

Pottiputken valmistusystävällisyyden kehittäminen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Konetekniikka, insinööri (AMK), Riihimäen kampus

Kevät 2021

Suvi Tiainen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ohutlevystä valmistettava pottiputki Riitek Oy:lle, joka toimi tämän opinnäytetyön toimeksiantajana. Tavoitteena oli kehittää olemassa olevaa prototyyppiä valmistusystävällisemmäksi kokonaisuudeksi, sekä pitää pottiputki mahdollisimman kevyenä ilman, että sen toiminta tai kestävyys kärsisi. Opinnäytetyössä kiinnitettiin erityistä huomiota valmistusystävällisyyden parantamiseen, sekä vähentämään tarvittavien osien määrää. Pottiputken komponentit valmistettiin pääsääntöisesti laserleikkaamalla ja särmäämällä.

Pottiputken osien suunnitteluun käytettiin Creo 4.0 -suunnitteluohjelmaa, jota käytettiin 3D-kuvien, sekä valmistuskuvien tekemiseen. 3D-kuvat vietiin TruTops Boost -ohjelmaan, jolla niistä tehtiin laserleikkaus- ja taivutusohjelmat. Valmistus- ja kokoonpanoystävällisyyttä parantava suunnittelu on iteratiivinen prosessi. Se käydään läpi useasti, kunnes tulokseen ollaan tyytyväisiä. Tämän takia mahdollisista parannusideoista valmistettiin proto-osia, jolloin selvisi niiden mahdolliset valmistukselliset haasteet ja edut. Kun seuraava versio valmistettiin, saatiin proto-osaa taas parannettua.

Pottiputken valmistusystävällisyyden kehittämisellä saatiin hyviä tuloksia. Tarvittavien osien määrää saatiin vähennettyä yksinkertaistamalla osien rakennetta, sekä korvaamalla hitsattavia osia taivuttamalla mahdollisuuksien mukaan. Laserleikattavien ohutlevyosien määrää saatiin vähennettyä kahdestatoista seitsemään ja hitsattavia osia on jäänyt pois viisi.

Pottiputken kehitystyön aikana saatiin vastattua hyvin opinnäytetyön toimeksiantajan asettamiin vaatimuksiin. Suurin osa pottiputkeen tarvittavista osista voidaan valmistaa itse,

joten vain muutamia osia joudutaan tilaamaan alihankkijoilta. Alkuperäisen prototyypin valmistusystävällisyyden ongelmat saatiin ratkaistua, jolloin mahdollisia jatkokehityskohteita jäi vain muutama.

Avainsanat Ohutlevy, pottiputki, tuotekehitys

Sivut 34 sivua

ABSTRACT

The objective of this thesis project was to design a planting tube using sheet metal for Riitek Oy, which was the commissioner of this thesis. The purpose was to improve the existing prototype to become more manufacture friendly as well as keeping the planting tube as lightweight as possible without compromising its functionality or integrity. This thesis has a special emphasis on making planting tubes easier to manufacture as well as to reduce the number of components required. The planting tube was made mainly by using laser cutting and bending.

The Creo 4.0 designing program was used to design 3D images and to produce 3D images as well as technical drawings for production. The 3D images were transferred to the TruTops Boost program which was used to create programs for laser cutting and bending. The design for manufacturing and the assembly processes were iterative in nature and were used multiple times to get the required results. For this reason, prototype parts were made using possible improvement ideas which helped understand their advantages as well as disadvantages. When the next version was made, the prototype parts were improved.

The manufacturing friendly development of a planting tube brought good results. The number of parts required was reduced considerably, process of making parts was simplified and the welded parts were replaced with bending where possible. The number of parts needed to be cut using a laser was reduced from 12 to 7 and the number of welded parts was reduced by 5.

During the improvement process of the planting tube, requirements of the commissioner of this thesis were met well. Most of the parts could be manufactured on site and only a few parts had to be ordered from subcontractors. Issues related to manufacture friendliness regarding the original prototype were solved and only a few more things were left for further improvement.

Keywords Sheet metal, planting tube, product development

Pages 34 pages

Sisällys

Kuvat ja taulukot

Sanasto

1	Johdanto	1
2	Pottiputki	2
2.1	Pottiputki ja historia.....	2
2.2	Prototyypin nykytila	3
2.3	Pottiputken toimintaperiaate	5
3	Valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu	6
3.1	DFMA.....	6
3.2	DFM	6
3.3	DFA	6
4	Ohutlevytuotteiden suunnittelu.....	8
4.1	Laserleikkaus	8
4.2	Särmäminen	10
5	Suunnittelun välineet	12
5.1	Kuvista tuotantoon	12
5.2	Creo 4.0	12
5.3	TruTops Boost	13
6	Tavoitteen ja lähtötilanteen määrittäminen	13
6.1	Tavoitteet	13
6.2	Asetetut vaatimukset.....	13
6.3	Suunnittelun lähtökohta	13
6.4	Mahdollisia parannuskohteita	14
7	Osien suunnittelu	16
7.1	Särmätty putki.....	16
7.2	Poljin.....	17
7.3	Jousikotelo	19
7.4	Liipaisin.....	22
7.5	Laukaisutanko	24
7.6	Laukaisujousen rajoitin	27
7.7	Pottiputken nokka.....	28
8	Yhteenveto	28

9 Johtopäätökset	32
Lähteet.....	34

Kuvat ja taulukot

Kuva 1. Pottiputken käyttäminen (Uittokalusto, n.d.).	2
Kuva 2. Vuonna 1970 valmistettu pottiputki (Lusto n.d.).	3
Kuva 3. Alkuperäinen prototyyppi ja sen osat.....	4
Kuva 4. Kaksi erilaista valmistus tapaa (Piironen, 2013. s. 23).....	7
Kuva 5. Suunnittelun vaikutus materiaalihukkaan (Piironen, 2013. s. 24) (muokattu).	9
Kuva 6. Nestauksen vaikutus materiaalihukkaan (Piironen, 2013. s. 23) (muokattu). ...	10
Kuva 7. Reikien ja lovien sijainnit (Matilainen ym. 2011, s. 258).	11
Kuva 8. Esimerkki helpotuksesta (Matilainen ym. 2011, s. 265) (muokattu).....	12
Kuva 9. Alkuperäinen putki.....	16
Kuva 10. Uuden putken puolikas.....	17
Kuva 11. Alkuperäinen poljin ja sen osat.....	17
Kuva 12. Alkuperäinen jousikotelo ja sen osat.....	20
Kuva 13. Alkuperäinen liipaisin.....	22
Kuva 14. Alkuperäinen laukaisutanko ja sen osat.	25
Kuva 15. Nokka ja sen osat.	28
Kuva 16. Kokoonpanon vaihe 1.	30
Kuva 17. Kokoonpanon vaihe 2.	30
Kuva 18. Kokoonpanon vaihe 3.	31
Kuva 19. Kokoonpanon vaihe 4.	31
Kuva 20. Kokoonpanon vaihe 5.	32
 Taulukko 1. Parannuskohteita.....	15
Taulukko 2. Valmistus vaihtoehtoja polkimelle.	18
Taulukko 3. Valmistus vaihtoehtoja jousikotelolle.....	21
Taulukko 4. Valmistus vaihtoehtoja liipaisimelle.	23
Taulukko 5. Valmistus vaihtoehtoja laukaisutangolle.	26

SANASTO

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
DFA	Kokoonpanoystävällinen suunnittelu
DFM	Valmistusystävällinen suunnittelu
DFMA	Valmistus- ja kokoonpanoystävällistä suunnittelu
lasermerkkaus	Laserilla tehtävä merkkaus materiaalin pintaan.
levityskuva	Kuva taivutettavan osan muodosta ennen sen taivutusta.
nestaus	Leikattavat kappaleet asetellaan ohjelmassa levyille niin, että hukkamateriaalia jää mahdollisimman vähän.
pottiputki	Käytetään puuntaimien istutukseen metsänviljelyssä.
särmäys	Ohutlevyn taivuttaminen särmäyspuristimella.
takavaste	Särmäyskoneen osa, jota vasten levy työnnetään särmättäessä oikean mitan saamiseksi.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on jatkaa Riitek oy:n aloittamaa ohutlevystä valmistettavan pottiputken kehitystyötä, sillä sen kehitys on jäänyt ensimmäisten prototyyppien tasolle. Koska pottiputken kehitystä ei ole jatkettu, ei sen valmistusystävällisyyteen ole otettu vielä mitään kantaa. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää alkuperäistä prototyyppiä valmistusystävällisemmäksi ja helpottaa tuotteen kokoonpanoa. Tähän pyritään välttämällä etenkin hitsausta vaativia osia, jos ne voidaan korvata tai valmistaa toisella tavalla. Opinnäytetyössä hyödynnetään laserleikkausta ja särmäystekniikkaa, jotka mahdollistavat irtonaisten osien vähentämisen. Lisäksi näiden valmistustekniikoiden suosiminen mahdollistaa sen, että kyseiset osat voidaan valmistaa itse, kuten toimeksiantaja toivoi. Valmistusprosessista pyritään vähentämään reikien porauksia sekä kierteytyksen tarvetta, jolloin tuotantokulut pienenevät.

Pottiputki eli istutusputki on puiden paakkutaimien istuttamiseen käytetty työkalu, joka säästää taimien istuttajalta aikaa ja selkää, sillä taimet voi istuttaa helposti seisaaltaan. Tällä hetkellä markkinoilla olevat pottiputket ovat raskaita, eivätkä ne ole täysin ruosteen kestäviä. Pottiputki tullaankin valmistamaan ruostumattomasta teräksestä, jolloin pottiputki ei ruostu. Lisäksi tavoitteena on pitää pottiputki mahdollisimman kevyenä, sillä ammatti-istuttajat voivat istuttaa tuhansiakin taimia päivässä.

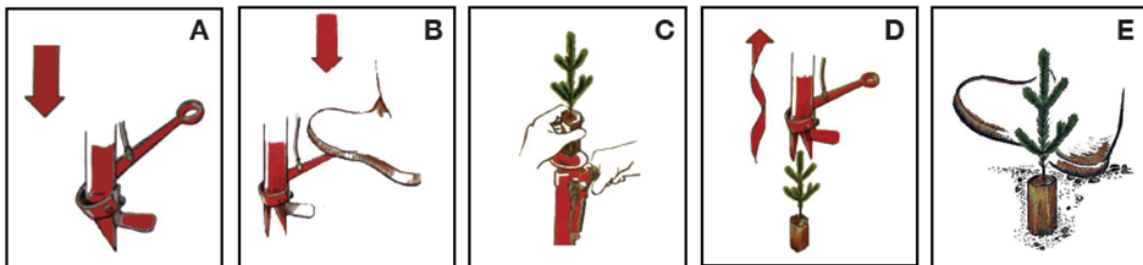
Riitek oy on vuonna 2013 perustettu teräs- ja alumiinilevyjen leikkaukseen ja niiden jatkojalostukseen erikoistunut yritys. Riitek oy on Joros oy:n sisaryritys ja alussa toimittikin levyosia vain heille, mutta vuosien varrella Riitekillä on kehittynyt oma asiakaskanta ja tällä hetkellä toimittaakin ohutlevyosia asiakkaille ympäri Suomea. Työntekijöiden määrä Riitekillä on tuplaantunut viime vuoden aikana ja nyt työntekijöitä onkin noin 30. Lisäksi Riitek on investoinut uuteen halliin ja uusiin laitteisiin ja näin kasvattaa kapasiteettia ja töiden monipuolisuutta. (Riitek oy, työharjoittelu 2020.) Vuonna 2019 Riitekin liikevaihto oli 3,4 miljoonaa euroa (Asiakastieto, n.d.).

2 Pottiputki

2.1 Pottiputki ja historia

Pottiputki eli istutusputki on puiden paakkutaimien istuttamiseen käytetty työkalu, joka säästää taimien istuttajalta aikaa ja selkää, sillä taimet voi istuttaa helposti seisaaltaan. Pottiputkia on useita kokoja ja niillä voi istuttaa kaikkia suomalaisia puulajeja, kunhan taimet ovat tarpeeksi pieniä. Pottiputket valmistetaan nykyisin erikoisteräksestä ja ne maalataan, jolloin maalikerros antaa suojaa ruostetta vastaan. Pottiputki on toiminnaltaan yksinkertainen ja helppo, taimien istuttaminen on suoraviivaista. Kun taimelle on valittu paikka, pottiputki työnnetään maahan ja sen nokka avataan poljinta painamalla, jolloin taimelle syntyy kolo. Tämän jälkeen taimi syötetään pottiputken läpi ja putki nostetaan pois, jonka jälkeen taimen ympärillä olevaa maata kannattaa tiivistää jalalla painelemalla. Putken nokka suljetaan painamalla liipaisimesta ja putki on taas valmis seuraavan taimen istutukseen. Kuvassa 1 pottiputken käyttö esitellään visuaalisesti. (Uittokalusto, n.d.)

Kuva 1. Pottiputken käyttäminen (Uittokalusto, n.d.).



1950-luvulla metsänhoitotöitä alettiin koneellistamaan tuottavuuden parantamiseksi. Tuolloin alettiinkin käyttää ensimmäisiä maanmuokkauskoneita helpottamaan metsätöitä, lisäksi kylvö- ja puunkorjuutöitä alettiin koneellistamaan vuosien saatossa. Taimien istuttaminen koneellisesti on kuitenkin tuottanut vaikeuksia ja sen koneellistaminen on edennyt paljon hitaammin kuin muiden metsänhoitotöiden. Taimien istuttaminen helpottui kuokkaistutuksesta vuonna 1969 kun Sauli Takalo kehitti istutuspihdit. Seuraavan vuoden alussa Tapio Saarenketo jatkoi Takalon työtä ja kehitti Sauli Takalon työn pohjalta pottiputken. Kuvassa 2 näytetään vuonna 1970 valmistettu pottiputki. (Pakkanen, 2011. s. 194)

Kuva 2. Vuonna 1970 valmistettu pottiputki (Lusto n.d.).

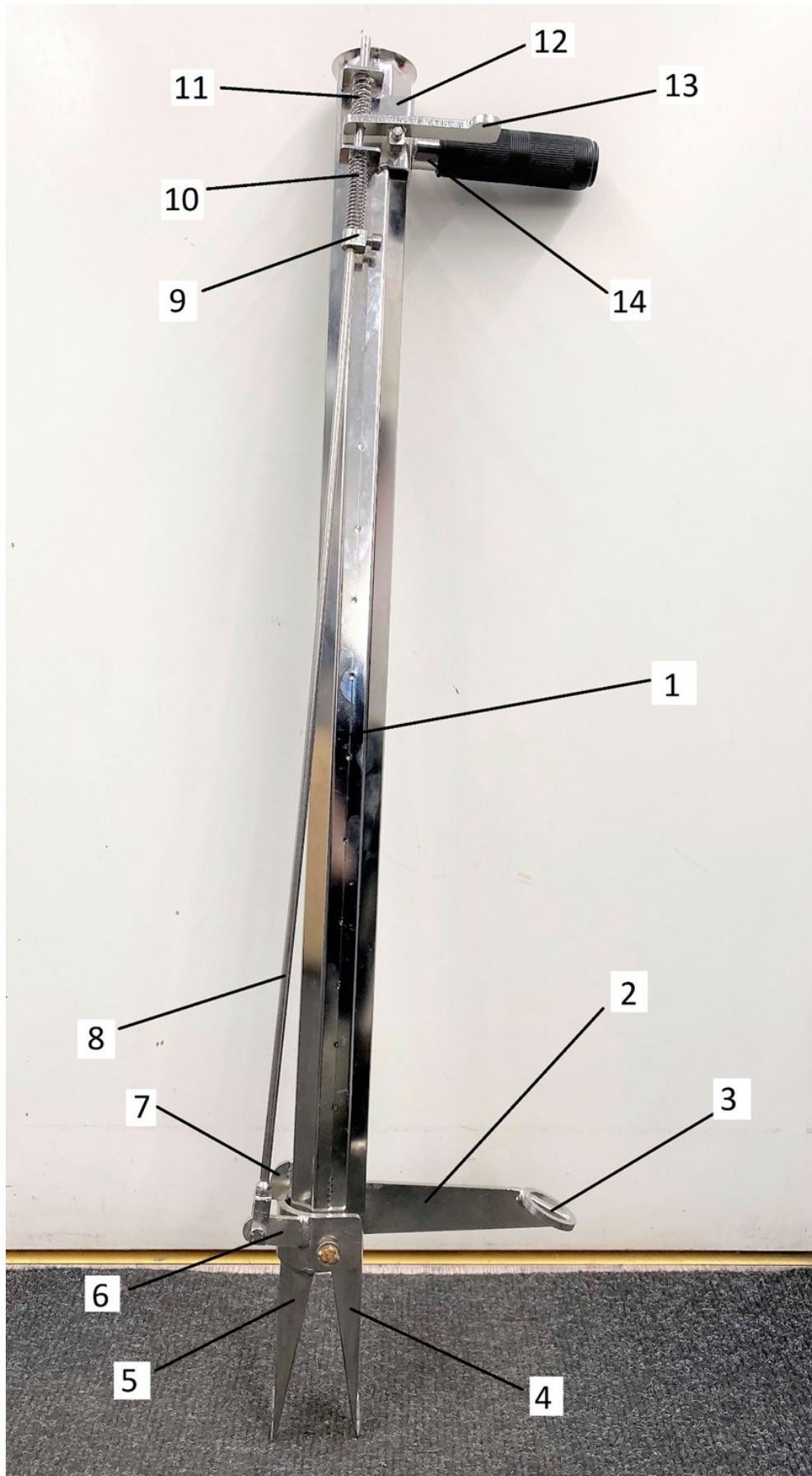


Vaikka viime vuosina onkin koneellista istutusta alettu käyttää enemmän, ei se vielä ole syrjäyttämässä pottiputkea. Esimerkiksi vuonna 2013 Suomessa istutettiin yhteensä 77 000 hehtaarin alalle puuntaimia, joista vain 2663 hehtaaria eli 3,46 % istutettiin koneellisesti (Kärhä ym. 2014, s. 6). Pottiputki on edelleenkin monessa maastossa parempi vaihtoehto, sillä koneellinen istutus ei sovi kaikille kohteille, kuten kiviselle-, turve-, kostealle maalle, eikä jyrkkille rinteille (Metsäkeskus, 2012, s. 43).

2.2 Prototyypin nykytila

Pottiputkesta on valmistettu kolme eri kokoista prototyyppiä, mutta vain kaksi niistä on valmistettu pääsääntöisesti ohutlevystä. Näiden ohutlevystä valmistettujen prototyyppien koot ovat 54 mm ja 46 mm. Prototyypit on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, joka on ennalta päätetty materiaali. Vaikka pottiputken prototyyppi onkin teknisesti toimiva, eivät kaikki valmistus ratkaisut ole valmistusystävällisiä. Koska prototyyppissä on useita pieniä osia, jotka vaativat pieneen kokoonsa nähden useita työvaiheita, kuten reikien poraamista ja hitsausta. Lisäksi pienten osien liittäminen putkeen on koon takia hankalaa. Kuvassa 3 esitellään pottiputken osia.

Kuva 3. Alkuperäinen prototyyppi ja sen osat.



1. Särmätty putki
2. Poljin
3. Polkimen taso
4. Alanokka
5. Ylänokka
6. Kiinnityskorvake
7. Stoppari
8. Laukaisutanko
9. Laukaisujousen rajoitin
10. Laukaisutangon jousi
11. Liipaisimen palautusjousi
12. Jousikotelo
13. Liipaisin
14. Kahva

2.3 Pottiputken toimintaperiaate

Pottiputken nokka avataan painamalla poljin alas, jolloin polkimen vastapuoli ja siihen hitsattu kiinnityskorvake nousevat vipuvoimalla ylös ja kiinnityskorvake pakottaa laukaisutangon nousemaan. Laukaisutangon noustessa ylöspäin siihen kiinnitetty laukaisujousen rajoitin työntää alimmaista joustaa kokoon. Kokoon painettu jousi pyrkii työntämään tankoa alaspäin, mutta ylemmän jousen voima työntää liipaisimen takalaitaa alaspäin, jolloin laukaisutangon ja liipaisimen reiän laitojen välinen kitka pitää tangon paikoillaan. Pottiputken nokan saa sulkeutumaan painamalla liipaisinta, tämä liike muuttaa liipaisimen asentoa sen verran, että kitka häviää ja alempi jousi pääsee työntämään tangon alas sulkien nokan.

3 Valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu

3.1 DFMA

DFMA tulee englannin kielen sanoista Design for Manufacturing and Assembly, joka tarkoittaa valmistus- ja kokoonpanoystävällistä suunnittelua. Se käsittää DFM ja DFA suunnittelut, jotka käsittelevät osin samaa asiaa. On kuitenkin tärkeää käyttää kumpaakin prosessia haluttuun lopputulokseen päästäkseen. DFMA-prosessi pyrkii tuotteen mahdollisimman edulliseen tuotantoon ilman, että tuotteen muissa ominaisuuksissa jouduttaisiin tekemään kompromisseja. Prosessi on iteratiivinen, joten se täytyy käydä läpi monta kertaa, kunnes lopulliseen lopputulokseen ollaan tyytyväisiä. Prosessia voidaan käyttää joko valmiiseen olemassa olevaan tuotteeseen tai kehityksessä olevaan prototyyppiin. DFMA-prosessin pääsääntöjä ovat esimerkiksi osien määrän minimointi, osien paikoittamisen helpottaminen sekä osien yhteensopivuuden ja symmetrian maksimointi. (Laakko ym. 1998, s. 184–186 ja 188)

3.2 DFM

DFM tulee englannin kielen sanoista Design for Manufacturing, ja tarkoittaa valmistusystävällistä suunnittelua. DFM-suunnittelussa pyritään huomioimaan asiat, jotka vaikuttavat tuotteen valmistettavuuteen jo suunnittelu vaiheessa. Hyvin suunnitellut osat helpottavat tuotantoa ja pienentävät valmistuskustannuksia. Tuotesuunnittelun aikana pyritään minimoimaan tarvittavien osien määrää, karsimaan turhan tiukkoja toleransseja ja vaikeita erityistyövaiheita, jotka eivät ole tarpeen osan toiminnan kannalta. Lisäksi mahdollisuuksien mukaan karsitaan lisätyö vaiheita, jos ne voidaan jättää pois tai korvata. (Laakko ym. 1998, s. 186)

3.3 DFA

DFA tulee englannin kielen sanoista Design for Assembly, ja tarkoittaa kokoonpanoystävällistä suunnittelua. DFA-suunnittelussa pyritään vähentämään kustannuksia, jotka syntyvät osien kokoonpanosta. Tämä onnistuu osien vähentämisellä,

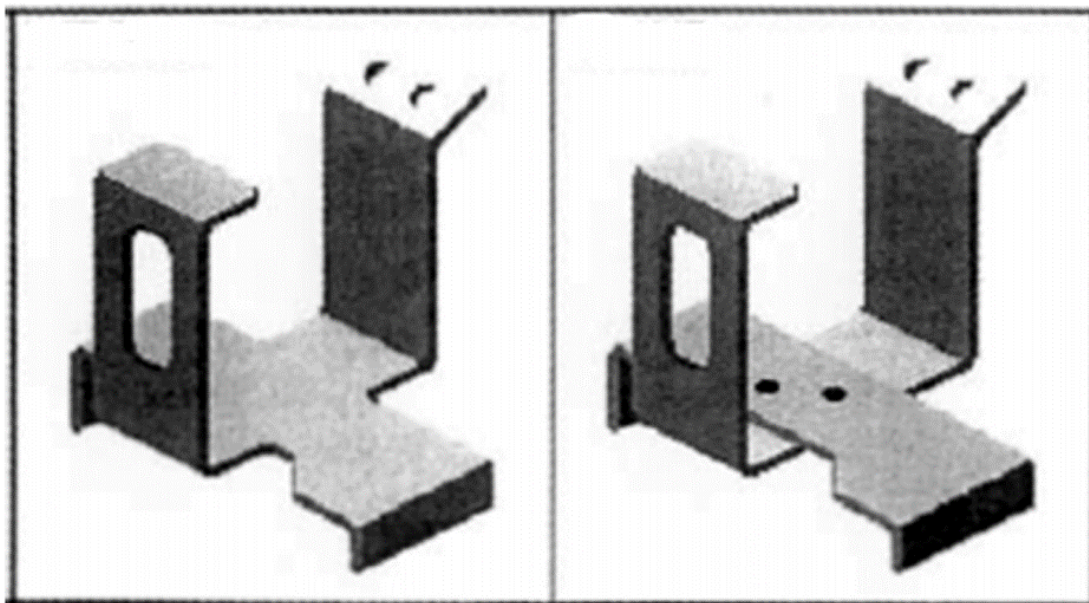
sekä helpottamalla asennusta. Ideaali tilanne olisikin se, että osat paikoittuisivat oikeille paikoilleen itsestään. Osien tarpeellisuuden arvioimiseen on olemassa Laakon ym. (1998, s. 187) mukaan kolmen kysymyksen sääntö:

- Täytyykö osan liikkua muihin osiin nähden?
- Täytyykö osan olla eri materiaalia kuin muut osat?
- Täytyykö jossakin vaiheessa osa voida irrottaa asennuksen tai huollon vuoksi?

Jos vastaus kaikkiin edellä oleviin kysymyksiin on ei, saattaa olla mahdollista yhdistää se muihin osiin. Täytyy kuitenkin muistaa, että tämän täytyy parantaa tuotteen valmistettavuutta. (Laakko ym. 1998, s. 187)

Vaikka valmistusystävällisyyden kannalta tuotetta voitaisiinkin parantaa, täytyy lisäksi ottaa huomioon valmistettavan sarjan koko, sekä materiaalien ja työvaiheiden hinta. Vasemmassa kuvassa 4 näkyvä osa on valmistusystävällisyydeltään parempi ja helpompi valmistaa kuin oikeanpuoleinen, mutta materiaalin hukkaprosentti on puolestaan korkeampi. Oikeassa taas on vähemmän hukkamateriaalia ja näin vähemmän materiaalikustannuksia, mutta kokoonpano kustannukset ovat suuremmat. Sarjakoko ja työvaiheiden hinta määräävät kumpi vaihtoehdoista on halvempi valmistaa. (Piironen, 2013. s. 24)

Kuva 4. Kaksi erilaista valmistus tapaa (Piironen, 2013. s. 23).



4 Ohutlevytuotteiden suunnittelu

4.1 Laserleikkaus

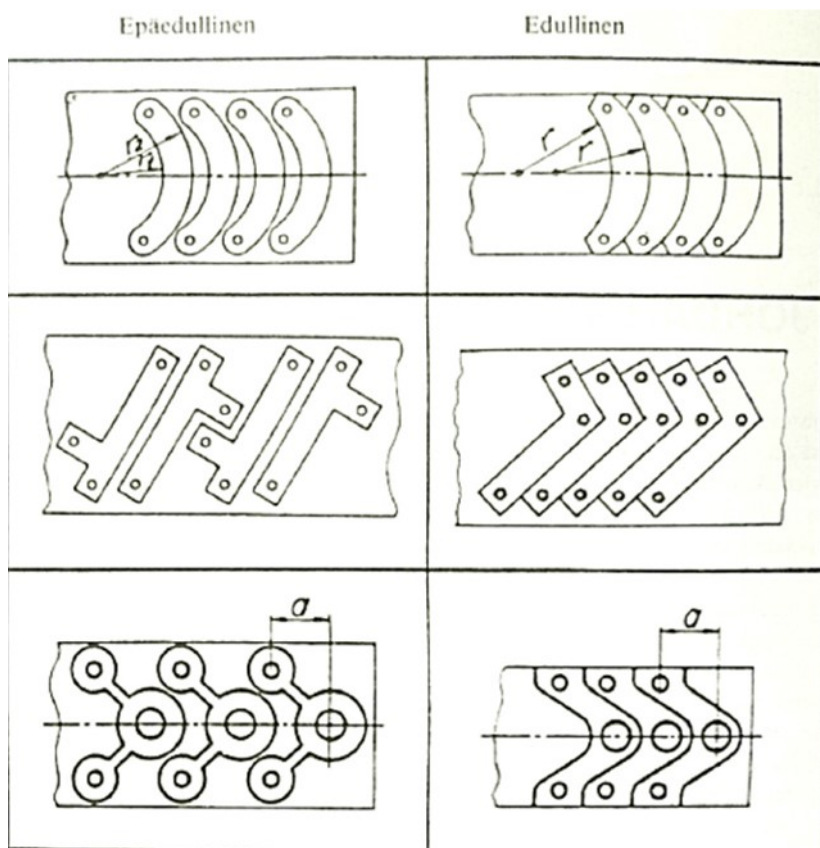
Laserleikkauksen tarkkuus on hyvä ja yleisesti voidaan sanoa, että laserleikkauksessa saavutetaan 0,1 mm tarkkuus, kun leikattava materiaali on alle 10 mm paksu.

Laserleikkauksen tarkkuus riittää normaaleihin liitoksiin ohutlevyosien välille, mutta se ei riitä sovitetarkkuuksiin. (Matilainen ym. 2011, s. 162)

Laserleikkaus on leikkausmenetelmänä joustava ja tarkka, leikattavan osan muoto ja koko ovat paljon vapaampia kuin muilla leikkaus menetelmillä. Laserleikkeissä koon määrittäviä tekijöitä ovat levyaihion sekä työaseman koot. Toisaalta myös suurempien osien valmistaminen on mahdollista leikkaamalla osa kahdessa eri osassa ja hitsaamalla ne myöhemmin yhteen. (Matilainen ym. 2011, s. 162–169)

Suunnitteluvaiheessa kannattaa huomioida materiaalihukan minimointi, jos tämä on mahdollista osan toiminnallisuutta heikentämättä. Materiaalihukan määrään voidaan vaikuttaa suunnittelemalla kappaleet niin, että kun ne asetetaan levyille vierekkäin, jää niiden väliin mahdollisimman vähän tyhjää tilaa. Myös osien sisäinen materiaalihukka kannattaa huomioida varsinkin suurien reikien ja muiden aukkojen osalta. Kuvassa 5 vasemmalla puolella on epäedullinen vaihtoehto, jossa osien väliin jää hukkamateriaalia. Samassa kuvassa oikealla on edullinen vaihtoehto, jossa hukkamateriaali on minimoitu. (Piironen, 2013. s. 23–24)

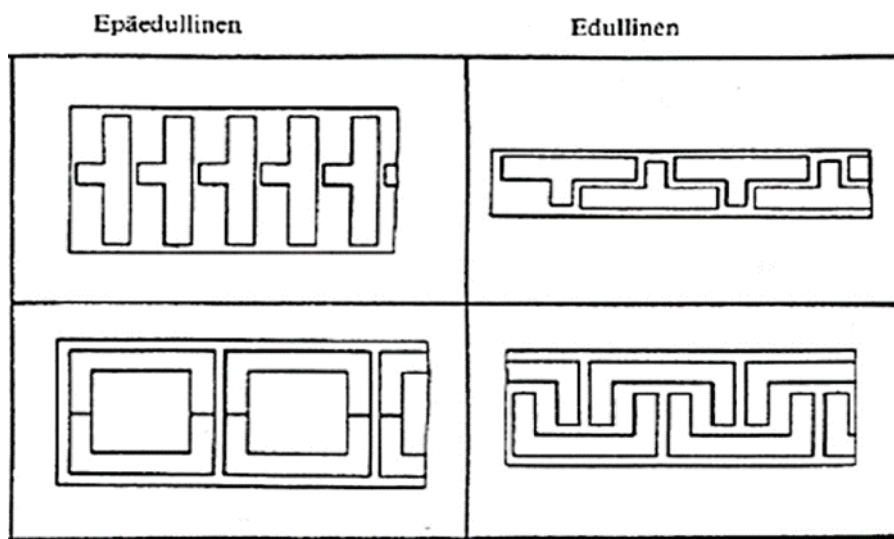
Kuva 5. Suunnittelun vaikutus materiaalihukkaan (Piironen, 2013. s. 24) (muokattu).



Vaikka jo suunnittelussa pyritään huomioimaan materiaalihukka, sekä minimoimaan sen määrä, tulee materiaalihukan huomioiminen uudestaan eteen nestaus vaiheessa.

Nestauksella jossa on huomioitu materiaalihukan minimointi, voidaan säästää huomattavasti enemmän materiaalia kuin huonosti tehdyllä nestauksella, jossa materiaalihukka on suurempi. Kuvassa 6 on vasemmalla nestaus, jossa materiaalihukkaa on paljon, ja oikealla materiaalihukka on minimoitu. (Tomi Piironen, 2013. s. 23)

Kuva 6. Nestauksen vaikutus materiaalihukkaan (Piironen, 2013. s. 23) (muokattu).



4.2 Särmääminen

Kun ohutlevyä särmätään, levy kokee muodonmuutoksen särmäyksen ulkolaidan venyessä ja sisälaidan tyssääntyessä. Lisäksi särmäyksen kohdalla materiaali ohenee. Särmättyjä kappaleita suunniteltaessa täytyy huomioida taivutettujen sivujen pienin mahdollinen pituus, reikien ja lovien sijainti taivutuksesta, sekä taivutusten helpotukset. Lisäksi täytyy huomioida se, että särmätyissä kappaleissa on aina mittavirheitä. (Matilainen ym. 2011, s. 245–259)

Minimilaipankorkeus eli pienimmän mahdollisen taivutettavan sivun pituus riippuu käytettävästä materiaalin paksuudesta, sekä taivutuksen sisäsäteestä. Lyhimmän mahdollisen särmätyn sivun pituuden likiarvo voidaan laskea kaavalla:

$$b = r_s + 2s$$

jossa r_s tarkoittaa särmäyksen sisäsädettä ja s levyn paksuutta. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää suurempaa pituutta kuin mitä laskettu likiarvo on. (Matilainen ym. 2011, s. 249)

Reikiä ja lovia ei voi sijoittaa liian lähelle särmäystä, sillä särmäyskohta kokee muodonmuutoksen. Särmäyskohtaa liian lähellä olevien reikien ja lovien muoto ja sijainti muuttuu särmäyksen yhteydessä, eivätkä ne ole enää symmetrisiä. Reikien pienimmälle mahdolliselle etäisyydelle särmäyksestä käytetään kaavaa:

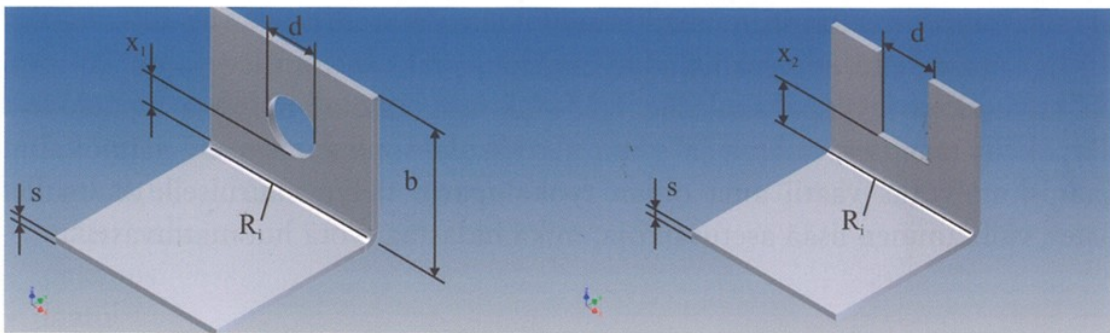
$$x_1 = \sqrt{d \times s} + 0,8R_i \times \sqrt{\frac{b}{d}}$$

ja lovien etäisyydelle:

$$x_2 = 1,1\sqrt{d \times s} + 0,8R_i \times \sqrt{\frac{b}{d}}$$

näiden kaavojen symbolien merkitykset näkyvät kuvassa 7.

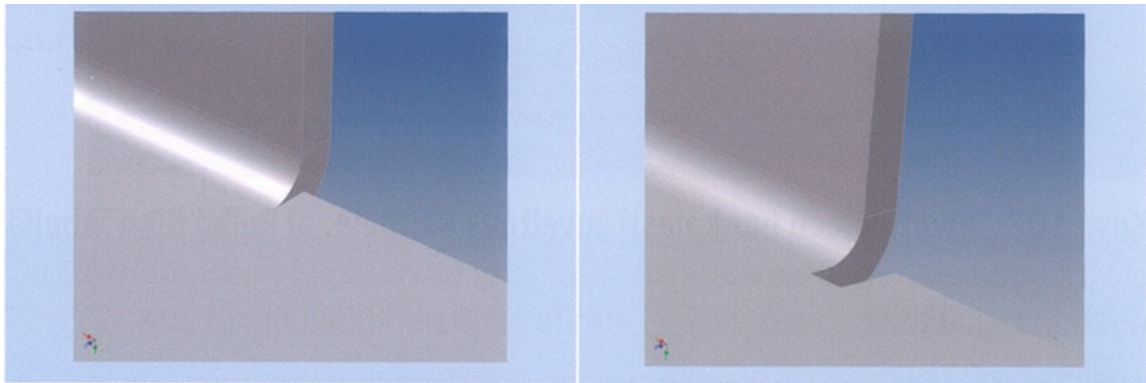
Kuva 7. Reikien ja lovien sijainnit (Matilainen ym. 2011, s. 258).



Vaikka kaavoilla saadaankin laskettua reikien ja lovien pienin mahdollinen etäisyys särmäyksestä, ne kannattaa kuitenkin sijoittaa kauemmaksi, kuin mitä laskemalla saatu etäisyys on. (Matilainen ym. 2011, s. 257–258)

Jos särmättävässä kappaleessa on nurkkia tai jos särmättävä kohta on liittymäkohta kahdelle eri leveydelle, kannattaa lisätä helpotukset. Vasemmalla kuvassa 8 näkyy esimerkki helpotuksesta, oikealla puolella oleva helpotus on kuitenkin parempi versio. Helpotusten lisääminen helpottaa taivuttamista, sekä mahdollistaa särmäämisen lähempänä liittymäkohtaa ilman osan epämuodostumista ja mahdollista repeämistä. (Matilainen ym. 2011, s. 259–265)

Kuva 8. Esimerkki helpotuksesta (Matilainen ym. 2011, s. 265) (muokattu).



5 Suunnittelun välineet

5.1 Kuvista tuotantoon

Pottiputken osien suunnitteluun tullaan käyttämään Creo 4.0 -suunnitteluohjelmaa, jolla tullaan piirtämään osista 3D-mallit sekä valmistamaan tuotantokuvat. Tämän jälkeen 3D-kuvat tullaan muuttamaan STP-muotoon ja viemään ne TruTops Boost -ohjelmaan. Tätä ohjelmaa käytetään laser- ja särmäysohjelmien tekemiseen, jonka jälkeen osat ovat valmiita laserleikkaukseen ja siitä taivutukseen. Valmiiden taivutusohjelmien tekeminen ja tarkimmalla särmäyskoneella särmäminen takaavat mahdollisimman helpon ja tarkan työskentelyn ja lopputuloksen.

5.2 Creo 4.0

Creo 4.0 tai lyhyemmin Creo 4 on osien mallinnuksessa käytettävä CAD-ohjelma, jolla voidaan mallintaa 3D-malleja, joko kiinteänä rakenteena tai ohutlevy rakenteena. Koska Creon omat tiedostomuodot eivät ole yhteensopiva muiden Riitekillä käytettävien ohjelmien kanssa, joutuu tiedostot tallentamaan eri tiedostomuotoon. Näin saadaan taattua se, että tarpeen mukaan kuvia voidaan käsitellä myöhemmin. Jos osaa tarvitaan 3D-mallina, voidaan se muuttaa STP-tiedostomuotoon, jolloin sitä voidaan käyttää seuraavassa vaiheessa. Toisena vaihtoehtona on muuttaa 3D-malli DWG tai DXF tiedostomuotoon, jotka ovat 2D-malleja. Tässä täytyy kuitenkin huomioida se, että jos kyseessä on taivutettu kappale, täytyy osasta tehdä lisäksi levityskuva ennen tallentamista 2D-tiedostomuotoon.

5.3 TruTops Boost

TruTops Boost tai lyhemmin Boost on 2D- ja 3D-kuvien suunnitteluun, sekä laser- ja taivutuskoneiden ohjelmointiin käytetty ohjelmisto. Boost -ohjelmalla voidaan suunnitella osia tai siihen voidaan tuoda muilla ohjelmilla piirretyt 2D- ja 3D-kuvat. Boost -ohjelmalla tehdään valmiit leikkausohjelmat laserkoneille, sekä taivutusohjelmat taivutuskoneille.

6 Tavoitteen ja lähtötilanteen määrittäminen

6.1 Tavoitteet

Prototyypin kehityksen tavoitteena on parantaa pottiputken valmistusystävällisyyttä vähentämällä osien määrää, ja helpottamalla osien valmistamista. Pottiputki pyritään suunnittelemaan sarjatuotantoa varten niin, että tuotannosta karsiutuu ylimääräisiä työvaiheita pois, jolloin myös kokoonpanokustannuksia karsiutuu. Tavoitteena on myös vastata mahdollisimman moneen toimeksiantajan asettamaan vaatimukseen.

6.2 Asetetut vaatimukset

Opinnäytetyön toimeksiantaja on asettanut muutamia vaatimuksia pottiputkelle, näitä ovat:

- Pottiputki täytyy valmistaa pääsääntöisesti ohutlevystä
- Valmistettava ruostumattomasta teräksestä
- Pottiputken täytyy olla kevyempi markkinoilla oleviin verrattuna
- Putkeen saatava tuplasti särmäyksiä, jotta putkesta tulee pyöreämpi
- Valmistusystävällisyyttä parannettava

6.3 Suunnittelun lähtökohta

Pottiputken suunnittelussa on lähdetty liikkeelle olemassa olevista prototyypeistä, sillä valmiita valmistuskuvia ei ollut. Prototyypit on valmistettu useita vuosia sitten pelkästään leikkausgeometrialla, jota ei ole enää olemassa ja silmämääräisesti särmäämällä.

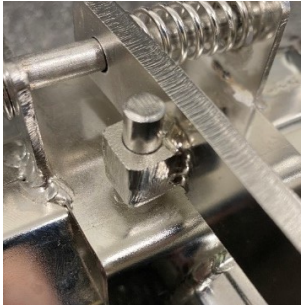




Tarkoituksena on käyttää pottiputken perusrakennetta ja perusmittoja. Koska pottiputkesta

halutaan valmistusystävällisempi, suunnittelussa keskitytään vähentämään hitsattujen osien määrää, karsimaan ylimääräisiä työvaiheita, sekä kaiken kaikkiaan vähentämään tarvittavien osien määrää. Suunnitteluvaiheessa toteutus vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia käydään läpi taulukoissa.

6.4 Mahdollisia parannuskohteita

Pottiputken tuotekehityksessä ja valmistusystävällisyyden parantamisessa on lähdetty liikkeelle etsimällä osat, jotka ovat vaikeita valmistaa, sekä paljon työvaiheita vaativat osat. Lisäksi on mietitty mitä voidaan valmistaa helpommin. Taulukossa 1 käydään läpi alkuperäisen prototyypin osia, niiden parannuksen tarve, sekä niiden lähtökohtaiset parannus ideat.

Taulukko 1. Parannuskohteita.

Lähtötilanne	Parannuksen tarve	Parannus idea
	Liipaisimen alle on hitsattu kiinnitystä varten tukipiste. Tukipiste on haastava hitsata pienen koon takia	Valmistaminen taivuttamalla
	Liipaisimen rajoitin on pottiputken kaikista pienin osa ja kaikista vaikein hitsata	Osa voidaan jättää pois, sillä se ei ole pottiputken toiminnan kannalta oleellinen
	Laukaisutanko on valmistettu useasta pienestä osasta ja se vaatii paljon työvaiheita	Laukaisutangon valmistaminen taivuttamalla, ilman hitsaamista
	Polkimen taso on hitsattu kiinni polkimen varteen	Polkimen tason valmistaminen samasta osasta polkimen kanssa taivuttamalla
	Laukaisujousen rajoitin on haastava valmistaa, sillä pieneen osaan täytyy porata reikä ja tehdä kierteet	Osan valmistuksen helpottaminen tai korvaaminen

Pottiputken prototyypin tutkimisen jälkeen selvisi, että pottiputkessa on useita hitsattuja osia, jotka olisi mahdollista valmistaa särmäämällä. Lisäksi pieniä hankalasti valmistettavia osia voidaan jättää pois suunnittelemalla yksinkertaisempia ratkaisuja.

7 Osien suunnittelu

7.1 Särmätty putki

Pottiputken putki valmistetaan särmäämällä kahdesta puolikkaasta, jotka hitsataan TIG-hitsausta käyttäen yhteen. Alkuperäisen prototyypin puolikkaassa putkessa särmäyksiä on neljä. Kuvassa 9 näkyy alkuperäisen prototyypin putki.

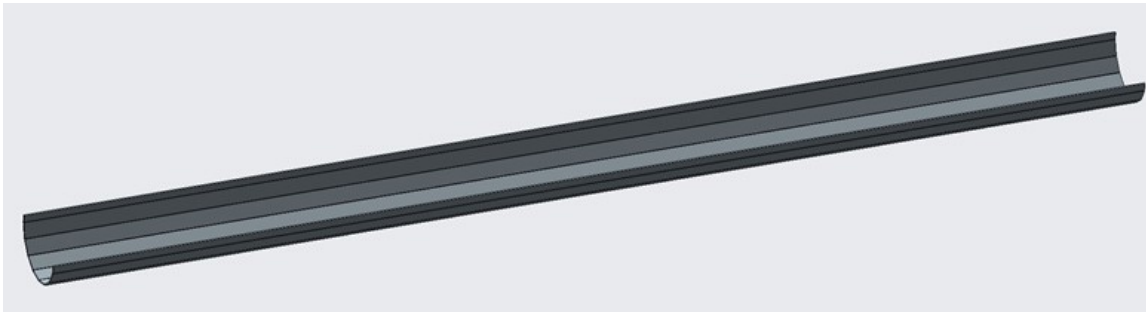
Kuva 9. Alkuperäinen putki.



Toimeksiantaja haluaa, että särmäysten määrä tuplataan, jotta putkesta saadaan pyöreämpi. Tällöin yhdessä puolikkaassa olisi neljän särmäyksen sijaan kahdeksan. Kuvassa 10 näkyy toimeksiantajan toiveen mukainen putken puolikas. Tämä vaatii enemmän työtä särmäysvaiheessa, mutta on kuitenkin mahdollinen tehdä, jos lyhimmän sivun pituus on tarpeeksi pitkä. Koska särmäysten määrä tuplataan, sivujen pituus puolittuu ja tämän takia lyhimille sivuille täytyy laskea suuntaa antava lyhin mahdollinen sivun pituus kaavalla:

$$b = r_s + 2s$$

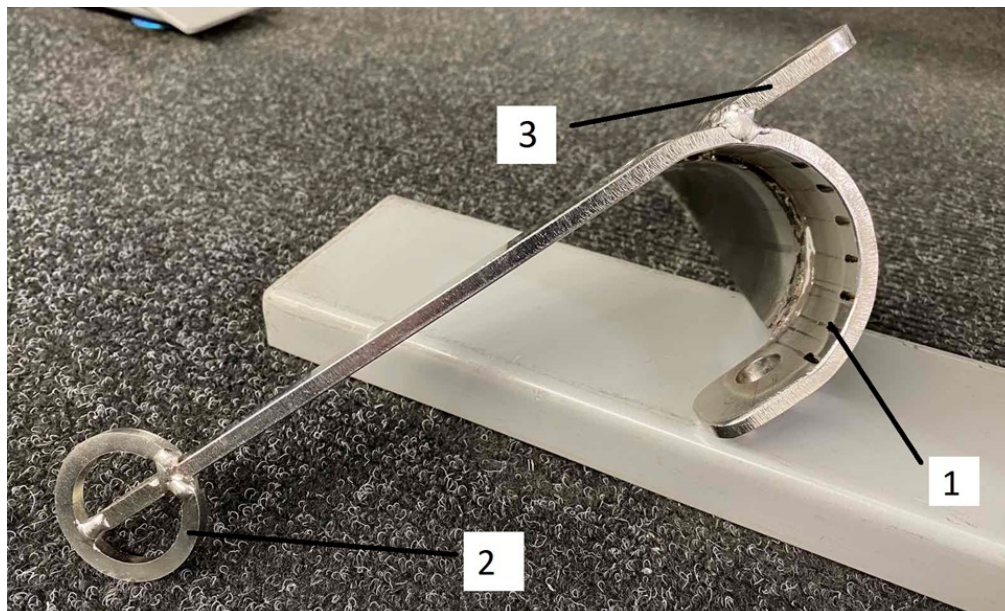
Kuva 10. Uuden putken puolikas.



7.2 Poljin

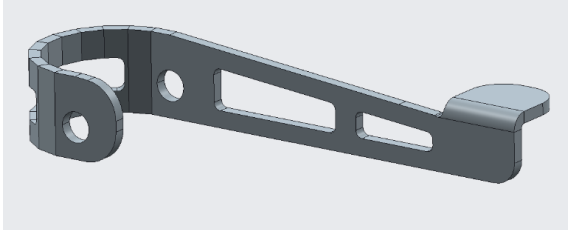
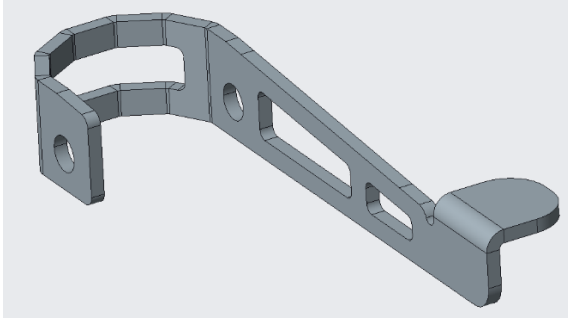
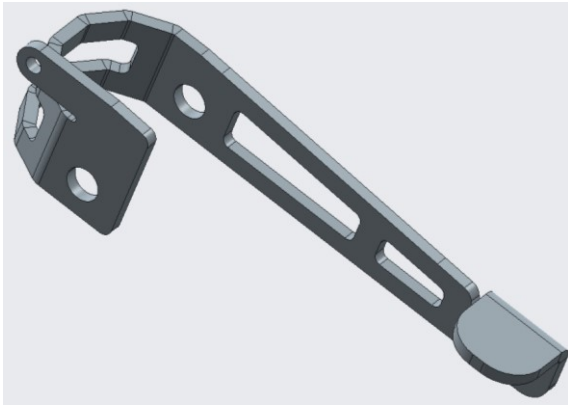
Prototyypissä poljin on valmistettu kolmesta erillisestä osasta. Nämä osat ovat polkimen runko, polkimen taso ja kiinnityskorvake, jotka varren särmäyksen jälkeen hitsataan toisiinsa kiinni. Näiden osien lisäksi polkimeen hitsataan ylänokka. Kuvassa 11 on alkuperäisen prototyypin poljin ja sen osat esiteltyinä. Taulukossa 2 puolestaan käydään läpi mahdollisia poljin vaihtoehtoja, sekä niiden hyviä ja huonoja puolia.

Kuva 11. Alkuperäinen poljin ja sen osat.



1. Polkimen runko
2. Polkimen taso
3. Kiinnityskorvake

Taulukko 2. Valmistus vaihtoehtoja polkimelle.

	Hyvät puolet	Huonot puolet
Vaihtoehto 1 	+ Vähemmän hitsattavia osia + Yhdistää 2 eri osaa	- Takavasteelta ei ohjausta särmäykseen pyöreiden takia - Reikä vääristyy ja tarvitsee porauksen - Kiinnityskorvake hitsataan
Vaihtoehto 2 	+ Vähemmän hitsattavia osia + Yhdistää 2 osaa + Helpompi särmätä + Takavasteelta ohjaus särmäykseen + Vähemmän särmäyksiä	- Kiinnityskorvake hitsataan
Vaihtoehto 3 	+ Ei tarvitse hitsata + Yhdistää 3 eri osaa + Helpompi särmätä + Takavasteelta ohjaus särmäykseen + Vähemmän särmäyksiä	

Vaihtoehto 1 on suunniteltu alkuperäisen prototyypin pohjalta muutamalla muutoksella.

Muutoksena alkuperäiseen prototyyppiin on polkimen tason särmäys hitsauksen sijasta, sekä turhan materiaalin poistaminen, jolloin osasta saadaan painoa pois. Protovaiheessa tämä versio todettiin vaikeaksi valmistaa, sen useiden särmäysten ja sivun pyöreiden takia. Lisäksi reiät venyivät, sillä ne olivat liian lähellä särmäystä.

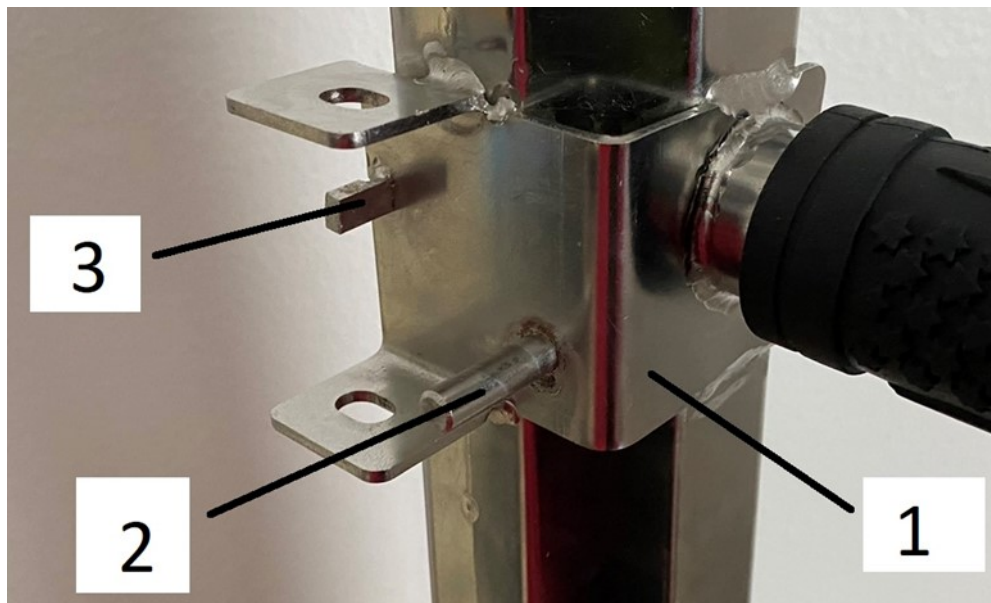
Vaihtoehdossa 2 on korjattu aikaisemmin huomautetut ongelmat vähentämällä särmäysten määrää. Tämän lisäksi laidan muoto on muutettu suoraksi, jolloin särmääminen on helpompaa ja tarkempaa takavastetta vasten. Vaihtoehdosta 2 tehtiin hitsattu kokoonpano, jonka jälkeen lähdettiin etsimään vaihtoehtoa, jolla voidaan helpottaa kiinnityskorvakkeen hitsaamista polkimen runkoon.

Vaihtoehdon 3 eri mahdollisuuksia mietittäessä kävi selväksi se, että kiinnityskorvaketta voidaan suurentaa ja näin helpottaa sen hitsausta. Toisena mahdollisuutena oli se, että kiinnityskorvake leikataan valmiiksi polkimen runkoon kiinni, jolloin hitsaamista ei tarvita ollenkaan ja kokoonpano helpottuu. Lisäksi polkimen taso on käännetty toiseen suuntaan toimeksiantajan pyynnöstä. Vaihtoehto 3 oli helpoin valmistaa, joten se valikoitui käyttöön.

7.3 Jousikotelo

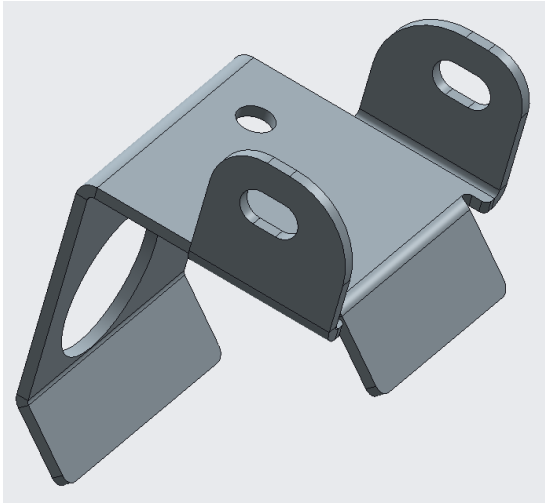
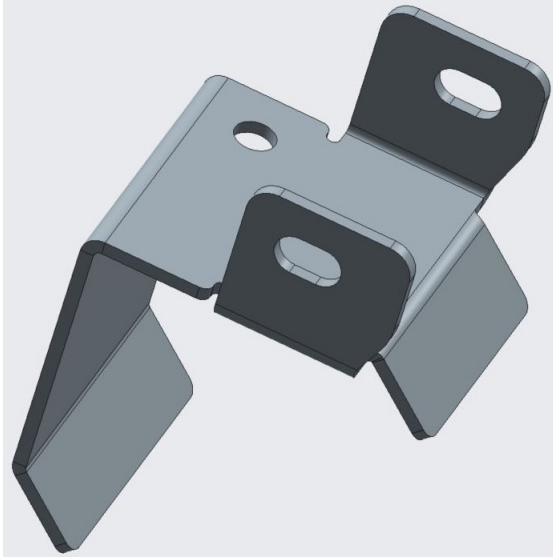
Prototyypissä jousikotelo on valmistettu kolmesta osasta, jotka ovat itse jousikotelo, liipaisimen tuki ja liipaisimen rajoitin, jotka täytyy hitsata yhteen jousikotelon särmäyksen jälkeen. Kaikista vaikein osa hitsata on liipaisimen rajoitin, mutta se ei ole toiminnan kannalta tarpeellinen osa. Kuvassa 12 on alkuperäisen prototyypin jousikotelo ja sen osat esiteltynä. Taulukossa 3 puolestaan käydään läpi mahdollisia jousikotelo vaihtoehtoja, sekä niiden hyviä ja huonoja puolia.

Kuva 12. Alkuperäinen jousikotelo ja sen osat.



1. Jousikotelo
2. Liipaisimen tuki
3. Liipaisimen rajoitin

Taulukko 3. Valmistus vaihtoehtoja jousikotelolle.

	Hyvät puolet	Huonot puolet
Vaihtoehto 1 	+ Ei liipaisimen rajoitinta + Saadaan tarpeeksi hitsaus pinta-alaa osan kiinnittämiseen	- Kahvan reikä epämuodostuu särmäyksessä - Takavasteelta ei ohjausta särmäykseen pyöreiden takia
Vaihtoehto 2 	+ Ei liipaisimen rajoitinta + Saadaan tarpeeksi hitsaus matkaa + Ei reikien epämuodostumista + Takavasteelta ohjaus särmäykseen	

Koska toimeksiantaja halusi tuplata putken särmäysten määrän, täytyi jousikoteloon tehdä muutoksia. Muutoksia täytyi tehdä, jotta putken ja jousikotelon liitoskohtaan saatiin tarpeeksi hitsaus pinta-alaa, jolloin sen pysyminen saatiin varmistettua. Tämän takia uusiin vaihtoehtoihin on lisätty uudet särmäykset, jolloin kotelon laidat saatiin putkea vasten ja hitsauspinta-ala tuplaantui. Lisäksi valmistusystävällisyyttä mietittäessä havaittiin, että liipaisimen rajoitin on haastava hitsata pienen kokonsa takia. Tämän osan olisi voinut

särmätä, mutta osa ei ole tarpeellinen pottiputken toiminnan kannalta, joten osa voitiin jättää kokonaan pois, näin saatiin parannettua valmistusystävällisyyttä.

Vaihtoehdossa 1 on tehty edellä mainitut muutokset, mutta valmistusvaiheessa huomattiin, että uusien särmäysten myötä kahvan reikä venyi, eikä kahva enää mahtunut reikään. Nämä havainnot johtivat uuden vaihtoehdon suunnitteluun.

Vaihtoehdossa 2 edellä mainitut ongelmat on korjattu poistamalla kahvan reikä kokonaan, sillä reikä ei ole pakollinen kahvan hitsaamista varten. Jotta kahvan paikoittaminen olisi mahdollisimman helppoa hitsaus vaiheessa on reiän paikalle lisätty lasermerkkaus. Lisäksi jousikotelon korvakkeiden päädyt muutettiin suuremmiksi, jotta särmäämistä saatiin helpotettua, kun osa saatiin tukevasti takavastetta vasten. Tässä vaihtoehdossa on korjattu kaikki aikaisemman ongelmat, joten se valittiin tuotantoon.

7.4 Liipaisin

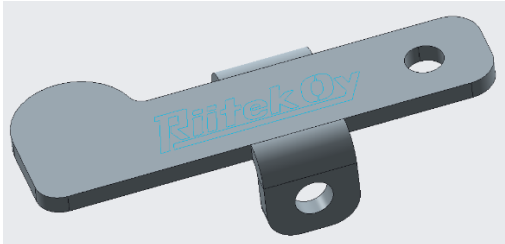
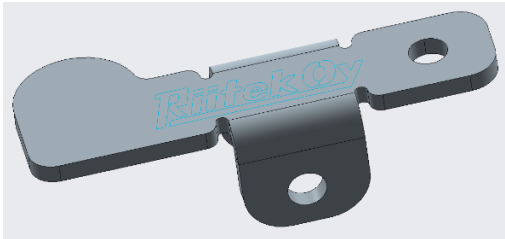
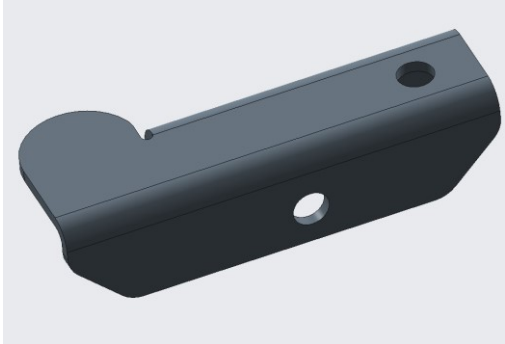
Alkuperäisen prototyypin liipaisin on valmistettu kahdesta osasta, itse liipaisimesta ja sen alle hitsattavasta kiinnikkeestä. Alkuperäisen prototyypin liipaisin näkyy kuvassa 13. Näiden osien yhteen hitsaus aiheutti sen, että hitsauksen vaikutuksesta liipaisin vääristyy.

Valmistusystävällisyyden kannalta olisi parempi, jos osia ei tarvitsisi hitsata yhteen, vaan liipaisin voitaisiin valmistaa yhdestä ainoasta osasta. Taulukossa 4 käydään läpi mahdollisia liipaisin vaihtoehtoja, sekä niiden hyviä ja huonoja puolia.

Kuva 13. Alkuperäinen liipaisin.



Taulukko 4. Valmistus vaihtoehtoja liipaisimelle.

	Hyvät puolet	Huonot puolet
Vaihtoehto 1 	+ Ei tarvitse hitsata + Yksinkertainen muoto + Voidaan valmistaa ohuemmasta materiaalista kuin prototyypin + Helppo särmätä	- Reiät liian lähellä särmäystä - Ei pysty särmäämään tarpeeksi kapeaksi
Vaihtoehto 2 	+ Ei tarvitse hitsata + Pystyy särmäämään kapeaksi + Reiät tarpeeksi kaukana särmäyksestä	- Särmäyksessä täytyy olla tarkka terän leveyden takia
Vaihtoehto 3 	+ Ei tarvitse hitsata + Helppo särmätä + Pystyy särmäämään kapeaksi + Reiät tarpeeksi kaukana särmäyksestä	- Suurempi materiaalin kulutus - Osa näyttää raskaalta

Vaihtoehto 1 on suunniteltu yhdestä osasta, jolloin osaa ei tarvitse hitsata. Tämä vaihtoehto on kaikista yksinkertaisin, mutta protovaiheessa särmääminen ei onnistunut, koska reiät venyivät ja liipaisimesta tuli odotettua leveämpi. Tämän takia se ei käynyt suunniteltuun jousikoteloon, vaikka reiät olisivat olleet kunnossa, vaan jousikoteloon olisi täytynyt tehdä muutoksia. Tämän takia suunniteltiin uusi vaihtoehto.

Vaihtoehto 2 korjaa aikaisemmassa prototyypissä vastaan tulleet ongelmat. Tässä mallissa liipaisimen reiät eivät veny, lisäksi se on särmäysten kohdalta kapeampi kuin vaihtoehto 1. Miinuksena tässä mallissa on edelliseen verrattuna se, että kun osa asetetaan särmäys terien väliin, täytyy asettamisessa olla tarkka. Tämän takia testattiin vielä uusi vaihtoehto.

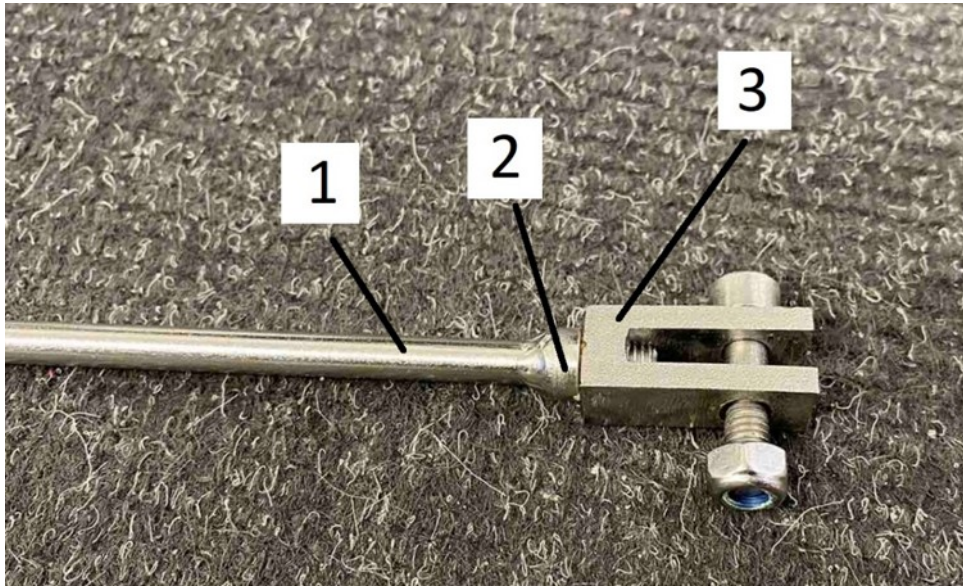
Vaihtoehdossa 3 osan asettaminen terien väliin ei ole yhtä tarkkaa, kuin vaihtoehdossa 2. Tämä vaihtoehto kuitenkin tarvitsee enemmän materiaalia, sekä sen ulkonäkö on raskas. Tämän takia vaihtoehto 2 valittiin tuotantoon.

Pottiputken kokoonpanon jälkeen kävi ilmi, että liipaisin on liian raskas painaa. Tämän takia valittua liipaisinta pidennettiin, jotta liipaisin olisi herkempi. Tämän muutoksen jälkeen liipaisin saatiin tarpeeksi herkäksi.

7.5 Laukaisutanko

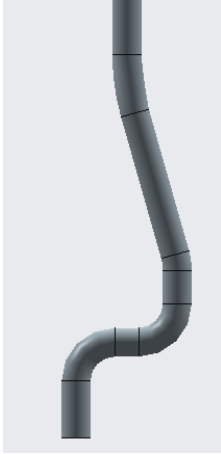
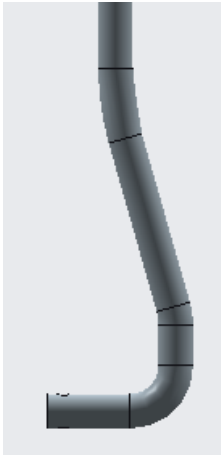

Pottiputken laukaisutanko on prototyypin monimutkaisin osa. Se muodostuu useasta eri osasta, jotka tarvitsevat reikien porausta, kierteen tekemisen, sekä hitsauksen. Lisäksi tangon kiinnittämiseen tarvitaan pultti ja mutteri. Alkuperäisen prototyypin laukaisutanko näkyy kuvassa 14. Tämä valmistustapa ei ole valmistusystävällinen, useiden pienten osien ja työvaiheiden takia. Tämän takia alkuperäisen tangon paikalle lähdettiin etsimään yksinkertaisemmin valmistettavaa osaa. Laukaisutangon mahdollisia vaihtoehtoja ja niiden hyviä ja huonoja puolia vertaillaan taulukossa 5.

Kuva 14. Alkuperäinen laukaisutanko ja sen osat.



1. Tanko
2. Kuusiokoloruuvi
3. Kiinnityshaarukka

Taulukko 5. Valmistus vaihtoehtoja laukaisutangolle.

	Hyvät puolet	Huonot puolet
<p>Vaihtoehto 1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + Tanko valmistetaan yhdestä osasta + Tangossa pelkästään taivutuksia + Ei ylimääräisiä osia 	<ul style="list-style-type: none"> - Taivutukset liian lähellä toisiaan - Tilattava puolivalmiina alihankkijalta ja viimeinen taivutus tehtävä itse - Taivutuksen liian lähellä toisiaan
<p>Vaihtoehto 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + Tanko valmistetaan yhdestä osasta + Ei ylimääräisiä osia + Tanko pystytään vaihtamaan ilman pottiputken purkamista 	<ul style="list-style-type: none"> - Taivutukset lähekkäin - Alihankkija ei poraa reikää - Tarvitaan haarasokka tangon kiinnittämiseen - Taivutuksen liian lähellä toisiaan
<p>Vaihtoehto 3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + Tanko valmistetaan yhdestä osasta + Taivutusten välillä tarpeeksi tilaa + Voidaan tilata valmiina + Tanko pystytään vaihtamaan ilman pottiputken purkamista 	<ul style="list-style-type: none"> - Tangossa kierre - Tarvitaan mutteri tangon kiinnittämiseen

Laukaisutangon suunnittelussa painotettiin mahdollisimman vähäiseen osien määrään. Tämän takia lähdin suunnittelemaan laukaisutankoa, jonka voisi valmistaa pelkästään tangosta tai vaihtoehtoisesti tangosta ja kiinnikkeestä. Tarkoituksena on tilata tanko valmiina, joten suunnittelussa otettiin huomioon, mitä alihankkija pystyy valmistamaan.

Kyselyn jälkeen alihankkijalta selvisi, että he eivät pysty valmistamaan vaihtoehdon 1 tankoa, sen pienten taivutusvälien takia. Tämä tarkoittaa sitä, että keskimmäisen taivutuksen olisi joutunut taivuttamaan itse.

Myös vaihtoehdossa 2 taivutusvälit ovat hieman turhan tiiviitä. Lisäksi alihankkija ei olisi pystynyt poraamaan tarpeeksi pientä reikää haarasokka varten. Nämä asiat johtivat uuden vaihtoehdon suunnitteluun.

Aikaisemmat alihankkijalta saadut tiedot johtivat vaihtoehdon 3 suunnitteluun. Tangossa on korjattu liian tiiviit taivutus välit, sekä reikä on korvattu kierteellä kiinnitysmutteria varten, jonka alihankkija pystyy valmistamaan. Tämä vaihtoehto valittiin tuotantoon sen helpon valmistamisen takia.

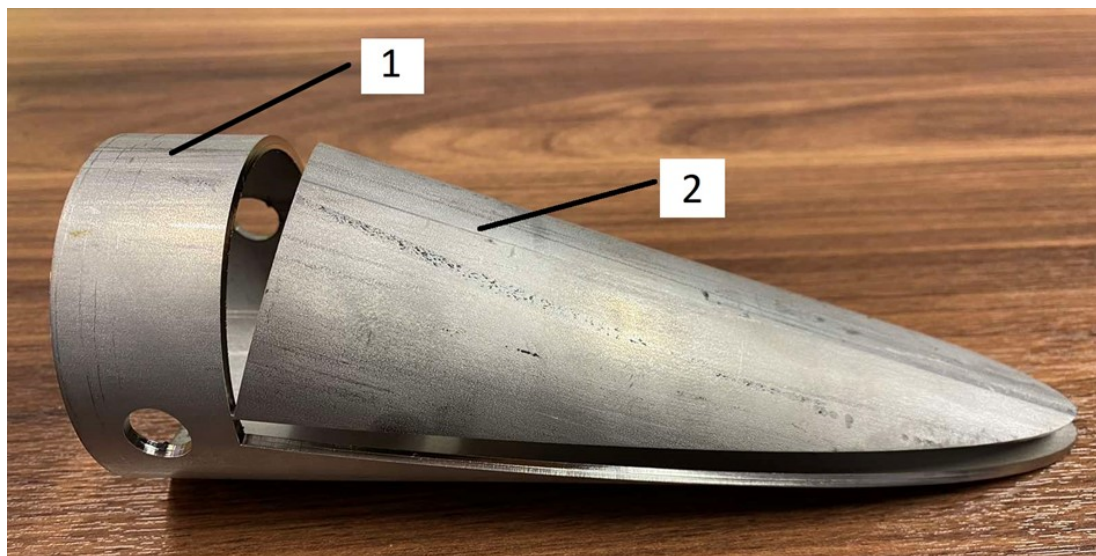
7.6 Laukaisujousen rajoitin

Laukaisujousen rajoitin ei ole valmistusystävällisyyden kannalta helppo valmistaa, sillä vaikka osa on pieni, on siinä silti useita työvaihetta. Näitä ovat reiän poraus ja kierteen teko. Omassa tuotannossa tämän osan valmistamista ei kuitenkaan voida helpottaa, jos halutaan säilyttää sen vapaa säätö mahdollisuus. Jos säätö mahdollisuutta ei tarvita, voidaan rajoittimen tilalle valmistaa pyöreä rajoitin, joka hitsataan tankoon sille ennalta määrätyle paikalle, jolloin porausta ja kierteitystä ei tarvita. Tarpeen mukaan laukaisujousta voidaan kiristää säätölevyillä. Protovaiheessa käytettiin säädettävää rajoitinta, jolloin paikoituksen muuttaminen oli helppoa tarpeen mukaan.

7.7 Pottiputken nokka

Prototyypin nokka leikataan putkilaserilla ja se on todettu toimivaksi, joten siihen ei lähdetty tekemään muutoksia. Kuvassa 15 näkyy putkilaserilla leikattu pottiputken nokka. Ala- ja ylänokan kärkiin tehdään kovahitsaus parantamaan kulutus kestävyyttä.

Kuva 15. Nokka ja sen osat.



1. Alanokka
2. Ylänokka

8 Yhteenveto

Suurimpia valmistus- ja kokoonpanoystävällisyyttä parantavia muutoksia ovat polkimen ja laukaisutangon muutokset. Näiden lisäksi muita yksittäisiä valmistusta ja kokoonpanoa helpottavia muutoksia on tehty

Alkuperäisessä pottiputken prototyypissä polkimen kokoonpano koostui neljästä eri osasta, jotka täytyi hitsata kiinni toisiinsa. Nämä osat olivat ylänokka, poljin, polkimen taso ja kiinnityskorvake. Pottiputken kehitystyön aikana tehtyjen muutosten jälkeen polkimen kokoonpano koostuu kahdesta osasta, jotka hitsataan toisiinsa. Nämä osat ovat ylänokka ja poljin. Polkimen taso ja kiinnityskorvake ovat vielä olemassa, mutta ne saadaan valmistettua

laserleikkauksella yhtenä osana polkimen kanssa, jolloin niitä ei tarvitse hitsata. Tämä valmistustapa tarvitsee vain yhden taivutuksen enemmän kuin alkuperäinen prototyyppi.

Laukaisutangon alkuperäinen kokoonpano koostui kolmesta laukaisutankoon tarvittavasta osasta, sekä lisäksi kuusiokoloruuvista ja Nyloc-mutterista laukaisutangon kiinnittämistä varten. Lähtötilanteessa laukaisutangon valmistamiseen ja kiinnittämiseen tarvittavia osia oli viisi. Laukaisutangon ainut ongelma ei ollut sen osien määrä, vaan myös sen valmistettavuus, sillä se vaati usean reiän porauksen, reiän kierteityksen, sekä hitsauksen. Kehitystyön aikana tehtyjen muutosten jälkeen laukaisutanko koostuu yhdestä osasta, sekä yhdestä Nyloc-mutterista tangon kiinnittämistä varten. Laukaisutangon uusi versio tilataan valmiina alihankkijalta, eikä se vaadi lisätyötä tuotannossa.

Lisäksi kokoonpanoa on saatu helpotettua poistamalla pieniä hitsattavia osia. Näitä muutoksia ovat liipaisimen muuttaminen hitsattavasta taivutettuun, sekä liipaisimen rajoittimen poistaminen, sillä se ei ole pottiputken toiminnan kannalta tarpeellinen osa.

Näiden valmistus- ja kokoonpanoystävällisyyttä parantavien muutosten jälkeen yhteen pottiputkeen tarvittavien laserleikattavia ohutlevy osia tarvitaan aikaisempaan vähemmän. Levyosat ovat vähentyneet kahdestatoista seitsemään, tämän myötä hitsausta tarvitsevien osien määrä on vähentynyt viidellä. Kaikkiaan irtonaisia osia on jäänyt pois seitsemän, joista osa on yhdistetty muihin osiin ja osa on saatu jätettyä kokonaan pois.

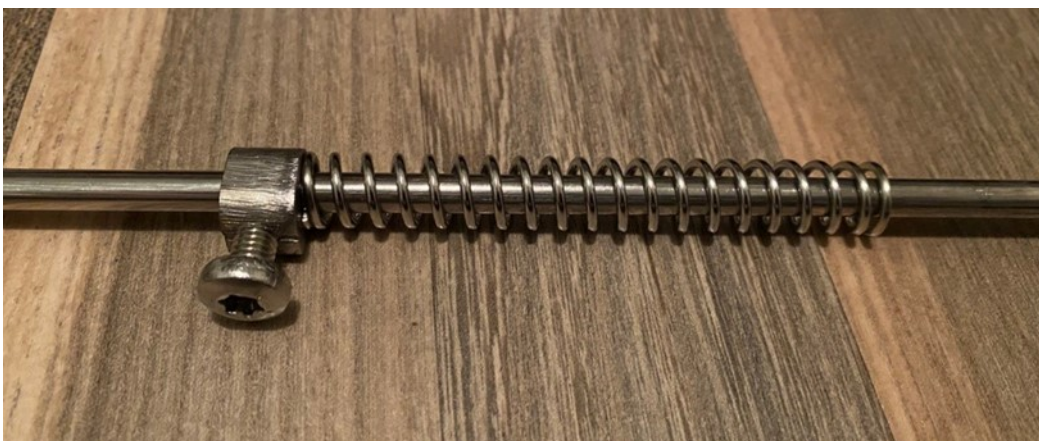
Kuten aikaisemmin opinnäytetyössä on käyty läpi, on osien taivuttaminen sarjatuotannossa valmistusystävällisempi vaihtoehto kuin niiden hitsaaminen. Uuden pottiputken version kokoonpano onkin muutosten jälkeen helpompi, sillä useita pieniä hitsattavia osia on saatu jätettyä kokonaan pois. Osien hitsauksen jälkeen pottiputki on helppo kokoonpanna, eikä se vie paljoa aikaa. Pottiputken kokoonpano käydään läpi kuvissa 16-20:

Kuva 16. Kokoontanon vaihe 1.



1. Aloita koonpano kohdistamalla ylä- ja alanokan reiät kohdakkain. Työnnä uppokantapultti sisäpuolelta reikien läpi, aseta laakeri ulkopuolelta ylänokan reikään, lisää Nyloc-mutteri ja kiristä. Toista toiselle puolelle.

Kuva 17. Kokoontanon vaihe 2.



2. Lisää laukaisujousen rajoitin laukaisutankoon ja sen jälkeen laukaisutangon jousi. Oikea paikka on helpompi löytää kokoonpanon lopussa.

Kuva 18. Kokoonpanon vaihe 3.



3. Työnnä laukaisutanko liipaisinkotelon alimman reiän läpi, aseta liipaisin ja palautusjousi paikoilleen samalla kun työnnät tangon niiden läpi. Paina liipaisinta hieman alas, niin tangon pujottaminen ylimmän reiän läpi on helpompaa.

Kuva 19. Kokoonpanon vaihe 4.



4. Aseta laukaisutangon alapää kiinnityskorvakkeen reiän läpi sisältä ulos ja lisää Nyloc-mutteri.

Kuva 20. Kokoonpanon vaihe 5.



5. Kiristä laukaisujousen rajoitin sopivalle kireydelle. Pottiputki on valmis käyttöön.

9 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli jatkaa Riitek oy:n aloittamaa ohutlevystä valmistettavan pottiputken kehitystyötä. Tavoitteena oli kehittää alkuperäistä prototyyppiä valmistusystävällisemmäksi ja helpottaa tuotteen kokoonpanoa. Opinnäytetyön asettaja halusi valmistaa mahdollisimman suuren osan osista itse laserleikkaamalla ja särmäämällä ohutlevystä.

Pottiputken kehitystyön aikana saatiin vastattua hyvin opinnäytetyön toimeksiantajan asettamiin vaatimuksiin, joten vain muutamia muutos- ja päätös kohteita jäi toimeksiantajan tehtäväksi. Kaikki osat lukuun ottamatta pakollisia putkilaser- ja tanko-osia voidaan valmistaa itse laserleikkaamalla ja taivuttamalla. Kehitystyön aikana pottiputkeen tarvittavien osien määrää saatiin vähennettyä huomattavasti, varsinkin pienten osien osalta. Tämä onnistui yksinkertaistamalla osien rakennetta ja korvaamalla pieniä hitsattavia osia taivuttamalla, jolloin hitsattavien osien tarve väheni. Pottiputkesta saatiin vähennettyä enemmän osia kuin mitä alun perin oli ajateltu, sekä helpotettua särmäämistä. Myös paino saatiin pysymään puoli kiloa alhaisempana kuin tällä hetkellä myynnissä olevilla malleilla.

Jatkossa pottiputken yläpää tullaan levittämään, kuten alkuperäisissä prototyypeissä oli tehty, sillä se helpottaa taimen syöttämistä putkeen. Tämän lisäksi pottiputki tullaan kiillottamaan elektrolyyttisellä kiillotuksella. Elektrolyttinen kiillotus tasoittaa materiaalin

pinnan epätasaisuuksia, mikä helpottaa lian irtoamista ja tuotteen puhtaana pitoa, lisäksi se tekee putkesta kirkkaamman (Euro Inox, 2010, s. 2).

Mahdollisia jatkokehityskohteita on muutama. Ensinnäkin pottiputken putken puolikkaisiin voidaan laser merkata stopparin ja jousikotelon hitsauskohdat, jolloin hitsatessa osien paikkoja ei tarvitse mitata ja paikoittaminen on helpompaa. Toisena polkimen vasemman sivun kulmia voidaan pyöristää lisää, jolloin sivusta saadaan kapeampi. Kolmantena lopullisen pottiputken laukaisujousen rajoittimen valmistustavan päätös jää opinnäytetyön toimeksiantajalle. Neljäntenä jatkokehityskohteena on poljinkokoonpanon kiinnitys. Opinnäytetyön toimeksiantaja halusi nokasta irrotettavan. Tämä takia protovaiheessa käytettiin uppokantapulttia ja Nyloc-mutteria sen kiinnittämiseen, jolloin protovaiheessa nokan irrottaminen ja kiinnittäminen tarpeen mukaan kävi helposti. Tämä kiinnitystapa kuitenkin jättää pultin pään hieman putken sisälaidan sisäpuolelle. Tällä ei käytännössä pitäisi olla merkitystä, koska pottiputkissa kuuluu käyttää pienempää paakkutaimea kuin mitä putken sisähalkaisija on. Kuitenkin opinnäytetyön asettaja toivoo, että kiinnitys olisi tasassa putken sisäpintaa vasten. Tätä varten onkin olemassa alustava toteutusidea, joka täyttää tämän toiveen ja jota voidaan jatkossa testata.

Lähteet

Asiakastieto. (n.d.). *Riitek oy. Haettu 18.11.2020.*

<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/riitek-oy/21211958/taloustiedot>

Euro Inox. (2010). *Ruostumattomien terästen elektrolyyttinen kiillotus.*

https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_FI.pdf

Kärhä, K., Hynönen, A., Laine, T., Strandsström, M., Sipilä, K., Palander, T., & Rajala, P. (2014).

Koneellinen metsänistutus ja sen tehostaminen Suomessa. Metsäteho:

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti_233_Koneellinen_metsanistutus_ja_sen_tehostaminen_kk_ym.pdf

Laakko, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., . . . Kaikonen, H. (1998). *Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu.* WSOY.

Laine, T., & Syri, M. (2012). *Koneellisen metsäistutuksen opas.* Metsäkeskus:

<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/koneistutusopas-2012-netti-suojattu.pdf>

Lusto. (n.d.). *Kennotaimen istutusputki; Pottiputki.* <https://finna.fi/Record/lusto.knp-11017>

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E., & Hultin, S. (2011). *Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja.* Teknologiateollisuus ry.

Pakkanen, E. (2011). *Metsäherrojen mennyt aika. Teollisuuden metsänhoitajat ry 100 vuotta.*

http://www.teollisuudenmetsanhoitajat.fi/wp-content/uploads/2015/03/TMH_100v_historiikki_final.pdf

Piironen, T. (2013). *Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen.*

Savonia: <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>

Uittokalusto. (n.d.). *Pottiputki 55mm. Haettu 23.11.2020.*

<https://www.uittokalusto.fi/pottiputki-istutusputki-55-mm-dp-2.html>