 153,59 | 560 | 1720 | 200 | 0,77 | 2,26 | 2,18 | 2,58 | |
| 400 | 0,792 | 406,4 | 6,3 | 910 | 243,60 | 710 | 2020 | 200 | 2,2 | 2,99 | 2,54 | 2,94 | |
| 500 | 1,005 | 508,0 | 6,3 | 1000 | 385,51 | 800 | 2200 | 200 | 2,47 | 3,47 | 2,76 | 3,16 | |
| 600 | 1,272 | 610,0 | 7,1 | 1100 | 557,60 | 900 | 2400 | 200 | 2,78 | 4,05 | 3 | 3,4 | |

Täyttö, Kaivu ja Pinta laskettu kuvan mukaisilla minimimitoilla.

Täyttö = Rakenneteoreettinen m³/m

Kaivu = Kiintoteoreettinen m³/m

Pinta 1) = Kaivannon pinta

Pinta 2) = Kaivannon pinta+asfaltti 200mm