



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

ANSSI KORPUNEN

## **Hitsausaputyökalujen suunnittelu kuormatraktorin hytin hitsaukseen**

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

2020

Tekijä(t) Anssi, Korpunen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Helmikuu 2020
	Sivumäärä 38	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Hitsausaputyökalujen suunnittelu kuormatraktorin hytin hitsaukseen		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
Tiivistelmä  Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella aputyökaluja Sampo-Rosenlew - kuormaintraktorin hytin rungon hitsaukseen, jotta hytin rungon hitsausta saataisiin nopeutettua sekä helpotettua. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sampo-Rosenlew Oy.  Lopputuloksena mallinnettiin ja valmistettiin neljä eri kokoonpanoa aputyökaluista, niissä hytin hitsauksen osa-alueissa joissa hytin hitsausprosessia saataisiin edesautettua.  Työ aloitettiin käymällä läpi hytin hitsauksessa ilmeneviä ongelmia sekä mahdollisia keinoja poistaa niitä aputyökalujen avulla. Jos ongelmaan löydettiin mahdollinen ratkaisu valmistamalla sitä varten työkalu, alettiin sitä suunnitella.  Työkalujen osien 3D mallintaminen tehtiin Creo Parametric -ohjelmalla Sampo-Rosenlewin tiloissa. Osien valmistus sekä työkalujen kokoonpanohitsaus tehtiin Sampo-Rosenlewin tuotannossa.  Kuormatraktorin hyttien hitsaus toteutettiin alihankintana San-Meta Oy:ssä Nakkilassa.		
<a href="#">Asiasanat</a> 3D-mallinnus, aputyökalu, hytti, hitsaus, kuormatraktori		

Author(s) Korpunen, Anssi	Type of Publication Bachelor's thesis	Date February 2020
	Number of pages 38	Language of publication: finnish
Title of publication Design of welding auxiliary tools for welding of forwarder cabin		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Abstract  The purpose of this thesis was to design auxiliary tools for welding the cabin body of a Sampo-Rosenlew forwarder in order to accelerate and facilitate welding process. The thesis was commissioned by Sampo-Rosenlew Ltd.  As a result, four different configurations of auxiliary tools were modeled and manufactured, in those areas of cabin welding where the welding process could be facilitated.  The work began by reviewing the problems encountered in cabin welding and by finding possible ways to eliminate them with the aid of tools. If a possible solution to the problem was found by making a tool for it, designing of the tool was started.  The 3D modeling of the tool parts was done by using Creo Parametric software at Sampo-Rosenlew premises. The manufacturing of the tool parts and welding of the tool assembly was done in Sampo-Rosenlew production.  Welding of forwarder cabins was subcontracted at San-Meta Ltd in Nakkila.		
<u>Key words</u> 3D modeling, auxiliary tool, cabin, welding, forwarder		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	YRITYSESITTELY .....	7
3	VALMISTUSMENETELMÄT .....	8
3.1	Hitsaus .....	8
3.1.1	Hitsausmenetelmistä .....	8
3.1.2	MIG/MAG-hitsaus .....	9
3.1.3	Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset .....	11
3.1.4	Silloitus .....	12
3.1.5	Hitsauskiinnittimet ja apulaitteet .....	12
3.2	Laserleikkaus .....	13
3.2.1	Laserleikkauksen tarkkuus .....	14
3.2.2	Laserleikkauksen huomioiminen tuotesuunnittelussa .....	15
3.3	Taivuttaminen ja särmäys .....	15
3.3.1	Särmäysmenetelmät .....	17
3.3.2	Vapaataivutus ja pohjaaniskutaivutus .....	17
3.3.3	Taivutuksen huomioiminen tuotesuunnittelussa .....	18
4	3D-MALLINNUS .....	19
4.1	Suunnitteluprosessin lähtökohdat .....	19
4.2	3D -mallinnusmenetelmät .....	20
4.2.1	Kappalemallinnus .....	21
4.2.2	Levymallinnus .....	21
4.2.3	Pintamallinnus .....	22
4.3	Kokoonpanot .....	22
5	HITSAUSAPUTYÖKALUJEN SUUNNITTELU .....	24
5.1	Vaatimukset aputyökaluille .....	25
5.2	Aputyökalu B-tolppien sekä etuseinän hitsaamiseen .....	26
5.2.1	Paikoitus .....	27
5.2.2	Työkalun käyttö .....	28
5.3	Aputyökalu B-tolppien hitsaukseen .....	29
5.3.1	Työkalun käyttö .....	30
5.4	Aputyökalu hytin A-tolppien sekä ikkunalistan paikoitukseen .....	31
5.4.1	Työkalun käyttö .....	32

5.5	Aputyökalu hytin A-pilareiden paikoitukseen .....	34
5.5.1	Työkalun käyttö .....	35
6	YHTEENVETO .....	37

LÄHTEET

LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajan, Sampo-Rosenlew Oy:n, kuormatraktoreiden hyttien rungot valmistetaan hitsaamalla. Valmistettavien runkojen hitsaus sisältää monia hankalasti paikalleen asetettavia osia ja kokoonpanoja, joiden paikoilleen asetteluun menee suuri osa hyttien hitsauksen kokonaisuudesta. Koska nykyisellään hyttien hitsaaminen tehdään ilman mainittavia aputyökaluja, pyrkimyksenä oli suunnitella aputyökaluja kohdennettuna niihin hitsauksen ongelmakohtiin, joissa työkaluista voitaisiin saada suurin hyöty.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään suunniteltujen työkalujen osien valmistusmenetelmiä ja työkalujen sekä hyttien kokoonpanohitsauksessa käytettävää MIG/MAG-hitsausta, sekä työkalujen suunnittelussa käytettyä 3D-mallinnusta. Työosuudessa käsitellään mallinnettuja aputyökaluja ja niiden käyttöä.

## 2 YRITYSESITTELY

Sampo-Rosenlew Oy on suomalainen leikkuupuimureita ja metsäkoneita valmistava yritys. Pääkonttori ja puimureiden sekä metsäkoneiden tuotanto sijaitsevat Porissa. Sampo-Rosenlew perustettiin vuonna 1991, vaikka yhtiön teollisen toiminnan juuret yltävät vuoteen 1853, jolloin perheyritys Oy W. Rosenlew Ab aloitti toimintansa. Metsäkoneet otettiin tuotantoon puimurien rinnalle 1990-luvun lopulla. Yhtiön liikevaihto vuonna 2018 oli 76 milj. euroa, ja se työllistää n. 250 henkilöä. Intialainen Mahindra & Mahindra toimii nykyään yhtiön osakkuusomistajana 49 %:n osuudella. (Sampo-Rosenlew yritysesitys 2019.)

Keskeisiä markkina-alueita ovat Pohjoismaat, Eurooppa, Pohjois-Afrikka ja IVY-maat. Tuotteista 90% prosenttia menee vientiin. Yhtiöllä on Pohjois-Afrikassa ja Kazakstanissa myös kokoonpanotehtaat, joissa Suomesta tuotu raakarunko täydennetään valmiiksi puimuriksi paikallisin voimin. (Sampo-Rosenlew Oy:n www-sivut.)

Sampo-Rosenlewin valmistamia tuotteita ovat seuraavat puimurimallit: Comia C6, Comia C8, Comia C10, Comia C12, Verrato V4 ja SR2010. Muita tuotteita ovat metsäkonemalli HR46 sekä kuormatraktorimallit FR28 ja FR48. (Sampo-Rosenlew yritysesitys 2019.)

### 3 VALMISTUSMENETELMÄT

#### 3.1 Hitsaus

”Hitsaus on kappaleiden liittämistä toisiinsa tai päällystämistä ilman erillistä sitovaa väliainetta siten, että liitettävien metallien rakeet tai muovien molekyylit liittyvät toisiinsa muodostaen kiinteän liitoksen.” (Lepola ja Makkonen 2005, 7.) Yleisimpiä hitsattavia materiaaleja ovat metallit, kuten teräs, alumiini ja ruostumaton teräs. Myös muoveja voidaan hitsata.

##### 3.1.1 Hitsausmenetelmistä

Hitsausmenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään: sulahitsaukseen ja puristushitsaukseen. Yleisemmin käytetyssä sulahitsauksessa hitsattavien liitoskohtien pinnat kuumennetaan sulaan lämpötilaan, jolloin pinnat saadaan sulautumaan yhteen ilman puristusta. (Lepola & Makkonen 2005, 8.)

Sulahitsaus voidaan tehdä joko ilman lisäainetta tai lisäainetta apuna käyttäen, lisäaineen sulamispisteen ollessa suunnilleen sama kuin perusaineen. (Lepola & Makkonen 2005, 8.) Lisäaineita kulutusterästen hitsaukseen löytyy laaja kirjo eri valmistajilta ja niiden valinnan voi tehdä käyttötarkoituksen vaatimuksien mukaan tai eri terästoimittajien hitsaussuosituksien perusteella.

Puristushitsauksessa ei käytetä lisäainetta yhteen liittämiseen. Liitos tapahtuu kuumentamalla liitoskohdat sulaan tilaan ja puristamalla niitä määrätyllä voimalla yhteen, jolloin niiden välille saadaan kiinteä liitos. Puristusliitos voidaan tehdä myös ilman liitoskohtien kuumentamista, jolloin liitettävät pinnat puristetaan yhteen niin suurella voimalla, että tapahtuu plastinen muodonmuutos, joka liittää pinnat toisiinsa. (Lepola & Makkonen 2005, 8.)



Yleisimmin käytettyjä hitsausmenetelmiä ovat sulahitsaukseen kuuluvat puikkohitsaus, MIG/MAG-hitsaus ja TIG-hitsaus. Näistä vanhin hitsaustapa on puikkohitsaus, jota käytetään paljon mm. hyvää ulottuvuutta vaativissa kohteissa, kuten asennustyömailla. MIG/MAG-hitsaus on monikäyttöisyytensä ansiosta suosittu hitsausmenetelmä. Siinä lisäainetta ei syötetä hitsisulaan erikseen, vaan lisäainelanka tuodaan hitsisulaan hitsauspistoolin kautta suojakaasun ympäröimänä. Hitaampaa TIG-hitsausta käytetään varsinkin erityistä tarkkuutta vaativissa hitseissä sekä kohteissa, joissa vaaditaan siistiä hitsausjälkeä. Lisäksi on olemassa muita omiin erikoistarkoituksiinsa soveltuvia hitsausmenetelmiä, kuten sulahitsausmenetelmiin kuuluvat jauhekaarhitsaus, laserhitsaus, plasmahitsaus, sekä puristushitsausmenetelmiin kuuluvat pistehitsaus, ultraäänihitsaus ja kitkahitsaus. (Kemppi Oy:n www-sivut.)

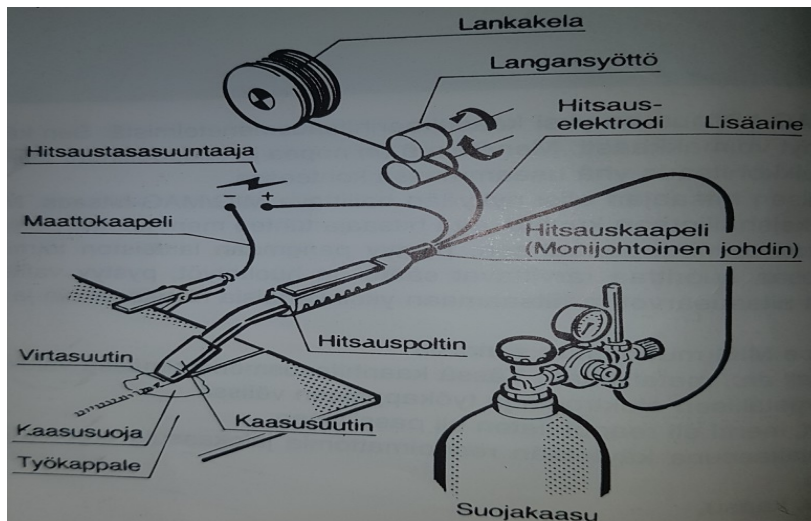
### 3.1.2 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus (engl. metal inert gas/metal active gas welding) on sulahitsaukseen kuuluva kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa lisäainelanka ja suojakaasu syötetään hitsauspistoolin läpi hitsauskohtaan. Lisäainelangan ja perusaineen välissä palaa suojakaasun ympäröimä valokaari, joka sulattaa perusaineen ja lisäainelangan, muodostaen samalla hitsisauman. Hitsausvirta saadaan tavallisesti tasasuuntaajasta, joka pitää hitsausvirran jännitteen säädetyssä arvossa. MIG-hitsauksessa käytetään passiivista suojakaasua, joka ei ota osaa hitsausprosessiin, ja MAG-hitsauksessa käytetään hitsausprosessiin osallistuvaa aktiivista suojakaasua. Yleisesti puhutaan MIG/MAG -hitsauksesta sen vuoksi, ettei suojakaasun merkitystä haluta korostaa. (Katainen & Mäkinen 1992, 113-115.)

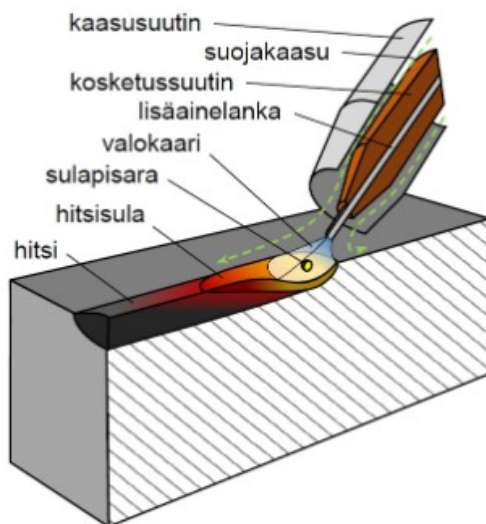
MIG/MAG-hitsauslaitteisto koostuu tavallisesti virtalähteestä, langansyöttölaitteesta, maadoituskaapelista, hitsauspistoolista sekä suojakaasupullosta.

- virtalähteen hitsausvirta säätyy automaattisesti lisäainelangan syöttönopeuden mukaan, suuremmalla virran voimakkuudella saadaan suurempi syöttönopeus
- työkappaleeseen kiinnitetty maadoituskaapeli kytketään tasasuuntaajan miinusnapaan ja hitsauspistoolin virtakaapeli plusnapaan

- lisäainelanka (halkaisijaltaan 0.6-2.4 mm) johdetaan hitsauspistooliin langansyöttölaitteella
- hitsauspistoolilla ohjataan lisäainelanka ja suojakaasu hitsauskohtaan
- Suojakaasu johdetaan hitsauskaapelin kautta pistooliin ja hitsauskohtaan. Suojakaasun tärkeimpänä tehtävänä on suojata hitsisulaa ympäröivän ilman vaikutuksilta. (Katainen & Mäkinen 1992, 116-122.)



Kuva 1. MIG/MAG -hitsauslaitteet. (Katainen & Mäkinen, 114.)



Kuva 2. MIG/MAG -hitsauksen periaate. (Ionix Oy:n www-sivut.)

MIG/MAG-hitsaus on monikäyttöisyytensä ansiosta suosittu hitsaustapa, ja sitä käytetään melkein kaikkialla hitsaavassa teollisuudessa sekä yksityiskäytössä. Vaikka

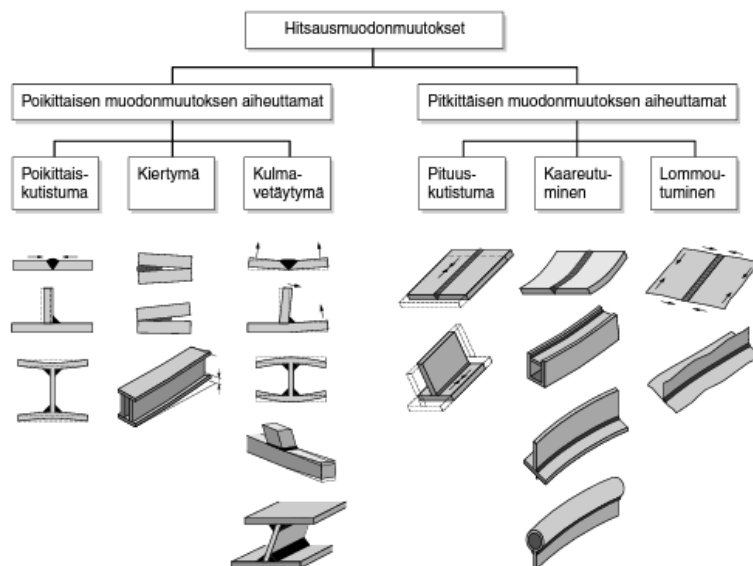
hitsausmenetelmä on arka ilmvirtauksille ja sen ulottuvuus on rajoitettu, kuuluvat sen etuihin mm:

- vähäinen kuonan muodostus
- hitsausnopeus
- hitsaus on mahdollista kaikissa asennoissa
- edullinen lisäaine
- laajat hitsaustehojen säätömahdollisuudet
- helppo mekanisoida tai automatisoida
- helposti opittava hitsaustekniikka

(Lepola ja Makkonen 2005, 103.)

### 3.1.3 Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset

Hitsausprosessissa, jossa hitsauskohta kuumenee niin suureksi, että sen rakenne sulaa, tuo se myös sitä ympäröivään rakenteeseen lämpöä. Kun rakenteen lämpö kohoaa, aiheuttaa se lämmön vaikutusalueelle puristusjännityksiä, jotka saavat aikaan muodonmuutoksia, kuten kutistumista, kaareutumista ja lommoutumia. (Lepola & Makkonen 2005, 352.)



Kuva 3. Hitsauksessa syntyvien muodonmuutosten lajit. (Lepola & Makkonen 2005, 356.)

### 3.1.4 Silloitus

Silloituksella pyritään pitämään hitsattava rakenne tai kappale siinä asemassa ja asennossa kuin sen hitsauksen jälkeen halutaan jäävän, eli pyritään vähentämään hitsauksessa syntyvien muodonmuutosten vaikutusta. Mitään yleispätevää ohjetta ei silloitukseen ole olemassa, vaan silloitusjärjestys sekä silloitusmateriaalin vahvuus valitaan hitsauskohteen mukaan sekä aikaisempien kokemusten perusteella. Silloitusta ei tarvita, jos hitsauksen yhteyteen on valmistettu siihen soveltuva hitsauskiinnitin eli jigi tai hitsattava kohde on tarpeeksi pieni käsin kannateltavaksi. (Lepola & Makkonen 2005, 361-362.)



Kuva 4. kolme terästankoa käytössä hytin rungon silloituksessa. (Anssi Korpunen 2019)

### 3.1.5 Hitsauskiinnittimet ja apulaitteet

Teräsrakenteiden hitsauksessa käytetään erilaisia apuvälineitä työn suorituksen helpottamiseksi sekä työn laadun parantamiseksi. Tällaisia apuvälineitä voidaan kehittää työhön soveltuvaan tarkoitukseen tarpeen mukaan. Esimerkkejä apuvälineistä

ovat mm. erilaiset kiinnittimet, kääntölaitteet, työtasot, tunkit, vetoruuvit ja taljat. Kiinnittimillä ja apuvälineillä saadaan useita hyötyjä:

- rakenne saadaan pysymään halutussa muodossa
- työn laatu paranee
- työturvallisuus paranee
- raaka-aine kustannusten säästö
- työn nopeutuminen ja taloudellinen hyöty
- vähentämään työntekijän fyysistä rasitusta. (Lepola & Makkonen 2005, 373.)

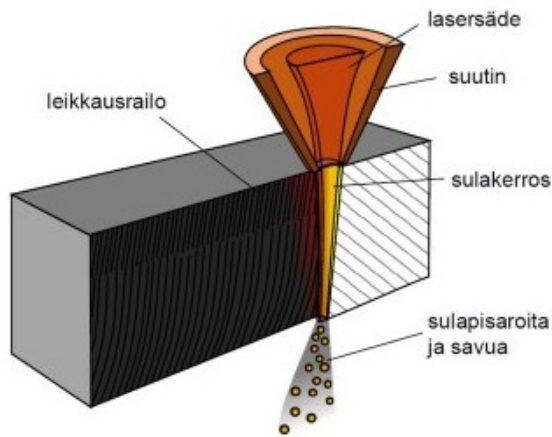
### 3.2 Laserleikkaus

Laserleikkaus on konepajateollisuudessa yleisin lasersovellus, ja se soveltuu parhaiten juuri ohuiden (0-20 mm) kappaleiden leikkaukseen jossa vaaditaan suurta tarkkuutta. Leikkauslaatu on niin korkeatasoista, että leikattuja kappaleita voidaan useimmiten käyttää sellaisinaan, eivätkä ne vaadi erillistä viimeistelyä. Metallien lisäksi laserilla voidaan leikata monia muitakin materiaaleja, kuten muoveja ja puuta. (Oy Linde Gas Ab:n [www-sivut](#).)

Laser levytyöstökeskuksessa leikkuupään korkeus sekä lasersäteen fokuspisteen paikka säätävät automaattisesti syötettyjen materiaalitietojen perusteella, joten asetusaika levysarjojen välillä jää pieneksi. Useimmissa laitteistoissa on vaihtopöytä, jolloin valmiiden kappaleiden purkutyö voidaan tehdä samanaikaisesti uuden levyarkin leikkaamisen kanssa. Laserleikkauksessa muodostuva lämpövyöhyke on kapea, ja näin lämmön aiheuttamat muodonmuutokset leikattavissa kappaleissa jäävät pieniksi. Pienen lämmöntononin ohella laserin merkittävä etu on sen leikkaustarkkuus, joka uusimmilla konetyypeillä on parhaimmillaan  $\pm 0.025\text{mm}$ . (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin 2010, 203.)

Kohdistettu lasersäde on niin tehokas, että se sulattaa ja höyrystää leikattavan materiaalin. Leikkauskaasuina käytetään yleensä happea ja typpeä. Lasersäde kohdistetaan leikattavaan materiaaliin linssin läpi, jolloin materiaali sulaa. Laserin

leikkauspäässä olevan suuttimen läpi syötetään leikkauskaasu, jonka paine kuljettaa pois sulaneen materiaalin. (Oy Linde Gas Ab:n www-sivut 2019.)



Kuva 5. Laserleikkauksen periaate. (Ionix Oy:n www-sivut 2019.)

Se, kumpi kaasuista – happi vai typpi – soveltuu leikkaukseen paremmin, määräytyy käyttökohteen mukaan. Happi reagoi materiaalin kanssa tuottamalla lämpöä, ja ylimääräisen lämmön ansiosta leikkausnopeudesta saadaan suurempi verrattaessa typeen. Happea käytetäänkin yleensä niukkahiilisen ja niukkaseosteisen teräksen leikkaamiseen, ja typpeä seostetumpien, kuten ruostumattoman teräksen ja alumiinin leikkaamiseen. (Oy Linde Gas Ab:n www sivut 2019.)

### 3.2.1 Laserleikkauksen tarkkuus

Laserleikkauksessa saavutettavaa mittatarkkuutta voidaan alle 10 mm materiaalipaksuuksilla yleensä pitää parempana kuin 0.1 mm. Mittatarkkuudessa otetaan huomioon leikkausrailon leveys, kartiomaisuus, pinnankarheus ja koko kappaleen tarkkuus. Pinnan laatu voi olla erilainen sen mukaan, mistä kohtaa osaa tarkastellaan. Kokonaisuutena laserleikkauksen mittatarkkuus on huomattavasti parempi kuin perinteisessä polttoleikkauksessa tai plasmaleikkauksessa. Laserilla leikatun railon leveys on tavallisesti 0.05-1.0 mm, riippuen lasersäteiden polttopisteen halkaisijasta, sen asemasta sekä leikattavan materiaalin paksuudesta. (Matilainen ym. 2010, 162.)

Laserleikkauksella saavutettava pinnanlaatu on yleisesti hyvin tasainen. Mitä ohuempaa on leikattava materiaali, sen parempi pinnanlaatu voidaan saavuttaa. Moni valmistaja lupaa saavutettavat pinnankarheusalueet seuraavasti:

- levyn paksuus alle 3 mm, Ra = 0,5-5  $\mu\text{m}$
- levyn paksuus 4-8 mm, Ra = 4-10  $\mu\text{m}$
- levyn paksuus yli 8 mm, Ra = 10-20  $\mu\text{m}$ . (Matilainen ym. 2010, 162.)

### 3.2.2 Laserleikkauksen huomioiminen tuotesuunnittelussa

Laserleikkauksessa saavutettavan mittatarkkuuden ja leikattavien osien muotovapauden vuoksi voidaan niitä hyödyntää mm. hitsaus- ja kokoonpanovaiheessa. Osiin voidaan suunnitella erilaisia ulokkeita ja koloja asemoinnin helpottamiseksi. Tätä kutsutaan yleisesti paikoitusnastojen käytöksi, ja näin voidaan parhaimmillaan korvata hitsauskiinnittimet kokonaan. Mittaus ja asennustyön määrän väheneminen alentaa valmistuskustannuksia ja lisää lopputuotteiden mittatarkkuutta. Ohutlevyillä nastan ja kolon sovitevälykseksi asetetaan yleensä noin 0.2 mm, mutta käyttökohteen mukaan se voidaan suunnitella joko tiukemmaksi tai väljemmäksi. (Matilainen ym. 2010, 164.)

Piirroitus eli leikattavaan osaan merkattavien katkoviivojen, sekä keskenään liitettävien osien merkkäminen, voidaan myös toteuttaa laserilla leikkauksen yhteydessä osien asennustyön helpottamiseksi. Osat voidaan myös muotoilla siten, ettei niitä voida asentaa väärin mm. suunnittelemalla ne niin, etteivät ne näytä keskenään symmetrisiltä. (Matilainen ym. 2010, 164.)

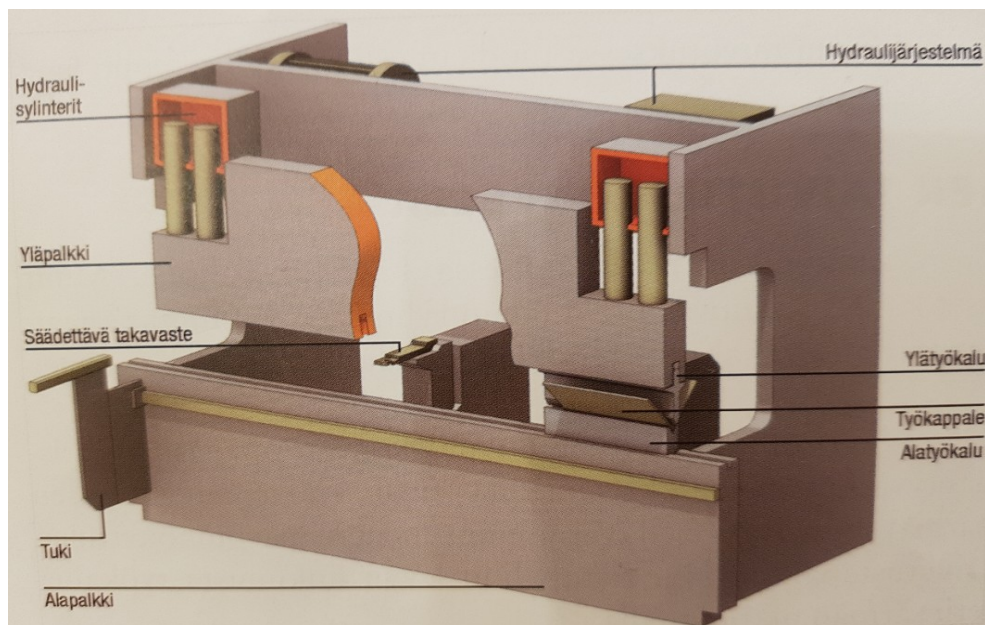
### 3.3 Taivuttaminen ja särmäys

Taivuttaminen on yleinen levynmuokkaustapa ohutlevyosissa, ja se voidaan toteuttaa usealla eri tavalla käytettävien työkalujen ja suoritustavan mukaan. Särmäys on ohutlevyn yleisin ja monipuolisin taivutusmenetelmä. Särmäyspuristimen etuja käsin

taivuttamiseen verrattuna ovat suuri taivutusteho, helppokäyttöisyys ja nopeus. (Matilainen ym. 2010, 241.)

Särmääminen suoritetaan särmäyspuristimella, joita on saatavilla erikokoisia ja -tehoisia, riippuen käyttötarkoituksesta. Yleisimmin käytettävien puristimien särmäysleveydet ovat 2-4 metriä, mutta voivat olla leveydeltään aina 10 metriin asti. Särmäyspuristimen puristusvoima vaihtelee laitteen koon mukaan 100-25000 kN:n välillä. Vaadittava puristusvoima määräytyy särmättävän kappaleen materiaalin ja paksuuden mukaan. (Matilainen ym. 2010, 240.)

Särmäyspuristimen toiminta voidaan toteuttaa mekaanisesti, hydraulisesti tai pneumaattisesti. Suuritehoisimpien koneiden voimantuotto toteutetaan hydraulisesti, jolloin hydraulisylintereiden avulla säädetään työskun syvyyttä ja voima saadaan jakaantumaan tasaisesti koko palkin pituudelle. Tarkkaliikkeisissä särmäyspuristimissa toiminta on toteutettu servomootoreiden avulla. (Matilainen ym. 2010, 240.)



Kuva 6. Särmäyspuristimen rakenne. (Matilainen ym. 2010, 240.)



Nykyaikaisissa särmäyspuristimissa puristussyvyyden sekä kappaleen paikoitusta varten olevien vasteiden säätö on numeerisesti ohjattua. Ohjelmoitavilla vasteilla saadaan helpotettua särmäyksen toistettavuutta. (Matilainen ym. 2010, 240.)

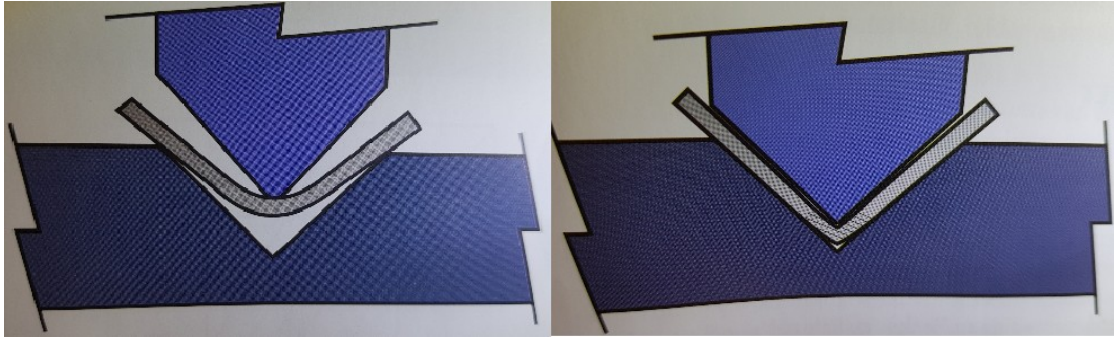
### 3.3.1 Särmäysmenetelmät

Särmäys tehdään yleensä vapaataivutuksena tai pohjaaniskutaivutuksena. Litistykset, joissa levyn reuna taitetaan kokonaan levyn pintaa vasten 180 asteen kulmaan, tehdään omalla litistystyökalulla. Harvemmin käytettävällä elastisella vastimella alavastepintana saadaan taivutettua vaikeammin toteutettuja muotoja, ja valmistettavan kappaleen pinta pysyy naarmuttomana. (Matilainen ym. 2010, 240-242.)

### 3.3.2 Vapaataivutus ja pohjaaniskutaivutus

Suurin osa särmäyspuristimilla tehtävistä taivutuksista tehdään vapaataivutuksena. Vapaataivutuksessa työkalua ei paineta pohjaan saakka vaan ylätyökalun isku lopetetaan ennen kuin levy osuu alatyökalun pohjaan, jolloin levy saadaan taivutettua alatyökalun urakulman mukaan haluttuun kulmaan. Vapaataivutuksessa käytetään yleensä alatyökaluja, joiden kulmat ovat alle 90°. Tavoiteltavaa kulmaa voidaan muuttaa säätämällä ylätyökalun iskunpituutta. (Matilainen ym. 2010, 241.)

Pohjaaniskutaivutuksessa ylätyökalun iskun pituus on säädetty niin, että ylätyökalu painuu kokonaan alatyökalua vasten, ja välissä oleva levy muotoutuu ala- ja ylätyökalujen muotojen mukaan. Pohjaaniskutaivutus vaatii 3-5 kertaa enemmän puristusvoimaa kuin vapaataivutus, ja menetelmällä voidaan saada levyyn pysyvä muodonmuutos, joka saattaa eliminoida taivutettavassa levyssä ilmenevän takaisinjouston lähes kokonaan. Takaisinjousto on lähes kaikessa levynmuovaustyössä ilmenevä ilmiö, jossa taivutettavan kappaleen sisäiset jännitykset pyrkivät palauttamaan taivutuskulmaa kohti alkuperäistä muotoa. (Matilainen ym. 2010, 241, 245.)



Kuva 7. Vapaataivutus, jossa ylätyökalua ei paineta v-aukon pohjaan ja pohjaaniskutaivutus, jossa ylätyökalu pohjaan painettuna. (Matilainen ym. 2010, 241.)

### 3.3.3 Taivutuksen huomioiminen tuotesuunnittelussa

Moniin muihin valmistusmenetelmiin verrattuna taivutettavien osien suunnittelussa korostuu valmistustekninen asiantuntemus. Suunnittelijan tulisi tietää jo osia hahmotellessaan valmistusmenetelmä sekä se, millaisia työkaluja osien valmistukseen on käytettävissä. Kun tiedetään enemmän taivutusprosessista, voidaan suunniteltava osa muotoilla valmistuksen kannalta edullisesti, ja samalla vältetään valmistusvaiheessa ilmeneviltä virheiltä. (Matilainen ym. 2010, 255.)

Taivutettavaan levyosaan jää usein mittavirhettä tiettyyn kohtaan. Piirustuksissa on hyvä ilmaista ne mitat ja kohdat, joihin epätarkkuudet voidaan jättää. Lopullisten mittojen tarkkuus riippuu levyosan paikoituksesta, aihion valmistuksen tarkkuudesta sekä siitä, kuinka tarkasti levyaihion oikaistu pituus on määritetty. (Matilainen ym. 2010, 256.)

Taivutettavien levyosien suunnittelussa merkittävimpiä huomioon otettavia asioita ovat osiin sijoitettavien reikien ja lovien sijoittelu sekä taivutettavien muotojen minimi- ja maksimipituudet. Jotta reiät ja lovet säilyttävät muotonsa taivutuksen jälkeen, ei niitä tulisi sijoittaa liian lähelle taivutuskohtaa. Myös taivutettavan levynreunan pituus on valittava riittävän suureksi, jotta taivutus voidaan tehdä käytössä olevilla työkaluilla, eikä levyn reuna lipeä alatyökalun v-uraan. Liian pitkät taivutukset sen sijaan saattavat aiheuttaa kappaleen osumisen särmäyspuristimen rakenteisiin. (Matilainen ym. 2010, 264.)

## 4 3D-MALLINNUS

3D-mallinnuksella tarkoitetaan tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti avaruudessa, joka koostuu x-, y-, ja z- koordinaattiakseleista. Suunnittelijan näkökulmasta tämä tarkoittaa, että kappaleet, osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille saadaan annettua kaikki ne fysikaaliset sekä mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettavalla tuotteella todellisuudessakin on. 3D-mallinnus avaa myös suunnittelijalle mahdollisuuden tarkastella kattavasti sekä rakenteen kokonaisuutta, että sen lujuusominaisuuksia. (Tuhola & Viitanen 2008, 5, 17.)

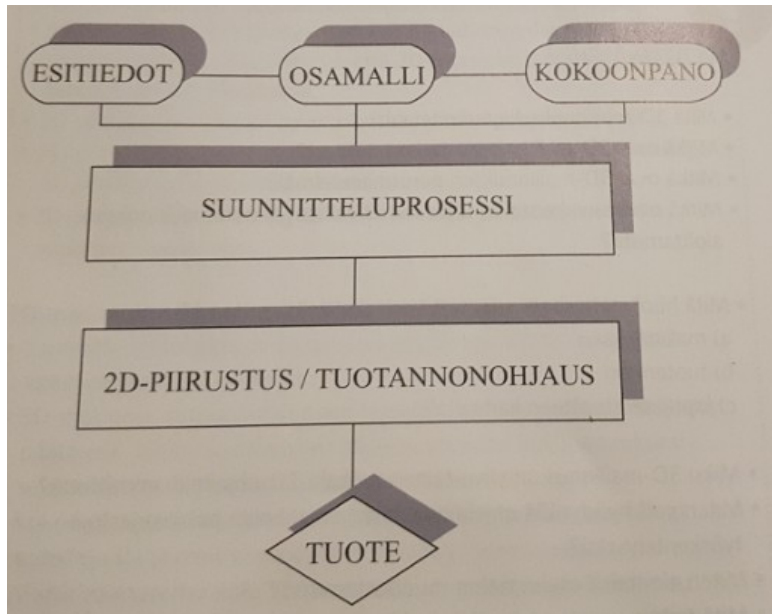
3D-mallinnus ei ole pelkästään erilaisten mallinnusohjelmien opettelua. Tarvitaan myös käytännön tietoa, tekniikan tuntemusta, mallinnustaitoa ja kykyä hahmottaa asioita kolmiulotteisesti. Kun hallitsee varsinaisen 3D-mallinnuksen periaatteet, ei ole niinkään merkitystä, millä ohjelmalla tuottaa varsinaisen lopputuotteen ja siitä tehtävät piirustukset. (Tuhola & Viitanen 2008, 7.)

Kolmiulotteisen mallinnuksen hyödyt verrattuna kaksiulotteiseen suunnitteluun tulevat varsinkin monimutkaisten kokonaisuuksien hallinnassa, tehokkuudessa sekä ajankäytössä. 3D-ympäristössä osien yhteensopivuus voidaan tarkistaa reaaliaikaisesti tuotetta suunniteltaessa kinemaattisten tarkastelujen avulla, välttäen mahdollisia ongelmia osien kokoonpanovaiheessa. (Tuhola & Viitanen 2008, 34.)

### 4.1 Suunnitteluprosessin lähtökohdat

Mallintamisen käyttö suunnittelussa perustuu kolmeen pääkohtaan, jotka ovat kytköksissä toisiinsa: esitiedot, osamalli ja kokoonpano. Jotta 3D-mallintaminen saadaan vietyä läpi siten, että saadaan tehtyä halutunlainen tuote, pitää suunnittelijalla olla tarvittavat esitiedot suunniteltavasta tuotteesta. Esitietojen pohjalta luodaan osamalli ja osamallien avulla kokoonpano. Nämä kolme muodostavat yhdessä

suunnitteluprosessin, jonka myötä saadaan luotua 2D-piirustukset, tarvittavat tiedot tuotantoa varten sekä lopullinen tuote. (Tuhola & Viitanen 2008, 54.)



Kuva 8. 3D-mallintamisen suunnitteluprosessi. (Tuhola & Viitanen 2008, 54.)

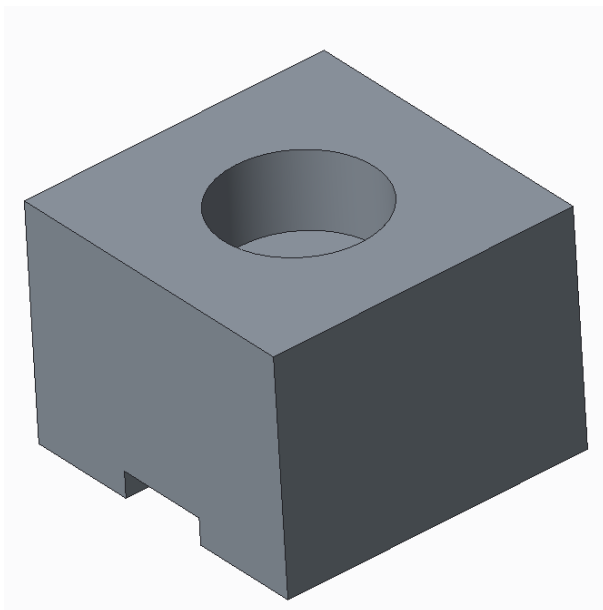
Kaikki mallintaminen ja suunnittelu perustuu kohteesta hankittuun tietoon. Tämän vuoksi on selvitettävä mahdollisimman paljon tietoa suunnittelun kohteesta perustuen mm. aikaisempiin kokemuksiin ja käyttöolosuhteisiin. Mitä paremmat esitiedot kohteesta saadaan, pystytään sen avulla myös järjestelmää käyttämään paremmin hyödyksi. Tällaisia esitietoja ovat mm. materiaalitiedot sekä tila- ja kuormitusvaatimukset. (Tuhola & Viitanen 2008, 55.)

#### 4.2 3D-mallinnusmenetelmät

3D-mallinnusmenetelmiä on kolme päätyyppiä: kappalemallinnus, levymallinnus ja pintamallinnus. Näistä kappale- ja levymallinnusta käytetään enemmän metalliteollisuudessa kone- ja laitesuunnittelussa. (Tuhola & Viitanen 2008, 26.)

#### 4.2.1 Kappalemallinnus

Kappalemallinnuksessa eli solidimallinnuksessa pohjana on jokin valmis umpinainen muoto, kuten kartio, ympyrä, neliö tai kolmio, jota muokataan halutulla tavalla. Yleisimpiä muokkaustapoja ovat leikkaus ja pursotus, joissa valmiista muodosta otetaan pois tai siihen lisätään materiaalia tai kappaleita. Kappalemallinnuksella tuotettujen tuotteiden työstömenetelmiä ovat niin sanotut lastuavat työstömenetelmät, kuten sorvaus, jyrsintä, ja poraus. (Tuhola & Viitanen 2008, 26.)

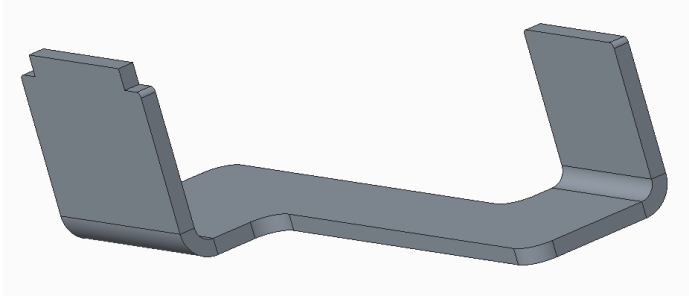


Kuva 9. Esimerkki kappalemallista. (Anssi Korpunen 2019)

#### 4.2.2 Levymallinnus

Kun mallinnuksessa käytetään erilaisia levypaksuuksia, puhutaan levymallinnuksesta (sheetmetal). Levymallinnuksessa oleellista on osata määrittää neutraaliakselin paikka levyn poikkipinnassa. Tämä vaikuttaa suoraan aihion oikaistun pituuden laskemiseen, ja oikaistu pituus taas määrittää sen, kuinka tarkasti kappale saavuttaa lopullisen muotonsa. 3D-ohjelmissa on usein oma taivutustaulukko, joka antaa aihion oikaistun pituuden laskentaan tarvittavan K-factor arvon. K-factor arvon voi määrittää myös laskennallisesti. (Tuhola & Viitanen 2008, 27-28.)

Levymallinnuksessa malli tehdään levystä. Kuten levyjäkin, myös mallia työstetään mallintaessa samoja työstömenetelmiä käyttäen kuten levyn valmistuksessa. Levymallinnuksen työstömenetelmiä ovat kanttaus, särmäys, puristus- ja vetotyökalut, pyöristyskoneet ja erilaiset levytyökeskukset. (Tuhola & Viitanen 2008, 28.)



Kuva 10. Esimerkki levymallista. (Anssi Korpunen 2019)

#### 4.2.3 Pintamallinnus

Pintamallinnuksessa kappale muotoillaan erilaisten pintojen avulla. Menetelmänä se on täysin erilainen verrattuna kappale- ja levymallinnukseen. Pintamallinnus on pääasiassa muotoilijoiden käyttämä työkalu, vaikka sitä voidaanakin käyttää myös muuhun mallintamiseen. Useimmiten sitä käytetään, kun mallinnetaan tuotteita, jotka valmistetaan valamalla sekä erilaisia muovimuotteja ja pursotustyökaluja käyttäen, kuten puhelimen kuori ja veneen muotti. (Tuhola & Viitanen 2008, 29.)

#### 4.3 Kokoonpanot

Kaikki tuotteet, jotka sisältävät enemmän kuin yhden osan, ovat kokoonpanoja. Kokoonpano on se mallintamisen osa-alue, jolla saadaan eniten hyötyä 3D suunnittelussa. Mallinnettavat osat ja kappaleet ovat usein osa suurempaa kokonaisuutta, eivätkä ainoastaan itsenäisiä osia. (Tuhola & Viitanen 2008, 98.)

Kokoonpanotyyppinä ovat osakokoonpano ja pääkokoonpano. Osakokoonpano on osa pääkokoonpanoa. Osakokoonpanoa käsitellään omana itsenäisenä osanaan

pääkokoonpanossa, pääkokoonpanon ollessa lopullinen valmis tuote, joka sisältää kaikki lopullisen tuotteen osat. Kokoonpanon osat tulee sijoitella siten, että ne vastaavat todellista laitetta kaikkine ominaisuuksineen. Suuremmat kokoonpanot kannattaa pyrkiä jakamaan luonteviin ja valmistuksen kannalta järkeviin osakokoonpanoihin. (Tuhola & Viitanen 2008, 99, 109.)

Kokoonpanojen luomiseen on käytettävissä useita tapoja. Voidaan esimerkiksi tehdä kaikki osat ja osakokoonpanot valmiiksi, jonka jälkeen luodaan niistä pääkokoonpano. Yleisenä tapana on myös, että pääkokoonpanon perusosan ympärille tuodaan osakokoonpanoja. Osakokoonpanot voivat olla jo olemassa, tai niitä voidaan tehdä tarvittaessa lisää. (Tuhola & Viitanen 2008, 103.)

Eri ohjelmistoja hyödyntämällä käytössä on kokoonpanojen hallintaan monenlaisia tarkastustyökaluja. Mallinnusohjelman lisenssin laajuudesta riippuen tarkastustyökalujen kohteena voi olla mm.

- liike- ja vierintäradat
- osien tilantarve sekä kosketuspintojen määrittely
- rakenteen kestävyys kuormituksessa ja kuormituksen vaihteluiden vaikutukset.

(Tuhola & Viitanen 2008, 122.)

Kun kokoonpano viimeistellään, siitä tehdään 2D-piirustus ja osaluettelo. Piirustuksessa tulee olla riittävät kuvannot, jotta se voidaan valmistaa. Piirustuksen tulee myös sisältää kaikki tarvittavat mitoitukset ja selventävät huomautukset. (Tuhola & Viitanen 2008, 108.)

## 5 HITSAUSAPUTYÖKALUJEN SUUNNITTELU

Työn tavoitteena oli suunnitella sellaisia aputyökaluja/kiinnittimiä, joilla saataisiin nopeutettua ja helpotettua kuormatraktorin hytin kokoonpanon hitsausprosessia. Hitsaustyökalujen suunnittelutyö alkoi määrittämällä hytin hitsauksessa esiintyviä suurimpia ongelmakohtia. Ongelmakohtia määriteltäessä haastateltiin hyttiä hitsaavia työntekijöitä ja pyrittiin selvittämään missä hitsauksessa esiintyvissä ongelma-alueissa voitaisiin saada aputyökalun avulla suurin hyöty hitsausajan säästämiseksi sekä hitsaustyön helpottamiseksi.

3D-mallinnuksessa käytettiin apuna kuormatraktorin hytin 3D-mallia, joka toimi pohjana aputyökalujen suunnittelussa. 3D-ohjelmalla mallinnettiin työkalujen osat, osakokoonpanot ja piirustukset.



Kuva 11. Kuormatraktorin hytin 3D-malli. (Sampo-Rosenlew)



## 5.1 Vaatimukset aputyökaluille

Työkalut tuli suunnitella siten, että niiden siirrettävyys olisi mahdollista kaikki mahdolliset esteet ja haittatekijät niiden käytössä huomioiden. Esteitä saattavat aiheuttaa jo ennen aputyökalun käyttöä hyttiin paikalleen hitsatut osat sekä osien tukemiseen käytettävät silloitukset.

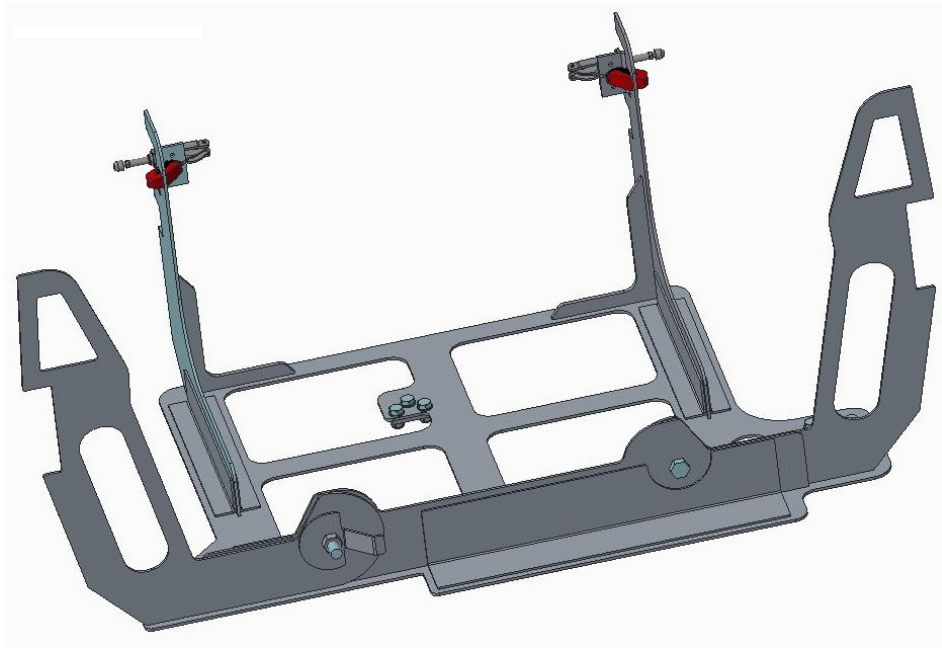
Työkalujen suunnittelussa tuli ottaa huomioon niiden mahdollinen muokattavuus myös vastaisuudessa. Koska kyseessä on ensimmäistä kertaa käyttöön tulevat työkalut, ei niistä tullut suunnitella rakenteeltaan liian monimutkaisia tai vaikeasti valmistettavia.

Työkalujen osien valmistuksen ja kokoonpanon kannalta sopivia menetelmiä ovat laserleikkaus ja särmäys, jotka huomioiden työkalujen rakenne hahmottui. Laserleikkauksen tarkkuudesta oli hyötyä varsinkin osien paikoituksen kannalta, ja erilaisten paikoitusulokkeiden ja kolojen käyttöä onkin käytetty työkalujen tarkasti asemoitavien osien paikoituksessa. Särmäys on edullinen vaihtoehto kannatinlistoille sekä osille, jotka tarvitsivat vahvistusta. Taivutusten käyttö mahdollisti myös sen, että tietyt osat pystyttiin valmistamaan yhdestä osasta ilman osien yhteenliittämistä.

Osien valmistuksessa käytettiin 2-6 mm:n paksuista ohutlevymateriaalia, käyttökohteen vaatimusten mukaisesti. Ohutlevy oli hyvä vaihtoehto myös työkalujen painon rajoittamiseksi.

## 5.2 Aputyökalu B-tolppien sekä etuseinän hitsaamiseen

Hytin B-tolppien asettamisessa oikeaan asentoon hitsausvaiheessa ilmenneiden ongelmien vuoksi, mallinnettiin aputyökalu/kiinnitin, jonka avulla hytin B-tolpat saadaan hitsattua oikeaan asentoon toisiinsa nähden. Samaan työkaluun lisättiin myös tuet hytin etuseinää varten, jota vasten takaseinän kokoonpanon saa asetettua ja lukittua kahdella pikakiinnittimellä.

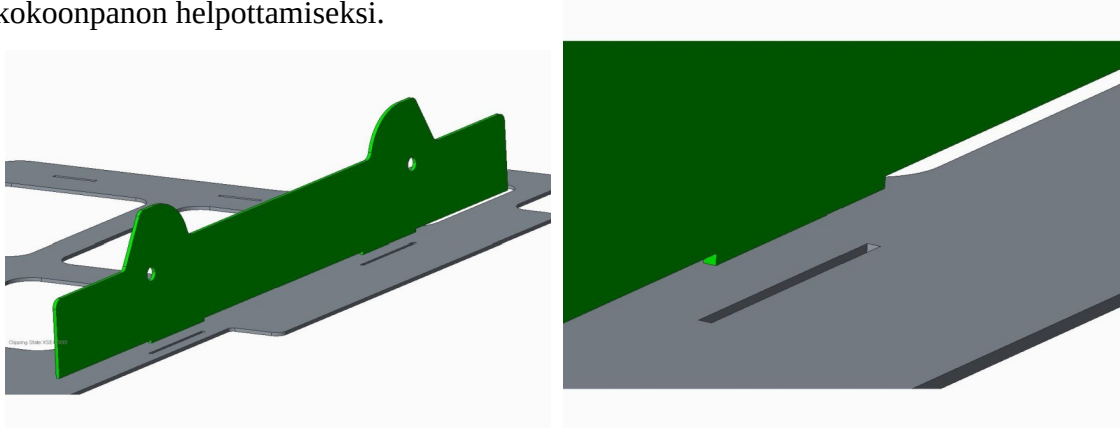


Kuva 12. 3D-malli aputyökalusta. (Anssi Korpunen 2019)

Työkalun osat pyrittiin suunnittelemaan siten, että kokonaisuudesta ei tulisi liian raskas siirrettäväksi, mutta kuitenkin tarpeeksi kestävä, jotta osat eivät taipuisi käytössä kestäen mahdollisia siirtelystä aiheutuvia iskuja sekä kannateltavien osien aiheuttamia hitsausjännityksiä. Siirrettävyyden vuoksi työkalun painavimpiin osiin on tehty kevennysreikiä, kuitenkin haittaamatta niiden tukevuutta. Työkalusta ei myöskään saanut tehdä liian isoa, jotta sen mahtuu ottamaan käytön jälkeen pois hytin sisältä. Tämän vuoksi B-tolppien tuet tehtiin käännettäviksi.

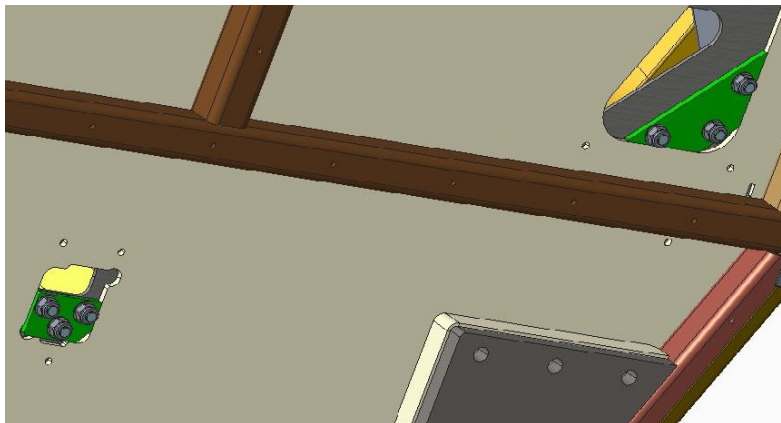
### 5.2.1 Paikoitus

Osien paikoitus työkalun pohjalevyyn nähden tehdään laserilla leikattujen paikoituskolojen avulla sekä tekemällä paikoitettaviin osiin ulokkeita, jotka sopivat pohjalevyn koloihin. Välyksenä paikoituskoloissa ja ulokkeissa on 0.2 mm osien kokoonpanon helpottamiseksi.



Kuva 13. Osien paikoituksessa käytettyjä ulokkeita. (Anssi Korpunen 2019)

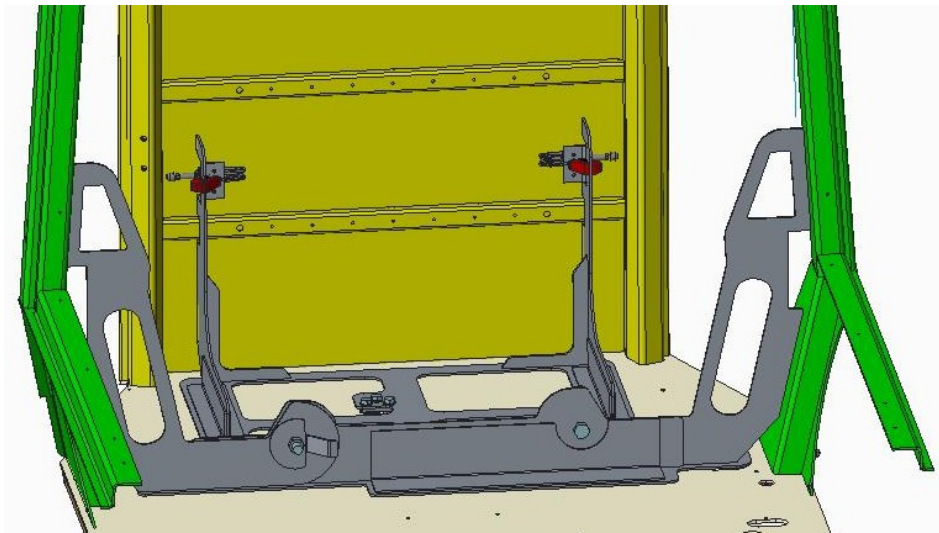
Työkalun paikoittamiseksi hytin pohjalevyyn nähden, asennetaan työkalun pohjalevyn alapuolelle erilliset paikoitusosat (Kuva 14). Osat on mallinnettu mukailemaan hytin pohjalevyn muotoja kahdesta eri kohdasta, kummassakin osassa ollen kaksi suoraa vastepintaa, jotka asetetaan hytin pohjalevyssä olevien aukkojen seinämiä vasten. Paikoitusosien paikoittaminen työkalun pohjalevyyn saadaan kummankin paikoitusosan osalta kolmen reiän avulla. Sekä paikoitusosissa, että pohjalevyssä on 3 kpl reikiä, joiden läpi asennetaan kiinnityspultit. Työkalu kiristetään paikoilleen hytin pohjalevyyn erillisillä ruuvipuristimilla, jotka mahtuvat paikoitusosien vieressä olevista aukoista.



Kuva 14. Työkalun paikoitus paikoitusosien avulla. (Anssi Korpunen 2019)

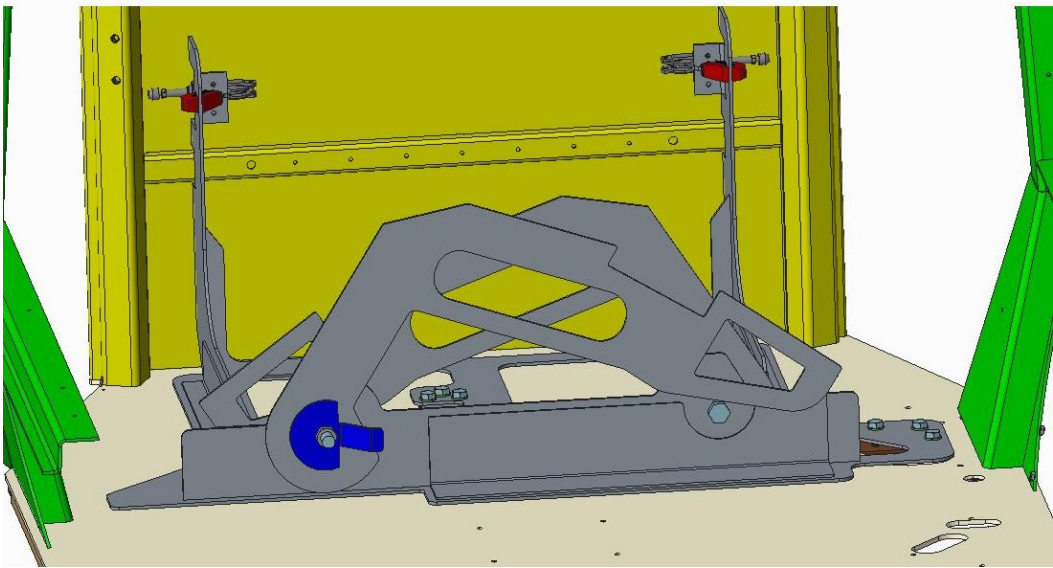
### 5.2.2 Työkalun käyttö

B-tolppien ennalta kokoon hitsatut osakokoonpanot (Kuvassa 15 vihreällä) asetetaan vasten työkalun tolppien kulmatukia. Tukien muoto on mallinnettu tolppien kokoonpanon asennuskulman mukaisesti. Tukien avulla saadaan samalla tolpat asettumaan paikalleen sivuttaissuunnassa, sekä asetettua ne toisiinsa nähden oikeaan asentoon. Hytin etuseinän kokoonpano (Kuvassa 15 keltaisella) asetetaan vasten seinän tukien vastepintoja. Seinä saadaan lukittua paikalleen tuissa olevilla pikakiinnittimillä lukitsemalla ne vasten etuseinän palkkien sisäpintoja.



Kuva 15. Työkalu paikalleen asennettuna. (Anssi Korpunen 2019)

Työkalua pois otettaessa sekä paikalleen asennettaessa voidaan kulmatuet kääntää sisäkkäin, jotta työkalua mahtuu paremmin siirtämään. Koska kulmatuet on asennettu eri puolille tukilevyä, ne eivät törmää toisiinsa. Kulmatuet asettuvat takaisin hitsausasentoon kääntämällä niiden alapinta vasten työkalun pohjalevyä. Tuet kiristetään haluttuun asentoon sitä varten mallinnetuilla kiristimillä (Kuvassa 16 sinisellä).

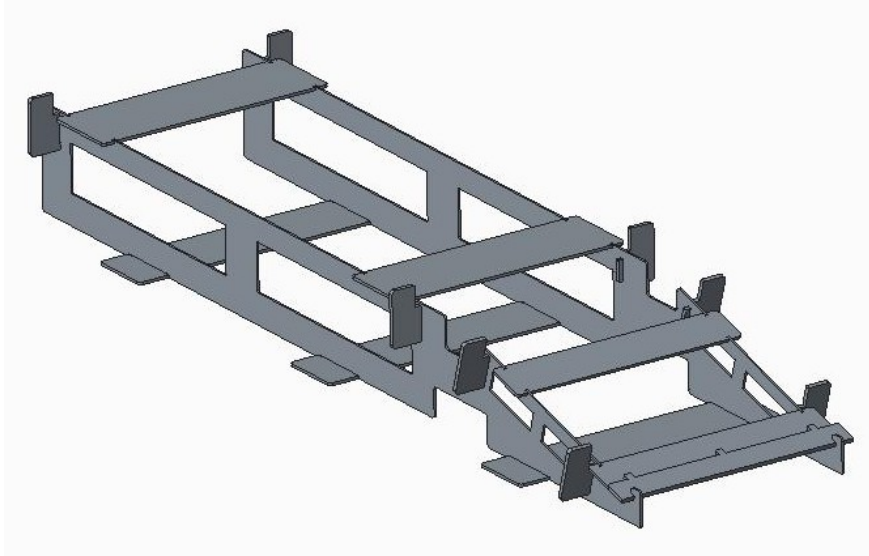


Kuva 16. Tolppien tuet sisään käännettyinä. (Anssi Korpunen 2019)

### 5.3 Aputyökalu B-tolppien hitsaukseen

B-tolppiin liittyvät osat on aikaisemmin hitsattu erikseen vasta hytin kokoonpanovaiheessa, vaatiessa hitsausvaiheessa paljon aikaa osien asetteluun ja mittaustyöhön. Jotta tolpat saataisiin hitsattua valmiiksi kokoonpanona, oli tavoitteena suunnitella aputyökalu siihen tarkoitukseen. Työkalun tarkoituksena on saada hytin vasemman sekä oikean B-tolpan ala- ja yläosa hitsattua oikeaan kulmaan, sekä hitsattua niiden väliin tuleva lista paikalleen. Näin saadaan B-tolpat hitsattua valmiiksi yhtenä kokoonpanona helpottaen niiden paikalleen asennusta.

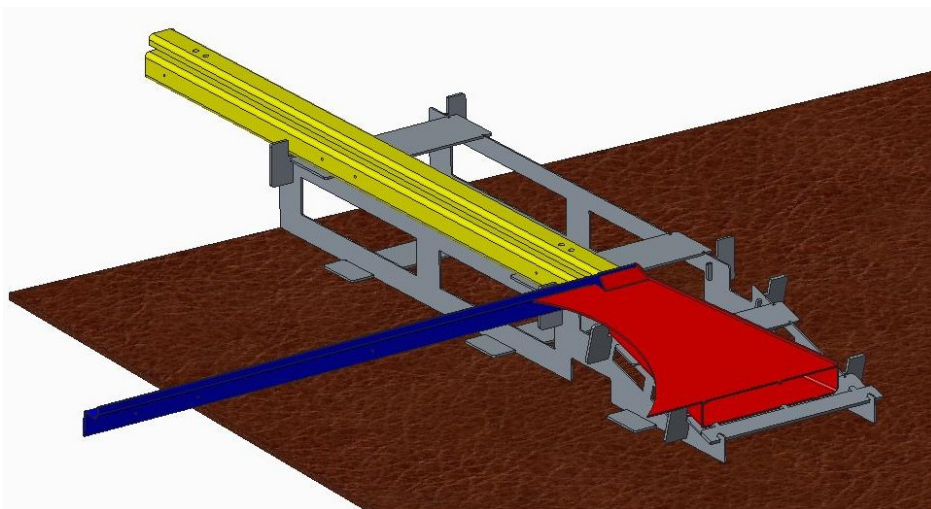
Työkalua käytetään samalla periaatteella kummankin puoleisia B-tolppia hitsattaessa, tolppien ollessa peilikuvia toisistaan. Myös työkalu on mallinnettu peilikuvana keskeltä katsottuna, joten sekä oikean-, että vasemmanpuoleiset tolpat voidaan hitsata työkalun avulla asettamalla vasemmanpuoleisen tolpan kokoonpano samoin tavoin kuin oikeanpuoleisen, mutta vasten vastapuolella olevia vasteita.



Kuva 17. 3D-malli aputyökalusta. (Anssi Korpunen 2019)

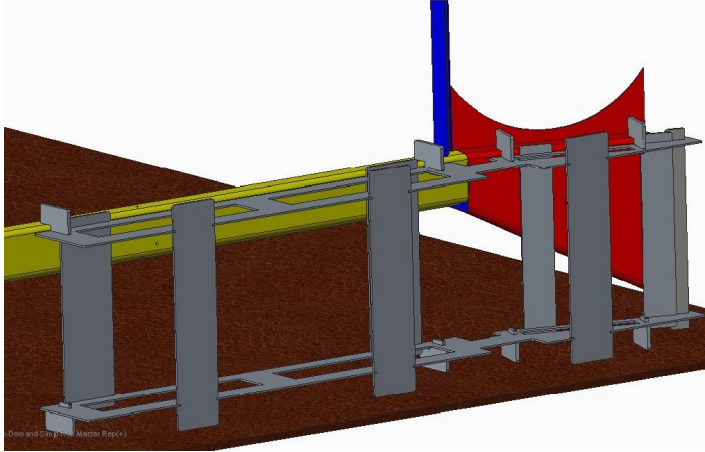
### 5.3.1 Työkalun käyttö

B-tolpat koostuvat kolmesta eri osasta; B-tolpan yläosasta (Kuvassa 18 keltaisella), B-tolpan alaosasta (Kuvassa 18 punaisella) sekä ikkunalistasta (Kuvassa 18 sinisellä). Hitsattaessa osat asetellaan työkaluun vasten sivuvasteita ja etuvastetta. Osat voidaan kiristää erillisillä ruuvipuristimilla kiinni työkalun ylätukiin, joita vasten hitsattavat osat asetetaan. Ikkunalistaa voidaan tarvittaessa kannatella erillisellä korokkeella.



Kuva 18. Hitsattavat osat paikalleen aseteltuna. (Anssi Korpunen 2019)

Sivuvasteiden sekä alatukien pinnat on mallinnettu samalle tasolle keskenään. Näin työkalun voi kääntää pystyasentoon 90° kulmaan, jotta kokoonpanoa pääsee tarvittaessa hitsaamaan myös alakautta.

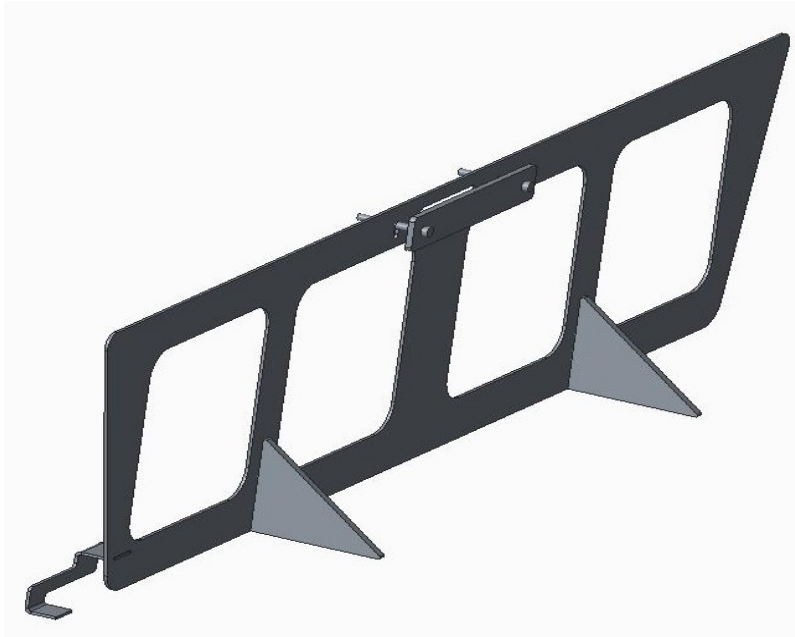


Kuva 19. Työkalu pystyasentoon käännettynä. (Anssi Korpunen 2019)

#### 5.4 Aputyökalu hytin A-tolppien sekä ikkunalistan paikoitukseen

Hitsauksessa on ilmennyt ongelmia asettaa A-tolpat oikeaan kulmaan ja sen vuoksi myös niiden yläosaan kiinni hitsattavaa ikkunalistaa ei ole saatu paikoitettua oikeaan kohtaan. A-tolpissa on paikoitusta varten pienet ulokkeet, ja hytin pohjalevyssä kolot niitä varten, joiden avulla tolppien paikoitus pohjalevyyn on toteutettu, mutta niistä huolimatta paikoitustarkkuus ei ollut riittävä. Myös A-tolppien kanta, joka asetetaan hytin pohjalevyn pintaa vasten, on suunniteltu siten, että tolpat asettuisivat oikeaan kulmaan, mutta siitäkin huolimatta A-tolppien oikeaan kulmaan asettamisessa on ilmennyt vaihtelevuutta. Näiden ongelmien välttämiseksi oli tavoitteena mallintaa työkalu, jonka avulla A-tolpat saadaan oikeaan kulmaan sekä ikkunan alavaste oikeaan kohtaan.

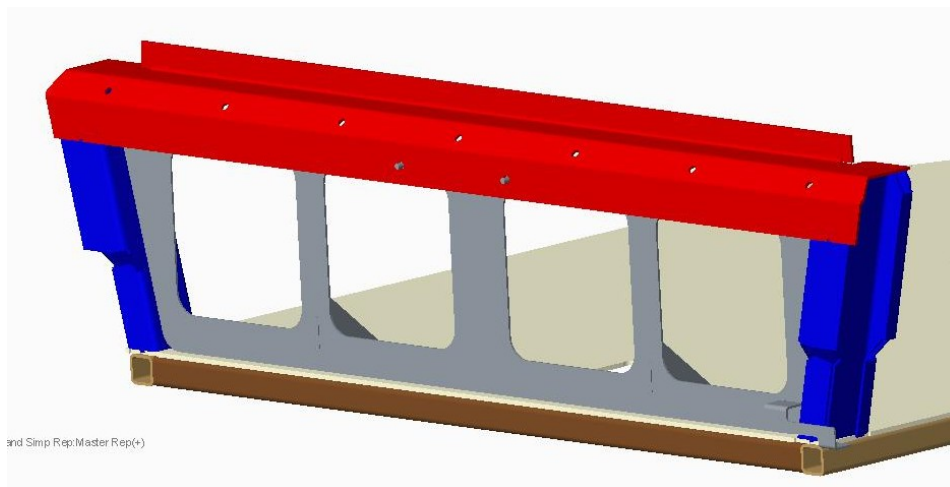




Kuva 20. 3D-malli aputyökalusta. (Anssi Korpunen 2019)

#### 5.4.1 Työkalun käyttö

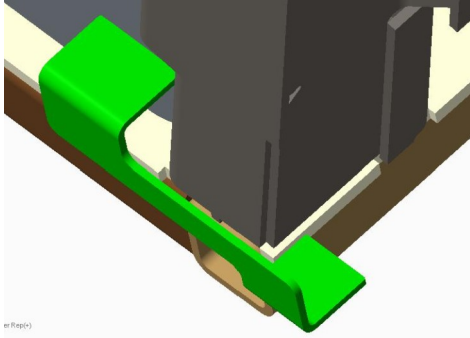
Aputyökalun avulla saadaan paikoitettua hytin vasen ja oikea A-tolppa (Kuvassa 21 sinisellä) oikeaan kohtaan, sekä saadaan ne hitsattua kiinni pohjalevyyn oikeaan kulmaan. Tolpat saadaan hitsattua oikeaan kulmaan asettamalla ne vasten työkalun tolpile tarkoitettuun asetuskulmaan mallinnettuja pintoja. Hytin ikkunan alavaste (Kuvassa 21 punaisella) saadaan myös asetettua oikeaan kohtaan.



Kuva 21. Työkalu paikalleen asetettuna. (Anssi Korpunen 2019)

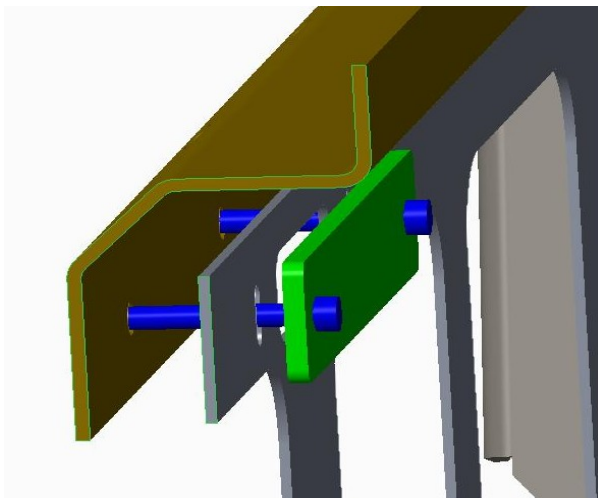


Työkalun paikoitus sivuttaissuunnassa saadaan vasteosan avulla (Kuva 21). Vasteosassa on kaksi taivutusta, jotka on mallinnettu niin, että alemman taivutuksen sisäreuna osuu hytin pohjalevyn keskikohtaan. Asettamalla sivuvasteen sisäreuna vasten hytin pohjalevyä, saadaan työkalu paikoitettua oikeaan kohtaan.



Kuva 21. Työkalun paikoitus pohjalevyyn vasteosan avulla. (Anssi Korpunen 2019)

Hytin ikkunan alavaste voidaan asettaa vaakasuunnassa oikeaan kohtaan erillisen paikoitusosan (kuvassa 22 vihreällä) avulla. Paikoitusosassa olevat reiät täsmäävät vaakasuunnassa työkalun muotolevyssä olevien reikien sekä ikkunan alavasteessa olevien reikien kanssa. Paikoitusosassa on kierteet, joihin asennetaan pultit (Kuvassa 22 sinisellä). Paikoitusosan ja siihen asennettavien pulttien avulla voidaan asettaa ikkunan alavaste oikeaan kohtaan vaakasuunnassa. Ikkunan alavasteen asema pystysuunnassa määräytyy A-tolppien yläpinnan mukaan, jonka vuoksi työkalun avulla sitä ei tarvitse huomioida. Tämän vuoksi työkalussa oleviin paikoitusreikiin on jätetty pystysuunnassa välystä.



Kuva 22. Paikoitusosan käyttö ikkunalistan paikoituksessa. (Anssi Korpunen 2019)

### 5.5 Aputyökalu hytin A-pilareiden paikoitukseen

Hytin A-pilareiden paikoituksessa hitsaamisvaiheessa on aiemmin käytetty apuna niiden väliin hytin kokoonpanovaiheessa asennettavaa ikkunalasia, jonka paikoitustarkkuudessa sekä käsiteltävyydessä on ollut parannettavaa. Käytettäessä pelkkää lasia paikoitukseen, oli hitsaajien erikseen mittaamalla jätettävä rako pilareiden ja lasin väliin asennettavia tiivisteitä varten. Aputyökalun tarkoituksena on saada pilarit asennettua suoraan työkalun vastepintoja vasten, säästän näin aikaa ja vähentäen pilareiden paikoitusvirheen mahdollisuutta.

Työkalu on mallinnettu kevyeksi sen siirrettävyyden helpottamiseksi. Sen vuoksi sitä on tarkoitus käyttää pelkästään pilareiden paikoitukseen, jolloin pilareita ei vielä hitsata kiinni lopullisesti. Työkalua voidaan myös tarvittaessa vahvistaa hitsaamalla siihen tavallista rakenneputkea.



Kuva 23. 3D-malli aputyökalusta. (Anssi Korpunen 2019)

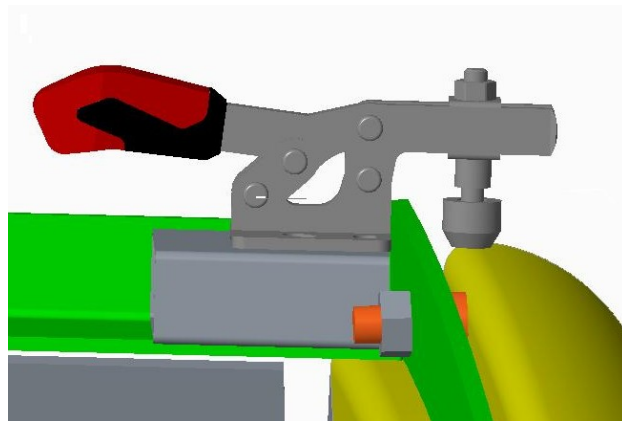
### 5.5.1 Työkalun käyttö

Työkalun (Kuvassa 24 vihreällä) tarkoituksena on paikoittaa hyvin ikkunan A-pilarit (Kuvassa 24 keltaisella), jotta pilarit saadaan asetettua paikalleen oikealle leveydelle.



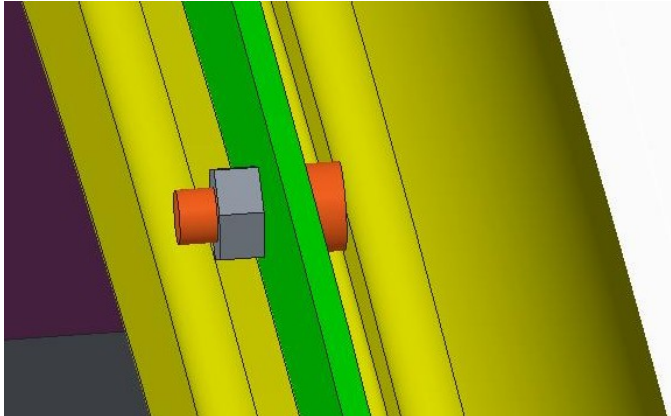
Kuva 24. Työkalu paikalleen asetettuna. (Anssi Korpunen 2019)

Työkalun kiinnitys pilareihin tulee neljän pikakiinnittimen avulla. Pikakiinnittimillä työkalu saadaan lukittua paikoilleen lukitsemalla se hitsattavan pilarin yläosaa vasten (Kuva 25). Pikakiinnittimen pilarin pintaan kiristävän kumiosan paikka on säädettävissä sopivaksi sekä pysty- että sivusuunnassa.



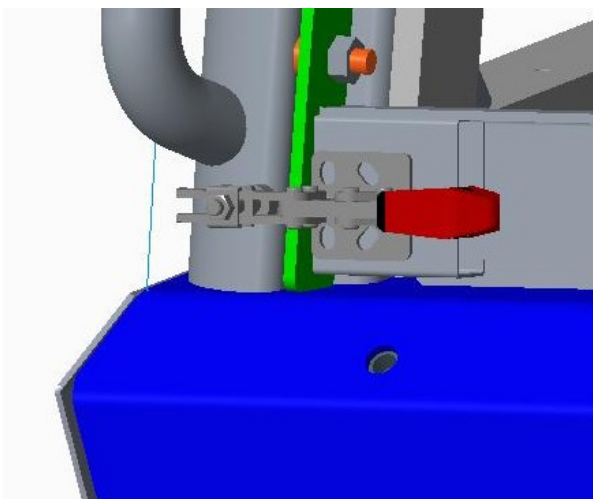
Kuva 25. Pikakiinnitin työkalun kiinnityksessä. (Anssi Korpunen 2019)

Työkalua käytettäessä sen vastepintoina toimivat tarkoitukseen valittujen pulttien kannat, jotka asetetaan palkkien sisäpintoja vasten. Työkalun osat on mallinnettu pultin kantojen mitat huomioon ottaen, ja työkalun leveys on mallinnettu sen mukaisesti. Jos kuitenkin työkalun käytössä ilmenee säätötarvetta, voidaan pultit myös kääntää ja säätää haluttuun mittaan, jolloin niiden vastapuoli toimisi vastepintana.



Kuva 26. Pultin kanta vastepintana. (Anssi Korpunen 2019)

Koska hitsattavien pilareiden asennusleveys, ja samalla työkalu kokonaisuudessaan, kapenee ylöspäin mentäessä, oli myös tarpeen mallintaa työkalu siten, että se saadaan helposti asetettua oikealle korkeudelle. Työkalu saadaan asetettua oikeaan kohtaan, kun sen alapinnat asetetaan vasten alla olevan listan (Kuvassa 27 sinisellä) pintaa.



Kuva 27. Työkalu asetettuna ikkunalistaa vasten. (Anssi Korpunen 2019)

## 6 YHTEENVETO

Työkalujen rakenteiden suunnittelua tehtäessä oli tärkeää verrata suunniteltuja työkaluja ja niiden osia käytännön olosuhteisiin. Tietokoneella suunniteltaessa oli vaikeaa ottaa huomioon kaikkia käytännön työssä ilmeneviä, työkalujen käyttöön liittyviä asioita, kuten niiden liikuteltavuutta tai mahdollisia esteitä, joita tietokoneella mallintaessa ei huomannut. Monet hitsauksessa huomioon otettavat asiat tulivat uutena tietona, joka aiheutti jossain määrin lisätyötä mallinnuksen suhteen. Oma kokemukseni on enemmänkin osavalmistuspuolelta, ja siitä oli hyötyä työkalun osia suunniteltaessa niiden valmistuksen kannalta.

Alkuperäisenä tavoitteena oli suunnitella yksi iso siirrettävä hitsauskiinnitin, mutta sellaisen toteuttamisessa ilmeni ongelmia sen liikuteltavuuden sekä yleisen käytännöllisyyden kannalta. Jotta hitsausprosessille saataisiin suurempi hyöty, oli kannattavampaa suunnitella erillisiä työkalukokoonpanoja, joilla saatiin säästettyä aikaa hytin osien asettelussa, sekä vähennettyä mittaustarvetta hytin kokoonpanovaiheessa.

Jotta pystyi saamaan selkeämmän kuvan työkalun käytettävyydestä, oli olennainen osa suunnittelutyötä keskustella työkaluja käyttävien hitsareiden kanssa työkalujen käytöstä ja käydä läpi niiden kokonaisrakennetta ennen varsinaisen tietokoneella suunnittelun aloittamista. Vaikka työkaluihin piti tehdä alkuperäisistä luonnoksista poikkeavia muutoksia, mahdollisten haittatekijöiden ennalta huomioimisen ansiosta tarvittavien muutosten määrä pysyi kohtuullisena.

Työkalujen suunnittelua hankaloitti osittain se, että nykyiseen hytin rakenteeseen ei voitu tehdä muutoksia, koska hytille on nykyisen rakenteen mukaan tehty kuormituskoe. Kuormituskoe pitäisi tehdä uudelleen aina rakenteellisia muutoksia tehtäessä, ja kokeen hintavuuden vuoksi sitä ei kannata tehdä, elleivät muutokset olisi suurempia.

Työkaluja suunniteltaessa ja keskustellessa hytin kokoonpanoa hitsaavien työntekijöiden kanssa ilmeni joitain keinoja hitsauksen edesauttamiseksi ilman erikseen

suunniteltavia työkaluja, kuten laserleikkauksen avulla mahdollinen piirroituksien lisääminen joidenkin osien paikoittamisen helpottamiseksi.

Työn edetessä ilmeni joitain ongelmia hytin rakenteessa, joka hankaloitti hytin hitsausprosessia ja samalla myös aputyökalujen tekemistä. Tällä hetkellä hytin runko hitsataan pääosin kokoamalla hytin osat erikseen paikalleen asettelemalla. Jos hytin rakenteeseen tullaan tulevaisuudessa tekemään muutoksia, olisi muutokset kannattavaa tehdä siten, että hytti voidaan hitsata isompien osakokoonpanojen avulla, jolloin ne saataisiin hitsattua osakokoonpanoja varten suunniteltavien hitsausjigien avulla.

## LÄHTEET

Ionix Oy www-sivut. Viitattu 14.12.2019. <http://www.ionix.fi>

Katainen, H. & Mäkinen, A. 1992. Aine-liitostekniikka. Porvoo: WSOY.

Kemppi Oy www-sivut. Viitattu 14.12.2019. <https://www.kemppi.com>

Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY.  
Viitattu 12.12.2019. <https://www.ellibslibrary.com/fi/book/951-0-32254-7>

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E., & Hultin, S. 2010.  
Ohutlevy tuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Oy Linde Gas Ab www-sivut. Viitattu 15.12.2019. <https://www.linde-gas.fi>

Sampo-Rosenlew Oy www-sivut. Viitattu 10.12.2019. <http://www.sampo-rosenlew.fi>

Sampo-Rosenlew Oy:n yritys esittelyopas 2019. Viitattu 10.10.2019

Tuhola, E & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä.  
Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

PITUUS- JA KULMAMITAT SFS-EN 22768-1  
 LINEAR AND ANGULAR DIMENSIONS SFS-EN 22768-1

LEIKKAUS, TAIVUTUS JA LÄVISTYS SFS 5803 LUOKKA m  
 CUTTING, BENDING AND STAMPING SFS 5803 LEVEL m

GEOMETRISET TLEISTOLER. SFS-EN 22768-2 LUOKKA m  
 GEOMETRIC GENERAL TOL. SFS-EN 22768-2 LEVEL m

LEIKKAUS TOLERANSSIT SFS-EN 1101  
 TOLERANCES OF FORM AND ORIENTATION SFS-EN ISO 1101

PINTAMERKIT SFS-EN ISO 1302  
 SURFACE TEXTURE SFS-EN ISO 1302

LEIKKAUS 1:1 650 292,6 604

NO	NIMI	MÄÄRÄ	YKSIKÖ	LEIKKAUS
1	KUUSILOHUVI M16x25 DIN934 A4	6	6226389	
2	KUUSILOHUVI M16x25 DIN934 A4	2	6221560	
3	HITSASUUTERI M16 DIN 929	2	6513612	
4	LUNKOVIITERI NW 10 DIN 985	4	6594148	
5	ALUSKALVA A10.3 DIN 125 ZN	6	7400033	
6	ALUSKALVA B10 DIN 137B ZN	6	7414471	
7	rikkaluukko	2	AMF 94128, 21,0	
8	ALUSKALVA A10.3 DIN 125 ZN	6	7400033	
9	B-kannattimien tukilevy	1	T001717	
10	2 tukilevyä B-tolpon kannattimelle	2	T001719	
11	1 polkottimen tukilevy	1	T001720	
12	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001719	
13	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001719	
14	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001719	
15	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001733	
16	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001734	
17	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001736	
18	1 tukilevy B-tolpon kannattimelle	1	T001742	

29-3 YLEINEN LEIKKAUS / GENERAL CUTTING  
 SFS-EN ISO 9013

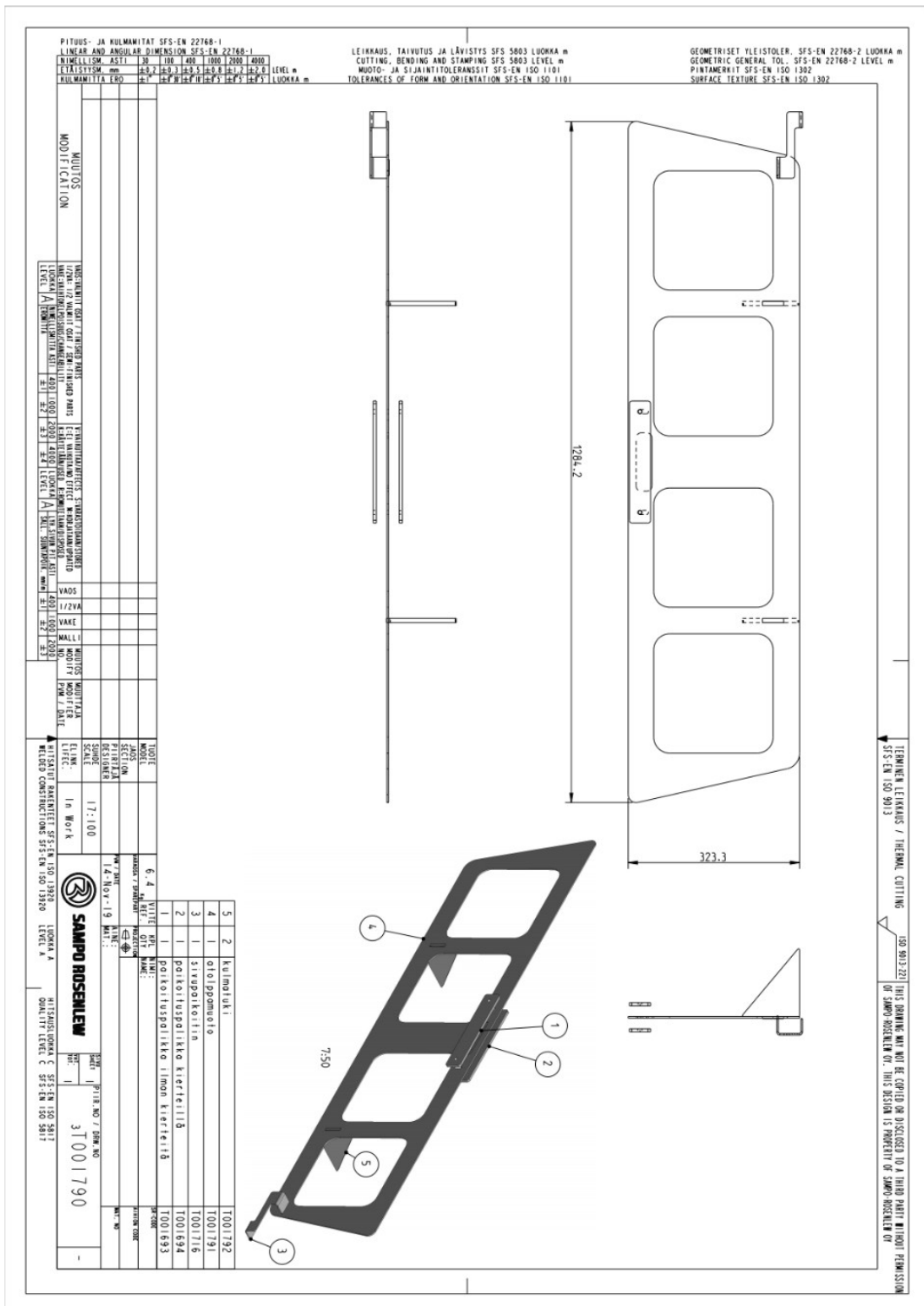
ISO 9013:2011 THIS DRAWING MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED TO A THIRD PARTY WITHOUT PERMISSION OF SAMPO ROSENLEW OY. THIS DESIGN IS PROPERTY OF SAMPO ROSENLEW OY.

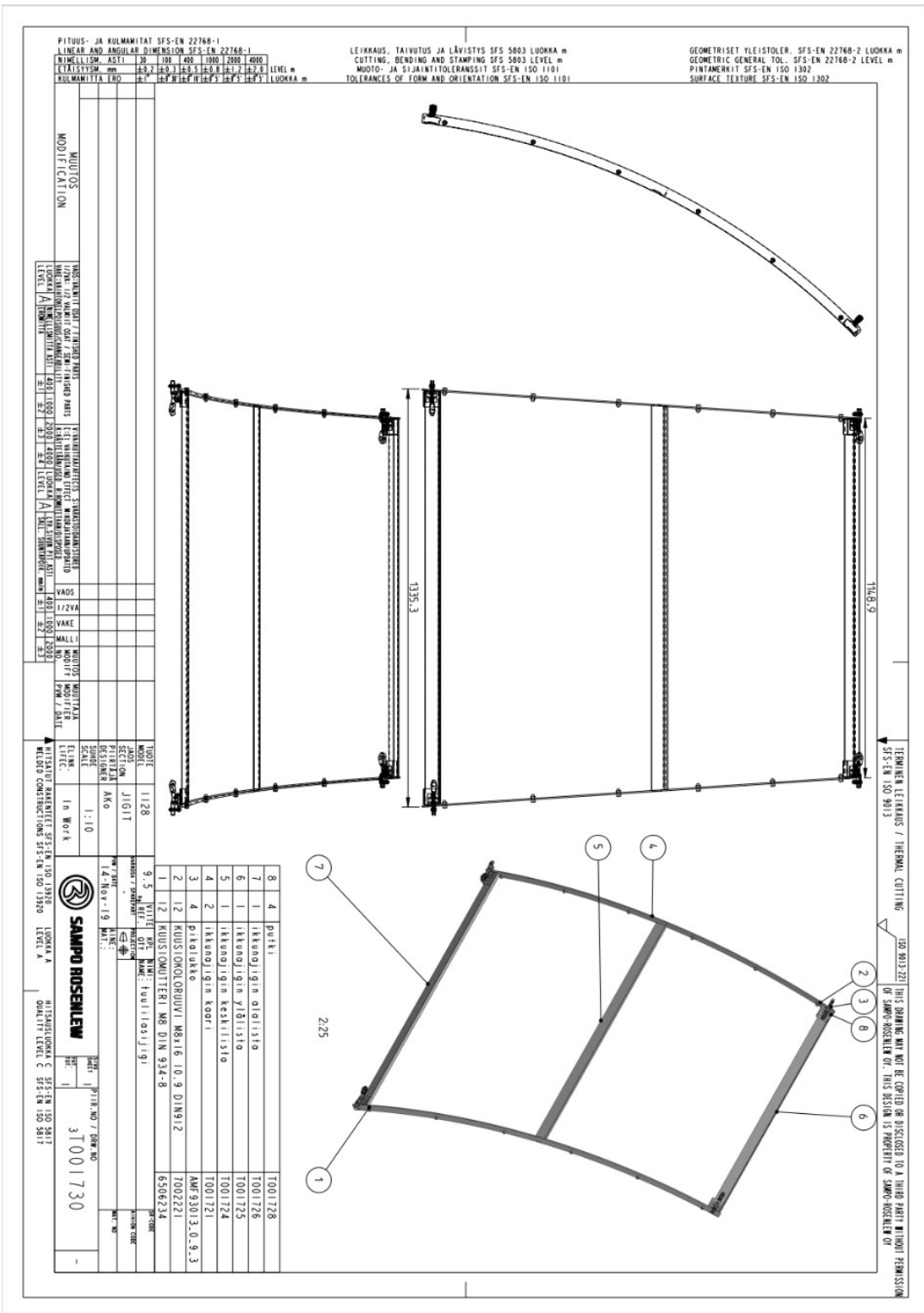
YHTEYSTIEDOT / CONTACT INFORMATION

NIMI / NAME	3T001712
YHTEYSTIEDOT / CONTACT INFORMATION	









THERMAL CUTTING / THERMAL CUTTING ISO 9013:2011 THIS DRAWING MAY NOT BE COPIED OR REPRODUCED TO A THIRD PARTY WITHOUT PERMISSION OF SAMPO ROSENLEW OF. THIS DESIGN IS PROPERTY OF SAMPO ROSENLEW OF.