



Kaukolämmön liittymärakentaminen Pirkanmaalla

Daniel Alsila

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infra 19I351

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

ALSILA, DANIEL:

Kaukolämmön liittymärakentaminen Pirkanmaalla
Pirkanmaalla

Opinnäytetyö 47 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyö tehtiin Pirkanmaan kaukolämpöliittymäjohtojen työmaahankkeiden etenemisen hahmottamiseksi. Kaukolämmön rakentamisessa on kaikkien työhön osallistuvien henkilöiden hyvä tiedostaa työmaiden kokonaisuus. Liittymäpuolen kokonaisuus tulee ilmi tässä työssä, jossa kerrotaan työmaiden kulku.

Opinnäytetyössä keskitytään Tampereen liittymäjohtojen rakentamisen työvaiheisiin. Esille nostetaan muun muassa Tampereen liittymäjohtojen rakentamiskäytäntöjä ja Tampereen Sähkölaitoksen vaatimuksia kaukolämmön rakentamiseen. Aiheen eri osa-alueista kerrotaan keskeisimmät asiat työturvallisuudesta ja rakentamisen näkökulmia käytännön puolelta.

Tietolähteenä työssä käytetään erilaisten kaukolämpö toimijoiden haastatteluja ja Tampereen Sähkölaitoksen energiatoimitusosaston perehdytysmateriaalia. Haastateltavia henkilöitä työhön osallistui viisi kappaletta. Tampereen kaukolämpö pääurakoitsijan Maansiirto Harry Mäkelä Oy:n puolelta haastatteluja antoi Virkki Joni, Salovaara Tapani, Räsänen Jani ja Olli Inkiläinen. Tampereen kaukolämmön tilaajan puolelta haastattelun antoi Marko Pajunen.

Opinnäytetyössä käytetään esimerkkejä valmiiksi rakennetuista kaukolämpötyömaista, joiden avulla pystytään hahmottamaan kaukolämmön rakentamiskokonaisuus paremmin. Erilaisten kaukolämmön toimijoiden kanssa järjestettyjen haastatteluiden avulla on kerätty tietoa kaukolämpö rakentamisesta. Tärkeimpänä tuloksena syntyi havainto siitä, että kaukolämmön liittymärakentamisessa tapahtuu eniten virheitä itse maanrakennustöissä, joissa on selkeästi paljon puutteita. Maanrakennustyöt ovat iso osa-alue kaukolämmön rakentamisessa, jonka vaikutus koko työmaan onnistumiseen on suuri. Kaukolämpö on isosti läsnä Tampereen rakentamista, jonka kehittämistä on hyvä jatkaa.

Asiasanat: työturvallisuus, maanrakennus, hitsaus, eristys, kaukolämpö

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil engineering

ALSILA, DANIEL:
Construction of District Heating Connections in Pirkanmaa

Bachelor's thesis 47 pages
May 2023

The thesis was carried out to outline the progress of the construction projects of district heating connection lines in Pirkanmaa. In the construction of district heating, all those involved in the work should be aware of the overall picture of the construction sites. The connection side overall is presented in this work, which describes the progress of the construction sites.

The aim of the thesis is to focus on the work phases of the construction of the connection lines in Tampere. It highlights, among other things, the construction practices of the Tampere interconnectors and the requirements of the Tampere Electricity Board for the construction of district heating. The key issues of safety at work and practical aspects of construction will be covered.

Interviews with various district heating operators and introductory material from the Tampere Electricity Board's energy supply department are used as sources of information. Five interviewees participated in the study. From the main contractor of Tampere district heating, Maansiirto Harry Mäkelä Oy, Joni Virkki, Tapani Salovaara, Jani Räsänen and Olli Inkiläinen were interviewed for this study. Marko Pajunen gave an interview on behalf of Tampere district heating.

The thesis uses examples of completed district heating construction sites to better illustrate the construction continuity of district heating. Interviews with various district heating operators have been used to gather information on district heating construction. The main finding was that the most mistakes in the construction of district heating connections are made in the earthworks sector, where there are clearly many shortcomings. Earthworks are a large area of district heating construction, which has a major impact on the success of the whole site. District heating is a major factor in the construction of Tampere, and it is important to continue to develop it.

Key words: work safety, civil engineering, welding, insulation, district heating

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TYÖMAIDEN ALOITUS	6
2.1	Luvat ja kaapelikartat	8
2.2	Aloituskatselmus.....	9
2.3	Tiedottaminen.....	10
3	MAANRAKENNUSTYÖT	13
3.1	Kanaalin tyyppipoikkileikkaus	13
3.2	Perehdyttäminen	15
3.3	Liikennejärjestelyt.....	16
3.4	Kanaalin kaivuut.....	16
3.5	Liikenne	17
3.6	Haaroitukset.....	18
3.7	Tien poikkikaivuut.....	19
3.8	Louhinta ja kiilaus.....	23
3.9	Pohjien rakentaminen.....	24
3.10	Linjan peittotyöt	27
4	HITSAUS- JA ERISTYSTYÖT.....	31
4.1	Työturvallisuus	31
4.2	Putkien käsittely	31
4.3	Hitsaus	32
4.3.1	Putkikokojen vaihto	33
4.3.2	Laadunvarmentaminen.....	33
4.4	Linjan täyttäminen	34
4.5	Haaroitukset.....	35
4.6	Mittauskeskus	36
4.7	Jatkoksien eristys.....	39
4.8	Läpiviennit	39
5	TALVEN VAIKUTUS.....	41
5.1	Kaivuut	41
5.2	Roudan sulatus	41
5.3	Putkien jako	45
6	POHDINTA.....	46
	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Tampereella rakennetaan vuosittain 6–8 kilometriä kaukolämpölinjaa, joista 2 kilometriä on liittymäjohtoja. 8 kilometrin kaukolämpölinjan rakentamiseen sisältyy, noin 100–150 kohdetta, joista liittymäkohteita on 60–80 kappaletta. Yleisimmät asiakkaat liittymäpuolella ovat rakennusliikkeet, jotka kattavat asiakkaista noin 90 %. Yksityisiä asiakkaita, kuten omakotitalon omistajia on, mutta niiden osuus on todella pieni. Tampereella yleisin putkityyppi on 2Mpuk, sillä se on kunnossapito- ja korjaustöiden kannalta helpompi ratkaisu. Tätä putkityyppiä käytetään noin 80–90 %, kun taas Mpukia vain 10–20 %. (Pajunen 16.12.2022).

Tässä opinnäytetyössä tullaan esittelemään kaukolämpöliittymäjohtojen rakentamisen kaikki erityövaiheet. Työvaiheisiin paneudutaan syvemmin pohtimalla talven vaikutusta, turvallisuuden näkökulmia, kustannus tehokkuutta ja laatua.

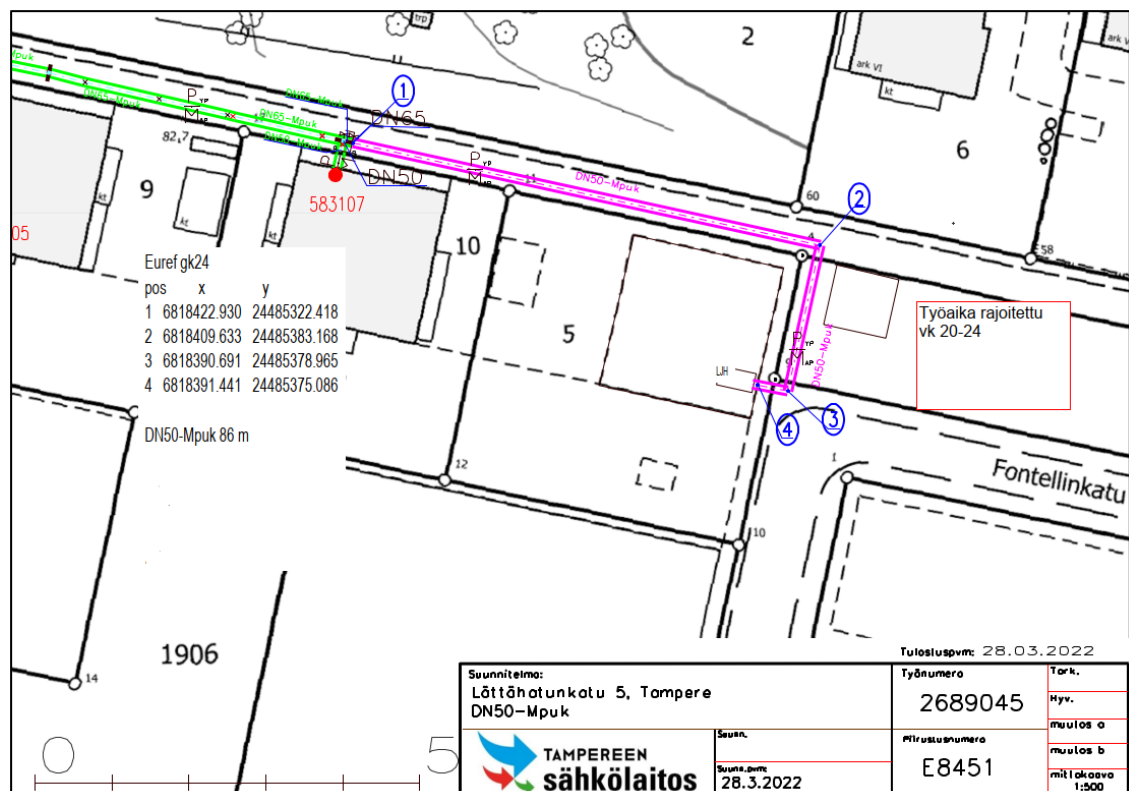
Liittymäjohtojen rakentaminen on nopeatempoista toimintaa, sillä kohteiden rakentamisaika on yleensä yhdestä viikosta neljään viikkoon. Putkivetojen metriäärä vaihtelee 4 metristä 100 metriin. Tämä tekeekin liittymäjohtojen rakentamisesta haastavaa. Mikäli samanaikaisesti on käynnissä isompi kaukolämpö työmaa, se vie resursseja liittymäpuolelta, jonka seurauksena useasti liittymärakentamisen kokonaisuuden hahmottaminen heikentyy.

2 TYÖMAIDEN ALOITUS

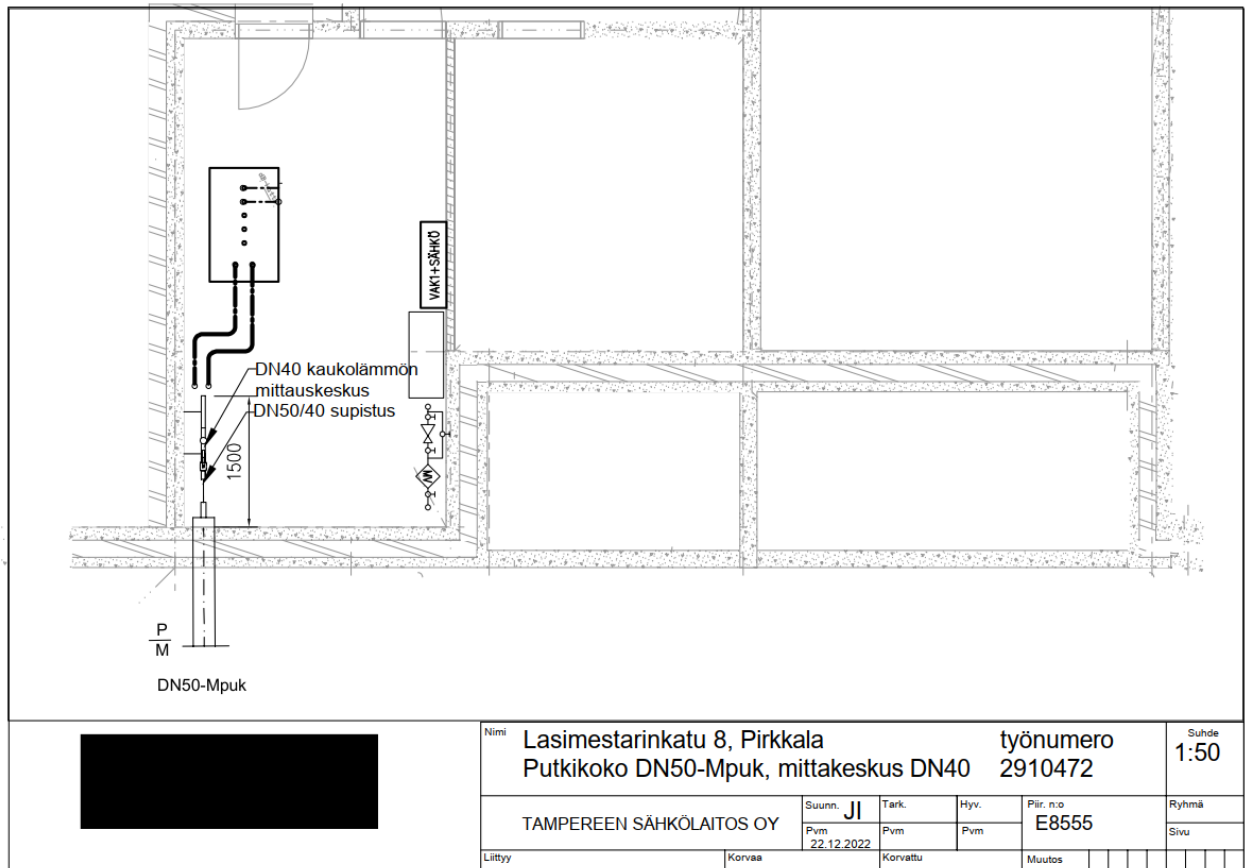
2.1 Kaukolämpösuunnitelmat

Tampereen Sähkölaitos Oy toimii Tampereella kaukolämmön rakennuttajana ja se tuottaa kaikkien kaukolämpöliittymien sisä- ja ulkopuolisten putkien suunnitelmat. Kyseisistä suunnitelmista näkee koordinaatit taitepisteille, putkimäärät, putkikokoon, käytetyn materiaalin, kohteen yhteyshenkilön ja kohteen sijainnin. Koordinaattijärjestelmä, jota suunnitelmissa käytetään, on Euref gk24.

Suunnitelmista katsotaan putkien koko, putkimalli ja kuinka monta juoksumetriä putkea kohteeseen on menossa. Tämän jälkeen tarkastetaan kohteen putkien saatavuus. Mikäli putkea ei ole saatavilla keskusvarastossa, joudutaan putkea tilaamaan kohteelle oikea määrä.



KUVA 1. Lättähatunkatu 5 kaukolämpösuunnitelma (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022)



KUVA 2. Lasimestarinkatu 8 sisäjohtojen suunnitelma (Tampereen Sähkölaitos Oy 2022)

2.1 Luvat ja kaapelikartat

Tampereella kaukolämpötöiden ohella ei tarvitse hakea muita lupia kuin katuluvan hakeminen lupapisteestä. Lupapisteeseen täytetään tarvittavat tiedot hakijasta ja henkilöstä, joka vastaa työstä. Lupapisteeseen tulee myös pakollisena liittää asemakuva ja tilapäinen liikennejärjestelysuunnitelma.

Kaapelikartat tilataan kohteen sijainnin mukaan, mutta Tampereella sähkökaapeleiden omistajana toimii Tampereen Vera Oy. Hakemus jätetään Tampereen Veran sivuille, jonka jälkeen kaapelikartta lähetetään sähköpostiin. Muiden operaattoreiden, kuten DNA:n, Elisan ja Telian johtokartat saadaan kaivuuluvasta tai johtotietopankista.



KUVA 3. Teerentien työmaalle merkattu sähkökaapelit maastoon keltaisella merkkimaalilla ja sinisellä merkkimaalilla tuleva kaukolämpölinjan keskipiste

2.2 Aloituskatselmus

Aloituskatselmuksen ajankohdan ilmoittaa rakennuttaja, joka on sopinut kyseisen kohteen yhteyshenkilön kanssa katselmuspäivän. Katselmuksessa käydään paikan päällä maastossa katsomassa tulevaa kohdetta. Katselmuksen päätarkoituksena on perehtyä työmaahan syvällisemmin ja sopia rakentamisen aloituspäivä, lämmöntoimitus ja lopetuksen ajankohta.

Aloituskatselmuksesta tehdään aloituskatselmuspöytäkirja, joka lähetetään hyväksyttäväksi tilaajalle. Katselmuksella on iso hyöty rakentamisen kannalta. Katselmuksesta pystyy arvioimaan, tuleeko ylimääräisiä aikaa vieviä työvaiheita. Aloituskatselmus on ensimmäinen kosketus asiakkaaseen, jolloin on hyvä kysyä mahdollisuudesta läjittää tulevat kaivuumaat lähistölle.

18.2.2023

Muistio: aloituskatselmus ✓

Organisaatio: Tampere - Energianjakeluverkot

Projekti: 001209 Suokorvenkatu 1

Asiakas: Tampereen Sähkölaitos Oy

Urakoitsija: Maansiirto Harry Mäkelä Oy Toimihenkilöt

Tarkastaja: Daniel Alsila (daniel.alsila@maansiirtomakela.fi)

Päivämäärä: 10.2.2023 9.04

Yleistä ✓ 1/1

1. Päätoteuttaja
MHM



2. Rakentaja sitoutuu aikatauluun

3. Tulityöluvan antaja

4. Huomioita suunnitelmasta

Muuta

1. Aloitusviikko

2. Arvioitu valmistusviikko
lämmön toimitus viikolla 10

3. Kuittaukset

✓ Jari Ihantola (jari.ihantola@sahkolaitos.fi)

4. Muut huomiot
Z kulman paikka vaihdetaan

Tarkastaja: Daniel Alsila (daniel.alsila@maansiirtomakela.fi)

Allekirjoitus

10.2.2023

Päivämäärä

KUVA 4. Suokorvenkatu 1 Aloituskatselmuspöytäkirja

2.3 Tiedottaminen

Mikäli kaukolämpötyömaa aiheuttaa kulkuhaittaa tai meluhaittaa, tulee työmaan läheisyydessä olevia kiinteistöjä tiedottaa asiasta. Tiedotuksessa tulee ilmoittaa työmaan aloituspäivä, töiden kesto, työmaasta vastaavan henkilön yhteystiedot, kulkureittien muutokset ja selvennys kulkujen toteutuksesta työmaan aikana. Lisäksi tiedotteeseen on hyvä liittää kartta, jossa näkyy kulkureitit mahdollisimman selkeästi. Tiedotteet tulee toimittaa kiinteistöille viimeistään viikkoa ennen töiden aloittamista. Tiedotteilla on iso merkitys kaukolämpötöissä, sillä se selventää läheisyydessä asuville ihmisille työmaan toiminnasta, jolloin yleisesti ihmiset myös suodattavat työt ja niistä aiheutuvat seuraukset paremmin.



TIEDOTE

11.8.2022

Tampereen Sähkölaitoksen Oy:n tilauksesta Maansiirto Harry Mäkelä Oy rakentaa kaukolämpölinjaa Irjalankatu 7 (Mänty-Jukolaan ja Honka-Jukolaan). Kulku kaivantojen yli tapahtuu kulkusiltojen kautta.

Mänty-Jukolan työt alkaa viikolla 33 ja päättyy arviolta viikolla 37.

Honka-Jukolan työt alkaa viikolla 34 ja päättyy arviolta viikolla 37.

Pahoittelemme työstä aiheutuvaa häiriötä.

Rakentavin terveisin

Daniel Aisla

Kalle Lindholm

Työnjohtajat

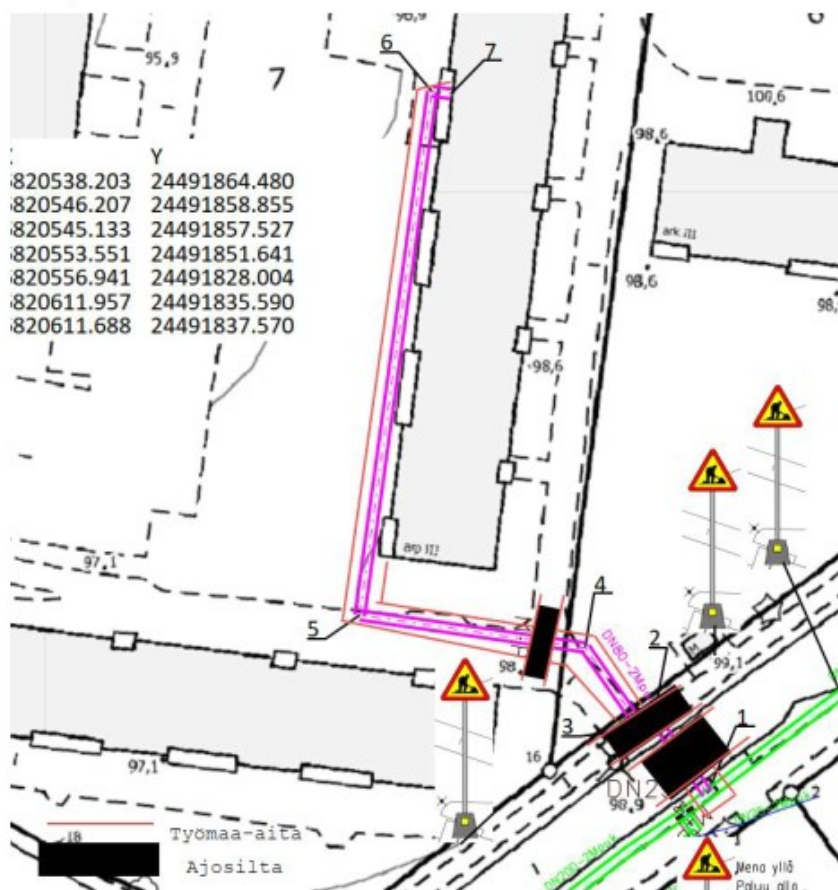
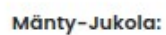
Maansiirto Harry Mäkelä Oy

p. 040 5168061 (Daniel)

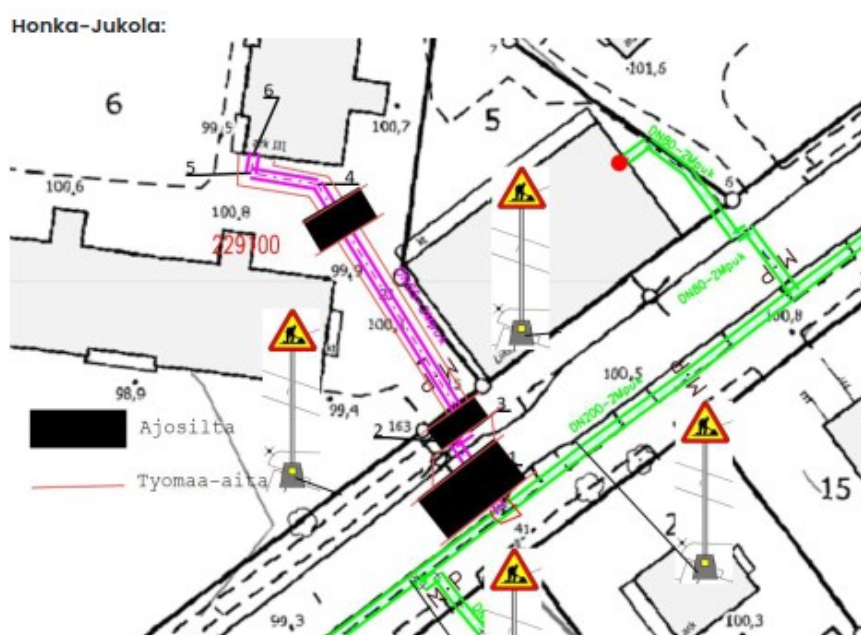
p. +358 41 7307261 (Kalle)

daniel.aisla@maansiirtomakela.fi

kalle.lindholm@maansiirtomakela.fi



KUVA 6. Irjalankatu 7 tiedote (Maansiirto Harry Mäkelä Oy 2022)

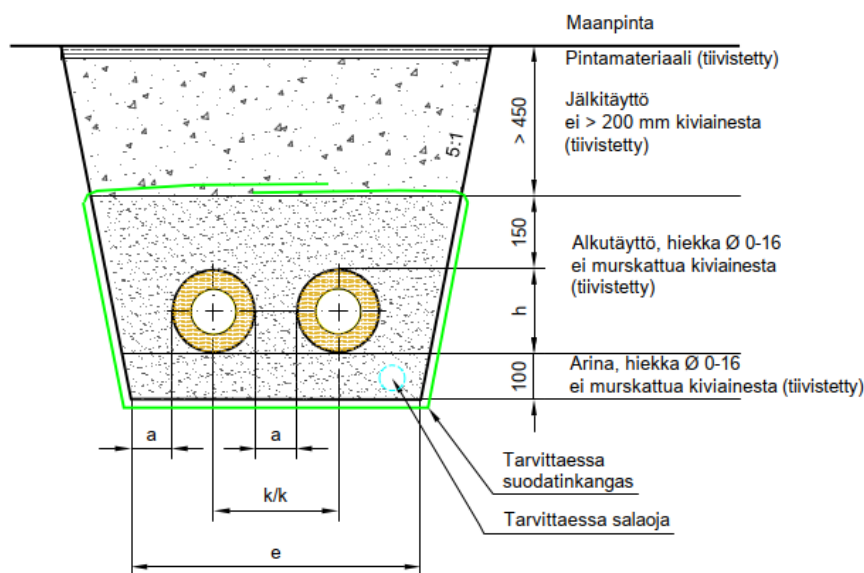


KUVA 7. Irjalankatu 7 tiedote (Maansiirto Harry Mäkelä Oy 2022)

3 MAANRAKENNUSTYÖT

3.1 Kanaalin tyypipoikkileikkaus

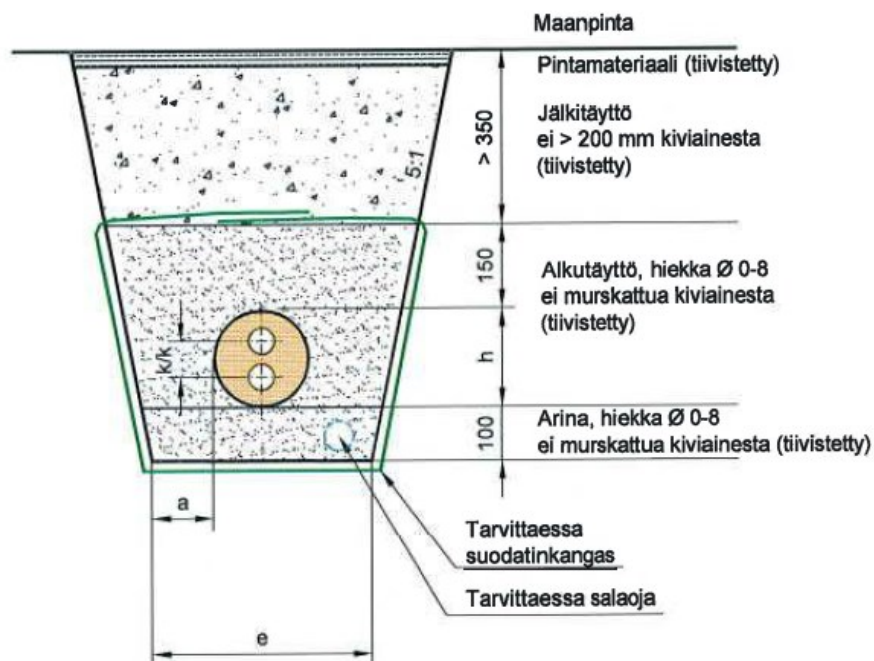
Kaukolämpökaivannot tulee toteuttaa Tampereen Sähkölaitoksen Oy:n tyypipoikkileikkausten mukaisesti. Jokaisella kaukolämpöputkityypillä on oma tyypipoikkileikkaus, josta näkee eri maamassoja määrät. Putkikokoina liittymärakentamisessa käytetään DN15-DN80 ja putkityypit voivat olla 2Mpuk tai Mpuk. 2Mpuk-putkessa on teräsputki, jonka ympärillä on polyuretaaninen eriste. Mpuk-putkessa on kaksi teräsputkea, joiden ympärillä on polyuretaanin eriste.



Kuvio 1. 2Mpuk tyypipoikkileikkaus (Tampereen Sähkölaitos Oy 2019)

Taulukko 1. 2Mpuk tyypipoikkileikkauksen arvot (Tampereen Sähkölaitos Oy 2019)

DN	Putki SFS-EN 253			Johto L1/2020			Kanava		Täyttö	Kaivu	Pinta
	du (mm)	s (mm)	vesitilavuus (m ³ /jm)	h / PEH Ø (mm)	tilavuus EL3 (m ³ /jm)		e (mm)	a (mm)	Rtr m ³ /m	Ktr m ³ /m	m ² /m
25	33,7	2,6	0,00128	125	0,0245		700	150	0,69	0,71	1,03
40	48,3	2,6	0,00292	140	0,0308		730	150	0,73	0,76	1,07
50	60,3	2,9	0,00467	160	0,0402		770	150	0,77	0,81	1,11
65	76,1	2,9	0,00776	180	0,0509		810	150	0,82	0,87	1,16
80	88,9	3,2	0,01069	200	0,0628		850	150	0,86	0,93	1,21
100	114,3	3,6	0,01802	250	0,0982		950	150	0,98	1,08	1,33
125	139,7	3,6	0,02758	280	0,1232		1010	150	1,06	1,18	1,40
150	168,3	4,0	0,04036	315	0,1559		1080	150	1,15	1,30	1,49
200	219,1	4,5	0,06934	400	0,2513		1400	200	1,53	1,78	1,84
250	273,0	5,0	0,10865	500	0,3927		1600	200	1,80	2,20	2,06
300	323,9	5,6	0,15359	560	0,4926		1720	200	1,99	2,48	2,22
400	406,4	6,3	0,24360	710	0,7918		2020	200	2,45	3,25	2,58
500	508,0	6,3	0,38551	800	1,0053		2200	200	2,74	3,75	2,80
600	610,0	7,1	0,55760	900	1,2723		2400	200	3,08	4,35	3,04
700	711,0	8,0	0,75873	1000	1,5708		2900	300	3,94	5,51	3,58
800	813,0	8,8	0,99378	1100	1,9007		3100	300	4,33	6,23	3,82



Kuvio 2. Mpuk tyyppipoikkileikkaus (Tampereen Sähkölaitos Oy 2019)

Taulukko 2. Mpuk tyyppipoikkileikkauksen arvot (Tampereen Sähkölaitos Oy 2019)

DN	Elementti	Putket				Kanava				Täyttö	Kaivu	Pinta 1)	Pinta 2)
	tilavuus m³/m	d_u mm	s mm	k/k mm	vesitilavuus dm³/jm	h mm	e mm	a mm		m³/m	m³/m	m²/m	m²/m
25	0,025	33,7	2,3	52,7	1,33	180	580	200		0,52	0,57	0,89	1,29
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	80,3	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	114	10,69	315	715	200		0,67	0,82	1,08	1,48

3.2 Perehdyttäminen

Ennen töiden aloittamista, perehdytetään kaivuuryhmä työmaakohtaisesti. Perehdytyksessä tulee kertoa ryhmälle muut maanalaiset tekniikat, jotka tulevat uuden kaukolämpö linjan tielle. Yleisimmät tekniikat mitä kaukolämpöliittymä töissä tulee vastaan ovat maakaasu, sähkö- ja telekaapelit. Kaukolämmön liittymärakentamisessa ei yleensä tarvitse erikseen huomioida vesijohtoja, sillä kaukolämpöliittymän johdot asennetaan metrin syvyyteen tulevasta maanpinnasta. Sähkö- ja telekaapeli merkinnät tulee tilata jo mainittujen lupien ja kaapelikarttojen mukaisesti. Kaapelikartat tulee tulostaa A3 kokoiseen paperiin, jotta oikeat mitat toteutuvat myös maastossa. Tulostetut kaapelikartat tulee toimittaa kaivuuryhmälle ja karttojen kuuluu kulkea kaivuuryhmän mukana aina kun kaivetaan kaukolämpökanaalia.

Kaivuuryhmään pitää kuulua pyöräalustainen kaivinkone, perämies ja kuorma-auto. Kaivuuryhmään osallistuvalla henkilöllä täytyy olla ammattipätevyys kyseiseen työhön. Kaivuuryhmällä tulee myös olla kaapelitutka kaivuutöitä tehdessä. Pyöräalustainen kaivinkone on liittymärakentamisessa ehdoton, sillä työmaat vaihtelevat nopeatempoisesti ja tällöin säästytään ylimääräisiltä lavettikuljetuksilta.

Perehdyttämisen yhteydessä tehdään kyseisen työmaan kaivinkoneelle käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksessa tarkastetaan määräaikaishuollot, työkoneen hallinta- ja turvalaitteet, öljynimeytysaineen saatavuus, peilit, peruustutka, ensiapulaukku, alkusammuttimet, kaivinkoneen letkut, kaivinkoneen hydraulikka, valot, vilkut, heijastimet, tukijalkojen toimivuus ja työskentelevien ihmisten pätevyydet.

3.3 Liikennejärjestelyt

Ennen varsinaista kaivuuta pitää huomioida turvallisuus ja tehdä työmaakohtaiset liikennejärjestelyt. Liikennejärjestelyt hyväksytään Tampereen katulupa -lupahakemuksessa, jonka mukaan liikennejärjestelyt ovat alun perin työmaalle tehty. Jokaiseen työmaata lähestyvään suuntaan on asennettava tietyömerkki ja nopeusrajoitus, mikäli työmaa nopeusrajoitusta vaatii. Liikennejärjestelyitä tehdessä on hyvä muistaa aidata varikkoalue, jotta kaukolämpöputket ja työssä käytettävät ajosillat ovat aidatun alueen sisäpuolella suojassa.

3.4 Kanaalin kaivuu

Kaivuutyöt tulee aina toteuttaa Tampereen Sähkölaitos Oy:n tyyppipoikkileikkausten mukaisesti. Kaukolämpökaivanto tulee kaivaa siten, että kaivantoon jää tarpeeksi tilaa putkien jatkoksien hitsaukseen ja eristykseen. Mikäli kaivantoon ei jätetä tarpeeksi leveyttä jatkoksien kohtiin, tulee eristys- ja hitsaustöistä mahdottomia toteuttaa. Kaivanto tulee aina olla aidattuna työmaa-aidalla. Liikenteenpuoleinen suojaus tulee olla vähintään K2-suojausluokan mukainen. (Salovaara 10.1.2023).

Kaivannon maamassoja ei saa läjittää kaivannon viereen tai työmaalle turvallisuuden vuoksi. Maamassat tulee kaivaa suoraan kaivannosta kuorma-auton lavalle. Kaivetut maamassat läjitetään työmaan ajaksi läjitysalueelle. Läjitysalue tulee olla mahdollisimman lähellä työmaata, jotta kaivuunopeus ei hidastuisi merkittävästi kuljetusten takia. Läjitysalueen ja työmaan etäisyys tulisi olla maksimissaan 30 minuutin ajomatkan päässä, jotta prosessi sujuu kahden kuorma-auton avulla mutkattomasti. Tämä tarkoittaa sitä, että yhden kuorma-auton kuljettaessa maamassaa pois työmaalta, on toinen kuorma-auto jo lastauksessa.

3.5 Liikenne

Verrattain usein työmaat liittymärakentamisessa sijoittuvat vilkkaille liikennealueille. Tämän takia työmaan ympärillä oleva muu liikenne lisää työturvallisuusriskejä kaivuutöissä. Työmaa tulee olla aina selkeästi rajattuna muusta liikenteestä, tällöin varmistutaan ylimääräisiltä osapuolilta työmaalla. Liikenteen ja siitä aiheutuvan työturvallisuusriskin vuoksi on hyvä aidata kaivanto jo alussa, vaikka kaivanto ei olisi vielä auki. Toisinsanoin kaivannon aitaaminen ennen kaivamista nostaa merkittävässä määrin työturvallisuutta ja nopeuttaa kaivuu prosessia. Tällöin maanrakennustyöntekijän ei myöskään tarvitse nousta aina aitaamaan kaivannon reunaa kaivuumentrien edetessä.

Kaivuumaita lastatessa tulee ottaa huomion puomin kääntösuunta. Kauhaa tulee pyörittää pois päin ihmisten ja liikenteen suunnasta. Tällöin turvataan muiden osapuolien turvallisuus kaivuutöissä. Mikäli kauha joudutaan pyöryttämään liikenteen kautta, tulee kaivuutöiden ajaksi ottaa liikenteenohjaaja. Liikenteenohjaaja keskeyttää liikenteen hetkellisesti tien lastauksen ajaksi.

Yleisin syy turvallisuushavainnoille on aitauksien puutteellisuus. Tämä johtuu usein siitä, miten kuorma-auto saapuu tai poistuu työmaa-alueelta. Tähän osaluokeseen tulee työryhmän kiinnittää erityistä huomiota. Kuorma-auton poistuesssa työmaalta, tulee aina muistaa laittaa työmaa-aidat kiinni.

3.6 Haaroitukset

Kaukolämpöliittymäjohtojen yleisin käyttöönottopa on liittämällä ne olemassa olevan linjan kyljestä. Tämä olemassa oleva johto on yleensä jakojohdo. Liittymäjohtot voidaan myös liittää päärunkojohtoon, mutta lähtökohtaisesti se on jakojohdo. Haaroituksen kaivuussa täytyy huomioida erityisesti tarpeellinen maamassojen kaivu. Haaroituksen keskipisteestä tulee kaivaa tarvittavat maamassat pois eristystöitä varten, sivuille ja ympärille. (Virkki 24.3.2023). Tällöin haaroituskohtaan jää riittävästi tilaa jokaiseen suuntaan, jonka jälkeen hitsaus- ja eristystyöt voidaan suorittaa kustannustehokkaasti. Haaroituskohdissa tapahtuu eniten vajanaisuuksia kaivuussa, joka aiheuttaa lisäkaivuuta tai pakollista uudelleenkaivuuta vajanaisuuksien korjaamiseksi. Mikäli haaroituskohta ei ole oikeaoppisesti kaivettu, aiheuttaa se huomattavia lisäkustannuksia ja muutoksia aikataulussa. Tämän takia haaroituksen kaivaminen on tärkeä osa kaukolämpöliittymien rakentamisessa.



KUVA 8. Koulutie 6 Haaroitus kohtaan kaivettua tarpeeksi työtiloja

3.7 Tien poikkikaivu

Liittymäkaivuussa päädytään useasti kaivamaan tien poikkilinjaa. Poikkikaivuussa joudutaan monesti säilyttämään toinen kaista liikenteelle ja tällöin on kaivanto kaivettava yksi kaista kerrallaan auki. Ensimmäistä kaistaa kaivaessa ohjataan liikenne kaistalta toiselle. Kun ensimmäinen kaista on saatu kaivettua, asennetaan kaivannon yli ajosillat. Seuraavaan kaistan kaivuussa ohjataan liikenne toisen kaistan ajosiltojen ylitse. Viimeisen kaistan kaivuun valmistuessa asennetaan koko poikkilinjan kohdalle ajosillat yhteen.

Tilanteissa, joissa ajosillat eivät sovellu tilan tai muun syyn seurauksesta kohteelle, voidaan asentaa poikkilinjan kohdalle suojaputki. Suojaputki tulee olla SN8 rumpuputki. (Virkki 24.3.2023). Suojaputken asennuksessa liikenne keskeytetään ja ohjataan kiertoreitille töiden ajaksi. Tämä vaatii siis työluvan hakemista tölle kyseisen kohteen katuluvan myöntäjältä. Ennen suojaputken asentamista tarkistetaan putken kunto. Jos kunto todetaan moitteettomaksi, asennetaan se poikkilinjan kohdalle oikeaan korkoon. Tämän jälkeen suojaputken päälle sijoitetaan kaivettu maamassa, joka ajetaan maantiivistyskoneella maatiiviiksi. Maantiivistämisen jälkeen asennetaan vielä öljysora pintaan tiivistettynä. Kun suojaputki on paikoillaan ja liikenne saatu taas avattua, voidaan kaukolämpöputki sujuttaa suojaputkesta läpi.

Kaivuutyöt tulee aina suorittaa vähäisillä ympäristövaikutuksilla. Kaukolämpöliittymä kaivuut sijoittuvat useimmiten liikenteen ja ihmisten läheisyyteen, joten kaivantojen yli on tehtävä turvallinen kulku. Ajoradoilla ja kevytliikenneväylillä on ylitys tehtävä teräksisillä ajosilloilla. Ajosilloja saa pituuksilla 4,6,8 ja 10 metriä.

Yleisin ajosillan pituus, jota liittymäkaivuussa käytetään, on 6 metrin ajosilloja, joilla ajosiltaa jää kantavan maan varaan 3 metriä molemmista päistä. Ajosillat tulee kiinnittää pulteilla yhteen, jotta ajosillat pysyvät tukevasti kiinni toisissaan. Vaikka ajosiltojen päätyihin on tehty luiskat, joudutaan silti niiden päihin asentamaan öljysoraa luiskaten. Öljysoran tarkoituksena on mukavoittaa kulkua siltojen yli ja tällä työvaiheella vältetään ylittävien kulkuneuvojen rikkoutuminen.

Liittymäkaivuussa tulee huomioida myös työmaan läheisyydessä olevat kiinteistöt. Kiinteistöihin tulee järjestää esteetön kulku. Mikäli kaivanto tulee kiinteistön eteen, joudutaan kaivannon yli asentamaan kulkusilta.



KUVA 9. Sydänpuunkatu 12 työmaan risteyksen poikitus 6 metrin ajosilloilla



KUVA 10. Lyyranpyrstö 2 työmaan poikituksen SN8 suojaputki



KUVA 11. Lyyranpyrstö 2 suojaputkenpää eristettynä ja suojattuna

3.8 Louhinta ja kiilaus

Mikäli kaivantoa kaivaessa tulee maaperän takia kalliota vastaan, jonka seurauksena tyypipoikkileikkauksen mukainen peittosyvyys kaukolämpöputkelle ei täyty, joudutaan kyseinen kohta louhimaan pois. Rakentaessa liittymäjohtoja työskennellään yleisimmin kiinteistöjen läheisyydellä, joten kalliota joudutaan irtottamaan kiilaamalla. Kiilausta käyttämällä vältetään louhinnan aiheuttamasta tärinästä. Kiilaus sopii paremmin kohteisiin, joissa joudutaan olemaan talojen välittömässä läheisyydessä.



KUVA 12. Sydänpuunkatu 12 kaukolämpölinjan tiellä kallion nokkia

3.9 Pohjien rakentaminen

Kaukolämpökaivantojen arinat tehdään suojahiekalla 2-Mpukilla ja 0–16 raekoon hiekalla. Mpukki puolestaan tehdään 0–8 raekoon hiekalla. Arinoita tehdessä tulee ottaa huomioon jatkosten kohdille tarpeellinen työtila. Jatkosten kohdille saadaan tarpeeksi työtilaa hitsauksille ja eristyksille rakentamalla hitsausmonttu. Hitsausmonttuja tehdessä tulee tiivistää arinahiekka ennen putkien asennusta. Hitsausmonttuun tehdään metrin verran tilaa jatkosten molempiin suuntiin ja jatkosten alle tehdään 200 millimetrin työtila, joka on pedattu hiekalla. Mikäli työtilaa ei tehdä jatkosten kohdille tarpeeksi käyvät hitsaus- ja eristystyöt mahdottomiksi.

Poikkeuksia, jolloin kaukolämpö kaivantoon asennetaan suodatinkangas N3 arinan alle ovat louheinen maasto tai savinen maasto. Suodatinkankaan asentaminen estää hiekan sekoittumista louhikkoon tai saven sekaan.



KUVA 13. Sydänpuunkatu 12 hitsausmontut



KUVA 14. Sydänpuunkatu 12 hitsausmontut kaukolämpöputkilla

3.10 Linjan peittotyöt

Linjaa peittäessä tulee käyttää aina samaa suojahiekkaa kuin arinaa tehdessä. Kaukolämpölinjaa ei saa peittää ennen kuin jatkokset ovat eristetty ja linja on täytetty vedellä. Linjan tulee olla täytettynä vedellä ennen peittotöitä, sillä linjan täytyy saada otettua lämpöliike vastaan. Kaukolämpölinjan putkien suojakuoret täytyy myös tarkistaa ennen täyttöä. Mikäli putkiensuojakuoret ovat vaurioituneet töiden ohella, on vaurioituneet kohdat korjattava välittömästi. Vaurioita voivat olla suojakuoren painuminen tai suojakuoreen muodostuneet halkeamat ja reiät. Mikäli vaurioitunutta kohtaa ei korjata ennen peittoa, aiheuttaa se putken vuotamisen jo alle vuoden kuluessa rakentamisesta.

Kaukolämpöputki suojataan kokonaan ympäriltä suojahiekalla. Mikäli kaivantojen reunat ovat sortuneet, on suojahiekan asennuksen yhteydessä poistettava suurimmat kivet ja maamassat. Suojahiekan kerroksen paksuus tulee standardina olla 150 mm sivuilta ja päältä. Kun suojahiekka on sijoitettu putken ympärille, on hiekka vielä tiivistettävä maantiivistyskoneella. Maantiivistyskone saa olla maksimissaan 90 kg, jolloin tärylevyn aiheuttama tärinä ei vaurioita putkea. Tiivistetyn hiekan päälle asennetaan violettinen kaukolämmön varoitusnauha, jonka jälkeen voidaan aloittaa täyttömaan laittaminen. Suojahiekan päälle kuuluu aina tehdä olemassa olevan tienrakenteen mukaiset rakennekerrokset tiivistettynä. (Inkiläinen 24.3.2023).

Kohdissa, joissa peittosyvyys jää vajaaksi, voidaan asentaa suojahiekan päälle teräslevy tai teräsbetoninen laatta. Peittosyvyyden vajanaisuus johtuu useasti 2-Mpuk linjan haaroituskohdasta, jossa toinen poraventtiili on jouduttu asentamaan putken yläpuolelta tai kaukolämpölinja on jouduttu rakentamaan maanalaisen tekniikan yli. Teräslevy tilataan aina työmaa- ja tilannekohtaisesti. Myös teräsbetoni laatta tehdään aina tilanteen mukaan.



KUVA 16. Teräsbetoni laatan muotti



KUVA 17. Teräsbetonilaatta asennettuna



KUVA 18. Heittoniitynkuja 10 kaukolämpölinjan suojahiekan päälle on asennettu kaukolämmön varoitusverkko

4 HITS AUS- JA ERISTYSTYÖT

4.1 Työturvallisuus

Hitsaustyössä tapahtuu eniten työtapaturmia verrattuna muihin työvaiheisiin. Tämän takia ennen hitsaustöiden aloittamista on tarkastettava hitsaajien työkoneet ja turvavarusteet. Hitsaustöissä tulee aina käyttää palonkestäviä turvavaatteita ja pitkiä housuja. Kaukolämpötyömailla työskennellään kuuman veden ja kipinöiden läheisyydessä, joten oikeaoppisilla työvarusteilla ehkäistään työtapaturmia ja palovammoja.

4.2 Putkien käsittely

Kaukolämpöputkia kuuluu käsitellä varoen, sillä suojakuoren vaurioituminen aiheuttaa vuotokohtia jo vuoden sisällä virheellisestä käsittelystä. Putkia saa nostaa ainoastaan kouralla tai nostoliinoilla, jotka ovat sijoitettuna putken keskikohtiin. Putkien nostamisessa täytyy aina olla toinen osapuoli nostoauton lisäksi, sillä putken päähän asennetaan kuormaliina, joka estää putken pyörimisen noston aikana. Tilanteissa, joissa kaukolämpöputken suojakuori on saanut vaurion, joudutaan putki välittömästi vaihtamaan uuteen.

4.3 Hitsaus

Liittymäpuolella kaukolämpöputkien teräksien seinämät ovat ohuempia kuin pää-runkojohdoissa. Seinämien ohuuden vuoksi liittymäpuolella hitsaustyylinä käytetään kaasuhitsausta. (Räsänen 5.5.2023). Hitsattavat putket tulee olla samassa tasossa, jotta putket voidaan hitsata yhteen. Arinan tasaisuus vaikuttaa putkien hitsaukseen ja tämän takia arinan pohjan täytyy olla tasainen. Mpuk-putkia hitsatessa tulee huomioida, että suojakuoren sisäiset teräsputket tulee asennettua pystysuorassa linjaan katsottuna. Ennen jatkosten hitsausta tulee tarkistaa putken sisäpuoli ja putkien päädyt. Mikäli putkeen on päässyt hiekkaa tai muuta putkea vaurioittavaa maa-ainesta, tulee putkien sisäpuolet puhdistaa puhtaiksi. Mikäli putkien päädyissä huomataan ongelmia, tulee päädyt pyöristää tai oikaista. Hitsattavien saumojen hitsausluokka tulee olla minimissään SFS-EN-ISO 5817 hitsausluokka C. (Tampereen Sähkölaitos Oy. 2019 Perekdytys materiaali energiatoimitusosasto). Lisäksi jokaisen jatkoksen hitsauksen kohtaan tulee merkitä hitsaajan nimimerkit.

4.3.1 Putkikokojen vaihto

Mikäli linjaa tehdessä joudutaan vaihtamaan putkityyppiä, kuuluu vaihtokohtaan asentaa muunnoskappale. Tapauksissa, joissa päädytään suurentamaan tai pienentämään linjan putkikokoa, asennetaan vaihtokohtaan supistuskappale. Mpu-kille ja 2-Mpukille on kummallekin omat supistuskappaleet. Mpuk-linjalla käytetään teräksistä epäkeskosupistuskappaletta, kun taas 2-Mpukille se on normaali teräksinen supistuskappale.

4.3.2 Laadunvarmentaminen

Kohteen ulkosaumoista tulee laadunvarmistamiseksi röntgenkuvata 10 prosenttia. Linjaa ei saa täyttää ennen röntgenien tuloksia, sillä mikäli kuvauksissa huomataan virheitä, tulee virheelliset saumat välittömästi korjata ja kuvata uudelleen. Lopullinen saumojen laadunvarmentaminen tapahtuu linjan vesitäytön yhteydessä, jossa katselmoidaan saumat ja korjataan vuotokohtat, mikäli niitä on syntynyt.

4.5 Haaroitukset

Liittymärakentamisessa linja liitetään olemassa olevaan johtoon, jossa vesi kiertää. Tällöin olemassa olevaan johtoon on tehtävä paineellinen poraus poraventtiileillä. Paineellinen poraus mahdollistaa linjan rakentamisen ja täytön ilman lämpökatkoja.

Ennen kuin haaroituksen pääsee poraamaan ja hitsaamaan tulee haaroituksen keskikohdasta kuoria 20 cm suojakuorta molemmista suunnista. Kuorinnan jälkeen istutetaan poraventtiilit runkoon, jonka jälkeen poraventtiilit voidaan hitsata kiinni. Poraventtiilien hitsausta olemassa olevaan verkkoon ei voida tehdä kaasuhitsaamalla, sillä runkoa ei saada lämpenemään tarpeeksi veden kiertäessä putkessa. Täten joudutaan poraventtiilit hitsaamaan kiinni sähköhitsauksella esimerkiksi, TIG-hitsauksella tai Puikkohitsauksella. Kun poraventtiilit on saatu hitsattua paikoilleen, voidaan poraventtiilien läpi porata reikä olemassa olevaan runkoon. Paineellinen poraus voidaan tehdä esimerkiksi Tonisco system Oy:n paineellisella porauksella. (Räsänen 5.5.2023).

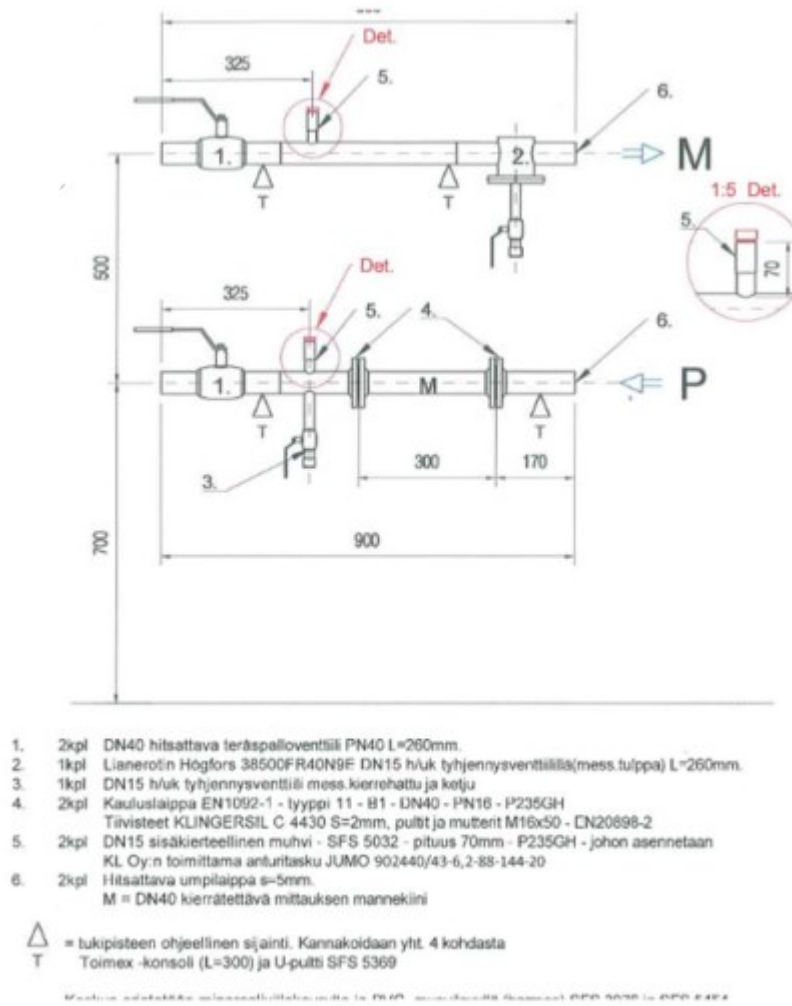


Kuva 19. Koulutie 8 haaroitus kohta

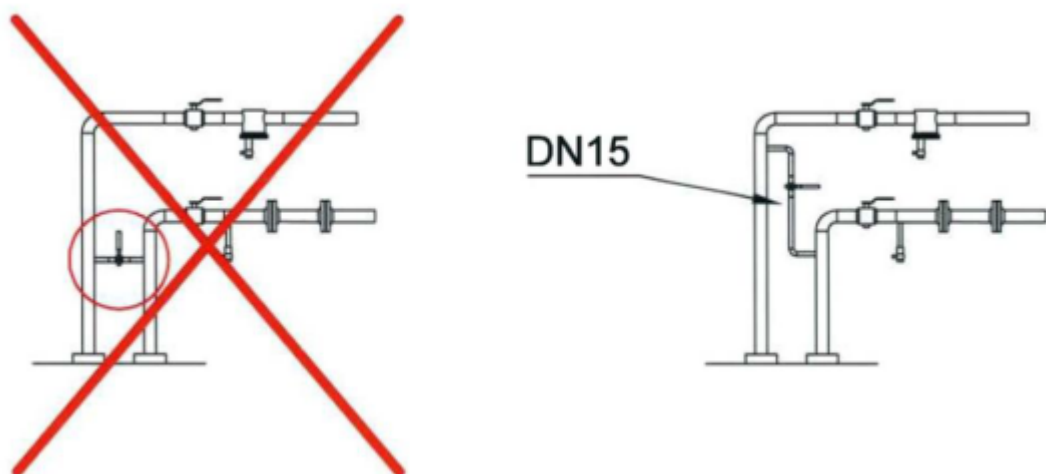
4.6 Mittauskeskus

Kaukolämmönmittauslaite tulee asentaa lämmönjako huoneeseen, jonka seurauksena kohteelle on tehtävä tulityölupa. Ennen linjan ja mittalaitteen liittämistä toisiinsa joudutaan rakentamaan sisäpuolisia putkia. Sisäjohtojen putkien määrä riippuu siitä, kuinka kaukana kaukolämmön läpivienti on mittalaitteeseen nähden. Sisäjohtoissa käytetään saumatonta teräsputkea P235GH TC1. (Räsänen 5.5.2023). Mittalaite asennetaan konsolikannakkeiden päälle. Paluuveden putki tulee asentaa 700 mm korkeuteen lattiasta ja menoveden putki tulee asentaa 500 mm korkeammalle paluuveden putken päälle. (Tampereen Sähkölaitos Oy. 2019 Perehdytys materiaali energiatoimitusosasto). Mittalaite asennetaan aina Tampereen Sähkölaitoksen mallin mukaan. Mittauslaitteen meno- ja paluuputken päihin tulee asentaa päätyhatut mittauslaitteen koon mukaan. Mittalaitteeseen asennetaan DN15 kiertoputki suoralle putkiosuudelle, mutta kiertoa ei saa asentaa suoraan meno- ja paluuputken väliin. Kiertoputkessa täytyy olla vähintään yksi 90 asteen kulma. (Tampereen Sähkölaitos Oy. 2019 Perehdytys materiaali energiatoimitusosasto).

Sisäjohtojen hitsaukset voidaan suorittaa kaasuhitsaamalla tai TIG-hitsauksella. Lämmönjakohuoneessa on yleisimmin aina palavaa materiaalia tai muita kipinäalttiita koneita, joten palo- ja työturvallisuus syistä sisäpuolien johtojen hitsaukseen suositellaan sähköhitsausta eli TIG-hitsausta.



KUVA 20. Mittauskeskus malli (Tampereen Sähkölaitos Oy 2021)



KUVA 21. Kiertoputken asennus ohje (Tampereen Sähkölaitos Oy 2021)



KUVA 22. Heittoniitynkuja 10 DN50 mittauskeskus asennettuna

4.7 Jatkoksien eristys

Kaukolämpöputkien jatkokset tulee aina eristää. Liittymäpuolella jatkokset eritetään yleisimmin peltimuotilla. Peltimuotti asennetaan jatkoksen kohdille, jonka jälkeen peltimuotin sisälle pursutetaan kaksikomponenttinen uretaani. Uretaani pursutetaan työhön soveltuvalla eristysautolla. Uretaanin asennuksen jälkeen, eristuksen annetaan jäähtyä 4 tuntia. Jäähtymisen jälkeen peltimuotin päälle asennetaan kutistemuovi, jonka saumoihin asennetaan saumalaput. Eristetyn kohdan laadunvarmentamiseksi käytetään lämpökameraa, jonka avulla pystytään huomaamaan lämpövuodot. Eristyskohdissa ei saa missään nimessä olla lämpövuotoja. Mikäli lämpövuotoja on tullut jatkoksiin, joudutaan ne välittömästi korjaamaan. Muita jatkosholkkeja ovat SWJ holkki ja kutistuva MTM + holkki. Kyseisiä holkkeja käytetään kuitenkin yleisimmin vain isojen putkien kokoluokissa. (Räsänen 5.5.2023)

Työmaat ovat ahtaita ja välillä eristysautoa on vaikea saada mahtumaan työmaalle. Työmaiden tilanpuutteen vuoksi voidaan jatkokset eristää pussivaahdolla, mikäli tilaaja sen hyväksyy. Pussivaahdot tulevat valmiina annoksina, joiden sisältä löytyy isosyanaatti ja polyoli komponentit. Jokaiselle putkikoolle ja tyyppille on omat pussivaahdot. (Räsänen 5.5.2023).

4.8 Läpiviennit

Jotta kaukolämpö saadaan taloon asti, tehdään seinään reikä läpivientiä varten. Läpiviennille tarkoitettu reikä tehdään timanttiporauksella. Läpivientireikien tulee olla 40 mm suurempia kuin kohteen kaukolämpöputken ulkokuori (Tampereen Sähkölaitos Oy. 2021 Perehdytys materiaali energiatoimitusosasto). Kaukolämpöputken ja läpiviennin väliin asennetaan palouretaani ja villa.

Kohteissa, joissa läpivienti tulee menemään anturan alta, asennetaan läpivientiin PEH muovista tehty läpivientiholkki. Läpivientiholkin sisähalkaisija tulee olla 40 mm suurempi, kuin kohteen kaukolämpöputken ulkohalkaisija.



KUVA 23. Läpivientiholkki

5 TALVEN VAIKUTUS

5.1 Kaivuu

Talvella maarakennustyöt tulee vaikeutuvat huomattavasti verrattuna kesäaikaan. Talvisin suomessa sataa lunta, joten jos lunta pääsee kaukolämpökanaaleihin, on kanaalit sulatettava ja kanaaleista on poistettava lumi ja jää. Lumen ja jään takia työmaille on varattava talviaikaan lisäresursseja niiden hoitamiseen. Talvella on työmaiden kunnossapitoon keskityttävä enemmän, joten työmaille olisi hyvä resursoida talvikunnossapitoa varten oma työryhmä. Työryhmän tehtävänä on poistaa ylimääräiset lumet työmaalta, erityisesti kaivannoista. Myös työmaiden ja työmaan läheisten ajoratojen suolaaminen ja hiekoitus liukkauden torjumiseksi on tärkeä tehtävä työryhmälle. Roudansulatusjärjestelmien asennus- ja purkutyöt kuuluvat myös työryhmän tehtäviin. Kunnossapitoon tarkoitettulla työryhmällä on positiivisia vaikutteita talvella tapahtuvaan työhön, jotta muun muassa työturvallisuus ei kärsisi. Esimerkiksi, työmaan ollessa jo valmiiksi aurattu ja liukkauden torjunta tehty, on kaivuuryhmän turvallisempi ja helpompi tulla työmaalle. Jokainen talven aiheuttama lisätyö aiheuttaa kaivuun, hitsauksen ja eristystöiden hidastumisen, mikäli ne joudutaan tekemään ilman kunnossapitotyöryhmää.

5.2 Roudan sulatus

Talvella maaperä alkaa routimaan, jolloin töiden aloittamiseen tarvitaan linjan päälle roudansulatusjärjestelmä. Paras tapa liittymäkanaalin sulattamiseen on heatwork. Tällä järjestelmällä voidaan sulattaa kerrallaan 100–200 m², riippuen heatworkin kokoluokasta. Liittymäputkien kaivannon yläreunan leveys on yleensä metrin levyinen, joten sulatusjärjestelmällä voidaan sulattaa kerralla noin 100–200 metriä. Sulatusjärjestelmän tulee olla sulatuskohdassa vähintään 3 vuorokautta, jotta routa ehtii sulamaan kokonaan liittymäkaivannon vaatimaan syvyyteen. (Inkiläinen 24.3.2023).



KUVA 24. Teerentien heatwork



KUVA 25. Teerentien roudansulatusmatot



KUVA 26. Teerentien roudansulatuksen glykoliletkut

5.3 Putkien jako

Talvella putkien jakaminen kaivantoon tulee ajoittaa samaan aikaan, kun hitsaaja on hitsaamassa linjaa. Tällöin vältetään putkien jäätyminen arinoiden päälle, jolloin ei tarvitse käyttää aikaa putkien irrottamiseen jäästä. Talvella tulee ottaa huomioon putkien käsittely huolella, sillä suojakuori kärsii kovista pakkasista. Kaukolämpöputkea ei saa käsitellä tai nostaa pakkasrajan ollessa -18 °C . (Räsänen 5.5.2023).

6 POHDINTA

Maarakennustyöt ovat yleisesti laaja prosessi, jonka vaikutus koko työmaan onnistumiseen on suuri. Kaivuutöistä syntyy suurimmat kustannukset liittymätyömailla, joten niiden aikataulutus ja resurssointi on kaikki kaikessa. Kustannuksia syntyy hitsaus- ja eristystöistä, mutta kustannustehokkaat hitsaus- ja eristystyöt syntyvät onnistuneesta maarakennustyöstä.

Lisäksi kaivuutöiden aikana muu liikenne työmaan ympärillä on työturvallisuus riski. Työturvallisuus riskin pienentämiseksi tilapäiset liikennejärjestelysuunnitelmat täytyy olla huolellisesti tehtyinä ja samalla ottaa muu liikenne huomioon.

Talvi tuo olosuhteiden vuoksi lisää työturvallisuus riskejä, jonka takia työmaiden kunnossapito on oleellinen asia talvi rakentamisessa. Talvella työmaan kustannustehokas rakentaminen syntyy onnistuneesta roudan sulatuksesta.

Kaukolämmön rakentaminen tulee aina olemaan läsnä Pirkanmaalla, sillä vaikka uusia johtoja ei rakennettaisi, löytyy vanhoista linjoista korjattavaa. Pirkanmaalla kaukolämmön rakentamisen kehittäminen on tärkeää, sillä asiakkaat ja kaupungit hyötyvät kaukolämmön tuottamasta lämmönsiirrosta. Lisäksi kaukolämpötyömaat eivät ainoastaan vaikuta asiakkaaseen vaan koko kaukolämpötyömaan läheisyydessä ja kulkeviin ihmisiin. On siis todettava, että kaukolämmön rakentamisella ja sen kehittämisellä on äärimmäisen suuri merkitys ja siihen tulisi tulevaisuudessakin käyttää mahdollisimman paljon resursseja.

LÄHTEET

Jani Räsänen. Työnjohtaja (hitsaus ja eristys). Haastattelu 5.5.2023 Maansiirto Harry Mäkelä Oy.

Joni Virkki. Projekti-insinööri. Haastattelu 24.3.2023. Maansiirto Harry Mäkelä Oy.

Marko Pajunen. Verkostopäällikkö. Haastattelu 16.12.2022. Tampereen Sähkölaitos Oy.

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2019 Perehdytys materiaali energiatoimitusosasto.

Tapani Salovaara. Työpäällikkö. Haastattelu 10.1.2023. Maansiirto Harry Mäkelä Oy.

Olli Inkiläinen. Työnjohtaja. Haastattelu 24.3.2023. Maansiirto Harry Mäkelä Oy.