

# TYÖSKENTELYOHJEIDEN TEKEMINEN TUOTANTOON JA ASENNUKSIIN

Tuomas Mertajoki

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2011

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) MERTAJOKE, Tuomas	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 09.05.2011
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi Työskentelyohjeiden tekeminen tuotantoon ja asennuksiin.		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) HÄKKINEN, Veli-Matti		
Toimeksiantaja(t) IPP Muovitekniikka Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin IPP Muovitekniikka Oy:lle, joka on muovialalla toimiva yritys. Yrityksen toimintaan kuuluvat erilaiset vaativat muovituotteet sekä asennukset teollisuudelle sekä uimahallien vedenkäsittelyjärjestelmät.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaan ajankohtainen työohjeistus tuotantoon sekä asennuksiin . Seuraamalla työskentely tapoja voitiin tutkia mitä eroja löytyisi säännösten ja käytännön työskentelyn välillä. Näiden huomioiden avulla voitaisiin saada aikaan kirjalliset työskentely ohjeet. Ohjeiden avulla voitaisiin opettaa uusia työntekijöitä sekä saattaa vanhat työntekijät ajan tasalle nykyisistä työskentely tavoista.</p> <p>Työ toteutettiin seuraamalla yrityksessä tuotannon työntekijöiden sekä asentajien työskentelyä. Saatujen havaintojen perusteella verrattiin saatuja kokemuksia säännöksiin ja ohjeistuksiin jotka vallitsevat alalla.</p> <p>Työn tuloksena saatiin aikaan työohjeistus joka on ajan tasalla. Työn perusteella todettiin, että uusien työntekijöiden perehdyttäminen helpottui huomattavasti kun muovialan perusteet on kirjattu kirjalliseen muotoon. Myös vanhojen työntekijöiden työtapojen päivittäminen koettiin varsin hyödylliseksi yrityksen imagolle sekä laatuvaatimusten täyttymiselle.</p>		
Avainsanat (asiasanat)  muovi, työskentelyohjeistus, tuotanto, asennus		
Muut tiedot		



Author(s) MERTAJOI, Tuomas	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 09052011
	Pages 45	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title procedure manual for production and installations		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) HÄKKINEN, Veli-Matti		
Assigned by IPP Muovitekniikka Oy		
Abstract <p>The Bachelor's Thesis was assigned by IPP Muovitekniikka Oy, which is a company operating in plastic business. The company's business includes various demanding plastic products and installations to the use of industry and swimming baths.</p> <p>The objective of the thesis was to accomplish the current working procedure manual for production and installations. By observing the working procedures it was possible to compare differences between regulations and working in practice. With these observations it was possible to accomplish a written working procedure manual, which would enable to teach the new employees and update the old employees' knowledge to the required level.</p> <p>The thesis started with observing the work of the production workers and technicians. The observations were compared to regulations and rules prevailing in this business.</p> <p>The result of the thesis was the new working procedure manual that is real time. With the help of the thesis it was noticed that teaching of the new employees became much easier when basics of this business had been written down. Updating the old employees working procedure Was also quite beneficial to the company's image and for reaching the quality requirement.</p>		
Keywords plastic, working procedure manual, production, installation		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Toimeksiantaja.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Tehtävän tausta.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Työn tavoite.....</b>	<b>3</b>
<b>2 YLEISTÄ MUOVEISTA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Polyeteeni (PE).....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Polypropyleeni (PP).....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Polyvinyylideenifluoridi (PVDF).....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Polyvinyylidikloridi (PVC).....</b>	<b>8</b>
<b>3 MUOVIEIN TYÖSTÖMENETELMÄT .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Puskuhitsaus .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Muovilankahitsaus .....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Ekstruuderihitsaus .....	15
3.2.2 Kuumailmahitsaus .....	17
<b>3.3 Liimaus .....</b>	<b>20</b>
<b>4 VAKIO-OSIEN VALMISTUS.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Ultra Rib 2 muhvikulmat.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 PE – paineputkistojärjestelmän kulmat.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Hitsauslankojen suojakotelot .....</b>	<b>27</b>
<b>5 YLEISET ASENNUSTYÖMAAOHJEET .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Putkien kannatukset.....</b>	<b>29</b>

5.2 Laippaliitos.....	32
5.3 Venttiilien kiinnitys .....	34
<b>6 ERITYISOHJEITA UIMAHALLI ASENNUKSIIN.....</b>	<b>37</b>
6.1 Supistusholkit.....	37
6.2 Loiskekouruputkiston asennus .....	38
6.3 Altaiden syöttöputkien asennus.....	39
<b>7 POHDINTA .....</b>	<b>40</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>43</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>45</b>
<b>Liite 1. SFS 5399 taulukko 1. Putkivälit mitat mm. ....</b>	<b>45</b>

## **KUVIOT**

KUVIO 1. PEH putkia .....	5
KUVIO 2. Putken liitos puskuhitsaus menetelmällä.....	6
KUVIO 3. PP osia .....	7
KUVIO 4. PVDF käyrä .....	8
KUVIO 5. PVC-U putkistoa .....	9
KUVIO 6. Puskuhitsauskone .....	11
KUVIO 7. Puskuhitsauksen paine- ja aikadiagrammi .....	12
KUVIO 8. Ekstruuderit .....	16
KUVIO 9. Kuumakaasuhitsauslaite .....	17
KUVIO 10. Heftaus-suutin .....	18
KUVIO 11. Kuumakaasuhitsauksen sauma .....	19
KUVIO 12. Pikasuutin .....	19
KUVIO 13. Periaatekuva jatkosmuhviliitoksesta .....	20

KUVIO 14. PVC-osien liitoksia .....	21
KUVIO 15. Ultra Rib 2 maaviemärijärjestelmä .....	23
KUVIO 16. Ultra Rib 2 muhvikulmat .....	24
KUVIO 17. Ultra Rib 2 osien liittäminen puskuhitsaus menetelmällä .....	25
KUVIO 18. Kahdesta osasta rakennettu kulma .....	26
KUVIO 19. Kolmesta osasta rakennettu kulma .....	26
KUVIO 20. Hitsauslankojen suojakotelo .....	28
KUVIO 21. Putkien erilaisia kannakointeja .....	29
KUVIO 22. Keskiöetäisyys tasopinnasta [mm] .....	32
KUVIO 23. PEH kaulus ja irtolaippa .....	33
KUVIO 24. Irtolaipan pulttien kiristysjärjestys .....	34
KUVIO 25. Venttiilin kiinnitys .....	35
KUVIO 26. PVC läppäventtiili .....	36
KUVIO 27. Supistus 225/90 .....	37
KUVIO 28. Kilpa - altaan loiskekouruputkistoa .....	38
KUVIO 29. Altaan syöttöputkiryhmä .....	39
KUVIO 30. Altaan syöttöputkistoa altaan alla .....	40

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Purseen leveys seinämä paksuudella 5 - 30mm .....	13
TAULUKKO 2. Ultra Rib 2 (450mm) hitsausparametrit .....	24
TAULUKKO 3. Rib 2 (560mm) hitsausparametrit .....	25
TAULUKKO 4. Kulmien hitsausparametrit (355mm). .....	27
TAULUKKO 5. Kulmien hitsausparametrit (400mm). .....	27
TAULUKKO 6. Hitsauslankakotelon hitsausparametrit .....	28
TAULUKKO 7. Ohjearvoja Hiltin HIT - HY 150 MAX injektiomassalle .....	30

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi IPP Muovitekniikka Oy. IPP Muovitekniikka Oy on yksi kolmesta yrityksestä osana IPP (Industrial Plastic Partners) yhteenliittymää. Kaksi muuta mukana olevaa yritystä ovat Atolli Oy ja CTK Tekniikka Oy. Nämä kolme yritystä tarjoavat muovialan palveluita joihin kuuluvat asennukset sekä valmiiden tuotteiden sekä materiaalien toimitus. Yritys on toiminut nykyisessä muodossaan vuodesta 2006 lähtien, jolloin sen pääomistajaksi tuli samana vuonna perustettu Teollisuus ja Kiinteistöt Sundberg Oy (TKS) (IPP Muovitekniikka Oy 2011.).

Tarkemmin IPP Muovitekniikan palveluihin kuuluvat seuraavat muovialan työt:

- kesto- ja kertamuoveista tehtävät putkistojärjestelmät teollisuudelle ja uimahalleihin
- erilaisten säiliöiden ja altaiden kokoonpano ja toimitus
- kestopuovikaulusten valmistus ja toimitus
- erilaiset pinnoitustyöt kesto- ja kertamuoveilla.

Yritys on toiminut monen teollisuuden alan tunnetun yrityksen toimeksi annosta. Listalle kuuluvat mm. Outotec, Kemira, UPM-Kymmene, Sachtleben Pigments, Rautaruukki ja Neste. Uimahallit ovat tulleet mukaan yrityksen toimintaan vasta viimeisen kahden vuoden aikana. Valmiina on tällä hetkellä Kristiinankaupungin uusi uimahalli. Tällä hetkellä työn alla ovat Porin uusi uimahalli sekä Tampereen Pyynikin uimahallin saneeraus (IPP Muovitekniikka Oy 2011.).

## 1.2 Tehtävän tausta

Pyyntö tehtävän ohjeistuksen tekemisestä tuli yrityksen varatoimitusjohtajalta Jorma Lammelalta, joka piti oleellisena saada ajankohtainen työohjeistus vuoden 2010

käyttöön otetun laatu järjestelmän rinnalle. Ajankohtaisella työohjeistuksella olisi tarkoitus helpottaa yritykseen tulevien uusien työntekijöiden koulutusta. Tämä huomattiin tarpeelliseksi koska todella harvalla tulijalla on ennestään työkokemusta muovi alalta. Toinen ohjeistukseen tarpeeseen vaikuttanut tekijä on nykyisten työntekijöiden työskentelytavat. Monella nykyisellä työntekijällä on takanaan vuosien jollei vuosikymmenten kokemus alalta. Näiden vuosien aikana ovat työntekijät kehittäneet ja omaksuneet omia soveltavia työskentelytapojaan. Ohjeistuksen on tarkoitus asettaa kaikkien työntekijöiden perustyöskentelytavat samanlaisiksi. Silloin kun kaikilla tavat ovat samanlaiset voidaan helpommin taata laatu asiakkaalle kun tiedetään kuinka työ on tehty. Yhteneväisyys antaa myös mahdollisuuden myyntityössä esitellä mahdollisille tilaajille yrityksen työskentelytapoja.

### **1.3 Työn tavoite**

Työ tavoitteena on saada aikaan yksinkertainen perustyömenetelmiin keskittyvä ohjeistus jota voidaan käyttää uusien ja vanhojen työntekijöiden kouluttamiseen. Kouluttamisella voidaan saada aikaan parempaa laatua, varmuutta sekä myyntiin uusia keinoja markkinoimalla ammattimaista työskentelyä.

## **2 YLEISTÄ MUOVEISTA**

Yleisimmät käytössä olevat kestopuovut ovat polyeteeni (PE), polypropyleeni (PP), polyvinyylidenifluoridi (PVDF) sekä polyvinyylidikloridi (PVC). Kaikista näistä muoveista valmistettuja putkia voidaan lujittaa myös lasikuitu päällysteellä jolloin niille saadaan nimitys lujitemuovi (LM). Tällöin kun putket on päällystetty lasikuidulla ne saavat seuraavat nimikkeet:

- PE-LM
- PP-LM
- PVDF-LM
- PVC-LM (Lammela, J. 2010a.).



Lujitemuovia käytetään varsinkin silloin kun prosessiputkissa virtaa varsin kuumia prosessiin liittyviä aineita jolloin voidaan hillitä putkien vääntymistä epämuodostumia jotka johtuvat lämpölaajenemisesta. Lujitemuoviputket ovat erittäin yleisiä erityisesti kemian teollisuudessa jossa prosessien lämpövaihtelut ovat voivat olla erittäin suuria (Lammela, J. 2010a.).

## 2.1 Polyeteeni (PE)

PE:llä on useampia eri laatuja mutta pääryhmiä on viisi

- PE-LD (PEL)
- PE-MD (PEM)
- PE-HD (PEH)
- PE-500 (PE-HMW)
- PE-1000 (PEUHMW).

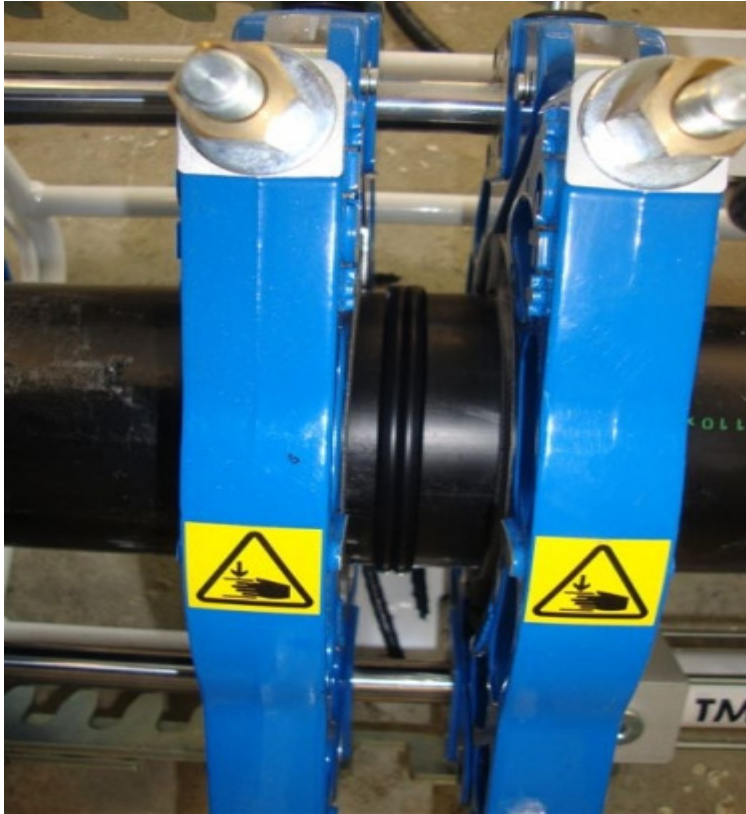
Tämän yrityksen käytössä on lähinnä PE-HD eli PEH laatu koska se soveltuu erittäin hyvin putkistojen, säiliöiden sekä altaiden valmistukseen. PE on varsin suosittu materiaali varsinkin kemian teollisuudessa, jossa suurin osa asennuksista tapahtuu. Tämä johtuu siitä, että PE on materiaalina suhteellisen edullinen muihin muoveihin nähden ja sen kulutus- sekä kemiallinen kestävyys ovat hyviä jolloin sen hinta-laatu suhde on kohdallaan (Vink Finland Oy 2011.).

Materiaalina PEH putket tuntuvat varsin pehmeiltä ja taipuisilta ja ovat väriltään mustia (ks. KUVIO 1.). Tästä syystä kuitenkin se ei suurta räsitystä ilman, että se alkaisi muuttua muotoaan.



KUVIO 1. PEH putkia.

PEH osien liittäminen toisiinsa tapahtuu puskuhitsauksella. Tällöin osien päät sulatetaan ja ne voidaan liittää toisiinsa (KUVIO 2.). Tarkemmin puskuhitsauksesta myöhemmin annettavissa ohjeissa. PEH:in sulamispiste on 126-130 °C (Vink Finland Oy 2011.).



KUVIO 2. Putkien liitos puskuhitsaus menetelmällä (Vink Finland Oy 2011.).

PEH muovia ei kuitenkaan tulisi käyttää silloin kun on kyseessä korkeiden lämpötilojen prosessi. Tällöin putki voi alkaa hallitsemattomasti muuttua muotoaan, eli jos osilta vaaditaan hyvää kulutuskestävyyttä ja jäykkyyttä samanaikaisesti niin PEH ei ole soveltuva materiaali. PEH muovin soveltuva käyttö lämpötila on  $-50 - +80$  °C (Lammela 2011a).

## 2.2 Polypropyleeni (PP)

Polypropyleeni eli PP on PE muovia varsin lähellä oleva muovi laatu mutta on kuitenkin ominaisuuksiltaan hiukan kestävämpää laatua. PP:ä käytetään varsin harvoin ”puhtaana” materiaalina eli ilman lasikuituvahvistetta (Lammela 2011a.). Kuten PE myös PP on varsin edullista materiaalia ja sillä on myös hyvä kemiallinen

kestävyys sekä se kestää PE:ä paremmin rasitusta eli on huomattavasti PE:ä jäykempää. Väriltään PP on valkoisen harmaata (KUVIO 3.) joten sen erottaa helposti muista materiaaleista.



KUVIO 3. PP osia (Vink Finland Oy 2011.).

Myös PP osien liittäminen tapahtuu puskuhitsauksella jolloin sen sulamiseen vaaditaan 165 °C lämpötila. Vaikka PP kestääkin paremmin korkeita lämpötiloja kuin PE niin sen kestävyys alhaisissa lämpötiloissa on varsin heikko. PP:lle suositeltu käyttölämpötila on 0 - +140 °C. Jos PP:ä käytetään alle 0 °C lämpötilassa siitä tulee varsin haurasta ja sen iskukestävyys heikkenee huomattavasti (Vink Finland Oy 2011.).

### **2.3 Polyvinyylideenifluoridi (PVDF)**

PVDF on materiaalina erilainen kuin PE ja PP ja se kuuluu fluorimuoveihin. PVDF tarjoaa paljon laajemman käyttöalan kuin PE tai PP koska sen kemiallinen ja fysikaalinen kestävyys ovat erittäin hyvät. Johtuen sen hyvistä ominaisuuksista on se myös hinnaltaan huomattavasti muita muoveja kalliimpaa. Koska PVDF kestää hyvin rasitusta ja korkeita lämpötiloja sitä käytetään varsin usein erilaisten kemian teollisuuden säiliöiden ja altaiden pinnoitukseen. PVDF:n käyttölämpötila on varsin laaja sillä se on -30 - +140 °C (Järvinen 2011, 116.).



KUVIO 4. PVDF käyrä (Vink Finland Oy 2011.).

Kuten edellisetkin muovit voidaan myös PVDF osia liittää toisiinsa puskuhitaamalla ja silloin sulamispiste on  $+175\text{ }^{\circ}\text{C}$ . PVDF osia hitsattaessa on kuitenkin oltava nopea koska se jäähtyy ja näin ollen jäykistyy erittäin nopeasti. Sulaessaan PVDF muuttuu läpinäkyväksi ja jäähtyessään jälleen valkoiseksi joten jäähtyminen on helppo huomata myös omin silmin (Lammela 2011a.).

Koska PVDF on ominaisuuksiltaan kestävä, niin on sen käyttöikä erittäin pitkä joten sen vaatimat huollot ovat erittäin harvinaisia. Näin ollen sillä voidaan kompensoida materiaalin korkeaa hintaa.

## 2.4 Polyvinyylikloridi (PVC)

PVC on ominaisuuksiltaan varsin jäykkää muovia mutta myös hyvin iskun kestävää optimaalisissa lämpötiloissa. Yrityksellä on käytössä kahta erilaista laatua PVC-U ja PVC-C. PVC-U on käytössä normaalissa vedenkäsittelyssä jolloin virtaavan prosessiaineen lämpötila ei nouse yli  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jos tarvitaan korkeampaa lämmönkestävyyttä silloin voidaan käyttää PVC-C jolloin se kestää prosessiaineita joiden lämpötila on maksimissaan  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Alimmillaan PVC-U osia voidaan käyttää  $0 - -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa mutta jo näissä lämpötiloissa materiaali alkaa haurastua ja iskunkestävyys heikkenee merkittävästi (Vink Finland Oy 2011.).



KUVIO 5. PVC-U putkistoa.

PVC osia voidaan lanka hitsata mutta puskuhitsaus menetelmä ei kuitenkaan siihen sovellu. Yleisin käytetty menetelmä on liimaus. Osat puhdistetaan jonka jälkeen ne voidaan liimata yhteen PVC osille kehitetyllä liimalla.

### **3 MUOVIEEN TYÖSTÖMENETELMÄT**

Muoveilla on useita erilaisia työstömenetelmiä joilla voidaan valmistaa erilaisia kappaleita ja putkistoja. Lähinnä tämä tarkoittaa erilaisten palasten/putkien yhteen liittämistä. Yleisimmin käytettyjä menetelmiä ovat

- puskuhitsaus (PE, PP ja PVDF)
- muovilankahitsaus (PE, PP, PVC ja PVDF)
- liimaus (PVC).

Käytettäviä menetelmiä ei ole juurikaan standardisoitu eli niiden tarkempia kuvauksia ei ole määritelty esimerkiksi SFS:n standardeissa. Käytettävien menetelmien tarkat ohjeistukset tulevat aina käytössä olevien laitteiden valmistajilta. Esimerkiksi puskuhitsauksessa käytettävät paineiden nostajat löytyvät aina erikseen laitteiden käyttöohjeista. Standardit määrittelevät lähinnä lopputuloksen johon putkistoissa on päästävä. Tästä esimerkkinä voidaan pitää vaikka standardia SFS – EN 1452 – 2, joka käsittelee PVC – U putkistoa jota käytetään paineellisen veden johtamiseen. Standardeissa määritetään usein arvoja, joita putkistojen pitää kestää tai täyttää esimerkiksi

- putkien ominaisuuksia (seinämän paksuus, halkaisija) ja niiden toleranssit
- painekoevaatimukset
- merkintätavat
- kestävyys (Muoviputkijärjestelmät paineellisen veden johtamiseen. Pehmittämätön polyvinyylidikloridi (PVC – U) 2005, 14 – 48.)

Tästä on huomattavissa, että monet standardeista koskettavat kuitenkin lähinnä muoviosien valmistajia joiden tuotteille asetetaan tietyt laatuvaatimukset. Myöskin liitoksille asetetaan vaatimuksia mutta varsinaisia ohjeita työskentelyyn ei anneta vaan annetaan ohjeet koejärjestelyihin joilla toimivuus voidaan testata.

### **3.1 Puskuhitsaus**

Puskuhitsauksen periaatteena on, että kaksi erillistä putkea liitetään toisiinsa sulattamalla niiden päät. Putkien päiden tulee olla tasaiset ja mieluiten tasaiseksi höylätty. Useimmissa puskuhitsauskoneissa on itsessään valmiina höylä jolla päät voidaan tasoittaa. Puskuhitsauskoneita on monia erilaisia täysin manuaalisia tai sitten täysin koneellisesti toimivia, joita käytetään yleensä isoimpien putkien hitsauksessa.





KUVIO 6. Puskuhitsauskone.

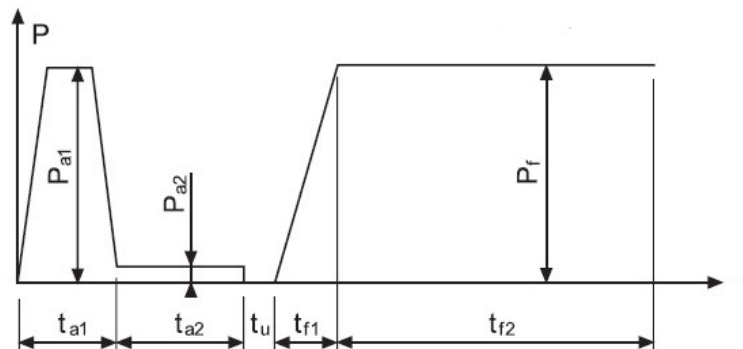
Kun aloitetaan hitsaamista on ensimmäisenä valittava koneeseen sopivat pakat eli sangat, jotka pitävät putket paikallaan. Kun putket on asetettu sangoille on tarkistettava, että ne ovat linjassa sekä pysty- ja vaaka suunnassa kohdakkain. Putket saavat olla ristikkäin toisiinsa nähden mutta ehdoton maksimi on 10% putken seinämepaksuudesta (Muoviteollisuus ry 2010, 11.). Tämän jälkeen, kun putket on saatu asemoitua oikein on vuorossa putkien päiden höyläys. Tämä suoritetaan tasohöylällä siten, että höylä asetetaan putkien päiden väliin ja putkien päät puristetaan hitsauskoneella vasten höylää. Päitä höylätään niin kauan kunnes putkien päät ovat tasaiset. Tasaisuutta voidaan kokeilla ottamalla höylä pois ja laittamalla putkien päät yhteen jolloin nähdään jääkö päiden väliin rakoja. Samalla kun höylä tasoittaa putkien päät se tuo myös esiin puhdasta muovia koska likainen aines on höylätty pois. Puhtaisiin päihin ei saa koskea enää millään ennen hitsaamista tai ne on puhdistettava uudelleen pudistusaineella esimerkiksi asetonilla (Lammela 2011b.).

Myös putkien sulatus- ja hitsauspaineet on selvitettävä ennen hitsausta sillä ne vaihtelevat putki koon mukaan. Varsinaiset paineet [bar] ilmoitetaan koneiden mukana tulevilla ohjeilla. Yleinen määritelmä annetaan kuitenkin voimana joka on



0,15Nm/mm<sup>2</sup>. Putken poikkipinta-ala voidaan laskea kaavalla  $A_{\text{putki}} = \frac{\pi d_e^2}{4} - \frac{\pi d_i^2}{4}$ , jossa  $d_e$  = putken ulkohalkaisija ja  $d_i$  = putken sisähalkaisija (Muoviteollisuus ry 2010, 8.). Kaikissa puskuhitsaus koneissa on myös tiedot niihin sopivien putkien hitsauksessa käytettävistä paineista eli niitä ei tarvitse joka kerta erikseen laskea. Jokaisessa koneessa arvot ovat kuitenkin yksilöllisiä ja arvot on mahdollista lukea laitteiden käyttöohjeista.

Tämän jälkeen on vuorossa itse hitsaus. Putkien päät sulatetaan niiden väliin asetettavalla lämpölevyllä jonka lämpötila valitaan hitsattavan muovin mukaan. Hitsauksessa on käytössä viisi eri vaihetta jonka mukaan hitsaus etenee (ks. KUVIO 8).



KUVIO 7. Puskuhitsauksen paine- ja aikadiagrammi (Muoviteollisuus ry 2010, 7).

Ensin nostetaan paine putkelle lasketulle tasolle mahdollisimman nopeasti eli suoraan maksimiin saakka. Kun paine ( $P_{a1}$ , [bar]) on saavutettu odotetaan aika ( $t_{a1}$ , [s]) jota ei ole erikseen määritelty vaan se niin pitkä kunnes koko putken ympärille on muodostunut tasainen purse (Lammela 2011b). Myöskin purseen paksuudet on

määritelty (ks. Taulukko 1.) mutta käytännössä purseen paksuutta ei ruveta erikseen mittaamaan vaan se todetaan silmämääräisesti.

TAULUKKO 1. Purseen leveys seinämä paksuudella 5 - 30mm (Muoviteollisuus ry 2010, 9.).

Seinämän paksuus	Purseen leveys
e (mm)	w (mm)
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1,5
11	1,5
12	1,5
13	1,5
14	1,5
15	2
16	2
17	2
18	2
19	2
20	2,5
21	2,5
22	2,5
23	2,5
24	2,5
25	3
26	3
27	3
28	3
29	3
30	3,5

Purseen muodostumisen jälkeen lasketaan paine tasolle ( $P_{a2}$ ), joka on *purseen muodostumisen jälkeinen sulatuspaine*. Sulatuspaine on pieni vain 0 – 0,1N/mm<sup>2</sup> jota sanotaan kosketuspaineeksi. *Kosketuspaine* kestää jälkikuumennusajan ( $t_{a2}$ , [s]).

Jälkikuumennusaika saadaan kertomalla seinämän paksuus luvulla  $15(15 \times e, [s])$  (Muoviteollisuus ry 2010, 7.).

Kun jälkikuumennusaika on kulunut on lämpölevy otettava pois putkien välistä. Putkien päät levitetään hitsauskoneen avulla irti levystä ja levy poistetaan, jonka jälkeen putkien päät yhdistetään. Aika jolloin putkien päät ovat irti toisistaan ja levystä on *pisin sallittu muutos aika* ( $t_u, [s]$ ), joka saa enimmillään kestää  $3 + 0,01 \times d_e$  sekuntia, jossa  $d_e$  on putken ulkohalkaisija (Muoviteollisuus ry 2010, 7.).

Tämän jälkeen sulat putkien päät liitetään yhteen. Kun päät koskettavat toisiaan aletaan hiljalleen nostaa painetta *hitsauspaineen* tasolle joka on sama kuin sulatuspaine. Aika jolloin painetta nostetaan on *pisin hitsauspaineen nostoaika* ( $t_{fl}, [s]$ ). Nostoaika saa kestää maksimissaan  $3 + 0,03 \times d_e$  sekuntia (Muoviteollisuus ry 2010, 7.).

Kun hitsauspaine on saavutettu niin annetaan sauman jäähtyä. Jäähtymiselle on määritelty *jäähdytysaika* ( $t_{f2}$ ). Jäähdytysaika on  $10 + 0,05 \times e$ , jossa  $e$  = putken seinämän paksuus. Kun jäähdytysaika on kulunut voidaan putki poistaa hitsaus koneesta, jolloin se kestää materiaalille määriteltyä rasiusta (Muoviteollisuus ry 2010, 7.).

Suurimmat virheet puskuhitsauksessa tehdään kuitenkin silloin kun koneet vaihtuvat. Todella harva lukee uuden työkoneen ohje kirjaa jolloin valmistajan antamat ohjeet jäävät täysin huomiotta. Toinen merkittävä asia joka aiheuttaa vuotavia saumoja tässä työmenetelmässä on viallinen lämpölevy. On syytä tarkistaa lämpölevyn tasainen lämpölevy lämpömittarilla. Liiallinen lämpölevyn lämpötilan vaihtelu voi aiheuttaa hitsattavan sauman toispuoleisen hitsautumisen. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka putki toiselta puolelta hitsautuu kunnolla voi liian kylmä levyn kohta aiheuttaa liian pientä putken sulamista ja tällöin saadaan aikaan ”kylmä sauma”. Tässä tapauksessa putkien päät eivät sula kunnolla ja eivät liity tarpeeksi lujasti toisiinsa. Levyn toimivuutta voidaan myös tarkkailla purseen tasaisuudella: Jos purse kasvaa toiselta puolelta toista

puolta voimakkaammin saattaa kyseessä olla epätasainen lämpö lämpölevyissä (Lammela 2011b.).

Aiemmin on luotettu liikaa lämpölevyjen omiin säätöihin eikä levyn lämpötilaa ole juurikaan mitattu erikseen.

## **3.2 Muovilankahitsaus**

Muovilankahitsauksessa käytetään kahta erilaista menetelmää ekstruuderihitsausta sekä hitsausta käsityökaluilla jossa käytetään kuumakaasuhitsauslaitetta. Ekstruuderia käytettäessä voidaan paremmin hitsata paksumpia ja isompia putkia sekä levyjä koska ekstruuderit tuottaa sulaa massaa. Sula massa täyttää paremmin isotkin raot ja tuottaa suuremman sauman joka kestää isossa kappaleessa paremmin.

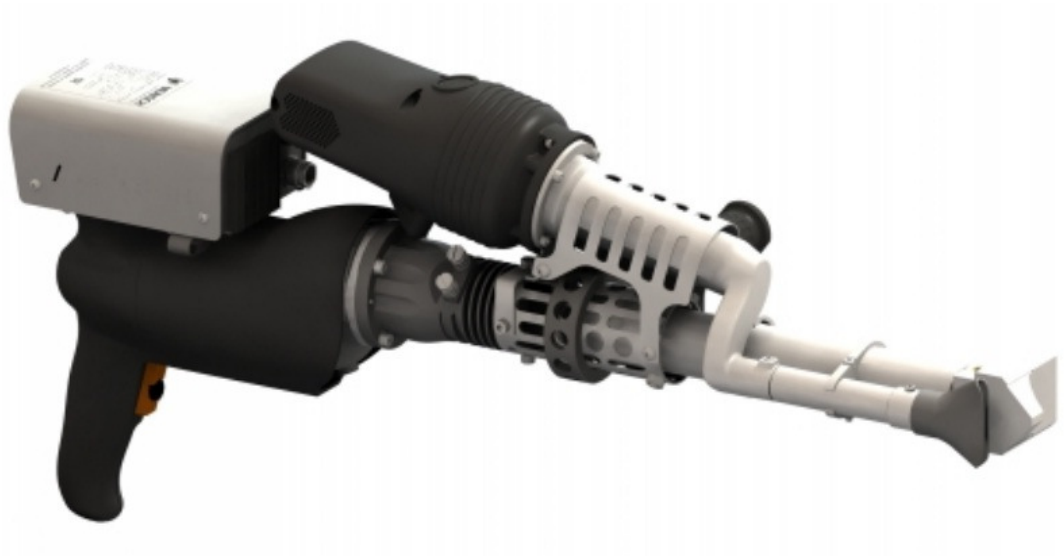
Kuumakaasuhitsauksessa ei puolestaan saada aikaan massaa vaan suuttimen läpi tuleva lanka lämmitetään pehmeäksi mutta säilyttää muotonsa eli on yhtä paksua kuumana kuin jäähtyneenä.

Yleisin virhe hitsattavissa saumoissa on ollut lopettaa hitsaus liian aikaisin eli ennen sauman tavoitteellista loppukohtaa. Tällöin sauma jää vajaaksi ja loppupäässä eivät muovilanka ja hitsattava pinta sulaa yhteen. Tällaisia vanhempia saumoja on yrityksellä ollut varsin paljon korjattavana jotka on tehnyt joskus aiemmin työhön palkattu yritys. Tällaisiin virheisiin johtaa yleensä silkkä välinpitämättömyys sekä huolellisuuden puute. Usein myös asennuksissa hitsattavat kohdat ovat erittäin hankalissa paikoissa jolloin saumat täytyy hitsata useammassa kuin yhdessä osassa. Silloin on erittäin tärkeää puhdistaa edellisen sauman loppu esimerkiksi hiomalla loppupää pois.

### **3.2.1 Ekstruuderihitsaus**

Ekstruuderilla hitsattaessa on ensimmäisenä löydettävä sopivat lämpötilat kahteen paikkaan. Ensiksi langan sulatuskammiolle jossa muovilanka sulatetaan massaksi ja toiseksi esilämmitysruutimelle johon puhalletaan ilmaa moottorista. Esilämmitysruutin

lämmittää hitsattavan pinnan sulaksi, jotta sula massa kiinnittyisi siihen kunnolla. Lämpötilojen sopivuutta voidaan testata hitsaamalla koe saumaa esimerkiksi kaksi levyn palasta yhteen. Liitosta voidaan rasittaa vääntämällä levyjä siten, että sauma murtuisi (Lammela 2011b.).



KUVIO 8. Ekstruuderit (Vink Finland Oy 2011.).

Kun oikeat lämmöt on löydetty niin voidaan aloittaa hitsaus. Ekstruuderissa on muokattava hitsaussuutin jota voidaan muokata hitsattavan pinnan muodon mukaan. Suutin asetetaan suoraan kohden hitsattavaa kohtaa ja asento pidetään samana koko hitsauksen ajan. Suutinta lähdetään viemään pitkin hitsattavaa saumaa kohtisuorassa ja syöttäen massaa koko ajan. Massan etureunan tulee näkyä noin 5 mm suuttimen edellä hitsauksen etenemissuuntaan. Kun saavutetaan hitsattavan sauman loppu lopetetaan massan syöttö noin 5 mm ennen päätepistettä ja kun massa loppuu käännetään ekstruuderit hitaasti vaakaan jotta massa katkeaa. Kun massa on katkenut painellaan loppu massa sauman jatkeeksi. On tärkeää, että massaa levitetään yli hitsattavan sauma pituuden jotta voidaan olla varmoja sen levittymisestä oikein hitsattavaan saumaan (Lammela 2011b.).

### 3.2.2 Kuumailmahitsaus

Kuumakaasuhitsauksessa käytetään huomattavasti kevyempää työkalua jolla voidaan hitsata pienempiä saumoja ja myöskin ahtaammissa tiloissa. Tällä työkalulla ei hitsata kuten ekstruuderilla eli edetään koko ajan eteenpäin. Oikea tapa on vetää suutinta ”taaksepäin” eli hitsaaja peruuttaa edetessään saumaa eteenpäin.



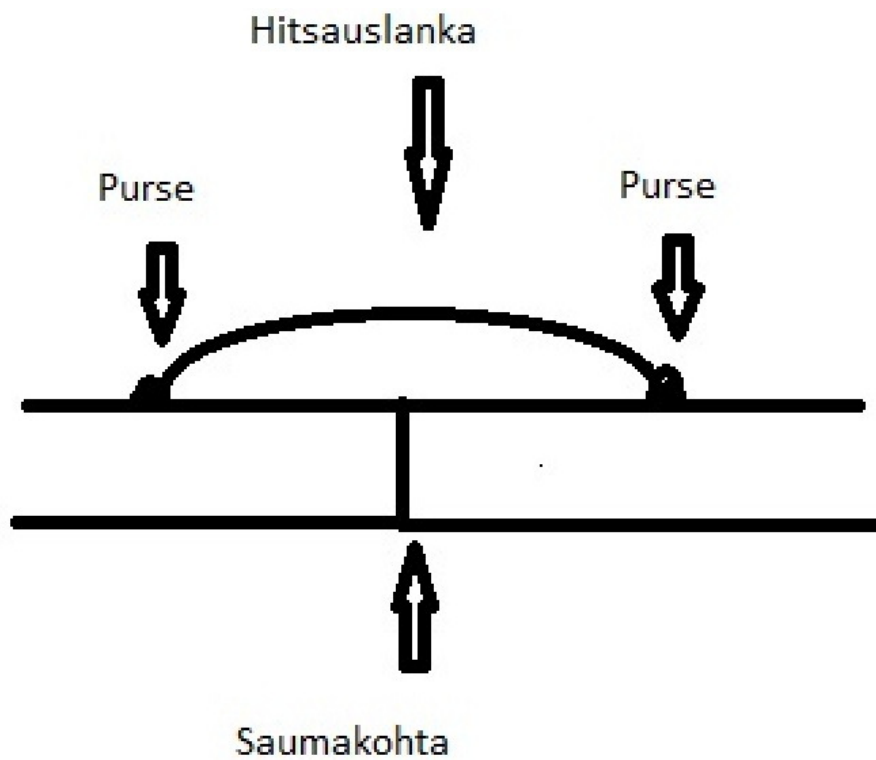
KUVIO 9. Kuumakaasuhitsauslaite (Ditzler Vulkan AG 2010.).

Tässä tapauksessa voidaan käyttää kahta erilaista suutinta heftaus-suutinta ja pikasuutinta. Heftaus-suuttimella (ks. KUVIO 10.) voidaan helpottaa varsinaista hitsausta. Esimerkiksi kaksi levyä voidaan asettaa vastakkain ja heftaus-suuttimella lämmitetään molempia levyjä kuumalla ilmalla niiden sauma kohdasta, jolloin se sulavat kevyesti yhteen ja pysyvät itsestään paikallaan ja ovat helpompia hitsata (Lammela 2011b.).



KUVIO 10. Heftaus-suutin (Ditzler Vulkan AG 2010.).

Pikasuuttimella puolestaan suoritetaan varsinainen hitsaus. Hitsauslanka työnnetään suuttimessa olevan reiän läpi siten, että lanka on suuttimen edessä ja siihen puhaltaa kuumaa ilmaa. Kun hitsaus aloitetaan lämmitetään ensin muutaman sekunnin ajan hitsattavaa pintaa sauman alusta, jotta lanka tarttuisi siihen. Tämän jälkeen aletaan painaa suuttimella lankaa hitsattavaa saumaa vasten ja vedetään suutinta hitaasti sauman yli. Sauman pitäisi olla tasainen ja muodoltaan ”puolipallomainen” jonka molemmin puolin on erittäin pienet purseet (ks. KUVIO 11.) (Lammela 2011b.).



KUVIO 11. Kuumakaasuhitsauksen sauma.

Kuten ekstruuderillakin niin myös tässä tapauksessa hitsataan hiukan yli hitsattavan sauman jonka jälkeen lanka katkaistaan. Katkaisu voidaan suorittaa joko pihdeillä tai tavallisella terävällä puukolla.



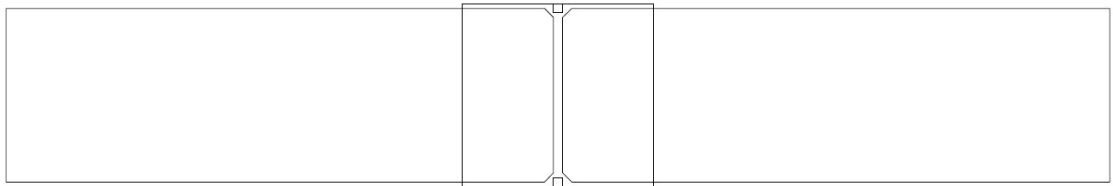
KUVIO 12. Pikasuutin (Ditzler Vulkan AG 2010.).



Yleinen virhe tässä tavassa on painaa suutinta liian kovalla voimalla vasten hitsattavaa pintaa. Tällöin hitsauslanka painuu liian syvälle hitsattavan pinnan sisään ja sauman ulkopinnat jäävät edelleen erilleen toisistaan. Toinen väärä tapa on viedä suutinta liian vinoon eteenpäin jolloin langan molemmin puolin ei synny pursetta. Tässä tapauksessa voi sauma rasituksen alla pettää koska lanka ja hitsattava pinta eivät sulaa yhteen sauman molemmin puolin.

### 3.3 Liimaus

Liimaus on menetelmä jota käytetään PVC-osien yhdistämiseen. Liimauksessa esimerkiksi kahta putkea ei voida liimata yhteen ilman välikappaletta. Putkien väliin on liimattava jatkosmuhvi joka on ulkomitoiltaan putkea suurempi mutta sisähalkaisija on putken kokoinen. Muhvin molempiin päihin liimataan putket jotka pysähtyvät muhvin keskellä olevaan stoppariin (ks. KUVIO 13.).



KUVIO 13. Periaate kuva jatkosmuhviliitoksesta.

Sama periaate pätee kaikkiin PVC-osiiin myös t-haaroihin ja käyriin jotka kaikki ovat putkea halkaisijaltaan suurempia. Niissä on kuitenkin muhvi osat joihin putki mahtuu sisään ja voidaan liimata siihen. Putkiosien päät on kuitenkin tärkeää viistää loivasti jotta tasainen ja terävä reuna ei työntäisi kaikkea liimaa edellä pois liitoksesta kun putki työnnetään muhviin (Lammela 2011b.).

Liimaus itsessään on hyvin yksinkertainen menetelmä. Ensimmäisenä on tärkeää puhdistaa muhviosa sekä putki. Puhdistuksessa käytetään liuotinta joka puhdistaa sekä samalla pehmittää muovia jotta liimaus onnistuisi paremmin. Puhdistukseen käytetään erillistä puhdistus ainetta PVC muoville kuten esimerkiksi Tangit tai metyleenikloridi.

Kun osat on puhdistettu niin sen jälkeen levitetään osiin liimaa. Tämä tapahtuu normaalilla pensselillä. Liimaa levitettäessä on järjestys erittäin tärkeää. Ensin pitää muistaa levittää liimaa muhvi osaan. Tämä sen vuoksi, että muhvi on melko umpinainen tila ja liima haihduttaa pienestä tilasta hapen pois, jolloin liima ei jähmety liian nopeasti ja jää aikaa lopun liiman levittämiseen.. Tämän jälkeen voidaan liimaa levittää putken päähän. Sitten kun liimat on levitetty voidaan putki työntää muhvin sisään. Putkea kannattaa painaa muhviin päin koska putki saattaa lähteä irtaantumaan muhvista ja työntyy ulospäin. Painetta kannattaa pitää yllä muutaman sekunnin ajan. Lopuksi puhdistetaan muhvista ulos työntövä ylimääräinen liima jonka jälkeen liitos on valmis. Liitoksen pitää antaa kuivua vähintään 15 minuuttia ennen sen altistamista rasitukselle. Muuten liitos saattaa revetä (Lammela 2011b.).



KUVIO 14. PVC-osien liitoksia.

Muhvi osien yhdistämisessä on erittäin tärkeää, että työnnettävä putki työnnetään muhvin sisään suorassa linjassa. Liian vinossa kulmassa muhvin sisään saattaa aiheuttaa toispuoleisen liimautumisen. Tämä johtuu siitä, että putken mennessä muhvin sisään vinossa, edellä menevä reuna työntää edellään kaiken liiman pois saumasta jolloin tehdyn viisteen hyöty menetetään.

Liimatun pinnan on oltava kuitenkin tasainen eikä siihen saa jäädä lainkaan tyhjiä kohtia tai minkäänlaisia koloja/onkaloita joissa ei olisi liimaa. (Muoviputket. Lujitemuoviputkien ja lujitemuovilla vahvistettujen kestumuoviputkien liitosten asennusohje ja asentajan pätevyysvaatimukset 2003, 5).

Toinen virhe joka on ollut huomattavissa korjatuissa saumoissa on liiman puute. Liimaa saatetaan käyttää liian vähän tai mahdollisesti on käytetty vanhentunutta liimaa. Liiman vähyys huomataan parhaiten silloin, kun putki on työnnetty muhviin ja sitä ei tule saumasta ulos tasaisesti joka puolelta. Tällöin on syytä vetää putki ulos muhvista ja suorittaa puhdistus sekä liimaus uudelleen. Liima on oltava riittävästi niin putken pinnalla kuin myös muhvissa. Määrä on silloin sopiva kun liima saa aikaan ohuen kalvon pinnan päälle eikä varsinainen muovin pinta näy paljaalle silmälle. Liian vanhan liiman käyttäminen voidaan myös havaita paljain silmin. Liiman on oltava juoksevaa eikä siinä olla lainkaan hyytymiä. Hyytymät eivät kovetu lainkaan ja silloin saumaan jää liimaamattomia kohtia ja sauman pitävyys heikkenee huomattavasti.

## **4 VAKIO-OSIEN VALMISTUS**

IPP Muovitekniikalla on muutamia ”vakiotuotteita” joita valmistetaan aina tilauksen saapuessa

- Ultra Rib 2 muhvikulmat 450mm & 560mm (15°, 30° ja 45°)
- PE – paineputkistojärjestelmän kulmat (15° - 90°)
- hitsauslankojen suojakotelot.

#### 4.1 Ultra Rib 2 muhvikulmat

Ultra Rib 2 muhvikulmat ovat osa Uponorin maaviemärijärjestelmää. IPP Muovitekniikka Oy valmistaa kolmea erilaista kulmaa: 15°, 30° ja 45°. Kulmia tehdään kahden kokoiseen putkeen joiden halkaisijat ovat 450 mm ja 560 mm. Putkisot valmistetaan PP muovista.

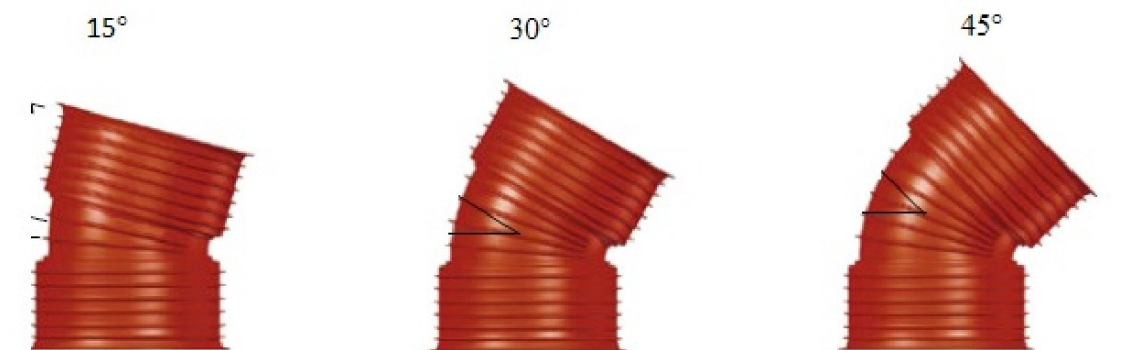


KUVIO 15. Ultra Rib 2 maaviemärijärjestelmä (Uponor Suomi Oy 2011.).

Itse kulmien valmistus tapahtuu liittämällä kaksi Uponorin valmiiksi valmistamaa kulma palasta yhteen. Yhteen liittäminen tapahtuu käyttäen puskuhitausta. Toimitettavat osat ovat kulmaltaan 22,5° joten niitä on muokattava, jotta saataisiin aikaan oikea kulma.

Muhviosat joihin suora putki yhdistetään ovat suorina mutta sen jälkeen osa kaartuu 22,5° ja tuo kulma on jaettu kolmeen 7,5° segmenttiin. Muokkaus tarkoittaa sitä, että valmiista osista on sahattava tietty määrä segmenttejä pois. Kun tehdään 15° kulmia niin on molemmista palasista sahattava kaksi segmenttiä eli 15°/palanen pois. Näin

ollen jää kaksi palasta joissa molemmissa on  $7,5^\circ$  kulma. Kun nämä osat liitetään yhteen niin saadaan  $15^\circ$  kulma ( $7,5^\circ + 7,5^\circ$ ). Kun taas tehdään  $30^\circ$  kulmia niin sahataan molemmista palasista yksi segmentti eli  $7,5^\circ$ /palanen pois. Näiden osien liitoksista saadaan silloin aikaiseksi  $30^\circ$  kulma ( $15^\circ + 15^\circ$ ). Suurimmassa kulmassa joka on  $45^\circ$  ei tarvitse sahata lainkaan segmenttejä pois vaan ne voidaan suoraan liittää toisiinsa. Tämä siksi, että valmiit palaset ovat kulmaltaan  $22,5^\circ$  jolloin liittämällä kaksi tällaista palasta yhteen saadaan aikaiseksi  $45^\circ$  kulma ( $22,5^\circ + 22,5^\circ$ ).



KUVIO 16. Ultra Rib 2 muhvikulmat (Uponor Suomi Oy 2011.).

Kun palaset on sahattu oikeisiin kulmiin niin voidaan aloittaa liittäminen puskuhitsauksella. Ensinnäkin puhdistetaan liitettävät päät esimerkiksi asetonilla. Sen jälkeen selvitetään tarvittavat sulatus- ja hitsauspaineet sekä hitsauksessa käytettävät ajat (ks. TAULUKKO 1. ja TAULUKKO 2.).

TAULUKKO 2. Ultra Rib 2 (450mm) hitsausparametrit.

Ultra Rib 2 (450mm)						
Sulatukseen käytettävä voima (N)	Purseen Leveys (mm)	Jälkikuumentusaika (s)	Pisin sallittu muutos aika (s)	Pisin hitsauspaineen nostoaika (s)	Hitsaukseen käytettävä voima (N)	Jäähdytys aika (s)
8360	1	75	7,5	16,5	8360	12,5

TAULUKKO 3. Ultra Rib 2 (560mm) hitsausparametrit.

Ultra Rib 2 (560mm)						
Sulatukseen käytettävä voima (N)	Purseen Leveys (mm)	Jälkikuumennusaika (s)	Pisin sallittu muutos aika (s)	Pisin hitsauspaineen nostoaika (s)	Hitsaukseen käytettävä voima (N)	Jäähdytys aika (s)
8360	1	75	8,6	19,8	8360	12,5

Lopuksi suoritetaan normaali puskuhitsaus ja näin saadaan aikaan halutut muhvikulmat ja ne ovat valmiita toimitettavaksi.



KUVIO 17. Ultra Rib 2 osien liittäminen puskuhitsaus menetelmällä.

## 4.2 PE – paineputkistöjärjestelmän kulmat

Paineputkistöjärjestelmän kulmia valmistetaan PE – muovista ja niistä on olemassa viisi sovittua vakiokulmaa. Nämä sovitut kulmat ovat: 15°, 30°, 45°, 60° ja 90°.

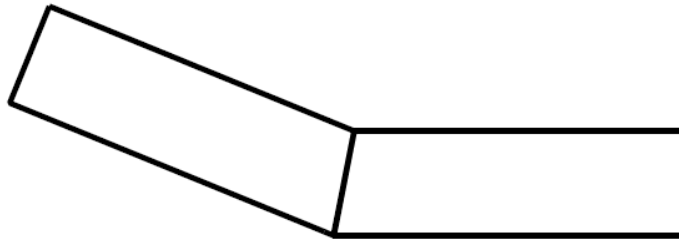
Näistä kulmista on myös kahta erilaista putkikokoa jotka ovat: 355mm ja 400mm.

Koska kyseessä on PE – muovista tehtävät osat suoritetaan osien valmistus käyttämällä puskuhitsaus menetelmää. Kulmia tehdään kahta erilaista mallia. Toisessa sahataan suora putki kahteen osaan tietystä kulmassa jonka jälkeen ne liitetään

toisiinsa jolloin saadaan aikaan haluttu kulma (ks. KUVIO 18.). Toisessa mallissa suora putki sahataan tietyssä kulmassa kolmeen osaan jolloin saadaan kaksi pidempää putkea ja yksi segmentti palanen. Nämä kolme osaa liitetään toisiinsa ja saadaan aikaan haluttu kulma (ks. KUVIO 19.) (Lammela 2011c.).



Sahaus

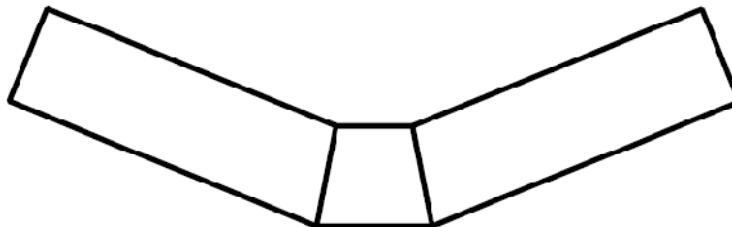


Liitos asettelu

KUVIO 18. Kahdesta osasta rakennettu kulma.



Sahaus



Liitos asettelu

KUVIO 19. Kolmesta osasta rakennettu kulma.

Kun tarvittavat osat on sahattu voidaan aloittaa niiden liittäminen yhteen. Putkissa on valmiina suojakuori jota on kuorittava pois. Putken hitsattavasta päästä kuoritaan 50mm levyinen suikale pois koko putken ympäriltä. Tämän jälkeen palaset asetetaan

puskuhitsauskoneeseen. Palaset asetellaan siten, että kun liitos on valmis on liitos kohdassa haluttu kulma. Kulmat joissa on kaksi palasta voidaan liittää suoraan toisiinsa yhdellä hitsauksella ja kulma on valmis. Kulmat joihin kuuluu kolme osaa liitetään siten, että ensin hitsataan yksi pidempi putki segmentti palaseen kiinni. Tämän jälkeen hitsataan toinen pidempi putki kiinni osaan, johon on hitsattu segmentti palanen (Lammela 2011c.).

TAULUKKO 4. Kulmien hitsausparametrit (355mm).

Kulmat (355mm)						
Sulatukseen käytettävä voima (N)	Purseen Leveys (mm)	Jälkikuumennusaika (s)	Pisin sallittu muutos aika (s)	Pisin hitsauspaineen nostoaika (s)	Hitsaukseen käytettävä voima (N)	Jäähdytys aika (min)
3485	2,5	316,5	6,5	13,7	3485	20,5

TAULUKKO 5. Kulmien hitsausparametrit (400mm).

Kulmat (400mm)						
Sulatukseen käytettävä voima (N)	Purseen Leveys (mm)	Jälkikuumennusaika (s)	Pisin sallittu muutos aika (s)	Pisin hitsauspaineen nostoaika (s)	Hitsaukseen käytettävä voima (N)	Jäähdytys aika (min)
4425	2,5	355,5	7	15	4425	22

### 4.3 Hitsauslankojen suojakotelot

Hitsauslankojen suojakotelot valmistetaan PE- muovista ja joustavuutensa vuoksi soppi hyvin tähän tuotteeseen koska koteloiden sijainti ja käsittely eivät ole aina hienovaraista. Tämän tuotteen kasaamiseen tarvitaan kolme osaa ja niiden liittäminen tapahtuu puskuhitsaus menetelmällä. Nuo kolme osaa ovat kaksi kappaletta päätyhättuja joissa on kierteet avattavaa korkkia varten sekä 50mm halkaisijaltaan oleva putki (ks. KUVIO 20.).





KUVIO 20. Hitsauslankojen suojakotelo.

Päätyhattujen pituus on 60mm. Koko osan pituuden on oltava 1050mm joten päätyhattujen pituudet on huomioitava sahattaessa putki oikeaan mittaan. Putken molempiin päihin on jätettävä 5mm hitsausvara eli yhteensä 10mm. Näin ollen voidaan laskea putken pituus seuraavalla tavalla:

$$1050\text{mm} - (l_{\text{päätyhattu}} \times 2) + \text{hitsausvara} = 1050\text{mm} - (60\text{mm} \times 2) + 10\text{mm} = 940\text{mm}$$

Kun putki on oikeassa mitassaan voidaan suorittaa liittäminen puskuhitsauksella.

TAULUKKO 6. Hitsauslankakotelon hitsausparametrit.

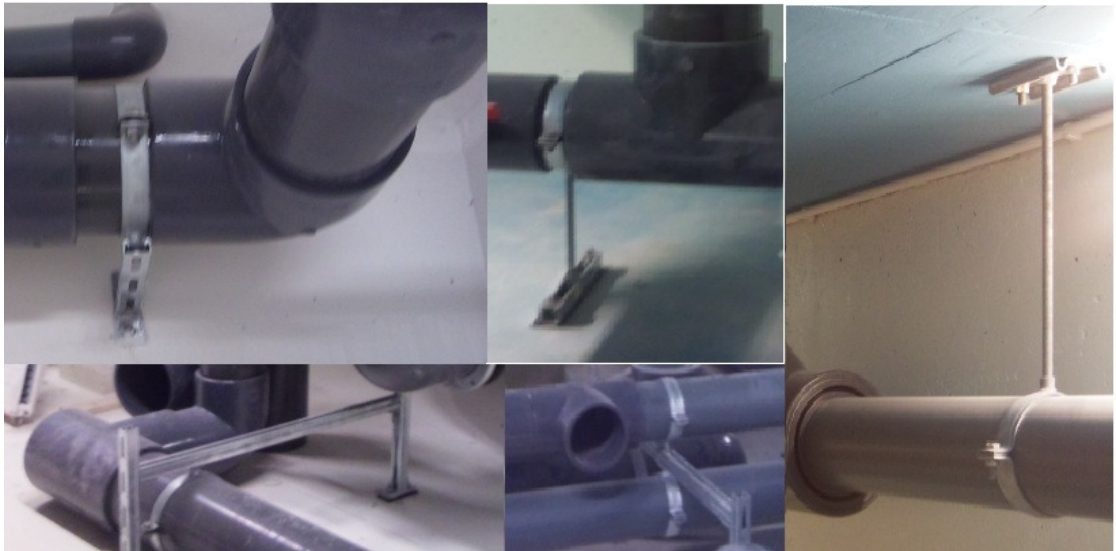
Hitsauslankakotelo (50mm)						
Sulatukseen käytettävä voima (N)	Purseen Leveys (mm)	Jälkikumennusaika (s)	Pisin sallittu muutos aika (s)	Pisin hitsauspaineen nostoaika (s)	Hitsaukseen käytettävä voima (N)	Jäähdytys aika (min)
98	1	69	3	3	98	12,5

## 5 YLEISET ASENNUSTYÖMAAOHJEET

Asennuksilla on ohjeistus pohjiltaan sama ja tietysti kaikki muovien työstöön ja liittämiseen liittyvät ohjeistukset ovat yhtäläillä voimassa. On kuitenkin lisäksi vielä erillisiä lisäohjeita jotka helpottavat työn tekemistä asennuspaikalla.

## 5.1 Putkien kannatukset

Putkien asennuksissa on otettava huomioon kuinka putkia kannatellaan koska monessa tapauksessa putket saattavat olla useita metrejä irti lattiasta. Vaikka putket olisivatkin lattiatasossa, ei niitä saa jättää lattiaa vasten sillä kun prosessiaine alkaa virrata putkessa niin silloin myös putken osalta alkaa tapahtua liikehdintää. Tällöin voivat putket hankautua pidemmän ajan kuluessa puhki. Putkia voidaan kannakoida monesta kiinteästä pinnasta kuten katosta, seinästä ja lattiasta, mikäli rakennustekniset seikat sen mahdollistavat (ks. KUVIO 21.). Kannakoinnissa ohjeena käytetään SFS Käsikirja 107:ää, joka sisältää kaikki PSK Standardoimisyhdistys ry:n laatimat standardit jotka koskevat putkien kannatusta (Lammela 2011c.).



KUVIO 21. Putkien erilaisia kannakointeja.

Kun kannakkeita kiinnitetään johonkin kiinteään pintaan (yleensä betoniin) on varmistettava siitä millainen kiinnitys on kyseisellä työmaalla sallittu. Useimmissa tapauksissa voidaan käyttää kiila – ankkureita jotka lyödään kiinteään pintaan porattuun reikään. On kuitenkin mahdollista, että kiila – ankkureita ei saa käyttää varsinkin silloin jos kyseessä on vesitiivis valurakenne. Vesitiiviitä valurakenteita on varsinkin uimahalleissa. Uimahalleissa kiellot koskevat erityisesti altaiden pohjia sekä

sivuja. Tapauksessa jossa kiinnitetään kannakkeita vesitiiviiseen rakenteeseen on käytettävä kemiallisia ankkureita. Kemiallisissa ankkureissa porataan pintaan reikä johon työnnetään kierretangosta katkaistu pätkä. Reikään on kuitenkin ennen kierretangon laittamista laitettava injektiomassaa joka kovettuessaan muodostaa tiiviin rakenteen kierretangon ympärille johon kannake voidaan mutterilla kiristää. Eri valmistajien (esim. Hilti ja Würth) massoja käytettäessä on aina luettava käyttöohje koska käytänteet kuten kovettumisaika saattavat vaihdella eri valmistajien kesken (Korkiamäki 2011.).

TAULUKKO 7. Ohjearvoja Hiltin HIT - HY 150 MAX injektiomassalle (Hilti Suomi Oy 2011).

Kierretangon koko [mm]	Reiän halkaisija [mm]	Reiän syvyys [mm]	Mutterin kiristys momentti MAX [Nm]
M10	12	60 - 200	≤ 20
M12	14	70 - 240	≤ 40
M16	18	80 - 320	≤ 80
M20	24	90 - 400	≤ 150

Kun reikä on porattu voidaan sinne injektoida massaa. Massaa laitetaan 2/3 reiän syvyydestä ja siten, että se täyttää reiän reunasta reunaan. Kun massa on laitettu reikään voidaan kierretanko laittaa sisään reikään. Tankoa ei kuitenkaan voi suoraan työntää reikään vaan sitä on pyöritettävä ja samalla työnnettävä reikään. Tällä tavalla varmistutaan siitä, että massa tunkeutuu kierteisiin joka puolelta ja näin saadaan aikaan tiiviimpi lopputulos. Massan injektointiin ja kierretangon laittamiseen on yleensä aikaa 0 – 20 minuuttia ennen kuin massa alkaa jähmettyä. Tämä riippuu paljolti injektoitavan pinnan lämpötilasta ja mitä korkeampi on lämpötila sitä vähemmän on aikaa. Tätä aikaväliä kutsutaan työskentelyajaksi. Kun reikä on injektoitu ja sinne on laitettu kierretanko on odotettava massan jähmettymistä, jotta kierretanko voidaan altistaa rasitukselle. Tämä odotusaika on myöskin riippuvainen

injektoitavan pinnan lämpötilasta mutta yleensä aika on 30 – 60 minuuttia (Hilti Suomi Oy 2011.).

Jokaisella valmistajalla on omanlaisensa kiinnitykset seinään, kattoon ja lattiaan. Seinään/kattoon voidaan kiinnittää konsoli johon sanko kiinnitetään tai sitten sanko voidaan suoraan kiinnittää seinään/kattoon tangolla/ankkurilla sangassa olevan reiän läpi. Asennustekniset asiat riippuvat siis paljolti kannakkeiden toimittajasta ja sen vuoksi niiden kiinnittämisessä täytyy noudattaa valmistajan ohjeita.

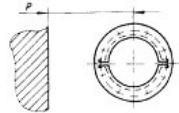
Kannakkeiden väli putkessa on myös erittäin tärkeää, jotta voidaan olla varmoja siitä etteivät putket joudu liian kovalle rasitukselle. Yleisenä ohjeena pidetään sitä, että kannakkeita on putkessa kahden metrin välein mutta ehdoton maksimi on 2,7 metriä. Poikkeuksena voidaan kuitenkin pitää normaalia putkea painavampia osia kuten käyrät ja t – haarat. Varsinkin silloin kun putki kääntyy 90 asteen kulmassa on tärkeää kannakoida käyrän molemmin puolin, jotta käyrä ei jää ”tyhjän päälle” roikkumaan. Tällöin kääntyvä kohta voi romahtaa kun putki täyttyy prosessiaineesta (Lammela 2011c.).

Kannakointi on aina tehtävä valmiiksi ennen putkiston asentamista, jotta putki ei joudu roikkumaan lainkaan liitosten varassa.

On tärkeää pitää myös putkien välillä tiettyä etäisyyttä jonka määrä SFS:n standardi (SFS 5399. Putkiston kannatus. LM-putket. Suositeltavat putkivälit.). Putkien etäisyyden määrittää myös se onko putki eristetty vai ei. Nämä etäisyydet voidaan tarkastaa SFS 5399:n taulukosta 1 (ks. Liite 1.).

On myös määritelty kuinka kaukana putkien keskiö saa olla tasosta ja se riippuu putken nimellishalkaisijasta (DN). Nämä etäisyydet on määritelty standardissa SFS 5399 (ks. KUVIO 21.)

Putki DN Pipe	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700
P	165	170	180	180	190	200	210	230	240	250	270	300	330	370	435	470	570	630



KUVIO 22. Keskiöetäisyys tasopinnasta [mm].( Putkiston kannatus. LM-putket. Suositeltavat putkivälit 1993, 3).

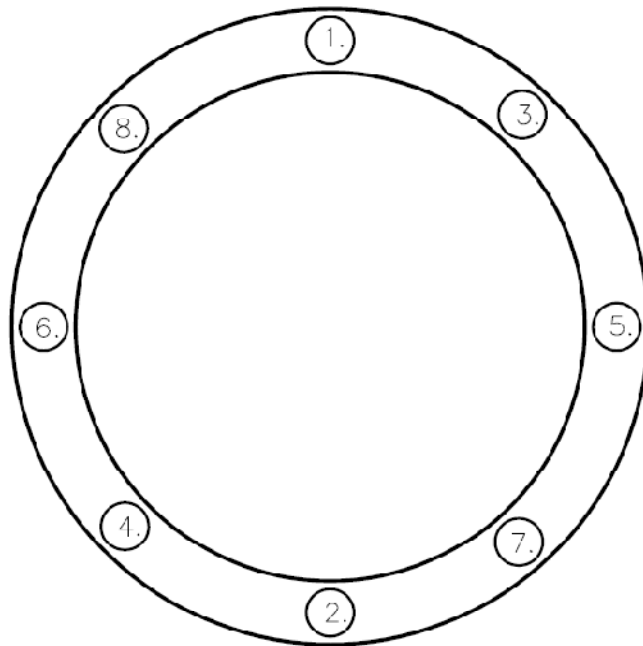
## 5.2 Laippaliitos

Laippaliitoksilla voidaan liittää myös muoviputki toisiinsa. Laippaliitoksiin tarvitaan kaksi kaulusta joihin tulee irtolaippa (ks. KUVIO 23.). Irtolaipoissa on reiät joiden läpi työnnetään pultit siten, että pultti on kahden irtolaipan läpi ja toiseen päähän kiinnitetään mutteri jonka avulla liitos kiristetään.



KUVIO 23. PEH kaulus ja irtolaippa.

Laippaliitoksen kiristyksessä on aina muistettava kiristää pultit siten, että ne kiristetään ristiin (ks. KUVIO 24.). Ristiin kiristyksellä varmistetaan se, että liitos kiristyy tasaisesti aina vastapuolilta ja näin ollen saadaan aikaan tasainen kiristyminen. Tasaisella kiristymisellä voidaan taata laippaliitoksen pitävyys (Korkiamäki 2011.).



KUVIO 24. Irtolaipan pulttien kiristysjärjestys.

Ennen liitoksen kiristämistä on kaulusten väliin aina asennettava kumitiiviste. Jos tiiviste jää asentamatta ei paljaiden muovikaulusten yhteen liittäminen tule pitämään. Erityistä varovaisuutta on noudatettava silloin kun irtolaipat on tehty PVC:stä. Liian kovalla momentilla kiristetyt pultit voivat halkaista laipan ja silloin se on vaihdettava. On myös erittäin tärkeää tarkastaa ennen varsinaista kiristämistä, että kaulusten reunat ovat kohdakkain koska liiallinen ristikkäisyys voi aiheuttaa vuotoja (Korkiamäki 2011.).

### 5.3 Venttiilien kiinnitys

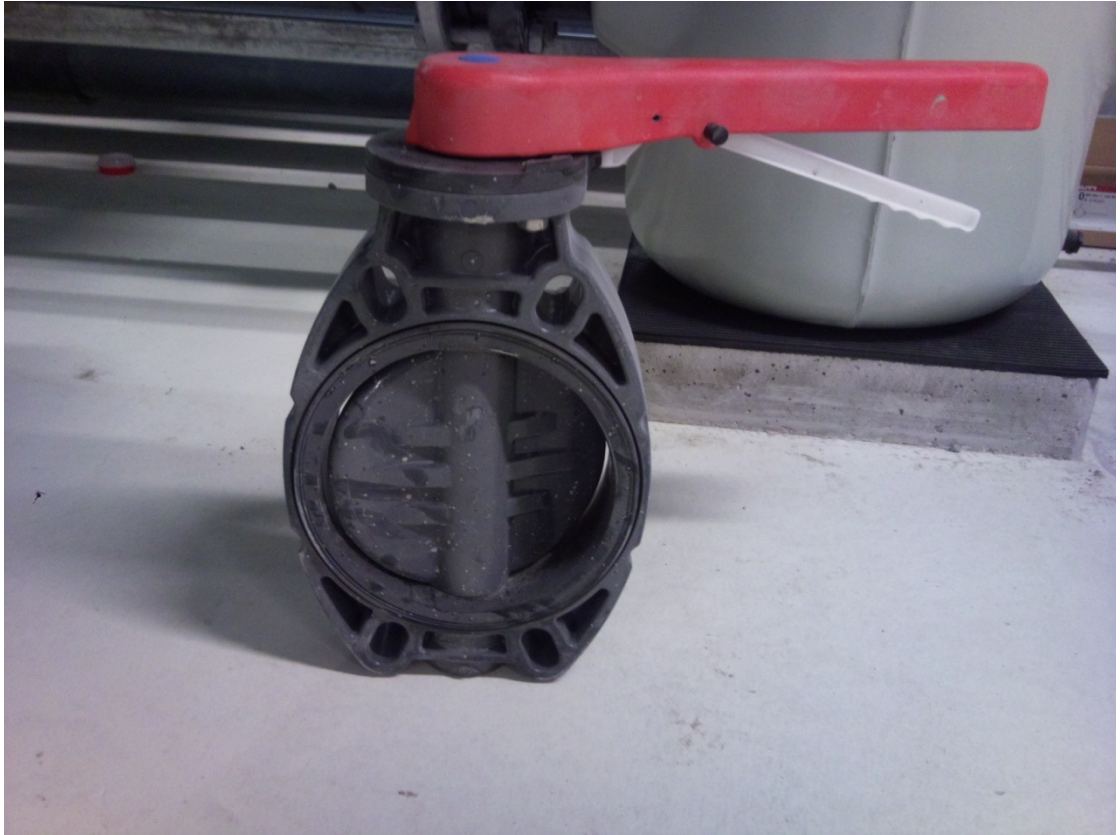
Venttiilien kiinnityksessä käytetään laippaliitoksia jossa putkien päihin kiinnitetään kaulukset ja kauluksiin tulee irtolaipat. Kaulusten väliin tulee venttiili joka puristetaan kaulusten väliin laipoilla joiden läpi laitetaan pultit joilla kiristys tapahtuu (ks. KUVIO 25.).



KUVIO 25. Venttiilin kiinnitys.

Pulttien kiristämisessä on aina käytettävä valmistajan ilmoittamaa momenttia [Nm], jotta voidaan taata liitoksen pitävyys. Erityistä varovaisuutta on noudatettava esimerkiksi PVC – muovista valmistettujen venttiilien (ks. KUVIO 26.) kiristyksessä koska ne voivat haljeta suhteellisen helposti mikäli ohjeita ei noudateta. Myös venttiilien kiristämisessä on muistettava kiristää pultit ristiin jotta varmistutaan tasaisesta kiristymisestä (Korkiamäki 2011.).





KUVIO 26. PVC läppäventtiili.

Venttiilien asettamisessa ei kuitenkaan tarvitse yleensä huomioida erillistä kumitiivistettä koska monissa venttiileissä on jo tehtaalla valmiiksi asennetut tiivisteet. Asennettaessa on kuitenkin varmistuttava siitä, että tiiviste on kauluksen ympäri peittäen koko kauluksessa olevan putken reiän ympäri eli on tasaisesti kauluksessa kiinni joka puolelta.

## 6 ERITYISOHJEITA UIMAHALLI ASENNUKSIIN

Uimahalli asennuksissa on joitain omia tapojaan jotka poikkeavat jonkin verran esimerkiksi teollisuuden asennuksista. Myöskin PVC – osien erilaisuus muihin muoveihin verrattuna aiheuttaa muutoksia asennus käytäntöihin kuten esimerkiksi mitoitukseen.

### 6.1 Supistusholkit

Supistusholkit ovat varsin oleellinen osa uimahallien putkistöjärjestelmiä. Supistus holkit muuntavat putkikokoa alkuperäistä pienemmäksi. Esimerkiksi 225/160 supistusholkki muuntaa alkuperäisen putkikoon 225mm pienempään 160mm kokoon. Supistukset voidaan tehdä vaikkapa jatkosmuhvissa jolloin saadaan putkelle supistus suoralla putken osalla. Supistuksia voidaan tehdä myös käyriin ja t – haaroihin. Koska jokaiselle supistukselle ei ole olemassa omaa holkkiaan voidaan sellainen tehdä liimaamalla useita holkkeja yhteen. Esimerkiksi 225mm putkesta supistus 90mm putkeen täytyy tehdä käyttäen kahta eri supistuholkkia, jotka ovat 225/160 ja siihen liitettävä 160/90 holkki (ks. KUVIO 27.) (Lammela 2011c.).



KUVIO 27. Supistus 225/90.

## 6.2 Loiskekouruputkiston asennus

Loiskekouruputkistot kuljettavat vettä joka tulee yli altaan reunan loiskekouruun ja etenee sitä kautta tasausaltaaseen. Putkistoissa ei ole lainkaan pumppuja jotka pumppaisivat vettä eteenpäin vaan vesi etenee omalla painollaan. Tästä syystä on tärkeää, että putkelle saadaan kallistusta eli se ei ole täysin suorassa linjassa jotta vesi pääsee liikkumaan. Putken kallistus tehdään siten, että kallistus on aina tasausaltaalle päin jonne veden on tarkoitus edetä. Sopiva kallistus alaspäin on 1cm/1m. Varsinaisista loiskekouruista jotka sijaitsevat altaan reunalla lähtee putkia (halkaisija 75/90mm) betonin läpi alakertaan jossa ne liitetään isompaan putkistoon (ks. KUVIO 28.), jossa kyseisen altaan tai useampien altainen kaikki ylivuotovesi virtaa. Myös näissä alastulo putkissa on aina oltava kallistusta alaspäin, jotta vesi saadaan liikkumaan isompaan putkeen (Lammela 2011c.).

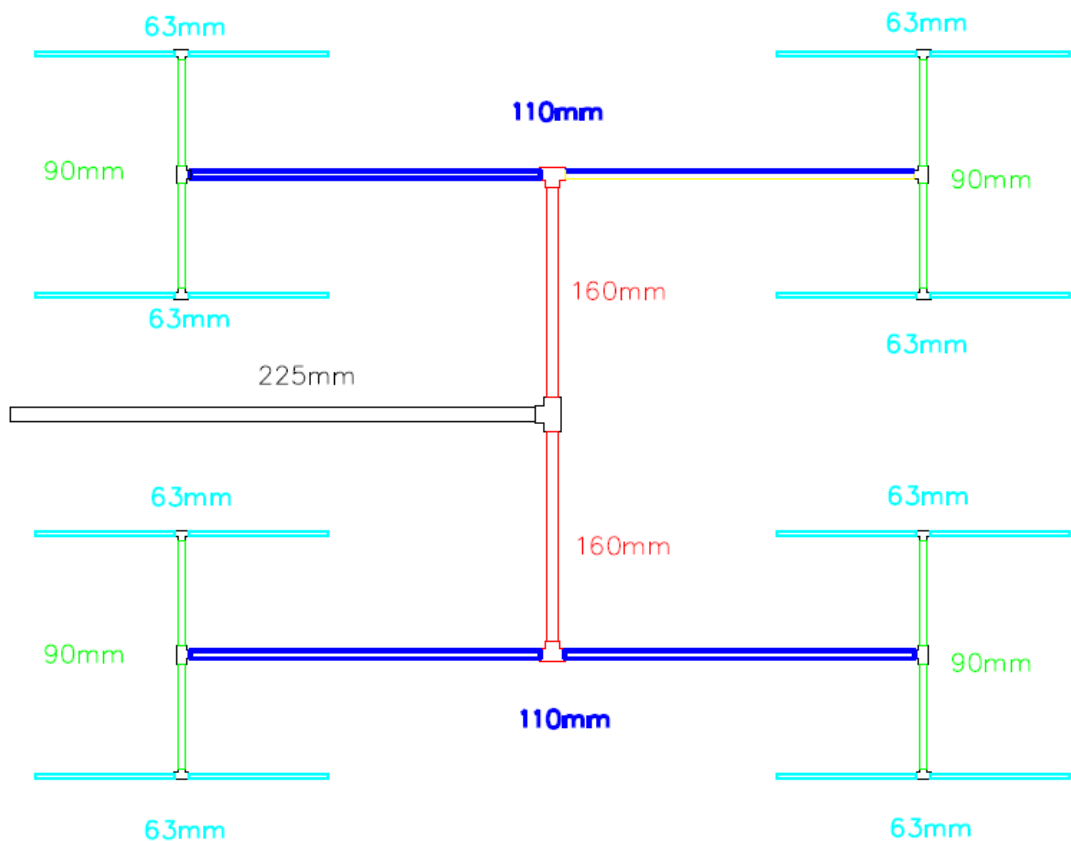


KUVIO 28. Kilpa - altaan loiskekouruputkistoa.

### 6.3 Altaiden syöttöputkien asennus

Altaiden syöttöputket ovat putkia joiden kautta pumpataan uutta vettä altaaseen. Toisin kuin loiskekourujenputkissa näiden on oltava mahdollisimman suorassa linjassa altaan alla. Nämä putket ovat siis paineellisia ja niissä vettä liikuttaa putkiston alkupäässä oleva pumppu. Syötöt jaetaan yleensä ryhmiin ja ryhmien lukumäärä riippuu altaan koosta. Esimerkiksi 50m kilpa-altaaseen tulee yleensä 4 ryhmää kun pienemmissä altaissa saattaa olla vain yksi. Yksi ryhmä sisältää 16 tuloputkea jotka ovat viimeiset betonin läpi altaaseen menevät putket joiden päässä on tulosuuttimet altaan pohjassa. Nämä viimeiset putket ovat yleensä halkaisijaltaan 63mm.

Syöttöputkien koko pienenee pumpulta tulosuuttimelle päin ja aina pienetessään haarautuu kahteen suuntaan. Putkisto alkaa yleensä putkikoolla 225mm ja lähtee siitä pienenevään aina 63mm putkeen saakka (ks. KUVIO 29.).



KUVIO 29. Altaan syöttöputkiryhmä.

Aina on muistettava, että haarautumisen jälkeen lähtevien vastakkaisten putkien on oltava aina samanlaisia. Tämä siksi jotta voidaan varmistua vierekkäisten tulosuutinten samanlaisesta syöttöpaineesta. Tällöin altaaseen virtaa aina vierekkäisistä suuttimesta samalla paineella vettä (Lammela 2011c.).



KUVIO 30. Altaan syöttöputkistoa altaan alla.

## 7 POHDINTA

IPP Muovitekniikka Oy on yksi harvoista muovialan yrityksistä suomessa sitä kautta onnistunut hankkimaan korkean tieto- ja taitotason erilaisista muovi töistä niin teollisuudelle kuin uimahalli puolelle. Yrityksellä on ollut pitkään ilman minkäänlaista työohjeistusta johon olisi kirjattu alan perusteita. Myös ongelmana on ollut vanhojen työntekijöiden työmenetelmät jotka ovat vuosien saatossa siirtyneet perusteista sovellettavalle tasolle jolloin on löydetty omia kiertoteitä tehdä työtä. Nämä



sovellukset eivät aina ole välttämättä olleet kaikkien säännösten ja ohjeistuksien mukaisia.

Työn alkuperäisenä lähtökohtana oli luoda ajantasainen työohjeistus tuotannon työntekijöille ja asentajille. Ohjeistuksen piti sisältää perustietoa muovien työstöstä sekä yleisesti muovien käsittelystä. Ohjeiden tarkoituksena oli helpottaa uusien työntekijöiden perehdyttämistä ja vanhojen työntekijöiden tietojen ja taitojen päivittämistä. Erityinen ongelma joka koko alaa on vaivannut liittyy liialliseen soveltamiseen. Soveltaminen on tullut ongelmaksi lähinnä pitkään alalla olleilla joiden työskentelytavat eivät vastaa nykyajan vaatimuksia esimerkiksi kannakoinnin osalta. Monien vaatimusten muuttuessa eivät ne välttämättä ole kovinkaan helppoja sisäistää varsinkin niiden osalta jotka ovat olleet alalla jo vuosia. On kuitenkin pyritty painottamaan perusasioita joiden unohtaminen voi aiheuttaa yritykselle varsin suuria kustannuksia takuu korjauksina. Myös vakio – osien ohjeistus oli varsin onnistunut sillä niiden ohjeistukset eivät muutu mihinkään materiaalien ja työskentelytapojen osalta ja niitä voidaan pitää vakiona.

Kun aiheeseen perehtyminen alkoi vei varsin paljon aikaa kerätä havaintoja niin tuotannon työntekijöiden, että asentajien työskentelytavoista. Opinnäytetyön laatijan kokemus alalta oli alussa varsin olematonta. Tästä syystä säännösten ja valmistajien ohjeiden mukaisten työtapojen erottaminen sovelletuista oli alkuun varsin hankalaa. Koska alkuun oli myös itse opetettava oikeat menetelmät pystyin kartoittamaan sen millainen tarve ohjeistukselle olisi ja mihinkä osioihin sen pitäisi keskittyä.

Tutkimusaineistona käytin varsin paljon haastattelutietoa alan ammattilaiselta jolla on parin vuosikymmenen kokemus alalta sekä tietysti alan kirjallisuutta sekä annettuja ohjeistuksia. Näitä piti kyetä tulkitsemaan aina vastaan tulevan työn mukaan sillä jokainen työ on tällä alalla erilainen. Varsinaisten faktojen löytäminen ei kuitenkaan ole tällä alalla kovin helppoa sillä ala on Suomessa varsin harvinainen ja näin ollen myös koulutus vähäistä.

Ohjeistusta päästiin käyttämään kolmen uuden työntekijän kohdalla kun heitä koulutettiin omiin tehtäviinsä ja ainakin näissä kolmessa tapauksessa olivat tulokset

varsin lupaavia. Tähän asti kokemukset ovat siis olleet varsin myönteisiä ja myös johto on ollut tyytyväinen ohjeistukseen ja on ollut mahdollista vastata asiakkaille, että yrityksestä löytyy työohjeistus osana syksyllä käyttöön otettua laatujärjestelmää.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että ohjeistus on ollut tarpeellinen niin käytännössä, imagon kannalta kuin taloudellisessakin mielessä. Taloudellinen hyöty saadaan siitä, että ei tarvita niin paljon toista vanhempaa työntekijää viereen neuvomaan vaikka sekin on välillä tarpeen. Näin ollen työn jo osaavat voivat paremmin keskittyä itse tuottavaan työhön jolloin myös saadaan tuottoa yrityksen suuntaan. Suurimpina hyötyinä ohjeistuksesta voidaan siis pitää taloudellisia hyötyjä niin työajan säästämässä sekä mahdollisten virheasennusten jälkiseurauksissa.

Opinnäytetyön aihe oli itselle ainakin varsin mielekäs. Työn tekeminen oli myös erittäin mielenkiintoista ja välillä erittäinkin haastavaa. Haastavuus koostui kuitenkin varsin paljon siitä, että ala oli itselle alkuun täysin tuntematon ja pelkästään alan opettelu oli varsin suuri haaste. Myöskin materiaalin hankinta faktojen selvittämiseksi oli välillä varsin vaikeaa suppean tarjonnan vuoksi. Työn tekeminen antoi kuitenkin minulle varsin paljon tulevaisuutta ajatellen nimenomaan tälle alalle sillä osaavista tekijöistä on huutava pula. Hyöty on kuitenkin koettu molemminpuoliseksi eli siitä olen hyötynyt minä sekä yritys ja se on ollut työn tarkoituskin.

## LÄHTEET

Ditzler Vulkan AG. 2010. Esite.

Hilti Suomi Oy. 2011. HIT – HY 150 MAX injektiomassan käyttöohje. Viitattu 6.5.2011.

IPP Muovitekniikka Oy. 2011. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 3.4.2011.  
[www.industrialpp.fi](http://www.industrialpp.fi)

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. 1.p. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Korkiamäki, V. Asennuspäällikkö. CTK Tekniikka Oy. Haastattelu. 29.4.2011.

Lammela, J. Varatoimitusjohtaja. IPP Muovitekniikka Oy. Haastattelu. 8.4.2011a.

Lammela, J. Varatoimitusjohtaja. IPP Muovitekniikka Oy. Haastattelu. 15.4.2011b.

Lammela, J. Varatoimitusjohtaja. IPP Muovitekniikka Oy. Haastattelu. 22.4.2011c.

Muoviteollisuus ry. 2010. PE – putkien puskuhitsaus, Putkijaoston julkaisu no 39.

SFS – EN 1452 – 2. Muoviputkijärjestelmät paineellisen veden johtamiseen.  
Pehmittämätön polyvinyylidikloridi (PVC – U). Osa – 2: Putket. 1999. 1.p. Helsinki:  
Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS 5399. 1993. Putkiston kannatus. LM-putket. Suositeltavat putkivälit. 2.p.  
Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS 5899. 2003. Muoviputket. Lujitemuoviputkien ja lujitemuovilla vahvistettujen  
kestomuoviputkien liitosten asennusohje ja asentajan pätevyysvaatimukset. 1.p.  
Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

Uponor Suomi Oy. 2011. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 2.5.2011. [www.uponor.fi](http://www.uponor.fi).



Vink Finland Oy. 2011. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 15.4.2011. [www.vink.fi](http://www.vink.fi).

# LIIKTEET

Liite 1. SFS 5399 taulukko 1. Putkivälit mitat mm.

Putki Pipe	DN	15		20		25		32		40		50		65		80		100		125		150		200		250		300		400		500		600		700	
		P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2	P1	E1	P2	E2
700	P1	515	555	515	555	520	560	520	570	525	575	530	580	535	585	545	595	555	600	570	620	600	660	630	710	675	735	715	795	780	880	850	950	915	1015	980	1080
	E1	615	615	615	620	620	625	625	625	630	630	630	635	640	645	645	655	655	670	670	700	720	730	730	775	775	815	815	880	880	950	950	1015	1015	1080	1080	
600	P1	480	500	485	505	485	505	470	520	475	525	480	530	490	540	495	545	510	555	520	570	550	610	590	620	630	710	670	750	735	785	800	900	865	965		
	E1	580	560	565	565	565	570	570	580	575	585	580	590	595	595	600	610	610	620	620	650	670	690	690	730	730	770	770	835	835	900	900	965	965			
500	P1	440	450	445	455	420	480	435	485	440	490	445	495	455	505	465	515	475	525	490	540	505	565	540	600	580	660	620	700	700	800	750	850				
	E1	510	515	515	520	520	525	535	535	540	540	545	545	555	555	565	565	575	575	590	590	605	605	640	640	680	680	720	720	800	800	850	850				
400	P1	345	365	350	390	360	400	370	420	380	430	390	440	400	450	410	460	420	470	430	480	450	510	480	540	520	600	560	640	640	740						
	E1	445	460	450	465	460	470	470	480	480	485	490	490	500	500	510	510	520	520	530	530	550	550	580	580	620	620	660	660	740	740						
300	P1	295	335	300	340	310	350	320	370	330	380	345	395	355	404	365	415	380	430	400	450	420	480	450	510	480	570	530	610								
	E1	375	390	390	395	390	400	400	410	410	415	425	425	435	435	445	445	460	460	480	480	500	500	530	530	570	570	610	610								
250	P1	270	310	275	315	285	325	300	350	310	360	320	370	335	385	345	395	360	410	380	430	400	460	430	490	470	550										
	E1	350	365	365	370	365	375	380	385	390	390	400	400	415	415	425	425	440	440	460	460	480	480	510	510	550	550										
200	P1	255	295	260	300	270	310	280	330	290	340	300	350	315	365	330	380	345	395	365	415	385	445	410	470												
	E1	315	320	320	325	330	330	340	340	350	360	360	375	375	380	390	405	405	425	425	445	445	470	470													
150	P1	230	270	235	275	240	280	250	300	260	310	270	320	280	330	290	340	305	355	320	370	340	400														
	E1	290	295	295	300	300	305	310	315	320	320	330	330	340	340	350	350	365	365	380	380	400	400														
125	P1	220	260	225	265	230	270	240	290	250	300	260	310	270	320	285	335	300	350	315	365																
	E1	270	270	275	275	280	280	290	290	300	300	310	310	320	320	335	335	350	350	365	365																
100	P1	205	245	210	250	220	260	230	280	240	290	250	300	260	310	270	320	280	330	290	340	300	350	310	360	320	370										
	E1	255	260	260	265	270	270	280	280	290	290	300	300	310	310	320	320	330	330																		
80	P1	195	235	200	240	205	245	215	265	225	275	235	285	245	295	255	305																				
	E1	245	250	250	255	255	260	265	270	275	275	285	285	295	295	305	305																				
65	P1	190	230	195	235	200	240	210	260	220	270	230	280	240	290																						
	E1	240	240	245	245	250	250	260	260	270	270	280	280	290	290																						
50	P1	180	220	185	225	190	230	200	250	210	260	220	270																								
	E1	230	235	235	240	240	245	250	255	260	270	270																									
40	P1	175	215	180	220	185	225	195	245	205	255																										
	E1	225	230	230	235	235	240	245	250	255	255																										
32	P1	170	210	175	215	185	225	195	245																												
	E1	220	220	225	225	235	235	245	250																												
25	P1	165	205	170	210	180	220																														
	E1	205	215	210	220	220	225																														
20	P1	160	205	170	210																																
	E1	205	210	210	215																																
15	P1	165	205																																		
	E1	205	205																																		

P1/P2 Eristämättömien putkien putkiväli.  
E1/E2 Eristettyjen putkien putkiväli.

P1/P2 is the centre distance of uninsulated pipes.  
E1/E2 is the centre distance of insulated pipes.

