

Hitsausapulaitteen suunnittelu  
Lappset Group Oy:lle

Lauri Lakso

Tekniikan ja liikenteen alan opinnäytetyö  
Kone ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Lauri Lakso	<b>Vuosi</b>	2015
<b>Ohjaaja</b>	TkL Lauri Kantola TkL Timo Kauppi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lappset Group Oy		
<b>Työn nimi</b>	Hitsausapulaitteen suunnittelu		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	49 + 4		

---

Työssä selvitettiin Lappset Group Oy:n valmistamien jalkapallomaalien laatu-  
poikkeamat, jotka syntyvät valmistuksen aikana manuaalisessa hitsauksessa.  
Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella apulaite, jolla saadaan hitsausmuo-  
donmuutokset hallintaan hitsattavassa putkiliitoksessa. Työn toimeksiantaja oli  
Lappset Group Oy.

Opinnäytetyön päätavoite oli suunnitella ja valmistaa prototasolla apulaite, jolla  
hitsausmuodonmuutokset saataisiin hallintaan kustannustehokkaasti. Lisäksi  
selvitettiin, voiko muodonmuutoksia vähentää esimerkiksi muuttamalla hitsaus-  
parametreja ja onko tuotteen valmistukselle olemassa hitsausohjeita.

Apulaitteen suunnittelun lähtökohtana oli, että se olisi mahdollisimman yksinker-  
tainen ja helppokäyttöinen. Myös laitteen valmistukseen kiinnitettiin huomiota  
sitä suunniteltaessa. Apulaitteesta haluttiin pienikokoinen, jotta sitä voi käyttää  
yksin hitsausprosessin aikana.

Apulaitteen suunnittelu toteutettiin Autodesk Inventor Professional 2014 3D-  
suunnitteluohjelmalla. Ohjelmalla tehtiin 3D-kuvat ja työpiirustukset, joiden poh-  
jalta apulaitteen prototyyppi valmistettiin.

Kaikki opinnäytetyön tulokset luovutetaan Lappset Group Oy:n käyttöön.

Industry and  
Natural Resources  
Mechanical and Production Engineering

---

<b>Author</b>	Lauri Lakso	<b>Year</b>	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Lauri Kantola, Lic.Sc (tech) Timo Kauppi, Lic.Sc (tech)		
<b>Commissioned by</b>	Lappset Group Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Design accessory equipment		
<b>Number of pages</b>	49 + 4		

---

This thesis studies the quality deviations of football goals produced by Lappset Group Oy. The deviations are occurring in a welding process during the production. The purpose of the research was to identify how to control quality deviations of a manual welding process in a production phase. The aim of the study was to design an auxiliary equipment prototype which facilitates the control of welding quality transformations in a tube joint. The need for the research was initiated by the playground equipment manufacturer Lappset Group Oy. Football goal is a product in Lappset Group Oy's product range. The joints in the football goal are welded manually. The welding transformations which were occurring during the welding process were a concern for Lappset Group Oy.

The main objective of the thesis was to design and manufacture an auxiliary equipment which facilitates control of the welding transformations in a cost efficient manner. Additionally, it was studied if welding transformations can be minimized by changing the welding parameters or by defining welding instructions.

The main design targets for the auxiliary equipment were simplicity and ease of use. Manufacturability of the equipment was part of the design targets. Additionally, the auxiliary equipment had to be small enough to allow a single person to use it alone during the welding process.

Design of the auxiliary equipment was performed with Autodesk Inventor Professional 2013 3D program. The program was used to design the blueprints and manufacturing instructions

All of the research materials will be delivered to Lappset Group Oy.

**Key words** Welding, design, combination.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	LAPPSET GROUP OY .....	9
3	VALMISTETTAVA TUOTE .....	12
3.1	Tuotteen esittely .....	12
3.2	Valmistus .....	14
3.3	Yleistä Mig/Mag-hitsauksesta .....	16
3.4	Hitsausmuodonmuutokset .....	19
4	TUOTEKEHITYS .....	25
4.1	Tuotekehitys ja tavoitteet .....	25
4.2	Tuotekehityksen käynnistäminen .....	25
5	3D-TUOTESUUNNITTELU .....	27
5.1	3D-suunnittelun ominaisuudet ja hyödyt .....	27
5.2	Autodesk Inventor 3D .....	30
5.3	Pikamallit ja prototyypit .....	31
6	APULAITTEEN SUUNNITTELUN TAUSTATYÖ .....	33
6.1	Haasteet ja työn rajaus .....	33
6.2	Apulaitteen määrittely .....	34
6.2.1	Materiaalin kartoitus ja käytettävyys .....	35
6.2.2	Työturvallisuus .....	35
7	SUUNNITTELU .....	36
7.1	Luonnostelu .....	36
7.2	Loppuun vietävän tuotteen valinta .....	38
7.3	Suunnittelun eteneminen .....	38
8	PROTOTYYPIN VALMISTUS .....	41
8.1	Prototyypin suunnittelu .....	41
8.2	3D-tulosteiden valmistus .....	42
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	45
	LÄHTEET .....	47
	LIITTEET .....	48

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen alan Lauri Kantolaa ja Timo Kauppia ohjaamisesta ja avusta työn valmiiksi saattamisessa. Lisäksi haluan kiittää työn toimeksiantajaa Lappset Group Oy:n Tuotekehityspäällikkö Matti Postia sekä Markkinointipäällikkö Marko Alamartimoa.

Lopuksi haluan antaa kiitokset perheelleni ja kaikille ystäväilleni tuesta ja kannuksesta opinnäytetyön tekemisen aikana.

Rovaniemellä 2015

*Lauri Lakso*

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

MIG	Metal Inert Gas welding. Lankahitsausta inertillä kaasulla.
MAG	Metal Active Gas welding. Lankahitsausta aktiivisella kaasulla.
Autodesk Inventor 3D	Tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma.
3D	Three Dimension. Kolmiulotteinen.
HAZ	Heat Affected Zone. Muutosvyöhyke.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
RP	Rapid prototyping. Pikavalmistus.
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes. Kansainvälinen metsäsertifiointijärjestelmä.

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Lappset Group Oy:n toimeksiantona. Työn toimeksianto saatiin projektipäällikkö Matti Postin kanssa käydyssä palaverissa 26.2.2015. Opinnäytetyön päätehtävänä on tuottaa Lappset Group Oy:lle hitsauksessa käytettävä apulaite, jolla voidaan ehkäistä tuotteiden valmistuksessa esiintyviä hitsausmuodonmuutoksia.

Lappset Group Oy:n tuotevalikoima koostuu kolmesta tuoteryhmästä, Play, Sport ja Park. Yksi tuotteista on jalkapallomaali, joka kuuluu Sport tuoteryhmään. Maalien runkojen valmistus tapahtuu manuaalisesti hitsaamalla useista eri teräskomponenteista. Maalirunkojen valmistuksessa on huomattu, että runkojen osissa tapahtuu valmistuksen yhteydessä hitsausmuodonmuutoksia, joiden vuoksi valmistettavia osia menee hylkyyn. Tästä johtuen on ilmennyt tarvetta perehtyä tarkemmin runkojen valmistukseen ja selvittää osien hitsauksessa tapahtuvia muodonmuutoksia ja niiden syitä. Lisäksi on tarvetta apulaitteelle, jolla pystyttäisiin varmistamaan liitosten tasalaatuisuus ja näin ollen minimoimaan hylättyjen osien määrä sekä varmistamaan asiakastyytyväisyys.

Käytyjen keskustelujen perusteella opinnäytetyön hitsausta ja hitsausmuodonmuutoksia käsittelevä osuus rajattiin koskemaan ainoastaan jalkapallomaalien valmistuksessa esiintyviä ongelmia. Apulaitteen suunnittelun lähtökohtana oli sen mahdollinen käyttö muidenkin tuotteiden valmistuksessa. Apulaitteen suunnittelun osalta tavoitteena oli, että se ehkäisee valmistusprosessissa syntyviä osien muotovirheitä, eikä erilliselle jälkikäsittelylle ole tarvetta. Apulaitteen tulisi myös olla yksinkertainen, helppokäyttöinen, kustannustehokas, turvallinen ja sen valmistettavuuden tulisi olla hyvä. Apulaitteen suunnittelusta haastavan tekee se, että sen rakenteen tulee olla mahdollisimman yksinkertainen, valmistettavuuden hyvä ja sen tulee olla toimintavarma ja kestävä.

Apulaitteen suunnittelun ohella tässä opinnäytetyössä käsitellään muun muassa MIG/MAG- hitsausta, hitsausmuodonmuutoksia, tuotekehitystä ja pikamallinnus-

tekniikoita. Työn lopputuloksena esitellään apulaitteen periaate ja siitä tehty prototyyppi. Työn lähdemateriaalina käytetään palaverimuistioita, haastatteluja sekä kirja- ja verkkolähteitä. Työn yksityiskohtaiset tulokset, kuten valmistuspiirustukset ja 3D-mallit, luovutetaan Lappset Group Oy:n käyttöön.



## 2 LAPPSET GROUP OY

Lappset Group Oy on Euroopan johtaviin yrityksiin kuuluva leikki- ja liikunta-paikkavälineiden sekä teemoitettujen aktiviteettipuistojen valmistaja. Kotimaassa Lappset on selkeä markkinajohtaja. Lappset-tuotteita viedään yli 50 maahan, Eurooppaan ja Aasiaan. Laajaan tuotevalikoimaan kuuluu innovatiivisia interaktiivisia leikki- ja liikuntaympäristöjä lapsille, nuorille, aikuisille sekä senioreille suunniteltuja ulkoliikuntapaikkavälineitä, piha-, puisto- ja kadunkalusteita. Lappset-tuotteet ovat vuosien saatossa voittaneet erilaisia design- ja innovaatiopalkintoja, joista viimeisin on vuonna 2015 Lappsetin nuorille suunnattu Fono DJ-konsepti palkinto, arvostettu Red Dot Design Award -tunnus. Lappset-konsernissa on noin 350 työntekijää seitsemässä eri maassa ja konsernin pääkonttori sijaitsee Rovaniemellä. Suomessa työntekijöitä on keskimäärin reilut 200. Vuonna 2013 konsernin liikevaihto oli noin. 53 miljoonaa euroa.

(Lappset Group Oy 2015.)

Lappset Group Oy:n historia alkaa vuodesta 1970, mikä tarkoittaa, että yritys viettää tänä vuonna (2015) 45-vuotispäiviään. Leikkisän ja uteliaan yrityskulttuurin juuret ulottuvat 1960-luvulle, jolloin Lappsetin perustaja Antero Ikäheimo kasvatti omia lapsiaan. Tutustuessaan samalla leikkivälineiden maailmaan hän koki, että lapsille pitäisi tarjota jotain parempaa -leikkivälineitä, jotka herättäisivät halun kiivetä, roikkua, tasapainoilla ja tutkia. Ikäheimo näki myös jo silloin, että ihmisten hyvinvointi vaatii kolmen sukupolven kohtaamispaikkoja, alueita, joissa kaikenikäiset ja kaikenlaiset leikkijät voisivat ja haluaisivat viihtyä.

(Alamartimo 2015; Lappset 2015.)

Koko pitkän historiansa aikana Lappset on panostanut ympäristöasioihin ja logistiikkaan. Tehtaan sijainti Rovaniemellä tarkoittaa tuotteille usein pitkiä toimitusmatkoja, jonka vuoksi tuotteet on suunniteltu modulaarisiksi rakenteiksi. Modulaarinen rakenne on tarkoittanut tuotantotehokkuutta ja etuja logistiikassa. Muun muassa tuotteiden helppo pakattavuus pieneen tilaan on alentanut rahtikustannuksia. Lappset Group Oy:ssä käytettiin jo 90-luvulla ekoindeksi-arvoa, joka laskettiin tuotteisiin tarvittavien komponenttien, niiden valmistamiseen kulu-

tetun energian, raaka-aineiden ja kuljetuksen suhteesta. Nykyisin lähes kaikille tuttu CO<sub>2</sub>-päästölaskentaan rinnastettava malli on ollut yrityksessä käytössä siis pitkään. Osana ympäristöasioiden huomiointia Lappset Group Oy on aina pitänyt tiukasti kiinni tuotteille asetetuista elinkaarivaatimuksista. Oman tuotesuunnittelun perusvaatimuksena on monien muiden vaatimusten ohella ollut aina vähintään 15 vuoden käyttöikä. Lappset myös siirtyi alan ensimmäisenä yrityksenä tietokoneavusteiseen suunnitteluun jo 1980-luvulla.

(Alamartimo 2015; Lappset 2015.)

Lappset Group Oy on laajalti tunnettu puisten tuotteiden valmistajana. Lähes kaikki tämänhetkiset omat tuotteet valmistetaan kokonaan tai osin puusta. Rovaniemen tehdas valmistaa kaikki puukomponentit PEFC -sertifioidusta puutavarasta. Raaka-aine saadaan tehtaalle läheltä: pohjoissuomalainen mänty on erinomainen materiaali ulkokalusteisiin sen lujuuden ansiosta verrattuna esimerkiksi etelässä kasvaneeseen mäntyyn verrattuna. Tehtaan oman liimapuu-tuotannon ansiosta raaka-ainetyyppejä tarvitaan pääosin vain kaksi, raakasahattu 50 x 100 mm:n ja 50 x 150 mm:n mäntylankku. Puutavaran kokonaiskulutus Rovaniemen tehtaalla on hieman vajaat 10 000 m<sup>3</sup> vuodessa.

(Alamartimo 2015; Lappset 2015.)

Vuonna 2012 Lappset Group Oy on perustanut oman metallikomponenttien valmistamiseen keskittyvän tehtaan Tallinnaan. Oman tehtaan tavoitteena on ollut parantaa kokonaisuudessa tuotteiden laatua, komponenttien räätälöitävyyttä ja laajentaa tuotevalikoimaa. Tehdas on moderni tehdas nykyaikaisine laser-koneineen ja putkentaivutuslaitteineen, mutta suurin ero monin tehtaisiin verrattuna on maalauslinja. Maalauslinja on yksi Euroopan edistyksellisin linja, jossa osat kiertävät yhdellä kierroksella läpi hiekkapuhalluksen, pesulinjaston, pohjamaalauspuheen, kuivausuunin ja vielä loppuviimeistelynä pintamaalauspuheen sekä kuivausuunin. Tämän katkeamattoman prosessin ansiosta maalin kiinnipysyvyys metallin pinnalla on erinomainen. Lappset Group Oy on kehittänyt oman LappCoat-pintakäsittelymenetelmän, joka tarkoittaa pohjustusprosessia, sinkkipohjamaalin ja pintamaalikerroksen erittäin paksua kokonaisvahvuutta. Oma toimialaan kehitetty tuotantoprosessi mahdollistaa metallikomponenteille

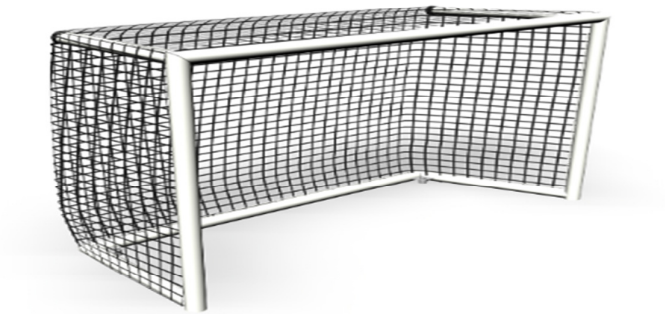
20 vuoden takuun ja metalliosien pintakäsittelylle 10 vuoden takuun, joka on yksi toimialan pisimpiä. (Alamartimo 2015; Lappset 2015.)

Antero Ikäheimon idea kehittää leikkipaikkavälineiden ja leikkipaikkojen suunnittelutapaa kokonaisvaltaisesti ja ottaen ympäristö huomioon on osoittautunut oikeaksi: Lappset on kehittynyt ja kasvanut nopeasti. Susiturkkiin pukeutuneen yhden miehen yrityksestä on kasvanut kansainvälinen konserni, jolla on tytäryhtiö seitsemässä maassa. Konsernin liikevaihdosta yli 70% tulee kotimaan ulkopuolelta. (Alamartimo 2015; Lappset 2015.)

### 3 VALMISTETTAVA TUOTE

#### 3.1 Tuotteen esittely

Kuvassa 1 esitetty maali kuuluu tuoteperheeseen SPORT ja sen kaupallinen nimi on GOAL XS. Lappset Sport -tuotteet tarjoavat ratkaisuja kuntoiluun, tavoitteelliseen urheiluun, uusien urbaanien lajien harrastamiseen ja senioriliikuntaan ulkona. Kuvassa esitetty maali on kokoa XS ja sen tuotekoodi on 080950.



Kuva 1. Maali Nro: 080950/XS (Lappset Group Oy 2015.)

Maalia on saatavana kolmea eri kokoa, GOAL M, GOAL S sekä GOAL XS. Maalien rungoissa on sama valmistustapa. Runkojen koko vaihtelee alla esitettyjen mittojen mukaan, myös verkot ovat samat, mutta niiden koko vaihtelee rungon mittojen myötä.

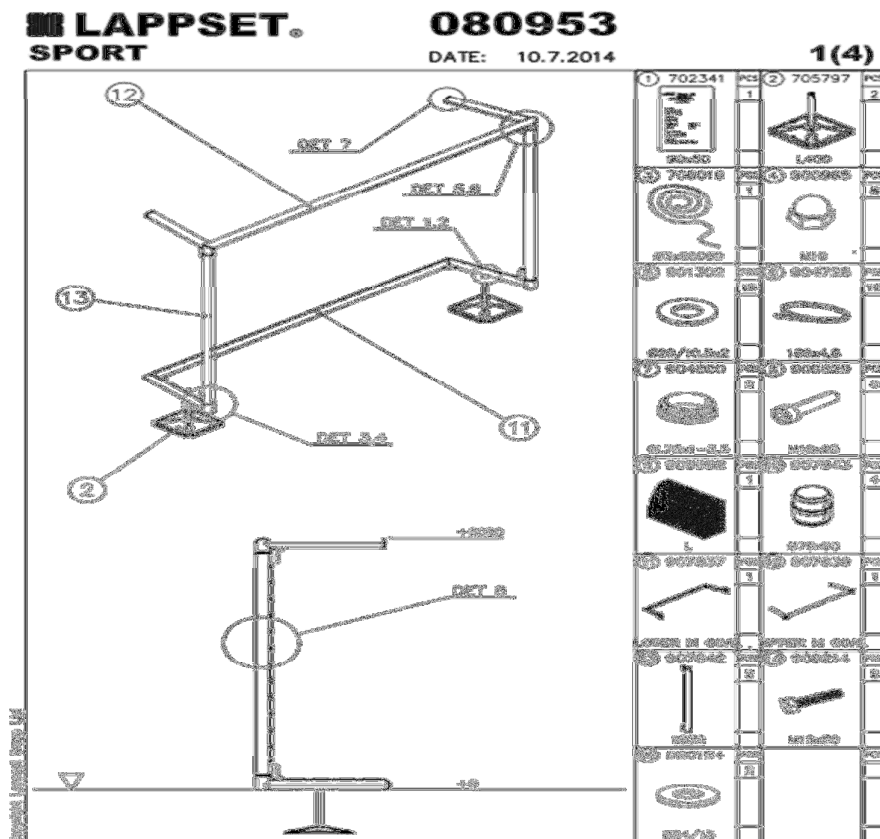
Tekniset tiedot (Leveys x Pituus x Korkeus)

Goal M 2550 mm x 1680 mm x 740 mm

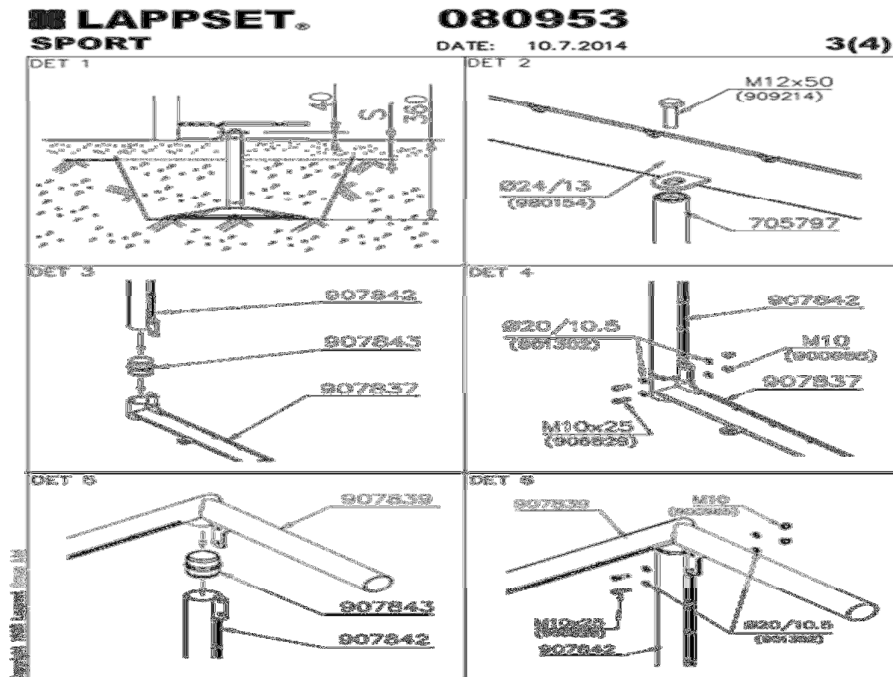
Goal S 1920 mm x 1260 mm x 720 mm

Goal XS 1520 mm x 960 mm x 720 mm

Lappset-leikkipaikkavälineet toimitetaan pääsääntöisesti osina ja elementteinä. Esimerkki asennuskuvista on esitetty kuvassa 2(1) ja 2(2). Toimitus sisältää myös lähetylistat, pystytys- ja kokoamisohjeet sekä tarkastus- ja huolto-ohjeet. Asiakkaalle tilauksen yhteydessä toimitettavissa yksityiskohtaisissa ohjeissa on selvitetty muun muassa maanpäälliset ja maanalle asennettavat perustusohjeet, verkon sitominen runkoon sekä komponenttien asennussijainti. (Lappset Group Oy 2015.)



Kuva 2(1) Asennuskuva. (Lappset Group Oy 2015.)



Kuva 2(2). Asennuskuva (Lappset Group Oy 2015.)

### 3.2 Valmistus

Lappset Group Oy valmistaa puutuotteissa käytettävät metalliosat suurimmaksi osaksi metalliosiin erikoistuneella tehtaallaan, joka sijaitsee Virossa. Lisäksi tuotevalikoimaan kuuluvat kokonaan metallista valmistetut leikki- ja liikuntavälineet. Myös edellisessä luvussa esitellyn jalkapallomaalin Goal XS metallirunko 906776 valmistetaan Virossa. Maali myös varustellaan täydelliseksi kokonaisuudeksi asiakkaalle toimitettavaksi samalla tehtaalla. Tehdas sijaitsee Sakun kunnassa noin 16 km:n päässä Tallinnasta.

Valmistuksessa käytetään runkomateriaalina teräsputkea, jossa yhdistyvät muun muassa korkea lujuus ja hyvä pinnankarheus. Metallikomponentit ovat matalahiilistä eurooppalaisten standardien mukaista rakenneterästä. Materiaalina käytetään Ruukin FORM 220H putkea. Teräsputken pintakäsittelynä on erityisesti ulkokalustekäyttöön kehitetty ainutlaatuinen Lappcoat pintakäsittely. Kiinnitystarvikkeet on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Maalien verkot ovat polyamidia, mikä esimerkiksi vähentää pallon takaisin kimpoamista. (Lappset Group Oy 2015.)

Maalien (Goal M, Goal S & Goal XS) metallirunkojen valmistus tapahtuu manuaalisesti hitsaamalla, käyttäen Mig/Mag-kaasukaarihitsausmenetelmää, tarkemmin Mag-hitsaamalla. Ongelmana valmistuksessa on metallikomponenteissa tapahtuvat muodonmuutokset, jotka syntyvät valmistuksessa käytettävässä hitsausprosessissa. Maalin rungon rakenneosat työstetään valmiiksi, jonka jälkeen ne yhdistetään hitsaamalla. (Kuvat 3 ja 4). Laitteistona hitsausprosessissa käytetään ESAB -hitsauslaitteistoa OrigoTM / ARISTOR Mig 5000i. Laitteiston tarkemmat tuotetiedot on esitetty liitteessä 1.

Lappset Group Oy on testannut valmistusmenetelmää, jossa hitsattaviin putkenosiin asennetaan hitsauksen ajaksi putkea sisältäpäin tukeva apulaite. Apulaitteen on huomattu estävän syntyviä muodonmuutoksia. Hitsausparametrien muuttamista on myös kokeiltu, mutta parametrien muuttamisella ei ole saavutettu haluttua liitosten tasalaatuisuutta, tästä on syntynyt tarve apulaitteen kehitykselle laadun varmistamiseksi.



Kuva 3. Hitsausliitos



Kuva 4. Hitsausliitos

### 3.3 Yleistä Mig/Mag-hitsauksesta

Hitsauksella tarkoitetaan osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat hitsauksen jälkeen jatkuvan yhteyden. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamispiste on suunnilleen sama kuin perusaineen sulamispiste. Useimmat hitsausprosessit käyttävät hyväksi lämpöä, jolla sulatetaan liitettävien osien railopinnat ja hitsauslisäaine. Tästä tuloksena on hitsisula, joka jäähmettyy hitsiksi ja liittää osat toisiinsa. Tavallisimpien hitsausprosessien lämmönlähde on valokaari, jolloin näitä prosesseja kutsutaan kaarihitsausprosesseiksi. Sähköenergia muutetaan elektrodina olevan sulavan lisäainelangan ja työkappaleen välissä palavan valokaaren avulla lämmöksi. (Esab 2015.)

Yleisimmät kaarihitsausprosessit ovat:

- puikkohitsaus (No 111)
- MAG-hitsaus (No 135)
- MIG-hitsaus (No 131)
- MAG-täytelankahitsaus (No 136)
- jauhekaarihitsaus (No12)
- TIG-hitsaus (No 141)
- plasmahitsaus (No 15)

Suluissa olevat numerotunnukset ovat standardin SFS-EN24063 mukaisia tunnusnumeroita hitsausprosesseille. ( Esab 2015).

Mig- ja Mag-hitsaus ovat kaarihitsausmenetelmiä, joissa hyödynnetään suoja-kaasua. Suojakaasu on joko inertti, reagoimaton kaasu (Mig) tai aktiivinen, reagoiva kaasu (Mag). Reagoimattomuus tarkoittaa, että kaasu ei reagoi hitsisulan eikä sulavan elektrodin kanssa. Tällaisia inerttejä kaasuja ovat mm. argon ja helium. Aktiivisilla kaasuilla sen sijaan voidaan vaikuttaa kaaren ja sulan väliseen prosessiin sekä hitsin ominaisuuksiin. ( Aga 2014.)

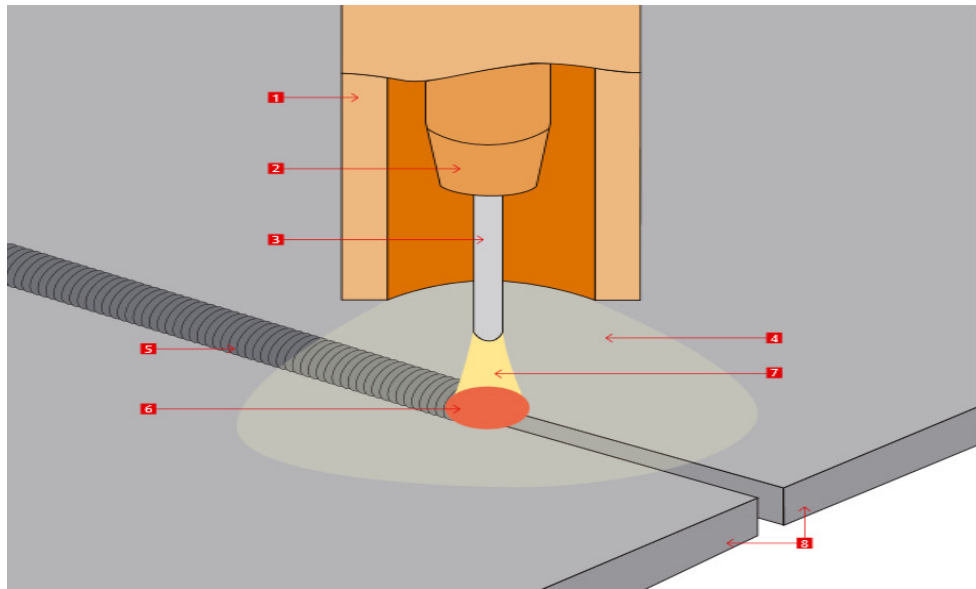


Useiden materiaalien (esimerkiksi seostamattoman teräksen) hitsauksessa tarvitaan aktiivista suojakaasua takaamaan prosessin vakaus ja luotettavuus. Aktiivisia suojakaasuja ovat esimerkiksi argonin ja hiilidioksidin sekä argonin ja hapen seokset. Mag-hitsauksen perinteisiä sovellusalueita voidaan laajentaa käyttämällä tavanomaisesta poikkeavia hitsausparametreja. Samalla kasvatetaan merkittävästi tuottavuutta. Tähän perustuu Agan kehittämä suurtehotekniikka Rapid Processing. (Aga 2014.)

Mig/Mag-hitsauksessa syntyy kaikkien hitsausprosessien tavoin hitsaajan terveydelle haitallisia savuja ja kaasuja. Siksi on tärkeää noudattaa turvallisuusohjeita. Savuilta ja kaasuilta suojautumisessa on ensisijaisesti huolehdittava hitsausalueen riittävästä ilmanvaihdosta. Suojakaasuja käyttämällä voidaan lisätä työympäristön turvallisuutta. Suojakaasut vähentävät tehokkaasti hitsauksessa muodostuvan otsonin määrää. Kaasukaarihitsauksessa käytettyjen suojakaasujen ensisijainen tehtävä on suojata sulanutta ja kuumentunutta metallia ympäröivän ilman haitallisilta vaikutuksilta ja luoda valokaaren palamiselle edulliset olosuhteet. (Aga 2014.)

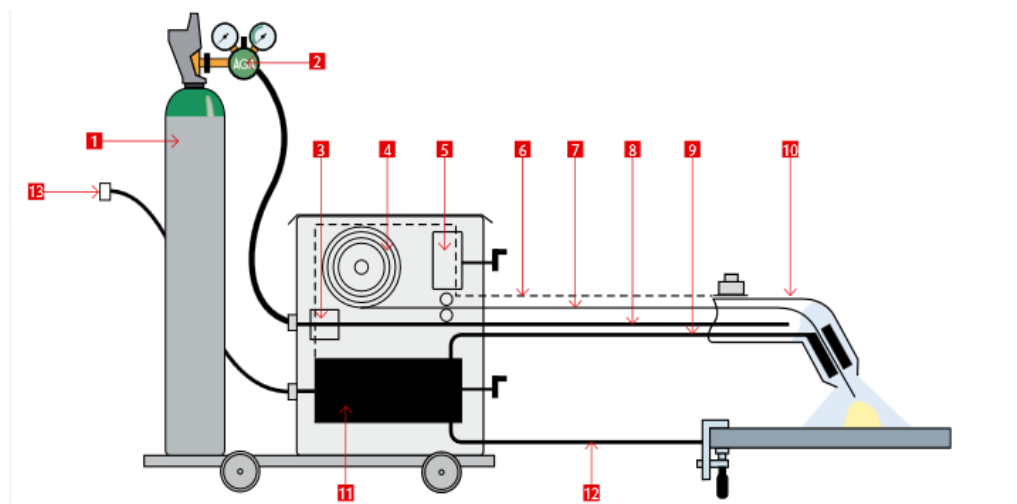
Mig/Mag-hitsauksessa lisäainelankaa syötetään hitsauspistoolin lävitse valokaareen, joka palaa lisäainelangan ja työkappaleen välillä. Suojakaasu johdetaan kaasupullosta virtaussäätimen ja magneettiventtiin avulla hitsauspistoolin kaasusuuttimeen. Hitsausvirta johdetaan virtalähteestä hitsauspistoolin ja kontaktisuuttimen avulla lisäainelankaan. Virtalähteellä muokataan verkkovirta hitsaukseen sopivaksi. Maadoituskaapeli yhdistää sähköisesti virtalähteen ja työkappaleen. Mig/Mag-hitsaustapahtuma on esitetty kuvassa 5 ja perusosat kuvassa 6 (Aga 2014.)

1. Kaasusuutin.
2. Kontaktisuutin.
3. Lisäainelanka.
4. Suojakaasu.
5. Valmis hitsi.
6. Sula.
7. Valokaari.
8. Perusmateriaali (työkappale).



Kuva 5. Hitsaustapahtuma Mig/Mag. (Aga 2014).

1. Suojakaasupullo.
2. Virtausmittari.
3. Suojakaasun magneettiventtiili.
4. Lisäainelankakela.
5. Langansyöttölaite.
6. Ohjauskaapeli.
7. Langanjohdin.
8. Suojakaasuletku.
9. Hitsausvirtakaapeli.
10. Hitsauspistooli.
11. Virtalähde.
12. Maakaapeli.

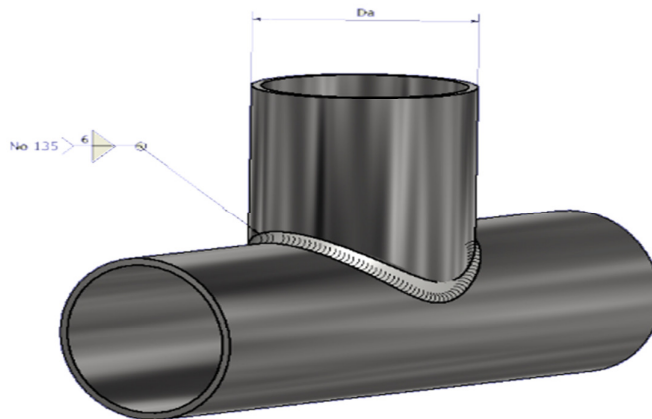


Kuva 6. Mig/Mag hitsauslaitteiston osat. (Aga 2014).

### 3.4 Hitsausmuodonmuutokset

Hitsaus on yleisin tapa liittää teräksiä toisiinsa. Se on metallurginen tapahtuma, jossa terästä sulatetaan, seostetaan, jähmetetään ja lämpökäsitellään. Hitsauksessa metallille tapahtuu shokkilämpökäsittely, josta seuraavat muun muassa hitsaustapahtuman aiheuttamat muodonmuutokset. Myös työn kohteena oleva tuote kokee valmistuksen aikana hitsausprosessista aiheutuvia muodonmuutoksia. Mitkä asiat sitten aiheuttavat muodonmuutoksia?

Kuvassa 7 on esitetty periaatekuva opinnäytetyön kohteena olevasta hitsatusta putkiliitoksesta, joissa ongelmia esiintyy (Hitsaussauma No. 135 Mag-hitsaus). Hitsaustapahtuman aikana putken  $D_a$ -mitta kokee hitsausmuodonmuutoksia. Tästä aiheutuu se, että putkeen on hankala sovittaa kuvassa 8. esitettyä liitosmuhvia. Näiden muodonmuutosten estämiseksi tullaan tässä opinnäytetyössä suunnittelemaan ja valmistamaan hitsauksessa käytettävä apulaite varmistamaan liitosten tasalaatuisuus valmistettavassa tuotteessa.



Kuva 7. Putkiliitos.



Kuva 8. Liitosmuhvi. (Lappset Group Oy 2015.)

Edellä mainittuja muodonmuutoksille alttiita liitoksia on valmistettavaa metallirunkoa kohden 8 kappaletta. Maalien metallirunkoa valmistetaan vuosittain n. 120 kappaletta. Vuositasolla liitosten määrä on siten 960 kappaletta. Lappset Oy:n projektipäällikkö Matti Postin arvion mukaan hitsauksessa syntyvistä muodonmuutoksista ja hylkyyn menevistä komponenteista aiheutuu vuosittain n. 3500€:n kustannukset. Matti Postin arvio ei huomioi välillisiä kustannuksia, jotka luultavasti kaksinkertaistavat kustannukset.

Vauriot liitoksissa lähtevät usein liikkeelle hitsatulta alueelta. Syitä siihen, että hitsausliitos useasti on rakenteen heikoin osa, on monia:

- Liittämisessä tapahtuu hitsausvirheitä.
- Liittäminen aiheuttaa hitsausjännityksiä.
- Äkilliset lämpötilamuutokset aiheuttavat hitsausmuodonmuutoksia.
- Materiaalin ominaisuudet muuttuvat.
- Hitsausseama on geometrinen epäjatkuvuuskohta.

Itse hitsaustapahtuma on erittäin nopea, se tapahtuu sekunnin murto-osissa. Hitsauksen aikana sulassa materiaalissa tapahtuu useita metallurgisia asioita:

- Metallia sulaa ja jähmettyy.
- Kuonaa syntyy.
- Tapahtuu erilaisia reaktioita.
- Ilmenee suojaakaasun ja sulan välisiä reaktioita.
- Tapahtuu faasimuutoksia.

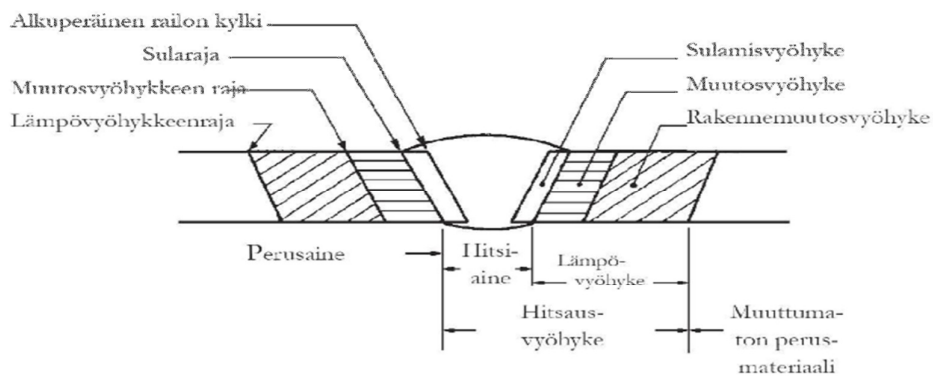
Kiinteässä tilassa olevassa perusmateriaalissa tapahtuu hitsauskohdan välittömässä läheisyydessä:

- kiinteän tilan faasimuutoksia
- sisäisten jännitysten kasvamista
- muodonmuutosten kehittymistä.

(Kantanen 2015.)

Kuumennus korkeaan lämpötilaan ja hitsauksen jälkeinen jäähtyminen tapahtuvat hyvin nopeasti. Perusaineen lämmönjohtokyky vaikuttaa hyvin paljon hitsin tuotavaan energian määrään. Lämpögradientti on erittäin raju myös hitsin läheisyydessä olevassa perusaineessa, koska myös sulamaton perusmateriaali kuumenee hyvin korkeaan lämpötilaan ja jäähtyy hitsauksen jälkeen nopeasti.

Lämpö vaikuttaa hitsausliitoksen ominaisuuksiin kuvassa 9 esitetyllä tavalla. Se aiheuttaa materiaaliin jännityksiä, joita sanotaan sisäisiksi jännityksiksi tai hitsausjännityksiksi. Jännitykset aiheuttavat muodonmuutoksia. (Kantanen 2015.)



Kuva 9. Hitsausliitoksen rakenne. (Kantanen 2015).

Hitsiaine on hitsauksen yhteydessä sulassa tilassa ollut aine. Sularaja on hitsiaineen ja sulamattoman perusaineen välillä oleva raja. Muutosvyöhyke (HAZ) on se osa perusainetta, johon hitsaus on aiheuttanut mikrorakennemuutoksia. Hitsausvyöhyke on hitsin ja muutosvyöhykkeen muodostama yhteinen vyöhyke. Sulamisvyöhyke on se osa perusainetta, joka on sulanut hitsauksen aikana. Lämpövyöhyke on se osa perusainetta, jonka lämpötila on ollut hitsauksen takia perusaineen lämpötilaa korkeampi.

Kaarihitsauksessa käytetään sähköenergiaa ja se ilmoitetaan yleensä hitsin pituusyksikköä kohti ja lasketaan kaavasta 1.

$$E = \frac{I \times U}{v} \quad (1)$$

missä

I	on	hitsausvirta (A)
U	on	kaarijännite (V)
v	on	hitsausnopeus (mm/min)

Tätä energiaa kutsutaan virallisen terminologian mukaan kaarienergiaksi tai hitsausenergiaksi (E), vaikkakin joskus myös virheellisesti lämmöntuonniksi. Sitä osaa kaarienergiasta, joka siirtyy lämpöenergiana hitsiin, kutsutaan lämmöntuonniksi (Q). Lämmöntuonnin ja kaarienergian välinen yhteys on  $Q = \eta \times E$ . Terminen hyötysuhde ( $\eta$ ) on hitsausmenetelmäkohtainen ja vaihtelee eri menetelmillä seuraavasti:

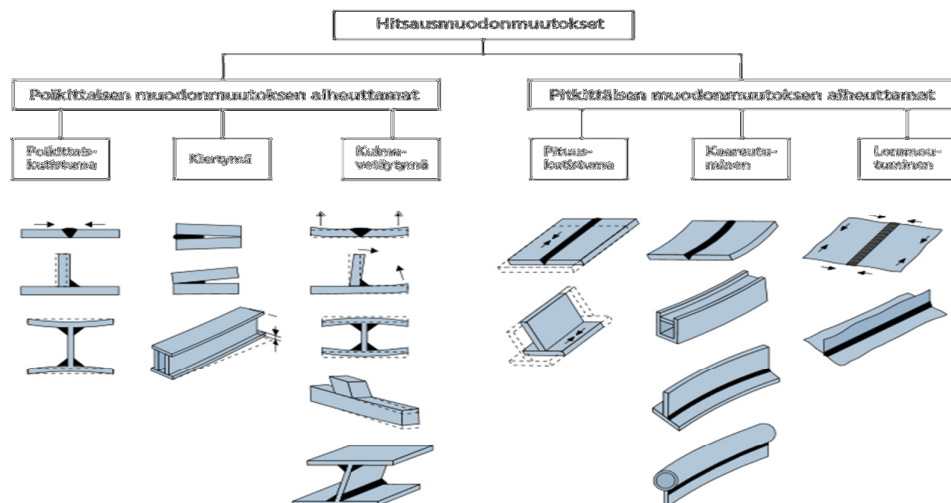
Puikko ja MIG / MAG	0,8
TIG	0,6
Jauhekaari	1

Lämmöntuonti riippuu muun muassa hitsausmenetelmästä, hitsausnopeudesta, virrasta, jännitteestä, perusaineesta, levyn paksuudesta sekä hitsausasennosta. Tyypilliset lämmöntuonnit eri menetelmillä ovat luokkaa:

Puikkohitsaus	1-4	kJ/mm
Mig/Mag-hitsaus	0,5-3	kJ/mm
TIG-hitsaus	0,5...2,5	kJ/mm
Jauhekaarhitsaus	2...6	kJ/mm

(Ovako terästen hitsaus. 2012.)

Tästä seuraa lämpötilan kehittyminen hitsauksessa. Hitsaus siis aiheuttaa hitsin ympärillä olevan materiaalin lämpökäsittelyä. Kuvassa 10 on esitetty yleisimmät hitsauksessa syntyvät muodonmuutokset. Muutosvyöhykkeen suuruuteen vaikuttavat muun muassa lämmöntuonti, materiaalin paksuus ja hitsausnopeus. Materiaalin tilavuus kasvaa hitsaukseen tuodun energian vaikutuksesta, mutta hitsauskohdan ympärillä oleva perusaine vastustaa laajenemista: tämä synnyttää jännityksiä ja muodonmuutoksia kappaleessa. (Kantanen 2015.)



Kuva 10. Hitsausmuodonmuutokset. (Lepola 2011, 356).

Koska hitsauksessa ei voi täydellisesti välttää lämmöntuonnilta, eikä muodonmuutoksia pystytä estämään 100 %: sesti, on mekaaninen muodonmuutosten estäminen otettava huomioon myös Lappset Group Oy:n tuotannossa valmistettaessa jalkapallomaalien GOAL M, GOAL S sekä GOAL XS metallirunkojen komponentteja.

Edellä on esitetty teoriaa hitsausmuodonmuutoksista, mutta miten ne syntyvät työssä tarkastelun kohteena olevaan putkiliitokseen? Hitsauksessa syntyy lämpöä, joka aiheuttaa ympäröivän materiaalin laajenemista. Jos koko työkappale laajenisi yhtäaikaisesti, niin se säilyttäisi jäähtyessään muotonsa tai muutokset jäisivät vähäisiksi. Sen sijaan jos hitsattavat työkappaleet lämpenevät vain osittain, kuten putkiliitos jossa kappaleet lämpenevät vain paikallisesti, hitsauksen välittömässä läheisyydessä osat lämpenevät enemmän ja muu ympäröivä materiaali ei lämpene eikä siten lämpölaajene. Tästä johtuu, että niin sanotut kylmät alueet estävät laajenemisen eikä lämmenneellä materiaalilla ole tilaa laajeta, joten se laajenee joko paksuus- tai hitsaussuuntaan. Tästä johtuu tyssäntyminen eli materiaali kutistuu jäähtyessään. Hitsattavaan työkappaleeseen on näin ollen syntynyt jäähtymisen jälkeisiä jäännösjännityksiä ja kappaleeseen on syntynyt muodonmuutoksia, jotka poikkeavat alkuperäisestä mitoituksesta tai muodosta.

Mekaanisella apulaitteella voi tässä tapauksessa olla todennäköiset mahdollisuudet estää muodonmuutosten syntyminen valmistettavassa tuotteessa.



## 4 TUOTEKEHITYS

### 4.1 Tuotekehitys ja tavoitteet

Onnistunut tuotekehitystoiminta on yrityksen menestymisen yksi keskeisimmistä edellytyksistä. Yrityksen on huolehdittava jatkuvasti tuotekehityksestä. Muussa tapauksessa tulee ennen pitkää aika, jolloin tuotteet ovat vanhentuneita, myynti vähenee ja viimein loppuu kokonaan. (Jokinen 2001, 9-10.)

Tuotekehityksellä ymmärretään toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, käsittäen tuoteidean etsimisen, kehitysnäkymien, markkinoiden ym. tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, varsinaisen tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, työpiirustusten tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. (Jokinen 2001, 9-10.)

Tuotekehityksessä pyritään täyttämään asetetut tavoitteet niin hyvin kuin on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja tarkoituksenmukaista. Tuotekehitystoiminnassa joudutaan tekemisiin lähes kaikkien ihmiselämän alueiden kanssa. Siinä tarvitaan luonnontiedon hyvää tuntemusta ja kykyä luovaan käytännön työhön. (Jokinen 2001, 9-10.)

### 4.2 Tuotekehityksen käynnistäminen

Jotta tuotekehitysprojekti voidaan käynnistää, on oltava tarve uudelle tuotteelle ja mielikuva sen toteuttamismahdollisuudesta eli näkemys siitä, millä tavalla ja menetelmillä tuote voitaisiin toteuttaa. Kun tarve tuotekehityshankkeelle ilmenee ja se päätetään käynnistää, määritellään hankkeen reunaehdot, tavoitteet ja laaditaan vaatimusluettelo. Mitä tarkempi vaatimusluettelo on, sitä paremmin kehitysprojektin lopputulos vastaa sitä, mitä on lähdetty hakemaan. (Jokinen 1987, 17–21; Everilä 2013.)

Tuotekehityksessä voi olla kyse täysin uuden tuotteen suunnittelemisesta tai olemassa olevan tuotteen edelleen kehittämisestä niin, että tuotteesta tulee teknisesti aikaisempaa parempi tai valmistuskustannuksiltaan halvempi. Edelleen tehtävänä voi olla tunnetun järjestelmän sovittaminen toiseen tarkoitukseen. Tällöin joudutaan yksittäisiä osia suunnittelemaan uudestaan, mutta ratkaisuperiaate säilyy entisenä eikä tavoitteena ole täysin uuden tuotteen suunnitteleminen. (Jokinen 2001, 10–11.)

Toimintasuunnitelma laaditaan tuotekehityksen muutoksien hallitsemiseksi. Koska on kyseessä asiakkaan toimeksianto, on tärkeää että asiakkaalta saadaan mahdollisimman tarkat lähtötiedot ja että niihin sitoudutaan, tuodaan esille tuotteen toivotut ominaisuudet ja esitetään uudet ideat hyvissä ajoin. Lisäksi luodaan selkeät pelisäännöt ja nimetään organisoitumisen yhteyshenkilöt.

Projektin hallinta ja aikataulutus suunnitellaan niin, että pysytään alkuperäisessä suunnitelmassa ja aikataulussa. Seuraavaksi luodaan mallikappaleet ja päätetään valmistuksesta. Mietitään, tarvitaanko alihankintana erikoistöitä. Pääsyy tuotekehityksen ongelmien syntymiseen ovat muutokset. Olisi hyvä sopia takarajat muutoksille, koska muutokset aiheuttavat aikataulun pettämisen, sekä jo tehty työ ja sitoutuminen menevät hukkaan. Ratkaisuna tähän ovat esimerkiksi huolellinen tehtävien jako, seurantalaverit yms. Täytyy olla myös riittävät lähtötiedot.

## 5 3D-TUOTESUUNNITTELU

### 5.1 3D-suunnittelun ominaisuudet ja hyödyt

Nykyiset CAD-järjestelmät ovat saavuttaneet kehitystason, jossa tuotteen yksittäisen osan mallinnukseen ja tuotekokoonpanon luomiseen on käytettävissä varsin kattavia kolmiulotteisuutta ja tarkkaa visualisointia tukevia menetelmiä. Tässä työssä käytettävän Autodesk Inventor Professional 2014 3D-suunnitteluohjelman mallinnusominaisuudet mahdollistavat tuotekokoonpanon ominaisuuksien suunnittelun ja tarkastelun osasovellusten avulla. Inventorin perustoimintoja ovat 3D-mallintaminen, malleista tuotettavat työ kuvat sekä malleista luotavat kokoonpanot. Kokoonpanoissa voidaan tutkia mekanismien toimivuutta.

Tuotteiden elinkaaret ja toimitusajat ovat lyhentyneet, minkä takia ajasta on tullut laadun lisäksi yksi keskeisimmistä kilpailutekijöistä. Yritykset joutuvat entistä enemmän kiinnittämään huomiota tuotetiedon tehokkaaseen käyttöön yrityksen sisällä ja verkostoitumisen myötä myös yritysten välillä. Kehittynyt CAD-suunnittelu omalta osaltaan edesauttaa ja tukee tuotetiedon systematisointia ja uudelleenkäyttöä sekä hajautettua tiedon saatavuutta. Nämä yhdessä nopeuttavat huomattavasti tuotteen suunnitteluun kuluva-aikaa, sekä parantavat suunnittelun laatua ja tehokkuutta. (Laakko ym. 1998, 8.)

Tuotteen suunnittelu voidaan jakaa eri vaiheisiin eri tavoin. Yksi tapa on jakaa ne neljään päävaiheeseen seuraavasti: esitutkimus, luonnostelu, kehittäminen sekä viimeistely. Tässä työssä on käytetty edellä mainittua tapaa suunnittelun viemiseksi eteenpäin.

Tuotteen 3D-CAD suunnittelu. Laakko ym. ovat esitelleet Kirjassaan neljä päävaihetta seuraavasti.

- Esitutkimus. Esitutkimukseen kuuluu olennaisesti tuoteohjelman suunnittelu ja tehtävän selvittely. Ensimmäisessä vaiheessa hankitaan tehtävään liittyvää informaatiota. Selvityksen tuloksena on vaatimuslista.
- Luonnostelu. Luonnostelussa vahvistetaan ratkaisun periaate vaikutusrakenteen pohjalta. Tulokseen päästään olennaisten ongelmien abstrahoinnin, toimintarakenteiden laatimisen sekä sopivien vaikutusperiaatteiden hakemisen ja yhdistelyn tietä.
- Kehittely. Kehittelyvaiheessa vahvistetaan ratkaisun rakennemuoto lähtien liikkeelle vaikutusrakenteesta tai periaatteellisesta ratkaisusta.
- Viimeistely. Viimeistelyssä teknistä kokoonpanorakennetta täydennetään muotoa ja yksittäisosien mitoitusta ym. valmistusteknisiä seikkoja koskevilla lopullisilla määräyksillä. Suunnitelman aineellista toteuttamista varten laaditaan sitovat piirustukset ja muut asiakirjat. Viimeistelyn tulos on ratkaisun valmistustekninen määrittäminen. (Laakko ym. 1998, 18–22.)

Lisäksi prototyypin testaus ja koestus kuuluvat usein itsenäisenä osana tuotekehitys ja suunnittelutoimintaan.

Lisäksi Laakko ym. Ovat esitelleet Kirjassaan 3D-suunnittelulla saavutettavat hyödyt seuraavasti. Hyödyt voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: suoriin hyötyihin, joille on kohtuullisen helppo laskea taloudellista arvoa ja vaikeammin arvioitaviin epäsuoriin hyötyihin, joita ovat esimerkiksi yrityksen kyky reagoida kilpailutilanteeseen tai lisääntynyt joustavuus. 3D-suunnittelussa voidaan tunnistaa ainakin seuraavia hyötyjä.

- nopeampi suunnitteluprosessi
- vähemmän suunnitteluvirheitä
- vähemmän suunnitteluvirheistä aiheutuvia viivästyksiä tuotannossa
- parempi muutosten hallinta
- kertaalleen luodun tiedon parempi hyödyntäminen
- parantunut tiedon jakaminen
- parempi visuaalisuus.

(Laakko ym. 1998, 18–22.)

3D-suunnittelu mahdollistaa myös tehokkaiden prototyyppintekniikoiden käytön. Pikavalmistustekniikat ovat eräänlainen bonus, joka tulee tilavuusmallinnuksen kylkiäisenä, mutta joita ei voida hyödyntää ilman tilavuusmallinnusta. Prototyyppien valmistusaika supistuu aikaisemman viikkojen pituisesta ajasta muutama päivään. Samalla prototyyppien laatu paranee huomattavasti. Nopeutunut prototyyppiointi mahdollistaa suunnitteluprosessin lyhentämisen sekä useampien iterointikierrosten käymisen, jolloin on mahdollista saada entistä valmiimpi tuote samassa ajassa. (Laakko ym. 1998, 31 – 33.)

Dokumentointi on välttämätöntä siirrettäessä tietoa tuotteesta sitä tarvitseville käyttäjille. Ensimmäiset 2D-CAD-järjestelmät, esimerkiksi sähköiset piirustuslaudat on valmistettu juuri helpottamaan teknisten piirustusten valmistusta. 2D-piirustus on vieläkin yleisin tiedonsiirtoformaatti ja sen generoiminen 3D-mallista on jokaisen CAD-järjestelmän perustehtävä. Piirustus, tyypillisesti tärkein tuotteen dokumenteista, voi olla tallennettuna sähköiseen muotoon, mutta yleensä se jossakin vaiheessa tuotetaan paperille. (Laakko ym. 1998, 139 – 141.)

## 5.2 Autodesk Inventor 3D

Autodesk Inventorin parametrinen mallintaminen ja assosiatiivinen piirustusten tekeminen antaa mahdollisuuden nopeisiin sekä turvallisiin muutoksiin suunnitelmissa. 3D-malliin tehty muutos päivittyy automaattisesti kaikkiin dokumentteihin, joissa kyseinen tuote esiintyy. Dokumenttienhallinnan avulla voidaan muodostaa uusille dokumenteille tarvittavat revisiot ja näin dokumentaatio on aina ajan tasalla. Autodesk Inventor mahdollistaa tuottavan teknisen suunnittelun, esimerkiksi ohutlevy-suunnittelun, johdinsarjojen ja kaapeloinnin suunnittelun, vapaamuotoisen mallinnusmuotojen luonnin, kokoonpanosuunnittelun sekä muoviosien suunnittelun. Näiden ominaisuuksien lisäksi Inventor mahdollistaa integroidun liikkeen simuloinnin sekä valmistuksen ja suunnittelun dokumentoinnin. Toimiakseen Inventor vaatii esimerkiksi Windows 7, minimissään 32 bittiä, suositus on kuitenkin 64 bittiä. Tämän vuoksi Inventor sopii hyvin käytettäväksi vaikka kannettavalla tietokoneella, joka itselläni oli käytössä suunnitella tehdessäni. Näiden ominaisuuksien vuoksi Autodesk Inventor valittiin tässä opinnäytetyössä käytettäväksi suunnitteluohjelmaksi.

### 5.3 Pikamallit ja prototyypit

Rapid prototyping (RP) pikavalmistus on käytännössä nimitys useille erilaisille tekniikoille, jotka kattavat mallien, prototyyppien ja työvälineiden valmistuksen. Niille on ominaista, että konkreettinen fyysinen kappale valmistetaan automaattisesti 3D-CAD-aineistosta, ilman lastuavaa työstöä tai käsityötä. Kuvassa 11 on esitetty esimerkki 3D-tulostimesta ja kuvassa 12 tulostamalla valmistettu pika-prototyyppi.

Yhteinen piirre kaikille RP-tekniikoille on järjestelmä, jolla kiinteään kappaleeseen päädytään heti CAD-suunnittelun jälkeen. Pikavalmistuslaitteisto tarvitsee geometriakuvaukseen ns. STL-tiedoston. STL-formaatti on 3D-systemsin kehittämä 3D-CAD mallin esitysmuoto, josta on muodostunut ”de facto -standardi. Siinä 3D-mallin pinta on jaettu kolmioihin, jotka muodostavat murtopinnan, joka on ennalta määrättävissä olevan toleranssin päässä oikeasta mallista. Sen jälkeen malli jaetaan koneessa X-Y tasoihin viipaleisiin, joiden paksuus määräytyy kulloisenkin, kerralla rakennettavan, kerrospaksuuden mukaan. Viipaleiden ääri- ja sisäpinnat jäätävät pinnat kovetetaan tai rakennetaan eri menetelmissä erilaisilla tekniikoilla. Malli rakennetaan siis 2D-viipaleista, joita pinotaan päällekkäin, kunnes haluttu muoto on saavutettu. (Laakko ym. 1998, 171 – 173.)

Prototyyppien valmistus perinteisin menetelmin on kallista ja aikaavievää. RP-menetelmillä on mahdollista valmistaa CAD-mallin mukaisia, käsin kosketeltavia malleja nopeasti ja kustannustehokkaasti. Tällä menetelmällä suunnittelun virheet voidaan havaita varhaisessa vaiheessa ja näin ollen säästää aikaa sekä rahaa. Prototyypin valmistaminen 3D-tulostamalla on suhteellisen helppoa, työstö voidaan suorittaa halutusta materiaalista ja valmistettua kappaletta voidaan käyttää suoraan testeissä. Valmistuksen ja tuotannon kannalta huono konstruktio voidaan korjata jo aikaisessa vaiheessa. (Laakko ym. 1998, 171 – 173.)



Kuva 11. Esimerkki 3D-tulostimesta. (Stratasys 2015.)



Kuva 12. Esimerkki tulostamalla valmistetusta pikaprototyypistä. (Aipworks 2014.)



## 6 APULAITTEEN SUUNNITTELUN TAUSTATYÖ

### 6.1 Haasteet ja työn rajaus

Haasteita hitsauksessa käytettävän apulaitteen suunnittelulle asetti laitteen rajallinen koko, koska käytettävän putken sisähalkaisija valmistettavassa tuotteessa on 70mm. Apulaitteen suunnittelussa tuli myös ottaa huomioon, että sitä voidaan helposti käyttää yhden henkilön voimin. Tuotteesta on olemassa jo tuotannossa oleva kokonaisuus. Siksi tuotetta ei aleta suunnittelemaan uudestaan. Myöskään materiaalimuutoksia ei voi helposti tehdä, sillä yrityksellä on käytössä voimassa oleva materiaalikirjasto. Putkiliitoksen pääperiaate tuli säilyttää mahdollisia toleranssimuutoksia tai pieniä mitoitusmuutoksia lukuun ottamatta. Apulaitteen rakenteen tuli myös olla valmistettavissa normaaleilla metallintyöstölaitteilla, koska laitteen prototyyppi valmistetaan Lappset Group Oy:n toimesta. Lappsetin Rovaniemen toimipiste ei ole varsinainen metallituotteiden valmistaja, joten käytettävissä olevan laitteiston kapasiteetti on rajallinen. Alustavasti tosin neuvoteltiin, että mahdollista valmistusapua saataisiin Lapin ammattiopiston metalliosastolta.

Alkuselytysten ja Lappset Groupin projektipäällikkö Aimo Bergmanin kanssa käytyjen neuvottelujen jälkeen tultiin siihen lopputulokseen, että suurikokoisesta hitsausjigin suunnittelusta luovutaan. Pääpaino työlle oli siten suunnitella hitsauksessa käytettävä apulaite, jolla saadaan muodonmuutokset hallintaan kustannustehokkaasti ja apulaitetta voidaan mahdollisesti soveltaa muidenkin putkiliitosten valmistuksessa Lappset Group Oy:n tuotannossa.

## 6.2 Apulaitteen määrittely

Ennen varsinaista suunnittelutyötä kävin tutustumassa Lappset Group Oy:n protopajalla (Rovaniemellä Hallitie 17) tuotteeseen, jossa ongelmia esiintyy valmistuksen aikana. Tuote oli aikaisemmin koottu prototyyppi, kuvat 13 ja 14 josta pystyi hyvin havaitsemaan ongelmakohdat ja näkemään konkreettisesti valmistavan.



Kuva 13. Hitsausliitos.



Kuva 14. Hitsausliitos.

### 6.2.1 Materiaalin kartoitus ja käytettävyys

Käytettävän materiaalin valinta teräkseksi apulaitteen valmistuksessa varmistui jo alkukartoituksen aikana, koska apulaitteen tulisi kestää hitsauksesta aiheutuva lämmönjohtumista hitsattavasta kappaleesta apulaitteeseen. Apulaitteen tulisi myös kestää ns. pajaolosuhteet. Suositus valmistusmateriaaliksi teräs S355J2G3. Toimintavaatimukseksi määriteltiin seuraavat asiat.

Laitteen tulee

- olla yksinkertainen
- olla niin hyvin suunniteltu, että se on toimintavarma
- kestää vaativissa olosuhteissa
- kestää useat käytössä tapahtuvat toistot.

### 6.2.2 Työturvallisuus

Laitteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että laitteen käyttäjä ei voi loukata tahattomasti itseään sitä käytettäessä. Laitteen asianmukaisesta ja turvallisesta käytöstä vastaa työnantaja, konelain 1016/2004 mukaisesti.

## 7 SUUNNITTELU

### 7.1 Luonnostelu

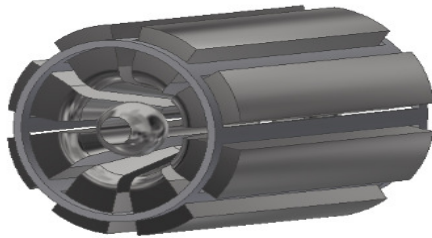
Perusrakenteen luonnos alkoi syntyä heti tehtävänannon saatua. Yksinkertaisista paperille mittakaavassa tehdyistä hahmotelmista sai käsityksen laitteen tulevasta koosta. Visiona oli heti, että luonnoksista syntyy kaksi eri apulaitevaihtoehtoa, jotka myöhemmin esitetään yritykselle 3D-raakaversiona. Niistä valitaan eri ominaisuuksien, niin hyvien kuin huonojenkin, perusteella toinen loppuun vietäväksi tuotteeksi. Perehdyin tähän tarkoitukseen markkinoilla oleviin tuotteisiin ja niiden rakenteeseen. Sain jonkin verran vinkkejä ja suuntaa antavaa tietoa rakenteesta, jota pystyi käyttämään hyväksi omassa suunnittelussa.

Ongelmana oli aluksi, että laitteista näytti tulevan jo luonnoksissa liian monimutkaisia ja vaikeasti valmistettavia. Se ei ollut ollenkaan suotavaa, koska jo tehtävän määrittelyssä päädyttiin vaatimukseen, että laitteen pitää olla yksinkertainen ja valmistettavissa kustannustehokkaasti ilman erikoismenetelmiä. Tämän johdosta luonnoksista alkoi syntyä kokonaisuuksia jotka sisälsivät vain muutamia valmistettavia komponentteja

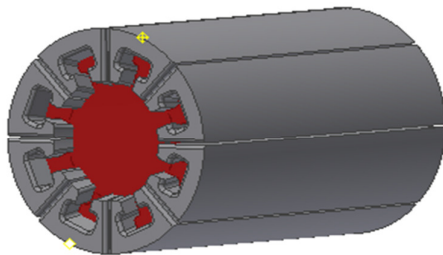
Prototyypin menetelmä on hyvä myös silloin kun tilaajan vaatimukset muuttuvat usein. Kun asiakas on hyväksynyt kehityskierroksella esitetyn prototyypin, kehitystä jatketaan sekä laajennetaan suunnittelua. Kun prosessi on kiertänyt kokonaisen kierroksen, seuraavaa prototyyppiä esitellään työn tilaajalle. Näin jatketaan iteratiivisesti, kunnes päädytään tuotteen lopulliseen kehitysversioon. Kun asiakas on hyväksynyt tuotteen, se luovutetaan asiakkaan käyttöön.

Yrityksessä vierailun ja tuotteeseen uudelleen tutustumisen myötä suunnittelun kohteeksi valittiin kaksi apulaitteen luonnosta. Näiden luonnosten toimintaperiaate oli hitsausprosessin aikana putken muotoa sisältäpäin tukeva, ja luonnosten apulaite tulisi myös jollain tapaa pystyä myöhemmin kiinnittämään esimerkiksi hitsauspöytään. Näiden luonnosten pohjalta aloitettiin 3D-mallinnus Autodesk Professional 2014 suunnitteluohjelmalla. Suunnittelin kahta tuotetta rinnakkain, jotta pystyin vertailemaan niiden hyviä ja huonoja puolia muun muassa valmistusta ja käytettävyyttä silmälläpitäen.

Edellä mainittujen asioiden perusteella syntyi 3D-raakaversiot kahdesta apulaitteen kokoonpanosta (kuvat 15 ja 16) esiteltäväksi yritykselle, näillä pystyttiin hahmottamaan toimintaperiaatetta ja laitteiston tulevaa rakennetta.



Kuva 15. Luonnokseen 1 perustuva apulaitteen 3D-malli.



Kuva 16. Luonnokseen 2 perustuva apulaitteen 3D-malli.

## 7.2 Loppuun vietävän tuotteen valinta

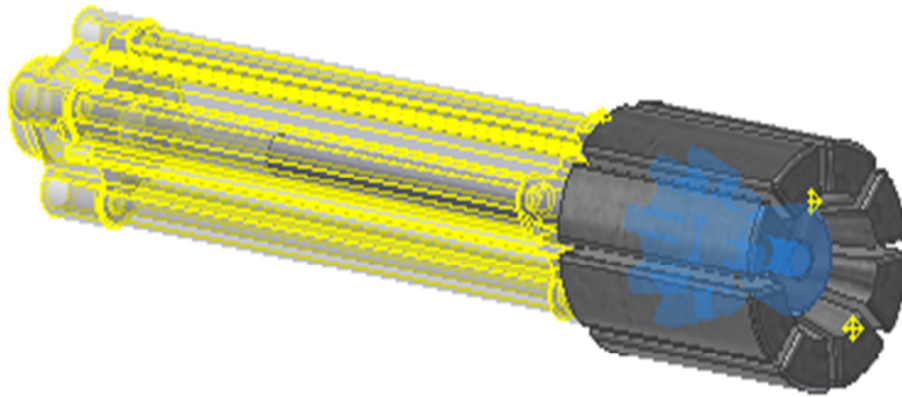
Seuraavaksi vierailin yrityksessä ja esittelin luonnoksiin pohjautuvia 3D-raakamalleja mahdollisesti valmistettavasta apulaitteesta. Palaveri pidettiin Matti Postin kanssa. Esittelin molemmat 3D-raakamallit ja niiden toimintaperiaatteen ja valmistustavan sekä mahdolliset haasteet valmistuksessa ja laitteen käytössä. Palaverin tuloksena päädyttiin luonnoksen 2 mukaiseen vaihtoehtoon (kuva 16) muun muassa sen yksinkertaisuuden ja toimintavarmuuden vuoksi, lisäksi laite olisi mahdollista muokata käytettäväksi erikokoisten putkien tukemiseen hitsausprosessin aikana.

Edellä mainittu luonnokseen 1 perustuva tuote (kuva 15) hylättiin jo tässä vaiheessa muun muassa siitä syystä, että se tulisi valmiina sisältämään liian paljon pieniä ja herkkiä osia, jotka olisivat alttiita rikkoontumaan ja näin ollen heikentämään toimintavarmuutta käytössä. Yksinkertainen rakenne saadaan luonnollisesti minimimäärällä eri komponentteja.

## 7.3 Suunnittelun eteneminen

Tästä eteenpäin keskityttiin laitteen suunnittelussa osien yksityiskohtiin, muiden komponenttien suunnitteluun ja liikeratojen toimivuuteen. Kaikki tarvittavat osat mallinnettiin 3D-kokoonpanoon, josta pystyi tekemään animaation, josta näki laitteen oletetut toimintaliikeradat.

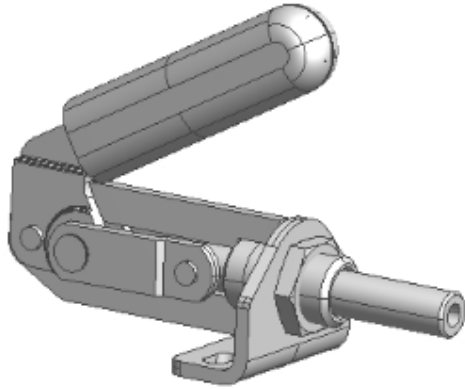
Apulaitteen lähtökohtaisena käyttövoimana suunnittelussa pidettiin alusta asti paineilmasylinteriä. Kuvassa 17. kuvattu apulaitteen käyttö on toteutettu paineilmatoimisella sylinterillä.



Kuva 17. Apulaitteen kokoonpano, versio 1.

Tuotekehitykselle on tyypillistä, että muutoksia syntyy sitä mukaa kun valmistettava tuote alkaa hahmottua. Niin kävi myös tämän tuotteen kohdalla. Yritys esitti toiveen laitteen käyttövoiman muutoksesta. Paineilmasyntlerin tilalle tulisi suunnitella mekaaninen käyttö, tyyppiä pikapuristin. Pikapuristimeen päädyttiin siksi, että varmistettaisiin laitteen toimintavarmuus ja käytettävyys. Laitetta valmistetaan useampia kappaleita ja ne tullaan kiinnittämään hitsauspöytään, jolloin voidaan tukea yhtäaikaaisesti useampi hitsattava kappale. Toiseksi, paineilmaikäyttö aiheuttaisi muutoksia yrityksen valmistustehtaalla. Paineilman käyttö tulisi toteuttaa niin, että se olisi turvallista ja toimintavarmaa, joka puolestaan on erittäin hankalaa olosuhteissa, joissa hitsataan ja tehdään paljon kipinätyöstöön perustuvaa koneistusta. Pienet paineilmasylinterit ovat arkoja tällaisille olosuhteille ja tähän tarkoitettut sylinterikokonaisuudet ovat lisäksi melko arvokkaita. Suunnittelu lähti etenemään siitä, että sylinteri korvataan jollain muulla ratkaisulla.

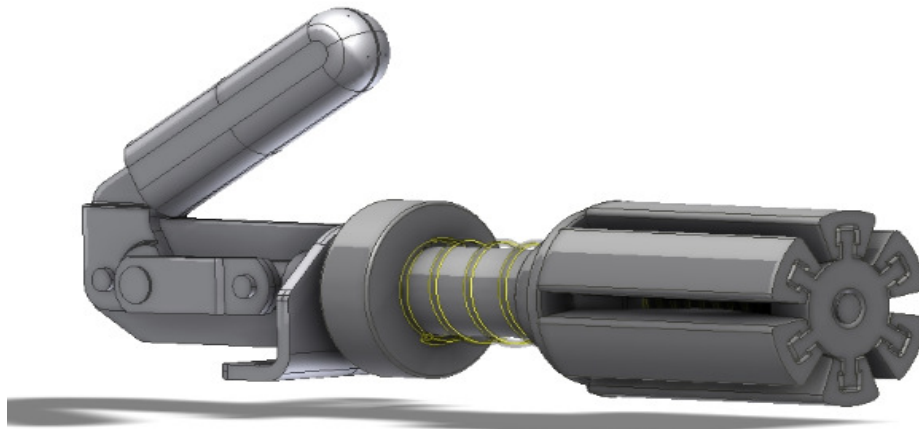
Perehdyin markkinoilla oleviin puristinmalleihin, joita voisi soveltaa työssä. Valmis puristinkokonaisuus löytyi Heinolan Tool outletin valikoimasta (Kuva 18). Puristin on suunniteltu juuri sellaisiin olosuhteisiin, joissa sitä tullaan käyttämään. Lisäksi puristimen hankintahinta on edullinen.



Kuva 18. Brauer 450-P pikapuristin. (Brauer. 2015.)

Puristimen löydyttyä suunnittelu eteni nyt siten, että puristin tuli sovittaa toimimaan apulaitteen työpään käyttövoimana. Valmiin puristimen 3D-malli löytyi valmistajan kotisivuilta cad-kirjastosta ([www.brauer.co.uk](http://www.brauer.co.uk)). Puristimen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2

Tarvittavat osat puristimen ja työpään yhdistämiseksi mallinnettiin ja luotiin kokoonpanokuva, joka sisältää kaikki laitteen käytön kannalta vaatimat osat. Valmis kokoonpanokuva ja muut tuotteeseen liittyvät tiedot lähetettiin hyväksyttäväksi Lappset Group Oy:lle. Yritys hyväksyi suunnitelman ja apulaitteen rakenteen. Kuvan 19. mukaisen apulaitteen rakenne oli yrityksen mielestä nyt sellainen kuin he olivat ajatelleet sen olevan.



Kuva 19. Kokoonpanokuva apulaitteesta.



## 8 PROTOTYYPIN VALMISTUS

### 8.1 Prototyypin suunnittelu

Kun valmis kokoonpano ja tarvittavat tiedot valmistettavasta tuotteesta olivat olemassa, aloitettiin prototyypin valmistus. Koska apulaitteeseen tuli useista variaatioista ja luonnoksista huolimatta joitakin haasteellisesti koneistettavia osia, päädyttiin apulaitteen työpään osista valmistamaan pikaproto Rapid Prototyping-menetelmällä 3D-tulostamalla mittakaavassa olevat kovamuoviosat. Tämä sen vuoksi, jotta vältetään turhilta ja aikaa vieviltä varsinaisilta työstöurakoilta. Koska kyseessä on prototyyppi, voi ongelmia aiheutua esimerkiksi valmistuksessa tai laitteen toiminnassa. Sen vuoksi on hyvä varmistaa toimivuus ja valmistettavuus edullisella ja nopealla 3D-tulostuksella. 3D-tulostuksesta yleisesti on kerrottu kappaleessa 6.

Tarjoukset 3D-tulostettavista osista pyydettiin kahdesta paikasta: Oulun seudun ammattikorkeakoululta ja Lapin ammattiopistolta. Tulostuksessa päädyttiin Lapin ammattiopiston palveluun. Lapin ammattiopistolla on käytössään kuvassa 20. esitetty Objet Eden 350-3D-tulostin.

Tulostamalla valmistetut apulaitteen osat ja Brauer 450-P pikapuristin koottiin valmiiksi kokonaisuudeksi, joka esiteltiin yritykselle. Valmis Pikaproto on esitetty liitteessä 3. Apulaite havaittiin toimivaksi liikeratojen sekä muiden yksityiskohtien puolesta. Käytännön kokeita apulaitteella ei vielä tässä vaiheessa kuitenkaan voitu suorittaa. Yritys tuli siihen päätökseen, että pikaproton perusteella valmistetaan S355-teräksestä varsinainen tuotannossa käytettävä versio. Valmistus tapahtuu opinnäytetyön ulkopuolella. Apulaitteen osista laadittiin myös työpiirustukset ja kokoonpano-ohjeet yrityksen käyttöön. Opinnäytetyön julkiset kuvat rajoitettiin yrityksen pyynnöstä suurpiirteisiin kokoonpanokuviin, jotka on esitetty liitteessä 4.

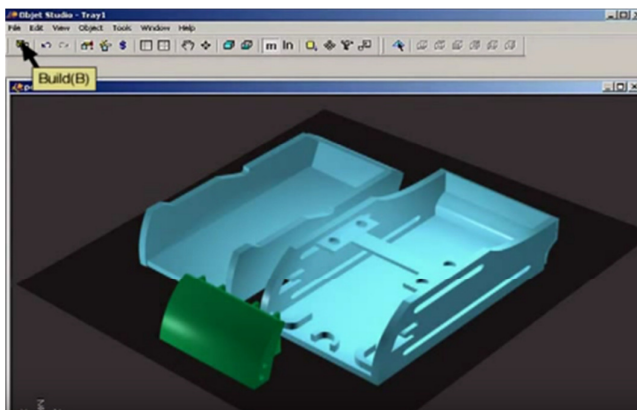


Kuva 20. Objet Eden 350 3D – tulostin. (Stratasys 2015.)

## 8.2 3D-tulosteiden valmistus

Tässä luvussa esitellään 3D-tulosteiden valmistuksen pääperiaatteet. Kuvissa 21 - 24 esitetyt työvaiheet ovat periaatekuvia, eivätkä ne ole opinnäytetyön aiheena olevasta apulaitteesta.

Valmiista 3D-mallista luodaan aluksi STL-tiedosto, jota tulostin käyttää osien generointiin. Valmistettavat osat tuodaan tulostusohjelmaan STL-tiedostoina. Kuvassa 21. On esitetty, miltä STL-tiedostona tuotu 3D-malli näyttää tulostusohjelmassa. Osat voidaan valmistaa joko 1:1 mittakaavassa tai suuremmassa tai pienemmässä mittakaavassa.



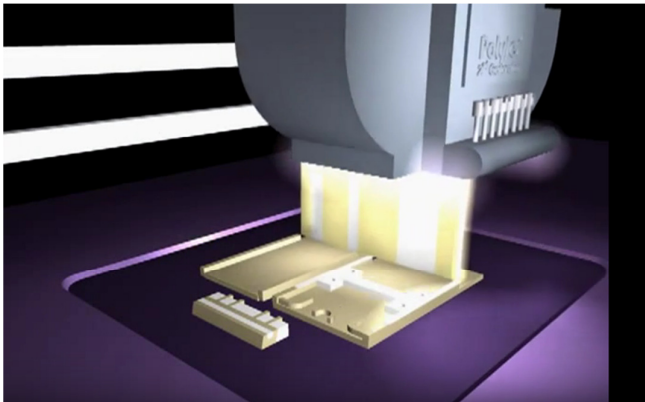
Kuva 21. Mallien tuonti ohjelmaan. (Stratasys 2015.)

Osien vaatimusten ja käyttötarkoituksen mukaan valitaan valmistusmateriaali. Kuvassa 22 esitetyjä Valmistusmateriaaleja Objet Eden 350-tulostimeen on valittavana 15 jäykkää ja 15 joustavaa. Tässä työssä osat valmistettiin materiaalista, joka on mekaanisilta ominaisuuksiltaan PVC-muovin kaltaista. Materiaaleja on kumimaisia, värillisiä, läpinäkyviä ja näiden sekoituksia.



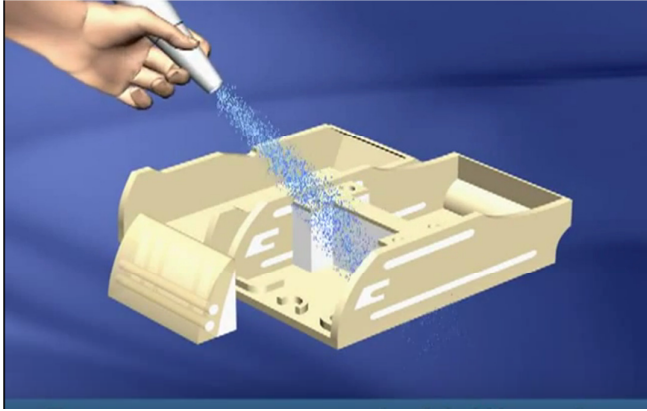
Kuva 22. Materiaalisäiliöt. (Stratasys 2015.)

Kun valmistettavien osien materiaali on valittu, tulostin aloittaa osien tulostamisen tulostustasolle 16 µm:n paksuisina kerroksina Kuvan 23. mukaisesti



Kuva 23. Tulostus. (Stratasys 2015.)

Ontot rakenteet tulostin täyttää vesiliukoisella tukiaineella, joka poistetaan painistetulla vedellä osien valmistuttua. Puhdistuksen periaate on esitetty kuvassa 24. Tämän jälkeen osat ovat valmiita. Tulostin luo toimivia kokoonpanoja, jotka ovat ominaisuuksiltaan todellisen tuotteen kaltaisia.



Kuva 24. Tukiaineen poisto vedellä. (Stratasys 2015.)

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoite oli suunnitella Lappset Group Oy:lle metallisten jalkapallomaalien runkojen hitsauksessa käytettävä apulaite. Yrityksessä oli huomattu, että maalirunkojen osissa tapahtuu valmistuksen yhteydessä hitsausmuodonmuutoksia, joiden vuoksi valmistettavia osia menee hylkyyn. Ongelmia aiheuttavat etenkin putken suun muodonmuutokset, kuten kutistuminen ja kaareutuminen. Apulaitteen tehtävänä on tukea hitsattavaa putkea sisältäpäin estäen näin lämmön aiheuttamien jännitysten seurauksena kehittyvät muodonmuutokset. Hitsausparametrien muuttamisella ei ollut saatu toivottuja tuloksia.

Lappset Group Oy oli jo aiemmin testannut valmistusmenetelmää, jossa hitsattavien putkenosien sisäpuolelle asennetaan hitsauksen ajaksi mekaaninen tuki. Menetelmän on huomattu estävän syntyviä muodonmuutoksia ja tästä on syntynyt tarve apulaitteen kehitykselle tuotannon laadun varmistamiseksi.

Apulaitteen suunnitteluun vaikuttivat yrityksen asettamat ehdot. Ensiksikin laitteen haluttiin olevan tarpeeksi pieni, jotta sitä voitaisiin käyttää yksin hitsauksen aikana. Kokoa rajoitti myös hitsattavan maalirungon materiaalina käyttävän putken pieni sisähalkaisija. Toiseksi apulaite sai sisältää vain muutamia valmistettavia komponentteja, jotta se olisi mahdollisimman toimintavarma ja jotta sen valmistus olisi toteuttavissa tavanomaisilla metallintyöstökoneilla. Teräs kestää lämmönjohtumista hyvin, joten se valittiin jo suunnittelun alussa apulaitteen valmistuksessa käytettäväksi materiaaliksi.

Laitteen käyttövoima muutettiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesta paineilmasylinteristä käsivoimaiseksi pikapuristimeksi. Paineilman käytössä on muun muassa turvallisuusriskejä ja sen toteuttaminen olisi vaatinut paljon komponentteja. Pikapuristimeksi valittiin jigipuristin Brauerilta.

Suunnittelun tuloksena saatiin apulaitteen osista luotua 3D-mallit sekä työpiirustukset, joiden pohjalta apulaite voidaan valmistaa. Lappset Groupin hyväksytyä apulaitteen kokoonpanokuvat ja muut tiedot, päädyttiin apulaitteesta valmista-

maan prototyyppi 3D-tulostamalla. On järkevää varmistaa tuotteen toimivuus ja valmistettavuus 3D-tulosteella ennen sen varsinaista valmistamista.

3D-tulostamalla valmistettu apulaite havaittiin toimivaksi kokonaisuudeksi, jota pystytään hyödyntämään tuotannossa varsinaisen apulaitteen valmistuttua. Opinnäytetyössä tehdyn suunnittelun ja tuotekehityksen ansiosta apulaite täyttää rakenteellisesti ja toiminnallisesti yrityksen laatuvaatimukset.

Yritys valmistaa varsinaisen tuotannossa käytettävän apulaitteen tämän opinnäytetyön ulkopuolella, joten konkreettisia testaustuloksia apulaitteen vaikutuksesta ei päästy analysoimaan tämän opinnäytetyön puitteissa. 3D-tulostamalla valmistetun pikaprotomallin toimivuus sekä rakenne nostavat kuitenkin odotukset hyvistä lopputuloksista korkealle.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja haastava suunnittelutyö. Haasteita aiheutti varsinkin apulaitteen rakenne, jotta siitä saatiin pieni ja yksinkertainen sekä toimiva kokonaisuus.

## LÄHTEET

Aipworks 2015. 3D-tulosteet mallikuva. Viitattu 28.7.2015.

<http://www.aipworks.fi/blogi/2014/01/23/48>

Aga 2014. Mig / Mag hitsausohjeet 2014. Viitattu 20.7.2015.

[http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fi/images/AGA%20MIG%20MAG%20Welding%20Brochure%202014%20FI634\\_122347.pdf](http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fi/images/AGA%20MIG%20MAG%20Welding%20Brochure%202014%20FI634_122347.pdf)

Alamartimo, M. 2015. Lappset Group Oy. Markkinointipäällikön haastattelu 2.10.2015.

Brauer. uk 2015. Kotisivut. Viitattu 30.8.2015.

[www.brauer.co.uk](http://www.brauer.co.uk)

Esab 2015. Koulutusmateriaali. Viitattu 20.7.2015.

<http://www.esab.fi/fi/fi/education/>.

Everilä, J. 2013. Kaivoskoneiden ohjaukskonsolin ja penkkien nostoapuvälineen suunnittelu. Savonia – ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Opin- näytetyö.

Heikkilä, M. 1994. Tekninen piirustus ja suunnittelu. Porvoo: WSOY.

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. Painos. Viitattu 16.7.2015

<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Kantanen, M-S. 2015. Hitsaustekniikka luentomateriaali Lapin AMK.

Laakko, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björksrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikkonen, H. 1998. Tuotteen 3D-Cad suunnittelu. Helsinki: WSOY.

Lappset Group Oy 2015. Rekryointisivut. Viitattu 20.9.2015.

<http://www.lappset.fi/Rekry>

Lappset Group Oy 2015. Tuotetiedot. Viitattu 22.7.2015.

<http://www.lappset.fi/Tuotteet/Tuotehaku/Tuotekortti?prodID=080950>

Lappset Group Oy 2015. Yritysesittely. Viitattu 20.9.2015.

<http://www.lappset.fi/Company-navigation/Lappset-yrityksena>

Lepola, P. 2011. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: Sanoma Pro.

Lukkari, J. 2000. Hitsien laatu ja hitsausvirheet. Hitsausuutiset 1/2000, 3.

Objet Eden 350 2015. 3D-tulostimet. Viitattu 17.8.2015.

<http://www.stratasys.com/corporate/about-us>

Ovako 2012. Terästen hitsaus. Viitattu 25.7.2015.

[http://www.ovako.com/PageFiles/320/Ovakon\\_terasten\\_hitsaus\\_15724.pdf](http://www.ovako.com/PageFiles/320/Ovakon_terasten_hitsaus_15724.pdf)

## LIITTEET

- Liite 1. ESAB hitsauslaitteisto. Origo™ / ARISTO<sup>R</sup> Mig 5000i.
- Liite 2. Brauer 450-P pikapuristin
- Liite 3. Pikaprotokoonpano apulaiteesta
- Liite 4. Apulaitteen kokoonpano ja osaluettelo



# Origo™ / Aristo® Mig 5000i

## Aristo® Mig U4000i/U5000i

### Optimum welding solutions

#### Robust and powerful

Origo™/ Aristo® Mig 5000i as well as Aristo® Mig U4000i and U5000i are ideal partners when it comes to efficient production or prefabrication of high alloyed materials with a very high demand on the welding performance.

The power sources are compact and sturdy pieces of equipment with a chassis made of extruded aluminium sections: **Alutech™**. This is a robust material that withstands rough treatment.

The power sources are based on inverter IGBT technology that provides reliable equipment with outstanding welding characteristics. The control and communication CAN-bus system means less cables, which in turn increases operational reliability.

**ESAB LogicPump** The patented ESAB LogicPump ELP, automatically starts the cooling water pump in the machine when a water cooled torch is connected to the wire feeders Aristo® YardFeed 2000, RoboFeed 3004, Feed 3004 or Aristo® Feed 4804. This eliminates the risk of over-heating the welding torch. When a self-cooled torch is used, the pump is automatically shut off giving lower noise and longer lifetime for the cooling pump.

**Aristo® Selector** is an efficient solution for applications which require a quick and easy exchange between 2 different wire dimensions or wire types. Connect 2 x Aristo® Feed to 1 Aristo® Mig and the selector provides automatically power to the one in operation.

#### Flexibility

The power sources are optimised to operate together with the wire feeders Aristo® YardFeed 2000, RoboFeed 3004, Feed 3004 and Aristo® Feed 4804. Connection cables up to 35 m provides a working radius of up to 35 m to suit all your individual welding needs.

**The TrueArcVoltage System™**, in combination with an ESAB PSF™ torch, guarantees that you weld with the correct arc voltage independent of any voltage drop in the welding cables. This means that you will get the same arc voltage and weld result either you have a set-up with short connection cable and 3 m torch or a set-up with 35 m working radius.

#### Applications

- **Advanced mild and stainless steel fabrication**
- **Advanced aluminium fabrication**
- **Prefabrication for Offshore and Shipbuilding**
- **Production of linen drapery (white goods)**
- **Prefabrication of Ni based material**
- **Nuclear & Aerospace**
- **Erection and repair of process and power plants**
- **QA Applications**
- **Pressure vessels, tanks and apparatuses for the process industry**

XA00113020



#### Aristo® U8<sub>2</sub> for advanced applications

Aristo® U8<sub>2</sub> support a quick access to synergic setting. More than 200 pre-programmed synergic lines are available. Welding based on pre-programmed synergic data reduce the preparation before start to a minimum.

The memory provides additional functionalities. The capacity to store up to 255 welding parameters which can be recalled when ever needed. A number of soft buttons with flexible functions provides direct access to Hot start, crater fill, 2/4-stroke etc.

- **Multiprocess equipment;** MIG/MAG, pulse MIG, MMA, Carbon Arc Gouging (5000i), TIG and Pulse TIG (U4000i/U5000i).
- **Reliable and smooth starts and ends** supported by efficient Hot-start and crater fill functions
- Efficient Man Machine Communication by the user-friendly control panels **Origo™ MA23 and MA24** or **Aristo® U6 and U8<sub>2</sub>**
- **Wide range** of pre-programmed **synergic lines**. Aristo® U8<sub>2</sub> provides the facility to define and store customized synergic lines for any material or gas combinations
- **Memory** for 3 (MA23/24), 10 (U6) or 255 (Aristo® U8<sub>2</sub>) welding parameters
- **ESAB LogicPump ELP**, secures automatic start of water pump by connection of a water cooled welding torch at the wire feeder or a water cooled TIG torch.
- **TrueArcVoltage System™**, measures the correct arc voltage value independent of the length of the connection cable, return cable or welding torch.
- **Dust filter** to handle tough and dirty environment and avoid grinding-dust and metal particles inside the chassis
- **SuperPulse™**, the welding process with the ability to control the heat input (Aristo® U8<sub>2</sub> Plus ).

## Technical data

	Mig U4000i	Mig 5000i	Mig U5000i
Mains Voltage, V, Hz	3x400, 50/60	3x400, 50/60	3x400, 50/60
Fuse slow anti-surge, A	20	32	32
Mains cable, mm <sup>2</sup>	4x4	4x6	4x6
Setting range, MIG/MAG, A/V	16-400/8-60	16-500/8-60	16-500/8-60
Setting range, MMA DC, A	16-400	16-500	16-500
Setting range, TIG DC, A	4-400	-	4-500
<b>Permitted load, 40° C</b>			
at 35% duty cycle MMA, A/V	400/36	-	-
at 60% duty cycle MMA, A/V	320/33	500/40	500/40
at 100% duty cycle MMA, A/V	250/30	400/36	400/36
<b>Open circuit voltage, U<sub>0</sub> max V</b>			
Without VRD function <sup>1)</sup>	MIG/MAG 55-70	MIG/MAG 72-88	MIG/MAG, TIG 72-88
Without VRD function <sup>1)</sup>	MMA/TIG 78-90	MMA 68-80	MMA 68-80
VRD function deactivated <sup>2)</sup>	MIG/MAG, MMA 58	MIG/MAG, MMA 59	MIG/MAG, MMA 59
VRD function activated <sup>2)</sup>	< 35	< 35	< 35
Energy save mode (400V), W	60	50	50
Apparant power, kVA	18.6	25.2	25.2
Power factor at maximum current	0.9	0.91	0.91
Efficiency at maximum current, %	86	87	87
Control voltage, V, Hz	42, 50/60	42, 50/60	42, 50/60
Dimensions l x w x h, mm	625x394x496	625x394x496	625x394x496
Dimensions l x w x h (with cooling unit), mm	625x394x776	625x394x776	625x394x776
Enclosure class	IP 23	IP 23	IP23
Insulation class (main trafo.)	H	H	H
Operating temperature, °C	-10 to +40	-10 to +40	-10 to +40
Weight, kg	63.5	68	71
Application class	S	S	S
Standards	IEC/EN 60974-1,-2,-3,-10		
<b>Water cooling unit:</b>			
Cooling capacity, W, l/min	2500 at 40 °C , 1.5		
Coolant volume, l	5.5		
Max flow, l/min	2.0		
Max pressure, bar	3.4		
Weight, kg	20		
<b>Multi Voltage unit:</b>	Add on or separate		
Main voltage, V, Hz	3x208/230/400/460/475/575, 50/60		
Weight, kg	80		
Dimension l x w x h, mm	621x389x266		

<sup>1)</sup> Valid for power sources without VRD specifications on the rating plate.

<sup>2)</sup> Valid for power sources with VRD specifications on the rating plate. The VRD function is explained in the instructions manual for the control panel if the panel has that function.

## Unrivalled service and support

Our commitment and ability to deliver the expected service and support starts immediately after the order is confirmed. We endeavour to offer our customers an After Sales service, which is second to none. A strong and skilful service organisation is prepared to offer service and maintenance, calibration, validation and upgrading of equipment and software.

The service organisation will offer standardised solutions for the reconditioning or modification of existing products.

Spare and wear parts are manufactured according to ESAB's quality plan. Exchange Printed Circuit Board (PCB), exchange modules and components are available for all our products in order to reduce downtime to an absolute minimum. ESAB is continuously upgrading authorised service partners for local service support. Customers who have their own service and maintenance personnel will always be offered a service-training package as part of a total ESAB offering. However, product and process training for end-users will form an additional part of the ESAB offering. Always ask your ESAB sales representative or distributor for a complete ESAB solution.

## Ordering information

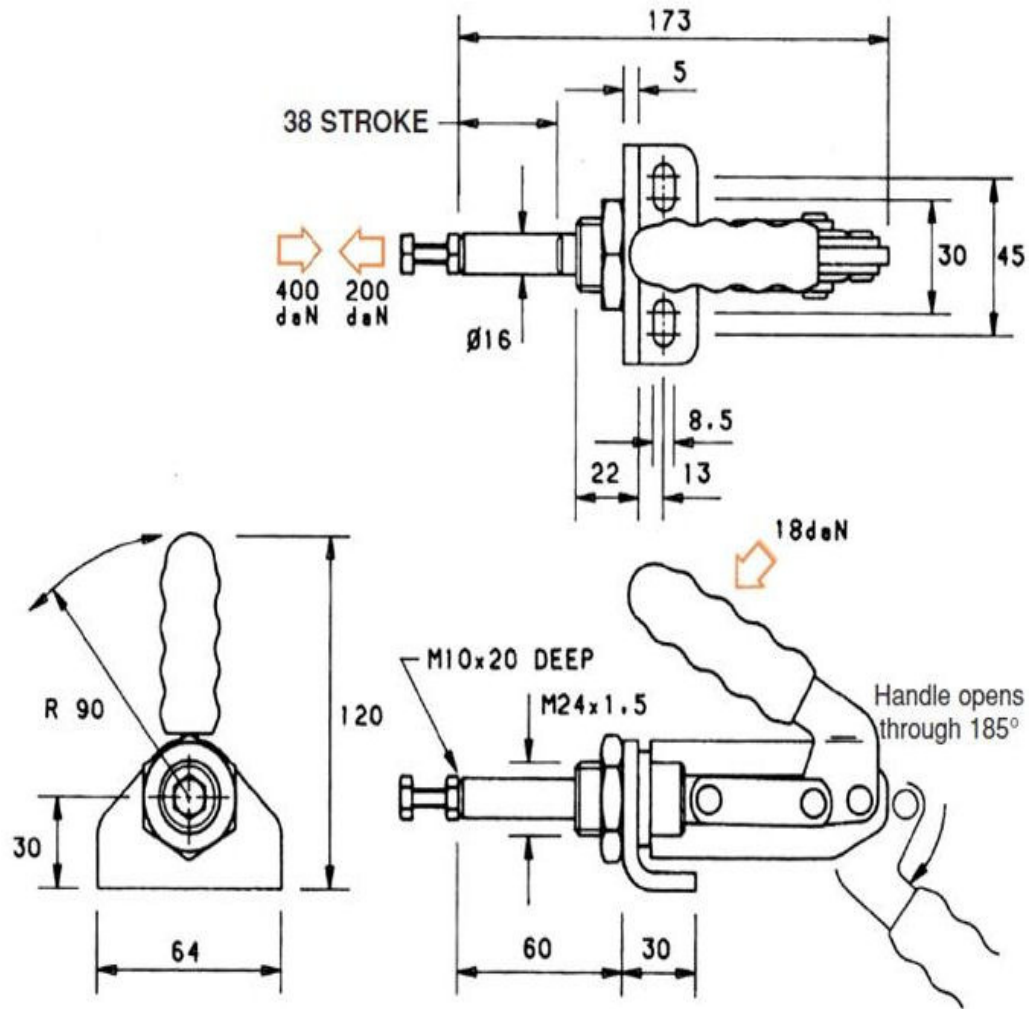
Aristo® Mig U4000iw	0458 625 885
Origo™ / Aristo® Mig 5000i	0459 230 880
Origo™ / Aristo® Mig 5000iw	0459 230 881
Aristo® Mig U5000iw	0459 230 883
<b>Accessories:</b>	
Multi Voltage unit, Wide body (3x208/230/400/460/475/575V, 50/60 Hz)	0459 145 880
Handle incl mounting screws for separate installation. (Complete set = 2)	0459 307 881
Trolley 1 (Standard)	0458 530 880
Trolley 2 (Feeder with counter balance device and/or 2 gas bottles)	0458 603 880
Guide pin (If no trolley)	0458 731 880
Remote control MTA1 CAN	0459 491 880
Remote control AT1 CAN	0459 491 883
Remote control AT1 CourseFine CAN	0459 491 884
Remote interconnection cables:	
5 m, 12 pole	0459 554 880
10 m, 12 pole	0459 554 881
25 m, 12 pole	0459 554 883
5 m HD, 12 pole	0459 554 980
10 m HD, 12 pole	0459 554 981
Foot pedal T1 Foot CAN, incl. 5 m cable with 10 pole plug (For connection to the feeder with U6 panel)	0460 315 881
Foot pedal T1 Foot CAN, incl. 5 m cable with 12 pole plug (For connection to the feeder for U82)	0460 315 880
Quick connector kit for current, water and shielding gas supply for 2x Aristo® Feed	0459 546 880
MMC kit for MMC panel mounted in the power source	0459 579 880
<b>Options:</b>	
Water Flow guard complete	0456 855 880

## Interconnection cables 12/10 pole

	Water cooled
95 mm2	
1.7 m	0459 528 970
5.0 m	0459 528 971
10.0 m	0459 528 972
15.0 m	0459 528 973
25.0 m	0459 528 974
35.0 m	0459 528 975

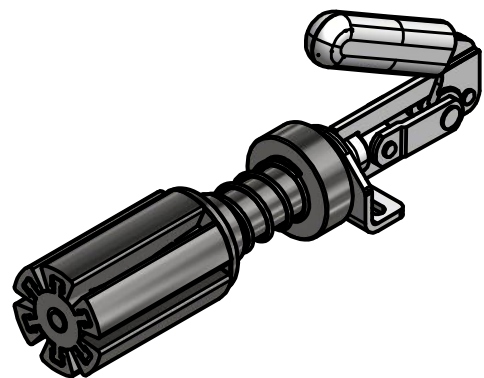
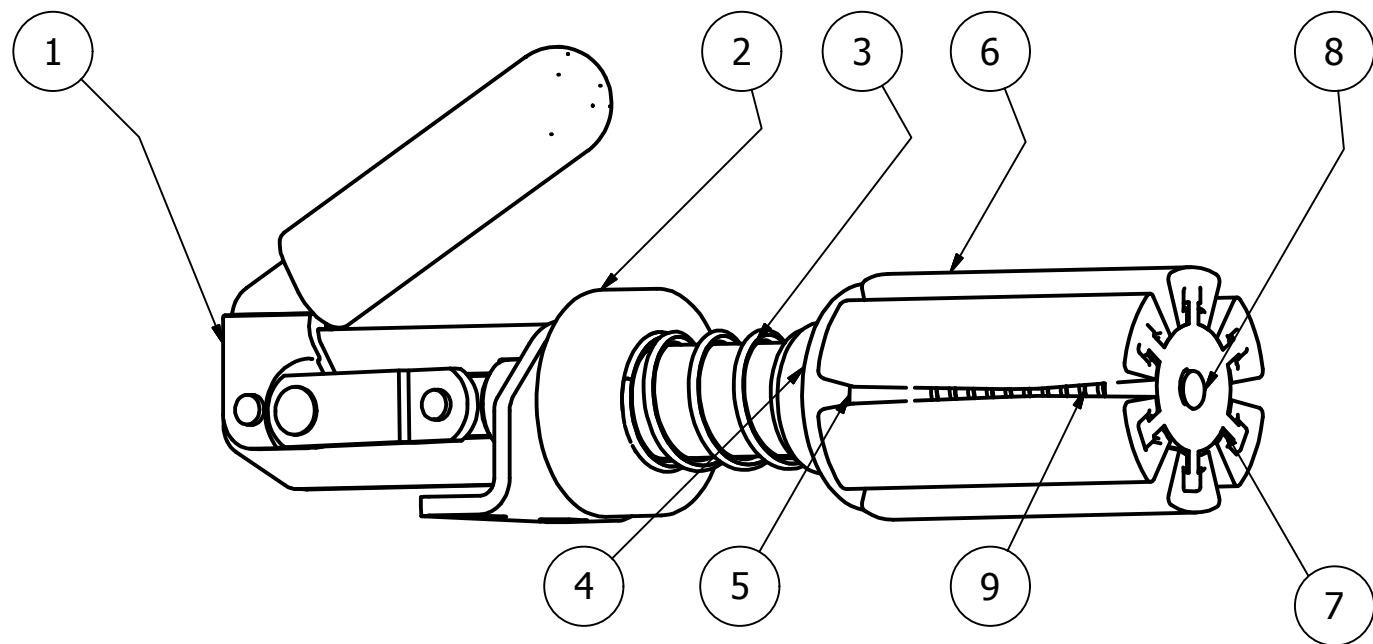
**Delivery content:** 5 m mains cable incl. plug and 5 m return cable incl. earth clamp

Lite 2.



Liite 3.





9	Puristusjousi	rst	6094-Lesjofors	1	0 kg
8	Välitanko	M10x1,5	10006	1	0,1 kg
7	Sakarakartio	Teräs S 355	10001	1	0,2 kg
6	Puristuselementti	Teräs S 355	10002	6	0,3 kg
5	Vastakartio	Teräs S 355	10003	1	0,1 kg
4	Kiinnitysholkki 2	Teräs S 355	10005	1	0,2 kg
3	Puristusjousi	rst	c14601122000m-sodemann	1	0 kg
2	Kiinnitysholkki 1	Teräs S 355	10004	1	0,6 kg
1	Brauer 450-P pikapuristin		P450	1	0,1 kg
Osa	Nimitys	Materiaali	Piir.nro/Stand.	Kpl	Paino

Suun	Lauri	29.8.2015	Mittakaava 1:2	Tuote	Liittyy
Piirt	Lauri	29.8.2015		Yleistoleranssit	Osan nimi
Tark				ISO	Apulaite kokoonpano
Hyv					
Mikrofilm. pvm.			Yritys Lappset Group Oy	Revisio	Sivu 1
Osan massa N/A				Osan numero 12001	