

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät ja tuotantotalous
Ryan Hart

Opinnäytetyö

Kaukolämpöputkien liitosten työmenetelmien kuvaus ja vertailu

Työn ohjaaja TAMK, lehtori Kaarlo Koivisto
Työn tilaaja Destia Oy, työmaapäällikkö, teknikko Timo Bruun
Tampere 3/2010

Tekijä: Ryan Hart

Työn nimi: Kaukolämpöputkien liitosten työmenetelmien kuvaus ja vertailu

Sivumäärä: 40 +13 liitesivua

Valmistumisaika: 12.6.2010

Työn ohjaaja: Kaarlo Koivisto

Työn Tilaaja: Timo Bruun

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä on tehty kirjallinen kuvaus kaukolämpöelementtien liitosten eri työvaiheista ja niiden työmenetelmistä, sekä vertailtu niitä keskenään, ottaen huomioon materiaalien kustannukset ja asennusajat. Kaukolämpöjärjestelmän rakentamiseen kuuluu paljon muutakin kuin mitä olen tässä työssä maininnut. Rajasin aihetta sen keskeisimpiin tekijöihin kokoonpanon ja sen tehokkuuden ja laadun kannalta.

Työn tarkoituksena oli löytää työmenetelmiä tutkimalla ja vertailemalla parhaita mahdollia työtapoja ja materiaaleja kuhunkin eri tilanteeseen, ottaen huomioon kustannustehokkuuden ja laadun. Aihepiiri oli minulle ennestään täysin tuntematon, joten yksi tarkoitus oli varmastikin myös perehdyttää minut aiheeseen, sekä tämän kautta samalla kouluttaa minut tuleviin työmaapäällikön tehtäviin Destian palveluksessa valmistumisen jälkeen.

Destia Oy tarjosi minulle tätä aihetta, koska sillä oli tarve saada kokoonpanon työvaiheista, liitostyömenetelmistä ja niiden kustannuksista sekä niihin kuuluvista asennusajoista paketti, jonka avulla niitä voitaisiin vertailla keskenään.

Vertailupohjana minulla oli kustakin työvaiheesta asennusajat, joita kelloitin työmailla lokakuusta 2009 helmikuuhun 2010. Tällä ajanjaksolla tutustuin samalla kaukolämmön kokoonpanon eri työvaiheisiin, joista kokosin lopulta kattavan kuvauksen. Materiaalikustannusten vertailussa käytin Destia Oy:n antamia tietoja kaikista käytetyistä materiaaleista, työvälineistä ja henkilökustannuksista.

Sain laadittua työvaiheista ja menetelmistä kattavan kuvauksen, josta käyvät ilmi kaukolämpöjärjestelmän kokoonpanon eri vaiheet. Kustannuslaskentojen ja työvaiheiden kelloitusten avulla pystyin vertailemaan näitä menetelmiä keskenään ja muodostamaan perusteltuja mielipiteitä niistä.

Tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa muun muassa niin, että kun tiedetään tarkemmin, kuinka kauan mikäkin työvaihe kestää, mitä siihen kuluvat materiaalit maksavat, sekä miten ongelmien aiheutuminen vaikuttaa asennusaikoihin sekä kustannuksiin, voidaan kehittää työn tehokkuutta ja ohjausta haluttuun suuntaan entisestään.

Raportista laadittiin kaksi versiota: julkinen ja luottamuksellinen versio. Luottamukselliseen versioon sisältyivät vertailussa esiintyvät materiaalikustannukset ja hintavertailu. Luottamuksellinen osio julkistettiin ainoastaan Destia Oy:n käyttöön julkisen raporttiin liitteenä.

Avainsanat: kaukolämpö, materiaalikustannukset, työmenetelmät, vertailu

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Writer: Ryan Hart

Thesis: Description and Comparison of the Working Methods Used in District Heating Pipe Joints

Pages: 40 +13 appendix pages

Graduation time: 12th of June 2010

Thesis supervisor: Kaarlo Koivisto

Co-operating Company: Destia Ltd.

Abstract

This thesis contains a description of work methods used in different stages of assembly in the joint sealing of district heating pipes. It also includes a comparison of the methods used and of the costs of the materials and of the installation times of the methods. There is much more to building a district heating system than what is mentioned in this report. The report was limited only to the essential factors of effectiveness and quality perspectives of the assembly.

The purpose of the thesis was to find the most suitable methods and materials for different work situations by studying and comparing the methods, material costs and the times consumed without the expense of quality and cost efficiency. District heating as a subject was unknown to me prior to this thesis, so one of its purposes was to familiarize it to me as much as possible so that I could work as a worksite supervisor after graduation at Destia.

Destia offered me this topic because they needed someone to compile a comparative package of the work methods, expenses and installation time consumption.

The comparisons were based on timings that were measured using different installation methods at different worksites from October 2009 to February 2010. This was also the period in time when I obtained my other knowledge about district heating and its stages of assembly. On the comparison of material, tool and personnel expenses I used information given to me by Destia.

I composed a comprehensive description of the different stages of installation and the working methods used in assembling a district heating system. By timing the methods and calculating the material expenses I allowed myself to compare them with each other and form reasoned opinions about them.

Knowing the time consumption of installation methods and the expenses of the materials and the tools used, and the possible problems and how they affect, the results of this report can be used to improve the efficiency and supervision of the workers at the worksites.

The report was set out in two versions: a public and a confidential version. The confidential version included the prices of the materials and the comparison of them. The confidential section was published only for the use of Destia Ltd as an appendix to the public report.

Keywords: district heating, material expenses, work methods, comparison

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Yritysesittely.....	6
3	Kaukolämpö	7
3.1	Toimintaperiaate lyhyesti	7
3.2	Kaukolämmön edut	8
3.3	Kaukolämpöelementit.....	9
3.3.1	Mpuk.....	10
3.3.2	2Mpuk.....	10
4	Laadun varmistaminen.....	11
4.1	Asennusvirheet ja niiden aiheuttamat vauriot	12
4.2	Kuljetusvauriot.....	13
5	Työvaiheiden kuvaus ja niissä käytettävät välineet	14
5.1	Maan kaivaminen ja muut ulkoiset tekijät	14
5.2	Hitsaus	16
5.3	Eristys.....	19
5.3.1	Jatkospellin kiinnittämien	19
5.3.2	Muovihitsaus	21
5.3.3	TCS-sähköhitsausautomaatti	24
5.3.4	Jatkosholkin asentaminen.....	26
5.3.5	Uretaanivaahdotus	27
5.3.6	Kutisteet ja saumalaput.....	29
5.4	Hälytinlanka.....	32
6	Kustannuslaskenta.....	34
7	Materiaalien ja työmenetelmien vertailu ja ongelmien pohtiminen	35
7.1	Hitsaus	35
7.2	Eristys.....	35
7.2.1	Jatkospellin kiinnittämien	35
7.2.2	Muovihitsaus	36
7.2.3	TCS-sähköhitsausautomaatti	36
7.2.4	Uretaanivaahdotus	36
7.2.5	Kutisteet ja saumalaput.....	37
7.3	Hälytinlanka.....	37
8	Yhteenveto.....	38
9	Loppusanat	39
	Lähteet	40
	Liitteet	

1 Johdanto

Destia Oy:n kaukolämpöosasto tarjosi minulle opinnäytetyöaiheen, jossa tehtävänäni oli tutustua kaukolämpöputkien liitostyömenetelmiin ja luoda kirjallinen kuvaus niistä sekä niihin liittyvistä asennusajoista ja kustannuksista. Liitostyö kokonaisuudessaan sisältää kaukolämpöelementtien hitsaamisen ja eristämisen sekä niihin liittyvät asiat.

Tähän kuvaukseen sisältyvät työhön käytettävät materiaalit, välineet ja työkalut sekä tietysti työtavat kaukolämpölinjan kokoonpanon eri vaiheissa. Tärkeänä osana työtä on myös se, että arvioidaan kyseisten materiaali-menetelmäyhdistelmien laatua. Tässä käytetään perustana kustannuslaskentaa eri komponenttimateriaalien kohdalla ottaen tarkasteluun myös mahdolliset ongelmat ja asennusvirheet.

Tehtävänä on laatia näiden vertausten perusteella kuhunkin tilanteeseen parhaat mahdolliset menetelmät ja materiaaliyhdistelmät, jotka esitettäisiin taulukkomuodossa. Oleellisena vaikuttajana tähän toimisi liitostyömenetelmien ja -materiaalien hinta-laatusuhde sekä mahdollisimman nopea ja ongelmaton asennus.

Raportissa kuvataan kaukolämpöön liittyvät perusasiat kuten toimintaperiaate, edut sekä käytetyt elementit ja laadunvarmistusmenetelmät. Suuri osa raportista koostuu työmenetelmien kuvauksista sekä niihin käytetyistä välineistä. Lopuksi vertailen materiaalikustannuksia eri työvaiheissa ja työmenetelmiä, joiden perusteella teen yhteenvedon.

2 Yritysesittely

Destia Oy on Suomen valtion omistuksessa oleva infrastruktuurialan yritys, jonka päätoiminta sijoittuu tienrakennukseen. Se aloitti toimintansa osakeyhtiönä tammikuussa 2008, jolloin Tieliikelaitos yhtiöitettiin Destia Oy:ksi. Destia rakentaa, ylläpitää ja suunnittelee nykyaikaisia liikenne- ja teollisuusympäristöjä sekä tuottaa liikenteen asiantuntijapalveluja. Destian palvelut ulottuvat kattavasta maanpäällisestä toiminnasta myös maanalaiseen rakentamiseen. Sen ydinosaamiseen kuuluu liike- ja teollisuusympäristöjen, kaivoshankkeiden, liikenneväylien ylläpito ja näiden energiaratkaisujen toteuttaminen. Destia-konsernin liikevaihto vuonna 2008 oli noin 720 miljoonaa euroa. Se on näin ollen Suomen markkinajohtaja infra-alalla. Destia-konserni koostuu emoyhtiö Destia Oy:stä ja sen tytäryhtiöistä (Kuvio 1). (Destia Oy)

Destian Oy:n kaukolämpöosasto aloitti projektiluontoisen toimintansa varsinaisesti vuonna 2004, jolloin kaukolämpö- ja kaukojäähdytystyöt aloitettiin aktiivisesti. Nykyään kaukolämpöosaston organisaatioon kuuluu kuusi toimihenkilöä ja 22 työntekijää. Työntekijät jaetaan hitsaajiin (11 henkilöä) ja eristäjiin (10 henkilöä), lisäksi on kuljetus- ja kaivinkonetyöntekijä. Osasto toimii Pääkaupunkiseudun, Pirkanmaan ja Hämeenlinnan alueella. Osaston liikevaihto oli vuonna 2009 noin 6,5 miljoonaa euroa. Sen pääkonttori ja varastorakennus sijaitsevat Pirkkalassa.



Kuvio 1: Destia Oy:n logo.

3 Kaukolämpö

Suomen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö. Se on luonnollinen ja varma taajamien lämmitystapa. Maassamme on ollut kaukolämpöä 1950-luvun alusta lähtien. Ensimmäisiä kaukolämmöllä lämmitettyjä kohteita oli Olympiakylä Helsingissä.

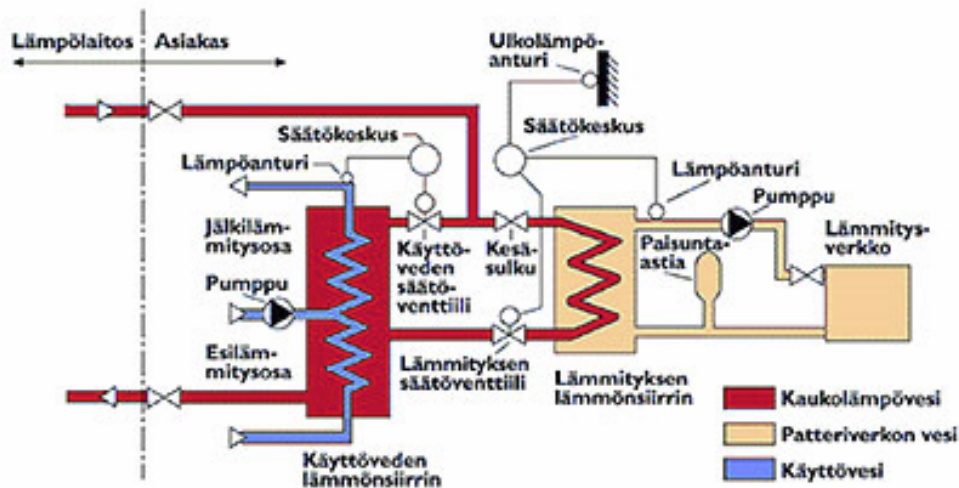
Kaukolämmitystä on lähes kaikissa kaupungeissa ja taajamissa. Noin 2,6 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötaloissa. Kaukolämmityksen osuus lämmitysmarkkinoista on lähes 50 prosenttia. Kaukolämmitys on sitä taloudellisempaa, mitä tiheämmin rakennettu alue on ja mitä isompia rakennukset ovat. Lähes 95 % asuinkerrostaloista sekä valtaosa julkisista ja liikerakennuksista on kaukolämmitettyjä. Omakotitaloista kaukolämmitettyjä on runsas 6 %. Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmön markkinaosuus on yli 90 %. Kaukolämmön ylivoimainen energiatehokkuus ja ympäristömyötäisyys perustuvat erityisesti siihen, että kaukolämmitys hyödyntää muuten hukkaan menevää lämpöenergiaa, joka syntyy sähköntuotannon yhteydessä (sähkön ja lämmön yhteistuotanto), esimerkiksi teollisuusprosessien jätelämpönä.

Kaukolämmön polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve, öljy sekä enenevässä määrin puu ja muut uusiutuvat energialähteet, kuten biokaasu. Lähes 80 % kaukolämmöstä saadaan lämpöä ja sähköä tuottavista lämmitysvoimalaitoksista (yhteistuotanto), teollisuuden ylijäämlämpönä tai kaatopaikkojen biokaasujen poltosta. Pienillä paikkakunnilla näitä lämmönlähteitä ei usein ole käytettävissä. Tällöin kaukolämpö tuotetaan pelkkää lämpöä tuottavissa lämpökeskuksissa, usein puuta ja muita uusiutuvia polttoaineita käyttäen. (Energiateollisuus ry)

3.1 Toimintaperiaate lyhyesti

Kaukolämpöverkostolla tarkoitetaan eristettyjen putkien verkostoa, jolla siirretään lämpöä veden tai höyryn avulla lämpövoimalaitokselta tai lämpölaitokselta lämmitettävään kohteeseen. Kohteita ovat yleensä erilaiset asuinrakennukset taajama-alueilla. Kaukolämpö on siis keskitetty lämmitystapa, jossa lämpö tuotetaan eri paikassa kuin missä se käytetään.

Kaukolämpövesi siirtyy eristettyjä menoputkia pitkin kohteen lämmönvaihtimeen, jossa tapahtuu asiakkaan oman lämmitysveden lämmittäminen. Asiakkaat ottavat lämmön vastaan lämmönjakokeskuksessa, jollainen jokaisella tällä menetelmällä lämmitetyllä rakennuksella tai taloyhtiöllä on (Kuvio 2). Lämmönjakokeskukset ovat tehdasvalmisteisia kokonaisuuksia, jotka sisältävät lämmityksen ja käyttöveden lämmönsiirtimet sekä mahdollisesti ilmanvaihtosiirtimen, säätölaitteet, pumput, paisunta- ja varolaitteet, lämpö- ja painemittarit sekä sulkuventtiilit.



Kuvio 2: Lämmönvaihtimen toimintaperiaate. (Kuvio: Lappeenrannan Energia Oy)

Lämpöenergiansa luovuttanut viilentynyt kaukolämpövesi palaa takaisin paluuputkea pitkin uudelleen lämmitettäväksi. Menojohdon kuuma vesi siis luovuttaa asiakkaan lämmönjakokeskukseen lämmönsiirtimien välityksellä lämpöenergiaa talon lämmitys- ja lämpimän käyttöveden verkoihin, joissa lämpöä käytetään huoneiden ja käyttöveden lämmitykseen sekä ilmanvaihtoon. On tärkeää huomioida, että itse kaukolämpövesi ei siis kierrä talojen lämmitys- ja käyttövesiverkoissa. Menoputken kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee 65 – 115 °C välillä riippuen säästä ja vuodenajasta. Matalimmillaan lämpötila on kesällä, jolloin on tarvetta lämmittää vain käyttövesi. Paluuputkessa veden lämpötila vaihtelee 40 – 60 °C välillä riippuen siitä, kuinka paljon menovedelle on käyttöä. Verkossa tarvitaan pumppaamoja veden kierrättämiseksi sekä varalämpölaitoksia päälämpölaitoksen vikaantumisen varatoimenpiteenä sekä erittäin kylmien pakkasjaksojen huippukulutuksen varalle. Putkien mitoituksen periaatteena pidetään sitä, että painehäviö on 100 kilopascalin luokkaa per kilometri. Näin mitoitetuna saadaan aikaiseksi taloudellisin putki- ja pumppauskustannusten yhdistelmä. (Destia Oy, Energiateollisuus ry)

3.2 Kaukolämmön edut

Muihin yleisimpiin lämmitysmuotoihin verrattuna kaukolämmitys säästää niin energiaa kuin ympäristöäkin. Suurin säästö saadaan aikaan, kun kaukolämpöä tuotetaan sähkön rinnalla yhteistuotantona. Näin meneteltynä on tehokkuus jopa kaksinkertainen verrattuna siihen, että sähkö ja kaukolämpö tuotetaan erikseen. Jatkuvasti vihreitä arvoja enemmän tunteva asiakaskunta huomioon ottaen on myös syytä mainita, että yhteistuotannolla pyritään minimoimaan myös ympäristövaikutukset. Kaukolämpö lisää taajamien asumisviihtyvyyttä, sillä tuhansien savuavien piippujen sijasta lämmityssavut nousevat keskitetysti ja tarkan valvonnan alaisena vain yhdestä piipusta. Merkittävimpiä etuja kaukolämmössä on sen kyky taata tasainen lämpö kaikkina vuoden- ja vuorokaudenaikoina säästä riippumatta. Lisäksi se on luotettava, helppokäyttöinen ja

joustava. Käytännöllisyysnäkökulmasta tarkasteltuna se erottuu alkuasennuksen jälkeen sillä, että se vie vähän huoltoa ja korjaustoimenpiteitä sekä vaatii suhteellisen vähän tilaa. (Destia Oy, Energiateollisuus ry)

3.3 Kaukolämpöelementit

Kaukolämpöelementillä eli kiinnivaahdotetulla kaukolämpöjohdolla tarkoitetaan kokonaisuutta johon on valmistusvaiheessa kiinteästi liitetty virtausputki, PU-eriste ja polyeteenisuojakuori sekä mahdollisesti hälytinlanka. Virtausputkina käytetään teräsputkia, jotka ovat joko hitsattuja tai täysin saumattomia. On myös olemassa joustavia elementtejä, joiden virtausputki on kuparia tai ohutseinäistä poimutettua teräsputkea, joka mahdollistaa osittaisen taipumisen. Elementtejä valmistetaan kahdentyyppisiä versioita: Mpuk ja 2Mpuk. Niiden erona on se, että Mpuk -elementissä meno- ja paluuvesi on sisällytetty saman putken sisään eli saman eristeen suojaan toisin kuin 2Mpuk-elementissä, jonka sisällä on vain yksi virtausputki. Toisin sanoen 2Mpuk-verkosto vaatii erikseen meno- ja paluuesiputken. Elementtien suuruusluokista puhuttaessa käytetään aina DN-mittaa eli nimelliskokoa, joka tarkoittaa teräksisen virtausputken sisähalkaisijaa. Elementin ulkohalkaisija määräytyy aina DN-mitan mukaan, joka on mainittu valmistajan tuotespesifikaatiossa (Taulukko 1). Käytännössä kaikki 1980-luvun jälkeen asennetut kaukolämpöputket ovat kiinnivaahdotettuja.

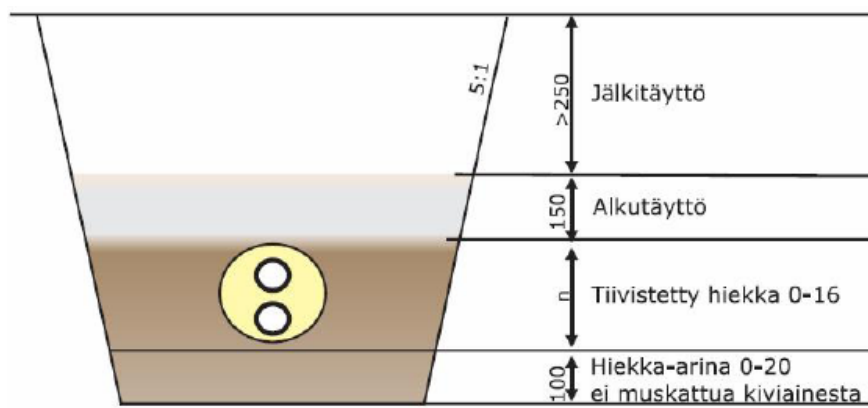
Taulukko 1: Esimerkinä KWH Pipen 2Mpuk elementtidimensiot

DN	Teräsputki	Eristeluokka 1		Eristeluokka 2		Eristeluokka 3		L [m]
	d • s [mm]	D [mm]	Paino [kg/m]	D [mm]	Paino [kg/m]	D [mm]	Paino [kg/m]	
20	26,9 • 2,6	90	2,8	110	3,2	125	3,6	12
25	33,7 • 2,6	90	3,2	110	3,7	125	4,0	12
32	42,4 • 2,6	110	4,2	125	4,6	140	4,9	12
40	48,3 • 2,6	110	4,5	125	4,9	140	5,3	12
50	60,3 • 2,9	125	6,0	140	6,4	160	6,9	12
65	76,1 • 2,9	140	7,3	160	7,9	180	8,6	12
80	88,9 • 3,2	160	9,3	180	9,9	200	10,8	12
100	114,3 • 3,6	200	13,5	225	14,6	250	15,7	12, 16
125	139,7 • 3,6	225	16,4	250	17,5	280	19,1	12, 16
150	168,3 • 4,0	250	21,0	280	22,6	315	24,6	12, 16
200	219,1 • 4,5	315	30,8	355	33,5	400	36,8	12, 16
250	273,0 • 5,0	400	44,2			450	48,7	12, 16
300	323,9 • 5,6	450	57,6			500	62,4	12, 16
350	355,6 • 5,6	500	65,3			560	71,9	12, 16
400	406,4 • 6,3	560	83,0			630	91,6	12, 16
450	457,2 • 6,3	560	87,9			630	96,5	12, 16
500	508,0 • 6,3	630	101,0			710	111,9	12, 16
600	610,0 • 7,1	710	131,6			800	145,7	12, 16

Valmiissa kompaktissa paketissa saatavat elementit ovat helposti käsiteltäviä ja näin myös helposti kuljetettavia. Ne ovat myös pitkän kehitystyön tuloksena varsin kestäviä esimerkiksi maanpainumisen aiheuttamia voimia vastaan. Standardoituun elementtivalikoimaan kuuluu laaja yhteensopiva osavaliokoima.

3.3.1 Mpuk

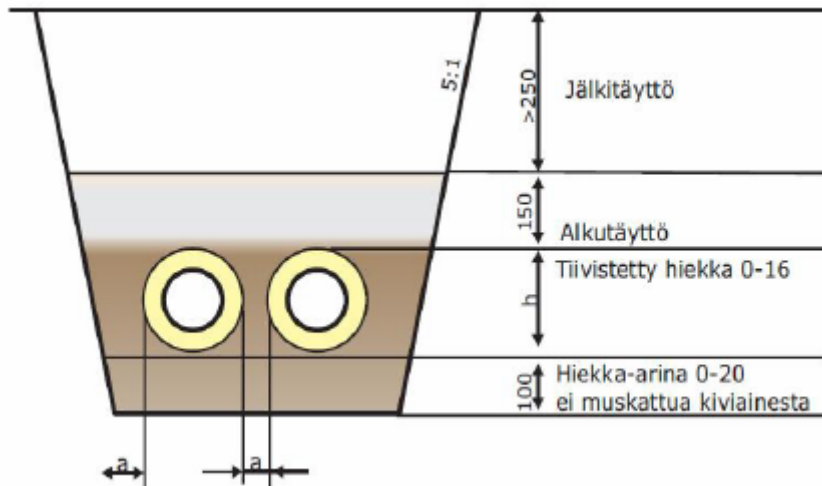
Mpuk eli kaksiputkijohto on elementtimalli, jossa meno- ja paluuesiputket sekä eriste ovat saman muoviputken sisällä. Elementtejä valmistetaan kokoluokissa DN 2x20 – DN 2x200, joiden pituus vaihtelee luokasta riippuen 6:sta 12 metriin. Kaksiputkijohdot ovat kokoluokiltaan pienempiä kuin yksiputkijohdot. Asennusvaiheessa elementti pyritään sijoittamaan aina niin, että virtausputket ovat päällekkäin eikä vierekkäin. Lisäksi vielä niin päin, että menoputki tulee paluuputken alapuolelle (Kuvio 3). Tällä tavalla menetellen menoputki lämmittää tehokkaammin paluuputkea, jolloin lämpöhäviö minimoidaan. Mpuk:ta käytettäessä etuna tulee se, että elementtien valmistamiseen kuluu vähemmän materiaalia, sekä asennustyössä varsin paljon vaikuttavana asiana se, että liitoskohta vaatii vain yhden työpanostuksen kahden sijaan täten puolttaen asennusajat ja vaadittavat materiaalit.



Kuvio 3: Leikkauskuva kiinnivaahdotetusta kaksiputkijohdosta, sekä peittotyön vaatimat maalajien kerrospaksuudet. (Kuvio: Energiateollisuus ry 2006)

3.3.2 2Mpuk

2Mpuk:ssa eli yksiputkijohdossa on vain yksi virtausputki, joten kaukolämpöverkkoon, jossa tätä mallia käytetään, vaaditaan kaksi erillistä putkea. Yksiputkijohtoa valmistetaan pääosin kokoluokkiin DN 20 – DN 600, mutta erikoistapauksissa voidaan valmistaa jopa DN 1200- elementtejä. Elementtien pituudet ovat yleensä 6 ja 18 metrin väliltä riippuen tilanteesta. Yleinen käytäntö asennusvaiheessa on se, että menoputki asetetaan oikealle puolelle menosuuntaan nähden, jotta asentajat ja muut mahdolliset sidosryhmät tietävät aina, kumpi on kumpi (Kuvio 4). Miksi sitten käyttää 2Mpuk:ta lainkaan jos Mpuk:ta käyttämällä säästyy puolet asennusajoista sekä materiaaleista? Siksi, että kun vaaditaan riittävän suuria virtauslinjoja suurten laitteiden tai muiden kokonaisuuksien tarpeille, Mpuk menettää optimoidun hyötynsä.



Kuvio 4: Leikkauskuva kiinnivaahdotetusta yksiputkijohdosta sekä peittotyön vaatimat maalajien kerrospaksuudet. (Kuvio: Energiateollisuus ry 2006)

4 Laadun varmistaminen

Laadukkaiden työsuoritusten varmistamiseksi Suomessa on käytössä Energiateollisuus ry:n ja Muoviteollisuus ry:n yhdessä organisoima ja ylläpitämä kaukolämpöjohtojen laadunvarmistusjärjestelmä, joka on toiminut vuodesta 1984 lähtien. Se käsittää kaukolämpöverkon rakentamisessa käytettävien tuotteiden ja materiaalien sertifiointimenettelyn ja elementtien liitostyön ja muovihitsauksen auktorisointimenettelyn. Järjestelmän päätavoite on ylläpitää kaukolämpörakentamisen koko ketjun laatua ja helpottaa asettamista ja seurantaan sertifiointien, asennusoikeuksien ja liitostyötodistusten avulla. Toinen tärkeä tavoite on yhtenäistää ja selkeyttää yritysten kilpailuedellytykset laadun suhteen. (Energiateollisuus ry)

Destia Oy käyttää hitsaus- ja eristystöissä ainoastaan Energiateollisuus ry:n laadunvarmistusjärjestelmän mukaiset asennusoikeudet omaavia henkilöitä. Pätevyys liitostyön suorittamiselle voidaan todistaa em. laadunvarmistusjärjestelmän mukaisella voimassaolevalla liitostyötodistuksella. Lisäksi jokaiselta liitostyötä suorittavalta henkilöltä vaaditaan tulityökortti. Laadunvarmistamisen työkaluna on otettu käytäntöön myös se, että jokainen liitostyön tehnyt henkilö kirjoittaa nimikirjaimensa ja päivämäärän liitoksen päälle. Sekä liitosvaahdotuksen että saumauksen onnistuminen ja laatu on vähintään pistokokeina syytä tarkistaa aika ajoin. On tärkeää muistaa, että huono laatu valmiissa liitoksessa ei aina näy päällepäin.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että tavanomaisissa käyttökohteissa ja -olosuhteissa liitosten tulisi kestää jatkuvassa 120 °C:n käyttölämpötilassa vähintään 30 vuotta ja vähintään 50 vuotta 115 °C:ssa.

4.1 Asennusvirheet ja niiden aiheuttamat vauriot

Vaikka liitostavat ja -tuotteet ovatkin kokeneet melkoista kehitystä ajan saatossa, siitä tosiasias- ta ei ole päästy eroon, että kaukolämpöverkoston heikoimman kohdan muodostavat edelleenkin liitoskohdat. Sekä Suomen että Ruotsin vauriotilastojen mukaan noin puolet vauriotapauksista on tavalla tai toisella tekemisissä epätiivin tai vaurioituneen liitoksen kanssa. Pitkän testaami- sen kautta on todettu, että tämän päivän liitostuotteilla ja -materiaaleilla voidaan saada aikaan pitkäaikainen tiivis liitos, joka kestää. Tähän edellytyksenä on oikeanlaisesti ja huolellisesti suo- ritettu työ. Yksi tärkeä asia virheellisesti asennetuissa linjoissa on lämpöhäviötekijät.

Siitä huolimatta, että kaukolämmön menoputkissa virtaa talven kylmimpinä päivinä yli sata as- teista vettä, ei putkien mahdollinen vaurioituminen kuitenkaan yleensä aiheuta vaaraa ympäris- tölle, sillä useimmiten vesi purkautuu maan alle, pintavesiviemäriin tai ojiin. Toisin sanoen virheellinen asennus ei mitä todennäköisimmin aiheuta kenellekään vaaraa, vaan lähinnä talou- dellisia takaiskuja.

Törmäsin työmaalla tilanteeseen, joka ei ole varsinaisesti asennusvirhe, mutta mielestäni mai- nitsemisen arvoinen asia. Tarkoitin huomion kiinnittämistä hitsaajien ja eristäjien saumattoman yhteistyön panostamiseen. Hitsaajat ja eristäjät ovat yleensä eri aikaan työmailla, koska eristäjät tulevat työmaalle vasta sen jälkeen, kun hitsaajat ovat jo työnsä tehneet ja poistuneet. Miele- stäni olisi hyvä jos, hitsaajat ottaisivat enemmän huomioon jälkeempään tulevat eristäjät, jolloin seurauksena näiden työ olisi nopeampaa ja helpompaa eli tehokkaampaa. Löysin yhdeltä työ- maalta ilmeisesti jälkeempään haaroitetun putken, johon siis hitsaajat olivat käyneet liittämässä uudet putket (Kuvio 5). Tästä oli eristeen ja putkien väliin kertyneen roskamäärän perusteella kulunut jo jonkin verran aikaa. Roskien puhdistamiseen kuuluu varmasti useita täysin turhia eris- täjien työminuutteja per liitos, jos eristäjien täytyy kerätä näin paljon roskaa huolellisesti pois en- nen kuin he voivat aloittaa työnsä. Mielestäni tähän ongelmaan olisi helppo ratkaisu: hitsaajille annettaisiin mukaan liitoskohdan peittäviä pressuja tai vastaavia, jotka olisi nopeita kiinnittää tavalla tai toisella. Saavuttuaan paikalle eristäjät vain poistaisivat pressun ja pääsisivät heti töi- hin ja palauttaisivat peitteen varastolle, josta hitsaajat ottaisivat sen mukaan myöhemmin.



Kuvio 5: Eristeen ja putkien väliin on kertynyt roskaa.

4.2 Kuljetusvauriot

Oman osansa ongelmista kokoonpanossa aiheuttavat aina kuljetusvauriot. Elementtejä nostellaan lavoille ja kaivantoihin, jotka ovat aina erilaisia ja voivat olla täynnä teräviä asfaltin reunoja ja mitä tahansa kiviä tai rakennusjätettä. Elementit on tehty kestäväksi pieniä kolauksia, mutta aina ei voida välttyä sellaisilta kolauksilta, jotka vahingoittavat virtausputkea tai muovikuorta. Jos virtausputken pää kolahtaa tarpeeksi kovaa johonkin, se saattaa vaurioitua ja menettää muotonsa, minkä jälkeen sitä ei voi hitsata tiiviiksi ellei sitä saada suoristettua (Kuvio 6). Vielä herkempi teräville vaaroille on muovikuori. Mikäli kuoreen tulee halkeama tai reikä, se vaatii tarkan korjaustoimenpiteen, jottei se vuotaisi. Muovikuoreen syntynyt reikä aiheuttaa maan alla ajan mittaan kapillaari-ilmion, joka imee kosteuden eristeen sisälle, minkä jälkeen virtausputki alkaa ruostua. Korrosio kuluttaa putken puhki arviolta kahdessa vuodessa, joten tavoitteena olevaan eli 30 – 50 vuoteen ei ole mitään mahdollisuutta päästä, jos muovikuori puhkeaa jo asennusvaiheessa. Törmäsin työmaalla yhteen tilanteeseen, jossa elementti oli nostovaiheessa raapaistu jotakin vasten niin pahasti, että sen 3-5 mm paksuinen muovipinta oli kuoriutunut melkein puhki. Oli kyse siis enää parista millimetristä (Kuvio 7).



Kuvio 6: Teräsputki on suoristettu kolahduksen jälkeen. Kuvio 7: Muovikuori on melkein raapaistu puhki.

5 Työvaiheiden kuvaus ja niissä käytettävät välineet

5.1 Maan kaivaminen ja muut ulkoiset tekijät

Kaukolämpöputkiston rakentamisen ensimmäinen vaihe on kaivannon kaivaminen oikeaan syvyyteen ja sijaintiin. Tämä työvaihe ei sinänsä ole keskeinen osa tätä työmenetelmäkuvausta, joten en kiinnitä siihen liikaa huomiota. Se on kuitenkin sen verran kokonaisuuteen vaikuttava osa, että mainitsen siitä muutaman pääkohdan. Tärkein asia maansiirrossa hitsaajien ja eristäjien näkökulmasta on se, että heillä on tarpeeksi tilaa työskennellä putken ympärillä. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa sitä, että pelkkää maata ja soraa on kaivettu putken ulkohalkaisijaan nähden riittävästi eli noin 300 – 500 mm säteeltä (Kuvio 8). On myös otettava huomioon, että kun putkistoa lähdetään vetämään päälinjasta, lähtevä putki joudutaan hitsaamaan 45° kulmassa pääputkesta yläpuolelle tai alapuolelle sen mukaan, jääkö yläpuolelle tarpeeksi tilaa, jotta putki jäisi loppujen lopuksi tarpeeksi syväälle maan alle.



Kuvio 8: Asentajat tarvitsevat riittävästi tilaa työskennellä koko putken ympärillä.

Tosiasiasa tilanne on harvoin kuitenkaan näin yksinkertainen. Asutusalueiden läheisyydessä, mihin kaukolämpöputkia yleensä asennetaan, on yleensä myös paljon muitakin maanalaisia putkia ja johtoja (Kuvio 9). Jos ei tällaisia tilanteita voida välttää kaavoitus- ja suunnitteluvaiheessa, on tehtävä muutamia toimenpiteitä mahdollisuuksien mukaan. On muistettava, että hitsatessa ja kutisteen asennuksessa on aina mukana paljon lämpöä. Tämän takia kaikki muut johdot ja putket on kaivettava sen verran pitkältä matkalta näkyville, että niitä voidaan nostaa eri apuvälineitä käyttäen niitä vaurioittamatta noin puolen metrin korkeuteen hitsattavasta tai paistettavasta putkesta palovaurioiden välttämiseksi.



Kuvio 9: Kaivannoissa on runsaasti muita putkia ja johtoja, jotka tulee ottaa huomioon.

Lisäksi on muita ulkoisia tekijöitä, joista olisi hyvä mainita tässä osiossa. Ensimmäinen näistä ovat liikennejärjestelyt. Kaukolämpöputkistot rakennetaan yleensä asutuksen lähelle. Tämä tarkoittaa myös sitä, että työmaan läheisyydessä on yleensä paljonkin ajoneuvoliikennettä, koska kaivuut pyritään kaivamaan teiden vierustaa pitkin (Kuvion 8 taustalla). Liikenteen huomioon ottaminen on siis tärkeä osa työmaata koskevissa suunnitelmissa. Työmaapäällikkö hoitaa liikennejärjestelyt aina mukana tuotavia liikennemerkkejä ja suoja-aitoja apuna käyttäen. Työntekijöiltä edellytetään Tieturva 1 -kurssin suorittamista oman ja ulkopuolisten turvallisuuden takaamiseksi. Työmaapäälliköt suorittavat sen sijaan Tieturva 2 -kurssin, joka mahdollistaa heille tilapäisen liikennejärjestelysuunnitelman laatimisen. Suunnitelma pitää kuitenkin hyväksyttää kunnan viranomaisella ennen sen käyttöönottoa. Suojaamalla työmaa liikennevaaroilta ehkäistään niin työntekijöiden kuin myös siviilien haaverit.

Viimeisenä asiana mainittakoon luonnon omat vaikutukset työntekoon. Jos esimerkiksi työmaalle ja kaivantoon on kertynyt paljon vettä, eivät hitsaamiset ja eristämiset tietenkään onnistu. Yksi tapa päästä vedestä eroon on pumpata se kaivannon pohjalta siirrettävällä oppopumpulla muualle lähimaastoon (Kuvio 10). Mikäli lunta on satanut kaivantoon sillä välin kun se on ollut auki, on lumet poistettava koko kaivannon alueelta ennen sen uudelleen täyttämistä. Muuten keväällä lämpötilan noustessa hautautunut lumi sulaa ja aiheuttaa maanpainumisen, mikä voi vahingoittaa putkia ja sen liitoksia.



Kuvio 10: Suodattimella varustetulla oppopumpulla saadaan tarvittaessa vesi pois kaivannon pohjalta.

5.2 Hitsaus

Hitsauksessa tarvitaan seuraavat välineet ja materiaalit:

- kaasu- ja puikkohitsausvälineet
- elementin pyörityslaite ja keskitin
- puutuet
- kulmahiomakone
- pistosaha
- uretaanin kuorintaväline.

Putkilinjan kokoonpano aloitetaan putkien päät yhteen hitsaamisella. Teräsputket siis liitetään yhteen pääosin kaasu- tai puikkohitsauksella. Tarvittava virta hitsauslaitteisiin saadaan hitsaajien mukana kulkevalta aggregaatilta. Aluksi putket asetetaan kaivantoon suunnilleen oikeille paikoilleen, minkä jälkeen ne nostetaan esimerkiksi puutukien päälle, jotta hitsaajat saavat enemmän tilaa putken alaosan hitsaamiseen. Putkia voidaan pyörittää oikeaan asentoon niin sanotulla elementin pyörityslaitteella. Sen avulla raskas elementti pyörii yhden miehen voimalla vaivattomasti laitteen synnyttämän momentin avustuksella. Tilanteen mukaan voidaan esimerkiksi joutua lyhentämään elementtejä, jotta ne mahtuvat kaivannon käännöskohtiin. Se toteutetaan niin, että mitattuaan oikean kohdan ja kulman toinen hitsaaja poistaa muovikuoren noin 500 mm matkalta pistosahaa käyttäen, ja sillä välin toinen kääntää putkea toisesta päästä. Tämän jälkeen uretaanieriste poistetaan kuorintavälineellä kaapien (Kuvio 11 ja 12). Virtausputkeen merkataan suora leikkauskohta ja ylimääräinen osa leikataan irti leikkauslaikalla.



Kuvio 11: Muovikuori sahataan irti pistosahalla. Kuvio 12: Uretaani kaavitaan huolellisesti pois.

Varsinainen hitsausvaihe aloitetaan putkien silloittamisella eli tutummin sanottuna heftaamisella. Tässä kaksi elementtiä asetetaan vastakkain ja kiristetään liikkumattomaksi keskittimen avulla (Kuvio 13 ja 14). Keskittimen tehtävä on siis varmistaa, ettei elementti pääse liikahtamaan mihinkään heftaamisen aikana. Kun heftaaminen on saatu suoritettua keskittimen raoista, voidaan keskitin poistaa ja siirtyä seuraavaan liitoskohtaan.



Kuvio 13: Heftaamisen apuna käytetään keskitintä. Kuvio 14: Heftaminen pitää putkea paikoillaan kun aletaan hitsaamaan.

Sen jälkeen kun elementit on heftattu, voidaan aloittaa puikkohitsaus (Kuvio 15). Hitsisauman tulee olla mekaanisilta ominaisuuksiltaan virtausputkea vastaava sekä tietenkin täysin vesitiivis. Nämä vaatimukset saadaan täytettyä kokeneilla hitsaajilla ja kaikin tehtävissä olevien toimenpitein, joilla saadaan estettyä ympäristön olosuhteiden haittojen vaikutus. Näistä tärkeimpinä mainittakoot riittämätön tila, kosteus, tuuli, sade ja lämpötila. Hitsausalueesta 50 mm molemmin puolin tulee pitää kuivana ja puhtaana. Alle 5 °C lämpötilassa ja kostealla säällä hitsausalueet tulee esilämmittää noin 50 °C:een kosteuden tiivistymisen estämiseksi. Hitsauspuikot tulee myös säilyttää sääolosuhteiden mukaan asiaan kuuluvalla tavalla pakkauksen avaamisen jälkeen. Valmiin hitsin jäähtymistä ei saa nopeuttaa. Alle 5 °C lämpötiloilla hitsisaumat tulisi suojata liian nopealta jäähtymiseltä. Virheelliset hitsit tulee joko korjata, jos mahdollista, tai leikata kokonaan auki ja hitsata uudestaan. Silmämääräisen tarkastuksen lisäksi voidaan hitsisaumojen tiiveys testata joko paineistetulla vedellä tai ilmaylipaineella ja saippualliuoksella. Silmämääräisen tarkastamisen avuksi voidaan käyttää esimerkiksi varsipeiliä. Onnistuneen hitsisauman jälkeen pinta vielä hiotaan mahdollisimman tasaiseksi kulmahiomakoneella (Kuvio 16).



Kuvio 15: Puikkohitsausta kosteissa olosuhteissa. Kuvio 16: Hitsisauma on tasoitettu hiomalla.

Suurin ongelma hitsaajille kehojen sääolosuhteiden lisäksi ovat varmasti huonot hitsaustilat. Varsinkin putken alaosa on todella hankalassa paikassa. Puutuet nostavat putkea ilmaan hie- man, mutta eivät riittävästi. Valitettavasti tälle ongelmalle ei voi juuri mitään, koska putkia ei voi hitsata ennen kuin ne on aseteltu kaivantoon oikeille paikoilleen. Lisäksi, jos työkohteessa on esimerkiksi kaksi pienempää putkea vierekkäin tai putki melkein kiinni seinässä, tilaongelma vain pahenee (Kuviot 17, 18 ja 19).



Kuviot 17 ja 18: Esimerkkejä ahtaista hitsauskohteista, jotka on hitsattu sateessa.



Kuvio 19: Erittäin ahdas hitsaustila korkealla vaatii ketteryyttä.

5.3 Eristys

5.3.1 Jatkospellin kiinnittämien

Pellittämiseen tarvittavat välineet ja materiaalit ovat:

- 0,5 mm galvanoitua teräspeltiä valmiiseen pituuteen leikattuna
- matalakantaiset kiinnitysruuvit
- akkuporakone, johon \varnothing 30 mm poranterä ja ristipää.

Pellittäminen on eristämisen ensimmäinen työvaihe. Sen tarkoituksena on peittää hitsisauma ja sen hitsaamiseen tarvittava tila (Kuvio 20), siis synnyttää ontto kohta itse teräsputken ja itsensä väliin. Tämä tyhjä alue täytetään ilma- ja kosteustiiviiksi uretaanilla (katso 5.3.5). Pellin pää tarkoitus on siis muodostaa tukeva ulkokuori uretaania varten. Pelti ei ole tähän tarkoitukseen paras eikä aina välttämättä mahdollinenkaan vaihtoehto. Pelti sopii vain tiettytyyppisille liitoskohdille. Riippuen energiayhtiöstä vaatimuksena pellille on se, että molemmilla puolilla putkien ulkohalkaisijat ovat yhtä suuret ja että peitettävä alue on riittävän kapea (Kuvio 21). Jotkut yhtiöt kuitenkin sallivat pellin käytön pienissä halkaisijaeroissa.



Kuvio 20: Pellitettävä alue.



Kuvio 21: Eri ulkohalkaisijat vaativat muovikuoren.

Destia Oy:llä on käytössä peltien standardikoot 400, 500 ja 600 mm. Mikäli näistä levein pelti eli 600 mm ei riitä, on korvattava pelti muovikuorella (katso 5.3.2). Pellin on peitettävä molemmilta puolilta vähintään 30 mm, jotta se varmasti on riittävän tiivis. Toisin sanoen levein mahdollinen väli, jota pellillä voi peittää on 540 mm. Leveämpiä peltejä voisi toki saada, mutta käytännössä suurin osa väleistä on riittävän kapeita, joten on ymmärrettävää, ettei tämän leveämpiä peltivaihtoehtoja ole ollut tarvetta hankkia. On toki mahdollista soveltaa ja tehdä niin sanottu tuplapeltiviritelmä, jossa laitetaan kaksi peltiä peräkkäin, ja tällä tavoin kattaa leveämpi alue. Tätä menetelmää ei kuitenkaan katsota riittävän luotettavaksi, koska keskelle peltejä jää epävarma

kohta tiiveyden kannalta. Tällä menetelmällä on myös energiayhtiöiden välisiä eroja. Jos oletetaan, että liitoksen on tarkoitus kestää tiiviinä seuraavat 50 vuotta maan alla, ei mielestäni ole kannattavaa ottaa tätä riskiä.

Pelti leikataan oikean pituiseksi ja mankeloidaan kaarelle jo ennen työmaalle saapumista. Tiiveyden varmistamiseksi pellistä kannattaa leikata kehämitaltaan noin viisi senttimetriä pitempi kuin putken ulkohalkaisija. Tämä viisi senttimetriä limitetään päällekkäin, ja limitetty alue toimii vastakappaleina kiinnityksessä. Kiinnitys tapahtuu ruuvaamalla pellit kiinni toisiinsa riittävän tiiviillä ruuviväleillä. Riittävä välitys on noin 4 cm (Kuvio 22). Mikäli putki on kooltaan DN 300 tai suurempi, on syytä porata ruuvit kahteen riviin jättäen väliin noin 30 mm. Tämä kestää paremmin paineen, jonka uretaani aiheuttaa sisältäpäin.



Kuvio 22: Ruuvit pitävät pellin tiukasti kiinni putken ympärillä.

Tähän työvaiheeseen käytetään matalakantaisia ruuveja ja akkuruuvinväännintä. Matalakantaiset ruuvit ovat tähän tarkoitukseen parempia kuin korkeakantaiset, koska pellin ja rätin väliin jää vähemmän tilaa ilmalle, jotka muodostavat kuplia. Viimeisenä työvaiheena pellittämässä on reiän poraaminen peltiin. Tästä reiästä pellin sisään jäävä tyhjä tila täytetään uretaanilla. Reiän on oltava riittävän suuri vaahdotuskoneen suuttimelle.

5.3.2 Muovihitsaus

Muovihitsauksessa tarvitaan seuraavat välineet ja materiaalit:

- PE -putkea tai levyä, Ø tilanteesta riippuen
- astemittari
- pistosaha
- muovihitsauslankaa ja muovihitsauslaitteet, Leister
- puhdistusaineet, rievut ja kaavarit.

Muovihitsausvaiheella on periaatteessa sama tarkoitus kuin pellittämisellä, mutta ulkokuoren materiaalina käytetään PE- muovia, jonka paksuus vaihtelee kolmesta viiteen millimetriin. Kuten edellä mainitsin, läheskään kaikissa tilanteissa ei voi pellittää. Näitä tilanteita ovat muun muassa hitsatut kulmakohdat putkissa, putken kavennukset tai levennykset, jossa toinen ulkohaalkaisijoista jää erikokoiseksi, T-risteykset sekä muutoin sellaiset kohdat, joihin pelti ei vain sovi.

On useimmiten työmaita ja tilanteita, jossa putkiin täytyy tehdä jonkinasteisia kulmia. Näihin kulmiin täytyy kustomoida sopiva ulkokuori uretaanille. Kulmiin pellittäminen on siis poissuljettu vaihtoehto. Muovikulmat tehdään yleensä mahdollisuuksien mukaan aina etukäteen ajan säästämiseksi, ja ettei ylimääräisiä materiaaleja tarvitsisi ottaa työmaalle mukaan, koska muovitettavan kohdan mitat ovat useimmiten etukäteen tiedossa. Komponentti valmistetaan leikkaamalla putkesta kaukolämpöputken kulmaa vastaavat muovikappaleet, jotka hitsataan kiinni toisiinsa, jolloin ne muodostavat kulmapalan. Kulmien mittaamiseen käytetään astemittaria. Muovikuoresta valmistetaan siis hitsauskohdan kokonaan peittävä pala. Muoviosan niin kuin myös suorienkin osien täytyy olla päistä noin 5 senttimetriä ylipitkät tiiveyden varmistamiseksi. Kaikki muoviosat ja putket tilataan samalta materiaalintoimittajalta. Standardoidulla tuotevalikoimalla varmistetaan se, että muovit ovat ominaisuuksiltaan samat ja yhteensopivat.

Koska valmistusmateriaalina on valmis muoviputki, sen saamiseksi liitoskohdan päälle se on leikattava halki ja asetettava paikoilleen raottamalla sitä. Yleensä pala leikataan pituussuuntaisesti tai kulmapalan sisäpuolelta, mutta tämäkin riippuu hyvin paljon tilanteesta (Kuvio 23). Halkaisemiseen käytetään pistosahaa. Sen jälkeen kun muovi on oikealla kohdalla, se kiristetään hihnoilla molemmista päistä mahdollisimman kireäksi (Kuvio 24). Muovikuori täytyy raaputtaa esimerkiksi puukkoa käyttäen tasaiseksi hitsauskohdasta hitsauslangan tarttuvuuden varmistamiseksi.



Kuvio 23: Halkaistu putki asennettuna liitoksen päälle.



Kuvio 24: Muoviputki on kiristettävä hyvin, jotta siitä tulee tiivis.

Muovin lankahitsauksessa perusaine ja hitsauslanka lämmitetään kuumalla ilmalla tahmamaiseen tilaan samanaikaisesti muovilankaa painaen hitsausrailoon. Kuumentamiseen käytetään elektronisesti säädettävää kuumailmahitsauslaitetta. Hitsauslämpötilat vaihtelevat siis käytettävän muovin paksuuden mukaan. Tässä menetelmässä ovat hitsaajan taitavuus ja kokemus ratkaisevassa osassa hitsauksen onnistumisen kannalta. Tällaiseen hitsaukseen on tietysti monenlaisia välineitä ja suuttimia. Destiällä tähän käytetään pääosin kahta eri Leisterin valmistamaa laitetta. Suurempiin railoihin ja viimeistelyyn käytetään pyörösuutinta (Kuvio 25) sekä pienempiin railoihin ja alkuliittämiseen pikasuutinta (Kuvio 26). Pikasuuttimessa lanka syötetään suoraan suuttimen läpi yläkautta samalla lämmittäen sitä riittävästi, jotta se sulaa railoon. Pikasuuttimella hitsaaminen on huomattavasti nopeampaa kuin pyörösuuttimella, ja se vastaa lähinnä hitsauksessa tapahtuvaa heftaamista.



Kuvio 25: Isompi Leister pyörösuuttimella.



Kuvio 26: Pienempi Leister pikasuuttimella.

Muovin tarttumisen varmistamiseksi hitsattava railo ja sen välitön ympäristö puhdistetaan liuotimella ja kaavarilla tai puukolla kaapien hapettunut tai likainen pinta pois. Myös itse hitsauslanka kannattaa puhdistaa. Suutin suunnataan esikäsiteltyyn liitoskohtaan 30° - 60° kulmassa, ja poltinta aletaan heiluttaa edestakaisin, jolloin lanka ja railo alkavat lämmetä. Samanaikaisesti painaen kädellä hitsauslangasta railoon saadaan liitoskohta hitsautumaan. Aloituksen jälkeen tulokulma muutetaan 90°:een. Langan liika kallistaminen hitsaussuuntaan taas estää sen hitsautumisen railoon. Mitä suurempi etäisyys on suuttimen ja perusaineen välillä, sen huonompi teho sillä on. Liian korkea hitsauslämpötila ja suuttimen väärä asento ilmenevät vesimäisinä ja

öljymäisinä reunoina ja muovin ruskeaksi värjäytymisenä. Mikäli hitsaus on suoritettu oikein, muodostuu sauman molemmille puolille tiiveyden takaava kevyt purse. Hyvä hitsaussauma voidaan myös tunnistaa siitä, että sauma on hieman kohollaan peruspintaan nähden. Muovihitsausliitoksia tarkastetaan muun muassa koe ponnistamalla. Ponnistus tapahtuu 0,2 baarin paineella.

Muovihitsaaminen, niin kuin myös muutkin työmenetelmät, vaatii tekijältä harjaantunutta taitoa ja kokemusta virheiden välttämiseksi. Muovihitsaamista on ehkä hieman turhaa ja myöskin hankala kellottaa, koska työtilanteita ei voi mitenkään järkevällä tasolla verrata toisiinsa niiden erilaisuuden takia. Kohteet voivat vaihdella yksinkertaisesta suorasta lyhyestä muovipätkästä suuriin monihaaraisiin solmukekohtiin, joita on täytyntä kustomoida aika lailla tiiviin kuoren saamiseksi uretaanieristeelle. Tältä osin kehittämisen varaa en juurikaan keksi työmenetelmän nopeuttamiseksi. Sen sijaan kannattaa siis panostaa työn lopputuloksen laadun tasoon sitä tarkemmin.

Muovia voi siis käyttää myös siinä missä peltiäkin. Miksi sitten käyttää peltiä ollenkaan? Kun vertaillaan pellin ja muovin asennukseen käytettävää aikaa sellaisessa tilanteessa, johon molemmat kävisivät, huomataan, että pelti on kokonaisuudessaan nopeampi asentaa paikoilleen. Asennustyössä, niin kuin muutenkin tuotannossa, aika on aina tärkeässä osassa. Lisäksi pelti on myös materiaalina ja asennukseen käytetyissä työvälineiden kuluissa edullisempaa kuin muovi. Huonona puolena pellistä taas täytyy mainita se, että ei ole varmaa, kestääkö se korroosiota kostean maan alla niin hyvin kuin polyeteenimuovi. Jälleen kerran on muistettava, että asiakkaalle luvataan tämän päivän kaukolämpöelementin liitoksen kestävän 50 vuotta vuotamattomana. Vaikkakin pelti peitetään kutisteella, ei tiedetä, miten se kestää tämän ajan päästämättä kosteutta peltiin käsiksi jollakin tavalla. Tästä taas ei tarvitse huolehtia muovin suhteen.

5.3.3 TCS-sähköhitsausautomaatti

Sähköhitsausautomaattia käytettäessä tarvitaan nämä välineet ja materiaalit:

- TCS-hitsausautomaatti, joka sisältää johtimet ja kiristimet
- sähkövastusnauhaa
- hiekkapaperia
- taakkahihnoja
- valmis muoviputki.

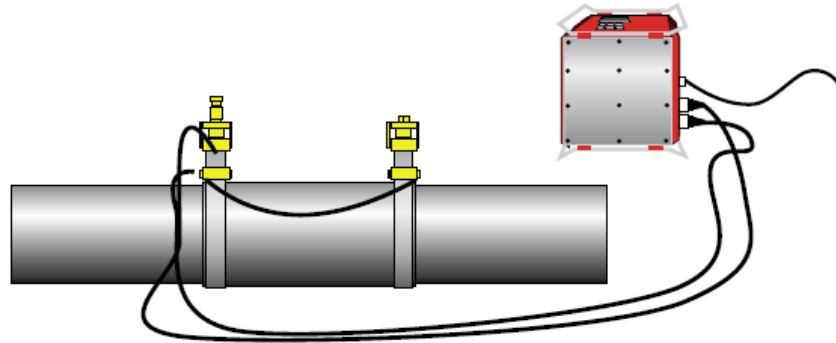
Sähköhitsausautomaatti toimii siten, että putken ja liitosmuovin välissä olevia sähkövastuksia lämmittämällä saadaan muovit sulamaan ja näin syntyy pitävä liitos. Lopputulos eli tiivis ulkoinen muovipinta eristeelle on siis sama kuin muovihitsauksessa tai pellityksessä, mutta sähkökustamisessa jätetään muovikuoren ja putken väliin kaksi noin viiden senttimetrin levyistä sähkövastusnauhaa, yksi molempiin päihin noin kolme senttimetriä reunoista. Liitoksen lujuutta vahvistetaan varmuuden vuoksi hankaamalla putki karheaksi liitosten kohdilta hiekkapaperilla ennen kuoren asentamista. Karheus auttaa sulan muovin tunkeutumista kiinnitettäviin pintoihin. Vastuksiin lisäksi kiinnitetään johtimet, jotka jäävät näkyville. Taakkahihna pitää kuorta paikoillaan (Kuvio 27).



Kuvio 27: Taakkahihnalla kiristetty muovikuori on valmis varsinaisia reunakiristimiä varten.

Alustavat työvaiheet takaavat kuoren paikoillaan pysymisen siihen asti, että saadaan asennettua varsinaiset leveämmät kiristimet, jotka kiristetään sähkövastusten kohdille päihin. Tässä vaiheessa kiinnitetään myös johtimiin virtajohtimet sähköhitsauslaitteelta (Kuvio 28). Sähkön tuonti vastukselle tehdään yksi kerrallaan. Seuraavana vaiheena tuodaan jännite vastuksille sähköhitsausautomaatilta (Kuvio 29). Laitte on varsin käytännöllinen, siinä on muun muassa ajastin, lämpömittari sekä virrehälytint. Muovien lämmitys pitävän liitoksen aikaansaamiseksi kes-

tää noin 15 - 17 minuuttia kummallekin puolelle. Hälytys ilmoittaa piippaamalla, jos se havaitsee esimerkiksi katkoksen sähköpiirissä tai muuta vastaavaa.



Kuvio 28: Hitsausautomaatti

Jos vastusten asennus ja kiristys on hoidettu huolellisesti, hälytystä tuskin tulee. Mikäli hitsausautomaatin virrehälytys ei ilmoita häiriötä lämmityksessä, liitos on valmis. Laite antaa äänimerkin ajan tullessa täyteen.



Kuvio 29: Sähkö johdetaan vastuksille ja lämmitys alkaa.

Lopuksi keskelle jäävä rako täytetään ekstruuderilla, jotta kosteus pysyisi varmasti poissa vuosikausia. Tämä työvaihe alustuksineen ja lämmityksineen alusta loppuun kestää noin 20 minuuttia. Se on melko pitkä aika verrattuna esimerkiksi pellitykseen ja rätiinpaistoon. Tämä menetelmä vaatii myös kaksi työntekijää, jotta vastusten asennus ja kiristykset onnistuisivat varmasti ilman ongelmia. Kun vertaa käytettyä aikamäärää kerrottuna kahdella työntekijällä ja niin sanotuilla kikkailuongelmilla, joita tähän menetelmään liittyy, niin mielestäni pellitys ja rätiinpaisto ovat

varmasti nopeampia ja yksinkertaisempia. Myöskin välineet, joilla tämä menetelmä toteutetaan ovat paljon kalliimpia kuin edellä mainitussa. Tätä menetelmää ei myöskään voi käyttää ymmärrykseni mukaan vesi- eikä räntäsateella, joten sekin hankaloittaa tuotantoa entisestään. Kuvat 27 ja 29 on otettu Helsingin maanalaisessa huoltotunneliverkostossa, jossa tämä menetelmä vaikutti ihan käyvältä vaihtoehdolta kahden miehen tiimille, koska tunneleissa ei saanut/kannattanut käyttää tulityövälineitä turvallisuussyistä. Pirkanmaan alueella tätä menetelmää ei käytetä ollenkaan. Mielestäni kyseinen Helsingin työmaa tai vastaava pakon sanelema tulityövälineiltä kielletty paikka on ainut järkevä käyttökohde tälle menetelmälle.

5.3.4 Jatkosholkin asentaminen

Jatkosholkkiin tarvitaan seuraavat välineet ja materiaalit:

- valmiiksi leikattu holkki
- kaksi kutistetta
- kiilanauhaa
- tulppa.

Holkkiliitoksella tarkoitetaan liitosta, jossa vaahdotusta varten tarvittava onttola saadaan aikaan asettamalla valmis muoviputken pätkä eli ”holkki” kaukolämpöelementin ympärille ennen virtausputken kiinnihitsaamista. Tämän suorittavat siis hitsaajat ennakkoon saadun tiedon perusteella. Holkin tulee olla sisähalkaisijaltaan juuri sopivan mittainen, jotta se liukuu putkea pitkin vaivattomasti. Toisaalta se ei saa olla liian väljä elementin ulkohalkaisijaan nähden, koska muuten väliin jää liian suuri rako ja liitoksesta voi tulla epävarma. Koska Destialla on käytössä vain rajattu määrä eri halkaisijoita omaavia putkia, tulee väkisin tilanteita, jolloin ei löydy sopivaa putkea holkkiksi. Tällaisessa tilanteessa käytetään holkkina lievästi ylisuurta holkkia, ja tiiveys taataan kiilanauhalla. Kiilanauha on muovimaista kiilanmuotoista nauhaa, joka leikataan elementin kaaren mittaiseksi palaksi ja naputellaan tiiviiksi eristeeksi holkin ja elementin väliin. Lopullisen tiiveyden varmistamiseksi holkin tulee olla noin 50 - 100 mm pidempi kuin liitosalueen molemmat reunat. Eristäjien saapuessa liitokselle heillä on siis valmis ulkokuori uretaanille. Heidän tarvitsee vain liu’uttaa holkki jatkoliitoksen päälle, ja näin ollaan samassa vaiheessa kuin muovikuoren kanssa. Holkkiliitos eroaa esimerkiksi peltiliitoksesta myös sillä tavoin, että sitä ei peitetä kokonaan kutisteella vaan ainoastaan molemmat reunat. Tähän käytetään kuitenkin samaa työmenetelmää. Tämä johtuu siitä, että toisin kuin peltiliitoksessa holkkiin ei jää poikittaisuuntaista saumaa, joka pitäisi peittää. Holkkiin täytyy kuitenkin porata reikä, josta uretaani suihkutetaan sisään. Tämä reikä tukitaan lopuksi siihen tarkoitetulla tulpalla. Tulpat ovat siis halvempi vaihtoehto kuin koko holkin peittävä kutiste.

5.3.5 Uretaanivaahdotus

Uretaanivaahdotuksessa tarvitaan seuraavat välineet ja materiaalit:

- akkuporakone, Ø 30mm typpäkulmaterä
- tulppa
- uretaanin vaahdotuskone tai uretaanisekoitepullot
- tarvittavat suojavälineet.

Kun eristeen ulkokuori on asennettu liitoksen päälle tavalla tai toisella tilanteen mukaan, ollaan valmiita täyttämään tyhjä tila polyuretaanilla muodostaen pääosan eristeestä. Polyuretaani on isosyanaatin ja polyolin kemiallisessa reaktiossa syntyvä vaahtomainen aine, joka on kuivuttuaan erittäin tehokas lämpöeriste. Uretaani suihkutetaan tilaan aina kuoren pintaan poratusta reiästä. Tähän käytetään kahta eri menetelmää: konevaahdotus ja pullovaahdotus.

Ensimmäinen ja yleisempi vaihtoehtoista on konevaahdotus. Konevaahdotuslaite on kuorma-auton tavaratilaan kiinteästi asennettu uretaanin ainesosien sekoituslaite, pumppu ja letku. Sen avulla voidaan vaivattomasti kuljettaa ja suihkuttaa suuriakin määriä uretaania melkein pä mihin tahansa. Kuorma-auto ja vaahdotuskone ovat siis omiaan sellaisissa tilanteissa, joissa pitää vaahdottaa esimerkiksi 400 metrin pituisesta kaukolämpöputkesta useita kymmeniä liitoksia. Tällaisissa tilanteissa koneesta lähtevä noin 30 metrin pituinen suihkutusletku on todella tarpeellinen. Kone vaatii alkulämmityksen, jotta se saavuttaa optimisekoituslämpötilan. Koneen täytyy lämmitä noin 40 – 50 °C:een, mikä varsinkin talvella kestää aika kauan, jopa kolme tuntia kovilla pakkasilla, mutta sen jälkeen työ käy ripeästi.

Koneella vaahdotettaessa työ vaatii aina kaksi miestä etenkin letkun painoin ja pituuden takia. Toinen heistä on yleensä koneella valvomassa ja toinen putken toisessa päässä suihkuttamassa uretaania. Uretaania suihkutettaessa tulee ottaa huomioon, että se suihkuttamisen jälkeen paisuu huomattavan paljon. Tämä tarkoittaa sitä, että kun tyhjä tila täytetään, täytyy tietää milloin suihkuttaminen täytyy lopettaa ennen kuin käy niin, että uretaania pursuilee litrakaupalla maahan. Tähän liittyen täytyy myös mainita, että uretaani on ympäristölle myrkyllistä, joten työntekijän on käytettävä suojavälineitä. Mikäli sitä pääsee valumaan maahan, se täytyy käydä keräämässä pois kuivumisen jälkeen. Vaahtoa ei siis saa päästää lentämään ulos, vaan vaahdotusaukko on suljettava tulpalla heti ilman poistuttua tilasta (Kuvio 30 ja 31). Suihkuttamisen anostelu ja ajoissa lopettaminen on sekin taito, joka kehittyy vasta useiden toistojen kautta. Anostelua helpottaa koneesta kuuluva sykähdtely. Sykähdtely kuuluu männän liikkuaessa laitteen sisällä puolelta toiselle, jolloin se ottaa vuorotellen kumpaakin ainetta putkeen, yhteensä 0,24 kg:n verran valmista uretaania. Kun tämän tietää, on helpompi laskea, kuinka monta sykähdytystä kukin tyhjä tila suunnilleen vetää.



Kuviot 30 ja 31: Tulppa ennen ja jälkeen uretaanin suihkutusta.

Toinen menetelmä on pullovaahdotus. Periaate on sama kuin konevaahdotuksessa, mutta polyuretaani saadaan itse sekoittamalla erillisistä pulloista polyolia ja isosyanaattia. Tätä menetelmää käytetään pääosin sellaisissa tilanteissa, että kohteessa on vain yksi tai muutama vaahdotettava liitos. Tällaisia voivat olla esimerkiksi korjaustöitä vaatineet kohteet tai erittäin pienet putkikoot. Annostelu on suhteellisen helppoa, koska pullojen ohjeissa on aina ilmoitettu määrä, paljonko uretaania syntyy. Pulloja käytetään myös silloin jos vaahdotuskone on jo käytössä ja vaahdotusta tekee useampi työntekijä kuin kaksi, jotka ovat ainoalla vaahdotusautolla liikenteessä. Pullot toimivat siis jatkuvan työn varmistavana varatoimenpiteenä.

Molemmissa menetelmissä käytetään samanlaista tulppaa, jolla varmistetaan uretaanin lopullinen tiiveys liitoksessa. Tulppa on valmistettu naulasta ja kahdesta läpystä kutistetta. Toinen läppä survotaan reiästä sisään, ja toinen jää ulkopuolelle varmistamaan, ettei tulppa putoa sisälle. Tilan täytyttyä sisällä oleva läppä painautuu kattoa vasten tiivistäen reiän kiinni. Näin uretaani jätetään kuivumaan paikoilleen. Lopuksi naula ja ylempi läppä poistetaan puukon avulla.

Vaahdotus ei ole niin yksinkertainen työvaihe kun miltä se kuulostaa. Vaahtoa ei vain voi huolehtia pursuttaa liitokseen ja sillä hyvä, vaan siinä on otettava huomioon monia hyvän lopputuloksen kannalta tärkeitä asioita. Jatkoksen tulee olla kuiva ja vaippaputken lämmin. Ihannelämpötila tälle on noin 25 – 30 °C. Jos komponentit tai jatkos ovat kylmät, ei reaktio ole täydellinen, ja vaahdosta tulee huonoa. Silloin on vaarana, että reaktio saattaa alkaa uudelleen siinä vaiheessa kun putkeen päästetään lämmintä vettä. Vaahdotuksessa on myös varmistettava, että jatkoksesta pakeneva ilma pääsee vapaasti poistumaan. Virheellisesti suoritettussa vaahdotuksessa vaahdon mekaaniset ja termiset lujuudet voivat olla oleellisesti huonommat. Erilaiset virheet vaikuttavat kuitenkin eri tavalla. Esimerkiksi liian kuuman virtausputken päälle suoritettu vaahdotus rikkoo vaahdon soluja, ja tuloksena on sekä eristyskyvyltään että puristuslujuudeltaan huonoa vaahtoa. Yleisimmät vaahdotusvirheet ovat aineiden väärä sekoitussuhde, puutteellinen sekoitus, vesi ja kosteus, kylmä jatkospinta ja pilalle menneet raaka-aineet.

Vaahdotuksen ja seuraavan työvaiheen eli kutistamisen välissä on noudatettava niin sanottua 24 tunnin sääntöä. Tämä tarkoittaa sitä, että vaahdotettua liitosta ei saa kutistaa kiinni ennen kuin uretaanin kemiallisen reaktion aiheuttamat höyryt ovat päässeet vapaasti muodostumaan

ja poistumaan ennen kutistamista. Tähän on katsottu riittävän vuorokauden mittainen väliaika. Mikäli väliä ei pidetä, tulee ongelmia kutisteen kanssa, kun lämmityksessä aiheutuvat höyryt muodostavat kutisteen alle kuplia, jotka ovat vaikeita ja hitaita poistaa

5.3.6 Kutisteet ja saumalaput

Kutistamisvaiheeseen tarvittavat välineet ja materiaalit ovat:

- puhdistusaineet sekä rievut
- hiomanauhaa (P60 - P80)
- propaanikaasupullot letkuineen ja suuttimineen
- tela ja suojakäsineet kutisteen kuumakäsittelyyn
- kutisteet ja saumalaput.

Eristyksen viimeinen ja putken sinetöivä työvaihe on niin sanottu ”rätin paistovaihe”. Kutiste eli niin sanottu ”rätti” tai ”kutistematto” on muovista valmistettu ohut mattomainen materiaali, joka kutistuu lämmittämällä noin 20 - 30 % pienemmäksi alkuperäiskoostaan. Tällaisia materiaaleja on käytetty LVI- ja sähköalalla jo vuosikausia, niin kuin myös kaukolämpöalalla. Niillä saadaan oikein käytettynä putken vaurioherkimmän kohdan eli liitoskohdan päälle pitkäaikainen ja tiivis muovimatto eristeeksi, joka suojaa pääasiassa kosteudelta. Valmistajia ja tuotevalikoimia on runsaasti. Destia Oy käyttää pääosin Raychemin ja Canusan kutisteita ja saumalappuja.

Ensimmäisessä työvaiheessa kutistematto leikataan oikean mittaiseksi eli siten, että kun se kierretään putken ja pellin ympäri, se limittyy itsensä kanssa melko tarkalleen 50 mm. Lisäksi kutisteeseen viistetään limityksessä alle jäävät kulmat pois noin 30 - 50 mm matkalta. Kutisteen keskittämisen helpottamiseksi voidaan merkitä putkien päät 150 mm etäisyydeltä suojaputken reunasta esimerkiksi liidulla. Ennen rätin paistamista täytyy huolehtia pellin ja muovin puhdistaminen liasta ja uretaaniroiskeista, jotta kutiste tarttuisi ongelmitta kiinni, eikä väliin jäisi mitään mikä jäisi savuttamaan ja muodostamaan kaasukuplia kutisteen alle. Lisäksi tarttuvuuden varmistamiseksi putken tiivistyspinnat karhennetaan hiomanauhaa käyttäen. Tämän jälkeen pelti ja putki kuivataan liekillä (Kuvio 32). Kuivuuden varmistaminen on tärkeimpiä asioita, joita tulee ottaa huomioon. Jos kosteutta jää kutisteen alle, tuloksena on aina kuplia, koska lämmityksen yhteydessä kosteus haihtuu. Kuivatuksen yhteydessä pinnat esilämmitetään riittävän kemiallisen aktiiviteetin aikaansaamiseksi. Toisin sanoen kutiste tarttuu paremmin esilämmitettyihin pintoihin. Liikaa lämmitystä on myös vältettävä. Ideaalilämpötilat pinnoille käytettävästä kutisteesta riippuen ovat noin 60 °C muoville ja noin 20 – 30 °C pellille. Jälleen lisävarmistuksena tarttuvuudelle voidaan pyyhkiä lämmitetyt pinnat puhtaaksi rasvatahroista etanoliin kastetulla puhtaalla rievulla. Nyt on valmistelut kutisteen paistamista varten tehty. Kutisteessa oleva muovinen suojakalvo poistetaan ja kutiste kierretään putken ympärille niin, että saumakohta tulee ylöspäin (Kuvio 33).



Kuvio 32: Pelti ja putki lämmitetään optimilämpötilaan.



Kuvio 33: Kutiste on asennettava suoraan.

Pituussuuntainen sauma peitetään saumalapulla, josta myös poistetaan mahdollinen suojakalvo. Saumalappu lämmitetään saumaan kiinni pehmeällä liekillä eli noin 50 cm pitkällä keltaisella liekillä. Liika kuumuus voi vahingoittaa kutistetta. Saumalappua lämmitetään niin kauan, että se sulaa hieman sisäpuolelta saumaan kiinni. Sitä voi joutua hieman painelemaan terästelalla tai suojakäsineillä. Kun huomataan, että saumalappu on sulanut riittävästi pitääkseen sen paikoillaan, sitä ei enää kuumenneta. Ennen kuin kutistetta voi alkaa lämmittää, täytyy odottaa hetki, että saumalappu jämähtää paikoilleen. Tämä tehdään siksi, että kun kutiste alkaa lämmön vaikutuksesta kutistua, se ei pääse luistamaan saumalapun alta. Eli saumalappu ikään kuin lukitsee sauman kiinni kutistamisessa tapahtuvaa vetoa varten. Jos niin pääsee käymään, että kutiste pääsee luistamaan saumalapun alta, on kutiste pilalla, sillä sitä ei pysty enää venyttämään takaisin saumalapun alle. Tässä tapauksessa on aloitettava alusta. Tämän kaltaiset virheet vältetään työntekijän rutinoituneella ammattitaidolla ja kokemuksella.

Kutistaminen aloitetaan työntekijän tavoista riippuen joko keskeltä alhaalta tai jommasta kummasta päästä noin 50 - 100 mm reunasta. Aloituskohdasta lähdetään etenemään ympäriinsä niin, että ilma pääsee pakenemaan reunoilta ja täten pois kutisteen ja putken välistä (Kuvio 34). Ilman pakenemisen auttamiseen voi käyttää hyvin terästelaa tai painella suojakäsineillä. Näin edetään koko kutisteen alueelta, kunnes koko kutiste on kutistunut tiiviiksi pellin ja muovin päälle. Ilmakuplia siis ei saa jäädä lainkaan. Valitettavasti varsinkin sateella ja talvella ilmakuplia jää poikkeuksetta esilämmittämisestä huolimatta. Niiden pois saamiseksi käytetään taivutetusta rautalangasta tehtyä apuvälinettä, joka ensin lämmitetään ja sitten työnnetään kutisteen päädystä sisään kuplalle asti sulattaen matkalle kuilun, jota pitkin ilma pääsee pakenemaan pois (Kuvio 35). Tämä on tarkkaa ja aikaa vievää metodiä, mutta työmiesten sanojen mukaan kaikista varmin.



Kuvio 34: Kutisteen kutistuessa se pakottaa ilman pois reunoista.



Kuvio 35: Rautalanka sopii tehtävään hyvin.

Valmiin kutisteen pinnan tulee olla sileä, eikä se saa sisältää yhtään kuplia. Hyvän tuloksen merkinä pidetään yleisesti sitä, että kutisteen päistä on pursunut hieman sulaa tiivistysmassaa, joka voidaan vielä tasoittaa ja levittää vaikkapa puukolla. Valmista liitosta ei saa rasittaa mekaanisesti ennenkuin se on jäähtynyt alle kädenlämpöiseksi. Varsinkin kesäisin on otettava huomioon, että valmiit liitokset on peitettävä maalla mahdollisimman nopeasti niiden suojaukseksi auringolta. Tämä tehdään kaasukuplien muodostumisen ehkäisemiseksi.

Kesällä putken ulkohalkaisijan ollessa 500 mm tai yli on kutistamistyössä oltava kaksi työmiestä ja käytettävä kahta kaasupoltinta. Talvella tämä raja menee 400 mm:ssä, koska silloin yksi poltin ei riitä pitämään tarvittavaa lämpöä yllä ulkolämpötilan vaikutuksesta.

Niin tärkeä vaihe kuin kuivaaminen ja kuplien ehkäiseminen onkin, se on melko mahdoton saavuttaa täysin. Käytännössä jää aina sen verran kosteutta, että kuplia syntyy, koska putkea ei saa lämmittää liikaa. Jos ei kosteutta jää, niin ainakin lämmitettäessä uretaani höyryä muodostaen kuplia. Ottaessani aikaa eri työmiesten kutistamistyövaiheesta lähes jokaisella esiintyi kuplien poistamista. Panin merkille, että noin puolet kaikesta ajasta, joka paistamiseen käytetään, menee kuplien poistoon jos niitä ilmaantuu. Tämä olisi kehityksen kannalta tärkeä osa-alue tiedostaa. Jos johonkin panostaisin kutistemateriaalien valinnassa, se olisi ehdottomasti sen selvittäminen, mikä aiheuttaisi vähiten kuplia tai edes sen, mistä kuplat on helpointa ja ennen kaikkea nopeinta poistaa tietysti hyvän lopputuloksen ohella. Toisaalta olen sitä mieltä, että kuplien muodostus ei riipu käytettävästä kutistemateriaalista niin paljoa, että sillä olisi ratkaisevaa merkitystä, vaan ongelma on pikemminkin siinä, että uretaani höyryä lämmön vaikutuksesta, vaikka kosteus saataisiinkin kokonaan pois. Uretaaneja on varmasti eri merkkisiä ja eri ominaisuuksia omaavia. Olisiko siis höyryämättömän uretaanin käyttö mahdollista? Onko sellaista olemassa, joka muuten täyttäisi kaukolämpöelementin eristyksen vaatimukset?

5.4 Hälytinlanka

Hälytinlanka on kiinnivaahdotetun kaukolämpöelementin sisälle sijoitettu hälytysjohdin. Se on keksintö, jonka avulla voidaan seurata kaukolämpöverkoston tilaa ja paikallistaa mahdolliset vuotokohdat, joihin on ilmaantunut kosteutta.

Hälytyslankajärjestelmään kuuluu kolme osaa. Ensimmäinen osa on itse hälytysjohdin. Johdin asennetaan kaukolämpöelementin eristeen sisälle jo sen valmistusvaiheessa asiakkaan niin halutessa. Johtimia voidaan liittää aina toisen elementin johtimeen liitostyön yhteydessä juottamalla tai siihen tarkoitettua liitintä käyttäen. Valmiissa verkostossa johdin muodostaa aina täyden silmukan. Johtimina käytetään yleensä kuparilankaa, joka voidaan tukea putkeen kiinni esimerkiksi teipillä. (Kuvio 36). Hälytysjohtimia on yleensä kaksi, joista toinen on siltä varalta, ettei tarvitse tuoda johdinta erikseen eristeen ulkopuolelle haaroitusten kohdalla. Joissakin hälytysjärjestelmissä on vielä lisäksi erillinen eristetty johdin pelkästään tiedonsiirtoa varten.



Kuvio 36: Hälytinlanka on teipattu kiinni putkeen varmuuden vuoksi.

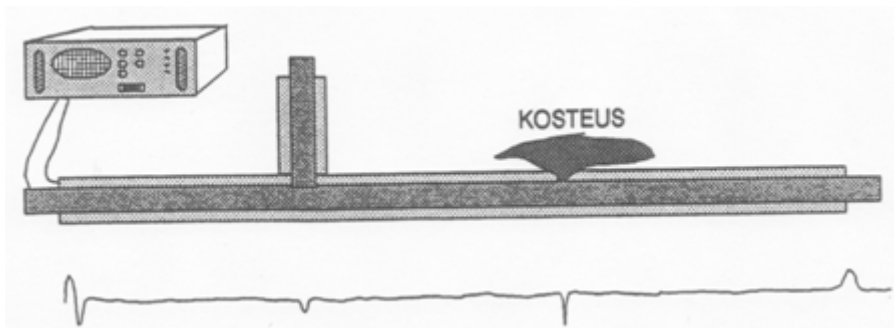
Toinen osa on valvontayksikkö. Sen avulla valvotaan tiettyä verkosto-osuutta, jonka pituus on rajattu tarkempien tulosten saavuttamiseksi. Valvonta tapahtuu mittaamalla hälytysjohtimen ja teräsputken tai johdinsilmukan impedanssia eli vaihtovirtavastusta. Valvontayksikkö, joka yleensä sijoitetaan kaukolämpökaivoon, raportoi keskusyksikölle valvomansa johdin-osuuden kunnan pulssikoodeina.

Keskusyksikkö on järjestelmän kolmas osa, joka kerää tiedot valvontayksiköiltä ja antaa hälytyksen tarvittaessa. Useimmiten keskusyksikkö sijoitetaan lämpölaitoksen tiloihin, josta lähetetään huoltomiehet paikkaamaan vaurioitunut elementti tai liitos. Hälytys saadaan kosteudesta, oikosulusta tai johtimen katkeamisesta. Näissä tilanteissa impedanssi joko laskee hieman, laskee nolleen asti tai kasvaa äärettömäksi. Valvontayksiköt mittaavat impedanssia virtausputken ja hälytysjohtimen välillä. Kosteus saa aikaan havaittavan muutoksen impedanssissa.

Taulukko 2: Kosteuden ja impedanssin riippuvuus

Impedanssi (k ohm)	Kosteuden määrä
>10 000	Kuiva
1000 - 10 000	Vähän kosteutta
100 - 1000	Jonkin verran kosteutta
10 - 100	Paljon kosteutta
1 - 10	Märkä
0,1 - 1	Suurvuoto tai oikosulku

Vuotokohta voidaan paikallistaa sähköisesti niin sanotulla kaapelitutkalla eli pulssiekometrillä (Kuvio 37). Kaapelitutkalla lähetetään pulssi hälytysjohtimeen. Vuotokohdasta pulssi heijastuu takasin, jolloin pulssin matkaan kuluneen ajan perusteella voidaan määrittellä vuotokohdan tarkka sijainti.



Kuvio 37: Esimerkki tutkan näyttämästä käyrästä ja siitä miten sen avulla voidaan paikallistaa kosteus tai vuoto (Energiateollisuus ry).

Hälytinlankajärjestelmä on tarkka tapa paikallistaa vuoto tai kosteusvaurio. Menetelmän etuna on, että jos järjestelmää ei ole asennettu ja vuoto havaitaan muulla tavalla, putkistossa ei voida mitenkään tietää tarkalleen, missä vuoto on. Tämä johtaa yleensä siihen, että koko putkisto joudutaan kaivamaan esille, jotta vaurioitunut kohta löytyy. Jos vika pysytään paikantamaan tarkasti, ei tarvitse kaivaa esille kuin se tietty kohta putkistoa. Tämä säästää ilman muuta aikaa ja rahaa. Jostain syystä hälytinlankoja ei käytetä Pirkanmaan alueella.

6 Kustannuslaskenta

Niin kuin käy ilmi taulukosta 1, elementeistä on eri eristeluokat: 1, 2 ja 3. Kuten ulkohalkaisijoista voi päätellä, eristeen paksuus lisääntyy luokan mukaan vaikuttaen muoviputken ulkohalkaisijaan aikalailla ja tämä vaikuttaa tietysti materiaalin kulutukseen joissakin työvaiheissa. Ensimmäisen luokan elementit ovat pääosin vähemmän eristystä vaativia kaukojäähdytykseen tarkoitettuja elementtejä. Toisen luokan elementtejä käytetään pääosin 2Mpuk järjestelmän paluujohdoina, koska ne eivät tarvitse enää niin paksua eristettä, mutta hieman paksumman kuin kaukojäähdytysputket. Kolmannen luokan putket ovat näistä kaukolämmössä yleisimmin käytettyjä, joten kaikki materiaalikulutuslaskelmani perustuvat KWH Popen tämän luokan putkiin ja niiden ulkohalkaisijoihin.

Kustannuslaskennan tarkoituksena oli laatia mahdollisimman tarkka taulukko kustakin työmenetelmästä ja niihin kuuluvista kustannuksista. Näitä kustannuksia ovat materiaalin hinnat ja asentajien hinnat suhteutettuna työvaiheen ajankulutukseen. Erillisenä mainintana jokaiselle työvaiheelle on myös välineiden hinnat. Kustannusten kannalta siis ei voi vertailla keskenään esimerkiksi hitsausta ja pellittämistä; ne eivät ole keskenään vertailukelpoisia, koska niillä on täysin eri tarkoitus, vaan taulukoista voidaan verrata hitsauksen aikoja ja kustannuksia eri putkikokojen mukaan ja pellittämistä eri putki- ja peltikokojen mukaan. Keskenään voi taas vertailla esimerkiksi samaan putkikokoon asennettua jatkospeltiä tai muovihitsattua kuorta näiden ajaessa loppujen lopuksi saman asian. Näin voidaan myös verrata sitä, montako työmiestä kukin menetelmä vaatii milläkin putkikoolla. Menetelmä, joka sitoo siihen kaksi työmiestä tietyksi ajaksi yhden miehen sijaan, on tietysti tilaajalle paljon kalliimpi. Taulukoissa esitettävät asennusajat ovat tarkemmin selitettynä tapauskohtaisesti, mutta pääideana on, että kellottamiseen on otettu mukaan ainoastaan itse työtapahtumaan kuluva aika keskiarvona, eikä esimerkiksi alustamisaikoja tai materiaalien ja välineiden valmisteluja työvaiheeseen. Kaikki laskelmat ja taulukot ovat liitteissä niiden luottamuksellisuuden takia. Nämä liitteet julkistetaan vain Destia Oy:n käyttöön.

7 Materiaalien ja työmenetelmien vertailu ja ongelmien pohtiminen

7.1 Hitsaus

Tulin siihen lopputulokseen, että hitsauksessa ei vaikuta niinkään materiaalien hinta kuin siihen käytetty aika. Siksi hitsausvaihetta on mielestäni vaikea kehittää parempaan suuntaan, koska laadukas hitsaus vaatii aina oman aikansa. Mikäli hitsaaja alkaa hoputtaa, niin tuloksena on varmasti huonolaatuista saumaa. Tätä ei voi siis pitää vaihtoehtona, koska laadukas ja varma hitsisauma on elementin toiminnan kannalta melkein tärkein yksittäinen asia. Mielestäni tämä riittäisi syyksi siihen, että jokainen sauma koeponnistettaisiin aina. Toki hitsausta voisi nopeuttaa taustalla vaikuttavien asioiden kautta. Näillä tarkoitan välineiden valmisteluihin käytettyä aikaa. Kustannuslaskennoissa oli perustana vain se aika, kun itse hitsaussauma syntyy. Todellisuudessaan työvaihe kestää alustamisineen paljon kauemmin. Eli siis jos näihin valmisteluihin kuluva aika voitaisiin minimoida, esimerkiksi järjestelmällisyyteen panostamisella saataisiin mielestäni suurempi hyöty kuin keskittymällä itse hitsisauman syntymiseen kuluvalle ajalle. Tätäkään ei voi tietysti rajattomasti yrittää parantaa. En myöskään usko, että välineiden parantamisella olisi oikeastaan mitään vaikutusta työn nopeuttamisen suhteen. Toisaalta taas pieni panostus ympäristötekijöiden suojaamiseksi parantaa työn lopputuloksen laatua varmasti. Eniten kuitenkin parantamisen varaa löysin tässä työvaiheessa siitä, että hitsaajat voisivat paremmin ottaa huomioon seuraavaksi samalle työmaalle tulevat eristäjät esimerkiksi suojaamalla liitokset paremmin säältä heitä varten. Yhteen hiileen puhaltamisen periaatteen kohentamisella olisi mielestäni suurin tehokkuutta lisäävä vaikutus.

7.2 Eristys

7.2.1 Jatkospellin kiinnittämien

Pellittäminen on haastatteliemieni eristäjien mukaan mieluisin tapa muodostaa uretaanille ulko-kuori. Heidän mielestään sen ylivoimainen nopeus verrattuna muovihitsaukseen on jo itsessään niin ratkaiseva tekijä tehokkuuden kannalta, että jos kaikki mahdolliset liitoksen pellitettäisiin, niin säästettäisiin paljon aikaa ja rahaa. Valitettavasti peltiä ei voi joka paikkaan laittaa. Sitä rajoittaa suorissa putkissa se, että jos liitos alue on leveämpi kuin 540 mm, ei leveinkään pelti enää riitä peittämään koko liitosta tarpeeksi. Voitaisiinko siis jotenkin päästä käsiksi siihen ongelmaan niin, että ei tehtäisi koskaan liitoksia, jotka ovat suorissa putkissa yli 540 mm?

7.2.2 Muovihitsaus

Muovihitsaus on hidasta ja kallista. Valitettavasti se on myös joissakin tilanteissa ainut mahdollinen vaihtoehto. Esimerkiksi kulmapaloja voi tilata suoraan materiaalintoimittajalta, mink säästäisi paljon aikaa, mutta ne ovat niin kalliita, että tulee lopulta halvemmaksi tehdä kulmapalat itse putkitavarasta. Niiden tekeminen sitoo taas aina yhden työmiehen. Vaikka niitä ryhdyttäisiinkin tilaamaan eikä itse valmistamaan, on ennalta tilaamisessa myös se huono puoli, että siinä vaiheessa kun varmuudella tiedetään, millainen kulmapala tarvitaan, voidaan vasta se tilata. Palan saapuminen lopulta paikalle kestäisi niin kauan, ettei se olisi todellakaan kannattavaa sujuvan tuotannon takaamiseksi. Muovihitsaus on siis varma tapa kustoimoida tarvittava kuori tilanteen mukaan, mutta se on hieman sähläysaltis.

7.2.3 TCS-sähköhitsausautomaatti

Menetelmänä TCS-sähköhitsaus on mielestäni kannattavaa ainoastaan sellaisessa paikassa, jossa ei voi käyttää tulivälineitä, esimerkiksi huoltotunneleissa tai lähellä palonarkoja säiliöitä. Sen vaatimat laitteet ovat kalliita ja lisäksi menetelmä vaatii aina kaksi työntekijää samaan aikaan. Se on kaiken lisäksi vielä siitä huono, että jos kuoriputken päät eivät ole aivan pyöreitä, joudutaan niiden päälle laittamaan kuitenkin kutiste tiiveyden varmistamiseksi. Miten tämä tehdään, jos kyseisessä paikassa ei saa käyttää tulivälineitä?

7.2.4 Uretaanivaahdotus

Konevaahdotuksen ja pullovaahdotuksen ero on selvä. Pullovaahdotus on melkein kaksi kertaa kalliimpaa kuin konevaahdotus. Mitenkään ei ole kannattavampaa käyttää pullovaahdotusta paitsi niissä tilanteissa, jossa ei voi konevaahdotusta millään käyttää. Tällainen tilanne voi olla juuri se, että autoa ei päästä ajamaan tarpeeksi lähelle, jotta letku ylettyisi vaahdotettavalle liitokselle. Toinen järkevä pullovaahdotuskohde on sellainen, jossa on vain yksi tai kaksi pientä liitoskohtaa ja vaahdotusauto on jossain suhteellisen kaukana käytössä, eikä sitä kannata ajaa tälle työmaalle kahden pikkuliitoksen takia. Pullovaahdotus kannattaa ehkä silloinkin, jos ei ole mahdollista tai järkevää odotella jopa kolmea tuntia, että vaahdotuskone lämpiää talvella. Jos vaahdotusauton letkua voisi pidentää, voisiko sillä varmistaa konevaahdotuksen käytön suuremmissa määrässä työmaita?

7.2.5 Kutisteet ja saumalaput

Suurimman vertailumahdollisuuden käytettyjen materiaalien suhteen tarjoaa kutistamistyövaihe. Kutistevalmistajia on monia ja valmistajilla monia eri merkkejä, joilla on kaikilla omat hyvät ja huonot puolensa. Varmasti suuremmalla tutkimisella ja merkkien testaamisella saataisiin parempia laatu- ja asennusaikatuloksia. Destia Oy:n käyttämistä kutisteita parhaaksi osoittautui Raychemin IPPS. Eristäjiä haastatellessani sain yksimielisiä mielipiteitä sen parhaudesta. Se on nopea ja vaivaton asentaa. Valitettavasti sen käyttö ollaan ilmeisesti lopettamassa ja käyttöön otetaan saman valmistajan Dual Seal. Dual Seal on suunniteltu juuri kaukolämpöputkien eristämiseen, joten sen laatuominaisuuksia ei voi kieltää. Se taas on eristäjien mielestä hankalaa ja hidasta asentaa. Lisäksi se on aika kallis verrattuna IPPS:n. Canusan kutiste taas on jokseenkin näiden kahden välimaastossa niin hinnan kuin asennusnopeudenkin näkökulmasta. Siinä on vain huonona puolena sen velttous. Velttous tekee siitä vaivalloista käsitellä ja asentaa oikein. Velttouden osittain aiheuttaa varmasti se, että se on paljon ohuempaa kuin Raychemin mallit. Näin jopa tilanteen, jossa ilmaa poistettaessa väännetyllä rautalangalla kutiste puhkesi. Onneksi kutiste oli pieneen liitokseen asennettavana, koska jos kutistetta olisi ollut pitkä pätkä, sen repimisessä olisi ollut aika lailla hommaa sen hinnasta puhumattakaan. Kyseinen työmies sanoi, ettei ole koskaan saanut jämäkempiä kutisteita puhki tällä tavoin.

7.3 Hälytinlanka

Hälytinlanka on hyvä keksintö. Valitettavasti se ei vain ole niin tarpeellinen muuta kuin suurilla putkihalkaisijoilla. Tämä siksi, että jos ohut putki alkaa vuotaa, sen aiheuttamat sivuvauriot ovat aika pieniä. Jos taas erittäin suuria vesimääriä sisältävä putki alkaa vuotaa, on tilanne korjattava nopeasti sivuvahinkojen välttämiseksi. Tässä ongelman havaitsemiseen auttaa hälytinjärjestelmä tehokkaasti. Hälytinjärjestelmä ei siis vain ole rahallisesti tarpeeksi hyödyllinen pienemmillä putkihalkaisijoilla. Vuodot kyllä aina huomataan ennemmin tai myöhemmin, mutta jos kyseessä on suuri vuoto, on halvempaa havaita se hälytysjärjestelmän avulla ottaen huomioon järjestelmän hinnan asiakkaalle suhteessa mahdollisiin sivuvahinkoihin.

8 Yhteenveto

Onnistuin kuvaamaan työvaiheet melko tarkasti, mikä helpotti ongelmien pohdintaa. Kuvaamalla työvaiheet tarkasti saavutin ainakin sen, että opin itse kunkin työvaiheen aika perusteellisesti, vaikka en ollut koskaan nähnytkaan kaukolämpöputkea saati kutistetta tai sähköhitsausautomaattia ennen. Voisikin sanoa, että työn sivutavoite eli minun alustava perehdyttämiseni kaukolämpöalaan ja sen työmenetelmiin onnistui erinomaisesti. Sanoisin, että olisin nyt paljon valmiimpi aloittamaan työmaapäällikön työhön perehdytyksen tämän jälkeen, kuin ilman että olisin tehnyt opinnäytetyötä tästä aiheesta. Koin kaukolämpöalan mielenkiintoisena ja voisin hyvin kuvitella työskentelevänäni siihen liittyvässä ympäristössä joskus esimerkiksi juuri työmaapäällikkönä.

Sain myös positiivisen kuvan alasta siitä huolimatta, että eletään lamakautta. Voisin kuvitella, että kaukolämpötoiminta tuskin katoaa Suomesta vielä vuosikymmeniinkin, jos milloinkaan. Työmailla paikan päällä asennettavia järjestelmiä ei voi ulkoistaa ulkomaille, joten kaukolämmöllä tulee varmasti olemaan tavalla tai toisella jonkinlainen tulevaisuus Suomessa.

Ongelmia minulle tuotti se, että en ollut varma, kuinka materiaaleja voisi alkaa vertailla järkevästi. Ne ovat kuitenkin pitkien tuotekehitysprosessien läpikäyneitä tuotteita, joiden kohdalla on varmasti mietitty jo asioita, kuten ongelmia asennuksessa. Eli materiaaleista en voinut oikeastaan koota muuta kuin niiden käyttö hinnat Destialle ja näin auttaa vertailemaan niiden soveltuvuutta yhtiölle keskenään. Enemmän tunsin taas mahdolliseksi vertailla työmenetelmiä ja tapoja tai jopa mahdollisesti kehittää niitä. Suurimman kehityksen saisi mielestäni aikaan panostamalla itse työsuorituksen taustatekijöihin, kuten ennalta tehtäviin valmisteluihin. Tähän voisivat auttaa muun muassa huolellisemmat varastointitavat sekä yritys asentajien henkilökohtaisten tapojen muuttamiseksi yhtiölle tuotannollisesti tehokkaampaan suuntaan. Voisiko esimerkiksi kellottamiani asennusaikoja käyttää hyväksi tällaisessa kehittämisessä?

9 Loppusanat

Toivon, että tästä opinnäytetyöstä on aidosti hyötyä Destialle lähinnä kustannuslaskentojen ja kellotusten kautta. Tiedän, että yhtiölle ei välttämättä ole niinkään hyötyä työmenetelmien kuvauksista niin paljoa kuin niistä oli minulle, mutta jos voisin herättää niin johdon kuin työntekijätasonkin mielissä uusia kehitysideoita omien mielipiteiden antamisella, hyvä niin.

Tahdon kiittää Destia Oy:tä hyvästä opinnäytetyöaiheesta ja runsaasta tuesta, jota siihen sain. Erityisesti haluan kiittää Mikko Palanderia, Timo Bruunia ja Matti Järivistä kaikista tiedoista, joita he niin mielellään ja kärsivällisesti antoivat.

Tämä oli minulle ammatillisesti kasvattava kokemus ja olen sitä mieltä, että jos joutuisin tekemään vastaavanlaisen tutkimuksen työurallani myöhemmin, tämä antoi minulle hyvät eväät sitä varten. Virheistä nimittäin oppii paljon, ja tässä työssä tekemäni virheet koituisivat siten minulle hyödyksi, että ne voisivat jäädä seuraavalla kerralla tekemättä.

Lähteet

Kaukolämpöjohtojen liitostyön valvonta- ja asennuskoulutus 2008 - kurssimateriaali. Hyvinkään Riihimäen Aikuiskoulutuskeskus

Kaukolämpöverkoston vaurioutilasto 2006, Energiateollisuus ry

omat työmaamuistiinpanot

http://www.lappeenrannanenergia.fi/?valikko=1&sivu=kaukolampo&alasisivu=lampo_neuvonta

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kaukol%C3%A4mp%C3%B6verkko>

<http://www.destia.fi/destia/>

<http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo>

http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo/kaukolammon_edut

Haastattelut:

Mikko Palander, 10/2009 – 3/2010, Projektin johtaja, Destia Oy

Timo Bruun, 10/2009 – 3/2010, Työmaapäällikkö, Destia Oy

Marko Raski, 10/2009 – 3/2010, Työmaapäällikkö, Destia Oy

Pirkka Virtanen, 10/2009 – 3/2010, Työmaapäällikkö, Destia Oy

Juha Häkkinen, 10/2009 – 3/2010, Eristäjä, Hitsaaja, Destia Oy

Matti Järvinen, 10/2009 – 3/2010, Eristäjä, Hitsaaja, Destia Oy

Harri Dahl, 10/2009 – 3/2010, Eristäjä, Destia Oy

Markku Hakala, 10/2009 – 3/2010, Eristäjä, Destia Oy

Arash Azizi, 10/2009 – 3/2010, Eristäjä, Destia Oy

Petteri Palander, 10/2009 – 3/2010, Eristäjä, Destia Oy