

Sisäsorvauksen teräkasetin vaihtamisen turvallistaminen

Valmet Technologies Oy

Marcus Parkkonen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma

Suunnittelu

Tekijä(t) Parkkonen, Marcus	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 72	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Sisärsorvauksen teräkasetin vaihtamisen turvallistaminen		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Henell, Antti Kurki, Matti		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy Pykäläinen, Markku Majuri, Joonas		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työ saatiin toimeksiantona Valmet Technologies Oy:n Jyväskylän toimipisteelle. Tehtävässä tarkasteltiin INNSE-sorvin sisärsorvausteräkasetin vaihtamisen turvallistamista. Innse on Valmetin suurin vaippojen sorvauksessa käytetty sorvi. Sorvin sisärsorvausteräkasetin vaihtotyö oli työturvallisuus- sekä ergonomiariski toimeksiantajalle.</p> <p>Työn tehtävä oli selvittää erilaisten apuvälineiden tarjonta teräkasetin nostoon ja siirtoon tai suunnitella vaihtoehtoja teräkasettiin, sen muotoiluun ja materiaaleihin.</p> <p>Tavoitteena oli saada työntekijöiden ergonomia ja työturvallisuus parantumaan nykyisestä käsin tehtävästä työvaiheesta.</p> <p>Suunnittelutyössä käytettiin toimeksiantajan toiveesta käyttäjälähtöistä suunnittelunäkökulmaa. Taustojen tutkiminen toteutettiin käyttäjäprofilointi-lomakkeella, tehtäväänalyysillä sekä työntekijöiden haastatteluilla.</p> <p>Tuloksista saatiin selville, että on erilaisia vaihtoehtoja työturvallisuuden ja ergonomia parantamiseen toimeksiantajan tilanteessa.</p> <p>Tuloksiksi valittiin useista vaihtoehtoista kaksi parhaiten työvaihetta helpottavaa eri vaihtoehtoa toimeksiannon toteutukseen, teräkasettien kevennys ja materiaalinmuutos sekä tasainottava käsi.</p> <p>Työn lyhyen keston vuoksi toimeksiantajan kanssa oli yhteisesti sovittu, että tuloksien toteutus ja käyttöönotto jätettiin opinnäytetyön ulkopuolelle.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sorvaus, teräkasetti, nosto, apuväline, kevennys, ergonomia, työturvallisuus, lujuus, manipulaattori		
Muut tiedot Liitteissä 2 & 10 on esitetty yrityksen liikesalaisuuksiin liittyviä tietoja, jotka näkyvät kuvatuissa toimintatavoissa ja niiden analysoinnissa. Ao. liitteet on siksi jouduttu poistamaan perustuen lakiin (621/1999) 24§ kohdat 17 ja 20.		

Author(s) Parkkonen, Marcus	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 72	Permission for web publication: x
Title of publication Work safety of replacing the inner turning tool cassette		
Degree programme Degree Programme in Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Henell, Antti Kurki, Matti		
Assigned by Valmet Technologies Oy Pykäläinen, Markku Majuri, Joonas		
Abstract <p>The work was an assignment from Valmet Technologies Oy, Jyväskylä office. The task was to study the safety of INNSE lathe safety when replacing the inner turning tool cassette. Innse is Valmet's largest roll shell lathe. Replacing the inner turning tool cassette was an occupational safety and ergonomic risk for the assignor.</p> <p>The task was to investigate various helping tools for lifting and moving the cassette or design alternatives for the cassette, its design and materials.</p> <p>The aim was to make workers feel safer and improve the ergonomics compared to the current manual task.</p> <p>In designing the assignor wish was to use the user-driven process. Background examination included a user profiling form, function analysis and also interviews with the employees.</p> <p>As a result, various different alternatives to improve the workers' safety and ergonomics were given to the assignor's development challenger.</p> <p>The two most suitable alternatives to solve the task were chosen out of the various alternatives: making the tool cassette lighter and changing its material, and acquiring a balancing ergonomic arm.</p> <p>Because of the short time-span of the thesis work, the implementation of the results was left outside the thesis work.</p>		
Keywords/tags (subjects) turning, tool cassette, lifting, helping device, lighten, ergonomic, safety, strength, manipulator		
Miscellaneous Annexes 2 & 10 contain information about company business secrets that appear in the described policies and in their analysis. These annexes have therefore had to be removed on the basis of the law (621/1999), section 24, subsections 17 and 20.		

Sisältö

1	Johdanto.....	5
1.1	Työn tausta.....	5
1.2	Valmet Technologies Oy.....	6
2	Sorvaus.....	6
2.1	Sorvin toiminta ja osat.....	6
2.2	INNSE S-259 sorvi.....	9
2.2.1	Tekniset tiedot.....	9
2.2.2	Sisäsorvaus.....	11
3	Työturvallisuus.....	12
3.1	Työturvallisuuslaki.....	12
3.2	Koneturvallisuus.....	14
3.3	Työturvallisuus S-259-sorvilla.....	16
4	Ergonomia.....	17
4.1	Periaatteet.....	17
4.2	Nostotyöt.....	20
5	Käyttäjäkeskeinen suunnittelu.....	22
5.1	Lähtökohdat.....	22
5.2	Käyttäjätutkimus.....	23
5.3	Tehtäväanalyysi.....	23
6	Nykytilanne.....	24
6.1	Kasetin vaihto.....	24
6.2	Kasetin vaihdon työturvallisuus ja ergonomia.....	26
7	Opinnäytetyön toteutus.....	27
7.1	Tiedonkeruu.....	27
7.2	Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus.....	28
7.3	Apuvälineen suunnittelu ja hankinta.....	30
7.4	Teräkasetin muutokset.....	37

8	Tulosten analysointi	50
9	Pohdinta	54
	Lähteet.....	56
	Liitteet	60

Liite 1. Suositeltavan enimmäismassan (R_{ML2}) laskemisen kertoimet (SFS 1005-2, 2009, 24, muokattu).....	60
Liite 2. S-259-riskianalyysi (luottamuksellinen).....	61
Liite 3. Käyttäjäprofilointilomake.....	63
Liite 4. FlexArmin tarjouspyyntö-lomakkeen sivu 1.....	64
Liite 5. FlexArmin manipulaattorin mittapiirros.....	65
Liite 6. FlexArmin tarjous manipulaattorista.....	66
Liite 7. FlexArmin tarjous manipulaattorista ilman tarttujaa.	67
Liite 8. Finian tarjous Manipulator M1 manipulaattorista.....	68
Liite 9. Manipulator M1 mittapiirros.....	69
Liite 10. Teräkasetin piirustus (luottamuksellinen).....	70
Liite 11. Rummakko Oy:n tarjous teräkasetin koneistuksesta.....	71
Liite 12. Tikkakosken konepajan tarjous teräkasetin koneistuksesta.....	72

Kuviot

Kuvio 1. Sorvauksen periaate (Maaranen 2012, 129).....	7
Kuvio 2. Kärkisorvin periaate (Maaranen 2012, 132).	8
Kuvio 3. Innse S-259-sorvi.	10
Kuvio 4. S-259:n sisäSORVAUSlaitteisto.	11
Kuvio 5. SisäSORVAUSTERÄKASETTI yhdellä teräpäällä.....	12
Kuvio 6. Ergonomiset tutkimusmenetelmät (Väyrynen ym. 2004, 33).....	18
Kuvio 7. Käyttäjän ja tuotteen välinen suhde (Väyrynen ym. 2004, 30).....	19
Kuvio 8. SFS1005-2 sovelletut kuorman nostorajat (Launis & Lehtelä 2009, 48).....	21
Kuvio 9. Teräkasettien säilytysteline.....	25
Kuvio 10. Teräkasetin kiinnityspaikka.	26

Kuvio 11. Sankarauta (Honkanen 2017).....	27
Kuvio 12. Luonnos teräkasettitelineestä.....	30
Kuvio 13. Mittatietoja havainnollistavat paikat S-259:llä.	31
Kuvio 14. Apuvälineen mahdollinen kiinnityspaikka.....	31
Kuvio 15. Vaihtoehtoinen kiinnityspaikka apuvälineelle.	32
Kuvio 16. Teräkasetin kiinnityssuunta.....	32
Kuvio 17. FlexArm manipulaattori (Lotz 2017).	34
Kuvio 18. FlexArm manipulaattori ilman tarttujaa (Rieman 2017).....	34
Kuvio 19. Manipulator M1 ilman pääliitäntää (Manipulator M1 n.d., muokattu).	35
Kuvio 20. 3arm pyörivä pääliitäntä tarttujalla (3arm Manipulator M1 2016).....	35
Kuvio 21. Posivel 22 nostin (POSIVEL PV22 PV26. 2009).	36
Kuvio 22. 3D-malli manipulaattorista.	37
Kuvio 23. Solidworks-malli alkuperäisestä teräkasetista.....	38
Kuvio 24. 42CrMo4-teräksestä valmistetun kasetin massa.....	39
Kuvio 25. Lastuamisvoimien komponentit ja niiden suhteet. (Ansaharju ym. 1989.)	39
Kuvio 26. Alkuperäisen kasetin jännitys.....	41
Kuvio 27. Alkuperäisen kasetin taipuma.....	42
Kuvio 28. 7075-alumiinista valmistetun kasetin massa.	43
Kuvio 29. Titaanista valmistetun teräkasetin massa.....	43
Kuvio 30. 7075-T651-alumiinisen kasetin jännitys.....	44
Kuvio 31. 7075-T651-alumiinisen kasetin taipuma.....	44
Kuvio 32. 42CrMo4-kevennetyn kasetin massa.....	46
Kuvio 33. 7075-T651-alumiinisen kevennetyn kasetin massa.	46
Kuvio 34. 7075-T651-alumiinisen kevennetyn kasetin kuormitus.....	47
Kuvio 35. 7075-T651-alumiinisen kevennetyn kasetin taipuma.....	47
Kuvio 36. Kevennetyn teräkasetin luonnos.....	48

Taulukot

Taulukko 1. Viitemassa (M_{ref}), jossa on otettu huomioon tarkoitettu käyttäjäryhmä (SFS-EN 1005-2+A1:2009, 18).	21
Taulukko 2. Tehtäväanalyysi.	29

Taulukko 3. 42CrMo4-teräs vs. 7075-T651-alumiini (tiedot materiaalikirjasto n.d., muokattu).....	45
Taulukko 4. Teräkasettien kuormitus ja massavertailu.	49
Taulukko 5. Kustannuserittely.....	52

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Monissa työpaikoissa on edelleen käytössä vanhoja, mutta hyviä sekä toimivia koneistuslaitteita. Laitteiden joiden ominaisuudet riittävät vielä tämän päivän tarpeisiin ei ole tarvetta lähteä uusimaan kokonaisuudessaan, sillä uudet konehankinnat aiheuttavat merkittäviä kustannuksia, vaativat yleensä muutoksia tiloihin sekä saavat aikaan mahdollisia tuotantokatkoksia.

Toimeksiantajalla on käytössä vuonna 1958 valmistettu INNSE-merkkinen sorvi, joka on ominaisuuksiltaan vielä riittävän kookas sekä tarkka myös nykyisiin tuotteisiin. Innse eli Innocenti Santeustacchio on vanha 1930-luvulla aloittanut metallialan yritys, jonka toimialaan kuuluu koneenrakennus. Nykyään Innse kuuluu osaksi SMS-Groupia. (Short History of INNSE, N.d.)

Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää sorvin sisäSORVAUSPÄÄN teräkasetin vaihtoa turvallisemmaksi. Toimeksiantaja haluaa modernisoida ja kehittää jo käytössä olevaa sorvia eikä investoida uutta. Teräkasetteja on kahta eri kokoa ja niistä suurempi on massaltaan 39 kg, jonka vaihtaminen sisäSORVAUSAKSELIN sivuun vaatii sorvin johteiden päälle kiipeämisen sekä teräkasetin siirtämisen käsivoimin paikalleen. SisäSORVAUSTERÄKASETTIA vaihdettaessa työskentely-ympäristö aiheuttaa riskejä työntekijälle epätasaisen alustan, useiden rappujen, vinojen pintojen sekä putoamisvaaran muodossa. Lisäksi sorvissa käytettävä leikkuuneste aikaansaa liukkautta sorvin ympäristössä. Lähtökohtana on siis tiedossa oleva työturvallisuusriski kyseisessä työvaiheessa.

Työvaiheen kehitys on ollut työn alla toimeksiantajan työntekijöiden toimesta aiemminkin, mutta yhtään ehdotusta ei ole otettu vielä käyttöön. Opinnäytetyössä otetaan mahdollisuuksien mukaan huomioon myös aiemmin suunnitellut parannusehdotukset, sekä etsitään niistä hyviä kohtia uuteen suunnitelmaan.

1.2 Valmet Technologies Oy

Valmetin juuret juontavat teollisuuslaitosten perustamisiin 1920- sekä 1930-luvulla Suomen puolustusvoimien tarpeisiin. 1950-luvulla yritys alkoi laajentaa tuotevalikoimaansa vastaamaan markkinatarpeita. Valmet toimitti ensimmäisen paperikoneen vuonna 1953. (Valmet History, N.d.)

Nykyään Valmet tunnetaan hallitsevana kehittäjänä sekä toimittajana paperikoneteollisuudessa. Valmetilla on markkinajohtajuus sekä laajin tarjonta sellun, energian, kartongin, pehmopaperin, paperin, huollon sekä automaation osa-alueilla. Valmetin vahva ja globaali pohja antaa yhtiölle vakaan mahdollisen kasvualustan. Yhtiön palveluksessa toimii maailmanlaajuisesti 12000 työntekijää sadassa eri huoltokeskuksessa, 86 myyntitoimistossa, 34 tuotantoyksikössä sekä 16 tutkimus- ja kehitysyksikössä. (Valmet general presentation. N.d.)

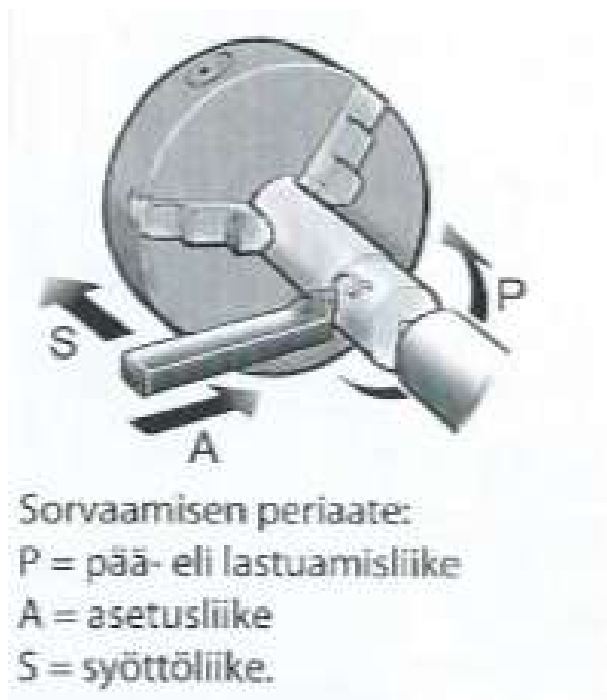
Opinnäytetyö tehtiin kartonki-, pehmopaperi-, ja paperikoneita sekä laitteita toimittavalle Valmet Technologiesin Jyväskylän toimipisteelle, joka työllistää yhteensä noin 1250 henkilöä tuotannossa sekä toimistossa. Lisäksi Jyväskylän 32 hehtaarin tehdasalueella työskentelee noin 300 työntekijää yhteistyökumppanien palveluksessa. Jyväskylän toimipisteen toimintoja ovat tuotekehitys, myynti, projektien hoito, suunnittelu, valmistus ja hankinta, esikokoonpano sekä testaus. Lisäksi Jyväskylästä löytyy paperikoneteknologiakeskus, jossa toimivat kaksi koekonetta 25 työntekijän voimin. Valmet Jyväskylän toimipiste kuuluu maantieteellisesti EMEA:an, joka työllistää Euroopassa, Venäjällä, Lähi-Idässä ja Afrikassa yli 7000 työntekijää. (Rautpohjan yleis-esittely. N.d.)

2 Sorvaus

2.1 Sorvin toiminta ja osat

Sorvaus on yleisimpiä käytettyjä lastuavan työskentelyn menetelmistä. Yleisimmin poikkileikkaukseltaan pyöreän muotoiseksi koneistettuja esineitä, muun muassa ak-

seleita, putkia (telavaippoja), ruuveja, holkkeja sekä kartoita; niitä joita voidaan kutsua pyörähdyskappaleiksi. Yksinkertaisimmillaan sorvattaessa kappale kiinnitetään istukkaan, jolla saadaan aikaseksi pyörimisliike sekä lastuavana työkaluna käytetään teräkelkkaan kiinnitettyä terää, joka suorittaa asetus- ja syöttöliikkeen. Sorvaus vaatii siis pää- eli lastuamislukkeen, asetusliikkeen ja syöttöliikkeen (Ks. kuvio 1). (Maaranen 2012, 129.)

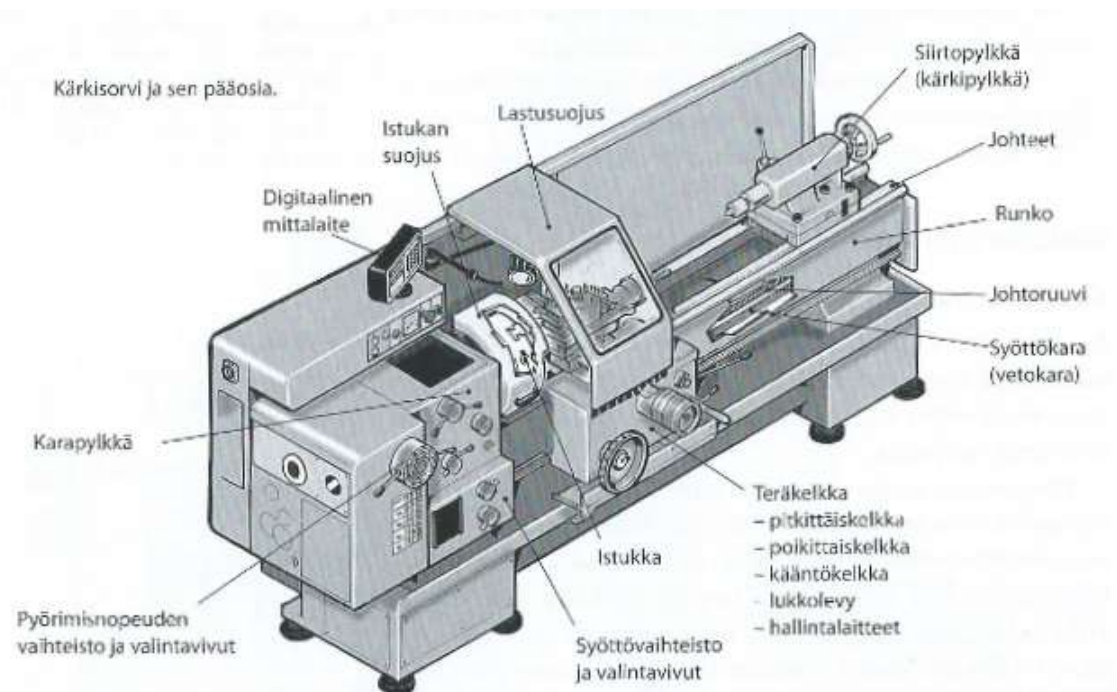


Kuvio 1. Sorvauksen periaate (Maaranen 2012, 129).

Sorvityyppejä löytyy lähes jokaisen teollisuusalan käyttötarpeisiin, mm. kärki-, revolveri-, taso-, karuselli-, pitkä-, NC-, erikois- sekä automaatti- ja puoliautomaattisorvit. Kärkisorvi on näistä yleisimmin käytetty manuaalinen työkalu konepajoissa sorvaukseen. Kärkisorvin yleisyys selviää sen monikäyttöisyydessä, sillä sitä voidaan sorvauksen lisäksi käyttää esimerkiksi poraukseen, kalvimiseen, kierteyttämiseen, hiomiseen, jrsimiseen sekä jousien valmistukseen. (Maaranen 2012. 130–131.)

Kärkisorvin perusosiin kuuluvat runko, jonka päällä sorvin muut osat kuten teräkelkka ja siirtopylkkä kulkevat (ks. kuvio 2). Runko on yleensä valurautaa, johon on koneistettu ja lähes poikkeuksetta tarkkuushiottu pitkittäisjohteet. Pitkittäisjohteissa voidaan käyttää myös erityisiä teräksisiä ja karkaistuja johdekiskoja. Teräkelkkaa varten

ovat ulommat johteet jolloin sisemmät jää siirtopylkän käyttöön. Sorvin käyttöpuolelta katsottuna karapyykkä on sorvin vasemmassa päädyssä ja siihen kuuluvat runko, pääkara, laakerit sekä vaihteisto. Käyttömoottori sijaitsee sorvin jalustassa. (Maaranen 2012. 131–132.)



Kuvio 2. Kärkisorvin periaate (Maaranen 2012, 132).

Sorvin ulompien pitkittäisjohteiden päällä olevaan teräkelkkaan kuuluvat pitkittäis-, poikittäis- ja kääntökelkka sekä lukkolevy ja hallintalaitteet. Pienemmissä kärkisorveissa teräkelkkaa liikutetaan pitkittäissuunnassa käsin ja suuremmissa koneellisesti johtokaran ja syöttöruuvin välityksellä. Pitkittäiskelkan yläpinnalla olevien poikittäisjohteiden päällä kulkeva poikittäiskelkka eli tasokelkka liikkuu kohtisuoraan pitkittäiskelkkaan nähden. Kääntökelkalla voidaan säätää terän kulmaa sorvattavaan kappaleeseen nähden vaakatasossa. (Maaranen 2012. 133–134.)

Siirtopyykkä eli kärkipyykkä kulkee sorvin sisempien johteiden päällä. Sorvattavan kappaleen tukipisteenä tai työkalun (väljentimen, kalvimen, poran) pitimenä toimiva siirtopyykkä on sorvin oikeassa päädyssä. (Maaranen 2012. 134–135.) Tietoihini perustuen suuremmissa sorveissa siirtopylkän työntä eli pinoolia voidaan käyttää apuna putken sisäpinnan kuten telavaipan sorvaukseen.

Lisäksi sorvin toiminnan helpottamiseksi tarvitaan mittalaitteita. Pienemmissä sorveissa mittalaitteina käytetään käsisäästöjen yhteydessä olevia mitta-asteikoita eli mittarumpuja, jotka on mahdollista asettaa nollakohtaan halutussa asennossa. Mittarumpu koostuu kahdesta osasta, kiinteästä ja liikkuvasta. Kiinteälle kehälle on merkitty nollakohta, johon liikkuva kehä voidaan säätää ja siitä lukea kelkan kulkema matka. Käsisäästöisten mittarumpujen lukematarkkuus asteikkorenkailla on yleensä 0,02–0,05 mm. Suuremmissa ja yleensä uudemmissa laadukkaammissa kärkisorveissa on digitaaliset mittalaitteet, jolloin anturit ja mittasauvat mittaavat sorvin liikkeitä ja välittävät tiedon sähköisesti näytölle. Digitaalisissa mittalaitteissa on mahdollisuus nollakohdan asettamiselle, muisti sekä muita erikoisasetuksia. (Maaranen 2012, 135–136.)

Näiden tarvittavien ominaisuuksien lisäksi sorveista löytyy erilaisia lisävarusteita. Lisävarusteisiin kuuluvat muun muassa syötönrajoittimet, jotka katkaisevat syötön liikkeen pysäyttämiseksi haluttuun kohtaan sekä ainesrajoitin, jolla sorvin karaan asetettava kappale saadaan aina samaan syvyyteen. Sorvin jalustassa, karapylkän puoleisessa päässä on yleensä lisäksi lastuamisesäiliö sekä pumppu. (Maaranen 2012, 131, 136.) Tietoihini perustuen suuremmalla kärkivälillä varustettuihin sorveihin on saatavilla myös välitukia, joilla kappaleen värinät ja taipuma saadaan vähenemään ja näin ollen kappale pysyy paremmin paikallaan.

2.2 INNSE S-259 sorvi

2.2.1 Tekniset tiedot

Valmetin suurimpana telavaippojen sorvauksessa käytettynä laitteena on vuonna 1958 valmistettu INNSE (ks. kuvio 3). Sorvi on hankittu Valmetin Jyväskylän toimipisteelle 1980-luvun lopulla käytettynä Italiasta. Sorvi on nimetty Valmetin toimesta S-259:ksi. Sorvilla voidaan työstää suurimmillaan 2600 mm halkaisijaltaan ja kärkiväliltään 14000 mm pitkää kappaletta. Sorvin päämoottorina toimii 192kW:n kolmivaiheinen vaihtosähkömoottori.



Kuvio 3. Innse S-259-sorvi.

S-259 on manuaalinen kärkisorvi, jota on modernisoitu muun muassa uudella digitaalisella ohjainpaneelilla sekä etäluettavilla näytöillä toimiston puolelta. Sorvista löytyy historiatietoa sähköisesti vuosilta 1994–2017. Vikahistoriasta selviää laitteelle tehdyt huollot, korjaukset sekä modernisoinnit.

Laitteelle tehdään viikoittaisia tarkastuksia sekä vuosittainen huolto, jossa selvitetään ja korjataan laitteelle aiheutuneita kiireettömiä vikoja.

Sorvia käytetään vaippojen rouhinta- sekä viimeistelysorvaukseen. S-259-sorvilla sorvataan valurautaisia sizer, puristin- ja keskiteloja, haponkestäviä imuteloja sekä teräksisiä putkiteloja. Sorvattavia materiaaleja Valmetin käytössä ovat valurauta, haponkestävä teräs sekä rakenneteräs.

Rouhintasorvauksessa suurin syöttönopeus on 40 mm/min, suurin lastunpaksuus on 30 mm halkaisijasta sekä paras pinnankarheus Ra-arvona on 25. Viimeistelysorvauksessa suurin syöttönopeus 40 mm/min, suurin lastunpaksuus 10 mm pinnasta, sekä paras pinnankarheus Ra 3,2.

Sorvin mittatarkkuus ylittää standardin mukaiseen arvoon H7. SFS-EN ISO 286-2 mukaisesti toleranssi H7 on +0,150 mm. (Valtanen, E. 2013, 598)

2.2.2 SisäSORVAUS

Alkujaan sorvi on ollut käytössä ainoastaan ulkopintojen sorvauksessa ja siihen on Valmetin tarpeen mukaisesti hankittu sisäSORVAUSLAITTEISTO. (Ks. kuvio 4.) SisäSORVAUS vastaa työmenetelmänä lähes täysin ulkopinnan sorvausta, mutta vaatii sorvilta enemmän. Taustatutkimukseen perustuen vaippojen sisäSORVAUKSESSA siirtopylkän työnnin eli pinooli työnnetään vaipan läpi. Pinoolin ympärillä kulkeva kelkka, johon teräkasetti on kiinnitetty, lastuaa työkappaleen sisäpintaa.



Kuvio 4. S-259:n sisäSORVAUSLAITTEISTO.

S-259:llä sisäSORVAUKSESSA pienimmän työstettävän kappaleen mittoihin vaikuttavat sisäSORVAUSAKSELIN halkaisija 1145 mm sekä kappaleen suurin kärkiväli 12000 mm. SisäSORVAUKSESSA käytetään erillistä teräkasettia, johon voidaan kiinnittää yksi tai kaksi teräpäätä. Kuviossa 5 sisäSORVAUSTERÄKASETTIIN on kiinnitetty yksi teräpää (Ks. kuvio 5).



Kuvio 5. SisäSORVAUSTERÄKASSETTI yhdellä teräpäällä.

3 Työturvallisuus

3.1 Työturvallisuuslaki

Työn päätavoitteena oli saada työntekijöiden työturvallisuus sekä ergonomia parantumaan nykyisestä. Hyvää työturvallisuutta varten on olemassa useita ohjeita ja säädöksiä, joilla työntekijät saadaan pysymään terveinä sekä hyvinvoivina.

Työturvallisuus lähtee turvallisuuden tunteesta sekä tuottavuudesta ja edellyttää tapaturmien ennaltaehkäisyä. Työturvallisuutta pystytään kehittämään jokaisella työpaikalla. Päämääränä on saavuttaa nolla tapaturmaa, sillä tapaturmat eivät satu satumalta, vaan niiden takana on erinäisiä syitä, joihin pystytään puuttumaan. Riskien ja työympäristön arviointia pidetään työturvallisuuden lähtökohtana. Tapaturmista ja vaaratilanteista oppiminen ja niiden selvittäminen edistävät myös työturvallisuutta. Tapaturmista aiheutuvien aineellisten vahinkojen ja kustannusten lisäksi niistä aiheutuu inhimillistä kärsimystä tapaturman uhrille sekä hänen läheisilleen ja työkavereilleen. Turvallisuuden varmistamisessa jokainen tapaturma tarkoittaa aukkoa ja se tulee tutkia ja selvittää miten vastaavanlainen tilanne voitaisiin ehkäistä. Tapaturmien

estämisen lähtökohtana on vaaratilanteiden tunnistaminen sekä mahdollisuuksien mukaan ennalta arvaamattomiin tilanteisiin tulee varautua. (Työturvallisuus n.d.)

Ensisijaisesti työsuojelusta ja turvallisista työoloista vastaa työnantaja. Työnantajaa edellytetään olemaan tietoinen työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä sekä näiden hallinnasta. Työnantajaa ja työsuojelua ohjaavat erilaiset lait ja ohjeet. Työturvallisuuslaki, työterveydenhuoltolaki sekä työsuojelun valvontalaki määrittävät lainmukaiset pohjat työn tekemisen turvallisuudelle, terveellisyydelle ja asioiden käsittelemiselle yhteisissä. (Toiminta työpaikalla n.d.)

Työturvallisuuslakien lisäksi SFS eli Suomen standardisoimisliitto ry julkaisee alakohdattaisia turvallisuusstandardeja. SFS-standardeista SFS-EN ISO 12100 käsittelee koneeturvallisuutta.

Työturvallisuuslain päämääränä on turvata ja ylläpitää työntekijän työkykyä, ennaltaehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja sekä muita työstä ja työympäristöstä aiheutuvia fyysisiä ja henkisiä terveyshaittoja (L 738/2002 1 §.)

Työturvallisuuslaista (738/2002) löytyy koneiden turvallisuusvaatimuksia kahdesta pykälästä. ”Vaarojen järjestelmällistä tunnistamista sekä selvittämistä turvallisuuden hallitsemiseksi” (10 §) sekä ”työnantajan yleisen huolehtimisvelvoitteen (8 §) mukaisesti, turvallisuuden varmistamiseksi toteutetaan alla olevat toimenpiteet säädetyssä ensisijaisuusjärjestyksessä. (Siirilä 2009, 4.)

1. Vaarojen syntyminen estetään.
2. Vaaratekijät poistetaan tai riskejä pienennetään.
3. Riskejä pyritään hallitsemaan ensisijaisesti teknisillä toimenpiteillä ennen yksilöllisiä suojauskeinoja.

Työpisteessä vaadittavat työvälineet sekä rakenteet tulee valita, mitoittaa sekä sijoittaa työn luonne sekä työntekijä huomioon ottaen asianmukaisesti ergonomian huomioiden. Työ pitää pystyä suorittamaan ilman työntekijälle aiheutuvia terveydelle haitallisia tai vaarallisia kuormituksia järjestämällä työpisteelle säädettävät ja käyttökäytännöiltään sopivat työkalut. (L 738/2002, 24 §.)

Myös työntekijällä on velvollisuuksia suorittaessaan työtä. Työntekijän on noudatettava määräyksiä ja ohjeita työnantajan toimivallan mukaisesti. Työntekijällä on muutenkin velvoite noudattaa työn sekä työolosuhteiden vaatimaa turvallisuutta sekä huolehtia terveystensä vaikuttavista järjestys-, siisteys-, huolellisuus- sekä varovaisuustekijöistä. Ammattitaidon, oman kokemuksen sekä työnantajan opetuksen ja ohjauksen mukaisesti työntekijän on huolehdittava saatavissa olevin keinoin myös muiden työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä. (L 738/2002, 18 §.)

Työolosuhteissa tai työmenetelmissä huomioitavat viat tai puutteet jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle ovat ilmoitettava välittömästi työnantajalle sekä työsuojeluvaltuutetulle. Työntekijän tulee taitojensa sekä mahdollisuuksien mukaan poistaa havaitsemansa vika tai puutteellisuus ja tehdä ilmoitus korjaustoimenpiteestä. Työnantajan vastuulla on selvittää sekä työntekijälle, että työsuojeluvaltuutetulle tulevista toimenpiteistä vaaratekijän poistamiseksi. (L 738/2002, 19 §.)

Työturvallisuuslain 738/2002 pykälän 23 mukaisesti työntekijällä on oikeus kieltäytyä tekemästä työtä, josta aiheutuu vakavaa vaaraa itselle tai toisen työntekijän terveydelle. Työstä kieltäytyessä tulee ilmoittaa työnantajalle mahdollisimman pian. Vaaratekijöiden poistamiseen tai muutoin työn turvallisuuden takaamiseen asti työntekijän oikeus kieltäytyä työstä pysyy voimassa. Työstä kieltäytyminen ei saa aiheuttaa laajempaa rajoitetta työnteolle kuin työn turvallisuuden ja terveyden kannalta on ehdotonta. Kieltäytymisestä aiheutuvaa vahingonkorvausvelvollisuutta ei voida siirtää työntekijälle, jos hän kieltäytyy työstä tämän pykälän mukaisesti. (L738/2002, 23 §.)

3.2 Koneturvallisuus

Koneturvallisuutta määrittelevät useat eri standardit. Standardit ovat kuluttajille, elinkeinoelämälle ja viranomaisille suunnattuja yhteisiä sääntöjä, joilla tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta helpotetaan. Standardien käyttö on vapaaehtoista ja ne tulisi olla kaikkien saatavilla. (Standardit ja standardisointi 2013.) Luonteeltaan suosituksia olevien standardien käyttöä saatetaan edellyttää viranomaisten toimesta.

Suomen standardisoimisliiton mukaan ”Standardi on kirjallinen julkaisu ja standardisoinnista huolehtivan viranomaisen, järjestön tai muun tunnustetun elimen hyväksymä.” (Usein kysyttyä n.d.) Koneturvallisuuden A- ja B-tyyppin standardit on esitelty kattavasti Suomen standardisoimisliiton esitteessä koneturvallisuuden standardit 2017 (koneturvallisuuden standardit 2017, n.d).

On olemassa muun muassa kolmenlaisia standardeja, SFS, EN ja ISO. Nämä kirjainyhdistelmät kertovat järjestön, missä standardin teksti on hyväksytty.

- SFS on Suomessa vahvistetun standardin tunnus.
- EN on eurooppalaisessa standardisoimisjärjestössä CEN:ssä vahvistettu tunnus.
- ISO on kansainvälisen standardisoimisjärjestön ISO:n vahvistama tunnus

Suomessa ja Euroopassa vahvistetulle standardin tunnukselle käytetään tunnusyhdistelmää SFS-EN. SFS-ISO tunnusta käytetään, kun standardi on vahvistettu sekä Suomessa, että kansainvälisessä ISO:ssa, mutta ei Euroopan CEN:ssä. Kaiken kattava tunnus on SFS-EN ISO, jolloin sama standardi on vahvistettu kaikissa järjestöissä. (SFS, EN, ISO? n.d.)

SFS-standardeissa ergonomia ja koneturvallisuus on yhdistetty, mutta molemmilla on kuitenkin omat toimialasta riippumattomat perusstandardit. Päämääränä on myötävaikuttaa käyttäjien hyvinvointia, turvallisuutta sekä työjärjestelmien tehokkuutta. (Top 10 -standardit n.d.)

SFS kansainvälisessä koneturvallisuus standardissa 12100 pääasiallisena tarkoituksena on antaa suunnittelijoille yleiset raamit ja ohjeet turvallisten koneiden suunnitteluun, kehittämiseen sekä päätöksentekoon kehitystyössä. Standardissa ”koneen turvallisuus” käsittää koneen suorituskyvyn sille tarkoitettuun tehtävään sen elinkaaren aikana sen jälkeen, kun riskiä on pienennetty riittävästi. (SFS-EN 12100:2010, 10.)

Standardin mukaan riskiä tulee arvioida ja pienentää seuraavilla toimenpiteillä seuraavassa järjestyksessä:

- koneen raja-arvojen määrittäminen sisältäen käyttötarkoituksen sekä kohtuudella ennakoitavan väärinkäytön määrän.
- vaarojen tunnistaminen sekä niihin liittyvät vaaratilanteet.
- tunnistettujen vaarojen ja vaaratilanteiden riskien arvioinnin suuruuden tunnistaminen.

- riskin merkityksen arvioiminen ja päätöksenteko riskin pienentämisen tarpeesta.
- vaarojen poistaminen tai vaaraan liittyvien riskien pienentäminen suojaustoimenpiteiden avulla.

Toimenpiteet 1-4 liittyvät riskin arviointiin ja kohta 5 riskin pienentämiseen (SFS-EN 12100:2010, 28).

Sarjalla loogisesti kulkevia vaiheita saadaan riskien arviointi mahdolliseksi koneisiin liittyvien riskien analyysiin ja niiden merkityksen arviointiin. Riskien arvioinnin jälkeen seuraa tarvittaessa riskin pienentäminen. (SFS-EN 12100:2010, 28.)

Riskiarviointiprosessin toistaminen saattaa olla tarpeellinen, jotta vaarojen poistaminen onnistuu niissä määrin kuin on todellisuudessa mahdollista ja jotta riskejä alennetaan tarpeeksi paljon suojaustoimenpiteitä suorittamalla (SFS-EN 12100:2010, 28).

Koneeseen jota käytetään, on muutostöiden jälkeen tehtävä uusi riskiarviointi. Riskiarvioinnin pohjalta on asennettava uudet turvalaitteet ja uusittava koneen dokumentit, koska koneen muutostyö usein johtaa siihen, että koneen käyttötarkoitus, toimintatapa ja turvallisuus muuttuvat. (Örn 2007, 11.)

3.3 Työturvallisuus S-259-sorvilla

Toimeksiantajalla oli tarjolla sorvin työturvallisuuteen pohjatietoina liitteessä 2 oleva riskianalyysi joka on luottamuksellinen (ks. liite 2) sekä sähköinen historia-arkisto alkaen vuodesta 1994. Historia-arkistosta selviää laitteelle tehdyt huollot, korjaukset sekä modernisoinnit. Historian pohjalta selvitettiin S-259-sorville tehtyjä työturvallisuusmodernisointeja. Lisäksi vanhempia työturvallisuusasioita ennen vikahistorian täyttämistä sähköisesti saatiin sorvin käyttäjiltä.

Sorvin työturvallisuutta on lisätty turvakaiteilla, jotta työntekijöiden putoamisvaaraa on saatu pienennettyä. Ergonomiaa sekä myös työturvallisuutta varten koneeseen on asennettu ohjaintaulut, joilla koneen asetusten laittaminen on saatu helpommaksi ja tarkemmaksi. Lisäksi sorvin yhteyteen on rakennettu toimisto, jossa työntekijät näkevät etäohjauspaneelistä sorvin sen hetkiset parametrit. Lisäksi sorviin on asennettu

rajakytkimiä kappaleen tunnistukseen, jotka sammuttavat koneen, jos työkappale irta-
toaa tai putoaa.

4 Ergonomia

4.1 Periaatteet

Launiksen ja Lehtelän (2009, 12) mukaan

”Ergonomia tutkii ihmisen, työn ja tekniikan vuorovaikutusta ja tuottaa tietoja ja menetelmiä, joiden avulla järjestelmät, tehtävät ja ympäristö sovitetaan ihmisen ominaisuuksien, kykyjen ja tarpeiden mukaisesti. Ergonomian tavoitteena on ihmisen turvallisuus, terveys ja hyvinvointi sekä toiminnan tehokkuus, laadukkuus ja sujuvuus.” (Launis & Lehtelä 2009, 12.)

Suunnitteluprosessin hankaluus on ennustaa asioiden oikeellisuus sekä muuttaa nykyinen tilanne halutun laiseksi. Tarvittava tieto saadaan arvioimalla ja vertailemalla samankaltaisia, vastaavia ja tulevia tuotteita sekä tutustumalla käyttäjien käyttäytymiseen. Suunnittelutyössä useita rajoituksia sekä ongelmia aiheuttaa tuotteen sopivuus käyttäjälle sekä valmistus ja kuljetus unohtamatta kuitenkin tärkeintä eli työturvallisuutta, ergonomiia ja käytettävyyttä. Käyttäjän on pystyttävä päättämään mitä järjestelmä vaatii tavoitetilan saavuttamiseksi sekä tiedettävä mitä järjestelmässä milläkin hetkellä tapahtuu. Tuotteelle koko elinkaaren ajaksi ajankohtaisia asioita ovat käytettävyyden, ergonomian ja turvallisuuden, jotka tulevat ottaa huomioon erityisesti heti suunnittelun alkuvaiheessa. Lisäksi kokonaisarvoa voidaan huomattavasti lisätä huomioimalla turvallisuus- ja ergonomianäkökulmat myös valmistus, kokoonpano, kunnossapito sekä kierrätystoimenpiteissä. (Väyrynen, Nevala, Päivinen 2004, 22-24.)

Ergonomisesti työssä yhdistetään käyttäjä-tuote-tehtävä -koeasetelma eli experimentaalinen menetelmä sekä evaluointi- eli arviointitutkimus (Ks. kuvio 6).

	Tutkimus kohdistuu	Tärkeää tuntea myös
1) Deskriptiivinen tutkimus	Käyttäjään	Tuote, tehtävä ja järjestelmä
2) Eksperimentaalinen tutkimus	Käyttäjään, tuotteeseen, tehtävään tai niiden järjestelmään	Kaikki muutkin komponentit ja järjestelmä
3) Evaluointitutkimus	Tuotteeseen	Käyttäjä, tehtävä ja järjestelmä

Kuvio 6. Ergonomiset tutkimusmenetelmät (Väyrynen ym. 2004, 33).

Työntekijän kuormittumisen, suorituksen tai muihin erilaisiin olosuhteisiin vaikuttavien tekijöiden vaikutusta tuotteeseen selvitetään vaihtoehtoisilla järjestelyillä eli experimentaalisisella menetelmällä. Menetelmässä tutkitaan tehtävään tehtyjen muutosten suhdetta käyttäjämuutoksiin ja pyritään hakemaan näistä hyvä yhdistelmä. (Väyrynen ym. 2004, 32-34.)

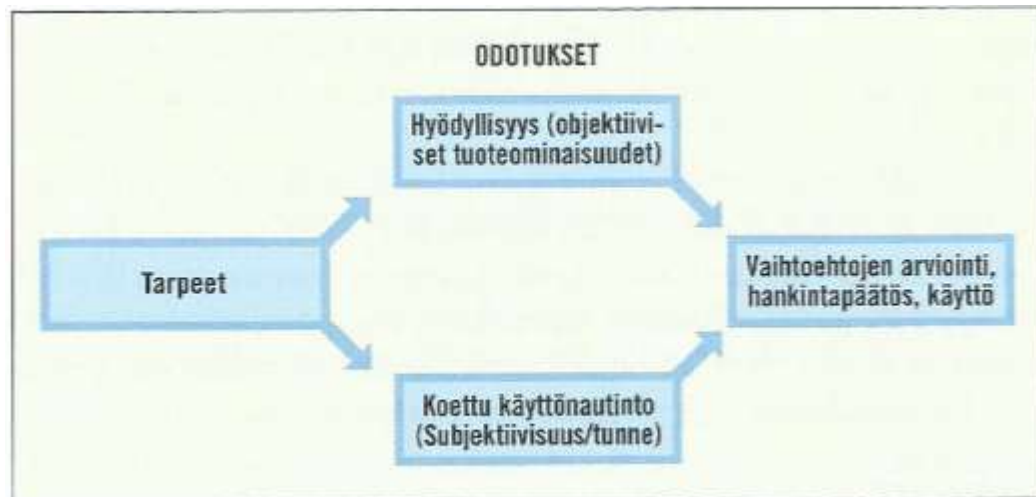
Evaluointi- eli arviointitutkimuksen menetelmässä ilmenee tuotteen kyky täyttää tietyt tavoitteet. Aidon tai simuloitun käyttötilanteen pohjalta määritetään tuotteen ja käyttäjän yhteensopivuus eli ergonominen kompatibiliteetti, jota käytetään pohjana arvioitaessa tuotteen ergonomista hyvyttä. Yleisen teknisen suunnittelun kulkuun kuuluu osavaiheena myös evaluointi eli puhuttaessa käytettävyyden evaluoinnista erilaisilla käytettävyytutkimuksilla. (Väyrynen ym. 2004, 32-34.)

Valmistajaa velvoittaa Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 98/37/EY ergonomian osalta seuraavasti:

Ergonomiset periaatteet huomioiden käyttäjän toimintaa rasittavien, hankaloittavien ja psyykkisesti kuormittavien asioiden vaikutusta on pienennettävä mahdollisimman paljon sekä hallintalaitteet tulee sijoittaa siten, että niiden liikkeet ja käyttövastus sopivat yhteen niillä tehtävään työhön. (Väyrynen ym. 2004, 15.)

Käyttäjän ja tuotteen välistä suhdetta kuvatessa yleensä tyytyväisyytenä huomioidaan ainoastaan fyysisen tai kognitiivisen epämukavuuden sekä riskin puuttumisena.

Usein tuotteilla on kuitenkin todellisuudessa suurempi rooli ihmisten elämässä. Tuotteen ja ihmisen vuorovaikutuksesta puhumisen lisäksi tulee selvittää niitä tekijöitä, joilla käyttäjät saadaan tuntemaan erilaisia tunnetiloja kuten; ylpeyttä, iloa, vihaa, häpeää, epävarmuutta tai varmuutta. Tuotteiden ja ihmisten väliseen suhteeseen vaikuttavat niin ominaisuudet ja ulkonäkö kuin myös ihmisten odotukset ja arvostukset. Tuotetta suunniteltaessa on siis tärkeää tarkastella myös tunnekokemuksia. (Ks. kuvio 7.) (Väyrynen ym. 2004, 30.)



Kuvio 7. Käyttäjän ja tuotteen välinen suhde (Väyrynen ym. 2004, 30).

Suomen standardisoimisliitto SFS antaa myös ohjeensa suunnittelutyössä ergonomian huomioonottamiseen. Standardin mukaan terveydelle haitallisten tekijöiden ehkäisevä poisto, työ- ja elinolojen kohennus sekä työturvallisuuden lisäys ovat ergonomisesti suunniteltuja työjärjestelmiä. Näillä toimilla saadaan myös parannettua käyttäjä-kone-järjestelmän luotettavuutta ja suorituskykyä. Ergonomia periaatteita sovelletaan työjärjestelmän suunnittelussa, että ihmisen kyvyt, taidot, rajoitukset ja tarpeet otetaan huomioon, erityisesti kun kyse on koneen suunnittelusta. (SFS-EN 614-1+A1:2009, 6.) Ergonomiaan ja käytettävyyteen liittyvät standardit on lueteltu selkeästi Suomen standardisoimisliiton esitteessä ergonomian ja käytettävyyden standardit (Ergonomian ja käytettävyyden standardit 2013).

Standardin 614-1 mukaisesti työjärjestelmä pitää sisällään käyttäjät, tehtäväkokonaisuuksien suunnittelun, työympäristön, työtilan, työvälineet, työprosessin sekä niiden

väliset vuorovaikutukset. Suunnittelun hyvyys näkyy käyttäjän ja työvälineen arveltuana vuorovaikutuksena sekä työvälineen sopivuutena järjestelmän kokonaisuuteen. (SFS-EN 614-1+A1:2009, 6.)

4.2 Nostotyöt

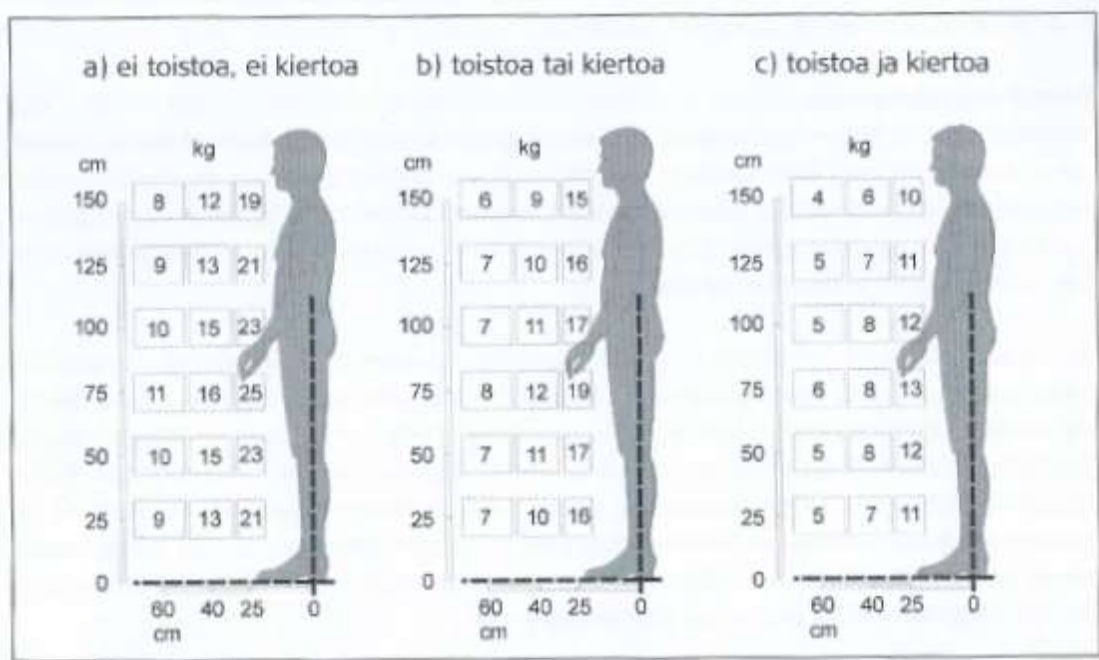
Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä (1409/1993, nostopäätös) määrittelee kaikkia lihasvoimin tehtäviä nostotöitä. Jatkuvaa ja raskaita taakkoja sisältäviä nostotöitä on pyrittävä välttämään tai vaihtoehtoisesti sitä on pyrittävä helpottamaan työmenetelmää muuttamalla tai mekaanisin apuvälinein nostopäätöksen mukaisesti. Yleisimmin selän rakenteille aiheutuvia terveysriskejä aiheutuu raskaista nostotöistä. Liiallisten taakkojen käsittely tulee huomioida tehtäessä uusia työvälinehankintoja tai muutettaessa työtehtäviä. (Launis & Lehtelä 2009, 47.)

Nostopäätöksen (1409/1993) mukaisesti nostorajaa ei ilmoiteta suoraan vaan sitä tulee tarkastella usealta katsantokannalta. Nostorajaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa nostoetäisyys, nostokorkeus, nostoon liittyvä kantomatka, nostojen toistuvuus, nostotyön kesto, kuorman koko, paino ja muoto, nostoasento, sekä henkilön voimakkuus. (Launis & Lehtelä 2009, 47.)

Launisen ja Lehtelän mukaan nostotyön kuormittavuutta tarkasteltaessa tulee kuvion 8 periaatteiden lisäksi huomioida seuraavia asioita

- Kuormasta pitää saada kunnollinen ote (kahvan ja oteaukon pituus 11 cm, kahvan halkaisija 4 cm, vapaa tila oteaukossa ja kahvan ympärillä 5 cm)
- Terävyys ja liukkaus on poistettava otekohdista
- Kuorman leveys, yli 60 cm leveä kuorma lisää kuormitusta
- Kuorma tulee pysyä muodossaan
- Kuorman painopiste ei saa siirtyä itsensä sisällä
- Kuorman koko (näköeste)
- Kuorman merkinnät (massa, rikkoutuminen)
- Kuorman koko ja nostopisteet usean henkilön nostossa

(Launis & Lehtelä 2009, 47.)



Kuvio 8. SFS1005-2 sovelletut kuorman nostorajat (Launis & Lehtelä 2009, 48).

SFS standardin 1005-2 + A1 mukaisesti suurin viitemassa tavanomaisessa ammattikäytössä normaalilla työväestöllä on 25 kg (Ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Viitemassa (M_{ref}), jossa on otettu huomioon tarkoitettu käyttäjäryhmä (SFS-EN 1005-2+A1:2009, 18).

Sovellusalue	M_{ref} [kg]	Prosenttiosuus			Väestöryhmä	
		N ja M	Naiset	Miehet		
Kotitalouskäyttö ^a	5	Tietoja ei ole saatavilla			Lapset ja vanhemmat henkilöt	Koko väestö
	10	99	99	99	Normaali väestö	
Ammattikäyttö (tavanomainen) ^b	15	95	90	99	Normaali työväestö mukaan lukien nuoret ja vanhat henkilöt	Normaali työväestö
	25	85	70	90	Aikuinen työväestö	
Ammattikäyttö (poikkeuksellinen) ^c	30	Tietoja ei ole saatavilla			Nimetty työväestö	Nimetty työväestö
	35					
	40					

^a Suunniteltaessa konetta kotitalouskäyttöön olisi riskin arvioinnissa käytettävä 10 kg yleisenä viitemassana. Jos lapset ja vanhat henkilöt sisältyvät tarkoitettuun käyttäjäryhmään, viitemassa olisi alennettava arvoon 5 kg.

^b Suunniteltaessa konetta ammattikäyttöön ei viitemassa yleensä saisi ylittää arvoa 25 kg.

^c Käsin tapahtuvien käsittelytoimintojen välttämistä ja riskien pienentämistä alhaisimmalle mahdolliselle tasolle tulisi kaikin tavoin tavoitella. Tästä huolimatta joskus voi esiintyä poikkeustilanteita, joissa viitemassa saattaisi ylittää 25 kg:aa (esim. jos ei ole olemassa riittävän edistyneistä tekniikkaa tai muita keinoja tilanteen ratkaisemiseksi). Näissä poikkeustilanteissa on ryhdyttävä muihin toimenpiteisiin riskin hallitsemiseksi standardin EN 614-1 mukaisesti (esim. tekniset apuvälineet, ohjeistus tai tarkoitettulle käyttäjäryhmälle suunniteltu erityinen koulutus).

Myös standardin mukaisesti suurimman nostettavan massan määrään kuitenkin vaikuttavat vähentävästi: Nostokorkeuskerroin V_M , korkeuskerroin D_M , etäisyyskerroin

H_M , epäsymmetriakerroin A_M , otekerroin C_M sekä taajuuskerroin F_M . (Ks. liite 1.) Viitemassa M_{ref} annettiin kaavaan kilogrammoina. Näin ollen suositeltavaksi enimmäismassaksi saatiin noin 14,8 kg. (SFS-EN 1005-2+A1:2009, 18–24.)

$$R_{ML2} = M_{ref} * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

$M_{ref} = 25$ kg

$V_M = 0,93$

$D_M = 0,97$

$H_M = 0,90$

$A_M = 0,81$

$C_M = 0,9$

$F_M = 1,0$

Standardin mukaisesti viitemassaa M_{ref} voidaan korottaa 40 kg:aan, jos työ on poikkeuksellista sekä siihen on nimetyt työntekijät. 40kg:n viitemassalla poikkeustilanteeksi määriteltyyn nostoon koulutetuilla henkilöillä suurimmaksi sallituksi enimmäismassaksi saatiin 23,7 kg. (SFS-EN 1005-2+A1:2009, 18–24.)

5 Käyttäjakeskeinen suunnittelu

5.1 Lähtökohdat

Toimeksiantajan pyynnöstä opinnäytetyössä suunnittelutyö toteutettiin käyttäjakeskeisesti. Käyttäjakeskeisessä suunnittelutyössä pyritään heti tuotekehityksen alusta alkaen keskittyä loppukäyttäjiin sekä ottamaan heidät mukaan suunnittelupalaveriin. Käyttäjakeskeisellä suunnittelutyöllä parannetaan mahdollisuutta saada tuote todelliseen käyttöön.

Kun kallista ja paljon työtä vaativaa käyttäjakeskeistä suunnittelua katsotaan kokonaisuutena, tullaan usein siihen tulokseen, että monipuolinen, käyttäjakeskeinen

suunnittelutyö parantaa suunnittelutehokkuutta ja lyhentää kokonaissuunnitteluun käytettyä aikaa helpottamalla loppuvaiheen isoja ja työläitäkin muutoksia (Väyrynen ym. 2004, 28–29).

SFS 6385 standardin mukaisesti suunnittelu viittaa iteratiivisen ja jäsennellyn prosessin useisiin suunnitteluvaiheisiin, joka johtaa uuteen malliin tai uudelleensuunnitteluun. Työjärjestelmän suunnitteluun on sisällytettävä kaikki vaiheet koko elinkaaren ajalta alkaen ideasta kehityksen kautta toteutukseen ja käytäntöön sekä ylläpitoon ja laitteen käytöstä poistoon. (SFS-EN ISO 6385: 2016, 10.)

Opinnäytetyössä käytettiin käyttäjätutkimusta sekä tehtäväanalyysiä, jotta saatiin mahdollisimman kattava kuva sorvilla työskentelevistä henkilöistä sekä työvaiheista.

5.2 Käyttäjätutkimus

Käyttäjätutkimus on hyödyksi tuotekehitystä tehtäessä käytettävyyden vaatimusmäärittelyn tueksi. Tutkimuksessa perehdytään yksityiskohtaisesti käyttäjien tehtäviin, toimintaan sekä olosuhteiden ja ympäristön selvittämiseen. Ennen tuotekehityksen määrittämistä vaatimuslistan muotoon tulee kerätä tietoa käyttäjien käyttäytymisestä ja toiminnoista. Kokemuspohjaisilla menetelmillä kuten haastatteluilla, kyselyillä, havainnoilla, mittauksilla, kuvauksilla saadaan ymmärrettävä pohja käyttäjäprofilointiin. Laitteen ollessa ihmisten käytössä, suunnittelun täytyy pohjautua ihmisen fyysisiin ja henkisiin ominaisuuksiin. Käyttäjäprofiloinnilla selvitetään tuotteen tai työvaiheen loppukäyttäjät eikä niin, että se räätälöidään itselleen. (Väyrynen ym. 2004, 113–114.)

5.3 Tehtäväanalyysi

Tehtäväanalyysi (task analysis) on myös yksi suunnittelutyön alussa tehtäviä toimenpiteitä. Tehtäväanalyysiksi kutsutaan menetelmää, jossa hankitaan ja eritellään tietoa tietyistä tehtäväksi aiotusta tehtävistä. Käyttöympäristön tai työpaikan näkeminen on selkein ja tarpeellisin vaihe tehtäväanalyysin tekoon. Paikan päällä toteutuva

on aina enemmän tai vähemmän erilaista kuin mitä siitä on kuvailtu. Tehtäviä tehdessään ihmisiä voi pyytää ”miettimään ääneen”, jolloin niistä saadaan helpommin tietoa. Osana ergonomista suunnittelua tehtävä, sen osat ja kulku on analysoitava ja kuvailtava vaiheittain. Yleisin menetelmä tehtäväanalyysin tekoon on vaiheittainen luettelo. (SFS-EN 614-2) (Väyrynen ym. 2004, 125–127.) Myöhemmin tehtäväanalyysi yhdistetään käyttäjäanalyysiin sekä käyttäjäprofilointiin.

Suunnitteluvaiheissa on käytettävä hyväksi ihmisten ja ympäröivän maailman luonnollisia suhteita ja rajoituksia. Esimerkiksi laitteen tulisi toimia siten, että sitä voidaan käyttää ilman ohjeita ja merkintöjä, mikäli mahdollista. Välttämättömien ohjeiden ja merkintöjen tulisi olla niin yksiselitteisiä, että käyttäjä oppii ne kerran luettuaan tai kuultuaan. (Väyrynen ym. 2004, 22–24.)

6 Nykytilanne

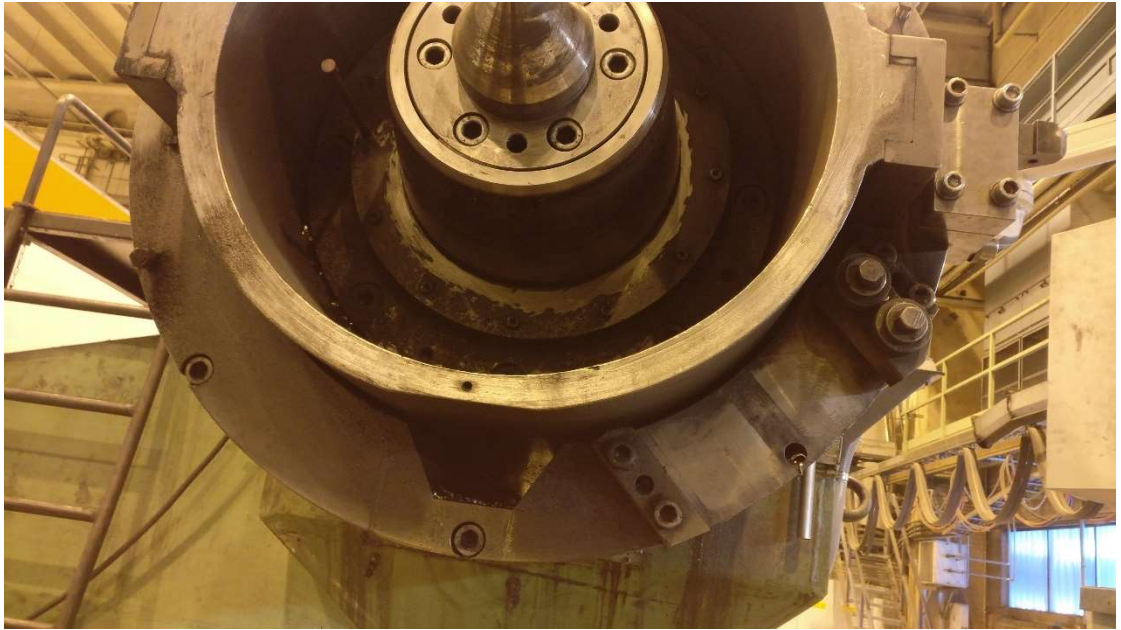
6.1 Kasetin vaihto

S-259-sorvin teräkasetin vaihto on melko yksinkertainen ja nopea prosessi aloitettaessa tai lopetettaessa sisäSORVAUS työvaihetta. SisäSORVAUSTA suoritetaan S-259:llä keskimäärin muutamia kertoja viikossa, joten sisäSORVAUSTERÄKASETTI vaihdetaan viikoittain. SisäSORVAUSTA aloitettaessa ensimmäisenä työvaiheena on valita telineestä oikea sisäSORVAUSTERÄKASETTI (ks. kuvio 9), jonka jälkeen kasetti siirretään käsivoimin sorvin sisäSORVAUSAKSELIIN eli PINOOLIIN.



Kuvio 9. Teräkasettien säilytysteline.

Seuraavaksi kasetti asetetaan omiin uriinsa ja kasetin kiinnitys tapahtuu kiilan avulla, joka kiristetään kahdella ruuvilla tiukalle (ks. kuvio 10). Teräkasetin kiinnitykselle on olemassa muutamia erilaisia kiinnitysrenkaita, joilla kasetin kiinnityspaikkaa saadaan vaihdettua. Vaihtoehtoisesti kasetti voidaan kiinnittää vaakatasoon akselin sivulle.



Kuvio 10. Teräkasetin kiinnityspaikka.

Tämän jälkeen pinooli ajetaan telavaipan sisälle ja kasetille säädetään oikea sorvaussyvyys vaipan sisäpintaan nähden. Rouhinta sorvattaessa vaipan sisäpintaan on koneistettu valmiiksi niin sanottu kohdistuspinta, jota vasten teräkasetti asetetaan. Nyky muodossaan kasetin siirtoon ja asennustyöhön käsin kuluu aikaa muutamia minuutteja.

Sisäsorvausta lopetettaessa pinooli ajetaan lähelle siirtopylkkää ja kasetin kiristysruuvit löysätään. Teräkasetti on silloin irrallaan ja tippuu uristaan, ellei siitä pidetä kiinni. Seuraavaksi teräkasetti siirretään takaisin säilytystelineeseen.

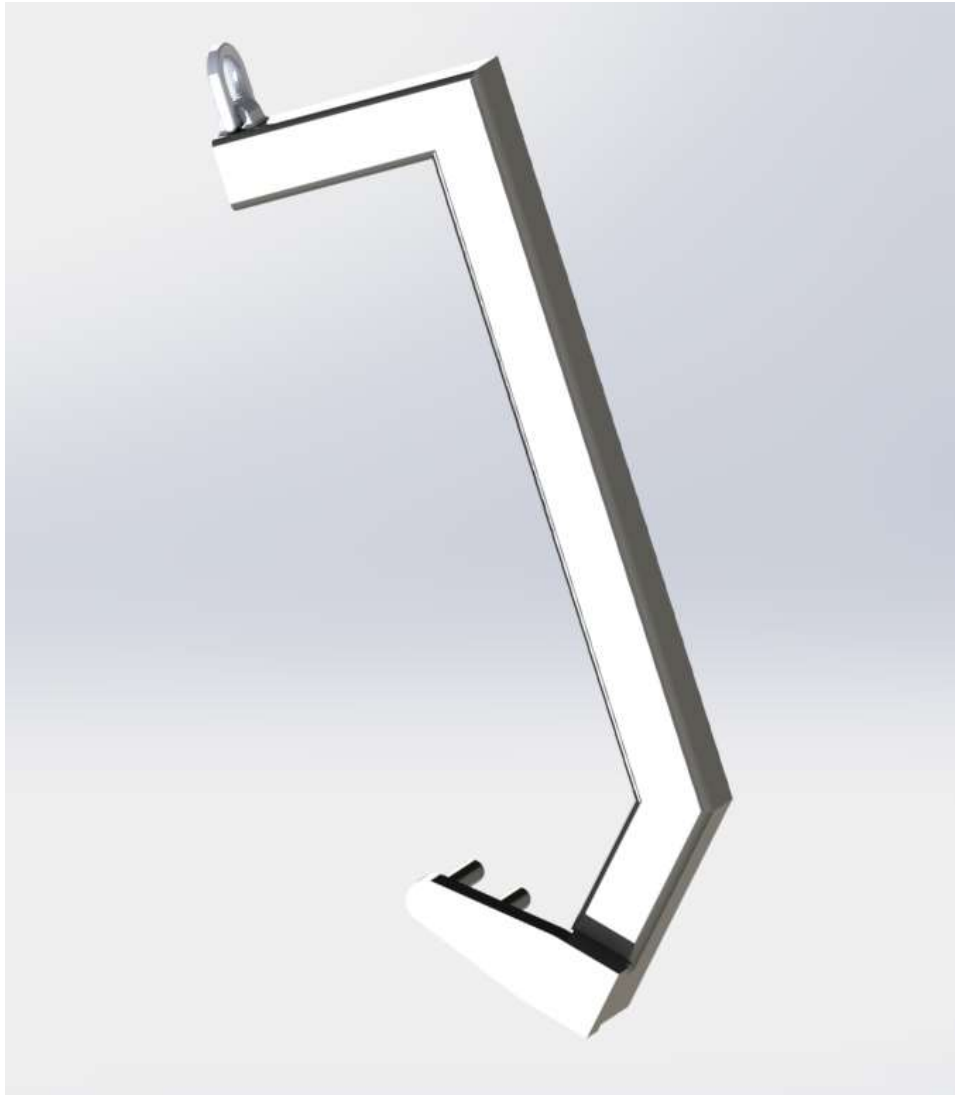
6.2 Kasetin vaihdon työturvallisuus ja ergonomia

Toimeksiantaja on suorittanut S-259:lle riskien kartoitusta usean vuoden ajalta, jonka aikana teräkasetin vaihdosta on aiheutunut muutamia työtapaturmia. Työvaiheen riskianalyyseistä on tarkempi selvitys liitteessä 2, joka on luottamuksellinen. (Ks. liite 2.) Riskianalyyseistä selviää vaaran numero, vaaran sanallinen kuvaus sekä laatu, riskitekijät, riskin määrä numeerisesti ja sanallisesti, turvallisuustoimenpiteet ja jäännösriskin taso numeerisesti.

7 Opinnäytetyön toteutus

7.1 Tiedonkeruu

Alkuvaiheessa tutustuttiin jo aiemmin suunniteltuun apuvälineeseen, joka oli jäänyt suunnitteluvaiheeseen Valmetin toimipisteessä. Ehdotuksena teräkasetin vaihtoon on ollut sankarauta, jota käytettäisiin hallin siltanosturilla. (Ks. kuvio 11.)



Kuvio 11. Sankarauta (Honkanen 2017).

Kyseinen apuväline ei siirtynyt käytäntöön asti sen hankalan käytettävyyden vuoksi. Kasetin vaihtoon kuluva aika olisi moninkertaistunut ja siltanosturin siirto työpisteelle työvaihetta varten olisi hankaloittanut liiaksi hallissa tapahtuvaa muuta toimintaa.

Sankarautudalla olisi kuitenkin saanut työvaiheen kuormituksen pois työntekijältä, jolloin työturvallisuus olisi parantunut reilusti. (Honkanen 2017.) Kyseisen apuvälineen pohjatietojen vuoksi vaihtoehdot, joissa olisi ollut tarve käyttää siltanosturia hylättiin.

Työvaihetta varten työntekijöille tehtiin käyttäjäprofilointi, jonka perusteella pohdittiin käyttäjien vaihtelevuutta. Käyttäjäprofiilin määrittämiseen käytettiin haastattelulomaketta sorvin henkilökunnalle. (Ks. liite 3.) Profiloinnissa otettiin huomioon ainoastaan työvaiheessa merkittävästi vaikuttavat seikat.

- Ikä
- Sukupuoli
- Työkokemus sorvin käytössä
- Terveystila
- Koulutus
- Fyysiset ominaisuudet (kätisyys)
- Motivaatio

S-259-sorvia käyttää 4 työntekijää kahdessa vuorossa. Käyttäjäprofiloinnin perusteella loppukäyttäjistä 100 % on miehiä, joiden keski-ikä on 41 vuotta. Työntekijöillä on keskimäärin 15 vuoden työkokemus sorvauksesta, sekä pohjalla riittävä koulutus. Pitkän työkokemuksen lähtökohdalta työntekijöillä on myös hyvä käytännön kokemus sorvauksesta sekä sorvin käytöstä. Jokainen työntekijä on oikeakätinen. Heistä kaikilla on hyvä motivaatio omassa työssään.

7.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan sorvauksen työvaiheista teräkasetin vaihtoon liittyviä tekijöitä. Tehtävänä oli selvittää erilaisten apuvälineiden tarjonta teräkasetin nostoon ja siirtoon tai suunnitella vaihtoehtoja teräkasettiin, sen muotoiluun ja materiaaleihin. Opinnäytetyö rajattiin tehtäväanalyysin mukaisesti. Tehtäväanalyysin perusteella selvitettiin työvaiheen alatehtävät, kriittiset elementit sekä mahdolliset ergonomiset ongelmat. (Ks. taulukko 2.) Luonteeltaan opinnäytetyön lyhyen keston vuoksi toimeksiantajan kanssa oli yhteisesti sovittu, että tuloksien toteutus ja käyttöönotto jätettiin opinnäytetyön rajauksen ulkopuolelle.

Taulukko 2. Tehtäväanalyysi.

Alatehtävä	Kriittiset elementit	Mahdolliset ergonomiset ongelmat
Paikallista oikea teräkasetti telineestä	Havainnointi - oikean kasetin valitseminen tarpeen mukaisesti	Oletettavasti ei ongelmaa
Ota teräkasetti telineestä	Kognitiivinen - oikean kasetin valinta Motorinen - nosta kasetti telineestä	Painavan teräkasetin nosto telineestä, huono tartuntaote
Kuljeta teräkasetti sorville	Motorinen - Teräkasetin kuljettaminen sorville	Huono tartuntaote. Painava
Asenna teräkasetti paikalleen	Motorinen - teräkasetin asettaminen oikeassa asennossa uriin	Huono tartuntaote. Hankala työasento - selän kierto liike
Esikiristä teräkasetti	Motorinen - teräkasetin esikiristys Havainnointi - teräkasetin kiinnittymisen varmistaminen	Huono tartuntaote. Hankala työasento - selän kierto liike

Tavoitteena oli kehittää kyseistä työvaihetta ja saada työntekijöiden ergonomia ja turvallisuus parantumaan. Tavoitteena oli myös saada työntekijät motivoitumaan uuteen, erilaiseen ja mahdollisesti helpompaan työvaiheeseen. Näiden perusteella opinnäytetyössä pyrittiin ottamaan huomioon ergonomiset asiat, työturvallisuuteen liittyvät asiat sekä loppukäyttäjien palautteet ja mielipiteet.

Teräkasettien säilytyspaikkaan ehdotettiin toimeksiantajalle paremmin toimivaa hyllyä, jossa kasettien putoamisvaara olisi pienempi (ks. kuvio 12). Uudesta hyllystä teräkasetit olisi lisäksi helpommin otettavissa mahdollisella apuvälineellä. Teline teräkaseteille on vain luonnos yhdestä vaihtoehdosta, joka olisi vaatimuksena uuden apuvälineen kanssa. Opinnäytetyössä ei kuitenkaan käsitelty säilytyspaikkaan liittyviä muutoksia.

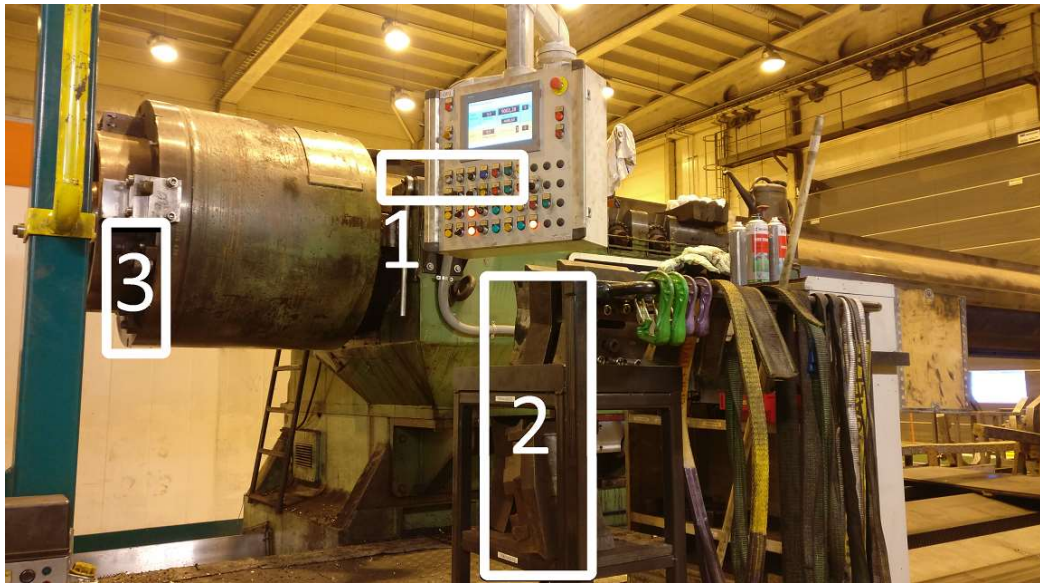


Kuvio 12. Luonnos teräkasettitelineestä.

7.3 Apuvälineen suunnittelu ja hankinta

Työn ensimmäinen vaihtoehto oli suunnitella irroitettava tai kiinteä laite/apuväline/työkalu vaihtotyötä varten. Sankaraudan sekä siltanosturin huonon käytettävyyden vuoksi tuli suunnitella jokin erilainen apuväline. Teräkasetin massa, sekä melko suuret etäisyydet ja korkeuserot toivat haasteita apuvälineen suunnitteluun.

Kuviossa 13 on esitetty manipulaattorin kiinnityspaikka numerolla 1, teräkasettien lähtöpaikka numerolla 2 ja teräkasetin sijainti sisäSORVAUSAKSELISSA numerolla 3. (ks. kuvio 13).



Kuvio 13. Mittatietoja havainnollistavat paikat S-259:llä.

Kuviossa 14 on esitetty kiinnityspaikka manipulaattorille siirtopylkän päällä. Manipulaattorin kiinnitys siirtopylkän päälle vaatisi ohjainpaneelin siirron 250 mm taaksepäin. (Ks. kuvio 14.)



Kuvio 14. Apuvälineen mahdollinen kiinnityspaikka.

Vaihtoehtoisena kiinnityspaikkana apuvälineelle olisi siirtopylkän kyljessä ohjainpaneelin kiinnityksen alla. Kuvion paikassa ohjaintaulun kiinnitykseen tulisi tehdä pieniä

muutoksia, joilla manipulaattorin kiinnitys saataisiin yhdistettyä samaan kannakkeeseen. (Ks. kuvio 15.)



Kuvio 15. Vaihtoehtoinen kiinnityspaikka apuvälineelle.

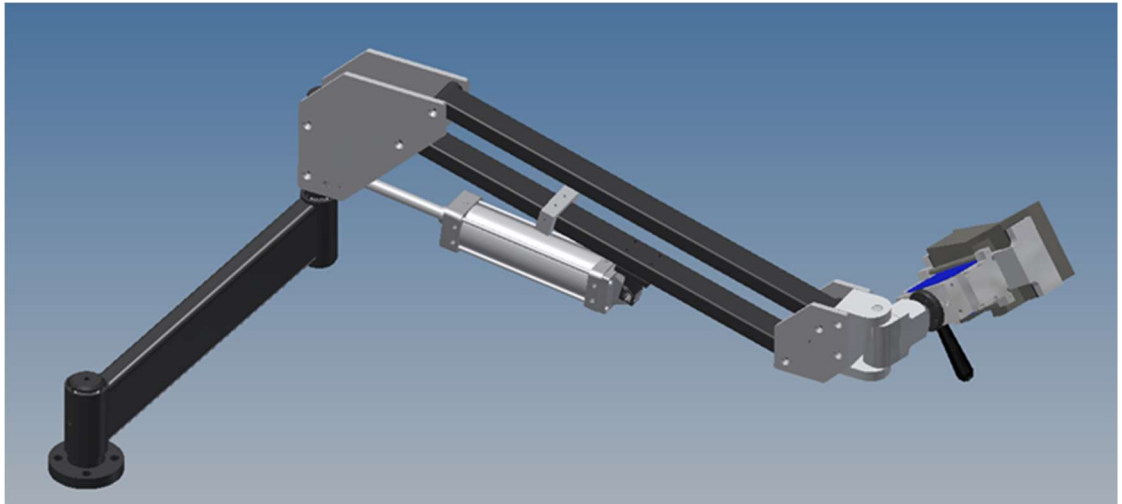
Kuviossa 16 on esitetty kolmiolla teräkasetin sijoituspaikka sisäSORVAUSAKSELISSA. Teräkasetin kiinnitykselle on myös vaihtoehtoinen kiinnitys vaakatasossa edestäpäin katsottuna oikealla, jossa kuviossa on tällä hetkellä viimeistelyterä. (Ks. kuvio 16.)



Kuvio 16. Teräkasetin kiinnityssuunta.

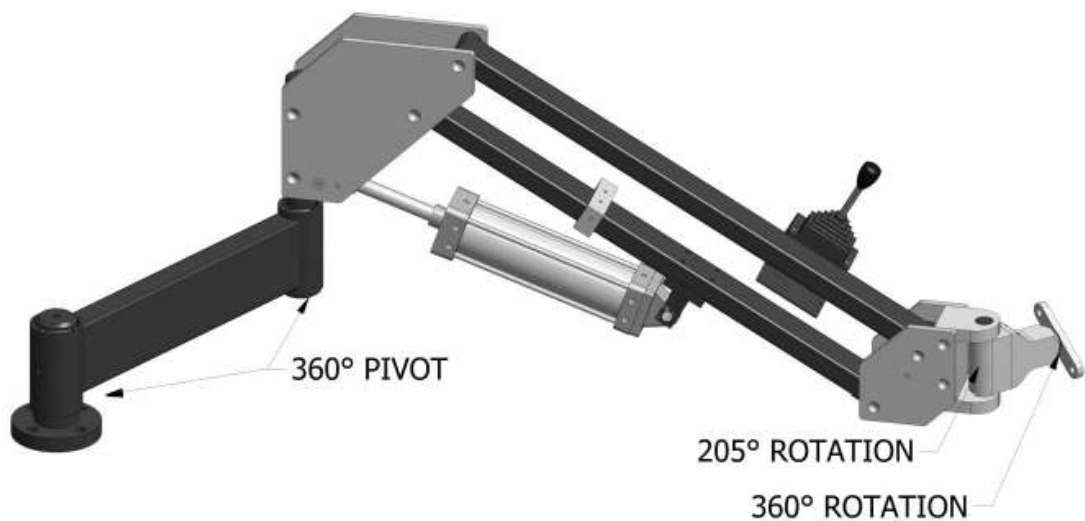
Opinnäytetyötä varten vaihtoehtoja nostoapuvälineeksi kyseltiin useilta yrityksiltä. Yrityksiin lähetettiin ylläolevat kuvat, mittatiedot sekä ympäristön vaatimukset. Ympäristövaatimuksina olivat hallin lämpötila noin 20°C, sorvista tulevat metallilastut sekä pölyisyys. Mittatietoina olivat teräkasetin koko sekä etäisyydet kuvion 13 mukaisesti. Etäisyys pisteiden 1-2 välissä oli 1200 mm, pisteiden 1-3 oli 1000 mm ja pisteiden 2-3 oli 1400 mm. Vastauksia saatiin FlexArmilta, Finialta sekä Ergoliftiltä.

FlexArm tarjosi toiveiden ja mittojen mukaisesti räätälöityä manipulaattoria. Tarjouspyyntö lähetettiin FlexArmin lähettämällä lomakkeella, jossa kysyttiin nostettavan kappaleen tiedot, ympäristön vaikutukset, vaatimukset kierron ja kallistuksen suhteen sekä tarjolla olevat kiinnitysmahdollisuudet. Tarjouspyyntö-lomakkeen ensimmäinen sivu on liitteessä 4 (ks. liite 4). FlexArmin manipulaattoreihin oli saatavilla useita erilaisia tarttuja-vaihtoehtoja sekä paineilma- ja sähkökäyttöisyys. Manipulaattoreita löytyi ulottuvuudeltaan 1420 mm – 2870 mm ja kuormankestoltaan 38 kg – 80 kg välille. (FlexArm Part Manipulator. N.d.) Toimeksiantajan tapausta varten FlexArm suunnitteli paineilmakäyttöisen manipulaattorin, jolla kasetti saataisiin nostettua telineestä ja siirrettyä sisäSORVAUSAKSELIIN. (Ks. kuvio 17.) PM-32-S- manipulaattorin mittapiirustus on esitetty liitteessä 5 (ks. liite 5). Manipulaattorin hinta vaihteli varren vahvuudesta riippuen 4800 – 5100 dollarissa (ks. liite 6). Valuuttamuuntimen mukaan 27.3.2017 yhdysvaltain dollarin ja euron välinen kurssi oli 0.91967, jolloin manipulaattorin hinta oli 4400 – 4700 €. (Currency exchange rates as of Monday, March 27 2017. 2017.) Suuremmalla kantavuudella olevalla 3 jalan (3 ft) varrella suurin kuormankantokyky oli 68 kg ja suurin ulottuvuus 2260 mm. (Item # PM-33: Range 89" / Max. Wt. 150 lbs, Part Manipulator n.d.)



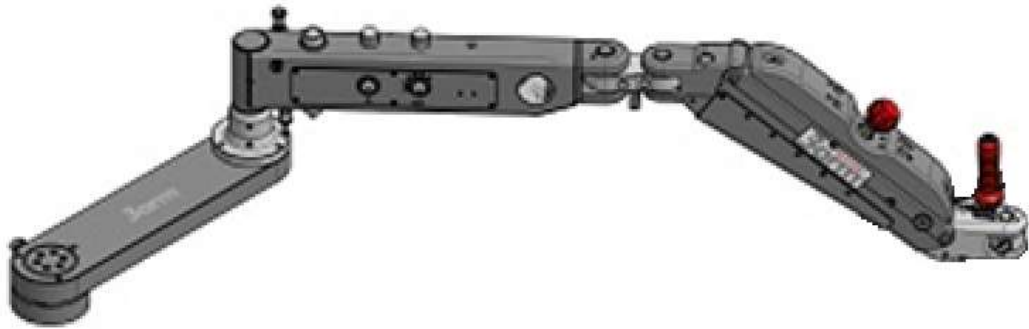
Kuvio 17. FlexArm manipulaattori (Lotz 2017).

FlexArm teki tarjouksen myös ilman tarttujaa, sillä alkuperäisen version toteutus ei olisi onnistunut ylös-alas-kallistuksen puutteen vuoksi (ks. kuvio 18). Ilman tarttujaa manipulaattorin hinnaksi saatiin 2200 dollaria (Ks. liite 7). Manipulaattorin hinnan lisäksi olisi tullut juuriakselin kustannukset, joita ei ollut eritelty toisessa tarjouksessa.



Kuvio 18. FlexArm manipulaattori ilman tarttujaa (Rieman 2017).

Finia tarjosi 3ARM Manipulator M1 laitetta, joka oli paineilmakäyttöinen kaasujousin avustettu kevennin (ks. kuvio 19). Kyseisen laitteen toteutus alkuperäisten kasettien kanssa jouduttiin hylkäämään liian pienen kuormankeston vuoksi. Kuormankesto kyseisessä laitteessa oli 25 kg.



Kuvio 19. Manipulator M1 ilman päällitöntä (Manipulator M1 n.d., muokattu).

3armilta oli saatavissa myös tarttuvia, joissa olisi liikeradat 3-suuntaan, ylös-alas, sivuille sekä pyöritys (ks. kuvio 20).

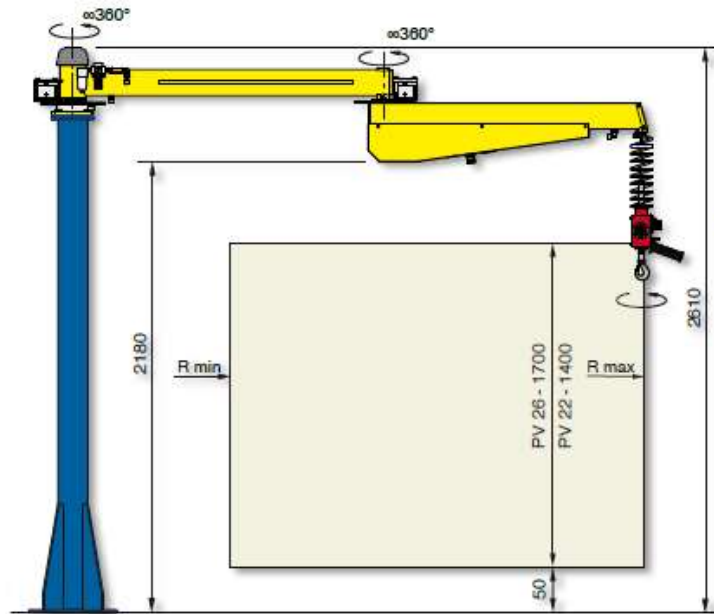


Kuvio 20. 3arm pyörivä päällitöntä tarttujalla (3arm Manipulator M1 2016).

Finian tarjoaman Manipulator M1:n hinnaksi saatiin 10450€ ja lisäksi kääntyvä ja pyörivä päällitöntä tarttujalla noin 4900€ (ks. liite 8). Hinnat olivat alv 0%. Hintoihin sisältyivät ohjaus sekä pneumatiikka, mutta kokonaisuuden hintaan vaikuttaisi lisäksi mahdolliset lisävarusteet. Manipulator M1:n mittapiirros on esitetty liitteessä 9 (Ks. liite 9). Mittapiirroksessa oli mukana alusta, joka ei kuulunut tarjoukseen.

Ergoliftin kanssa toimeksianto käytiin puhelimitse läpi, mutta heiltä ei löytynyt sopivaa apuvälinettä teräkasetin nostoon.

Dalmecilta ei saatu vastausta nostoapuvälineeseen liittyen. Heidän valikoimistaan olisi kuitenkin löytynyt mahdollisesti sopivia ja käytännöllisiä apuvälineitä, mm. kuvion 21 Posivel 22, johon teknisten erittelyiden perusteella olisi saanut erilaisia tarttuvia. (Ks. kuvio 21.)



Kuvio 21. Posivel 22 nostin (POSIVEL PV22 PV26. 2009).

Valmiiden tuotosten lisäksi suunniteltiin 3D-malli manipulaattorista, joka olisi mahdollisimman helposti rakennettavissa ja yksinkertainen. Manipulaattorin keventäminenä toimisi kaasujousi. (Ks. kuvio 22.) Manipulaattorin levystä valmistettavat osat 13 kappaletta olisivat laserleikattavissa ja runkona toimisivat 40x50x4mm sekä 80x50x6mm ainesputket. Holkkeina käytettäisiin koneistettua 50mm akselia, johon asennettaisiin liukulaakerit. Teräkasetin pyöryksessä olisi voitu käyttää painelaakeria, joka olisi asetettu kiinnityslautasten väliin. Manipulaattorin kiinnitys teräkasettiin suunniteltiin toimimaan reikätarttujilla, jotka laajenevat reiän pintaa vasten paineilmalla. Reikätarttujen käyttö olisi vaatinut koneistuksen kahdelle reiälle teräkasetin otsapintaan.

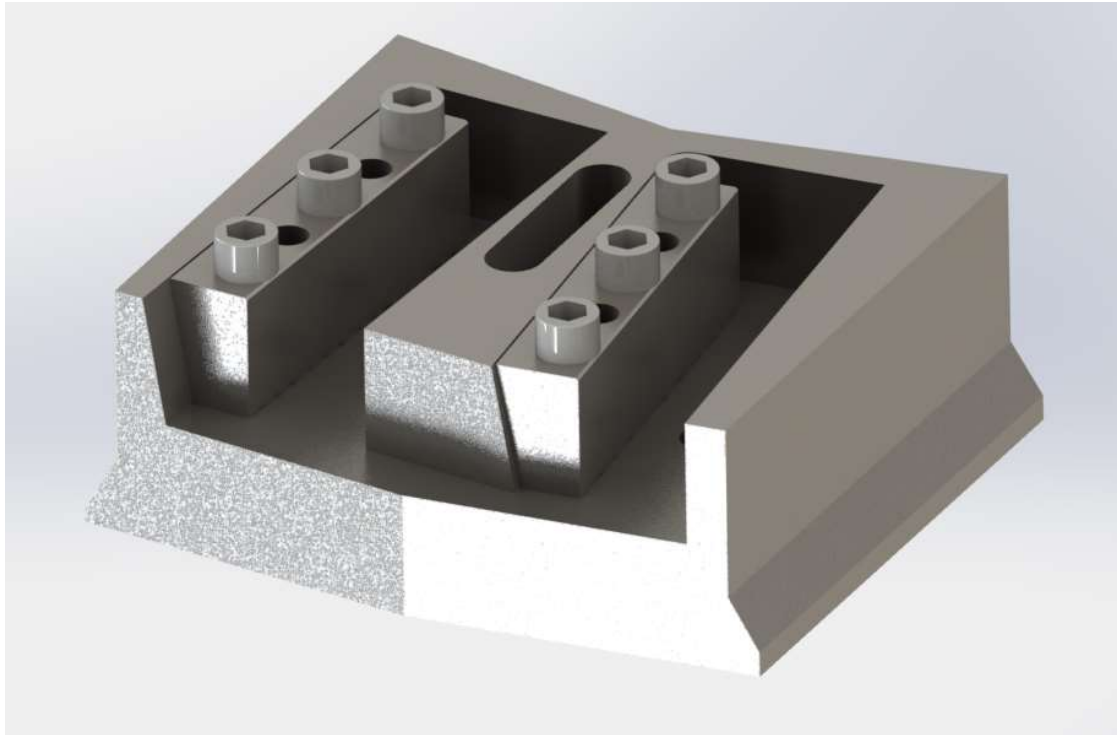


Kuvio 22. 3D-malli manipulaattorista.

7.4 Teräkasetin muutokset

Toisena vaihtoehtona apuvälineen suunnittelulle työssä pohdittiin mahdollisia muutoksia teräkasettiin. Teräkasetteja on kahta eri kokoa ja niiden molempien kiinnitystapahtuu ruuveilla. Aluksi suunniteltiin, että mahdolliset muutokset voisivat kohdistua kasetin materiaaliin, muotoon sekä kiinnitykseen. Teräkasetilla oli loppujen lopuksi tarkat mitat sorvin akseliin kiinnityksen suhteen, sillä kasetin koko oli pysyttävä nykyisessä, jotta hankalilta sorviin kohdistuvilta muutoksilta vältyttiin. Teräkasettiin kohdistuvat muutokset jäivät ainoastaan materiaalivaihtoehtoihin sekä kevennyksiin mittojen muuttumatta, joten teräkasetin muutoksia pohdittiin tältä osin.

Teräkasetista saatiin Valmetin henkilökunnalta piirustukset, joista valittiin suurempi kasetti tarkastelun kohteeksi. Kasetin piirustus liitteessä 10, joka on luottamuksellinen. (Ks. liite 10.) Kasetista piirrettiin 3D-malli SolidWorks ohjelmalla (ks. kuvio 23).

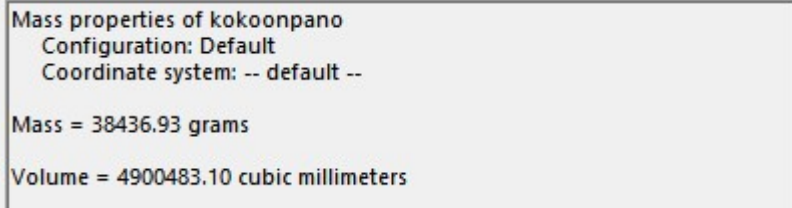


Kuvio 23. Solidworks-malli alkuperäisestä teräkasetista.

Piirustukset ovat päivätty 21.9.1989, jonka jälkeen niiden rakenteeseen on tullut muutoksia. 3D-malli piirrettiin kuvien mukaisesti, mutta vastaamaan nykyään käytössä olevia kasetteja. Muutokset olivat pieniä, mutta niillä oletettiin olevan käyttötarkoitus.

Teräkasetin 3D-mallin avulla pystyttiin suorittamaan lujuuslaskelmia sekä vertailemaan eri materiaalien massoja. Teräkasetit on piirustusten perusteella valmistettu 42CrMo4-teräksestä. 42CrMo4-teräksen teknisistä tiedoista saatiin selville materiaalin myötöraja 500-550MPa. (42CrMo4(1.7225) n.d.)

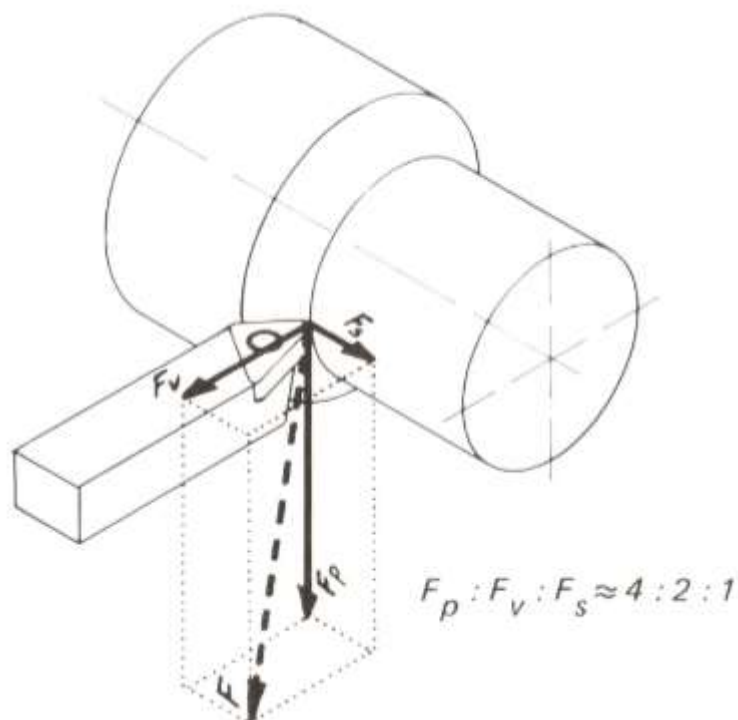
Alkuperäisen suuremman kasetin massaksi terän ja kiinnikkeen kanssa oli punnittu 39 kg. Solidworksilla kappaleen massaksi saatiin samalla materiaalilla noin 38,4 kg, joka oli riittävän lähellä vastaamaan alkuperäistä kasettia (ks. kuvio 24).



Kuvio 24. 42CrMo4-teräksestä valmistetun kasetin massa.

Työntekijöiltä saatujen tietojen mukaan S-259:llä suurin kuormitus teräkasetille aiheutui rouhintasorvauksessa valurautaisia vaippoja. Rouhinnassa käytettiin kahta terää yhtä aikaa, jotka kulkivat toisistaan 1 millimetrin verran erillään. Valuraudan sorvauksessa kierrosnopeus oli 20 rpm ja syöttö 40mm/min, joten syöttö kierrosta kohden oli 2mm. Tästä saatiin yhden terän syötöksi 1 mm/r.

Lastuamisvoimien resultanttivoima pystytään jakamaan kolmiulotteisesti voimakomponentteihin. Voimat jaetaan seuraavasti; F_p = päälastuamisvoima, F_v = varsivoima, F_s = syöttövoima sekä F = resultanttivoima. (Ks. kuvio 25.) (Ansaharju, Ilomäki, Maaranen 1989.)



Kuvio 25. Lastuamisvoimien komponentit ja niiden suhteet. (Ansaharju ym. 1989.)

Päälastuamisvoiman F_p määrittämiseen on olemassa yhtälö, jolla voima määritetään lastun poikkipinta-alan ja ominaislastuamisvoiman avulla.

$$F_p = A * k_s$$

Yhtälössä A on lastun poikkipinnan ala ja k_s on ominaislastuamisvoima. Lastun poikkipinnan ala määritetään syötön s sekä lastuamissyvyyden a avulla.

$$A = s * a$$

Yhtälössä $s = 1\text{mm/r}$ ja $a = 15\text{ mm/r}$. Lastun poikkipinnan alaksi saatiin 15mm^2 .

Lastuamisparametreistä riippuvainen ominaislastuamisvoima on materiaalin ominaisuus. Teräksillä se on yleensä $1500\text{...}2500\text{ N/mm}^2$. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki, Sihvonen 2011.) Ominaislastuamisvoimana käytettiin laskennoissa valuraudan arvoa, joka oli 1000 N/mm^2 (Ominaislastuamisvoima n.d).

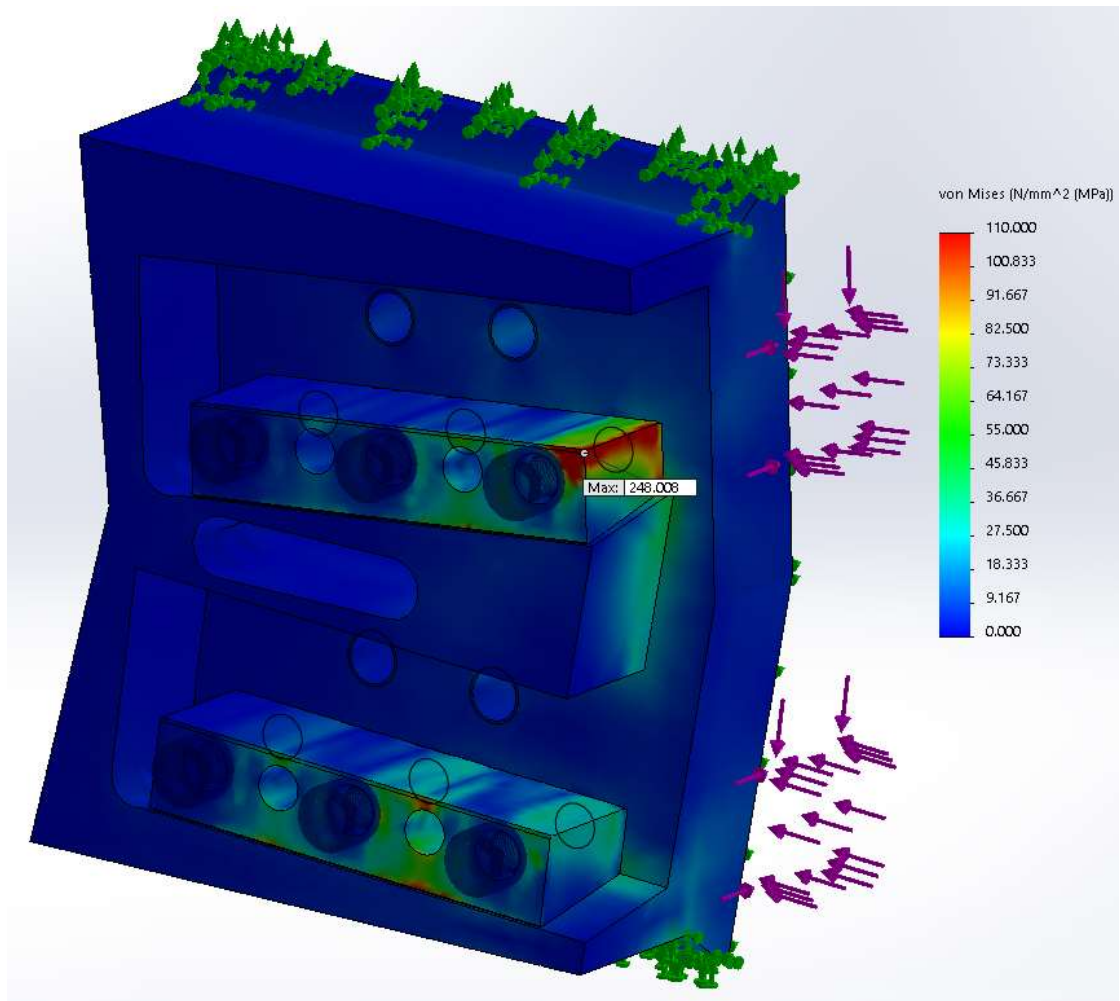
Näiden lähtötietojen ja yhtälöiden perusteella laskettiin yhden terän päälastuamisvoimaksi F_p :

$$15\text{mm}^2 * 1000\text{ N/mm}^2 = 15000\text{ N}$$

Ylläolevan kuvion 25 mukaisesti lastuamisvoimien komponentit voidaan suhteuttaa toisiinsa nähden seuraavasti: $F_p:F_v:F_s \approx 4:2:1$. (Ansaharju ym. 1989.) Suhteuttamalla lastuamisvoimat kuvion mukaisesti, saatiin yhden terän varsivoimaksi $F_v = 7500\text{ N}$ ja syöttövoimaksi $F_s = 3750\text{ N}$.

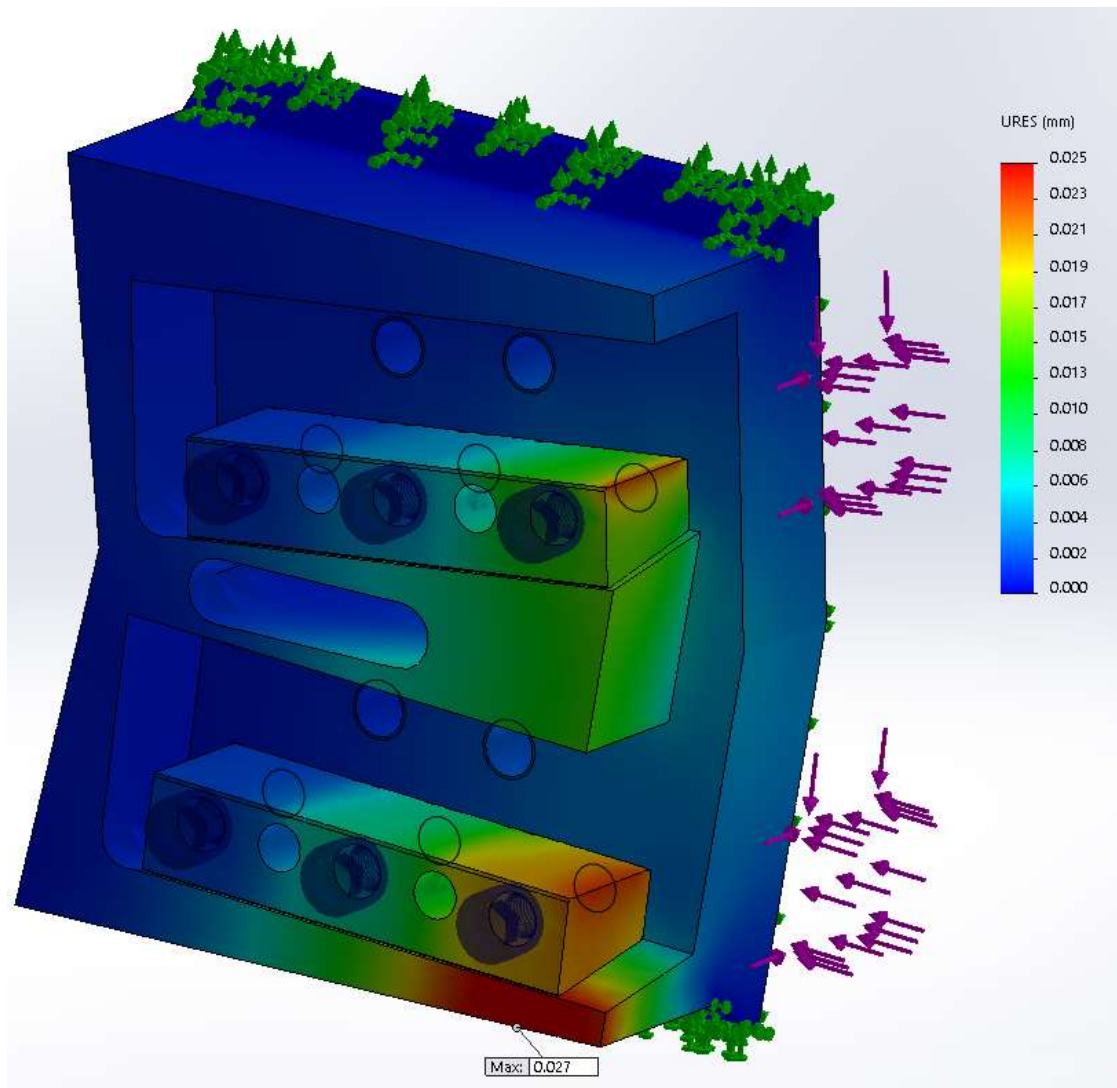
Sorvattavan vaipan pinnan epätasaisuuksien sekä materiaalien ominaisuuksien muutosten vuoksi kuormitusmittauksien varmuuskertoimeksi arvioitiin 4. Kuormituksessa käytettiin voimien mitoituksellisia arvoja; $F_p = 60000\text{ N}$, $F_v = 30000\text{ N}$ ja $F_s = 15000\text{ N}$.

Teräkasettiin piirrettiin yksinkertainen malli teräpästä sekä teräkiilat, jotta kuormitus saatiin mitoitettua oikeaan kohtaan. Teräkiilat olivat ruuviliitoksella kasetissa kiinni. Teräkasetista sekä teräpästä tehtiin useita kuormitustestejä Solidworks-ohjelmalla ja niistä saatiin selville teräkasetin kuormitus sorvaustilanteessa. (Ks. kuvat 26 & 27.) Kuvioista poistettiin näkyvistä teräpäät, jotta kuormitus kohdistuisi ainoastaan itse teräkasettiin.



Kuvio 26. Alkuperäisen kasetin jännitys.

Kuvion 26 mukaisesti teräkasettiin kohdistunut suurin jännitys oli teräkiilojen etukulmien alueilla (ks. kuvio 26). Värikartan skaalausta muutettiin siten, että suurimman jännityksen kohdat sekä jännityskeskittymän koko saatiin havainnollisemmin esille punaisena. Värikartan asteikko oli 0 - 70 MPa. 42CrMo4-teräksisen teräkasetin suurimpana nimellisenä jännityksenä voitiin pitää 110 MPa, joka ylittyi rakenteessa useamman elementin alueella.



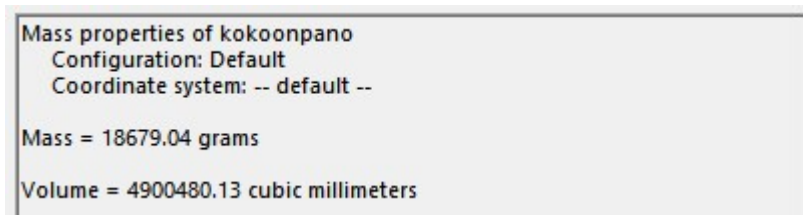
Kuvio 27. Alkuperäisen kasetin taipuma.

Kuvion 27 mukaisesti teräkasettiin kohdistunut suurin taipuma oli teräkasetin rungon laidassa sekä alemman teräkiilan etulaidassa (ks. kuvio 27). Värikartan skaalausta muutettiin siten, että suurimman taipuman koko ja alue saatiin havainnollisemmin esille punaisena. Värikartan asteikko oli 0 – 0,025 mm. Suurin taipuma oli 0,027 mm.

Kuten kuvioista voitiin huomata, jännitystä sekä taipumaa oli todella vähän kasetin kokoon nähden. Tämän perusteella lähdettiin kokeilemaan vaihtoehtoisia materiaaleja kasetiksi.

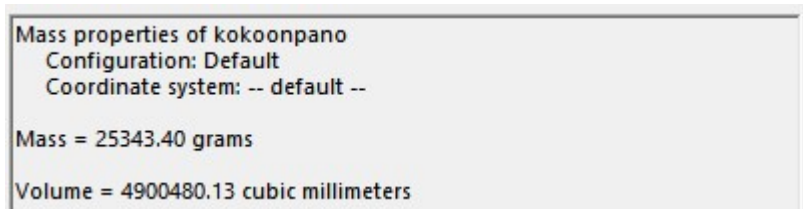
Käytännön kannalta hyödyllisiä materiaaleja olivat ainoastaan reilusti massaltaan kevyemmät, jolloin massatarkastelun päätyivät titaani sekä 7075-T651-työkalualumiini.

Teräpäiden pysyessä alkuperäisinä, mutta teräkasetin sekä kiilojen vaihtuessa 7075-alumiiniin, massaksi saatiin 18,7 kg (ks. kuvio 28).



Kuvio 28. 7075-alumiinista valmistetun kasetin massa.

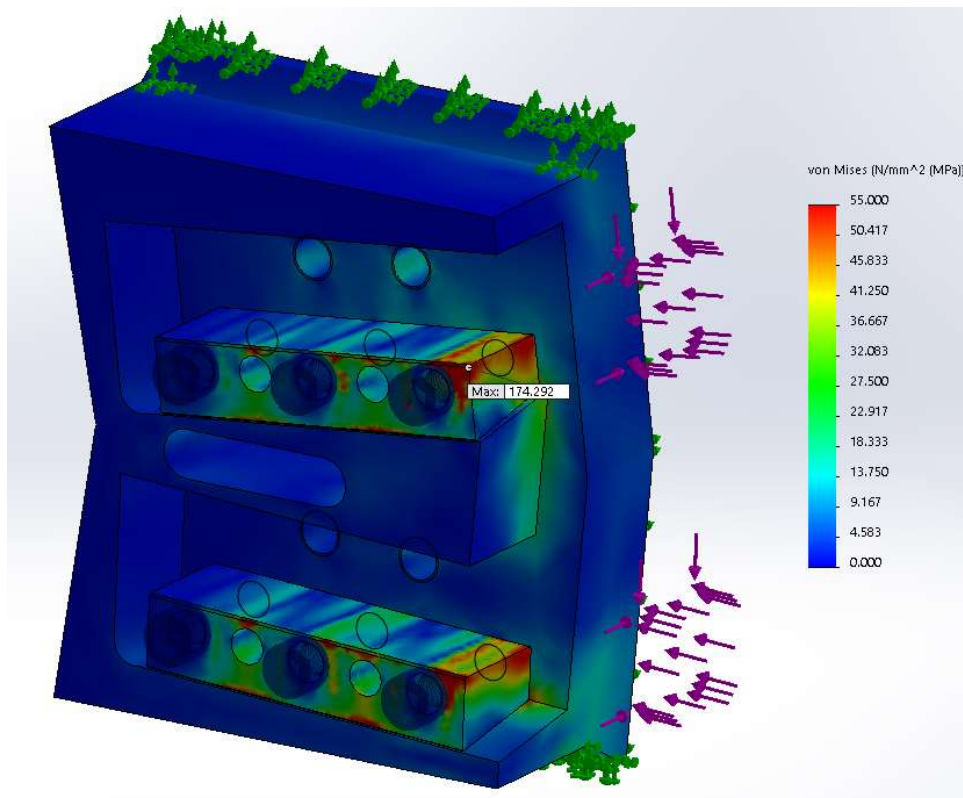
Vastaavasti titaanista kasetin massaksi saatiin 25,3 kg (ks. kuvio 29).



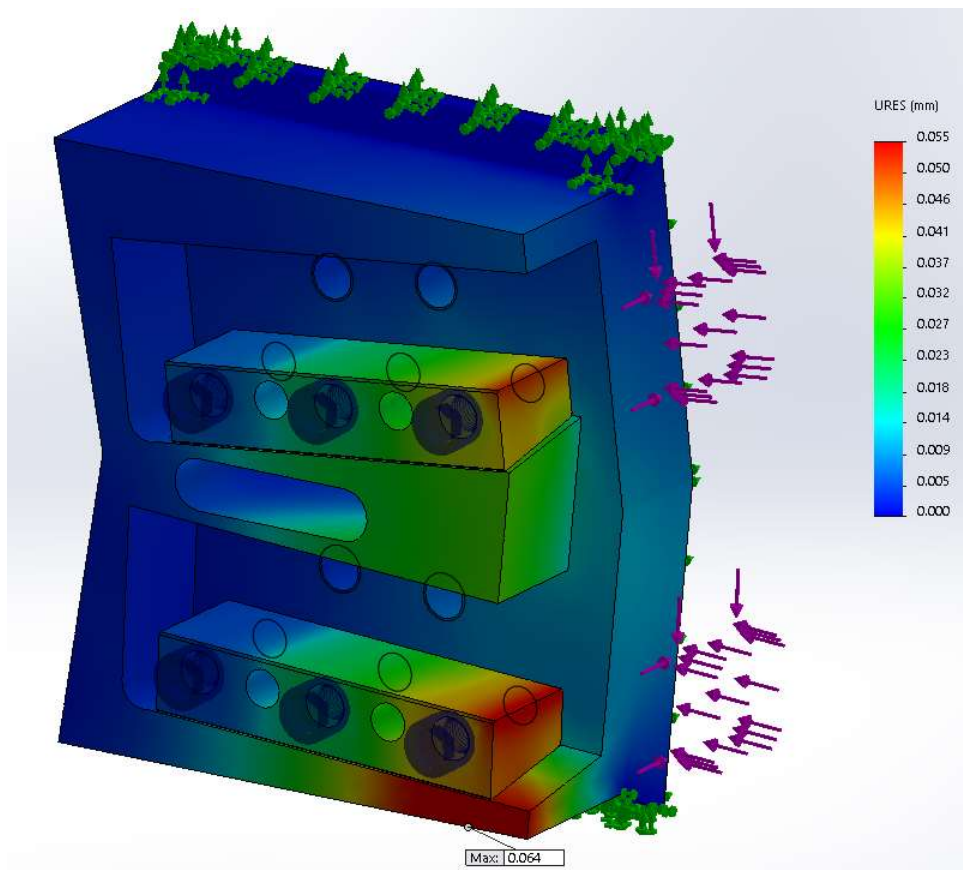
Kuvio 29. Titaanista valmistetun teräkasetin massa.

Massatarkastelun perusteella näistä parempi vaihtoehto oli 7075-T651-alumiini.

7075-T651-työkalu-alumiinista koneistetun kasetin kuormitukset ovat esitetty kuvissa 30 ja 31 (Ks. kuviot 30 ja 31).



Kuvio 30. 7075-T651-alumiinisen kasetin jännitys.



Kuvio 31. 7075-T651-alumiinisen kasetin taipuma.

Kuten 42CrMo4-teräksellekin suoritettussa kuormitustesteissä, teräkasettiin kohdistunut suurin jännitys oli teräkiilojen etukulmien alueilla ja suurin taipuma oli teräkasetin rungon laidassa sekä alemman teräkiilan etulaidassa (Ks. kuvat 30 ja 31). Aluminiinisen kasetin jännitystuloksissa värikartan skaalaus valittiin siten, että punaisella olevan alueen määrä vastasi teräksiseen kasettiin tehtyyn analyysiin. Näin saatiin vertailukelpoiset nimellisjännitykset molemmilta materiaaleilta. 7075-T651-alumiinisen teräkasetin suurimpana nimellisenä jännityksenä voitiin pitää 55 MPa, joka ylittyi useamman elementin alueella. Suurin taipuma oli 0,064 mm.

7075-T651-alumiini on ominaisuuksiltaan riittävän kestävä materiaalia, mutta tilavuusmassaltaan huomattavasti kevyempää (ks. taulukko 3).

Taulukko 3. 42CrMo4-teräs vs. 7075-T651-alumiini (tiedot materiaalikirjasto n.d., muokattu).

	42CrMo4- teräs	7075-T651-alumiini	Yksikkö:
Kimmomoduuli:	210000	72000	Mpa
Poissonin suhde:	0.28	0.33	
Leikkausmoduuli:	79000	26900	Mpa
Tilavuusmassa:	7800	2810	kg/m ³
Vetolujuus:	800	570	Mpa
Myötölujuus:	550	505	Mpa
Lämmönjohtokyky:	14	130	W/(m·K)
Ominaislämpö:	440	960	J/(kg·K)

Alumiininen teräkasetti kesti hyvin sorvauksessa aiheutuneet kuormitukset, joten materiaalimuutosten lisäksi kokeiltiin teräkasetin mahdollisuutta keventyä kriittisten mittojen muuttumatta. Kriittisinä mittoina pidettiin teräkasetin ulkomittoja sekä teräkiilojen ja teräpalojen kiinnityskohtia. Tilavuusmassaa saatiin pois tekemällä kulmiin pyörityksiä, sekä keventämällä kasetin runkoa tekemällä siihen kolme kappaletta 35 mm reikiä. Kevennysten sijainnit selviävät kuvioista 34 ja 35 (ks. kuvat 34 & 35). Alkuperäisellä materiaalilla kevennysten kanssa kasetin massa oli 36 kg, jolloin kevennystä saatiin 2,4 kg ja 6,2 % (ks. kuvio 32).


```
Mass properties of kokoonpano
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Mass = 36043.39 grams
Volume = 4595574.17 cubic millimeters
```

Kuvio 32. 42CrMo4-kevennetyn kasetin massa.

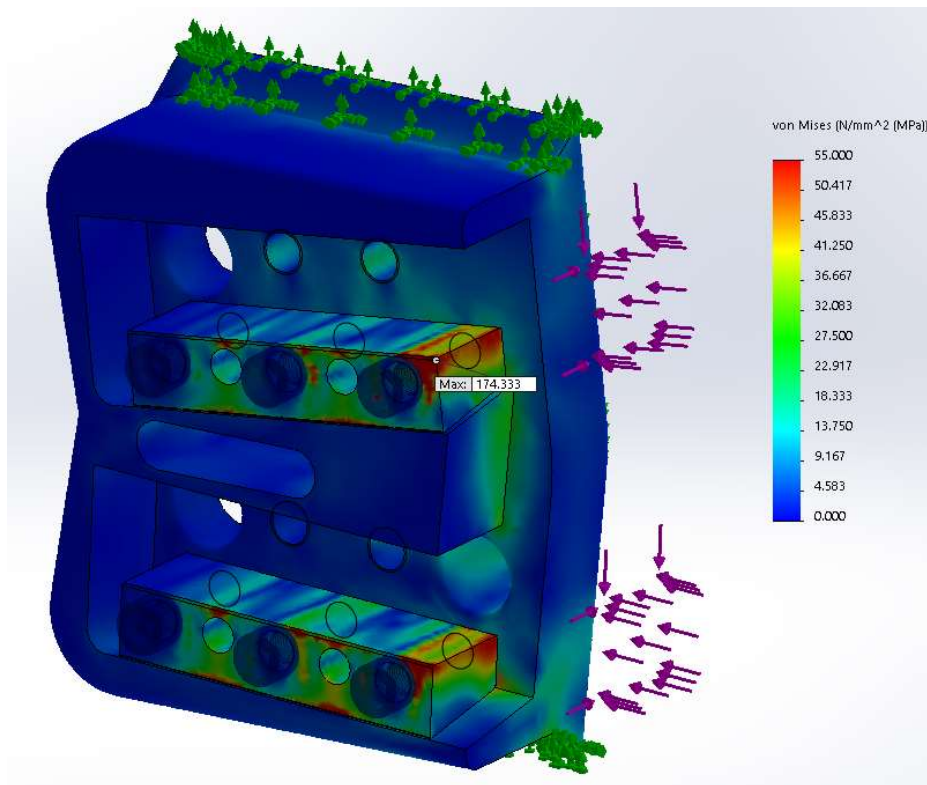
7075-alumiinista valmistetun kasetin massaksi kevennykset huomioiden saatiin 17,8 kg (ks. kuvio 33).

```
Mass properties of kokoonpano
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

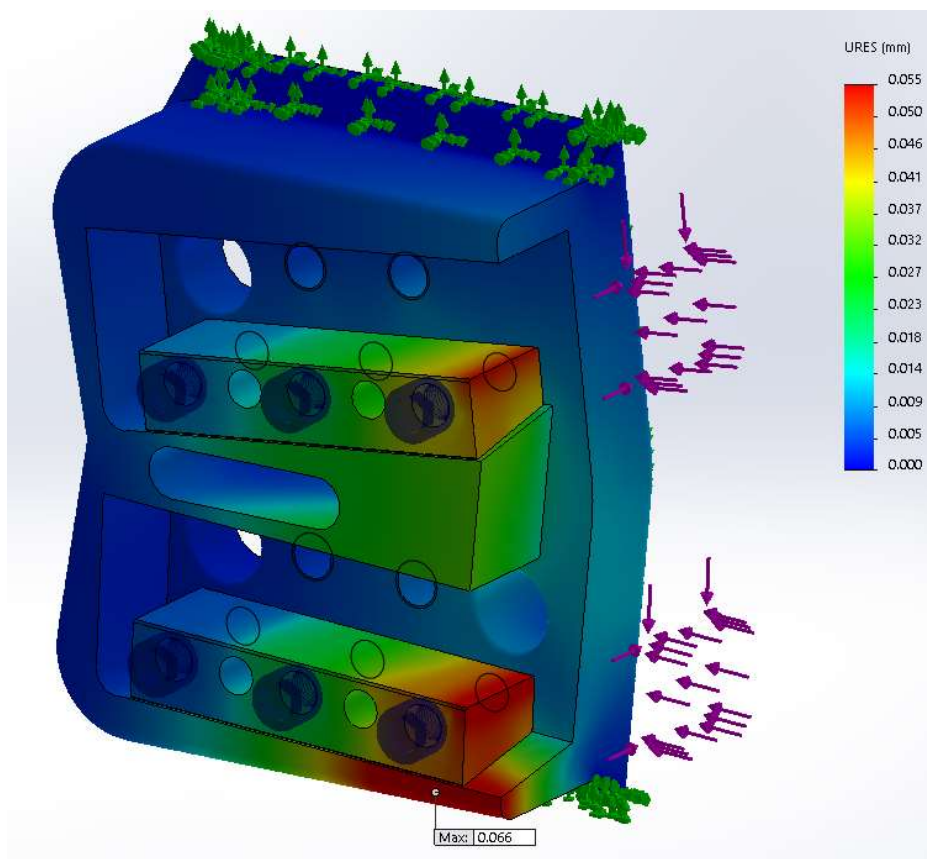
Mass = 17822.25 grams
Volume = 4595574.17 cubic millimeters
```

Kuvio 33. 7075-T651-alumiinisen kevennetyn kasetin massa.

7075-T651-alumiiniselle kasetille tehtiin aiempia mittauksia vastaavat kokeet kulmien pyöristysten ja kolmen 35mm pohjassa olevan reiän kanssa (ks. kuvat 34 ja 35).



Kuvio 34. 7075-T651-alumiinisen kevennetyn kasetin kuormitus.



Kuvio 35. 7075-T651-alumiinisen kevennetyn kasetin taipuma.

Kuten aiemmissakin kuormitustesteissä, teräkasettiin kohdistunut suurin jännitys oli teräkiilojen etukulmien alueilla ja suurin taipuma oli teräkasetin rungon laidassa sekä alemman teräkiilan etulaidassa (Ks. kuviot 34 ja 35). Jännitystuloksessa värikartan skaalaus valittiin vastaamaan keventämättömän alumiinisen kasetin analyysiin. Kevennetyn 7075-T651-alumiinisen teräkasetin suurimpana nimellisenä jännityksenä voitiin pitää 55 MPa, joka ylittyi useamman elementin alueella. Suurin taipuma oli 0,066 mm.

Kevennykset ja reiät kasetin pohjassa eivät vaikuttaneet kasetin kestävyteen heikentävästi, sillä keventämättömän ja kevennetyn alumiinisen kasetin kuormitukset vastasivat erittäin lähelle toisiaan. Lisäksi omien kokemusten perusteella voidaan johtopäätöksenä pitää teräkasetin riittävänä kestävytenä alkuperäisen teräksen vahvuutta, josta nykyiset teräkasetin rungot on valmistettu. Teräkasetin rungon luonnos kevennyksineen on esitetty kuviossa 36 (ks. kuvio 36).



Kuvio 36. Kevennetyn teräkasetin luonnos.

Aiemmin kuvattujen tilanteiden toteutuneet jännitykset, taipumat sekä massat ovat vertailtu taulukossa 4 (ks. taulukko 4).

Taulukko 4. Teräkasettien kuormitus ja massavertailu.

Teräkasettien kuormitus				
Materiaali:	42CrMo4-teräs	7075-T6-alumiini	Muutos	Muutos (%)
Alkuperäinen:				
Suurin nimellisjännitys (Mpa)	110	55	-55	-50
Suurin taipuma (mm)	0,027	0,064	0,037	137
Kevennetty:				
Suurin nimellisjännitys (Mpa)	110	55	-55	-50
Suurin taipuma (mm)	0,027	0,066	0,039	144
Massavertailu				
Alkuperäisellä muodolla(kg)	38,4	18,7		
Kevennyksien kanssa (kg)	36	17,8		
Kevennys pyörityksillä (Kg)	2,4	0,9		
Kevennys pyörityksillä (%)	6,3	4,8		

Solidworks-kokeiden perusteella alkuperäisellä muodolla olevan alumiinisen teräkasetin nimellisjännitys oli 55 MPa pienempi ja taipuma 0,037 mm suurempi. Kevennetyllä muodolla nimellisjännitys oli myöskin 55 MPa pienempi ja taipuma 0,039 mm suurempi. Kasetin materiaalien kestot huomioon ottaen, muutos materiaalissa ei vaikuttanut haittaavasti kasetin toimintaan.

Teräkasetin kuvien sekä piirustusten pohjalta tarjouksia teräkasetin valmistukselle pyydettiin viidestä koneistusyrityksestä, josta kolme oli paikallisia Jyväskylästä.

Rummakko Oy ei ollut halukas koneistamaan titaania, mutta teki tarjouksen Thyssenkrupp Al EN AW-7075-T651-alumiinista valmistettaville teräkaseteille (ks. liite 11). Tarjouksen mukaisesti pienemmän teräkasetin yksittäisen kappaleen valmistus maksaisi 790 € ja suuremman kasetin valmistus 1215 €. Lisäksi tulisi terää kiristävien kiilojen hinnat, pienempään 32€/kpl ja suurempaan 47€/kpl. Kuvion 36 mukaisesti pyöritytetyn kasetin pyöritykset ja rei'itykset toisivat lisähintaa 10% alkuperäisiin hintoihin nähden (ks. kuvio 36). (Pirhonen, R. 2017.) Tällöin pienemmän kasetin hinta olisi 869€/kpl ja suuremman 1337€/kpl. Hinnat olivat Alv 0%. Tarjous oli voimassa neljä

viikkoa tarjouspyynnöstä ja toimitusehtona NOL eli nouto lähettäjältä. Rummakko Oy sijaitsee Jyväskylän Palokassa. Teräkasettien toimitusaika oli noin 4 viikkoa tilauksesta.

Rautpohjan konepajalta ei löytynyt sopivaa konetta titaanin koneistukseen ja siirsivät tarjouskyselyn Tikkakosken konepajalle. Tikkakosken konepajakaan ei suostunut tekemään kasetteja titaanista, mutta teki tarjouksen myöskin 7075-T6-alumiinista (ks. liite 12). Hinnaksi suuremman kasetin koneistukselle saatiin 4000€/kpl Alv 0%, jonka lisäksi tuli materiaalin kustannus, jota tarjouksessa ei oltu eritelty. (Koistinen, J. 2017)

Eskomaticin konekanta ei sovellu piensarjojen toimituksiin, joten heiltä ei saatu tarjousta kasetin koneistuksesta.

Jemec ja MJ-koneistus eivät vastanneet tarjouskyselyyn ollenkaan.

8 Tulosten analysointi

Kuten opinnäytetyössä oli tavoitteena, tuloksista kävi ilmi, että on olemassa eri mahdollisuuksia saavuttaa parempi työturvallisuus ja ergonomia nykyisen toimintamallin tilalle. Apuvälineen ja teräkasetin muutosten katsottiin olevan hyödyksi työturvallisuudessa ja ergonomiassa. Niiden avulla pystyttäisiin pienentämään työntekijöiden riskiä työtapaturmiin. Apuvälineen osalta tarjouksia pyydettiin Finialta, Finnliftiltä, FlexArmilta, Ergoliftiltä sekä Dalmecilta. Näistä vastauksia saatiin Finialta, FlexArmilta sekä Ergoliftiltä.

Teräkasetin koneistukseen liittyen tarjouksia kysyttiin Jemeciltä, Eskomaticilta, Rummakolta, Rautpohjan- ja Tikkakosken konepajalta sekä MJ-koneistukselta. Yrityksistä kaksi oli valmiita koneistamaan teräkasetteja 7075-alumiinista, Rummakko Oy sekä Tikkakosken konepaja. Jemec ja MJ-koneistus ei vastannut tarjouspyyntöön ollenkaan.

Työvaiheen työturvallisuusriski saataisiin poistettua noston osalta manipulaattorin avulla. Nostotilanne jäisi kokonaan pois työntekijältä, jolloin työntekijä ei kuormittuisi teräkasetin vaihdossa. Ergonomian osalta apuväline vähentäisi työntekijään aiheuttavia kierto liikkeitä, sekä poistaisi hankalan nostoasennon.

Apuvälineiden tarjousten perusteella nostoon ja siirtoon soveltuisi FlexArmin manipulaattori, jolla teräkasetteihin ei tarvitsisi tehdä enää muutoksia. FlexArmin manipulaattorin kanssa teräkasettien säilytyspaikkaan pitäisi tehdä vielä lisää muutoksia, jotta kasetit saataisiin kiinni manipulaattoriin. Manipulaattori vaatisi myös kulma-sovittimen, jotta kasetti saataisiin käännettyä sisäSORVAUSAKSELIIN oikeassa kulmassa. Apuvälineen kiinnityspaikaksi valikoitui kuvion 15 mukaisesti ohjaintaulun alle (ks. kuvio 15). Sorvin siirtopylkän päälle suunniteltu kiinnityskohta ei toiminut apuvälineen kanssa, sillä laite olisi pitänyt saada käännettyä pois tieltä työvaiheen jälkeen, jolloin ohjauspaneeli olisi ollut tiellä. Apuvälineen asennus suunniteltuun paikkaan vaatisi ohjauspaneelin kannakkeen siirron ylemmäksi tai yhdistämisen manipulaattorin kannakkeeseen. Valmetin henkilökunnan kanssa keskusteltiin ohjaintaulun kannakkeen muutoksista ja siitä ei olisi aiheutunut haittaa käytölle.

Oma valmistettu manipulaattori olisi ollut helpoiten muokattavissa työvaiheen vaatimuksiin, mutta itsetehtyä manipulaattoria ei kuitenkaan olisi voitu käyttää työvaiheen ratkaisuna, sillä toteutus olisi vaatinut laitteen hyväksynnän käyttöön. Yksittäiselle laitteelle virallisen työturvallisuus-hyväksynnän saaminen olisi ollut liian kallista ja hankalaa.

Toisena vaihtoehtona käsitellyn teräkasetin materiaalin vaihdon ja kevennysten avulla työturvallisuus ja ergonomia parantuisivat nykyisestä, mutta riskit eivät kuitenkaan poistuisi kokonaisuudessaan. Teräkasetti tulisi jatkossakin nostaa käsin, mutta kevyempänä, jolloin kevyempi kasetti pienentäisi kuorman tuomaa työtapaturmariskiä. Kuitenkin käsin nostaessa mahdollinen teräkasetin lipeäminen ja putoaminen olisi silti olemassa. Poikkeuksellisen nostotyön suurin sallittu massa kyseisessä tilanteessa olisi 23,7kg (Ks. luku 4.2). Tilanteen mukainen työvaihe voitaisiin luokitella poikkeukselliseksi, koska toistuvuutta on melko harvoin ja nostotyön kesto on lyhyt. Jos työvaihe määriteltäisiin poikkeukselliseksi, tulisi työntekijöille antaa kaikki mahdolliset avut, kuten pitävät hanskat sekä koulutus hyvästä nostoasennosta. Tällöin alumiinista valmistettu teräkasetti olisi standardin mukaisissa rajoissa 18kg:n massallaan.

Yhtenä vaihtoehtona olisi myös yhdistää teräkasetin muutokset sekä manipulaattori, jolloin saataisiin käyttöön kooltaan pienempi 3armin Manipulator M1, jonka kuor-

mankestokyky ei riittänyt alkuperäisten kasettien kanssa. Manipulator M1 toimisi hyvin ominaisuuksiensa puolesta alumiinisten kasettien kanssa, jolloin työvaiheesta saataisiin nostotilanne pois työntekijältä. Lisäksi etuna olisi manipulaattorin mahdollisessa vikaantumistilanteessa, teräkasetit voitaisiin kuitenkin nostaa edelleen käsin.

Toteutukseen vaadittavien toimenpiteiden alustavat kustannukset esitettiin taulukkomuodossa, jotta vaihtoehtojen tulkinta kustannuksien osalta olisi yksinkertaisempaa (ks. taulukko 5).

Taulukko 5. Kustannuserittely.

Kustannuserittely				
		Kustannus (eur)	Tarjous:	Huom!
FlexArm manipulaattori tarttujalla		4 500 €	Liite 6.	Lisäksi kulmaliitännän suunnittelu ja hankinta sekä ohjaintaulun kannakkeen muutokset. Hinta-arvio 2 000 €
	Yht.	6 500 €		
FlexArm manipulaattori ilman tarttujaa		2 000 €	Liite 7.	Lisäksi tarttujan suunnittelu ja hankinta sekä juurivarsi ja ohjaintaulun kannakkeen muutokset. Hinta-arvio 3 000 €
	Yht.	5 000 €		
3ARM Manipulator M1-manipulaattori		15 350 €	Liite 8.	Sisältää ohjauksen ja pneumatiikan. Lisäksi mahdolliset lisävarusteet ja ohjaintaulun kannakkeen muutokset. Hinta-arvio 500 €
	Yht.	15 850 €		
Teräkasettien koneistus				
Rummakko Oy				
	Pienemmät 4kpl	3 160 €	Liite 11.	Lisäksi teräkiilojen kustannus, yhteensä 316€. Mahdolliset pyöristykset +10% hintaan per teräkasetti. Ei vaadi muutoksia sorville.
	Suuremmat 4kpl	4 860 €		
	Yht.	8 020 €		
Tikkakosken konepaja Oy				
	Pienemmät 4kpl	-	Liite 12.	Hinta sisältää koneistuksen osuuden, ei materiaalia. Lisäksi pienemmät teräkasetit sekä teräkiilat. Ei vaadi muutoksia sorville.
	Suuremmat 4kpl	16 000 €		
	Yht.	16 000 €		

Tarjousten perusteella teräkasetit kannattaisi koneistuttaa Rummakko Oy:llä Palokassa. Heidän tarjouksensa oli erittäin kilpailukykyinen toiseen paikalliseen yritykseen verrattuna. (Ks. liitteet 11 & 12.)

Saatujen tulosten pohjalta teräkasettien muutostyöt kannattaisi aloittaa koneistamalla aluksi yksi teräkasetti alumiinista. Teräkasettien koneistus alumiinista ei vaatisi työn seisausta sorville ja sen käyttöönotto sorvilla olisi erittäin yksinkertainen. Alumiinisten kasettien kestävyden arviointiin todellisessa sorvaustilanteessa vaatisi kuitenkin ns. koeajotilanteita, joissa työntekijöiden turvallisuus tulisi huomioida erityisen tarkasti niin, että mahdollinen teräkasetin hajoaminen ei aiheuttaisi riskiä henkilöille. Sorvaustilanteessa teräkasetti on kuitenkin vaipan sisällä, jolloin mahdolliset hajonneet osat eivät pääse lentämään työntekijää kohti, muuten kuin päädyn suuntaan. Vaipan pääty tulisi siis pitää tyhjänä koeajotilanteessa. Teräkasetin toimintaa varten sisäSORVAUSAKSELIIN voitaisiin kiinnittää kamera, jolla toimintaa olisi mahdollista seurata turvallisesti etäämpää. Lisäksi koeajotilanteessa sorvattava vaippa tulisi valikoida siten, että hajoamistilanteessa tuotteelle ei aiheutuisi vahinkoa, jota ei voitaisi korjata. Yhden suuremman kasetin koneistuksesta ilman kevennyksiä toisi 1262 € kustannuksia ja lisäkevennyksen kanssa 1384 €.

Ergonomia huomioiden teräkasetti kannattaisi koneistuttaa pyöristysten kanssa. Pyöristyksillä voitaisiin ehkäistä käsiin kohdistuvaa painetta, joka aiheutuisi esimerkiksi sormien jäädessä teräkasetin kulman ja muun rakenteen väliin. Pyöreäkulmainen teräkasetti olisi myös parempi raapaisu- ja viiltohaavojen välttämiseksi.

Manipulaattorin, teräkasetin tai vaihtoehtoisesti molempien yhdistelmänä aiheutuneet kustannukset olisivat nopeasti saatu katettua parantuneena työturvallisuutena ja ergonomiana työntekijöille.

Mielestäni työn toteutus kannattaisi aloittaa teräkasettien koneistuksella. Uusilla alumiinisilla teräkaseteilla kuormitus saataisiin vähenemään ja käyttöönotto olisi yksinkertainen toimeksiantajalle. Näin työvaiheen riski saataisiin pienenevän nopeasti ja helposti. Myöhemmin työvaihetta voitaisiin parantaa lisää hankkimalla manipulaattori, jolloin sen suunnitteluun voitaisiin käyttää enemmän aikaa ja miettiä vaihtoehtoisia työvaiheita manipulaattorin hyödyntämiseksi.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tärkein tavoite oli kehitellä vaihtoehtoja sisäSORVAUSTERÄKASETIN vaihtamiseen, jolla työntekijöiden ergonomia ja työturvallisuus saataisiin parantumaan. Työn lyhyen keston vuoksi toimeksiantajan kanssa oli yhteisesti sovittu, että tuloksien toteutus ja käyttöönotto jätettiin opinnäytetyön rajauksen ulkopuolelle. Lisäksi toimeksiantajan mukaisesti hankintaprosessissa kuluu aikaa, jolloin opinnäytetyön aikataulu ei olisi riittänyt viemään toteutusta loppuun asti.

Opinnäytetyön toteutus onnistui pääosin hyvin aikataulussa. Aikataulullisia ongelmia aiheuttivat viiveet yritysten sekä toimeksiantajan kanssa yhteydenpidossa sähköpostitse. Erään yrityksen kanssa sähköpostilla keskustellessa kului useita päiviä ennen seuraavaa vastausta. Toki on ymmärrettävä asia, että heilläkin on kiireitä muidenkin asioiden hoitamisen suhteen.

Opinnäytetyön tuloksiin liittyviä käyttökelpoisuuteen vaikuttavia rajoitteita olivat tarjousten rajallinen voimassaoloaika sekä mahdollinen hintojen vaihtelu. Tarjouksien voimassaoloajat olivat 4-6 viikkoa, jolloin toimitusaika ja hintalupaus raukeavat. Kuitenkin tarjoukset saataisiin pyydettyä uudelleen, vaikka ehdot muuttuisivatkin.

Opinnäytetyössä keskityttiin vain teräkasetin vaihdon työturvallisuuteen ja ergonomiaan. Jatkossa voitaisiin selvittää mahdollisen apuvälineen muu hyötykäyttö, jolloin sen aiheuttama kustannus voitaisiin jyvittää useammalle eri työvaiheelle. Olisiko samalla apuvälineellä mahdollista asettaa esimerkiksi ulkosorvauksen teriä tai pitää tarvittavia työkaluja asetustilanteessa.

Opinnäytetyössä onnistuttiin hyvin, sillä tuloksiksi saatiin hyviä vaihtoehtoja työvaiheen turvallisuuden ja ergonomian parantamiseksi. Tuloksiin oltiin tyytyväisiä niin tekijän kuin toimeksiantajankin puolelta.

Työ olisi voitu toteuttaa koekäyttöön ja käytäntöön asti, jos käytössä olisi ollut enemmän aikaa. Toteutukseen olisi kulunut toimitusajoista sekä toimeksiantajan järjestelyistä riippuen viikoista useisiin kuukausiin. Toimeksiantajan kanssa keskusteltiin työn lopussa ja todennäköisesti työvaiheen turvallistaminen aloitetaan koneistamalla teräkasetit alumiinista.

Opinnäytetyön teosta opittiin yleisesti tämän kaltaisen prosessin toteutuksen hitaus, joka korostui erityisesti tarjouksia hankkiessa. Tarjouspyyntöjen kanssa meni useita viikkoja ilman, että sai asiaa juurikaan eteenpäin. Työn aikana ei ollut tiedossa kuinka paljon rahaa oli käytettävissä työvaiheen parantamiseen, joten se aiheutti epävarmuutta vaihtoehtojen harkinnassa. Eräältä yritykseltä saatiin kuitenkin kuulla, että ”hyvin perusteltuna rahaa on aina käytettävissä työturvallisuuteen”, joten tämän pohjalta vaihtoehdot yritettiin perustella mahdollisimman hyvin.

Lähteet

Aluminum 7075-T6; 7075-T651. N.d.7075-alumiinin tekniset tiedot. Viitattu 31.3.2017. <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bass-num=MA7075T6>

Ansaharju, T., Ilomäki O., Maaranen, K. 1989. Lastuava työstö. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Currency exchange rates as of Monday, March 27 2017. 27.3.2017. Valuuttamuunnin. Viitattu 28.3.2017. <http://www.ratesfx.com/rates/rate-converter.html>.

Ergonomian ja käytettävyyden standardit. N.d. Esite Suomen standardisoimisliiton sivuilla. Viitattu 16.3.2017. http://www.sfs.fi/files/3769/Ergonomian_standardit_2013_liite_LR.pdf.

FlexArm Part Manipulator. N.d. Tuotesivu FlexArmin sivuilla. Viitattu 28.3.2017. <http://catalog.flexarminc.com/viewitems/ergonomic-material-handling/part-manipulator>.

Honkanen, L. 2017. Sähköpostikeskustelu Valmet henkilökunnan kanssa. Viitattu 9.3.2017.

Item # PM-33: Range 89" / Max. Wt. 150 lbs, Part Manipulator. Tuotesivu FelxArmin sivuilla. Viitattu 28.3.2017. <http://catalog.flexarminc.com/item/ergonomic-material-handling/part-manipulator/pm33>.

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M., Sihvonen, P. 2011. Valmistustekniikka 14.painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Jakautuminen 2013. 2013. Artikkelit Metson sivuilla. Viitattu 6.3.2017. <http://www.metso.com/fi/yritys/sijoittajat/metso-sijoituskohteena/jakautuminen-2013/>

Jokipelto, M. 2017. Sähköpostikeskustelu Finian edustajan kanssa. Viitattu 23.4.2017.

Koistinen, J. 2017. Sähköpostikeskustelu Tikkakosken konepajalle. Viitattu 10.4.2017.

- Koneturvallisuuden standardit 2017. N.d. Esite Suomen standardisoimisliiton sivuilla. Viitattu 16.3.2017. http://www.sfs.fi/files/1478/koneturvallisuusstandardit2016_web.pdf
- Korhonen, A. 2017. Sähköpostikeskustelu Valmet henkilökunnan kanssa. Viitattu 24.4.2017.
- L 738/2010. Työturvallisuuslaki. Valtion säädöstietopankki Finlex. Viitattu 7.3.2017. <Http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- Launis, M. & Lehtelä, J. 2009. Ergonomiaopas koneiden ja työvälineiden hankintaan, käyttöön ja tarkastamiseen. Helsinki: Työterveyslaitos.
- Lotz, K. 2017. Sähköpostikeskustelu FlexArmin edustajan kanssa. Viitattu 28.3.2017.
- Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Manipulator M1. N.d. Tuotesivu. Viitattu 16.3.2017. <http://www.toolbalancerarms-3arm.com/en/manipulator-m1.html>
- Materiaalikirjasto. N.d. Solidworks-sovelluksen materiaalikirjasto. Viitattu 26.4.2017.
- Ominaislastuamisvoima. N.d. Sandvikin tietosivu. Viitattu 20.4.2017. http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/materials/workpiece_materials/the_specific_cutting_force/pages/default.aspx
- Pirhonen, R. 2017. Sähköpostikeskustelu Rummakko Oy:lle. Viitattu 24.2.2017.
- POSIVEL PV22 PV26. 2009. Posivel nostimien esite. Viitattu 28.3.2017. <http://www.dalmec.com/posivel/>
- Rautpohjan yleisesittely. N.d. Valmetin henkilöstön intranet. Pääsy vain Valmetin henkilökunnan tunnuksilla. Viitattu 6.3.2017.
- Rieman, C. 2017. Sähköpostikeskustelu FlexArmin edustajan kanssa. Viitattu 13.4.2017.
- SFS, EN, ISO?. N.d. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 10.3.2017. http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso
- SFS-EN ISO 6385. 2016. Ergonomics principles in the design of work systems. 2016. Viitattu 15.3.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 614-1 + A1. 2009. Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Terminologia ja yleiset periaatteet. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 26.1.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 614-2 + A1. 2009. Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Työtehtävien ja koneen suunnittelun väliset vuorovaikutukset. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 26.1.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 1005-2+A1. 2009. Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 2: Koneen ja sen osien manuaalinen käsittely. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 26.1.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Short History Of INNSE. N.d. Artikkelin Innsen kotisivuilla. Viitattu 25.2.2017. http://www.innse.com/overv/ne_histo.htm

Siirilä, T. 2009. Turvallinen kone työpaikalla. Helsinki: Työturvallisuuskeskus TTK, teollisuusryhmä.

Standardit ja standardisointi 2013. N.d. SFS-käsikirja 1. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 3.5.2017. https://www.sfs.fi/files/83/KK_1_2015_muokattu.pdf

Toiminta työpaikalla. N.d. Viitattu 6.3.2017. http://ttk.fi/tyohyvinvointi_ja_tyosuojelu/toiminta_tyopaikalla

Top 10 -standardit. N.d. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 10.3.2017. <http://www.sfs.fi/top10>

Työpaikan ergonomian tarkastusohje. N.d. Työterveyslaitos. Viitattu 26.1.2017. http://partner.ttl.fi/fi/ergonomia/menetelmat/erg_tarkastusohje/Sivut/default.aspx

Työturvallisuus. N.d. Työterveyslaitos. Viitattu 6.3.2017. <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/tyoturvallisuus/>

Usein kysyttyä. N.d. Suomen standardisoimisliitto ry. Viitattu 10.3.2017. http://www.sfs.fi/usein_kysyttya

Valmet general presentation. N.d. Valmetin henkilöstön intranet. Pääsy vain Valmetin henkilökunnan tunnuksilla. Viitattu 7.3.2017.

Valmet history. N.d. Valmetin henkilöstön intranet. Pääsy vain Valmetin henkilökunnan tunnuksilla. Viitattu 7.3.2017.

Valtanen, E. 2013. Tekniikan taulukkokirja 20.painos. Mikkeli: Genesis-kirjat Oy.

Väyrynen, S., Nevala, N., Päivinen, M. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

Örn, M. 2007. Turvallinen kone työpaikalla. Iisalmi: Työturvallisuuskeskus TTK, teollisuusryhmä.

3arm Manipulator M1. 2016. Video-esittely manipulaattorista. Viitattu 9.4.2017.

<https://www.youtube.com/watch?v=XUNFfs7hf1E>

42CrMo4 (1.7225). N.d. 42CrMo4-teräksen tekniset tiedot. Viitattu 31.3.2017.

http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=335

Liitteet

Liite 1. Suositeltavan enimmäismassan (R_{ML2}) laskemisen kertoimet (SFS 1005-2, 2009, 24, muokattu).

Nostokorkeuserroin (V_M)							
Sijainti pystysuunnassa ³⁾ [cm]	0	25	50	70	100	130	> 130
Kerroin	0,78	0,85	0,93	1,00	0,93	0,84	0,00
Korkeuserroin (D_M)							
Siirto pystysuunnassa ³⁾ [cm]	25	30	40	50	70	100	> 175
Kerroin	1,00	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0,00
Etäisyyskerroin (H_M)							
Sijainti vaakasuunnassa ³⁾ [cm]	25	30	40	50	56	60	> 63
Kerroin	1	0,83	0,63	0,5	0,45	0,42	0
Epäsyyntriakerroin (A_M) [cm]							
Asymmetriakulma ³⁾ [°]	0	30	60	90	120	135	> 135
Kerroin	1	0,9	0,81	0,71	0,62	0,57	0
Otekerroin (C_M)							
Tartuntaotteen laatu		Hyvä		Tyydyttävä		Huono	
Kuvaus		ks. Liite C		ks. Liite C		ks. Liite C	
Kerroin		1		0,95		0,9	
Taajuuserroin (F_M) ⁴⁾							
	Taajuus						
Hz	0,0033	0,0166	0,0666	0,1000	0,1500	0,2000	> 0,2500
nostoa/min	0,2	1	4	6	9	12	> 15
Kesto (d)							
d ≤ 1h	1,00	0,94	0,84	0,75	0,52	0,37	0,00
1h < d ≤ 2h	0,95	0,88	0,72	0,50	0,30	0,00	0,00
2h < d ≤ 8h	0,85	0,75	0,45	0,27	0,00	0,00	0,00
3) Määritelmät: ks. Standardi EN 1005-1							
4) Suurilla taajuuksilla: ks. Standardiehdotus prEN 1005-5							

Liite 2. S-259-riskianalyysi (luottamuksellinen).

Liite 3. Käyttäjäprofilointilomake.

Käyttäjäprofilointi

Ikä: (Kirjoita alle ikäsi vuosina)

Sukupuoli: (Merkaa raksilla)

Mies:

Nainen:

Työkokemus sorvin käytöstä: (Merkaa raksilla)

0-1 v :

1-2 v :

2-3 v :

3-4 v :

4-5 v :

yli 5 vuotta:

Terveystila: (Merkaa raksilla)

Huono:

Kohtalainen:

Hyvä:

Koulutus: (Kirjoita koulutus, esim. ammattikoulu tai AMK. Kirjoita myös sorvin käyttöön liittyvät lisäkoulutukset)

Fyysiset ominaisuudet (kätisyys): (Merkaa raksilla)

Oikea:

Vasen:

Motivaatio:

Liite 4. FlexArmin tarjouspyyntö-lomakkeen sivu 1.



This form must be used when requesting a quotation for a **Special Part Manipulator End Effector** to ensure your application is understood from the beginning and is successful throughout the process review and specification. Please complete this form and fax or email to the appropriate location listed at the bottom of the page.

FlexArm
 Contact: _____ Date: _____
 Project
 Contact: _____ Phone: _____
 Project
 Name: _____

1. DISTRIBUTOR INFORMATION:

Company: _____ Contact: _____ Title: _____
 Address: _____ Phone: _____ Fax: _____
 Country: _____ Email: _____
 Other Contact Info: _____

2. CUSTOMER INFORMATION (END USER):

Company: Valmet Technologies Contact: Marcus Parkkonen Title: Thesis worker
 Address: _____ Phone: +358451462669 Fax: _____
 Country: Finland Email: parkkonenmarcus@gmail.com
 Other Contact Info: _____

3. APPLICATION INFORMATION:

Description of part to be handled: Tool cassette (holds lathe's cutting edge)

Drawings of part provided by customer: Yes No Drawing format: PDF

Part Available for Runoff / Tryout: Yes No Picture/ Video of the work area? Yes No

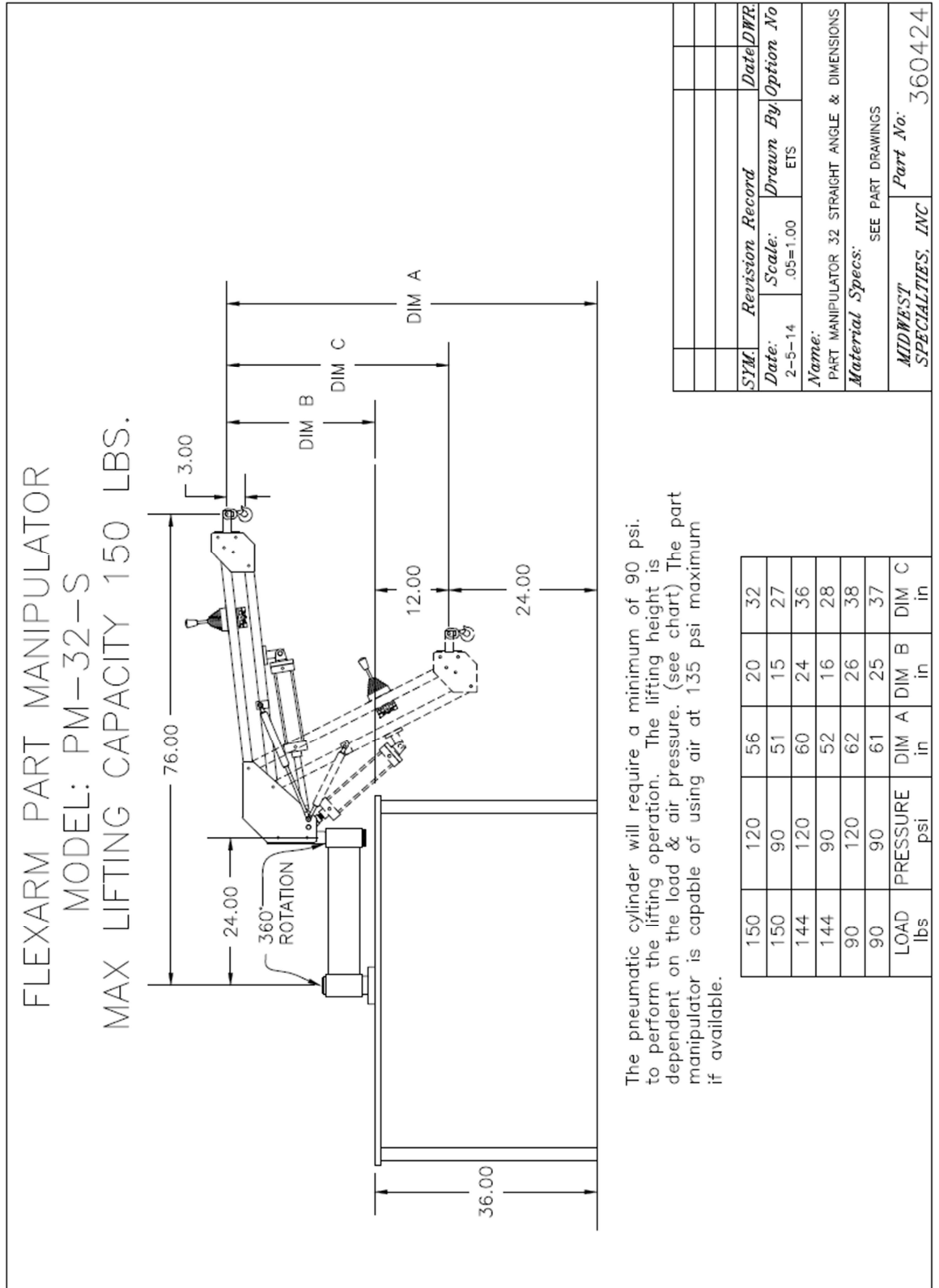
Picture/ Video of current part handling: Yes No

Part Properties:

Material:	Weight:	Height:	Width:	Length:	I.D.	O.D.
Cast iron	39 kg / 86 lbs	100 mm	290 mm	179 mm		

Contact the FLEXARM specialists at:
 800-837-2503 fax: 419-738-8140
 WWW.FLEXARMINC.COM
 email: flexarm@flexarminc.com
 851 Industrial Drive Wapakoneta OH 45895-9239

Liite 5. FlexArmin manipulaattorin mittapiirros.



Liite 8. Finian tarjous Manipulator M1 manipulaattorista.

22.4.2017

Gmail - Nosto/siirtoapuväline



Marcus Parkkonen <parkkonenmarcus@gmail.com>

Nosto/siirtoapuväline

Mikko Jokipelto <mikko.jokipelto@finia.fi>

12. huhtikuuta 2017 klo 11.57

Vast. ott.: Marcus Parkkonen <parkkonenmarcus@gmail.com>

Huomenta päivää,

Tuohan on fiksun näkönen paketti – välitin kuvan toimittajalle ja pyysin tarjoamaan tähän sopivaa liitäntää/päätä.

Seuraavaksi kustannusarvio projektille:

3ARM manipulaattori (sisältää ohjauksen ja pneumaatiikan): 10450€/alv0

Kääntyvä ja pyörivä pääliitäntä tarttujalla: n.4900€/alv0

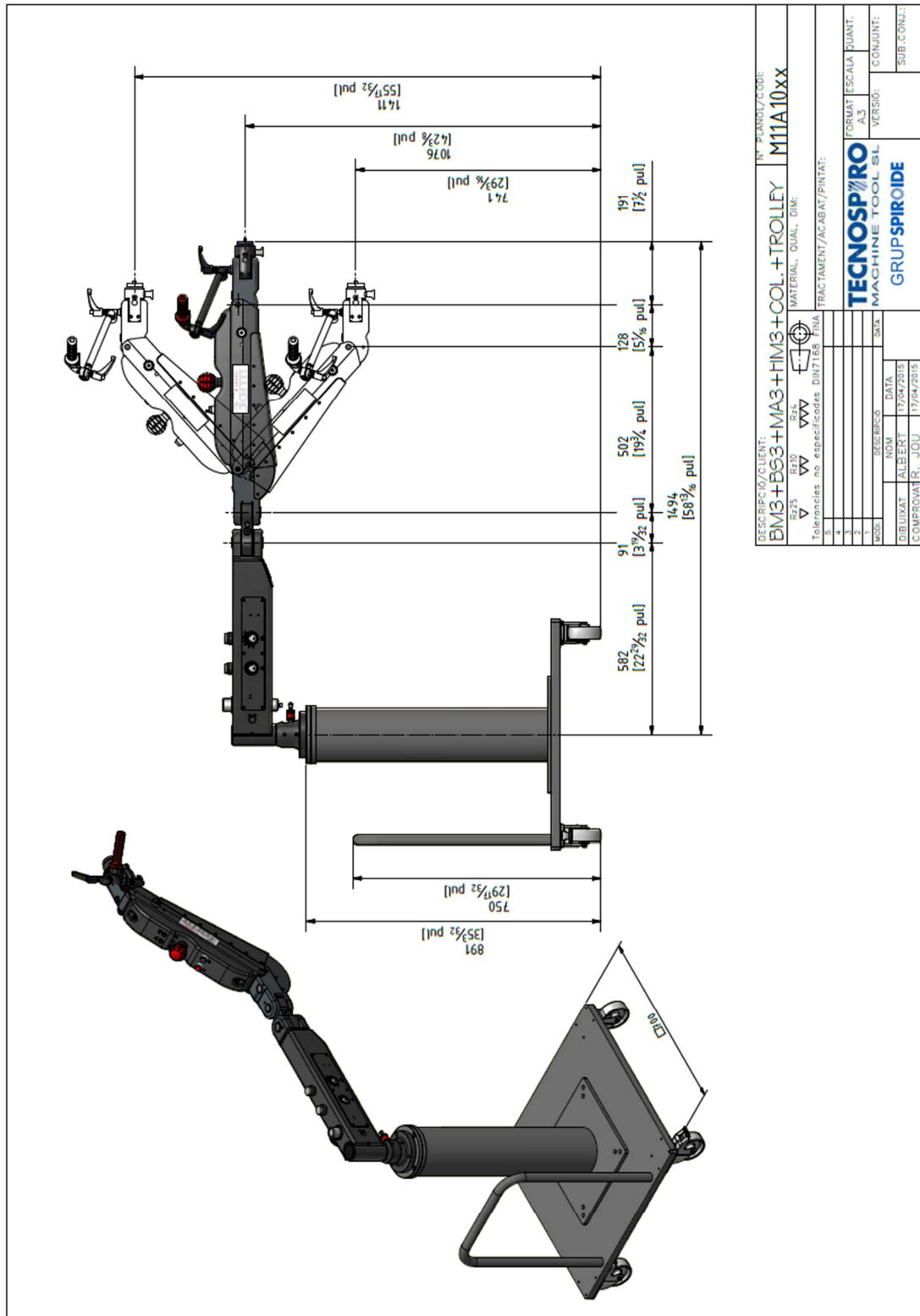
Hinnat on alustavia arvioita ja vain budjetointi käyttöön lopullinen hinta kokonaisuudelle määritellään erikseen.
Hinnat verottomia nettoja vapaasti Vantaalla.

Terveisin,

Mikko

p.s. Olen reissussa joten vastailen säännöllisen epäsäännöllisesti posteihin. Soittele kiireellisimmissä asioissa.

Liite 9. Manipulator M1 mittapiirros.



Liite 10. Teräkasetin piirustus (luottamuksellinen).

Liite 11. Rummakko Oy:n tarjous teräkasetin koneistuksesta.



21.04.2017

Marcus Parkkonen
parkkonenmarcus@gmail.com

Tarjous No. 7304390R

Viitaten kyselyynne 15.3.2017 ja lisäkyselyyn 20.4.2017 päivitämme tarjoustamme teräkasetin koneistuksesta seuraavasti:

Pos.	Erittely	Määrä	Hinta €/kpl
1.	LUISTI 100 1250_1 Al EN AW-7075 – työkaluteollisuuteen soveltuva alumiini	1 kpl	790,00
2.	Piir. 55021-7496 Al EN AW-7075 – työkaluteollisuuteen soveltuva alumiini	1 kpl	1215,00
3.	Teräkiilat * piir. 35021-7483 mukaan * piir. 35021-7498 mukaan		32,00 47,00

Pakkauskulut lisätään

Alv 0%

Maksuehdot: 14 pv netto
Toimitusaika: ~4 viikkoa tilauksesta
Toimitusehto: NOL Jyväskylää (Palokka)

Toivomme tarjouksemme johtavan tilaukseenne.

Terveisin

RUMMAKKO OY
Tauno Ala-Lahti

Tauno Ala-Lahti
Puh. 040-704 6826

Postal address:
RUMMAKKO OY
P.O.Box 95
FI-40101 JYVÄSKYLÄ
FINLAND
e-mail: tools@rummakko.fi

Savela factory:
Kaivokatu 5 JYVÄSKYLÄ
Tel.: +358-14-617 181
Fax: +358-14-617 108

www.rummakko.fi

Palokka factory:
Jokelantie 1 40270 PALOKKA
Tel.: +358-14-378 2012
Fax: +358-14-378 2092

Finland Domicile: Jyväskylä; VAT No. FI18536225

Liite 12. Tikkakosken konepajan tarjous teräkasetin koneistuksesta.

10.4.2017

Gmail - Teräkasetin koneistus



Marcus Parkkonen <parkkonenmarcus@gmail.com>

Teräkasetin koneistus

Jukka Koistinen <jukka.koistinen@tikkakoskenkonepaja.fi>
Vast. ott.: Marcus Parkkonen <parkkonenmarcus@gmail.com>

7. huhtikuuta 2017 klo 10.02

Terve

Tämän koneistus maksaa 4000 €/kpl Alv 0, lisäksi aine päälle.

Terveisin

Jukka Koistinen

Puh 050 5487345



Lähtettäjä: Marcus Parkkonen [mailto:parkkonenmarcus@gmail.com]

Lähetetty: torstai 6. huhtikuuta 2017 09:18

Vastaanottaja: Jukka Koistinen <jukka.koistinen@tikkakoskenkonepaja.fi>

Kopio: 'Jari Pellinen' <jari.pellinen@rautpohjankonepaja.fi>

Aihe: Re: Teräkasetin koneistus

[Lainattu teksti piilotettu]