

Lauri Kuusisto

# Biokaasujakeluputken rakentaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

5.2.2017

Tekijä Otsikko	Lauri Kuusisto Biokaasujakeluputken rakentaminen
Sivumäärä Aika	31 sivua + 7 liitettä 5.2.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Juho-Matti Uuksulainen Lehtori Janne Nuotio
<p>Insinööriyön tarkoitus oli dokumentoida Riihimäellä 2016 toteutetun biokaasuputken rakentamisen eri työvaiheita. Tavoitteena oli myös laatia yleiset ohjeet muoviputkiliitosten tekemisestä uusien asentajien perehdyttämismateriaaliksi. Työn tilaajana toimi Gasum Tekniikka Oy.</p> <p>Insinööriyössä käsitelty jalostuslaitoksen liittäminen paineenvähennysasemaan toteutettiin muoviputkella, minkä takia työssä keskitytään erityisesti muoviputkien rakentamiseen ja siihen liittyviin säädöksiin. Biokaasuputkien rakentamiseen sovelletaan samoja säädöksiä kuin maakaasuputkien rakentamiseen.</p> <p>Dokumentaatio-osassa tarkastellaan rakennetun biokaasuputken teknisiä tietoja sekä käsitellään putkistoon liitetyjä osia, kuten tarvittavia venttiileitä. Lisäksi perehdytään putken sijoittamiseen, suojausmenetelmiin, puhdistukseen ja rakennekokeisiin.</p> <p>Uusille asentajille tarkoitetussa perehdyttämismateriaalissa tutustutaan putkien liitosmenetelmiin ja käydään liitosten tekeminen läpi työvaiheittain. Koska pääasiassa muoviputkien liittämiseen käytetään sähkö- ja puskuhitaustapoja, laadittiin niistä tarkemmat ohjeet työn liitteeksi.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin Gasum Tekniikalle dokumentaatio biokaasuputken rakentamisesta sekä perehdyttämismateriaalia uusien asentajien koulutukseen.</p>	
Avainsanat	Sähköhitsaus, Puskuhitsaus, Biokaasuputki

Author Title	Lauri Kuusisto Construction of Biogas Pipes
Number of Pages Date	31 pages + 7 appendices 5 February 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Juho-Matti Uuksulainen, Production manager Janne Nuotio, Senior Lecturer
<p>The goal of this Bachelor's thesis was to examine and document the working phases of constructing a biogas pipeline. The pipeline was built in Riihimäki in 2016. Furthermore, the goal was to create general instructions for making plastic joints for new employees as introductory material. This Bachelor's thesis was commissioned by Gasum Tekniikka Oy.</p> <p>The pipeline connecting a refinery plant to a pressure reduction station was carried out using a plastic pipe, and therefore this Bachelor's thesis focuses on the process of building plastic pipes and the regulations associated to them. The regulations for biogas pipeline construction are the same as for building natural gas pipelines.</p> <p>In the documentation section, the technical features and the accessories of pipelines such as the required valves were examined. Also, the positioning, protection, cleaning and structural analysis of the pipeline were studied.</p> <p>In the introductory material, the joining of plastic pipes is presented phase by phase. In addition, specific instructions were made for the welding methods of plastic pipelines.</p> <p>As a result, the documentation of the pipeline construction process was achieved. Also, introductory material for new workers for education purposes was created.</p>	
Keywords	Biogas, Plastic pipeline, Plastic welding

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Biokaasu	1
2.1	Putkisto	2
2.2	Putkiston tekniset vaatimukset	3
2.3	Rakentamislupa	5
2.4	Kaivanto	6
2.4.1	Täyttömateriaali	6
2.4.2	Peitesyvyys	7
2.4.3	Etäisyydet	8
3	Riihimäen projekti	10
3.1	Projektin esittely	10
3.2	Putkitiedot	10
3.2.1	Hankinta	10
3.2.2	Putken tekniset tiedot	11
3.2.3	Sijoitus työmaalle	11
3.2.4	Suojaus teiden ja rautatien alituksessa	13
3.2.5	Venttiilit	14
3.3	Puskuhitsaus	15
3.3.1	Puskuhitsaus Riihimäellä	15
3.3.2	Tarkastus	16
3.3.3	Hitsauspaikka	17
3.3.4	Hitsauksen valmistelu	18
3.3.5	Putken kiinnitys	19
3.3.6	Höyläys	19
3.3.7	Sulatus	19
3.3.8	Putkien yhteen liittäminen	19
3.3.9	Sauman jäädytys ja putken irtiotto	20
3.4	Sähköhitsaus	21
3.4.1	Sähköhitsaus Riihimäellä	22
3.4.2	Muhvin hitsaus	23
3.4.3	Hitsauksen onnistuminen	23
3.5	Hitsaustietojen tallennus	24

3.6	Kaasuputkiston merkinnät	24
3.6.1	Signaalilanka	24
3.6.2	Kaasuvaroituss nauha	25
3.6.3	Merkintätolpat ja merkintäkilvet	26
3.7	Hitsatun putken puhdistus	27
3.8	Rakennekoe	28
4	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

#### Liitteet

Liite 1. Linjauskartta

Liite 2. Vähimmäissuojaus

Liite 3. Venttiili ja tyhjennysyhteet

Liite 4. Puskuhitausohjeet uusien asentajien perehdyttämiseen

Liite 5. Sähköosien hitausohje uusien asentajien perehdyttämiseen

Liite 6. Leikkuujälki

Liite 7. Pusku- ja sähköhitauksen tallennustiedosto

## Lyhenteet

DN	Nominal diameter. Nimellinen ulkohalkaisija. Ulkohalkaisija millimetreinä.
PE	Polyethylene. Polyeteeni.
SDR	Standart diameter ratio. Vakiomittasuhtesarja. Nimellisen ulkohalkaisijan ja nimellisen seinämäpaksuuden suhdeluku.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on muovisen biokaasuputken rakentamisen dokumentointi sekä muoviputken hitsausohjeiden laatiminen perehdytysmateriaaliksi uusille asentajille. Työssä on dokumentoitu Gasum Tekniikan toimeksiannosta biokaasuputken rakentaminen, mikä tehtiin yrityksen perusmateriaaliksi putkilinjan rakentamisesta.

Dokumentointi tehtiin Riihimäelle 2016 rakennetun biomassan mädätyslaitoksen ja kaasuverkoston paineenvähennysaseman yhdistävästä putken rakentamisesta. Työssä on selostettuna putkilinjan rakentamisessa huomioonotettavia asioita, kuten riittävät sijoitusyvytydet teiden alituksissa.

Perehdytysmateriaaliksi tehtyjen hitsausohjeiden ideana oli saada uusille asentajille tietopaketti putkien liitosmenetelmistä. Tämän materiaalin avulla annetaan hyvät valmiudet työssä kehittymiseen ja tuetaan käytännön oppimista.

Työn tilaajana toimii Gasum Tekniikka Oy, joka on Gasum Oy:n teknisen puolen jaos yhtiössä. Gasum Oy on valtion omistama energiayhtiö, joka tuottaa muun muassa kotimaisista jätteistä uusiutuvaa biokaasua ja tuo maakaasua Suomeen. Gasum toimittaa kaasua kotitalouksille, teollisuuteen, energiantuotantoon sekä meri- ja maantieliikenteelle. [2.]

## 2 Biokaasu

Biokaasua syntyy, kun hapettomissa olosuhteissa orgaaniset aineet hajoavat mikrobien vaikutuksesta. Orgaanisten aineiden hajotessa syntyy metaania, joka sisältää biokaasua ja mädätysjäännöstä, jota käytetään lannoitekäyttöön. [1.]

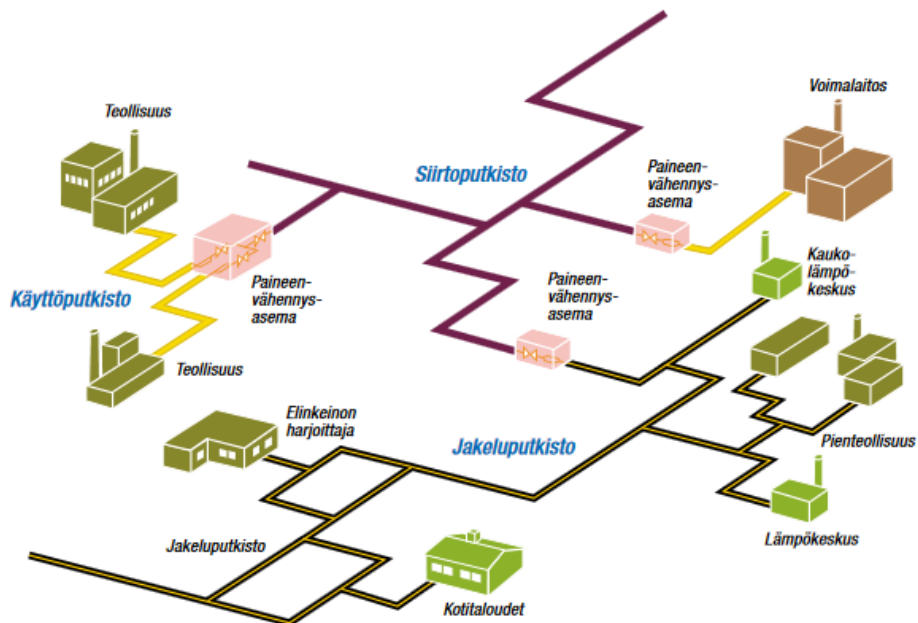
Biokaasu on 100 % kotimaista uusiutuvaa energiaa. Sitä käytetään sähkön- ja lämmön- tuotannossa sekä liikennepolttoaineena. Biokaasua voidaan tuottaa biokaasureaktoreilla tai pumppaamalla biokaasua kaatopaikoilta. [1.]

Biokaasussa on metaania (40 - 70 %) sekä hiilidioksidia (30 - 60 %) ja pieniä määriä rikkiyhdisteitä. Metaani on voimakas kasvihuonekaasu, jota talteen ottamalla biokaasuna voidaan vähentää merkittävästi kasvihuonekaasuja. [1.]

Biokaasusta jalostetaan jalostuslaitoksessa biometaania. Jalostusprosessissa kaasusta erotetaan hiilidioksidi, jolloin kaasun koostumus on 95 – 98 % metaania. Putkistoon pumpattava biokaasu on siis hiilidioksiditonta. Erotettu hiilidioksidi hyödynnetään kasvien lannoituksessa. [3, s. 17.]

## 2.1 Putkisto

Biokaasun- ja maakaasunsiirto tapahtuu käyttämällä samoja putkistoja. Putkistojen tulee kestää lämpötiloja ja paineita, joita putkistoon käytössä kohdistuu. Mekaanisesti putkiston rakenneaineiden tulee olla riittävän lujia. Käyttötarkoituksen perusteella kaasuputkistot jaetaan [kuva 1] siirto-, jakelu- ja käyttöputkistoon. [4, s. 24.]



Kuva 1. Maakaasuputkiston jaottelu [4, s. 24].

Siirtoputkistoilla kaasua siirretään jaettavaksi käyttöön. Ne koostuvat teräsputkista. Siirtoputkistot soveltuvat paineenalaiseen käyttöön, jossa maksimi paine voi olla jopa



yli 50 bar. Siirtoputkistossa oleva kaasu alennetaan paineenvähennysasemalla sopivaksi asiakkaiden ja jakeluputkiston käyttöön. [4, s. 24.]

Jakeluputkistossa vähennetyllä paineella kaasua jaetaan alueelliseen kulutukseen. Jakeluputkisto voi olla muovi- tai teräsputkea. Muoviputkea käytetään vesistöjen alitukseen, maanalaisiin asennuksiin ja pääsulkuventtiiliin asti tulevaan nousuputkeen, joka on rakennuksen seinällä. Nousuputken jälkeen putken on oltava kylmänkestävää terästä. Pitkiin ulkoseinälle tuleviin putkiin on huomioitava lämpölaajeneminen sopivilla liukukannattimilla. [4, s. 25.]

Käyttöputkistolla käyttökohteisiin tai kaasulaitteille johdetaan kaasua vähennetyllä paineella. Käyttöputkistot ovat joko kuparia tai terästä. [4, s. 25.]

## 2.2 Putkiston tekniset vaatimukset

Muoviputket ja niihin liitettävät osat valmistetaan tavallisesti polyeteenistä. Näitä osia ovat esimerkiksi venttiilit ja putkien liittämiseen käytettävät osat. Kaasuputket ovat väriltään keltaisia, oransseja tai mustia. [9, s. 25.] Putkien kylkeen on merkittynä tiedot, jotka löytyvät myös standardista SFS-EN 1555-2 - näitä tietoja ovat muun muassa valmistajan nimi, nimellisulkohalkaisija kertaa seinämän paksuus, putken nimellisulkohalkaisija, materiaali, kuorellinen/kuoreton putki, valmistusajankohta, putkessa virtaava aine sekä SDR-luokka, joka on nimellisen ulkohalkaisijan ja nimellisen seinämäpaksuuden suhdeluku. [10, s. 47.]

Valmistajilta on saatavissa muovista PE-kaasuputkea kiepillä, keloissa ja suorina putkina, joista käytetään myös termiä kankiputki. PE-lyhenteellä tarkoitetaan polyeteeniä.

Suomessa muovisten kaasuputkien seinämävahvuus on standardisoitu SDR 11:n mukaan. Kun putken materiaali on PE 100, standardin mukaan suurin sallittu käyttöpaine on 8 bar ja putken materiaalin ollessa PE 80 suurin sallittu käyttöpaine on 4 bar. [4, s. 28.]

Kun rakennetaan muovista kaasuputkea 8 barin paineeseen, täytyy hitsaukset tehdä hitsaustiedot taltioivalla sähkö- ja puskuhitsauskoneella. Nykyisin kaasuputkiston hitsauksessa käytettävät hitsauskoneet ovat tiedot talteen ottavia.

Gasumilla käytetään yleisimmin profuse -kaasuputkia. Niissä on päällä keltainen polypropeenisuojakuori, joka suojaa kaasuputkea vaurioitumiselta. Kun profuse -kaasuputkea liitetään pusku- tai sähköhitsaamalla, suojakuori tulee liitoskohdista poistaa.

Putkien seinämäpaksuuden saa selvitettyä yksinkertaisella laskulla. Putken ulkohalkaisija jaetaan putken SDR-luvulla, jolloin saadaan seinämän paksuus.

$$\text{Seinämän paksuus} = \frac{\text{Ulkohalkaisija}}{\text{SDR 11}}$$

Esimerkkinä seinämän paksuuden määrittäminen ulkohalkaisijaltaan 160 mm PE-kaasuputkelle:

$$\text{Seinämän paksuus} = \frac{160 \text{ mm}}{11}$$

$$\text{Seinämän paksuus} = 14,6 \text{ mm}$$

Taulukossa 1 on esitettyinä PE-muoviputkien erilaisia kokovaihtoehtoja.

**Taulukko 1. Muoviputken kokotaulukko ja seinämän paksuudet. Keltaisella värillä olevat osiot ovat yleisimmin käytössä olevat putkikoot. [4, s. 27.]**

Nimelliskoko DN/ulkohalkaisija [mm]	Seinämänpaksuus [mm]
16	3
20	3
25	3
32	3
40	3,7
50	4,6
63	5,8
75	6,8
90	8,2
110	10
125	11,4
140	12,7
160	14,6
180	16,4
200	18,2
225	20,5
250	22,7
280	25,4
315	28,6
355	32,3
400	36,4
450	40,9
500	45,5

### 2.3 Rakentamislupa

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto myöntää maakaasuputkiston rakentamislupia. Maakaasuputkistolle ei tarvita rakentamislupaa, jos tehdään talohaara jakeluputkistosta esimerkiksi talon liittymisputkeen. Rakentamislupaa ei tarvitse myöskään käyttöputkistolle, kun sen suurin paine on 0,5 bar tai putkiston koko on enintään DN 25. Käytettäessä putkikokoa DN 25 tai pienempää voi käyttöpaine olla maksimissaan 4 bar ilman rakentamislupaa. Jos käyttökohteessa olevien laitteiden nimellinen polttoaineteho on 1,2 MW tai suurempi, pitää rakentamislupa hakea. [11, s. 3827.]

Jakelu- ja käyttöputkistolle, jossa paine on enintään 8 bar, rakentamisluvan voi hakea alueellisesti. Alueellinen rakentamislupa kattaa kaiken rakentamisen luvassa haettuun

maantieteelliseen alueeseen. Rakentamislupa kattaa jakeluputkistoon liitetyt käyttöputkistot lupa-alueella. [11, s. 3827.]

Alueellista rakentamislupaa haettaessa rakentamislupahakemuksessa on selvittävä:

- hakijan nimi, toimiala ja kotipaikka
- suunniteltu putkiston sijainti
- ympäristövaikutukset ja niiden ehkäisy-suunnitelma
- suurille käyttökohteille arviointi vaarasta [11, s. 3847].

## 2.4 Kaivanto

### 2.4.1 Täyttömateriaali

Kaasuputken kaivantojen kaivamista ja täyttöä valvoo kaivuvalvoja.

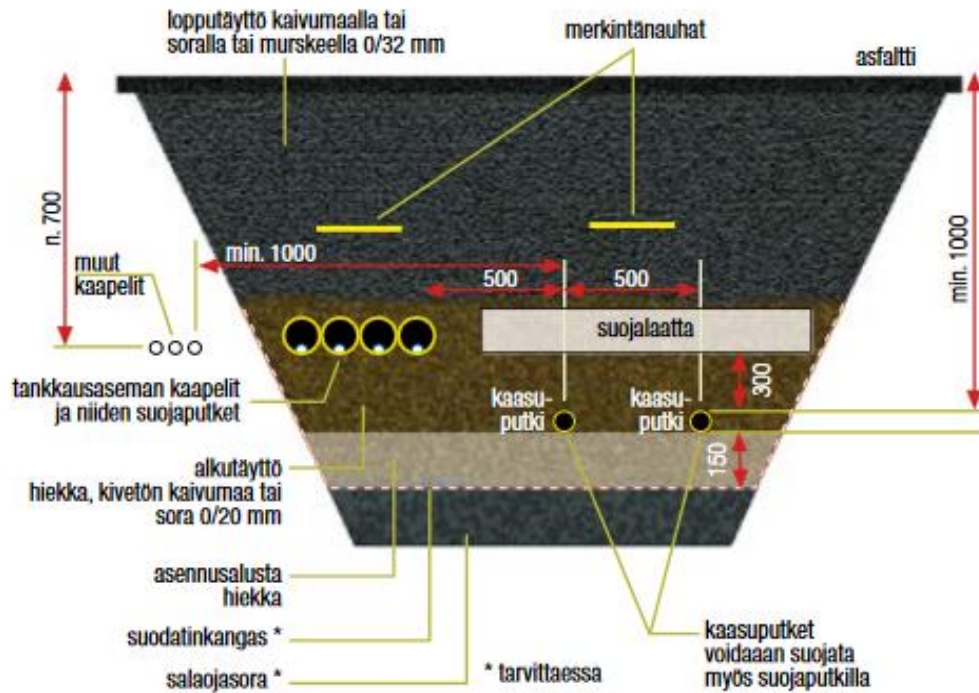
Biokaasuputken kaivannon pitää olla riittävän leveä, jotta putki ei rikkoudu laskettaessa sitä kaivantoon. Kaivannon tulee olla ainakin 200 mm suurempi kuin putken halkaisija. [11, s. 3850.]

Kun kaasuputkisto asennetaan perusmaan varaan, tulee varmistaa, ettei 150 mm syvyyteen kaivannon pohjalla ole yli 32 mm kiviä. Kaivannon kivettömyys voidaan tarkistaa esimerkiksi kaivinkoneen kauhan kynsillä. Ennen putken laskemista kaivannon pohja tasataan kivettömällä maalla. [4, s. 38.] Kun putki on asennettuna kaivantoon, putken päälle laitetaan alkutäyttö, joka ylettyy vähintään 300 mm putken yläpuolelle. Alkutäytön jälkeen kaivanto peitetään lopputäytöllä. [11, s. 3850]. Alku- ja lopputäytön väliin asennetaan merkintänauha, jonka sijainti kaivannossa selviää kuvasta 2.

Asennusalustana käytetään luonnonsoraa, hiekkaa tai mursketta. Luonnonsoran rae-koko ei saa ylittää 32 mm ja murskeen koko ei saa olla 20 mm suurempi. Jos asennus-alustan alla on savea, voidaan pohjan ja asennusalustan väliin laittaa suodatinkangas estämään asennusalustan ja pohjamaan sekoittuminen. [4, s. 38 - 39.]

Alkutäyttömateriaalina toimii savi, hiekka, sora tai murske, jonka raekoko ei ylitä 20 mm. [11, s. 3850]

Kaivuumaata käytetään lopputäyttömateriaalina, jossa ei saa olla yli 200 mm kokoisia kiviä. Mursketta, joka on enimmillään 150 mm kokoista voidaan, myös käyttää. [11, s. 3850.]



**Kuva 2. Havainnekuva kaivannon täyttämisestä, kaasuputken asentamisesta, suojaamisesta ja merkitsemisestä. Suojalaatalla voidaan suojata kaasuputkea tarvittaessa. [4, s. 39.]**

#### 2.4.2 Peitesyvyys

Kun putkistosta käyttöpaine on, maksimissaan 4 bar, minimipeitesyvyyden tulee olla 0,8 m. 1 m:n minimipeitesyvyyttä käytetään, kun putkiston paine on yli 4 bar. [11, s. 3850.] Taulukosta 2 voi tutkia muita kaasuputkille vaadittuja peitesyvyyksiä.

Erikoiskohteissa kaivannon minimipeitesyvyyttä voidaan vähentää, jos sama turvallisuustaso saavutetaan muulla tavoin [11, s. 3850].

Taulukko 2. Muita kaasuputkiston peitesyvyysyksiä [4, s. 38].

Maasto tai erityiskohteet	Minimipeitesyvyys, m
Viljelyt, viljelyskelpoiset tai kuivatettavat alueet	1,2
Rautatien alitus maanpinnasta mitattuna	1,35
Rautatien alitus ojan pohjasta mitattuna	0,8
Moottori-, moottoriliikenne-, valta- ja kanta-teiden sekä muiden raskaasti liikennöityjen teiden ja katujen alitus	1,35
Muiden teiden ja katujen alitus	1
Teiden ja katujen alitus ojan pohjasta mitattuna	0,8
Purojen ja ojien alitus niiden peratusta pohjasta mitattuna	0,6

#### 2.4.3 Etäisyydet

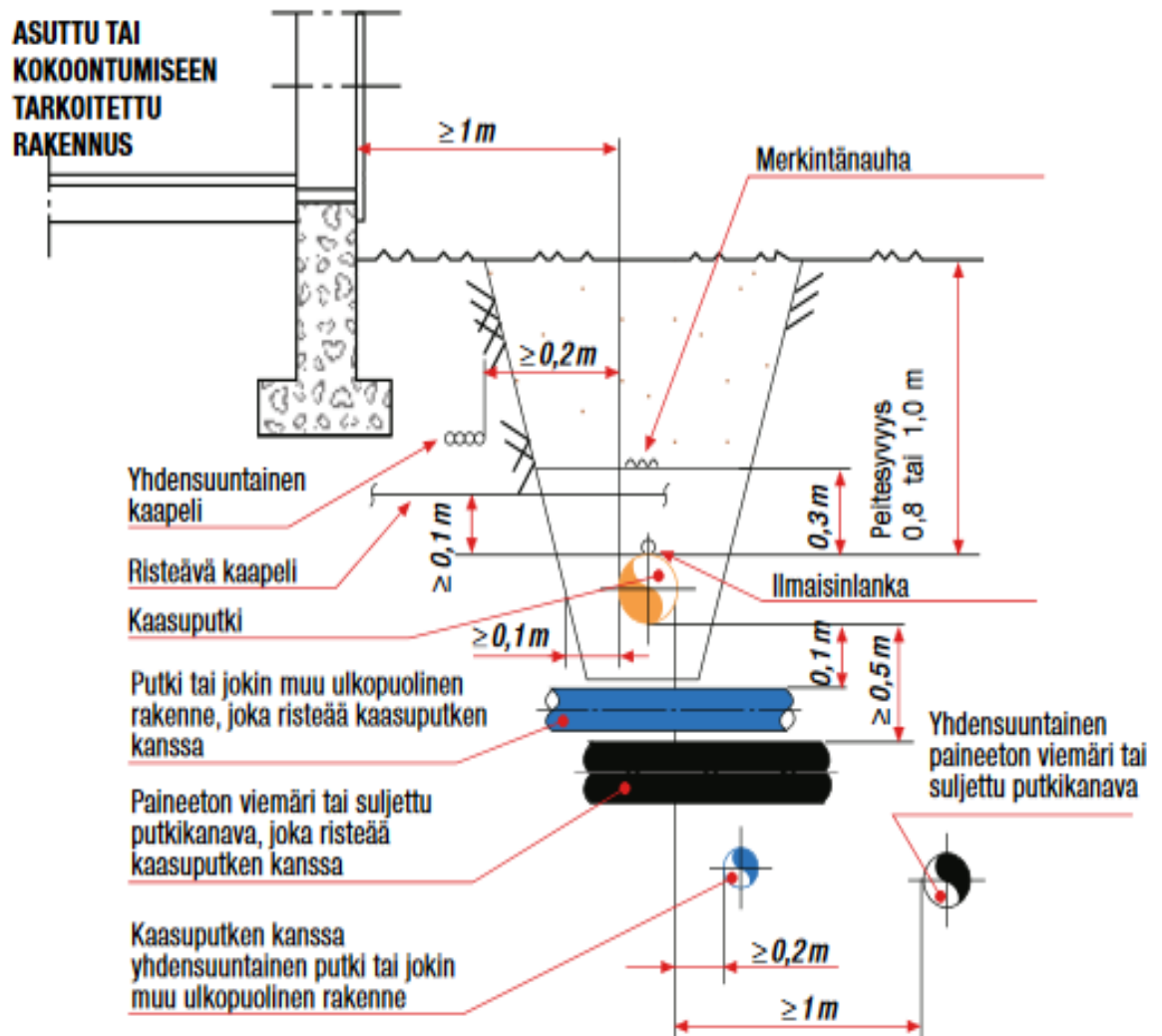
Kaasuputki tulee sijoittaa muihin putkiin ja kaapeleihin nähden niin, että se ei häiritse niiden korjauksia, käyttöä tai kunnossapitoa [11, s. 3850].

Yli 8 barin paineen putkissa, minimietäisyys samaan suuntaan kulkevissa putkissa on 1 m ja risteämässä 0,5 m. Paineen ollessa 8 bar tai alle, minimietäisyys samaan suuntaan kulkevissa putkissa on 0,2 m ja risteämässä 0,1 m. Vaikka paine olisi alle 8 bar, sala-  
ojaputkeen, paineettomaan viemäriin tai suljettuun putkikanavaan minimietäisyyden tulee olla samaan suuntaan kulkevien kanssa 1 m ja risteämässä 0,5 m. [11, s. 3850.]  
Muoviset kaasuputket voi asettaa rinnakkain.

Kaasuputken voi asentaa edellä mainittuja ehtoja lähemmäs, kun sama turvallisuustaso säilytetään muilla keinoin. [11, s. 3850.]

Rakennusten alle ei saa asentaa kaasuputkea. Mikäli rakennukseen ei johdeta kaasua, kaasuputken etäisyyden tulee olla minimissään 1 m kyseisestä rakennuksesta. Jos kaasuputkistossa on yli 4 barin paine, etäisyyden tulee olla minimissään 2 m. [11, s. 3851.]

Kuvassa 3 on esitettyä kaasuputken asennusetäisyys rakennuksen seinämään ja muihin putkiin.



Kuva 3. Esimerkkejä kaasuputken vähimmäisetäisyyksistä [4, s. 40].

### 3 Riihimäen projekti

#### 3.1 Projektin esittely

Gasum Oy ja Riihimäellä sijaitseva mädätyslaitos olivat sopineet raakakaasun toimitamisesta Gasum Oy:n jalostuslaitokseen, jossa siitä jalostettiin biometaanina (biokaasua). Jalostuslaitokselta biokaasu syötetään projektissa rakennettuun noin 9 km pitkän muovisen biokaasuputken avulla Lasin paineenvähennysasemalle. Paineenvähennysasemalta syötetään sinne johdettua biokaasua maakaasunsiirtoverkoston ja tätä kautta edelleen asiakkaiden käyttöön. Gasum Oy rakennutti Riihimäen kaasuputken saadakseen syötettyä biokaasua siirtoverkoston.

Ennen töiden aloittamista, projektin suunnitelmat, kuten linjauskartta (liite 1), esiteltiin projektiin valitulle tarkastuslaitoksen edustajalle. Tarkastuslaitoksen edustaja valvoi työn etenemistä määräajoin.

Tarkastaja valvoi työmaan etenemistä ja toimintaa. Työn kannalta oli ratkaisevaa, että dokumentaatio tapahtui asianmukaisesti. Tarkastajan tehtäviin kuului valvoa rakentamisen aikaista toimintaa, putkiston rakennekoetta ja lopuksi tarkistaa työdokumentaatio sekä kirjoittaa putkiston tarkistuspöytäkirja. Tarkistuspöytäkirjaan merkittiin myös mahdolliset poikkeavuudet esimerkiksi kaivuusyvyyksissä, joista oli sovittu erikseen tapauskohtaisesti.

Työmaalla noudatettiin hyvää työturvallisuuden tasoa, minkä takia työmailla vaadittiin Gasum Oy:n hyväksymiä henkilökohtaisia suojaimia, jotka ovat lueteltuna liitteessä 2.

#### 3.2 Putkitiedot

##### 3.2.1 Hankinta

Gasum Tekniikan hankintaosasto teki kaasuputkitilauksen, joka vastasi työmaalle tarvittavaa kaasuputken määrää. Tilaus tehtiin vasta, kun kaasuasennuksesta vastaava asentaja ja kaivuu-urakoitsija olivat käyneet tutustumassa työmaakohteisiin ja selvittäneet, missä voitiin käyttää kieppiputkea ja missä kankiputkea. Samalla käynnillä tarkas-



tettiin paikat, joihin tarvittiin suojaputkea. Heidän tekemänsä määrittelyn mukaan tilattiin tarvittavat materiaalit.

Putkea tilattiin seuraavasti: – 18 m:n kangissa 4050 m ja kieppinä 4950 m, joka toimitettiin 550 m:n kiepeissä. Toimitettavat kela- ja kankiputket oli molemmista päistä suojattu muovitulpilla.

### 3.2.2 Putken tekniset tiedot

Projektissa käytettiin PE100 (8 bar) -materiaalista valmistettua 160 mm suojakuorellista profuse -kaasuputkea. Kaasuputken suojakuori suojasi putkea vaurioilta, joita putkien siirtely työmaalla saattoi aiheuttaa.

Rakennettu putkikokonaisuus koostui kela- ja salkoputkista. Rakennettaessa pyrittiin käyttämään kelalla olevaa putkea, koska sen asentaminen onnistui nopeammin, sillä liitoksia ei tarvinnut yleensä tehdä kuin noin puolen kilometrin välein johtuen kelatavaran pituudesta.

Standardin SFS-EN 12007-2 [8, s. 210] mukaan vauriokohdat, jotka ylittivät 10 % putken seinämän vahvuudesta, tuli poistaa. Vauriokohdat tarkistettiin mittaamalla esimerkiksi naarmun syvyys siihen tarkoitettulla mittalaitteella. 160 mm halkaisijaltaan olevan putken pintavaurion maksimisyvyys oli 1,45 mm. Tämän kaltaiset vauriokohdat poistettiin katkaisemalla vaurioitunut osa pois. Tämän jälkeen putken päät hitsattiin sähköhitsauksella uudelleen yhteen.

### 3.2.3 Sijoitus työmaalle

Kaasuputket varastoitettiin standardin SFS-EN 12007-2 [8, s. 216] mukaisesti. Ne varastoitettiin tasaiselle alustalle, jossa ei ollut kiviä tai teräviä esineitä. Putken varastoinnilla pyrittiin estämään mahdollisuus putken vahingoittumiselle.

Irtonaiset kaasuputket sijoitettiin paikkoihin, missä niitä pystyi puskuhitaamaan lähellä kaivantoa. Jos irtonaisia kaasuputkia ei saanut lähelle kaivantoa, ne siirrettiin puskuhitaamisen jälkeen kaivantoon tarkastaen putken kunto putkenlaskun yhteydessä.

Kelalta tulevat kaasuputket purettiin kaivinkoneiden avulla. Kelat olivat kelavaunuissa, joista ne oli turvallista purkaa. Ennen kelojen purkamista varmistettiin kelan pyörimissuunta ja kelan loppuosan kiinnitys, koska ilman kiinnitystä kelan purkaminen ei ole turvallista. Kelalta purettaessa tarkkailtiin myös putken kuntoa mahdollisten vaurioiden löytämiseksi jo ennen kaivantoon asentamista. Viileällä säällä piti kiinnittää erityistä huomiota asentajan turvallisuuden vuoksi purettavan putken mahdolliseen jousivoimaan.

Kelalta tuleva kaasuputki vedettiin sellaisiin paikkoihin, joissa se pystyttiin laskemaan suoraan kaivantoon tai tekemään pitkä kaivanto, mihin koko kela oli mahdollista kaivaa myöhemmin. Paikoissa, joissa kelaputkea ei pystytty kokonaan vetämään suoraksi, kelaputki katkaistiin, joko jyrkän kulman tai isomman tienalituksen vuoksi. Katkaisun jälkeen kela siirrettiin seuraavaan paikkaan, josta kelan purkamista pystyttiin jatkamaan. Kelaputken kyljessä on pituusmerkintä metreissä, minkä avulla pystyttiin seuraamaan asennetun putken pituutta.

Kaikki putket tarkastettiin ennen hitsausta, putken kaivantoon laskemisessa sekä lopuksi kaivantoon laskemisen jälkeen. Putket tarkastettiin siltä varalta, ettei niihin ollut tullut vaurioita myöskään asentamisen aikana. Kuvassa 4 vasemmalla kankiputkea ja oikealla kelalla olevaa putkea.



**Kuva 4. 160 mm:n profuse -kaasuputki. Vasemmalla kuvassa kankiputkien sijoittaminen työmaalle hitsausta varten ja oikealla kelaputken purkaminen kelalta.**

### 3.2.4 Suojaus teiden ja rautatien alituksessa

Kaasuputki voitiin kaivaa tai porata teiden ali. Kaivamista käytetään pienempien teiden alitukseen. Raskaasti liikennöidyt tiet ja junaradat alitetaan aina poraamalla.

Suojaputki voi olla betonia, terästä tai muovia. Suojausta käytettiin aina kun tehtiin tien alitus. Suojaputkien tehtävänä oli estää mahdollista kaasuputkeen kohdistuvaa rasitusta kuten raskasliikenne ja maan liikkuminen.

Junaradan alitukseen porattiin VR:n radanalitusohjeiden mukaisesti ensin metallinen suojaputki, jonka sisään laitettiin muovinen suojaputki. Tällä pyrittiin estämään maan elämisestä johtuvaa kaasuputken hankautumista metalliputkea vasten.

Alle 18 m leveiden teiden alitukset tehtiin kankiputkella. Teiden leveyden ylittäessä 18 m jouduttiin käyttämään puskuhittattuja kankiputkia. Saumakohtat pyrittiin sijoittamaan alitusten ulkopuolelle. Jos saumakohta jäi alitukseen, se suojattiin suojaputkella. Suojaputket olivat tarpeeksi suuria, että puskuhittausseammat mahtuivat suojaputken sisään. Kuvassa 5 on junaradan alituskohta.



**Kuva 5. Kuvassa junaradan alitukseen käytettävät metallinen ja muovinen suojaputki, jonka sisältä tulee keltainen 160 mm:n profuse-kaasuputki.**

### 3.2.5 Venttiilit

Venttiilit sijoitetaan putkilinjaan, koska putken vauriotilanteessa ei tarvitse koko putkilinjaa tyhjentää kaasusta, vaan vauriokohta voidaan eristää venttiileillä.

Putkistoon asennettiin noin 3 km:n välein maanalaiset muoviset venttiilit. Venttiilien päälle laitettiin betonista valmistettu lukollinen venttiilikaivo, jotta venttiileitä ei pääsisi sulkemaan kuin putkiston omistajan henkilökunta tai pelastuslaitos. Venttiilikaivoon sijoitettiin myös venttiilin molemmin puolin tyhjennysyhde. Tyhjennysyhteiden avulla voidaan venttiilien välissä oleva putkiston osa tyhjentää kaasusta turvallisesti tarpeen vaatiessa. Kuva venttiilistä ja tyhjennysyhteistä löytyy liitteestä 3.

### 3.3 Puskuhitsaus

Kaasuputken puskuhitausta saavat suorittaa vain puskuhitaukseen pätevyityneet hitaajat, jotka ovat käyneet puskuhitaukseen perehdyttävässä koulutuksessa.

Puskuhitauslaitteistoon kuuluu keskusyksikkö, hydraulikkalaitteisto, hitauskelkka, höylä ja lämpölevy. Keskusyksikkö taltioi puskuhitaustapahtuman ja ohjaa hitauskelkan toimintaa sekä oikeiden hitausparametrien toteutumista. Hitauskoneen valmistaja on ohjelmoinut hitauskoneeseen eri putkien seinämävahvuuden sekä putkikokojen mukaiset hitausarvot valmiiksi.

Puskuhitauksen keskusyksikköön syötetään putken koko, seinämävahvuus, hitaustunnus ja työmaa tai työmaatunnus.

Putkien päät puhdistetaan, höylätään mahdollisten hapettumien takia ja päiden suorittamiseksi. Höylätyt putkenpäät sulatetaan ja liitetään yhteen paineella puristaen. [5, s. 6]

Muoviputken valmistaja on asettanut -10 °C alimmaksi lämpötilaksi, jossa putkia voi käsitellä ja liikutella. Kylmemmässä lämpötilassa putkia ei saa asentaa, koska ne saattavat vaurioitua.

Liitteessä 4 on puskuhitauksen työohjeet.

#### 3.3.1 Puskuhitsaus Riihimäellä

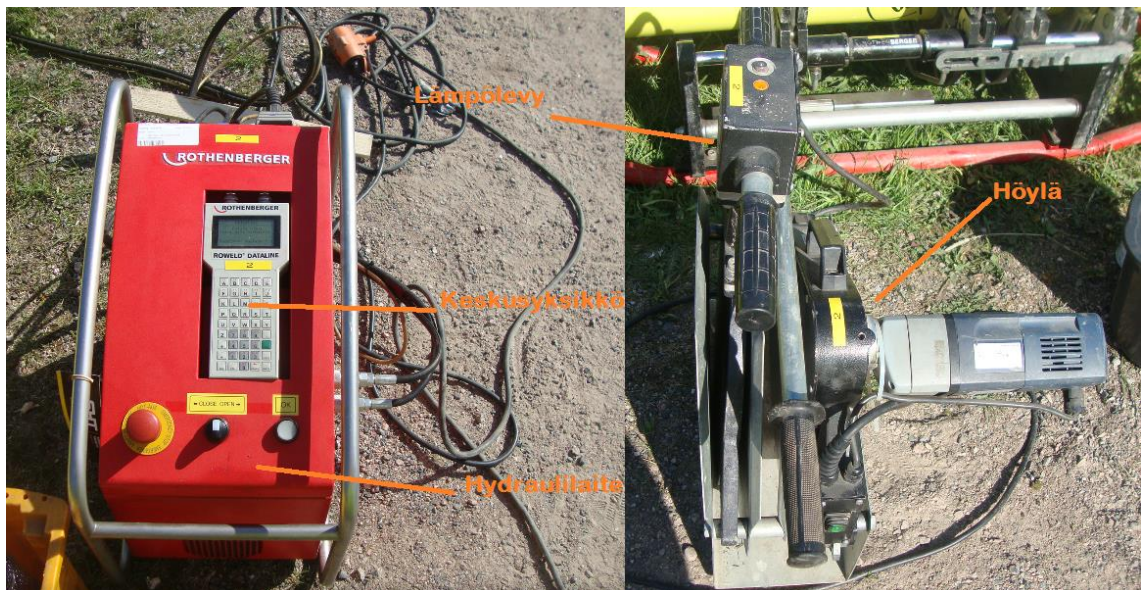
Riihimäen työmaalla käytettiin kahta automaattista hitauskoneetta, jotka taltioivat hitaustapahtuman. Puskuhitauksessa koneeseen syötettiin työmaa, hitaustunnus, seinämävahvuus ja putkikoko. Hitauskone antoi saumanumerot 1:stä eteenpäin. Hitauksesta pidettiin myös käsin kirjoitettavaa pöytäkirjaa. Hitauskoneen taltioimat hitausaumojen parametrit tulostettiin ja liitettiin valvontakirjaan. Koneiden käyttö oli yksinkertaista automaation takia. Automaattikoneet lähetetään 3 vuoden välein huoltoon, jossa tarkistetaan koneen parametrit ja muu toiminta.

Puskuhitausta käytettiin paikoissa, missä kelaputkea ei pystytty purkamaan kelaputken kuljetusautosta. Puskuhitausta käytettiin pelkästään kankiputkien liittämiseen.

Työmaalla oli käytössä kaksi hitsauskoneetta, joilla saatiin päivässä rakennettua 300 m putkea.

Puskuhitsaus on halvempaa kuin sähköhitsaus, koska erillisiä liitososia ei tarvita. Puskuhitsausta käytettiin muun muassa peltoalueilla, teiden alituksissa ja metsäalueilla.

Putkista tehtiin pisimmillään 150 m:n pituisia letkoja. Asentaja suunnitteli letkojen pituudet mittaamalla asennettavan paikan etäisyydet mittapyörällä, jotta putkesta tehtiin oikean mittainen. Kuvassa 6 on puskuhitsauskoneen osia.



**Kuva 6. Vasemmassa kuvassa keskusyksikkö kiinnitettyä hydraulilaitteeseen. Oikealla höylä ja lämpölevy.**

### 3.3.2 Tarkastus

Kaasuputkille suoritettiin Muoviteollisuus Ry:n [5, s. 4] ohjeiden mukainen vastaanotto-tarkistus niiden saapuessa työmaalle. Vastaanottotarkastuksessa tarkistettiin putkien määrä, koko, putkien kunto ja se, oliko putkienpäät tulpattu putken sisään menevillä muovitulpilla.

### 3.3.3 Hitsauspaikka

Puskuhitsauspaikka valittiin siten, että putket saatiin kuljetettua ja siirrettyä paikasta helposti. Puskuhitsaus pyrittiin suorittamaan aina lähellä tulevaa kaivantoa. Joskus hitsauspaikkaa ei voinut sijoittaa lähelle kaivantoa, jolloin putkia joutui siirtämään vetämällä pidemmänkin matkan. Putket siirrettiin vetämällä ne kiinnitysliinoilla kiinnitettyinä kaivinkoneeseen. Putken siirron jälkeen putket tarkistettiin mahdollisten vaurioiden vuoksi.

Muoviteollisuus Ry:n [5, s. 3] ohjeissa suositeltiin hitsauspaikka valittavaksi niin, että se on riittävän tilava. Tilan merkitys korostui erityisesti pitkiä putkiletkoja hitsattaessa. Ohjeissa suositeltiin hitsauspaikan suojausta sään vaikutuksilta esimerkiksi hitsuasteltalla.

Kuvassa 7 hitsauspaikan suojana käytettävä telta.



**Kuva 7. Sateisella säällä käytettävä hitsuastelma. Kuvassa myös näkyy oikealla kankiputkissa oleva muovitulppa.**

### 3.3.4 Hitsauksen valmistelu

Hitsauskoneeseen laitettiin putkikoon mukaiset metalliset hitsauslänget, ne ovat hitsauskoneeseen sovitettavia kappaleita, joilla saadaan putki pysymään oikein hitsauskoneessa. Muoviteollisuus Ry:n ohjeen mukaan [5, s. 10] höylä ja lämpölevy puhdistettiin asetonilla, koska laitteiston tuli olla puhdas. Höylästä tarkistettiin myös terän kunto, huonot terät vaihdettiin ja tarvittaessa lähetettiin teroittavaksi. Puskuhitsauksen keskusyksikköön syötettiin putken koko, seinämänvahvuus, hitsaustunnus ja työmaatunnus.

Hitsauskone asetti automaattisesti lämpölevylle oikean lämpötilan, esilämmitysajan ja oikean puristuspaineen putkien yhteen liittämiseksi näissä olosuhteissa. [5, s. 5.]

Putkien suojakuoret kuorittiin pois siihen tarkoitetulla työkalulla. Tämä toimenpide on esitetty kuvassa 8. Putkenpäätt puhdistettiin asetonilla, jolla saatiin mahdolliset epäpuhtaudet pois. Hitsauskoneeseen tuotavat putket laitettiin putkitukien päälle, jotta putket liikkuvat helpommin. Joihinkin putkiin oli tehtaalta jäänyt leikkausjälkiä, ja ne poistettiin höylämällä. Kuva leikkausjäljestä löytyy liitteestä 6.



Kuva 8. Putken suojakuoren poistaminen.



### 3.3.5 Putken kiinnitys

Putket kiinnitettiin länkien avulla hitsauskoneeseen niin, että höylä mahtui putkien väliin. Näin ne eivät päässeet liikkumaan muuten kuin hitsauskelkan toimesta. Toista putkea liikutettiin hitsauskoneella, jotta pystyttiin tarkistamaan, että ne olivat samassa linjassa. Jos tämä ei toteutunut, toista putkea kiristettiin länkillä lisää, jotta putket saatiin haluttuun linjaan. [5, s. 11.]

### 3.3.6 Höyläys

Puhdistettu höylä asetettiin putkien päiden väliin ja höyläys aloitettiin käynnistyspainikkeesta.

Hitsauskone siirsi putkenpäät höylää vasten. Höyläystä jatkettiin, kunnes molemmista putkista tuli koko putken ympäri menevä ohut lastu. Höyläyksen jälkeen putkien päät vietiin yhteen ja tarkistettiin, että ne ovat tarkalleen vastakkain. Putkien päät puhdistettiin höyläyksen jälkeen. [5, s. 13.]

### 3.3.7 Sulatus

Putkien päiden sulatus tehtiin heti höyläyksen jälkeen, jotta liitospinnat eivät päässeet hapettumaan ja liitospintoihin ei tarttunut epäpuhtauksia. [5, s.13.]

Hitsauskone ilmoitti, oliko lämpölevy tarpeeksi lämmin ja ilmoitti äänimerkillä, milloin peili otetaan putkien välistä pois. Peilin poistamisen jälkeen hitsauskone suoritti putkien hitsauksen täysin automaattisesti.

### 3.3.8 Putkien yhteen liittäminen

Kun lämpölevy oli sulattanut putken päitä riittävän kauan, hitsauskone rupesi äänellä ilmoittamaan, että lämpölevy piti poistaa. Kun ääni kuului, hitsauskone aukesi, jolloin lämpölevy irtosi ja se nostettiin pois putken päiden välistä. Lämpölevyn poistoon putkien välistä oli vain 10 s. Hitsauskone sulkeutui automaattisesti ja rupesi painamaan putken päitä yhteen varsinaisella paineella. Kun kone painoi putken päitä yhteen, asentaja leimasi saumaan oman hitsaustunnuksensa. Myös putkeen merkattiin merkkäuskynällä saumanumero, päivämäärä ja hitsaustunnus.

Hitsauskone otti automaattisesti talteen päivämäärän, hitsaustunnuksen ja saumanumeron [5, s. 5]. Kuvassa 9 on esitettyä hitsaussauman merkintä.



**Kuva 9. Vasemmalla saumaan leimattu hitsaustunnus ja oikealla merkkauksynällä merkattu saumanumero, päivämäärä ja hitsaustunnus.**

### 3.3.9 Sauman jäähtytys ja putken irtiotto

Kun hitsauskone oli pitänyt putkia tarpeeksi kauan yhdessä, alkoi hitsauksen jäähtytysvaihe. Jäähtytysaika riippuu putken halkaisijasta, 160 mm:n kaasuputken jäähtytysaika on 20 min.

Putki poistettiin hitsauskoneesta sen jälkeen, kun saumasta oli silmämääräisesti tarkistettu sen symmetrisyys ja hitsauskone oli ilmoittanut hitsauksen onnistuneen. Yhtenäisen putki nostettiin hitsauskoneesta pois, jotta kone saatiin siirrettyä putken alta. Putkiletkaa siirrettiin eteenpäin seuraavaa hitsausta varten.

### 3.4 Sähköhitsaus

Kaasuputken sähköhitsausta saavat suorittaa vain sähköhitsaukseen pätevöityneet hitsaajat, jotka ovat saaneet vaadittavan koulutuksen.

Sähköhitsauksessa käytetään automaattikonetta, joka liittää sähköhitsausosan putkeen. Sähköhitsauskoneen valmistaja on asettanut valmiit hitsausparametrit eri sähköhitsausosille. Hitsausparametrit luetaan viivakoodikynällä sähköhitsausosasta tai siihen liitetystä tarrasta. Kone muuttaa hitsausparametreja lämpötilan mukaan automaattisesti.

Sähköhitsausosissa on sisällä metallinen vastuslanka. Virtalähteeseen kytketty vastuslanka sulattaa muovin, joka laajenee. Tämä laajeneminen saa aikaan sähköhitsausosan ja putken välisen hitsauspaineen. [6, s. 7.]

Onnistunut hitsausliitos saadaan puhdistamalla hitsauspinnat, asentamalla osat oikein ja käyttämällä hitsaustukea. Lisäksi on tärkeää noudattaa hitsauslaitteen ilmoittamaa jäähdytysaikaa. [6, s. 7.]

Liitteessä 5 ovat sähköhitsauksen työohjeet. Kuvassa 10 näkyy sähköhitsausmuhvi.



**Kuva 10.** Vasemmassa kuvassa näkee sähköhitsausmuhvin pysäyttimet. Oikean puoleisessa kuvassa hitsausanturit, sähköhitsauskoneen kiinnityskohta ja viivakoodin.

### 3.4.1 Sähköhitsaus Riihimäellä

Sähköhitsausta käytettiin liittämään puskuhitsattuja putkiletkoja yhteen, teiden alituksissa sekä kulmissa. Sähköhitsausta jouduttiin käyttämään myös sellaisissa paikoissa, joissa putkilinja teki jyrkän kulman. Teiden alituksissa jouduttiin käyttämään muhveja, koska alitukseen asennettiin vain siihen sopivan mittainen putki. Käytetyt hitsausosat olivat sähköhitsausmuhveja ja sähköhitsauskulmia.

Ennen sähköhitsauksen aloittamista sähköhitsauskoneeseen syötettiin aluksi työmaatunnus sekä asentajan hitsaustunnus. Sähköhitsauskone antoi hitsaussaumanumeroinnin työmaatunnuksen mukaan aloittaen liitosnumero yhdestä. Sähköhitsauskone tallensi hitsausparametrit. Hitsauskoneen tallioimat hitsaussaumojenparametrit tulostettiin ja liitettiin valvontakirjaan. Kuvassa 11 Riihimäellä käytetty hitsauskone.



Kuva 11. Sähköhitsauskone.

### 3.4.2 Muhvin hitsaus

Putkista kuorittiin pois suojakuori, kuorimiseen tarkoitettulla työkalulla. Kuorittujen putkien pinnat puhdistettiin asetonilla. Puhdistuksen jälkeen merkintätussilla merkittiin muhvin paikka, mittaamalla muhvista pituus muhvin sisällä olevista pysäyttimistä eli stoppareista. [6, s. 10 - 12.]

Muhvin ollessa oikeassa paikassa, asetettiin hitsaustuki paikoilleen putkien liikkumisen estämiseksi ja muhviin liitettiin hitsauskoneesta virtajohdot. Johtojen liittämisen jälkeen luettiin viivakoodikynällä muhviin liimattu viivakoodi, joka kertoi koneelle oikeat hitsausparametrit. Tämän jälkeen painettiin hitsauskoneessa olevaa käynnistyskytkintä, jolloin hitsaus alkoi. Kuvassa 12 kiinnitetty hitsaustuki.



**Kuva 12. Hitsaustuki estämässä putkien liikkumisen.**

### 3.4.3 Hitsauksen onnistuminen

Jäähdytyksen aikana putkea ei saanut liikutella, eikä hitsaustukia saanut ottaa irti. Jäähdytysaika on merkitty hitsausmuhviin, jäähdytysajan kuluttua voitiin hitsaustuki irrottaa.

Hitsaus onnistui, kun muhvista nousivat muhvissa olevat hitsausanturit näkyviin ja kone ilmoitti hitsauksen onnistuneen.

### 3.5 Hitsaustietojen tallennus

Hitsaustietojen tallentamisella pystyttiin osoittamaan liitosten määräystenmukaisuus työn tilaajalle. Asentaja merkitsi suunnitelmakarttaan jokaisen hitsausliitoksen, josta jokainen sauma oli paikannettavissa. Saumojen sijainnit merkittiin karttapohjaan tarkemittauksen avulla. Maarakennusurakoitsija toimitti tarkemittauksen tiedot työn tilaajalle ja maanomistajalle. Pusku- ja sähköhitsauksen tallennustietotulosteen voi katsoa liitteestä 7.

### 3.6 Kaasuputkiston merkinnät

#### 3.6.1 Signaalilanka

Signaalilankana käytettiin kuparista, kevi 6mm<sup>2</sup>. Signaalilanka kiinnitettiin kaasuputken ulkopintaan putken paikantamiseksi esimerkiksi vaurioiden estämiseksi.

Signaalilanka nostettiin ylös merkintätolppiin 500 m:n välein ja kytkettiin sähkörasiaan, mahdollisten putkinäyttöjen vuoksi. Jos tulevia putkinäyttöjä tarvitaan, virtalähde kytketään pistorasiaan ja kaapelitutkalla pystytään näyttämään putken tarkka sijainti. Signaalilanka asennettiin myös kaasuputkiin, jotka porattiin teiden ali.

Yhdessä signaalilankakelassa lankaa on 100 m. Signaalilanka kiinnitettiin kaasuputkeen teipillä tasaisin välimatkoin. Signaalilangan loppuessa uusi lanka liitettiin edelliseen langan päähän käyttäen siihen tarkoitettua puristeliitintä. Liittimellä langasta tehtiin yhtenäinen koko putken mitalta. Liitoskohta suojattiin kutistesukalla, joka suojaa liitoskohtaa korroosiolta. Kuvassa 13 signaalilanka kiinnitettynä putken pintaan.



**Kuva 13. Signaalilangan kiinnitys putkeen.**

### 3.6.2 Kaasuvaroituss nauha

Kaasuvaroituss nauha asennettiin kaasuputken yläpuolelle kaikkialla paitsi alituksissa, joissa sen asentaminen ei ollut mahdollista. Alitukset merkittiin molemmin puolin merkintäpaaluilla.

Kaasuvaroituss nauha asennettiin Maakaasukäsikirjan [4, s. 53] mukaisesti. Keltainen kaasuvaroituss nauha laitettiin 30 cm kaasuputken päälle. Kaasuvaroituss nauha on 10 cm leveä ja siinä lukee teksti "MAAKAASU" noin 50 cm:n välein. Kuvassa 14 varoituss nauhan asentaminen.



**Kuva 14. Kaasuvaroitussauhan asentaminen suojaputken päälle.**

### 3.6.3 Merkintätolpat ja merkintäkilvet

Jakeluputkistossa käytettiin merkintäpaaluja tilaajan vaatimuksesta, vaikka normaali jakeluputkisto ei vaadi niitä käytettäväksi kaavoitetulla alueella.

Kaasuputkisto merkittiin Maakaasukäsikirjassa [4, s. 49] mainitulla tavalla. Kaasuputkisto merkittiin merkintäpaaluilla, joissa on merkintäkilpi. Merkintäpaalut pyrittiin sijoittamaan putkilinjan päälle, ja jos tämä ei ollut mahdollista merkintäkilvessä kerrottiin, montako metriä merkintäpaalu poikkesi putken sijainnista. Merkintäkilpi laitettiin merkintäpaaluun niin, että kilpi oli kaasun virtaussuuntaan.

Merkintäkilvet ovat väriltään keltaisia ja teksti mustaa. Merkintäkilvessä lukee teksti ”Naturgas” tai ”Maakaasu”, putken koko, metreinä kilven poikkeama putkesta, kilven järjestysnumero ja putkistosta vastuussa olevan yrityksen nimi ja puhelinnumero. [4, s. 49.]



### 3.7 Hitsatun putken puhdistus

Putkiston kaivuu- ja hitsaustyön valmistuttua tehtiin peitetulle putkistolle puhdistus, jotta saatiin puskuhitsauksen höyläyksestä tulleet muovilastut ja putken katkaisuista tulleet muovipalat pois putkiston sisältä. Puhdistus toteutettiin vaahtomuovitulpilla, jotka olivat 10 mm suurempia kuin putken sisähalkaisija. Tulpat työnnettiin putkiston läpi paineilman avulla.

Vaahtomuovitulpissa oli niiden päihin liimattu putken sisähalkaisijan kokoinen nahan pala. Nahan pala esti kompressorin tuottaman paineilman pääsemästä vaahtomuovitulpan läpi.

Putken toinen pää oli avoin ja toisessa päässä oli tulppa, josta syötettiin paineilmaa putkeen. Paineilmaa syötettiin yhteiden läpi putkeen, jossa 3 vaahtomuovitulppaa kulki peräkkäin. Tulpat ajettiin koko putkiston läpi. Jos tulpat pysähtyivät, niiden taakse kertyvä paineen kasvu sai tulpat lähtemään uudelleen liikkeelle. Kuvassa 15 putken puhdistukseen käytettävä vaahtomuovitulppa.



Kuva 15. Kaasuputken puhdistukseen käytettävä vaahtomuovitulppa.

### 3.8 Rakennekoe

Rakennekoe tehtiin, koska maakaasusäädösten mukaan rakennekoe on suoritettava. Rakennekokeen valvoi tarkastuslaitoksen tarkastaja. Rakennekoe suoritettiin standardin SFS 2897 [7, s. 11] mukaisesti.

Rakennekokeessa varmistetaan putkiston tiiviys ilmanpaineella. Tässä kokeessa koepaine oli 10,4 bar eli 1,3 kertaa maksimi käyttöpaine. [7, s. 11.] Putkistoon syötettiin ilmaa venttiilikaivoissa olevista venttiiliyhteistä. Kun koepaine oli saavutettu, asetettiin venttiiliyhteeseen analysaattori. Se taltioi 1 tunnin välein paineen ja lämpötilan putkessa. Standardin mukaan rakennekokeen peitetyle putkistolle tulee kestää 24 tuntia. [7, s. 11.] Kuvassa 16 painekokeen järjestelyt.



Kuva 16. Vasemmalla ilmansyöttöputki ja oikealla kiinnitetty analysaattorisalkku.

## 4 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoitus oli dokumentoida Riihimäellä 2016 toteutetun biokaasuputken rakentamisen eri työvaiheita. Tavoitteena oli myös laatia yleiset ohjeet muoviputkiliitosten tekemisestä uusien asentajien perehdyttämismateriaaliksi.

Tuloksena saatiin Gasum Tekniikalle tarvittavaa dokumentaatiota biokaasuputken rakentamisesta ja siihen liittyvistä työvaiheista. Lisäksi laadittiin tuleville asentajille perehdytysmateriaalia, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa.

Dokumentaation katsottiin olevan hyödyllistä tulevissa vastaavissa projekteissa, koska suunnitteluvaiheessa voidaan arvioida samankaltaisia tilanteita ja vertailla niitä jo tehtyihin ratkaisuihin. Työn avulla voidaan myös esittää vastaavanlaisia projekteja tulevaisuudessa.

Tehtyjen työohjeiden katsottiin helpottavan uusien asentajien perehdyttämistä sekä antavan nopeamman käsityksen asentajien suorittamasta työstä.

Projektin kaasuputken rakennus saatiin kuukautta ennen määräaikaa valmiiksi Gasum Tekniikan työntekijöiden ansiosta.

Haluan kiittää Gasum Tekniikka Oy:tä opinnäytetyön aiheesta ja avustamisesta. Eri-tyiskiitos työn ohjaajille Juho-Matille ja Jannelle ammattimaisesta osaamisesta ja ohjaamisesta.

## Lähteet

- 1 Biokaasu. Verkkodokumentti. Suomen Biokaasuyhdistys.  
<<http://www.biokaasuyhdistys.net/tietoa-biokaasusta/>> Päivitetty 21.1.2016. Luettu 9.9.2016.
- 2 Gasum lyhyesti. 2016. Verkkodokumentti. Gasum Oy.  
<<https://www.gasum.com/gasum-yrityksena/organisaatio/gasum-lyhyesti/>> Luettu 5.12.2016.
- 3 Kymäläinen, Maritta & Pakarinen, Outi. 2015. Biokaasuteknologia. Suomen Biokaasuyhdistys Ry. E-julkaisu (PDF) ISBN 978-951-784-771-1.
- 4 Maakaasukäsikirja. 2014. Verkkodokumentti. Suomen kaasuyhdistys ry.  
<[http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/kuvat/kirja/MaakaasuKasikirja\\_helmikuu2014.pdf](http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/kuvat/kirja/MaakaasuKasikirja_helmikuu2014.pdf)> Luettu 9.9.2016.
- 5 PE-putkien puskuhitsaus. 2013. Verkkodokumentti. Muoviteollisuus Ry.  
<<http://fluorotech.fi/files/ohjeet/PE-putkiston%20puskuhitsausopas.pdf>> Luettu 27.1.2017.
- 6 PE-putkien sähköhitsaus. 2013. Verkkodokumentti. Muoviteollisuus Ry.  
<<http://www.pipelife.fi/media/fi/Asennusohjeet/Sahkomuhvihitsaus/PE-putkien-shkhitsaus-painettu-2011-05-12.pdf>> Luettu 27.1.2017.
- 7 SFS 2897. SFS-KÄSIKIRJA 58-4. 2013. Maakaasuputkistot, painekoe. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 SFS-EN 12007-2:2012 (E). SFS-KÄSIKIRJA 58-4. 2013. Gas infrastructure. Pipelines for maximum operating pressure up to and including 16 bar. Part 2: Specific functional requirements for polyethylene (MOP up to and including 10 bar). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 SFS-EN 1555-1:2010 (E). SFS-KÄSIKIRJA 58-4. 2013. Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels. Polyethylene (PE). Part 1: General. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 10 SFS-EN 1555-2:2010 (E). SFS-KÄSIKIRJA 58-4. 2013. Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels. Polyethylene (PE). Part 2: Pipes. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 11 Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. 2009. N:o 551. Helsinki: Oikeusministeriön julkaisu.



## Vähimmäissuojaus

Tässä ohjeessa määritellään henkilökohtaisten suojainten vähimmäisvaatimukset. Kaikilla gasumlaisilla on velvollisuus noudattaa yhteisiä työturvallisuusohjeita ja puuttua laiminlyönteihin. Suojainten käytön laiminlyönti johtaa suulliseen ja toistuessaan kirjalliseen varoitukseen.

Gasumin henkilökunnan tulee pitää henkilökorttia mukanaan työaikana. Henkilökortti tulee olla näkyvillä rakennustyömailla ja kunnossapitotöissä sekä kohteissa, joissa sitä erikseen vaaditaan.

## Vaadittavat vähimmäissuojaimet kohteissa

Gasumin prosessialueilla, rakennustyömailla ja kunnossapitokohteissa tehtävässä työssä käytettävien henkilökohtaisten suojainten vähimmäisvaatimukset ovat:

- Gasumin suojavaatetus
- Turvakengät
- Kypärä
- Silmiensuojaimet
- Kuulonsuojaimia on käytettävä melun ylittäessä 85 dB

Lisäksi tulee ottaa huomioon kohteelle tai työlle annetut muut pakolliset lisävaatimukset esimerkiksi:

- Gasumin prosessialueilla (mm. kompressoriasemat, paineenvähennysasemat, venttiiliasemat, biokaasulaitokset, LNG-laitokset) tehtävässä työssä suojavaatetuksen tulee olla näkyvä, antistaattinen, palosuojattu ja valokaaritestattu. Turvakengissä tulee olla ESD-ominaisuus.

Asiakaskohteissa tehtävässä työssä tulee huomioida asiakkaan turvallisuusohjeet. Suojavaatetuksen siisteyteen tulee kiinnittää huomiota.

Esimies voi työkohtaisesti ja tekemänsä riskien arvioinnin perusteella päättää poikkeavista suojainmenettelyistä. Poikkeukset tulee kirjata ja saattaa työsuojelupäällikön tietoon.

## Urakoitsijoiden ja alihankkijoiden vähimmäissuojaimet

Urakoitsijoita ja alihankkijoita koskevat samat vähimmäisvaatimukset kuin Gasumin työntekijöitäkin. Jokaisella gasumlaisella on oikeus ja velvollisuus puuttua havaitsemiinsa urakoitsijoiden ja alihankkijoiden laiminlyönteihin suojainten käytössä.

**Vierailijoiden vähimmäissuojaimet**

Vierailijalla tarkoitetaan tässä lyhytaikaista käyntiä edellä mainituissa kohteissa. Vierailija ei suorita rakentamiseen tai kunnossapitoon liittyviä työtehtäviä.

Vieraiden saattamista riskialueelle tulee välttää. Gasumin prosessialueille, rakennustyömaille tai kunnossapitokohteisiin tulee kutsua vain välttämättömät vieraat. Vierailun isäntä vastaa vieraidensa turvallisuudesta ja huolehtii riittävien suojainten käytöstä.

Gasumin prosessialueilla, rakennustyömailla ja kunnossapitokohteissa Gasumin vieraiden vähimmäissuojaimet ovat:

- Huomioliivi
- Kypärä
- Silmien suojaimet
- Kuulonsuojaimet jos melutaso ylittää 85 dB
- Kohteen vierailijoille mahdollisesti annetut lisäsuojainvaatimukset tulee huomioida

Vierailijan nimi ja isäntä tulee rekisteröidä. Vieraiden tulee mahdollisuuksien mukaan käyttää Gasumin vierailijakorttia.



### Venttiili ja tyhjennussyhteet



## **Puskuhitsausohjeet uusien asentajien perehdyttämiseen**

Nämä ohjeet on tarkoitettu Gasum Tekniikka Oy:n uusille muovihitsaukseen tutustuville henkilöille. Tarkentavia tietoja puskuhitsauksesta voi kysyä putken valmistajalta sekä putkia aikaisemmin samanlaisia putkia hitsanneilta asentajilta. Gasum Tekniikka Oy käyttää automaattisia hitsauskoneita. Puskuhitsausohjeet on tehty mukailen Muoviteollisuus Ry:n ohjeita [4, s. 2 - 19].

### **Puskuhitsaus pähkinäkuoressa:**

Putkienpäät puhdistetaan, höylätään mahdollisten hapettumien takia ja päiden suorittamiseksi. Höylätyt putkenpäät sulatetaan ja liitetään yhteen paineella puristaen.

### **Tutustuminen puskuhitsauslaitteistoon:**

Puskuhitsauslaitteistoon kuuluu keskusyksikkö, hydraulikkalaitteisto, hitsauskelkka, höylä ja lämpölevy.

### **Erityisesti huomioitava:**

Tuulisella ja sateisella säällä on käytettävä **hitaustelttä**, jolla saadaan varmistettua, ettei tuuli tai sade pääse aiheuttamaan saumaan epäpuhtauksia.

### **Puskuhitsauksen aloittaminen:**

1. Valitse tilava hitsauspaikka, jotta pystyt hitsaamaan tarpeen vaatiessa pitkiä putkiletkoja.
2. Tarkista hitsattavien putkien kunto ja oikea koko.
3. Varmista puskuhitsauskoneen hitsauslänkien koko.
  - Länget ovat hitsauskoneeseen sovitettavia kappaleita joilla saadaan putki pysymään oikein hitsauskoneessa.

4. Putsaa höylä ja lämpölevy asetonilla.
  - Tarkista höylästä terän kunto ja vaihda huonot terät uusiin.
  - Hitsauskone asettaa automaattisesti lämpölevylle oikean lämpötilan, esilämmitysajan ja oikean puristuspaineen putkien yhteen liittämiseksi.
5. Koneen käynnistys.
6. Syötä puskuhitsauskoneen keskusyksikköön:
  - Putken koko
  - Putken seinämän vahvuus eli SDR-luku (SDR-luku Suomessa kaasuputkille on SDR 11)
  - Hitsaustunnus, hitsaustunnukset on nimetty jokaiselle asentajalle erikseen
  - Työmaatunnus
7. Poista profuse -kaasuputkesta suojakuori, kuorimiseen tarkoitettulla työkalulla
  - Putkissa joissa ei ole kuorta, putken päät tulee kaapia putken ympäri menevällä kaapimistyökalulla.
8. Putsaa kuorittu putkenpää asetonilla.
9. Aseta putket koneeseen.
  - Höylälle pitää jäädä tilaa mennä putkien väliin, joten tarkista esim. mitaamalla höylän koko.

10. Kiinnitä putket hitsauskoneeseen länkien avulla.

11. Aja putket yhteen ja tarkista, että putket ovat tarkalleen vastakkain.

- Jos putket eivät ole tarkalleen vastakkain, kiristä toista länkiä saadaksesi putket vastakkain.

12. Puhdista uudelleen putkien päät asetonilla.

13. Aseta höylä putkenpäiden väliin.

- Käynnistä höylä nappia painamalla.
- Höyläys on valmis, kun molemmista putkista tulee putken ympäri menevä ohut lastu.

14. Aja putkenpäät uudelleen yhteen ja tarkista, että putket ovat vastakkain.

15. Puhdista höylätyt putkienpäät asetonilla.

16. Tarkista hitsauskoneesta, että peilin lämpötila on oikea.

17. Aseta peili putkenpäiden väliin.

- Kun peili on asennettu, hitsauskone hoitaa oikean lämmitysajan.

18. Kun putkenpäät ovat lämmenneet tarpeeksi, kone ilmoittaa äänimerkillä, että peilin saa poistaa.

- Ole peilin lähellä koko ajan, sillä peilin poistoon ei ole hirveästi aikaa.

19. Kun peili on poistettu, kone ajaa putkenpää yhteen ja suorittaa varsinaisen hitsauksen.

- Merkkää koneen tekemään saumaan hitsaajantunnus.
- Merkkää myös putkeen päivämäärä hitsaustunnus ja saumanumero.
- Hitsauskone taltioi automaattisesti päivämäärän, hitsaustunnuksen ja saumanumeron koneen muistiin. Taltioidut hitsaustiedot tulostetaan valvontakirjaan.

20. Kone ilmoittaa, kun hitsaus on valmistunut.

- Tarkista sauma silmämääräisesti. Silmämääräisessä tarkistuksessa tarkistetaan sauman symmetrisyys.
- Poista putki koneesta ja siirrä putkiletkaa eteenpäin seuraavaa puskuhitsausta varten.

## **Sähköosien hitsausohje uusien asentajien perehdyttämiseen**

Nämä ohjeet ovat tarkoitettu Gasum Tekniikka Oy:n uusille sähköhitsaukseen tutustuville henkilöille. Tarkentavia tietoja sähköhitsauksesta voi kysyä kokeneemmilta asentajilta. Sähköhitsaus ohjeet ovat tehty Muoviteollisuus Ry:n ohjeiden avulla [5, s. 2 – 15].

### **Sähköhitsaus:**

Sähköhitsausosissa on sisällä metallinen vastuslanka. Virtalähteeseen kytketty vastuslanka sulattaa muovin, joka laajenee. Tämä laajeneminen saa aikaan sähköhitsausosan ja putken välisen hitsauspaineen.

### **Sähköhitsauksen aloittaminen:**

1. Profuse -putkesta poistetaan suojakuori, kuorimiseen tarkoitettulla työkalulla.
  - o Putkissa joissa ei ole kuorta, putkenpinta tulee kaapia putken ympäri menevällä kaapimistyökalulla.
2. Puhdista putkenpinta asetonilla.
3. Puhdista hitsattava osa asetonilla.
4. Merkitse hitsattavan osan mitta, kuinka syvälle putken pitää mennä osan sisälle (molempiin putkiin).
5. Osan ollessa merkkien kohdalla, asenna hitsaustuki estämään putkien liikkuminen hitsauksen aikana.
6. Kiinnitä koneen johdot hitsausosaan. Lue viivakoodin lukijalla kyseisen osan hitsaustiedot. Aloita hitsaus.
7. Onnistuneen hitsauksen merkiksi kone antaa äänimerkin, jos hitsaus epäonnistuu kone keskeyttää hitsauksen.

8. Hitsausosiin on merkitty jäähtytysaika, jota ennen hitsausliitosta ei saa liikuttaa.
9. Kun jäähtytysaika on kulunut hitsaustuen voi poistaa.
10. Useimmissa hitsausosissa on hitsausanturit, jotka nousevat osan pinnasta ylös vahvistaen osan hitsautumisen onnistumisen.

**Erityisesti huomioitava:**

Tuulisella ja sateisella säällä on käytettävä **hitsaustelttä**, jolla saadaan varmistettua, ettei tuuli tai sade pääse aiheuttamaan saumaan epäpuhtauksia.

**Leikkujälki**





**Pusku- ja sähköhitsauksen tallennustiedosto****Puskuhitsauksen tallennustiedosto**

-----  
**ROTHENBERGER DATALINE**  
**ROWELD P 315B / 1009342-I.6**  
**Print 8/4/2016 10:05:56 AM / 000471**  
 -----

**Company**  
**Operater/Code**                   **GASUM OY**  
   **HK5**  
**Project/Job**                       **RIIHIMAKI BK**  
**Seam No.**                           **2**  
**Date**                               **24.05.2016**  
**Time**                               **8:34:39**  
 -----

**Material**                           **PE100**  
**Diameter**                         **160**  
**Wall Thickness**                 **14.6**  
**SDR**                                 **11**  
**Length**                            **12**  
**Connection**                    **P/P**  
**Temperature**                   **22.4**  
**Weather**                         **sunny 1**  
**Protection**                     **no 1**  
 -----

	<b>req.</b>	<b>real</b>
<b>Drag Press.</b>		<b>7.5</b>
<b>Temperature</b>	<b>220</b>	<b>220</b>
<b>Bead Hight</b>	<b>2.0</b>	
<b>Beading Press.</b>	<b>16.0</b>	<b>15.0</b>
<b>Heat. Press.</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>
<b>Heat.Time</b>	<b>146</b>	<b>146</b>
<b>Change Ov.Time</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
<b>Build Up Time</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
<b>Weld.Press</b>	<b>16.0</b>	<b>16.0</b>
<b>Cool.Time</b>	<b>19:00</b>	<b>19:01</b>

-----

**Parameters acc.: DVS 2207 T1 09/05**  
**Welding correct**

## Pusku- ja sähköhitsauksen tallennustiedosto

### Sähköhitsauksen tallennustiedosto

GEORGE FISCHER +GF+

#### MSA - FUSION RECORD

File: NONAMES.MDB Date: 04.08.2016 Record origin: P : Record memory

##### GENERAL

Order number :  
 Identity card (permission/date):  
 Operation company : GASUM GT OY  
 Date of installation : 25.07.2016  
 Time : 10:21  
 Fusion number/2. Fusion number : 1390 /  
 Original fusion/control unit :  
 Street/street no. :  
 Location :  
 Remarks : HK5 M0011  
 Depth :

##### FITTING DATA

Manufacturer : AG  
 Fitting type : 1 : Coupler monofilar  
 Dimension : 160mm  
 Raw material :  
 Production series : \*  
 Userinput :  
 Programmed/measured resistance : 0.84 / 0.824 Ohm

##### FUSION DATA

	NOM	REAL
Fusion voltage :	40.0	40.1 V
Fusion time :	325	325 s
Fusion energy :		381.87 kJ
Ambient temperature :	25	°C
Primary voltage min/max :	OK	
Error notice :	0	Fusion process in order

Data carrier: \* : Barcode

##### CONTROL UNIT DATA

Manufacturer/unit no. : +GF+ / 23739  
 Type: MSAPlus350  
 Date of service last - next : 01.09.2014  
 Unit configuration : 34 39 000/350

##### TRACEABILITY DATA

	Fitting :	Element 1 :	Element 2 :
Manufacture :			
Component type :			
Dimension :			
Production batch :			
SDR-Type :			
Raw material :			
Material status :			
PE designation :			
MFR :			
Reserve 1 :			
Reserve 2 :			
Length :			

##### Legend:

"\*": Repeated fusion "G": Good  
 "\*\*\*": Barcode insertion "X": Invalid/expired