

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Markku Hiltunen

HARVESTERIPÄISSÄ KÄYTETTÄVIEN HYDRAULISYLINTERIEN
TESTIPENKIN MEKAANINEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Markku Hiltunen

Nimeke
Harvesteripäissä käytettävien hydraulisylinterien testipenkin mekaaninen suunnittelu

Toimeksiantaja
Waratah OM Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa harvesteripäissä käytettävien hydraulisylinterien testaamiseen tarkoitettua testipenkin mekaaninen suunnittelu. Työn toimeksiantajana oli yritys nimeltä Waratah OM Oy. Yrityksen toimialaan kuuluu harvesteripäiden valmistus ja tuotekehitys.

Nykyisellään palautteen saaminen hydraulisylinterien toiminnasta kentällä kestää jopa kaksi vuotta. Testipenkin tarkoituksena on siis nopeuttaa tätä prosessia testaamalla hydraulisylintereitä pitkäkestoisissa keskeytymättömissä ainetta rikkovissa rasituskokeissa. Penkin avulla saadaan arvokasta tietoa eri valmistajien sylinterien ja niissä käytettyjen komponenttien toiminnasta sekä kestävydestä.

Työ aloitettiin määrittämällä käytettävät rakennusmateriaalit. Tämän jälkeen valittiin penkin rakentamisessa käytettävät mitoitusperiaatteet ja valmistusmenetelmät. Testipenkin suunnittelu ja valmistuspiirustukset toteutettiin PTC Creo 1.0 3D-mallinnusohjelmistolla. Rakenneosien lujuuslaskentaan käytettiin mallinnusohjelmistoa sekä käsinlaskentaa.

Testipenkin teoreettisesta kestoikästä tuli huomattavasti korkeampi kuin testattavilla sylintereillä. Suoritetuissa lujuusanalyysissä todettiin myös liukulaakerien nopea kuluminen sekä mahdollisen lisätuen asentaminen mekaanisille rajoille. Tuloksena saatiin tarkat valmistuspiirustukset penkin rakentamista varten. Lopullisen prototyypin testauksen tekee tämän työn toimeksiantaja.

Kieli
suomi

Sivuja 66
Liitteet 57
Liitesivumäärä 57

Asiasanat
koneenrakennus, hydraulikka, testaus



THESIS
May 2013
Degree Programme in
Mechanical Production
Engineering

Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author(s)
Markku Hiltunen

Title
Mechanical designing of test bench for harvesterheads hydraulic cylinders

Commissioned by
Waratah OM Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to carry out the mechanical designing of a test bench for harvesterheads hydraulic cylinders. The work was commissioned by a company called Waratah OM Oy. The company is located in Joensuu and its field of operation includes production and product development of harvesterheads.

The current time of getting feedback from the hydraulic cylinders operation in the field takes up to two years. The idea of test bench is to speed up this process by testing the hydraulic cylinders with a continuous long-term destructive stress tests. Test bench will provide valuable information about the durability and operation of different manufacturer's cylinders and components.

The work was initiated by defining the construction materials used. After this the main dimensioning and manufacturing methods were chosen. The designwork and technical drawings were made using PTC Creo 1.0 3D modeling software. The calculation of structural parts strength was executed with the modeling software and also partially by hand.

The achieved theoretical life time of the test bench became way higher than the test cylinders. The structural analysis performed showed the rapid abrasion of the slide bearings, as well as the potential need for additional support for mechanical limits installation platform. As a result accurate manufacturing drawings to make the test bench were achieved. The final testing of the prototype is conducted by the client of this job.

Language
Finnish

Pages 66
Appendices 57
Pages of Appendices 57

Keywords
mechanical engineering, hydraulics, testing

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
1.1	Yritys	5
1.2	Työn aloitus.....	6
2	Sovellettavat menetelmät.....	8
2.1	Eurocode 3.....	8
2.1.1	Hitsausliitokset	9
2.1.2	Ruuviliitokset	13
2.2	Vakiovääristymisenergiähypoteesi VVEH	19
3	Testipenkin suunnittelu	20
3.1	Suunnittelun lähtökohdat.....	20
3.2	Testattavat komponentit.....	23
3.3	Hydraulilaskelmat.....	26
3.4	Runko.....	28
3.5	Mekaaniset rajat ja keskinivelen kiinnitys.....	31
3.6	Nivelmekanismit ja momenttivarren säätö.....	36
3.7	Nivelen ja rungon FEM-analyysi.....	40
3.7.1	Rungon taipuma.....	46
3.8	Akselit	47
3.9	Säätökelkat	49
3.9.1	Ruuviliitosten liukumisenkestävyys	49
3.9.2	Hitsausliitosten mitoitus.....	53
3.10	Anturointi.....	54
4	Rakenteen väsyminen	57
4.1	Kestoiän määrittäminen rakenteelle	58
5	Valmistus ja kokoonpano	62
6	Yhteenveto.....	62
6.1	Ammatillinen kasvu	62
6.2	Tavoitteet ja tulokset	63
6.3	Kehittämiskohteet.....	63
	Lähteet.....	65

Liitteet

Liite 1 Asema-anturin tekniset tiedot

Liitteet 2-57 Valmistuspiirustukset

1 Johdanto

1.1 Yritys

Waratah OM Oy on Outokummun Metalli Oy:n ja John Deere Forestry Oy:n vuonna 2003 perustama yhteisyritys. Yrityksen toimialaan kuuluu harvesteripäiden tuotekehitys, valmistus sekä tuotetuki. Harvesteripäiden mekaaninen kokoonpano suoritetaan Outokummun Metallin Sysmäjärven tehtaalla. [1.] Outokummun Metallilta kourat lähetetään Waratah OM Oy:n Joensuun tehtaalle, jossa suoritetaan kourien hydraulikokoonpano sekä koeajo.



Kuva 1. Waratah H480C harvesterinpää toiminnassa [2].

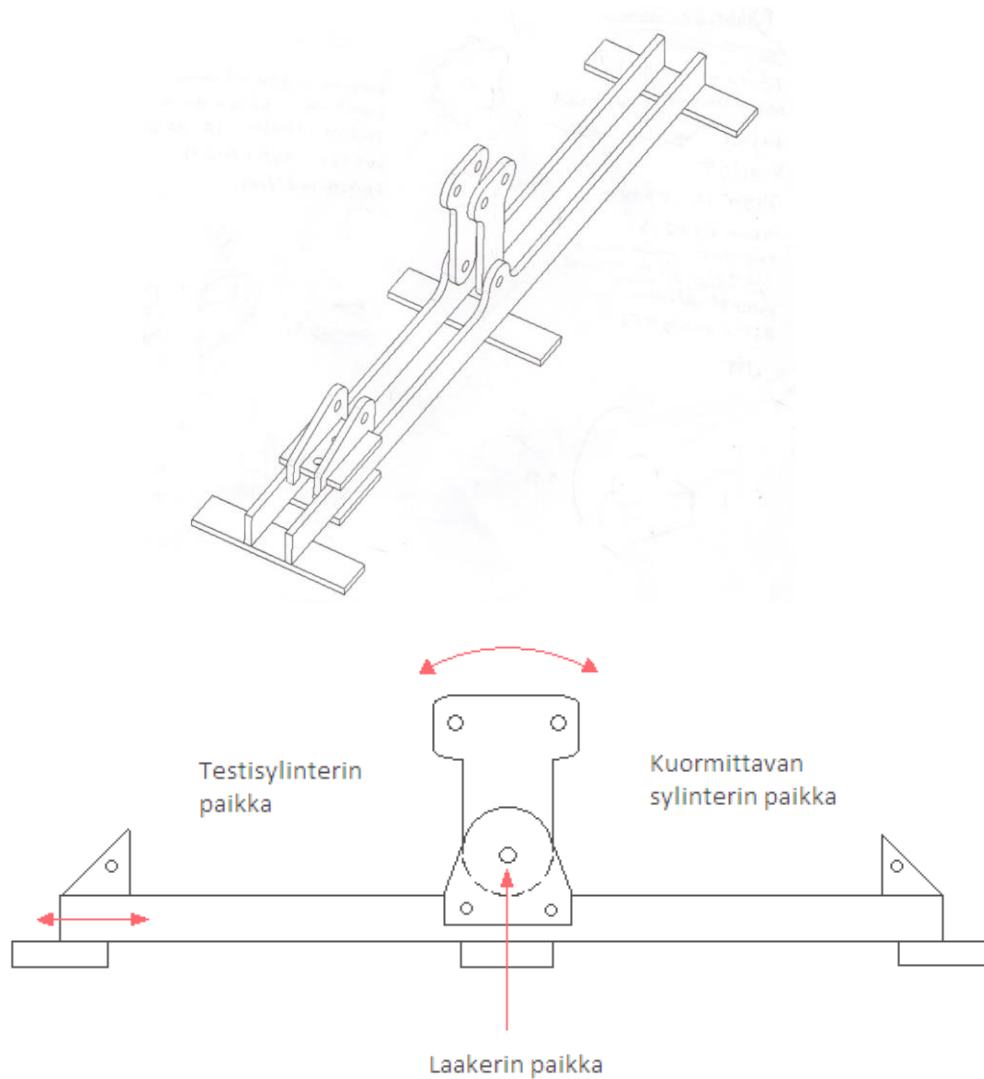
Suurin osa tehtaalla valmistettavista harvesterinpäistä menee John Deere Forestry Oy:n Joensuun tehtaalla valmistettaviin metsäkoneisiin, mutta kouria myydään myös asennettaviksi muun merkkisiin metsäkoneisiin. Lisäksi kouria valmistetaan myös asiakastilauksesta irrallisina kaivinkoneisiin asennettaviksi ja yleisesti kaikkiin edellä mainittuihin korvaamaan aiempi loppuunajettu koura.



Kuva 2. Harvesterinpää kiinnitettynä John Deeren metsäkoneeseen [3].

1.2 Työn aloitus

Keskiviikkona 20.2.2013 pidettiin aloituspalaveri, jossa sovittiin projektissa mukana olevat henkilöt, alustava aikataulu sekä selvitettiin mikä oli testipenkkiprojektin sen hetkinen tila. Opinnäytetyön aihe rajattiin niin, että siihen kuuluisi penkin mekaaninen suunnittelu ja mitoitus, sekä valmiiden työpiirustusten tuottaminen. Voimanlähteen liittäminen penkkiin eli toisin sanoen laitteen hydraulisuunnittelu toteutetaan toimeksiantajan toimesta. Kuva 3 esittää alkuperäistä hahmotelmaa, josta lähdettiin liikkeelle.



Kuva 3. Alkuperäisiä hahmotelmia testipenkistä (Kuva: Markku Hiltunen).

Tarkoituksena on suunnitella harvesterinpäissä käytettävien sylinterien testaamiseen tarkoitettu testipenkki, jolla voidaan nopeutetusti simuloida karsimateriaalin ja syöttörullien hydraulisylinterien sekä niiden yhteydessä käytettävien liuku-laakerien kulumista. Penkin pitää sisältää testattavan sylinterin lisäksi vastapuolelle asennettava jarrusylinteri.

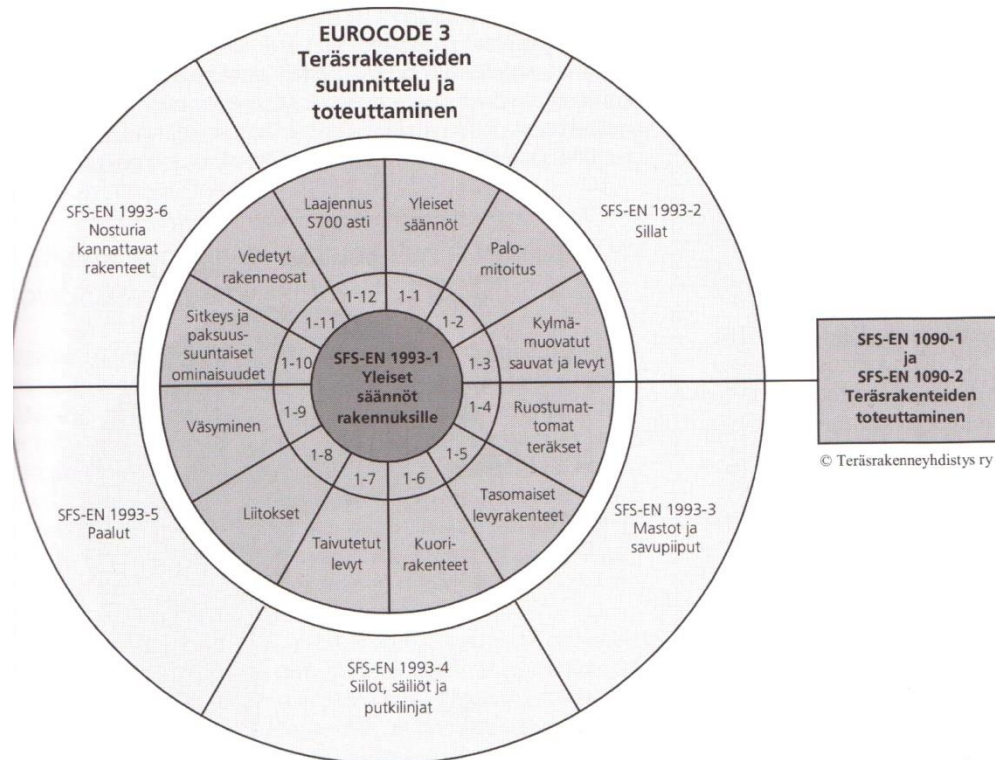
Sylinterin yhteyteen tulee suunnitella anturointi, jolla sylinterin kulkema matka voidaan mitata. Lähtökohtana on, että laitteesta halutaan kustannustehokas ja jäykkärakenteinen sekä sellainen, että sitä voitaisiin helposti muunnella tulevaisuudessa eri kokoluokan testisylintereille portaattomasti. Laitteen tulee myös rakentua helposti saatavilla olevista materiaaleista. Työssä suoritetaan testipenkin osien mitoitus ja lujuusanalyysit.

Työssä ei oteta kantaa siihen, onko lopullinen konstruktio viimeisimmän konedirektiivin mukainen, koska laite rakennetaan tilapäiseen laboratoriokäyttöön tutkimusta varten [4, s. 28]. Tämän työn tuloksena syntyvää kokoonpanoa ei myöskään tulla koskaan saattamaan markkinoille eli asettamaan saataville yhteisössä jakelua ja käyttöä varten [4, s. 58].

2 Sovellettavat menetelmät

2.1 Eurocode 3

Eurokoodeilla tarkoitetaan kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja ja ne otettiin ensimmäisen kerran käyttöön vuonna 2007 [5]. Suomessa Eurocode 3 ymmärretään myös nimellä SFS-EN 1993. Se koostuu 6 eri osasta. Standardijärjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 3. [6, s. 9.]



Kuva 4. Eurocode 3 -standardijärjestelmän rakenne [6, s. 9].

Tässä opinnäytetyössä sovelletaan seuraavia rakennusten teräsrakenteita koskevan standardin SFS-EN 1993-1 osioita:

- SFS-EN 1993-1-1 Yleiset säännöt
- SFS-EN 1993-1-8 Liitokset
- SFS-EN 1993-1-8 Väsyminen.

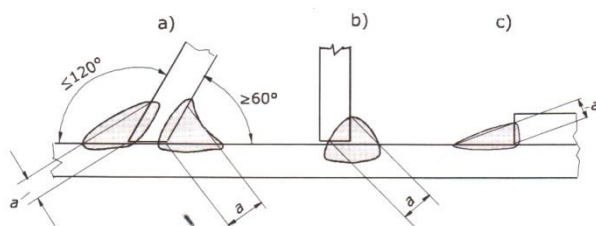
Suurin osa valmiin teräsrakenteen loppukustannuksista muodostuu materiaali-kustannuksista, täten suunnittelijalla on suuri merkitys valmiin rakenteen loppukustannuksiin, koska hän useimmiten valitsee materiaalin. Taloudellisen lopputuloksen saavuttamiseksi on pyrittävä valitsemaan vain muutama vakioprofiili ja levynpaksuus pitäen samalla tarvittava materiaalin määrä alhaisena. Myös kappaleen muotoilulla on merkittävä vaikutus teräsrakenteiden valmistamiseen ja asentamiseen tarvittavaan työmäärään ja siten kustannuksiin. [6, s. 10–11.] Näitä samoja periaatteita pyrittiin soveltamaan myös tässä opinnäytetyössä, koska laitteeseen tulevat levyosat valmistetaan polttoleikkausmenetelmillä, 16 mm:iin asti laserleikkaamalla ja ylemmät paksuudet polttoleikkaamalla.

Laskentaohjelmistojä käyttävän suunnittelijan on aina kyettävä arvioimaan saatujen tulosten oikeellisuutta. Rakenteelle tulevien rasitusten oikeellisuutta voidaan arvioida laskemalla tulokset myös käsin, jolloin laskentaohjelmistolla saatujen tulosten suuruusluokkaa voidaan verrata kyseisiin käsinlaskettuihin tuloksiin. Kannattaa ottaa huomioon, että laadukkaankin laskentaohjelman antamat tulokset ovat vain seurausta suunnittelijan ohjelmaan syöttämistä lähtöarvoista. Mahdollisimman hyvä rakenteiden toiminnan sekä mekaniikan tuntemus ovat suunnittelijan osaamisen tärkeimpiä tekijöitä. [6, s. 11.]

2.1.1 Hitsausliitokset

Tässä työssä osaan hitsausliitoksista sovelletaan eurocode 3:n mukaista yksinkertaisempaa mitoitus tapaa. Pienahitsin mitoitus paksuutena käytetään siinä olevaa a-mittaa, joka kertoo hitsin sisään piirretyn kolmion korkeuden. Tavallisesti kolmion kyljet yhtyvät railonpintoihin, paitsi kuvan 5 kohdassa b esitettyssä syvätunkeumahitsissä. Kuvassa 5 on myös kerrottu rajoitukset pienhitsin railon-

kulmalle. Kulman saa vaihdella välillä $60^\circ \dots 120^\circ$. Suunnittelijan velvollisuus on merkitä piirustuksiin laskelmien edellyttämä a -mitta. [7, s. 66.]



Kuva 5. Pienahitsin a -mitan määrittelmä eri tapauksissa [7, s. 66].

Standardin mukaista mitoitustapaa ei voida soveltaa liian pienellä a -mitalla oleville pienahitseille. Liian pieneksi tehdyt pienahitsit jäähtyvät liian nopeasti, jolloin niiden mikrorakenne saattaa jäädä liian kovaksi sekä sitkeydeltään riittämättömäksi, joten a -mitan koolle on asetettu seuraava ehto:

$$a \geq 3 \text{ mm} \quad (1)$$

[7, s. 67.]

Valittaessa a -mittaa pienahitsille on myös tärkeää huolehtia riittävästä lämmöntonniasta, että välttyttäisiin käyttämästä korotettua työlämpötilaa. Tästä seuraa seuraavanlainen vaatimus:

$$a \geq \sqrt{t(\text{mm})} - 0,5 \quad (2)$$

[7, s. 67.]

Myöskään liian lyhyet pienahitsit eivät sovellu standardin mukaiselle mitoitustavalle. Hitsin aloitus- ja lopetuskohtia ei voida pitää laadullisesti samanarvoisina ja täten pienahitsin pituuden tulee täyttää seuraavat ehdot:

$$l \geq 6a \quad (3)$$

$$l \geq 30 \text{ mm} \quad (4)$$

[7, s. 68.]

Eurocode 3 ei myöskään salli, että pienahitsi päättyy osan nurkkaan tai kulmaan. Hitsausta tulisi jatkaa nurkan ympäri kaksi kertaa hitsin kylkimitan verran aina silloin, kun hitsin on mahdollista jatkaa samassa tasossa. [7, s. 68.]

Yksinkertaisen mitoitustavan idea on, että hitsissä syntyviä jännityksiä ei jaeta komponentteihin, vaan nimellinen jännitys oletetaan aina mahdollisimman epäedulliseksi eli leikkausjännitykseksi. Yksinkertaisen mitoitustavan mukaan pienahitsissä pituusyksikköä kohti vaikuttavan mitoitusvoiman $F_{w,Ed}$ on oltava pienempi kuin hitsin mitoituskestävyyttä pituusyksikköä kohti kuvaava $F_{w,Rd}$.

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (5)$$

[7, s. 69.]

Hitsin mitoituskestävyys pituusyksikköä kohti saadaan kaavalla 6.

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a \quad (6)$$

Hitsin leikkauslujuuden mitoitus arvo $f_{vw,d}$ saadaan kaavasta 7.

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} \quad (7)$$

missä f_u on materiaalin vetomurtolujuus, β_w on kokeellisesti määritetty perusaineen ja hitsiaineen lujuuksien suhdetta edustava kerroin ja γ_{M2} on osavarmuusluku jonka arvona käytetään lukua 1,25. Kerroin β_w saadaan taulukosta 1. [7, s. 69.]

Rakenneteräs	β_w
S 235	0,8
S 275	0,85
S 355	0,9
S 420	1,0
S 460	1,0

Taulukko 1. Kertoimen β_w arvot eri rakenneteräksille [7, s. 68].

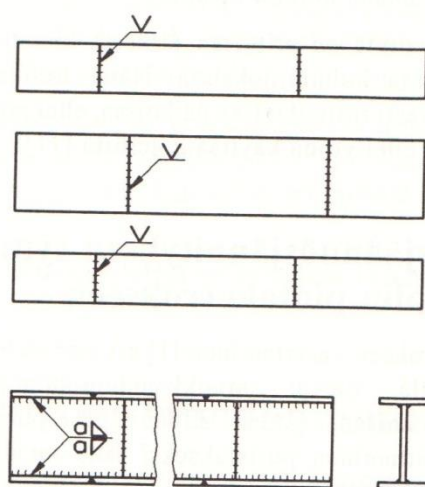
Pienahitsin kestävyuden tarkasteluun on viisi eri tyyliä joista suunnittelija voi valita sopivan tavan sen mukaan mitä muuttujia tunnetaan. Yksikköpituuden sijasta käytetään mitoituspituutta eli $l = l_{eff}$. [7, s. 69.]

Tyyli	Kaava	Huom!
a	$\tau_w = \frac{F_{Ed}}{al} \leq f_{vw,d}$	
b	$F_{Ed} \leq F_{Rd} = f_{vw,d} \cdot a \cdot l$	
c	$a \geq a_d = \frac{F_{Ed}}{f_{vw,d} \cdot l}$	$6 \leq \frac{l}{a} \leq 150$
d	$a \geq a_d = \sqrt{\left(\frac{l}{a}\right) \cdot \frac{F_{Ed}}{f_{vw,d}}}$	$\frac{l}{a} = \text{vakio}$
e	$l \geq l_d = \frac{F_{Ed}}{a \cdot f_{vw,d}}$	$6 \leq \frac{l}{a} \leq 150$ $l \geq 30 \text{ mm}$

Taulukko 2. Pienahitsin kestävyuden tarkastelutyylit [7, s. 69].

Hitsattaessa rakenteeseen syntyviä jännityksiä kutsutaan sekundaarisiksi jännityksiksi. Yleisesti rakenteen sisäiset jännitykset, jotka eivät johdu ulkoisesta kuormasta ovat nimeltään sekundaarisia jännityksiä [8, s. 150]. Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset ovat usein verrannollisia hitsin pituusyksikköä kohti tuotuun lämpömäärään. Täten on syytä välttää ylisuuria hitsejä jotka vaativat paljon hitsausenergiaa. Pienhitsin a-mitta tulisi valita lujuslaskelmien ja mini-lämmöntuonnin edellyttämien laskelmien perusteella. [8, s. 167–180.]

Hitsatessa syntyviä jännityksiä voidaan ehkäistä pienentämällä hitsin poikkipinta-alaa ja lisäämällä palkkerrosten määrää. Hitsattaessa useampi palko, keralla tuodun hitsausenergian määrä laskee. Muodonmuutoksia voidaan pienentää myös käyttämällä kiinnittimiä, jolloin jäähtyessään kutistuva kuuma hitsi ei pysty siirtämään kiinnitettyjä kappaleita vaan joutuu itse myötämään. Jännitysten suuruuteen voidaan vaikuttaa myös oikealla hitsausjärjestyksen valinnalla. Esimerkiksi I-palkin valmistuksessa uumat ja laipat hitsataan erillään ja tämän jälkeen ne kootaan palkiksi. Näin poikittainen kutistuminen saa tapahtua mahdollisimman vapaasti. [8, s. 180–181.]



Kuva 6. I-palkin hitsausjärjestys [8, s. 181].

Tunnetuin menetelmä hitsausjännitysten pienentämiseksi on myöstö [8, s. 183]. Myöstö eli jännitystenpoistoehkutus on lämpökäsittelymenetelmä, jolla voidaan lisätä rakenteen väsymiskestävyyttä. Myöstössä hitsausliitoksen kovuus alenee, mutta lujuus ja sitkeys kasvavat, kuten myös muodonmuutoskyky. [9.] Myöstön avulla voidaan myös varmistaa koneistettavien osien mittatarkkuus [8, s. 183].

2.1.2 Ruuviliitokset

Ruuviliitosten mitoitus suoritettiin edelleen eurocode 3-liitokset osion mukaan. Mitoitettaessa ruuviliitoksia tämän standardin mukaan tulee myös ruuveille sovellettavien reikien välyksen olla oikeanlainen. Sallitut välykset ovat esitetty taulukossa 3.

Ruuvien tai niveltapin nimellishalkaisija (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 ja yli
Normaalit pyöreät reiät ^a	1 ^{b, c}		2				3	
Ylisuuret pyöreät reiät	3		4			6		8
Lyhyet pidennetyt reiät (pituudelle) ^d	4		6			8		10
Pitkät pidennetyt reiät (pituudelle) ^d	1,5 <i>d</i>							
^a Torneille, mastoille ja vastaaville sovellutuksille normaalien pyöreiden reikien nimellistä välystä pienennetään 0,5 mm ellei toisin esitetä. ^b Pinnoitetuille kiinnittimille 1 mm:n nimellistä välystä voidaan suurentaa kiinnittimen pinnoitteen paksuuden verran. ^c Ruuveille, joiden nimellishalkaisija on 12 tai 14 mm ja upokantaruuveille voidaan käyttää myös 2 mm:n välystä standardissa SFS-EN 1993-1-8: 2005 [2] esitettyjä ehtoja noudattaen. ^d Pidennetyissä rei'issä ruuvien nimellistä välyksen tulee leveyssuunnassa olla sama kuin normaaleilla pyöreillä rei'illä.								

Taulukko 3. Ruuvireikien nimellistä välykset ruuvien halkaisijan mukaan. [6, s. 90].

Kuten taulukostakin voi nähdä, pienin sallittu ruuvien halkaisija on 12 mm. Ruuvit jaetaan myös lujuusluokkiin, joiden tunnuksot ovat 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 ja 10.9. [6, s. 89] Tunnuksen ensimmäinen luku tarkoittaa ruuvien vetomurtolujuutta ja toinen luku prosenttiosuutta, jolla kertomalla ensimmäinen luku saadaan ruuvien myötörajan arvo. Täten esimerkiksi 8.8 luokan ruuvien vetomurtolujuus on 800 MPa ja myötörajan arvo taas $800 \text{ MPa} \cdot 0,8$ eli 640 MPa. Tässä työssä ruuvien lujuusluokkina käytettiin luokkia 8.8 ja 10.9. Kiinnitettävässä kappaleessa olevien eri reikien tulee myös täyttää tietyt ehdot. Nämä ehdot ovat esitetty taulukossa 4.

Pääty- ja reunaetäisyydet sekä keskiöväli, ks. kuvat 4.15, 4.16 ja 4.17	Minimiarvo	Maksimiarvo ¹⁾²⁾³⁾		
		Standardien [25], [26], [27], [28] ja [30] mukaisista teräksistä tehdyt rakenteet		Standardin [29] mukaisesta teräksestä tehdyt rakenteet
		Säälle tai muille korroosiorasituksille altis rakenne	Rakenne, joka ei ole altis säälle tai muille korroosiorasituksille	Suojaamaton rakenne
Päätyetäisyys e_1	$1,2 d_0$	$4t + 40$ mm		Suurempi arvoista $8t$ ja 125 mm
Reunaetäisyys e_2	$1,2 d_0$	$4t + 40$ mm		Suurempi arvoista $8t$ ja 125 mm
Etäisyys e_3 pidennetyissä rei'issä	$1,5 d_0$ ⁴⁾			
Etäisyys e_4 pidennetyissä rei'issä	$1,5 d_0$ ⁴⁾			
Keskiöväli p_1	$2,2 d_0$	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t_{\min}$ ja 175 mm
Keskiöväli $p_{1,0}$		Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm		
Keskiöväli $p_{1,1}$		Pienempi arvoista $28t$ ja 400 mm		
Keskiöväli p_2 ⁵⁾	$2,4 d_0$	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t_{\min}$ ja 175 mm

1) Keskiöväleillä sekä pääty- ja reunaetäisyyksillä ei ole ylärajaa paitsi seuraavissa tapauksissa:

- puristetussa rakenneosissa paikallisen lommahduksen tai globaalin nurjahduksen (sauva+liitoslevyt, globaalin nurjahduksen vaatimusta ei ole esitetty standardissa SFS-EN 1993-1-8: 2005 [2]) ja korroosion välttämiseksi korroosiorasituksen alaisena
- korroosiorasitukselle alttiissa vedetyissä rakenneosissa korroosion välttämiseksi.

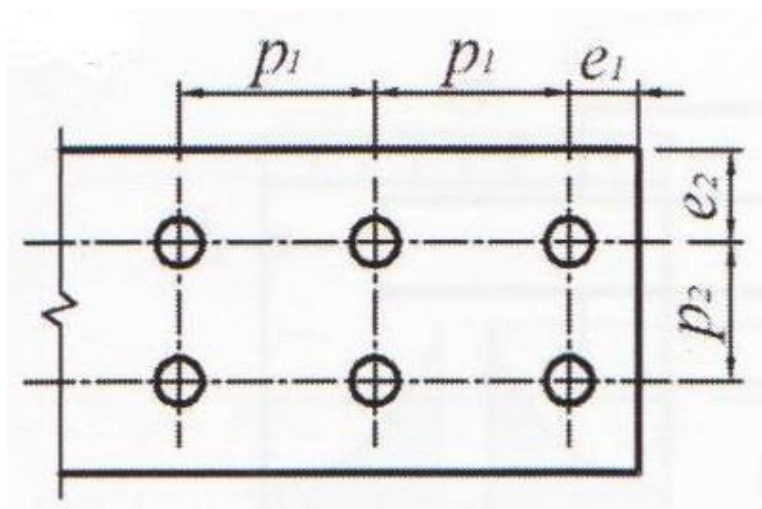
2) Kiinnittimien välisen puristetun levyn paikallinen lommahdus lasketaan standardin SFS-EN 1993-1-1: 2005 [31] mukaan oletamalla levy pilariksi ja käyttämällä nurjahduspituutena arvoa $0,6 p_1$. Kiinnittimien välisen puristetun levyn paikallista lommahdusta ei tarvitse tarkistaa, jos p_1/t on pienempi kuin $9z$. Reunaetäisyys saa olla enintään ulokkeelliselle puristetulle taso-osalle esitetyn arvon suuruinen paikallisen lommahduksen estämiseksi. Tämä vaatimus ei koske päätyetäisyyttä.

3) t on uloimman liitettävän osan pienempi paksuus.

4) Pidennettyjen reikien raja-arvot on esitetty standardissa SFS-EN 1090-2: 2008 [10].

5) Limitetyille kiinnitinrivoille voidaan käyttää minimiarvoa $p_2 = 1,2 d_0$, jos kahden limityksessä olevan kiinnittimen välinen minimietäisyys $L \geq 2,4 d_0$ ks. tämän kirjan kuva 4.15.

Taulukko 4. Pienin ja suurin keskiöväli sekä pääty- ja reunaetäisyydet [6, s. 90].



Kuva 7. Kiinnittimien välisten etäisyyksien merkinnät [6, s. 91].

Ruuvien mitoitustavat on jaettu eri vaatimustason omaaviin luokkiin taulukon 5 mukaan. Tässä työssä liitokset mitoitettiin luokkaan B, joka tarkoittaa käyttörajatilassa kestävä kiinnitystä.

Luokka	Ehto	Huomautuksia
Leikkausvoiman rasittamat kiinnitykset		
A Reunapuristustyypinen kiinnitys	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Esijännitystä ei vaadita. Kaikki lujuusluokat 4.6...10.9.
B Käyttörajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. Liukumiskestävyys käyttörajatilassa, ks. 3.9.
C Murtorajatilassa liukumisen kestävä kiinnitys	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{m,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. Liukumiskestävyys murtorajatilassa, ks. 3.9. $N_{m,Rd}$ ks. 3.4.1(1)c).
Vetovoiman rasittamat kiinnitykset		
D Esijännittämätön ruuvi	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Esijännitystä ei vaadita. Kaikki lujuusluokat 4.6...10.9. $B_{p,Rd}$ ks. taulukko 3.4.
E Esijännitetty ruuvi	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Esijännitetyt lujuusluokkien 8.8 tai 10.9 ruuvit. $B_{p,Rd}$ ks. taulukko 3.4.
Vetovoiman mitoitussarvoon $F_{t,Ed}$ lasketaan mukaan vipuvaikutus, ks. 3.11. Ruuvit, joihin kohdistuu sekä leikkaus- että vetovoima tarkistetaan lisäksi taulukon 3.4 mukaiselle yhteisvaikutukselle.		

Taulukko 5. Ruuvien kiinnitysluokat [10, s. 6].

Luokan B kiinnityksen tulee siis täyttää ehdot joissa ruuvien leikkausvoiman mitoitussarvo $F_{v,Ed,ser}$ ei saa ylittää liukumiskestävyysmitoitussarvoja $F_{s,Rd,ser}$ tai $F_{s,Rd}$, leikkausrasituksen mitoitussarvoa $F_{v,Rd}$ tai reunapuristuskestävyyden mitoitussarvoa $F_{b,Rd}$. Luokassa käytetään esijännitettyjä 8.8 ja 10.9 ruuveja. [10, s. 6.]

Ruuvien liukumiskestävyysmitoitussarvo saadaan kaavalla 8:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} * F_{p,C} \quad (8)$$

missä kerroin $k_s = 1$, koska ruuvit ovat normaaleissa pyöreissä rei'issä, n on kitkapintojen lukumäärä, γ_{M3} arvo kiinnitysluokka B:lle on 1,1. Merkintä μ on kitkakertoimen arvo, joka voidaan määrittää taulukosta 6.

Pintakäsittely	Luokka	Kitkakerroin μ
Pinnat, joilta irtonainen ruoste on poistettu hiekka- tai teräsraepuhalluksella, ei pistemäisiä syöpymiä.	A	0,50
Hiekalla tai teräsrakeilla puhalletut pinnat: a) alumiini- tai sinkkipohjaisella tuotteella ruiskupäälystetty pinta b) alkali- tai alkali-sinkkimaali, jonka paksuus on 50 μm ...80 μm .	B	0,40
Teräsraajalla tai liekkipuhalluksella puhdistetut pinnat, irtonainen ruoste poistettu.	C	0,30
Käsittelemättömät pinnat.	D	0,20

Taulukko 6. Kitkakertoimen arvot [10, s. 16].

Esijännitysvoiman suuruus $F_{p,c}$ saadaan kaavalla 9 tai se voidaan valita taulukoista 7 tai 8:

$$F_{p,c} = 0,7 * f_{ub} * A_s \quad (9)$$

Koko	Lujuusluokka	Esikiristysvoima F_M (kN) μ_G					Kiristysmomentti M_A (Nm) μ_K				
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
M4	8.8	4,4	4,2	4,1	3,9	3,7	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3
	10.9	6,4	6,2	6,0	5,7	5,5	3,2	3,7	4,1	4,5	4,9
	12.9	7,5	7,3	7,0	6,7	6,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,7
M5	8.8	7,2	6,9	6,6	6,4	6,1	4,3	4,9	5,5	6,1	6,5
	10.9	10,5	10,1	9,7	9,3	9,0	6,3	7,3	8,1	8,9	9,6
	12.9	12,3	11,9	11,4	10,9	10,5	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2
M6	8.8	10,1	9,7	9,4	9,0	8,6	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2
	10.9	14,9	14,3	13,7	13,2	12,6	10,9	12,5	14,0	15,5	16,5
	12.9	17,4	16,7	16,1	15,4	14,8	12,5	14,5	16,5	18,0	19,5
M8	8.8	18,5	17,9	17,2	16,5	15,8	18	21	23	25	27
	10.9	27	26	25	24	23	26	30	34	37	40
	12.9	32	31	30	29	27	31	35	40	43	47
M10	8.8	30	29	28	26	25	36	41	46	51	55
	10.9	44	42	40	39	37	52	60	68	75	80
	12.9	50	49	47	45	43	61	71	79	87	94
M12	8.8	43	42	40	39	37	61	71	79	87	94
	10.9	63	61	59	56	54	90	104	117	130	140
	12.9	74	71	69	66	63	105	121	135	150	160
M16	8.8	81	78	75	72	70	145	170	195	215	230
	10.9	119	115	111	106	102	215	250	280	310	340
	12.9	139	134	130	124	119	250	300	330	370	400

Taulukko 7. Esikiristysvoimat ja niitä vastaavat kiristysmomentit kierteet M4-M16 [10, s. 5].

Koko	Lujuus- luokka	Esikiristysvoima F_M (kN) μ_G					Kiristysmomentti M_A (Nm) μ_K				
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
M20	8.8	131	126	121	117	112	300	350	390	430	470
	10.9	186	180	173	166	159	420	490	560	620	670
	12.9	218	210	202	194	187	550	580	650	720	780
M24	8.8	188	182	175	168	161	510	600	670	740	800
	10.9	270	260	249	239	230	730	850	960	1060	1140
	12.9	315	305	290	280	270	850	1000	1120	1240	1350
M30	8.8	300	290	280	270	260	1000	1190	1350	1500	1600
	10.9	430	415	400	385	370	1450	1700	1900	2100	2300
	12.9	500	485	465	450	430	1700	2000	2250	2500	2700
M36	8.8	440	425	410	395	380	1750	2100	2350	2600	2800
	10.9	630	600	580	560	540	2500	3000	3300	3700	4000
	12.9	730	710	680	660	630	3000	3500	3900	4300	4700

Taulukko 8. Esikiristysvoimat ja niitä vastaavat kiristysmomentit kierteet M20-M36 [10, s. 5].

missä f_{ub} on ruuvin vetomurtolujuus ja A_s ruuvin sydänpinta-alan suuruus. Ruuvin leikkausrasituksen mitoitusarvo $F_{v,Rd}$ lasketaan kaavalla 10:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} \quad (10)$$

missä lujuusluokille 4.6, 5.6 ja 8.8 $\alpha_v = 0,6$ ja lujuusluokille 4.8, 5.8 ja 10.9 $\alpha_v = 0,5$, kun ruuvin kierteellinen osa on leikkaustasossa. Merkintä γ_{M2} on osavarmuusluku, jonka arvona käytetään lukua 1,25. Reunapuristuskestävyyden mitoitusarvo $F_{b,Rd}$ saadaan laskettua kaavalla 11:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} \quad (11)$$

missä α_b on pienin seuraavista arvoista:

$$- \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{\text{ruuvin vetomurtolujuus}}{\text{perusaineen murtolujuus}} \quad (12)$$

$$- 1,0$$

- Siirrettävän voiman vaikutussuunnassa:

$$- \text{Levynpään ruuveille: } \alpha_b = \frac{e_1}{3 * d_0} \quad (13)$$

$$- \text{ Muille ruuveille: } \alpha_b = \frac{p_1}{3*d_0} - \frac{1}{4} \quad (14)$$

missä d_0 on reiän halkaisija. Kertoimeksi k_1 valitaan pienin arvo seuraavista kaavoista:

$$k_1 = 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vai } 2,5 \quad (15)$$

$$k_1 = 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \text{ vai } 2,5 \quad (16)$$

missä e_2 ja p_2 ovat selitetty kuvassa 7. Jos ruuveille tulee sekä vetoa, että leikkausta lasketaan liukumisen kestävyys kiinnitysluokassa B seuraavalla kaavalla:

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s * n * \mu * (F_{p,C} - 0,8 * F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{M3}} \quad (17)$$

$F_{t,Ed,ser}$ on liitokseen kohtisuoraan vaikuttavan vetovoiman suuruus.

2.2 Vakiovääristymisenergihypoteesi VVEH

VVEH on lujuushypoteesi, joka perustuu materiaalin myötämiseen tai murtumiseen tietyssä pisteessä, jossa sen vääristymisenergiatiheys saavuttaa kyseiselle materiaalille sekä vauriotyypille kriittisen arvon. VVEH- laskentamenetelmä perustuu etenkin jännitystilän leikkaavaan vaikutukseen ja koska myötäminen on lähinnä leikkautumisilmiö VVEH:a pidetäänkin täten erityisen hyvänä myötöhypoteesinä. [11, s. 349–350.] Työssä levyrakenteiden kestävyyttä tarkasteltiin lähinnä VVEH:n eli von mises vertailujännitysten perusteella, jotka saatiin FEM-laskentaohjelmistolla.

Tunnettaessa materiaalin vetokokeen tulokset on VVEH tarkin tunnetuista lujuushypoteeseista. Se sopii hyvin myötöhypoteesiksi sitkeille materiaaleille,

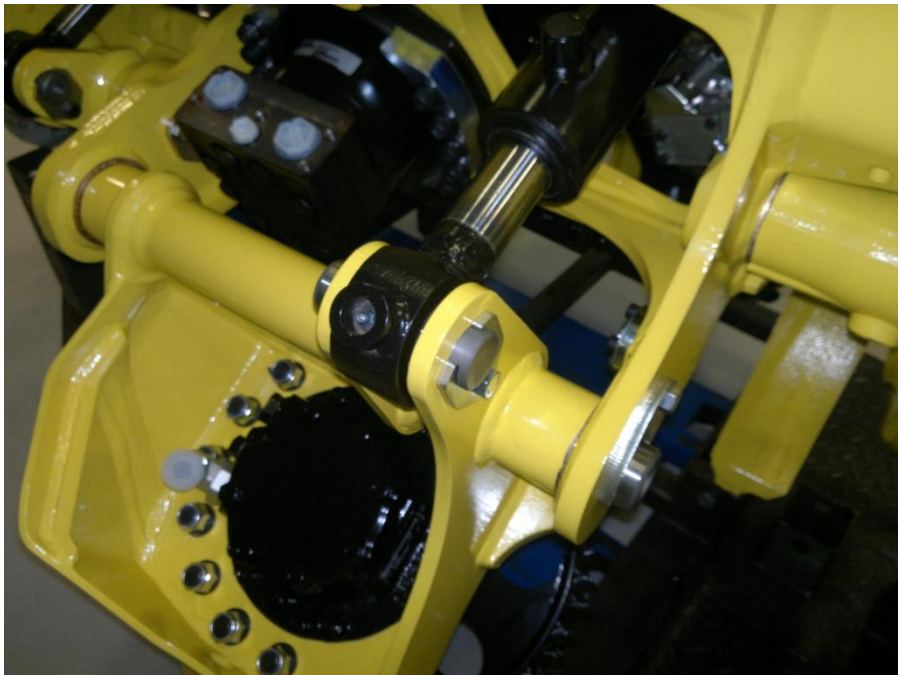
muttei hauraille. Etenkin teräs, kupari ja alumiini ovat hyvin soveltuvia materiaaleja von mises -jännityksiä sovellettaessa. [11, s. 351–357.]

3 Testipenkin suunnittelu

Seuraavaksi tulevissa osioissa on esitelty laitteen yleisen suunnitteluprosessin eteneminen eri alikokoonpanojen mukaan. Penkkiin tehtiin useita muutoksia suunnittelun aikana. Muutokset liittyivät lähinnä kestoiän kasvattamiseen ja valmistusteknisiin seikkoihin.

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Testauksen kohteena oleva kokonaisuus rakentuu nivellaakeripäillä varustetusta kaksitoimisesta hydraulisyliinteristä sekä männänvarteen kiinnittyvästä nivelmekanismista, jonka läpi kulkee akseli. Nivelmekanismi rakentuu kahdesta laipasta, jotka ovat hitsattu liukulaakerit sisältävän laakeripesän ympärille.



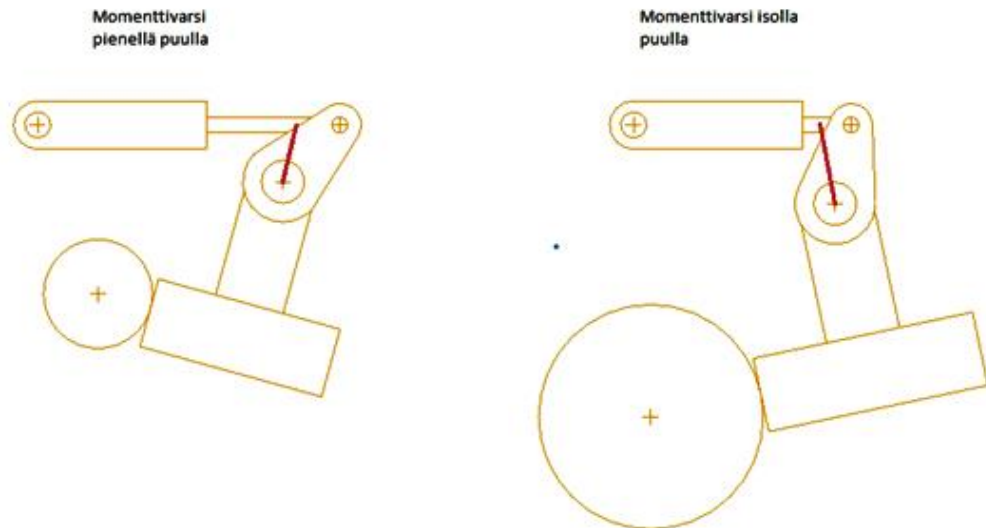
Kuva 8. Syöttörullan nivelmekanismi (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 9. Karsimaterän nivelmekanismi (Kuva: Markku Hiltunen).

Nivelmekanismin tarkoitus on eliminoida hydraulisylinterin männänvarteen tulevat poikittaissuuntaiset rasitukset sekä tuottaa lisää puristusvoimaa momenttivarren avulla. Testipenkin rakenteen tulee olla suhteellisen samanlainen kuten kuvissa 8 ja 9 olevat kokonaisuudet.

Rakenteesta on hyötyä etenkin syöttörullissa. Mitä suurempi syöttörullien avauma on, sitä suurempi on momenttivarren ja rullien välissä syntyvä voima. Sama periaate pätee myös karsimateriin. Joskus ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua hydraulisylinterin männänvarren osuminen nivelen laakeripesään momenttivarren tarpeeksi lyhentyessä. [12.]



Kuva 10. Periaatekuva nivelmekanismiin toiminnasta syöttörullissa (Kuva: Markku Hiltunen).

Sylinterin tuottama voima säätyy siis osittain itsestään sen mukaan, kuinka suuri on käsiteltävän puun halkaisija. Mekanismin tuottama voima perustuu kaavaan 1, jossa r on momenttivarsi ja F on voiman suuruus.

$$F_1 * r_1 = F_2 * r_2 \quad (18)$$

Testipenkin pääasiallisena suunnitteluperiaatteena on, ettei kumpikaan testattavista sylintereistä painu pohjaan saakka, vaan liike pysähtyy mekaanisia rajoja vasten kuten harvesterinpäissä. Yhtenä haasteena on saada penkistä monin verroin kestävämpi kuin testattavista sylintereistä, niin että testattavat sylinterit pettäisivät ennen penkkiä. Hajoamispaikka vaihtelee suuresti tiivisteistä männänvarren katkeamiseen nivellaakeripään hitsin juuresta. [12.]

Penkki tullaan sijoittamaan kuvassa 11 näkyvään teräslevyillä suojattuun testitilaan. Testitilassa on valmiina betoniin valetut ruuvit 30 cm x 30 cm jaolla, joihin penkki pultataan kiinni. Tämä seikka tulee ottaa huomioon etenkin laitteen runkoa mitoitettaessa.

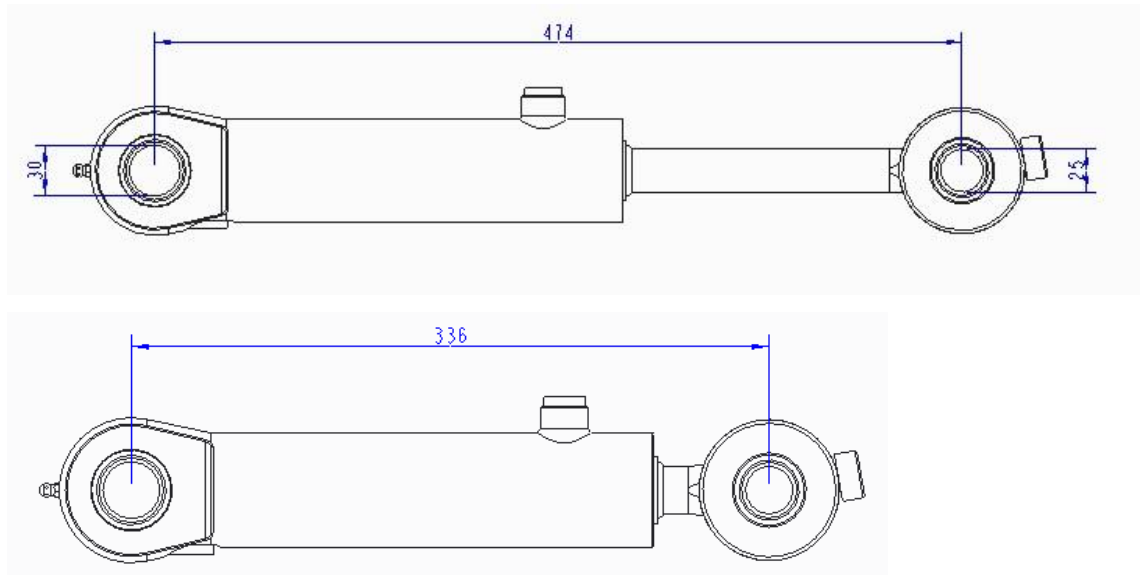


Kuva 11. Teräslevyillä suojattu testitila (Kuva: Markku Hiltunen).

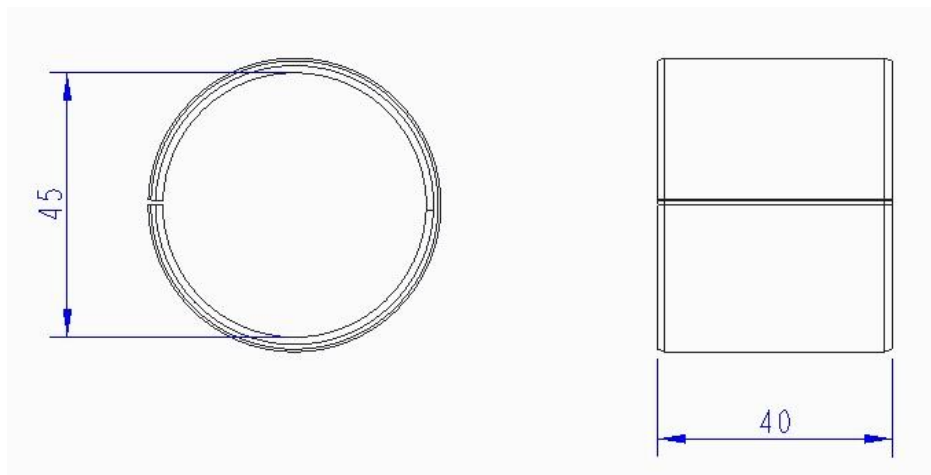
Laitteen rakentamisessa päätettiin heti alusta pitäen käyttää S690 QL rakenne-teräksestä koostuvaa levymateriaalia. Helpoimmin saatavilla olevat levynvahvuudet ovat 10, 12, 16 ja 20 mm. Ajan säästämiseksi sekä tehokkuuden lisäämiseksi on aina hyvä ottaa selvälle eri levynvahvuuksien ja rakennemateriaalien saatavuus ennen varsinaiseen suunnitteluprosessiin ryhtymistä.

3.2 Testattavat komponentit

Testaamisen kohteina on kaksi erilaista sylinteri-liukulaakeriparia. Ensimmäisen testiparin sylinterin männän halkaisija on 50 mm ja männänvarren halkaisija 25 mm. Sylinteriä kutsutaan nimellä sylinteri 1. Sylinterin yhteyteen tulevan liukulaakerin kokoluokka on 4540 eli laakerille tulevan akselin halkaisija on 45 mm ja laakerin pituus on 40 mm. Sylinteri 1:n maksimimitta on 474 mm ja minimimitta 336 mm. Männänvarren akselin halkaisija on 25 mm ja sylinteriputken 30 mm. Nivelmekanismin momenttivarren tulee olla 90 mm.

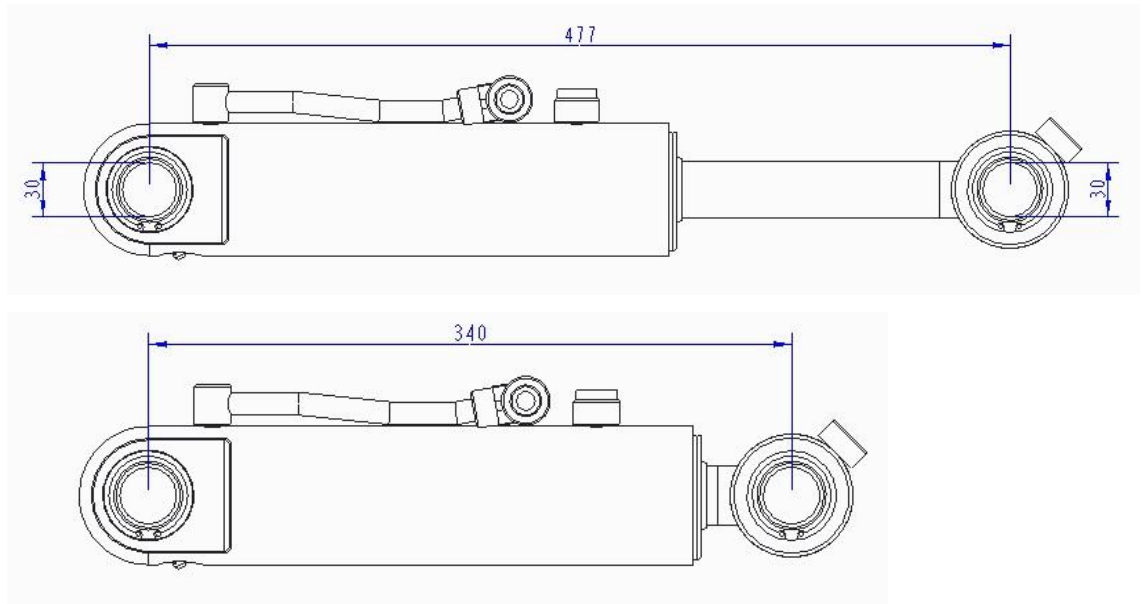


Kuva 12. Sylinterin 1 mitat (Kuva: Markku Hiltunen).

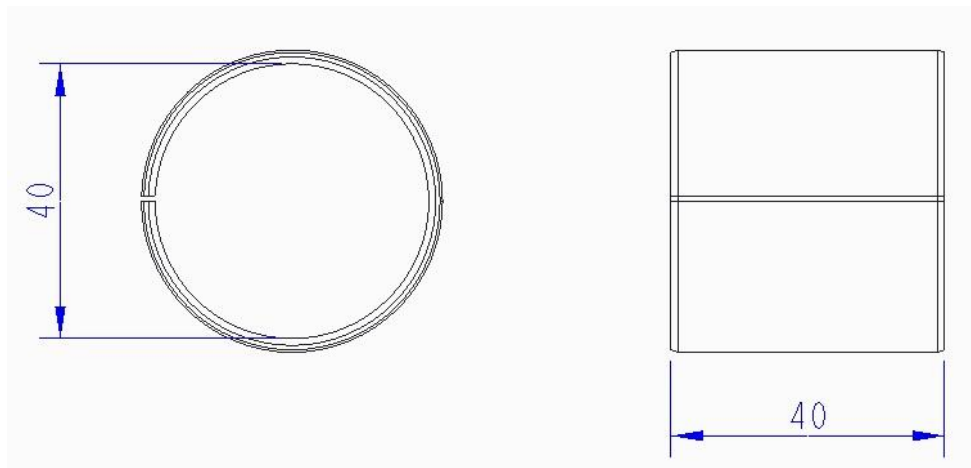


Kuva 13. Liukulaakeri WB802-4540 (Kuva: Markku Hiltunen).

Toisen testiparin sylinterin männän läpimitta on 63 mm ja männänvarren halkaisija on 32 mm. Sylinteriä kutsutaan nimellä sylinteri 2. Sen yhteyteen tulevan liukulaakerin kokoluokka on 4040, eli laakeriin yhdistettävän akselin halkaisija on 40 mm ja laakerin pituus 40 mm. Sylinteri 2:n maksimimitta on 477 mm ja minimimitta 340 mm. Männänvarren akselin halkaisija on 30 mm, kuten myös sylinteriputken akselin halkaisija. Nivelmekanismin momenttivarren tuli olla 110 mm.



Kuva 14. Sylinterin 2 mitat (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 15. Liukulaakeri WB802-4040 (Kuva: Markku Hiltunen).

Liukulaakerit ovat homogeenisestä pronssista valmistetut suorat laakerit. Käytettävä laakeri on tarkoitettu säteen ja akselin suuntaisiin liikkeisiin. Laakerien pinnalla on voiteluainereikiä. Reiät toimivat voiteluainereserveinä, joiden ansiosta voitelukalvo saavutetaan käynnistyshetkellä nopeasti. Myös voiteluvälejä voidaan oleellisesti pidentää voiteluainereikien ansiosta. Laakeri sopii erityisesti rakenteisiin, jossa kuormitukset ovat suuria ja liikkeet hitaita. Kaikkia tavomaisia voitelurasvoja voidaan käyttää, Voitelurasvaksi suositellaan erikoisrasvoja SK12 tai SK3, mutta myös tavalliset kelpaavat. Laakerit soveltuvat hyvin likaisiin olosuhteisiin ja niitä käytetäänkin esimerkiksi metsä- ja maatalousko-

neissa. Laakerimateriaalin myötöraja on 300 N/mm^2 ja murtorajan arvo 450 N/mm^2 . [13.] Materiaalin koostumus ilmenee taulukosta 12.

Cu	Sn	P
91,30 %	8,50 %	0,20 %

Taulukko 9. Laakerimateriaalin kemiallinen koostumus [13].

3.3 Hydraulilaskelmat

Hydraulijärjestelmän paine tulee olemaan 210 bar eli 21 MPa. Järjestelmän pumpun tuottama tilavuusvirta on $45 \text{ dm}^3/\text{min}$ eli $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Sylinterien hyötysuhteen η arvona käytettiin lukua 0,9. Sylinterien tuottaman voiman laskeminen aloitettiin selvittämällä 3D-mallista sylinterien männänhalkaisijat. Sylinterien tuottama voima laskettiin kaavalla 2, jossa kertomalla männän pinta-ala A järjestelmässä käytettävällä paineella p saadaan sylinterin tuottama voima F :

$$F = p * A \quad (19)$$

Männän pinta-ala lasketaan kaavasta 3, jossa d on männän halkaisija:

$$A = \pi * d^2 / 4 \quad (20)$$

Sylinterien liikenopeudet voidaan ratkaista kaavalla 4, jossa v on virtausnopeus, A on virtauspoikkipinta-ala ja Q on tilavuusvirta.

$$v = Q / A \quad (21)$$

Seuraavassa on laskettu 50 mm:n männänhalkaisijalla olevan sylinterin, eli sylinteri 1:n, tuottamat voimat sekä liikenopeudet plus- ja miinusliikkeessä ottaen samalla huomioon hyötysuhteen arvo 0,9.

$$A_{1\text{mäntä}} = \frac{\pi * (50\text{mm})^2}{4} = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{1\text{varsi}} = \frac{\pi * (25\text{mm})^2}{4} = 490,9 \text{ mm}^2$$

$$F_{1\text{plus}} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1963,5 \text{ mm}^2 = 41233,5 \text{ N}$$

$$F_{1\text{plus,tod}} = 0,9 * 41233,5 \text{ N} = 37110,2 \text{ N}$$

$$F_{1\text{miinus}} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * (1963,5 - 490,9)\text{mm}^2 = 30924,6 \text{ N}$$

$$F_{1\text{miinus,tod}} = 0,9 * 30924,6 = 27832,1 \text{ N}$$

$$v_{1\text{plus}} = \frac{7,5 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,0019635 \text{ m}^2} = 0,38 \text{ m/s}$$

$$v_{1\text{miinus}} = \frac{7,5 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{(0,0019635 - 0,0004909)\text{m}^2} = 0,5 \text{ m/s}$$

Lasketaan seuraavaksi 63 mm:n männänhalkaisijalla olevan sylinterin eli sylinterin 2:n tuottamat voimat sekä liikenopeudet plus- ja miinusliikkeessä ottaen huomioon hyötysuhteen arvo 0,9. Paluuliikkeen voimat ja nopeudet saadaan, kun männän pinta-alasta vähennetään männänvarren pinta-ala.

$$A_{2\text{mäntä}} = \frac{\pi * (63\text{mm})^2}{4} = 3117,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{2\text{varsi}} = \frac{\pi * (32\text{mm})^2}{4} = 804,2 \text{ mm}^2$$

$$F_{2\text{plus}} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 3117,2 \text{ mm}^2 = 65461,2 \text{ N}$$

$$F_{2\text{plus,tod}} = 0,9 * 65461,2 \text{ N} = 58915,1 \text{ N}$$

$$F_{2\text{miinus}} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * (3117,2 - 804,2)\text{mm}^2 = 48573 \text{ N}$$

$$F_{2\text{minus,tod}} = 0,9 * 48573 = 43715,7 \text{ N}$$

$$v_{2\text{plus}} = \frac{7,5 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,0031172 \text{ m}^2} = 0,24 \text{ m/s}$$

$$v_{2\text{minus}} = \frac{7,5 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{(0,0031172 - 0,0008042)\text{m}^2} = 0,32 \text{ m/s}$$

3.4 Runko

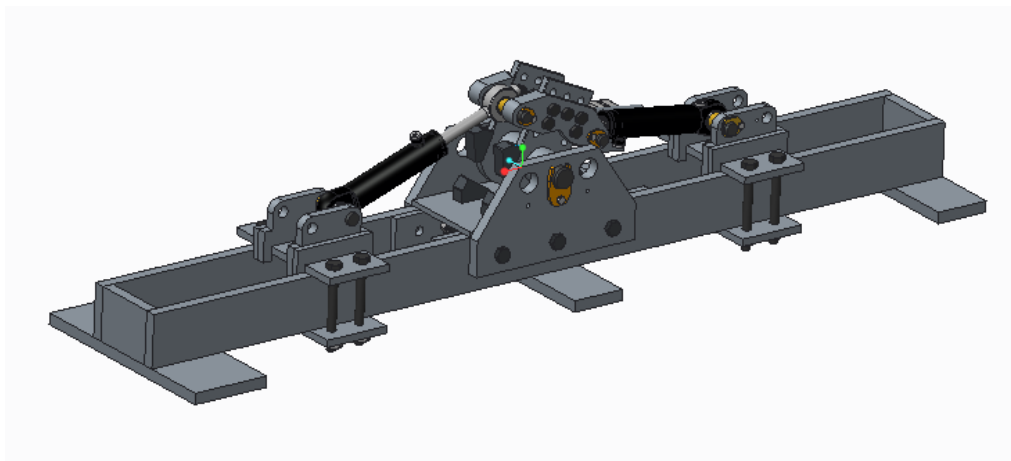
Koko laitteen suunnittelu lähti liikkeelle rungon mitoittamisesta. Ensin otettiin selville penkin sijoituspaikassa olevien kiinnitysruuvien jako, ja lähdettiin hahmottelemaan, kuinka pitkä ja leveä runko tilaan mahtuisi. Testitilan asennuspohja rakentuu betoniin valetuista ruuveista, joiden kierteen koko on M20. Ruuvit ovat aseteltu pohjaan 30 cm x 30 cm jaolla. Tarkempi esitys testitilan pohjaratkaisusta ilmenee kuvasta 13.



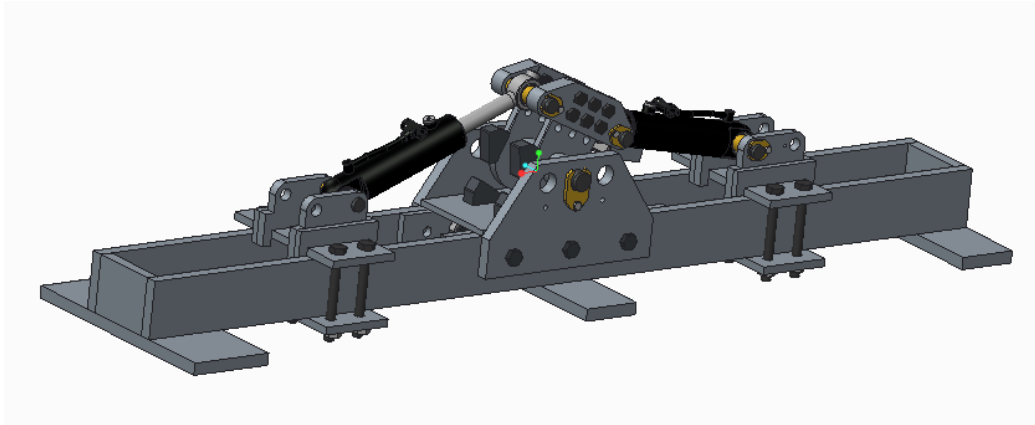
Kuva 16. Testitilan pohjaratkaisu (Kuva: Markku Hiltunen).

Testipenkki sijoitetaan kuvan 13 tilan oikeaan reunaan pitkittäin. Rungon suunnittelussa pyrittiin hyödyntämään kaikki käytettävissä oleva tila. Alustavan tarkastelun perusteella rungon kokonaismitta voisi olla vähän päälle kahden metrin luokkaa. Koko tilan hyödyntäminen ja rungon pituuden maksimointi on erittäin tärkeää, että penkissä voidaan tulevaisuudessa testata tarpeen tullen myös isompia sylintereitä.

Rungon tuli olla rakenteeltaan yksinkertainen, kapea sekä riittävän jäykkä. Rakenteen tuli olla myös sellainen, etteivät testattavien sylinterien tuottamat voimat pääsisi vääntelemään runkoa ajettaessa sylintereitä mekaanisia rajoja vasten. Testipenkin ensimmäiset versiot eri sylintereillä ovat esitetty kuvissa 17 ja 18.



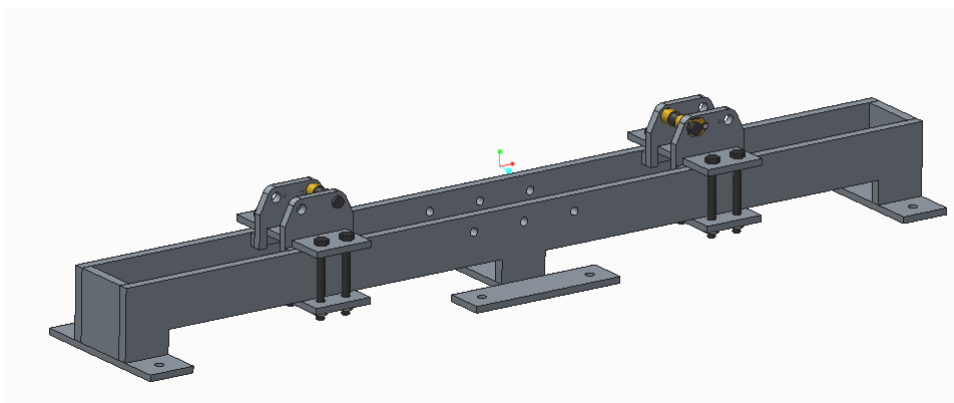
Kuva 17. Testipenkin ensimmäinen versio varustettuna sylinterillä 1 (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 18. Testipenkin ensimmäinen versio varustettuna sylinterillä 2 (Kuva: Markku Hiltunen).

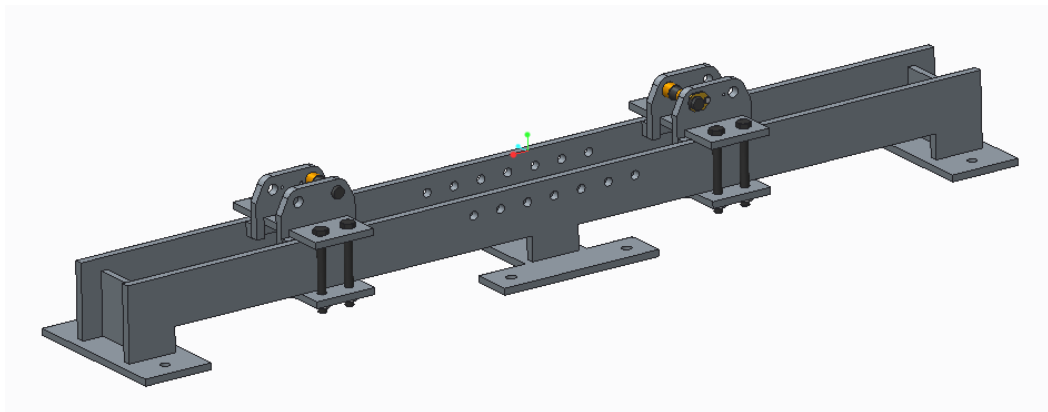
Kummallekin sylinterille käytetään samaa runkoa, johon keskellä oleva nivelmekanismi vaihdettaisiin testattavan sylinterin mukaan. Sivuille keskelle runkoa sijoitettiin irrotettavat levyt, koska akselin koko vaihtelee testisylinterien yhteydessä käytettävän liukulaakerin mukaan. Kuvan 17 sylinteri 1:llä akselin halkaisija on 45 mm ja kuvan 15 sylinteri 2:lla akselin halkaisija on 40 mm.

Alun perin tarkoitus oli käyttää jarrusylinterinä huomattavasti isompaa sylinteriä, jonka tuottama voima olisi ollut noin 100 000 N 21 MPa käyttöpaineella, mutta myöhemmin sylinterit vaihdettiin molemmin puolin identtisiin. Runko itsessään oli aluksi erittäin matala sekä yksinkertainen. Lopulta tajuttiin että rungon korkeutta tuli nostaa, että sivuilla olevat säätökelkat mahtuisivat liikkumaan edestakaisin.



Kuva 20. Rungon kohotus (Kuva: Markku Hiltunen).

Pitkät runkopalkit muotoiltiin niin, että keskilinja nousi ylöspäin 60 mm. Edelleen rungon hitsattavuutta paranneltiin siirtämällä ja lyhentämällä päätylevyjä sekä leventämällä pohjassa olevia kiinnityslevyjä. Näin rungon osat saataisiin ympärähitsattua ja rungosta tulisi huomattavasti jäykempi. Rungon pohjalevyjen kiinnitysreikien halkaisijaksi valittiin 24 mm, vaikkakin testitilassa olevien ruuvien kierteen koko on M20. Näin tehtiin siksi, että testitilan pohjan ruuvien jako heittäi 30 mm:n molemmin puolin. Tällä haluttiin varmistaa, että runko varmasti istuu paikalleen testitilan pohjalle.

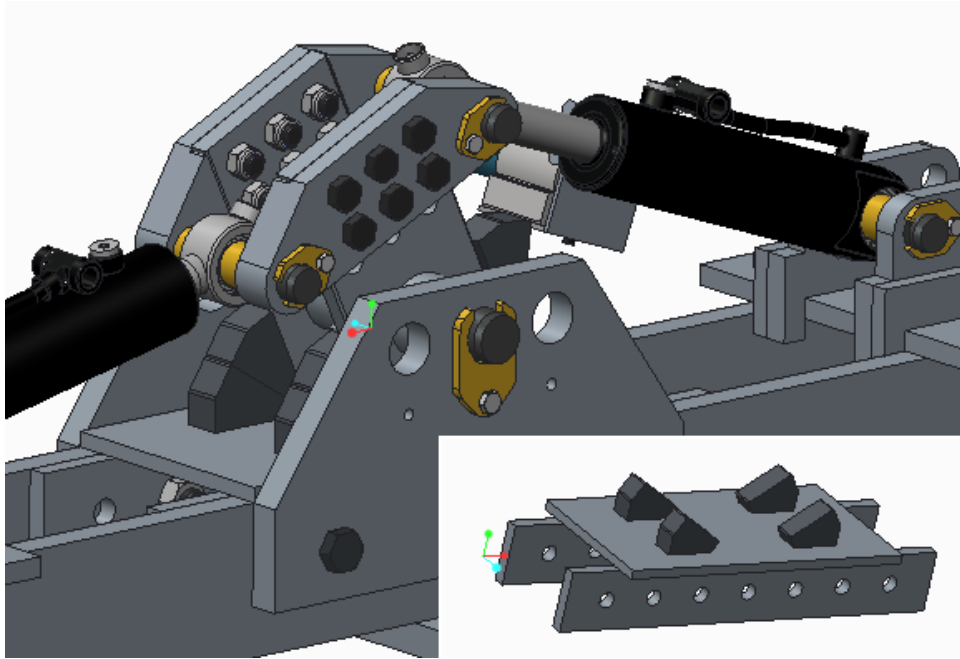


Kuva 21. Rungon hitsattavuuden kehitys (Kuva: Markku Hiltunen).

Rungon materiaalina käytetään nuorrutettua S690 QL rakenneterästä. Pitkittäin olevien palkkien paksuus on 20 mm. Pääty ja pohjalevyjen paksuudeksi valittiin 16 mm.

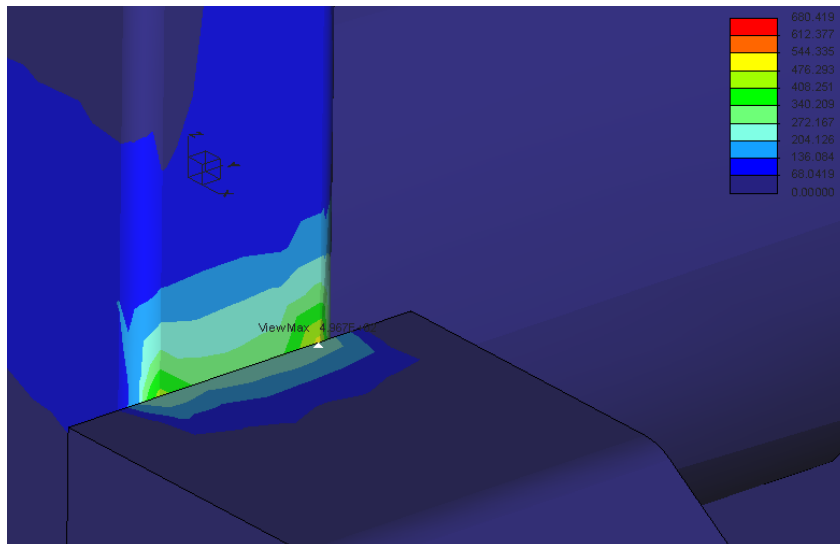
3.5 Mekaaniset rajat ja keskinivelen kiinnitys

Alkuperäisessä versiossa mekaaniset rajat oli toteutettu erillisillä rajoitinkappaleilla, jotka kiinnitettäisiin erikseen hitsaamalla ne niveleen sekä runkoon. Mekaaniset rajat pyrittiin suunnittelemaan niin, että pyörimisliikkeen pysäyttämistä syntyvät voimat ohjautuisivat rajoitinpaloihin mahdollisimman pystysuoraan. Tässä ratkaisussa voimat eivät olisi ohjautuneet pystysuoraan vaan hieman vinosti rasittaen molemmin puolin rajoitinkappaleiden hitsejä.



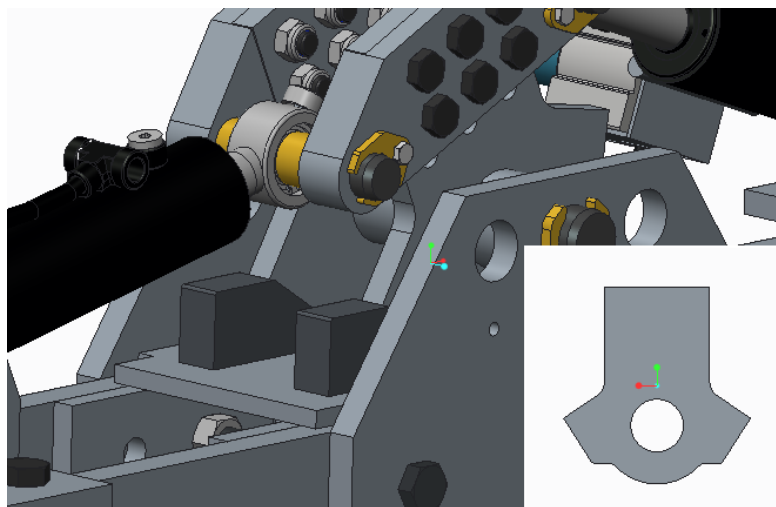
Kuva 19. Mekaaniset rajat (Kuva: Markku Hiltunen).

Keskellä oleva kelkka tehtiin irralliseksi muusta kokonaisuudesta, että sitä voitaisiin siirrellä akselin paikan mukaan. Kuvan 19 mekaaniset rajat olisivat sallineet keskinivelelle 50° liikealueen ja liikealueen säätö ei olisi ollut mahdollista, koska palat olisivat olleet hitsattu paikalleen. Toisaalta taas kosketuspinta rajojen välillä olisi ollut laaja ja paikalliset puristusjäännitykset kosketuspinnalla olisivat jääneet pieniksi. Nivelelle tehdyssä FEM-analyysissä kumminkin huomattiin, että hitsattujen mekaanisten rajojen yläosaan syntyi paikallinen jäännityskestitys, kun sylinteriä ajettiin täydellä voimalla rajoja vasten. Analyysit ajettiin isomman testisylinterin eli sylinteri 2 tuottaman työntövoiman arvolla 58915.1 N.

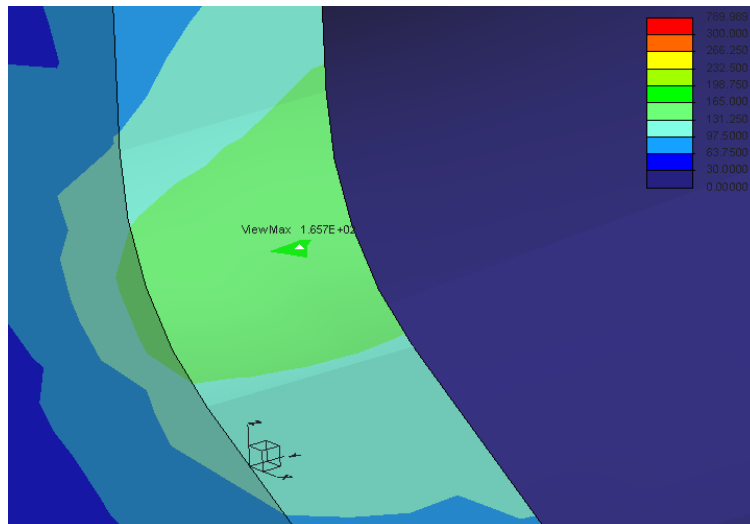


Kuva 20. Rajoitinpalojen hitsien jännityskeskittymä (Kuva: Markku Hiltunen).

Analyysi antoi von mises -vertailujännityksen arvoksi 496 MPa, joka on myötörajaan 690 MPa verrattuna varsin suuri ja väsymiskestävyyden kannalta kriittinen. Kyseinen nurkka ei tietenkään todellisuudessa olisi ollut kuvan mukainen, vaan huomattavasti pyöreämpi nurkkaan hitsattavan pienahitsin johdosta. Analyysi kuitenkin kuvasti hyvin, että rakennetta tuli ehkä vielä kehittää erilaiseksi, joten sitä muutettiin. Ratkaisuna jännityskeskittymän poistamiseksi aiemmin nivelmekanismiin hitsattavaksi tarkoitetut rajoitinpalat integroitiin muotona nivelen laippoihin. Paikkaan jossa oli ilmennyt aiemmin jännityskeskittymä, tehtiin R20:n suuruinen pyöritys.



Kuva 21. Rajojen integrointi (Kuva: Markku Hiltunen).



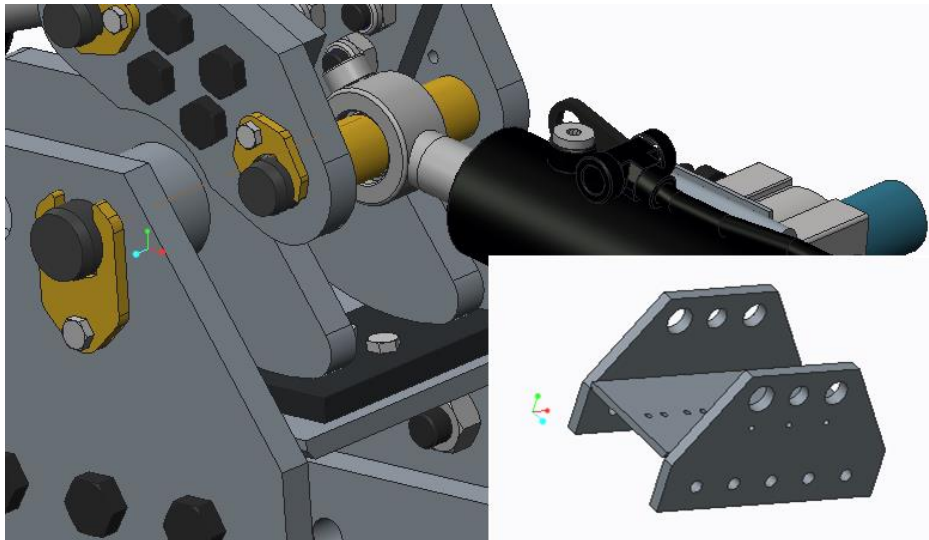
Kuva 22. Von mises jännityksen arvo pyörityksen kohdalla (Kuva: Markku Hiltunen).

Ajettaessa analyysi uudelleen jännityksen arvoksi tuli 165 MPa. Rakenteen staattinen varmuudeksi mukaan pyörityksen kohdalla tulisi täten kaavalla 22.

$$n = \frac{R_e}{\sigma_{vert}} \quad (22)$$

$$n = \frac{690 \text{ MPa}}{165 \text{ MPa}} = 4.18$$

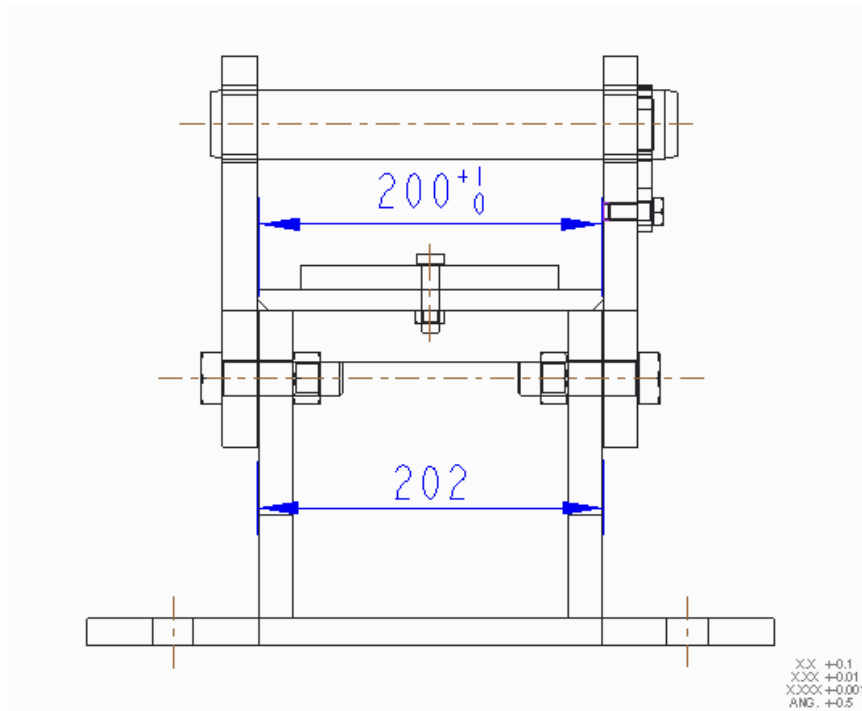
Kuten edellä mainittu, rajojen liikealueen säätäminen ei onnistuisi rajojen ollessa kiinteät. Edelleen integroitujen rajojen muotoilua muutettiin niin, että laipan alaosa olisi pyöreä, jolloin rungossa sijaitsevat vastinpalat voitiin vaihtaa yksinkertaisiin levyihin. Näin tekemällä nivelrakenteen liikealuetta voitaisiin kasvattaa tai rajoittaa helposti varioimalla rungossa sijaitsevien vastinlevyjen paksuutta.



Kuva 23. Lopullinen mekaanisten rajojen toteutus (Kuva: Markku Hiltunen).

Nyt myös pyörimisliikkeen pysäyttämisenstä syntyvät voimat ohjautuvat kohtisuoraan alaspäin rasittamatta mitään rakenneseosia merkittävästi. Levyt koneistetaan 16 mm:n levyästä 14 mm paksuuteen ja ne sallivat tällöin nivelelle 55° liikealueen, ilman että sylinterit edelleenkään pohjaavat. Rajoitinlevyjien materiaali on S690 QL. Ratkaisu synnyttää kuitenkin viivakosketuksen osien välille, jonka johdosta rajoitinkappaleiden pintaan alkaa suurella todennäköisyydellä syntyä jossain vaiheessa paikallisia muodonmuutoksia, koska pysäyttämisenstä syntyvät voimat kohdistuvat pienemmälle pinta-alalle, synnyttäen suurempia puristusjännityksiä.

Samalla muutettiin kappaleessa 3.4 mainitut sivulaipat yhdeksi kiinteäksi kelkaksi, joka koottaisiin hitsaamalla ja se sisältäisi kiinnityspaikat sekä 40 mm, että 45 mm akselille. Lisänä keskelle tuli paikka 35 mm akselille. Näin tekemällä saadaan myös akselinreiät varmasti kohdilleen, kun keskikelkka voidaan koneistaa hitsattuna kokonaisuutena. Levyjen koneistaminen erillään olisi tehnyt akselin reikien saamisesta kohdilleen erittäin hankalaa. Kelkan keskellä oleva mekaanisten rajojen kiinnityslevy tehtiin 2 mm leveämmäksi kuin rungon keskinä.

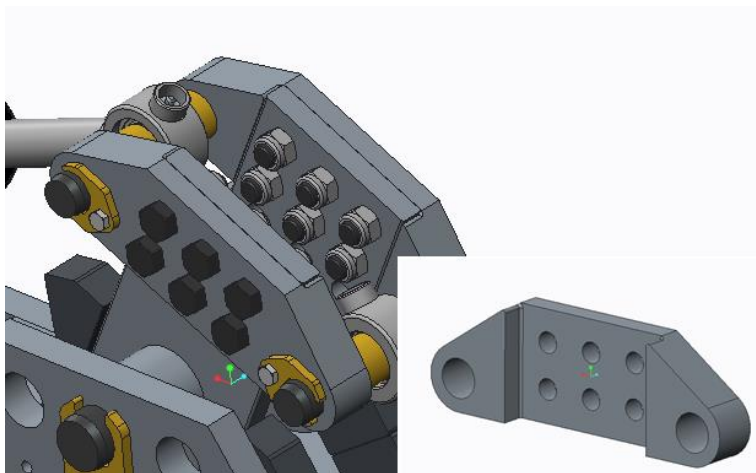


Kuva 24. Keskikelkan sovitin runkoon (Kuva: Markku Hiltunen).

Samalla rungon leveys toleroituiin mittaan 200 mm $-0; +1,0$. Näin saataisiin varmistettua kelkan sopivuus runkoon. Kuvassa 24 näkyvät myös rajojen kiinnityslevyyn puoli-v hitsiä varten tehdyt viisteet, jotka valmistetaan polttoleikkaamalla. Puoli-v hitsit hiotaan hitsauksen jälkeen pinnantasoon. Vastapuolelle levyä tulee pienahitsi. Keskellä olevan kiinnityslevyn materiaaliksi ei voitu valita muihin levy materiaaleihin valittua S690 QL terästä, koska kyseistä laatua ei ole valmiina osien toimittajan hyllyssä 12 mm paksuisena. Sen sijaan levyn teräslaaduksi valittiin S650 MC.

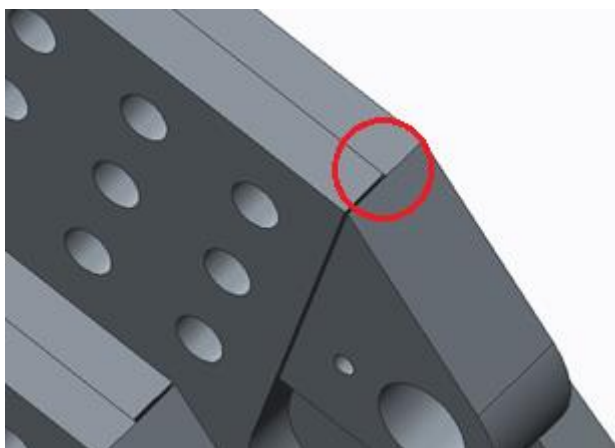
3.6 Nivelmekanismit ja momenttivarren säätö

Eräs haluttu ominaisuus laitteelta oli, että nivelien momenttivarret olisivat säädettävät. Tämän ominaisuuden suunnitteluun, sekä itse nivelrakenteen toteutukseen kului eniten aikaa laitteen suunnittelussa. Ensimmäisissä versioissa momenttivarren säätö toteutettiin ruuveilla kiinnitettävillä säätöpaloilla, joiden rakenteeseen oli sijoitettu koneistettu ura. Uran luomien olakkeiden tarkoituksena oli eliminoida ruuveille tulevia rasituksia ajettaessa mekaanisia rajoja vasten.



Kuva 25. Säätöpalat koneistetulla uralla (Kuva: Markku Hiltunen).

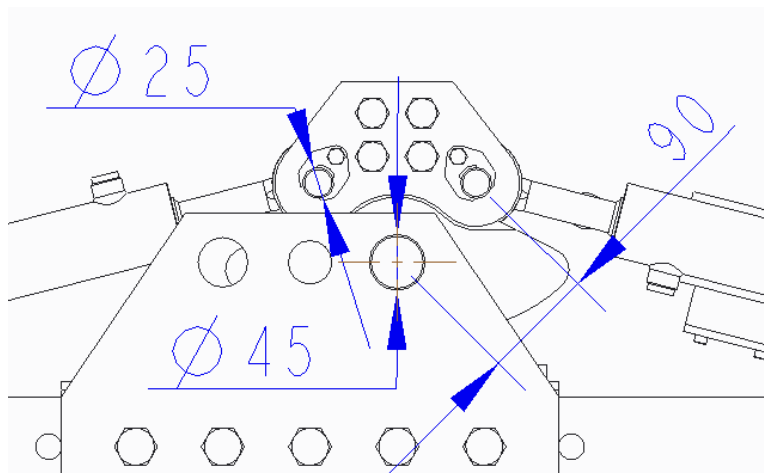
Ratkaisu ei kuitenkaan ollut toimiva, koska koneistetun uran ja nivelen levyn välistä sovitusta ei olisi valmistusteknisesti saatu riittävän tarkaksi, että kappaleiden välille olisi syntynyt ruuvien rasituksia vähentävä tukivoima. Kappaleet olisi jouduttu koneistamaan erittäin tarkasti ja tämä olisi myös kohottanut laitteen kustannuksia koneistustuntien lisääntymisen johdosta. Uran ja levyn väliin olisi jouduttu jättämään rako, joka olisi tehnyt rakenteesta vain heikomman. Kuvassa 26 punaisella ympyröityyn nurkkaan syntyi voimakkaita jännityspiikkejä, jotka olisivat ennen pitkää aiheuttaneet särön alkuja ja rakenteen murtumisen.



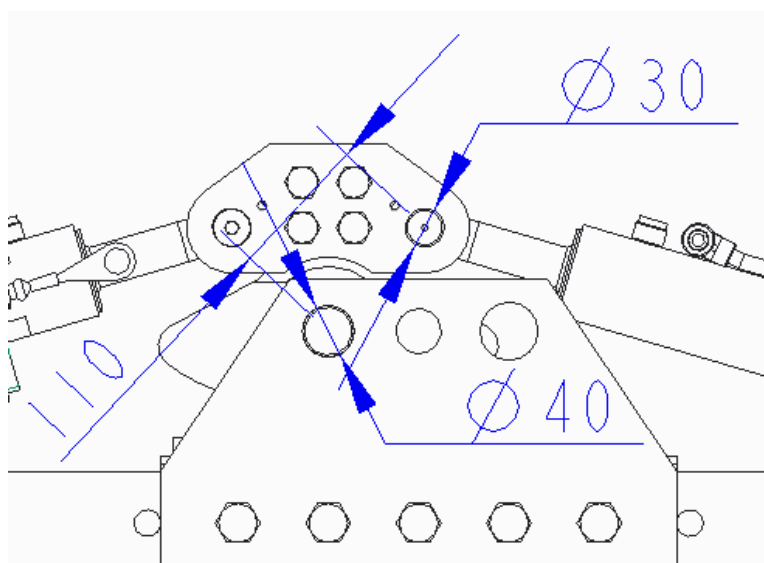
Kuva 26. Rako säätöpalan ja nivelen levyn välissä (Kuva: Markku Hiltunen).

Säätöpalojen koneistamisesta sekä momenttivarren säädettävyydestä luovuttiin ja tilalle suunniteltiin uudenlaiset osat, joihin sylinterien männänvarsi kiinnitetään. Paloista tehtiin kuitenkin edelleen irrotettavat. Kiinnitysruuveiksi valittiin neljä kappaletta M16 ruuveja, jotka kiristetään lukkomutterilla paikalleen. Kuvis-

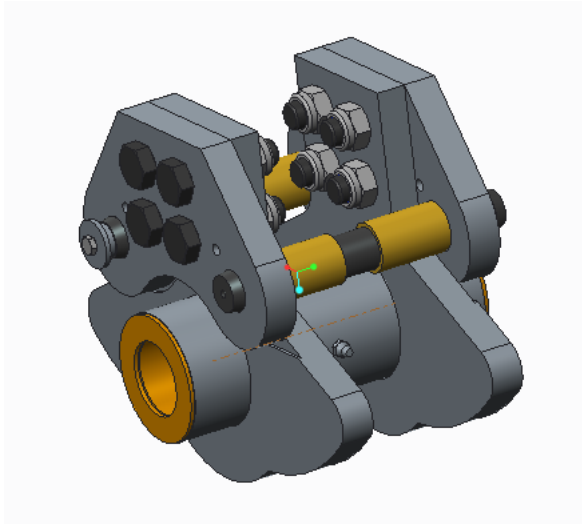
sa 27 ja 28 näkyvät kummankin testattavan sylinteri-liukulaakeriparin nivelen tärkeimmät toiminnalliset mitat.



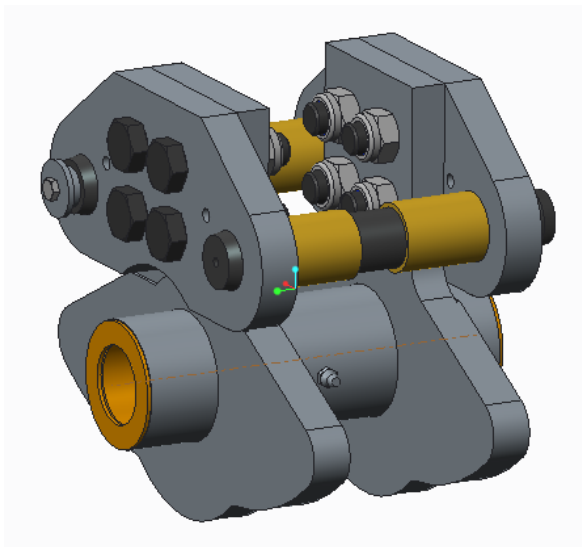
Kuva 27. Sylinteri 1 akselien ja momenttivarren mitat (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 28. Sylinterin 2 akselien ja momenttivarren mitat (Kuva: Markku Hiltunen).

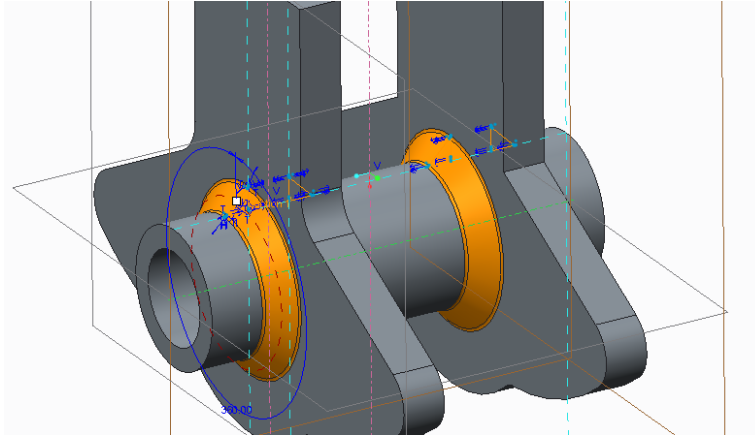


Kuva 29. Sylinterin 1 nivelmekanismin kokoonpano (Kuva: Markku Hiltunen).



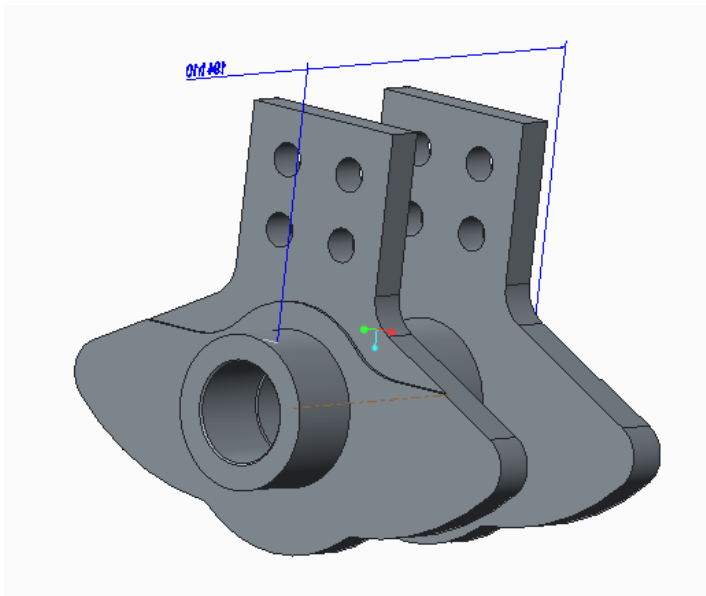
Kuva 30. Sylinterin 2 nivelmekanismin kokoonpano (Kuva: Markku Hiltunen).

Nivelmekanismeja tehdään kummallekin sylinterille omansa ja ne kootaan hitsaamalla. Laakeripesät koneistetaan erillään ennen hitsausta. Nivelen levyt hitsataan molemminpuolin a-mitalla 8 mm. A-mitaksi valittiin 8 mm, koska se on sama a-mitta joka löytyy myös tuotannossa olevasta nivelrakenteesta.



Kuva 31. Nivelmekanismin laippojen hitsisaumat (Kuva: Markku Hiltunen).

Hitsauksen jälkeen laakeripesän päät koneistetaan oikeaan mittaan. Tämän jälkeen kiinnitysruuvien reiät koneistetaan hitsattuun kokoonpanoon, jonka jälkeen molempien levyjen ulkopinnat koneistetaan tasaisiksi niin, että irrotettavissa paloissa olevat akselit saadaan suoraan. Irrotettavat palat polttoleikataan 20 mm levystä ja tämän jälkeen koneistetaan erillään muusta nivelrakenteesta.

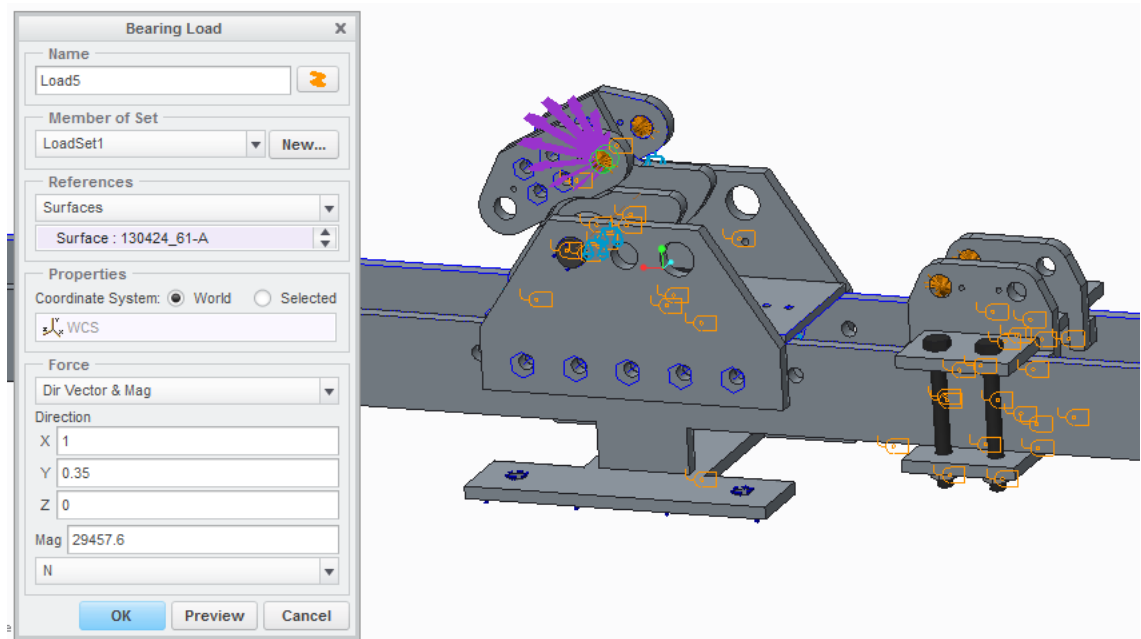


Kuva 32. Koneistettu nivelen runko (Kuva: Markku Hiltunen).

3.7 Nivelen ja rungon FEM-analyysi

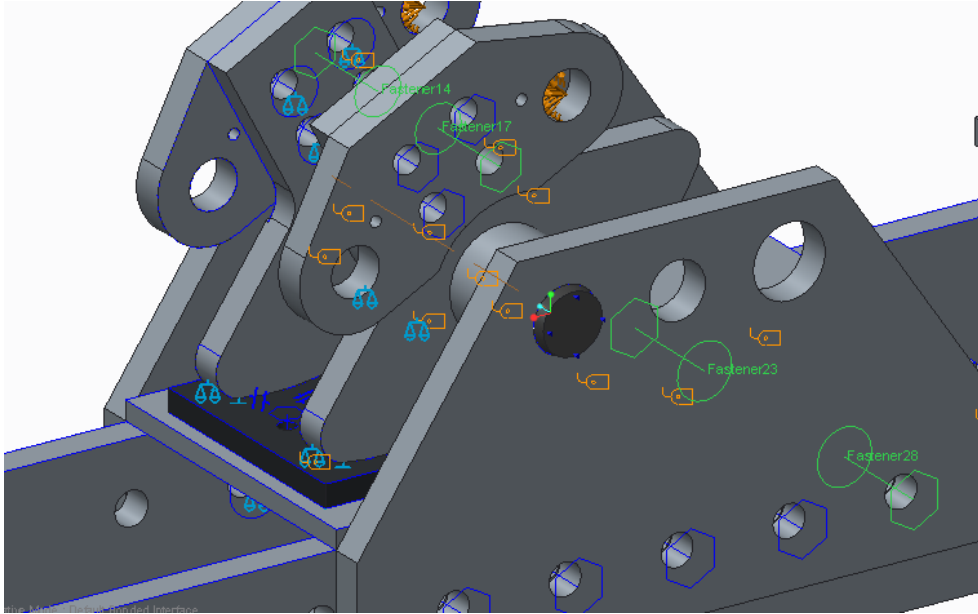
Lopulliselle rakenteelle tehtiin erillinen FEM-analyysi, että saataisiin selville rakenteen kestävyys pahimmassa tilanteessa. Nivel ja runko ottavat suurimmat rasitukset vastaan, kun sylinterillä 2 ajetaan vasten mekaanisia rajoja. Sen tuot-

tamat voimat on laskettu kappaleessa 3.2. Analyysillä haluttiin selvittää laakerille tulevia rasituksia, sekä rungon taipumaa. Sylinterin tuottama voima 58915,1 N jaettiin kahdella, jolloin arvoksi tuli 29457,6 N per yksi kiinnityspala. Tämä voima asetettiin laakerivoimana kummankin kiinnityspalan akselinreikään erikseen. Vastaavasti sama voima kohdistettiin säätökelkan laippoihin, mutta vastakkaissuuntaisena.



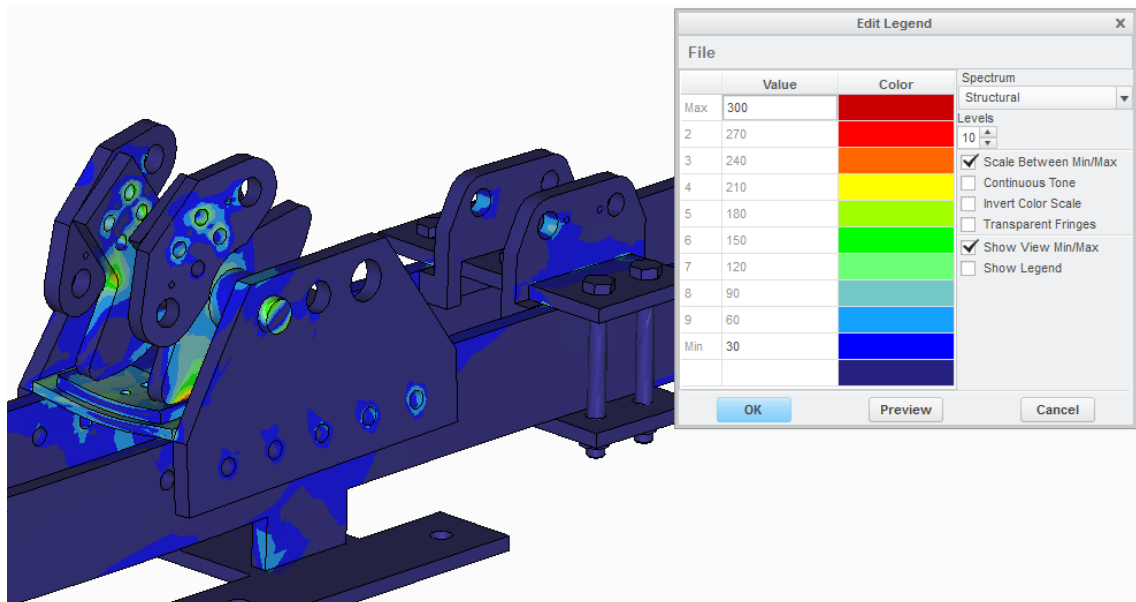
Kuva 33. Laakerivoimien asetus (Kuva: Markku Hiltunen).

Keskikelkkaan sekä niveleen asetettiin simuloituiden ruuvien ilman esikiristystä, että nähtäisiin ruuveille tulevat leikkausvoimat, sekä leikkausjännitykset. Varsinkin keskinivelen ruuvit tulevat löystymään ja niitä joudutaan testien aikana varmasti kiristämään ja aika-ajoin vaihtamaan uusiin niiden väsyessä. Mekaanisten rajojen kiinnityslevystä poistettiin viisteet, että levy olisi ikään kuin hitsattu ja hitsit hiottu tasoon, kuten kokoonpanopiirustuksessa (liite 15) neuvotaan tekemään.



Kuva 34. Ruuvit (Kuva: Markku Hiltunen).

Runkoon asetettiin samanlainen tuenta kuin se tulee todellisuudessaakin olemaan. Säätokelkat asetettiin kiinteästi kiinni ilman simuloituja ruuveja analyysin onnistumiseksi. Ruuvien koko keskellä olevassa nivelessä on M16 ja keskikelman molemmin puolin olevat ruuvit ovat kooltaan M20.



Kuva 35. Vertailujännitysten arvot rakenteessa (Kuva: Markku Hiltunen).

Kuvan 35 tuloksen muodonmuutokset 30-kertaisesti liioiteltuja, että voitaisiin nähdä, kuinka rakenne käyttäytyy rasituksen alaisena. Tarkasteltaessa ruuveja

suurimmat leikkausvoimat ja leikkausjännitykset ottavat vastaan kuvan 34 vihreällä korostetut ruuvit. Tarkat arvot saatiin analyysin lokitiedoista:

Fastener14_shear_force	1.396201e+07
Fastener14_shear_stress	6.151207e+04
Fastener17_shear_force	1.393691e+07
Fastener17_shear_stress	6.140146e+04
Fastener23_shear_force	1.418553e+07
Fastener23_shear_stress	4.515393e+04
Fastener28_shear_force	1.468775e+07
Fastener28_shear_stress	4.675257e+04

Taulukko 11. Ruuvien leikkausvoimat ja leikkausjännitykset

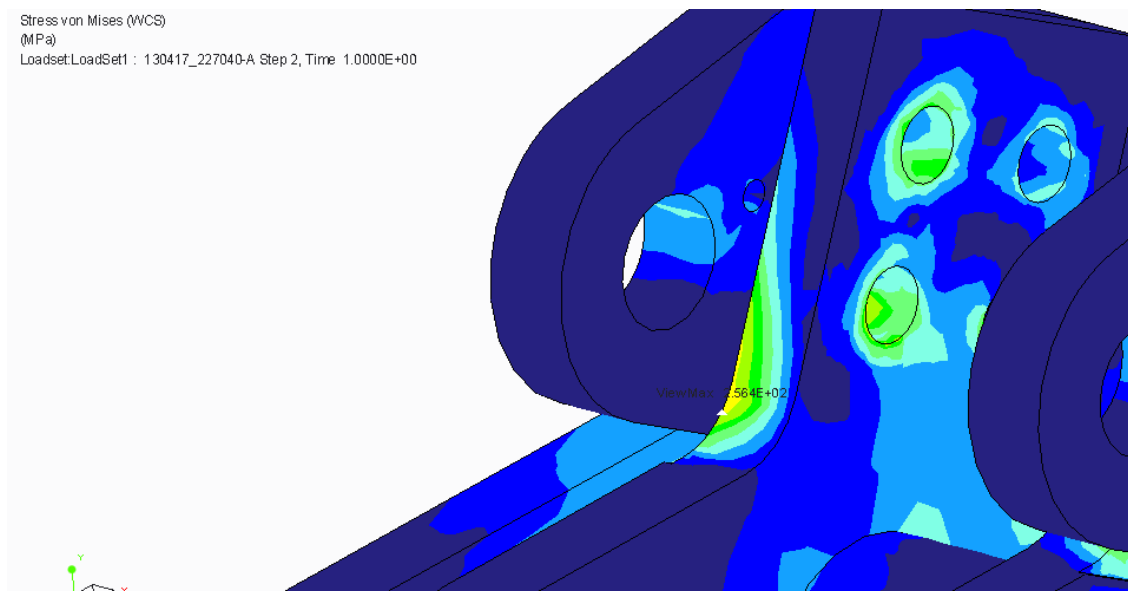
Ruuvien leikkausvoiman yksikkö on mN ja leikkausjännityksen arvo on ilmoitettu kPa:ssa. Nivelen ruuveille 14 ja 17 tuleva leikkausvoiman arvo on siis noin 13900 N per ruuvi ja leikkausjännityksen arvo on 61 MPa per ruuvi. Rungon ruuveille 23 ja 28 tuleva leikkausvoiman arvo on noin 14300 N per ruuvi ja leikkausjännityksen arvo noin 45 MPa per ruuvi. Lujusluokan 10.9 ruuveille sallittu leikkausjännitys voidaan laskea kaavalla 23:

$$\tau_{sall} = 0,6 * R_e \quad (23)$$

$$\tau_{sall} = 0,6 * 0,9 * 900 \text{ MPa} = 486 \text{ MPa}$$

Leikkausjännitykset jäävät siis selvästi sallitun rajan 486 MPa alapuolelle kaikilla ruuveilla. Kaavaan 23 lisättiin kerroin 0,9 koska liitokset ovat yksileikkeisiä. Ruuvit tullaan tietenkin kiristämään niille määrättyyn kiristysmomenttiin, eikä niille varmasti tule edellä mainittuja leikkausvoiman arvoja. Tulosten perusteella keskinivelen ruuviliitoksen uskotaan kestävän liukumisen kestävänä liitoksena, koska leikkausrasitukset ovat suhteellisen pieniä verrattuna taulukosta 7 nähtävään yhden M16 ruuvien tuottamaan esikiristysvoimaan 106 00 N. Ruuvit kestäi-

sivät kaikesta huolimatta niille tulvat rasitukset, vaikka liitos löystyisikin. Liitokselle ei laskettu eurocode 3 standardin mukaista liukumisen kestävyyttä, koska levyjen reunaetäisyydet eivät täytä kuvassa 7 esitettyjä reunaetäisyyksiä. Keskinivelen rakenteeseen tuleva suurin vertailujännityksen arvo löytyy pyörityksen kohdalla 256 MPa.



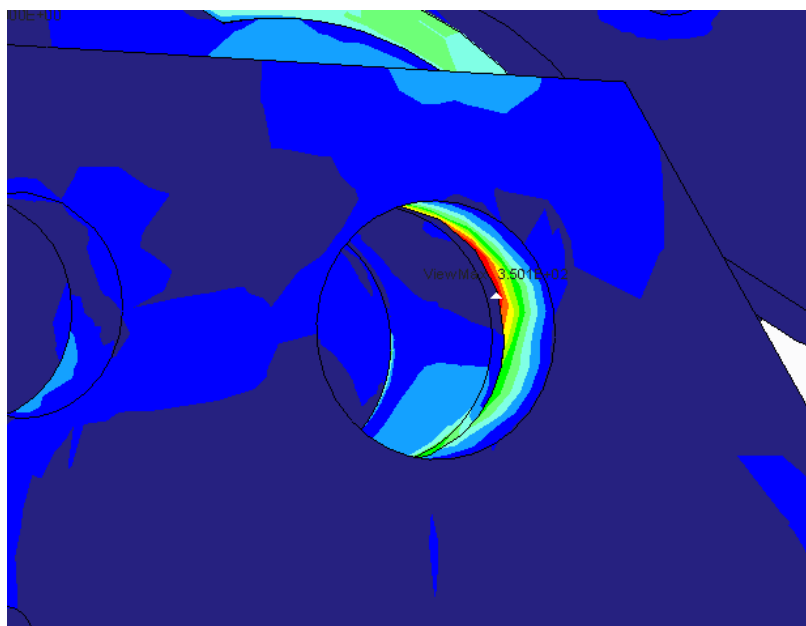
Kuva 36. Nivelmekanismin pyörityksen jännitys (Kuva: Markku Hiltunen).

Myötörajan suhteutettuna staattiseksi varmuudeksi saadaan kaavalla 22:

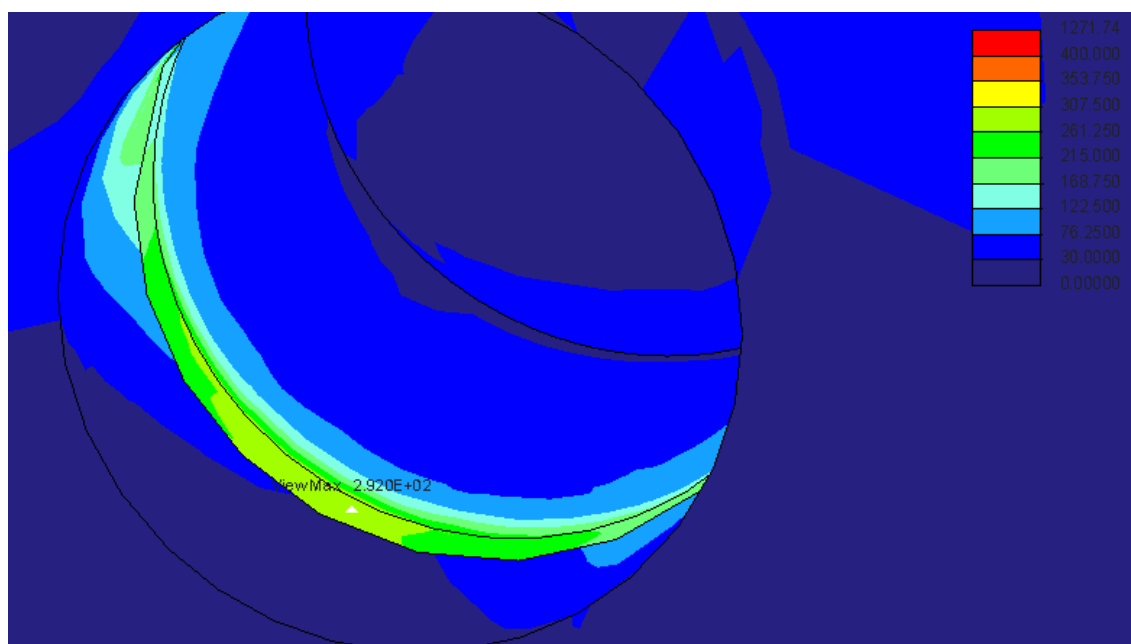
$$n = \frac{690 \text{ MPa}}{256 \text{ MPa}} = 2,7$$

Nivelen jännitysten arvojen tarkkuus ei välttämättä ole täysin luotettava, koska kokoonpanon elementtiverkko oli suhteellisen harva verrattuna kuvassa 36 tarkastellun alueen suuruuteen. Kyseiselle nivelelle väsymistarkastelun yhteydessä tiheämmällä elementtiverkolla ajettuja erillisiä analyysejä osoittivat vertailujännityksen suuruudeksi samassa kohdassa 198 MPa, mikä täten tuottaisi rakenteelle suuremman varmuuden kuin edellä laskettu arvo 2,7. Kokoonpano räjäytettiin, että nähtäisiin millaisia jännitysten arvoja tulee laakeripesän sisälle ja keskikelkan akselinreikiin. Keskikelkan akselin reiän sisäreunassa vertailujännityksen maksimiarvoksi tulee 350 MPa. Pahiten rasittuvat komponentit rakenteessa ovat pronssiseoksesta valmistetut liukulaakerit, joiden myötörajan arvoksi ase-

tettiin 300 MPa. Laakerien ulkoreunalla jännitykset ovat myötärajalta, kuten kuvasta 38 voidaan todeta.



Kuva 37. Keskikelkan akselinreiän sisäreuna (Kuva: Markku Hiltunen).



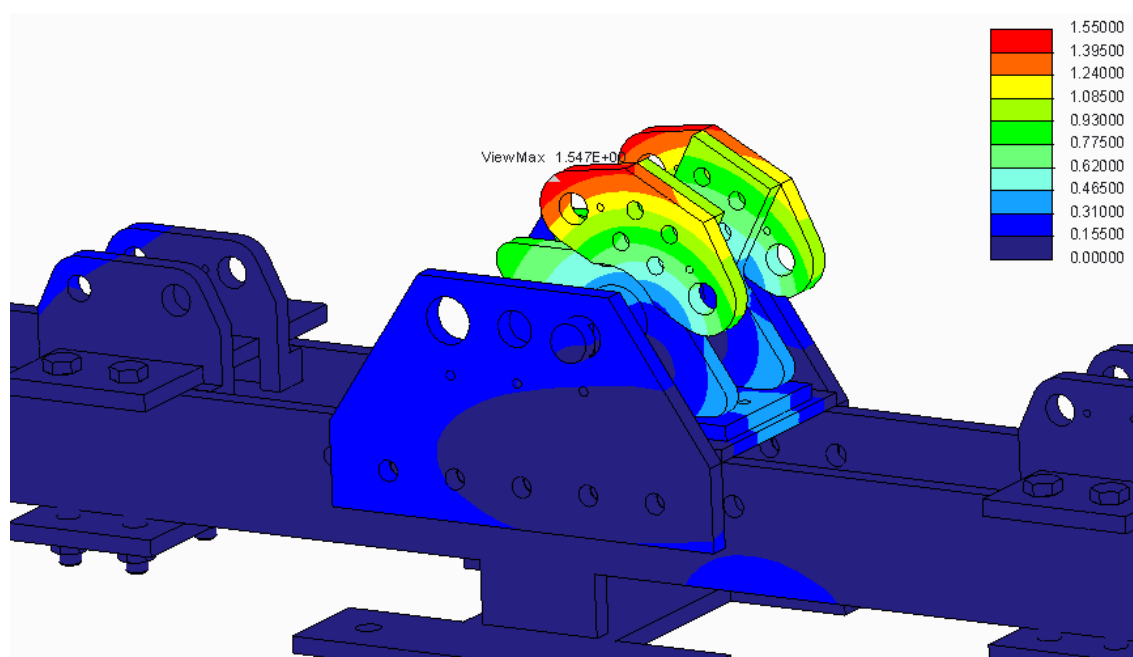
Kuva 38. Liukulaakerin ulkoreuna (Kuva: Markku Hiltunen).

Todellisuudessa laakerinpäädyn muoto on viistetty, joka saattaisi vaikuttaa jännitysten suuruuteen alentavasti. Kaikesta huolimatta vertailujännityksen arvot laakerin reunassa liikkuvat 200–300 MPa:n välillä. Laakerit tulevat olemaan kovilla reunan kohdalta käytettäessä 21 MPa painetta hydraulijärjestelmässä. Te-

räsrakenteissa syntyvät jännitykset ovat väsymisen kannalta hiukan liian suuria jos ajatellaan, että hyvä väsymisen kestävyys saavutettaisiin kolmasosalla myötörajasta. Tässä tapauksessa jännitysten tulisi siis olla alle arvon 230 MPa, joka on kolmasosa myötörajasta 690 MPa. Sylinteri 1:n nivelrakenteelle päätettiin olla tekemättä samaa analyysiä, koska syntyvät jännitykset tulisivat olemaan alempia pienemmän sylinterin ja 90 mm momenttivarren johdosta.

3.7.1 Rungon taipuma

Analyysillä haluttiin myös selvittää kuinka paljon mekaanisten rajojen levy tulee taipumaan ajettaessa rajoille ja olisiko levyn alapuolelle tarvetta asettaa pystytukea. Analyysin avulla haluttiin myös nähdä miten itse runko käyttäytyy. Kuvasta 39 selviää eri rakenneosien muodonmuutokset.



Kuva 39. Komponenttien siirtymät milleinä (Kuva: Markku Hiltunen).

Suurin siirtymän arvo 1,54 mm tulee keskinivelen yläosaan. Siirtymien arvot eivät ole erityisen suuria ja ne eivät todellisuudessa olisi aivan kuvan 39 mukaisia vaan jonkin verran pienempiä, koska ruuveista uupui rakennetta jäykistävä esikivistys. Myös itse analyysi tehtiin harvalla verkolla sekä nopeammilla asetuksilla, joten laskennassa voi olla epätarkkuutta. Kuvasta 39 nähdään kuitenkin mekaanisten rajojen kiinnityslevyn siirtymän arvo, joka oli suurimmillaan levyn

keskellä 0,37 mm. Levyn tuennalle ei ole varsinaista tarvetta, mutta sen asettamisesta ei olisi sinällään haittaa, koska laitteen painolla ei ole merkitystä. Tukilevy vähentäisi myös keskikelkan hitseille tulevia rasituksia estäen mekaanistenrajojen kiinnityslevyn taipumista. Kuvasta 39 voidaan myös todeta runkopalkkien taipuma, joka on kauttaaltaan alle 0,1 mm luokkaa eli erittäin pieni.

3.8 Akselit

Laitteen akselit valmistetaan sorvaamalla ja niiden teräslaaduksi valittiin hiiletysteräs 20MnCr5, koska kyseinen materiaali omaa mainion väsymiskestävyyden sekä taivutuslujuuden [14, s. 28]. Akselit myös karkaistaan koko matkalta koovuuteen 58–62 HRC. Karkaisun ansiosta akseleiden kulumiskestävyys paranee. Karkaisun syvyys saa vaihdella välillä 0,9-1,2 mm. Akselit lukitaan paikalleen lukituslevyjen avulla, jolloin ne eivät pääse pyörimään tai liikkumaan aksiaalisuunnassa. Jokaisen akselin halkaisijan toleranssiksi valittiin h7 ja akselinreikien toleranssiksi H7. Akseleille sijoitettiin kaksi holkkia, jotka estävät sylinterin liikkumisen sivuttaissuunnassa. Akselien pinnankarheudet valittiin toleranssi/halkaisija yhdistelmän perusteella taulukosta 10.

Mitta-alue mm	Keskipoikkeama R_a μm							
	0,4	0,8	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5
> 1 $\text{H}7$ $\text{h}3$	0,4	0,8	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5
> 3 $\text{H}7$ $\text{h}6$	0,4	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5
> 6 $\text{H}7$ $\text{h}10$	0,4	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5
> 10 $\text{H}7$ $\text{h}18$	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5	12,5
> 18 $\text{H}7$ $\text{h}30$	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5	12,5
> 30 $\text{H}7$ $\text{h}50$	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5	12,5
> 50 $\text{H}7$ $\text{h}80$	0,8	0,8	3,2	6,3	12,5	12,5	25,0	25,0
> 80 $\text{H}7$ $\text{h}120$	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5	25,0	25,0
> 120 $\text{H}7$ $\text{h}180$	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5	25,0	25,0
> 180 $\text{H}7$ $\text{h}250$	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	12,5	25,0	25,0
> 250 $\text{H}7$ $\text{h}315$	0,8	1,6	3,2	12,5	12,5	25,0	25,0	25,0
> 315 $\text{H}7$ $\text{h}400$	0,8	1,6	3,2	12,5	12,5	25,0	25,0	25,0
> 400 $\text{H}7$ $\text{h}500$	0,8	1,6	3,2	12,5	12,5	25,0	25,0	25,0
ISO-toleranssiaste	5	6	7	8	9	10	11	

Taulukko 10. Suurimmat sallitut keskipoikkeamat eri toleranssi/halkaisija yhdistelmillä [15, s. 229].

Akselien kestävyys mitoitettiin käsinlaskemalla. Teräksen 20MnCr5 myötöraja on 690 MPa ja murtorajan arvo on noin 1000 MPa [14, s. 28]. Sallittu leikkaus-

jännitys τ_{sall} laskettiin kaavalla 23, leikkausjännityksen τ arvo akseleille kaavalla 24, jossa Q on leikkausjännitys ja A akselin poikkileikkauksen pinta-ala:

$$\tau = \frac{Q}{A} \quad (24)$$

Akselin poikkileikkauksen pinta-ala saadaan kaavalla 25 ja varmuuskerroin n akselien leikkautumiselle saadaan kaavalla 26:

$$A = \pi r^2$$

$$n = \frac{\tau_{sall}}{\tau} \quad (26)$$

Käytettävillä akseleilla on kaksi eri halkaisijan mittaa 30 mm ja 25 mm. Sylinteri 2:n kummatkin akselit ovat 30 mm halkaisijalla. Sylinterin tuottama maksimi työntövoima on 58915,1 N.

$$\tau_{sall} = 0,6 * 690 \text{ MPa} = 414 \text{ MPa}$$

$$\uparrow -2Q + 58915,1 \text{ N} = 0$$

$$Q = 29457,6 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{29457,6 \text{ N}}{\pi * (15 \text{ mm})^2} = 41,7 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{414 \text{ MPa}}{41,7 \text{ MPa}} = 9,9$$

Sylinteri 1 männänvarren puoleinen akseli on halkaisijaltaan 25 mm. Sylinterin tuottama maksimi työntövoima on 37110,2 N.

$$\uparrow -2Q + 37110,2 \text{ N} = 0$$

$$Q = 18555,1 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{18555,1 \text{ N}}{\pi * (12,5 \text{ mm})^2} = 37,8 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{414 \text{ MPa}}{37,8 \text{ MPa}} = 10,6$$

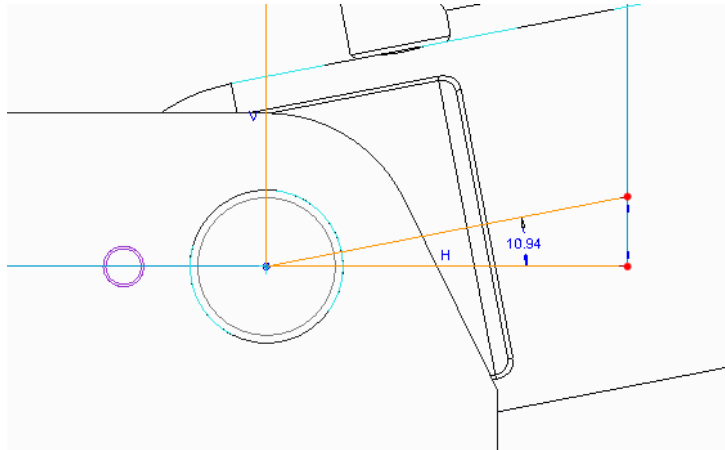
3.9 Säätokekat

Testipenkin molemmin puolin sijoitettiin kitkavoimajärjestelmään perustuvat säätokekat, joihin sylinterin putken puoleinen nivellaakeripää voidaan kiinnittää. Kitkan estäessä pintojen liikkuminen toisiinsa nähden kutsutaan lepokitkaksi ja jos pinnat liikkuvat kitkasta huolimatta kutsutaan sitä liikekitkaksi. Kokemuksen perusteella voidaan sanoa, että kosketuspintojen välisellä pinta-alalla ei ole merkitystä kitkavoiman suuruuteen. Todellinen kosketuspinta-ala on huomattavasti pienempi kuin teoriassa, koska kantavina kohtina toimivat ainoastaan pinnan karheudesta johtuvat nystyrät. Pienilläkin normaalivoimilla saadaan aikaan suuria jännityksiä kosketuskohtiin ja normaalivoiman kasvaessa myös todellinen pinta-ala kasvaa, koska materiaali myötää kosketuskohdissa. [16, s. 83.]

Ruuvien avulla rungon ympärille kiristettävä kelkka tekee säädöstä portaattoman ja mahdollistaa hyvin erimittaisten sylinterien testaamisen. Kelkka voidaan myös tarvittaessa asettaa niin, että sylinteri pohjaa.

3.9.1 Ruuviliitosten liukumisenkestävyys

Ruuvikiinnityksen liukumisen kestävyys laskettiin tilanteessa, jossa ruuveille kohdistuu sekä vetoa, että leikkausta eli sylinteri tekee paluuliikettä. Sylinterin tehdessä plusliikettä kelkkaan kohdistuvat voimat vain lisäävät kitkaa. Mitoitusvoimana käytettiin suuremman sylinterin tuottamaa vetovoimaa. Laskentamenetelmänä käytettiin eurocode 3:n mukaisia kohdassa 2.1.2 esitettyjä menetelmiä. Säätokelkkaan kohdistuvan voiman kulma on esitetty kuvassa 40.



Kuva 40. Säätokelekkaan kohdistuvan vetovoiman kulma (Kuva: Markku Hiltunen).

Selvittämällä sylinterin tuottaman vetovoiman pysty- ja vaakasuuntainen komponentti saadaan ruuviliitokseen kohdistuvat veto- ja leikkausvoima. Syntyvät voimat lasketaan käyttäen sylinteri 2:n tuottamaa voimaa miinusliikkeessä, jonka arvo on 43715.7 N.

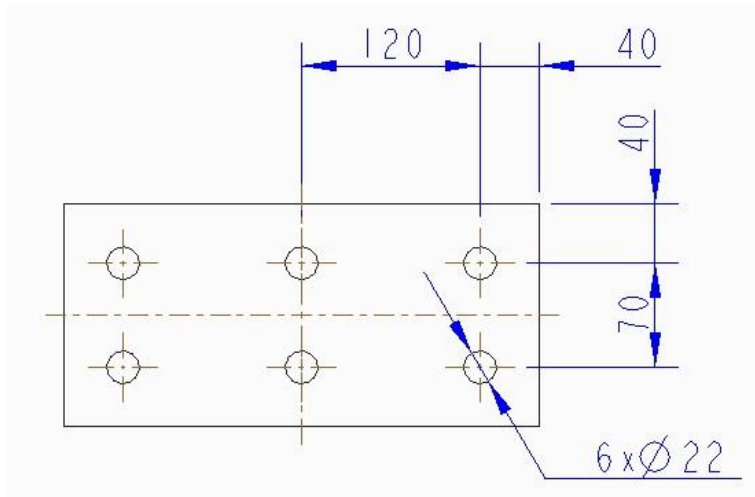
$$F_{liukuminen} = \cos 10,94^\circ * 43715.7 \text{ N} = 42921,2 \text{ N}$$

$$F_{veto} = \sin 10,94^\circ * 43715.7 \text{ N} = 8296,4 \text{ N}$$

Ruuveille tuleva leikkausvoima tulee jakaa tasan jokaiselle liitoksen ruuville. Leikkausvoiman $F_{v,Ed}$ arvo per ruuvi saadaan kun edellä laskettu vetovoiman vaakasuuntainen komponentti $F_{liukuminen}$ jaetaan ruuvien lukumäärällä n :

$$F_{v,Ed} = \frac{42921.2 \text{ N}}{6} = 7153,5 \text{ N}$$

Tämän jälkeen tarkistetaan, että kiinnittimien väliset etäisyydet ovat oikeanlaiset. Sallitut etäisyydet lasketaan taulukossa 4 esitetyillä menetelmillä. Kuva 41 esittää laskettavan liitoksen levyn reikien etäisyyksiä.



Kuva 41. Reikien väliset etäisyydet levyssä (Kuva: Markku Hiltunen).

Päätyetäisyys e_1

$$1,2 * 22 \text{ mm} = 26,4 \text{ mm} < 40 \text{ mm} < 4 * 16 \text{ mm} + 20 = 104 \text{ mm}$$

Reunaetäisyys e_2

$$1,2 * 22 \text{ mm} = 26,4 \text{ mm} < 40 \text{ mm} < 4 * 16 \text{ mm} + 20 = 104 \text{ mm}$$

Keskiöväli p_1

$$2,2 * 22 \text{ mm} = 48,4 \text{ mm} < 120 < 200 \text{ mm}$$

Keskiöväli p_2

$$2,4 * 22 = 52,8 \text{ mm} < 70 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$$

Sitten lasketaan taulukossa numero 5 esitetyt ehdot liukumisen kestäväälle kiinnitykselle luokassa B. Leikkausvoima johon tuloksia verrataan on aiemmin laskettu 7153,5 N. Esijännitysvoiman $F_{p,c}$ arvo yhdelle ruuville valittiin taulukosta 8, koska näin saadaan myös suoraan kiristysvoimaa vastaava kiristysmomentin arvo. Ruuvien koko on M20 ja lujuusluokka 8.8.

$$F_{p,c} = 117000 \text{ N}$$

Tämän jälkeen voidaan määrittää liitoksen liukumisenkestävyys $F_{s,Rd}$ kaavalla 17.

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{1,0 * 2 * 0,3 (117000 N - 0,8 * 8296,4 N)}{1,1} = 60197,9 N > 7153,5 N$$

Lasketaan vielä, että leikkausvoiman arvo ei ylitä leikkauskestävyyden $F_{v,Rd}$ tai reunapuristuksen $F_{b,Rd}$ arvoa. Leikkauskestävyys lasketaan kaavalla 10 ja reunapuristuksen arvo kaavalla 11. Ennen reunapuristuksen arvon laskemista tulee määrittää kertoimien α_b ja k_1 arvot kaavoilla 12–16.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 \frac{N}{mm^2} * 245 mm^2}{1,25} = 94080 N > 7153,5 N$$

$$\alpha_b = \frac{800 Mpa}{900 Mpa} = 0,89$$

$$\alpha_b = \frac{40 mm}{3 * 22 mm} = 0,61$$

$$\alpha_b = \frac{120 mm}{3 * 22 mm} - \frac{1}{4} = 1,57$$

$$\alpha_b = 1$$

$$k_1 = 2,8 * \frac{40 mm}{22 mm} - 2,5 = 2,59$$

$$k_1 = 1,4 * \frac{70 mm}{22 mm} - 2,5 = 1,95$$

α_b arvoksi valitaan edellisistä pienin arvo 0,61. Kertoimen k_1 arvoksi otetaan myös pienin arvo edellä lasketuista eli 1,95. Nyt voidaan laskea reunapuristuskestävyys $F_{b,Rd}$:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,95 * 0,61 * 900 \frac{N}{mm^2} * 20 mm * 16 mm}{1,25} = 274060,8 N > 7153,5 N$$

Tuloksista voidaan todeta, että säätökelkkojen kiinnitys on reilusti liukumisen kestävä. Liitoksen liukumisenkestävyydessä on kapasiteettia myös isomman sylinterin tarpeisiin. Että edellä laskettu liitos toteutuu, tulee säätökelkan ruuvien kiristysmomentin olla 430 Nm.

3.9.2 Hitsausliitosten mitoitus

Säätökelkan hitsausliitokset mitoitettiin kohdassa 2.1.1 esitetyn yksinkertaisen laskentatavan mukaan. Säätökelkan laippojen molemmille puolille hitsataan 150 mm:n mittainen pienahitsi. Mitoitusvoimana käytetään sylinteri 2:n tuottamaa vetovoimaa, jonka suuruus on 43715,7 N. Puristustilanteessa osa mitoitusvoimasta välittyy kosketuspaineen kautta levyyn, johon laipat hitsataan kiinni. Tämä voima jaetaan kahdella, jolloin saadaan yhteen laippaan kohdistuva voima $F_{w,Ed}$:

$$F_{w,Ed} = \frac{43715,7 \text{ N}}{2} = 21857,9 \text{ N}$$

Tämän jälkeen lasketaan leikkauslujuuden mitoitusarvo $f_{vw,d}$ jonka jälkeen käytetään taulukossa 2 esitettyä tarkastelutyylä C a-mitan mitoitukseen. Hitsin pituus on kerrottu kahdella koska saumoja on yhteensä kaksi.

$$f_{vw,d} = \frac{900 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3} * 1 * 1,25} = 415,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$a \geq \frac{21857,9 \text{ N}}{415,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 2 * 150 \text{ mm}} = 0,175 \text{ mm}$$

Standardi vaatii että a-mitan tulee täyttää ehto $a \geq 3 \text{ mm}$. Tarkastetaan sopiva a-mitta lämmöntuonnin perusteella kaavalla 2:

$$a \geq \sqrt{20 \text{ mm}} - 0,5 \text{ mm} = 3,96 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

Tarkastetaan vielä, että kaavojen 3 ja 4 asettamat ehdot valitun a-mitan suhteesta hitsin pituuteen täyttyvät. Lisäksi laskentatavassa C tulee huomioida taulukon 2 huomointisarakkeessa asetettu lisäehto.

$$300 \text{ mm} \geq 6 * 4 \text{ mm} = 24 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm} \geq 30 \text{ mm}$$

$$6 \text{ mm} \leq \frac{300 \text{ mm}}{4 \text{ mm}} = 75 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$$

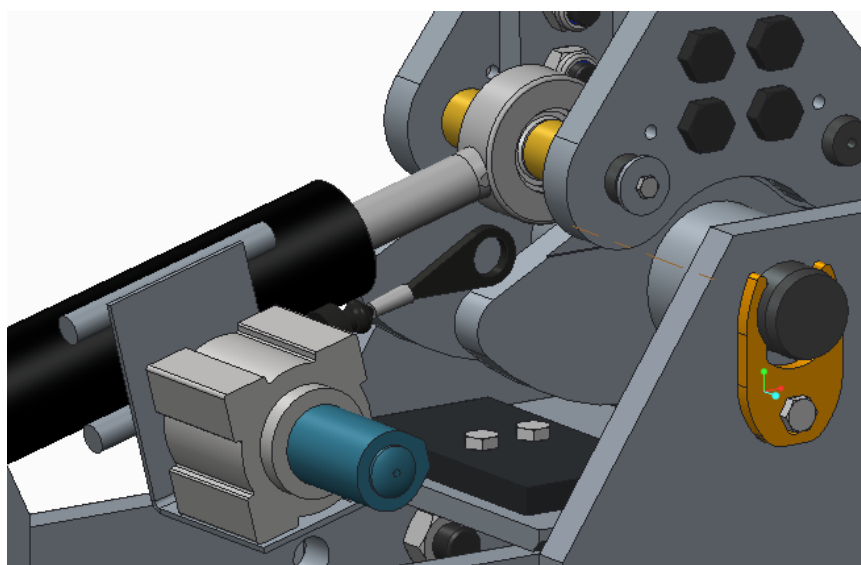
valitaan hitsien a-mitan arvoksi lämmöntuonnin perusteella määritetty arvo 4 mm.

3.10 Anturointi

Anturin valinnassa huomioon otettava tekijä oli laaja lämpötila-alue, jolla tulitaisiin toimimaan. Valittavan anturin tulisi olla toiminnaltaan luotettava ja sopia erikokoisten sylinterien testaukseen. Eräänä vaihtoehtona mietittiin myös pulssianturin asentamista keskikelkassa olevan akselin päähän. Pulssianturi olisi ollut helpompi ja yksinkertaisempi asentaa eikä siihen olisi tarvinnut teettää mitään ylimääräisiä komponentteja. Idea ei olisi kuitenkaan ollut toimiva, koska testipenkin akselit eivät pyöri vaan ovat lukittu paikalleen.

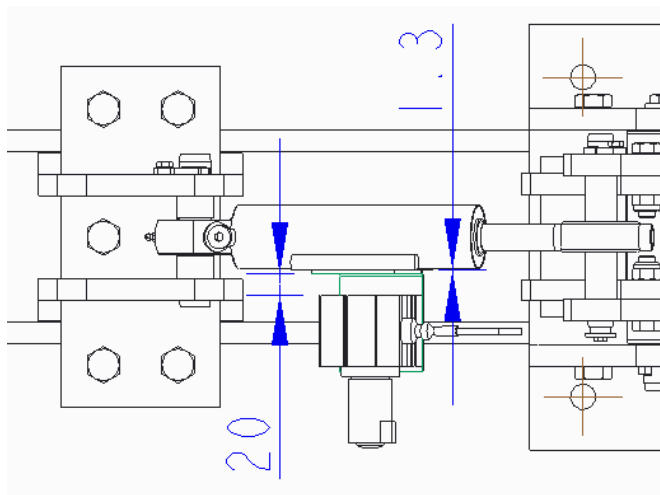
Asema-anturiksi valittiin saksalaisen FSG:n valmistama vaijeritoiminen asema-anturi, joka kiinnitetään testattavan hydraulisylinterin sylinteriputkeen kiinni. Valitun anturin mallimerkintä on SL-3001 ja sen mittausvaijerin ulottuvuus on 1 m. Anturi omaa korkean tarkkuuden ja toimii luotettavasti pölyisissä ja kosteissa ympäristöissä. Anturia käytetään esimerkiksi porauslaitteistoissa, nostureissa ja kaivinkoneissa. Mittausrumpu sijaitsee suojassa alumiinista valmistetun kotelon sisässä. Anturi lähettää viestit 4-20 mA virtaviesteinä ja se voidaan kytkeä helposti CAN-automaatioväylään. Vaijeri kelataan takaisin esijännitetyn jousen avulla. [15.] Liitteestä 1 selviää anturin tarkat ominaisuudet. Jousen jännitysvoiman arvo on säädettävissä 5-15 N välillä. Anturin suojausluokitus on IP65 eli se on pölytiivis ja kestää joka suunnasta tulevan kovankin vesisuihkun.

Anturille suunniteltiin teline, jolla se saadaan kiinni testattavaan sylinteriin. Anturi mallinnettiin liitteessä 1 näkyvien mittojen mukaan telineen suunnittelua varten. Kiinnitettäessä anturi suoraan sylinteriputkeen pysyy myös anturin vaijerin ja männänvarren päässä olevan akselin linja koko ajan samana antaen oikean mittaustuloksen. Teline koostuu kahdesta ohuesta pyörötangosta, jotka hitsataan kiinni särmäämällä taivutettuun levyyn. Männänvarren akselien päähän koneistetaan M6 kierteellä oleva reikä, johon anturin vaijerinpää saadaan kiristettyä ruuvilla kiinni. Asema-anturin vaijerinpää on todellisuudessa laakeroitu ja tämän ansiosta se liikkuu sulavasti akselin mukana. Tämän vuoksi kiinnitysruuvi tulee jättää riittävän löysälle, että vaijerinpään laakeri pääsee pyörimään vapaasti.

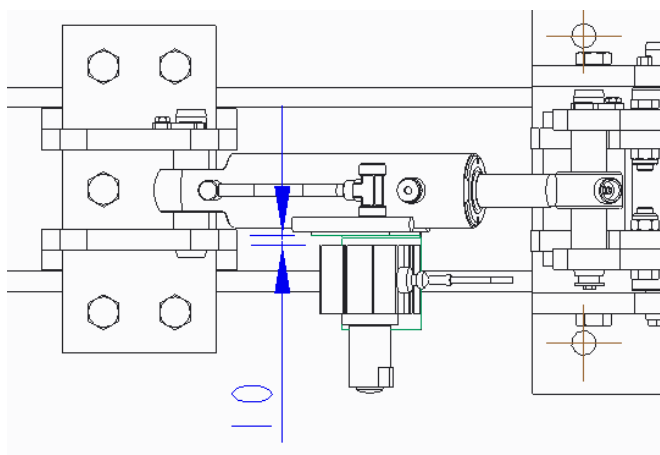


Kuva 42. Anturoinnin periaatekuva (Kuva: Markku Hiltunen).

Anturia voidaan siirtää sivuttaissuunnassa sen mukaan, kuinka suuri on testattavan sylinterin sylinteriputken halkaisija. Teline suunniteltiin niin, että särmättävän levyn pystyseinämä olisi mahdollisimman lähellä pienemmän sylinterin eli sylinteri 1:n sylinteriputkea. Telineen ja sylinteriputken väliin jäi 1,3 mm:n rako.



Kuva 43. Anturin asennusmitat sylinterille 1 (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 45. Anturin asennusmitat sylinterille 2 (Kuva: Markku Hiltunen).

Anturi lukitaan pohjasta paikalleen kahdella M6-kokoisella ruuvilla. Teline kiinnitetään kahdella metallisella kiristyspannalla. Panta on esitetty kuvassa 46.

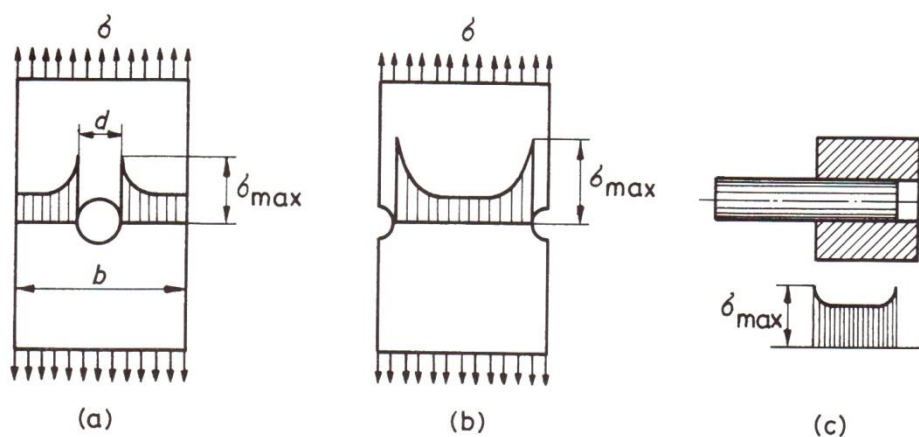


Kuva 46. Kiristyspanta telineen kiinnitykseen (Kuva: Markku Hiltunen).

4 Rakenteen väsyminen

Useimmat koneiden rakenneosien mekaanisista vaurioista ovat seurausta väsymisilmiöstä. Väsymismurtuma on paljon mutkikkaampi ilmiö verrattuna staattiseen murtumaan. Väsymisilmiön tarkastelussa tulee ymmärtää, että rakenteen murtumiseen ei vaikuta tapahtumaan kulunut aika, vaan kuormituskertojen lukumäärä. Toinen tunnettu seikka on rautametallien ääretön kuormituskertojen kestävyys jos jännitykset ovat tietyn rajan alapuolella. [11, s. 367.]

Väsymismurtuma lähtee yleensä liikkeelle voimakkaista paikallisista jännityshuipuista, joiden aiheuttajina toimivat kappaleen äkilliset muodon muutoskohdat, kuten reiät, lovet, hitsiliitokset, kierteet ja akselin olakkeet. Varsinaisen väsymistapahtuman vaiheet voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: ydintyminen eli mikroskooppisten säröjen synty, näiden ja yhdentyminen makroskooppisiksi säröiksi ja lopulta äkillinen murtuminen. Mikrosärön synnyttäjänä toimii erittäin pienelle alalle kohdistuva plastinen eli palautumaton muodonmuutos. [11, s. 369–382.] Kuva 41 esittää paikallisten jännityskeskittymien syntyä eri kohteissa.



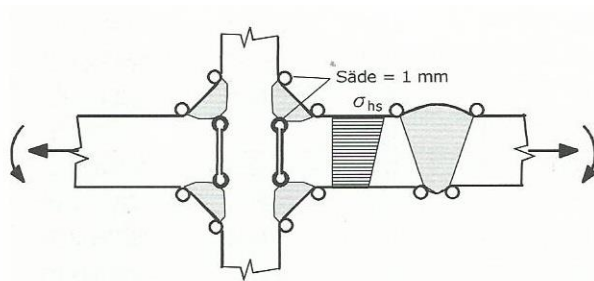
Kuva 47. Paikallisia jännityskeskittymiä rakenteessa [11, s. 382].

Dynaamisesti kuormitettujen rakenteiden suunnittelussa tulisi välttää jännityshuippuja aiheuttavia muotoja tai sijoittaa nämä muodot kohtiin, joissa on matala nimellisjännitys. Rakenteissa tulisi käyttää riittävän suuria pyörityksiä ja pyrkii

tekemään muodoista jouhevia. Etenkin teräsrakenteiden hitsiliitoksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. [11, s. 383.]

4.1 Kestoiän määrittäminen rakenteelle

Kestoiän määrittäminen päätettiin tehdä keskellä olevan nivelmekanismin hitsien perusteella käyttäen tehollisen lovijännityksen menetelmää. Kestoiän mitoitus perustuu rajoille ajettaessa syntyviin hitsisauman suuntaisiin jännityksiin. Hitsisaumat mallinnetaan kuvan 48 mukaan. Analyysissä käytettävää verkkoa tihennetään niin, että pyöristysten kohdalla verkon elementtien koko on vähintään alle 1 mm [18].



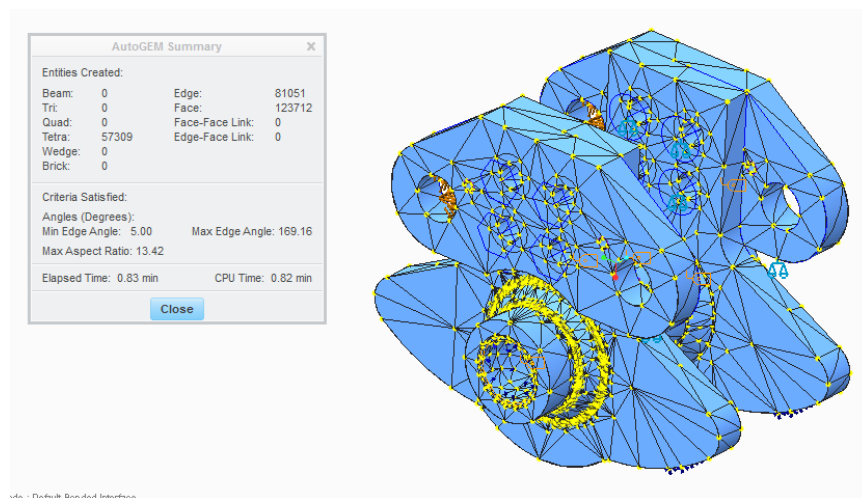
Kuva 48. Hitsien mallinnuksen periaate [7, s. 106].

Poikkeuksellisesti tässä työssä saumoja ei mallinnettu kuvan 48 avaimenreikä periaatteella, vaan liitettävien kappaleiden väliin jätettävä rako tehtiin u:n muotoiseksi. Keskinivelen hitsisaumojen väsymisloukaksi eli FAT:ksi valittiin hitsisauman suuntainen jännitys, jonka FAT-arvo on 125 MPa. Tämän jälkeen etsitään suurin von mises -vertailujännityksen arvo hitsin rajaviivoilta. Samasta kohtaa jossa esiintyy suurin von mises -vertailujännityksen arvo, määritetään suurin hitsin suuntainen normaalijännityksen arvo, joka toimii jännityksen vaihteluvälin $\Delta\sigma_e$ arvona eurocode 3:n väsymismitoitukseen liittyvässä osiossa esitetyssä kaavassa 27. [19.]

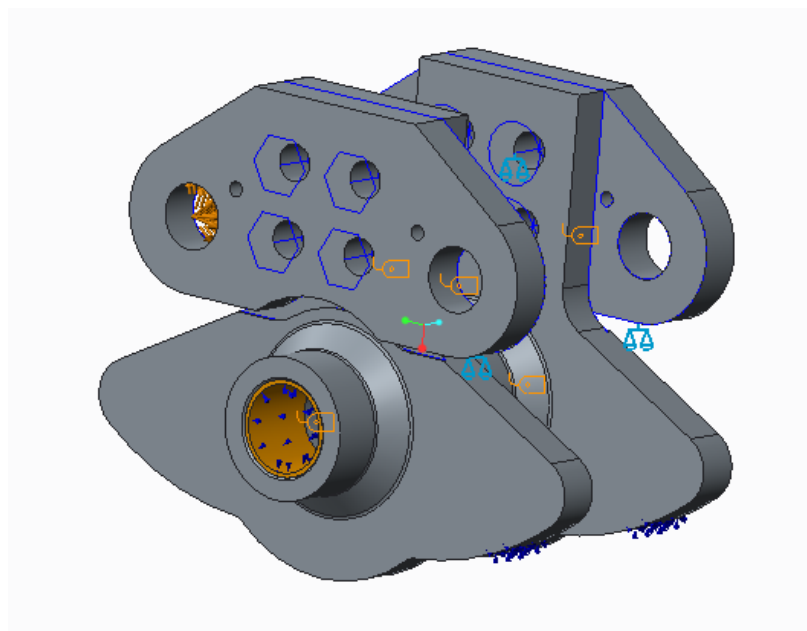
$$N_{Rd} = \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_e} \right)^3 * 2 * 10^6 \quad (27)$$

missä N_{Rd} on kestoiän mitoitusarvo jännitysjaksoina, γ_{Ff} on kuormituksen osavarmuusluku, γ_{Mf} on materiaalin osavarmuusluku. Hitsisaumat mallinnettiin,

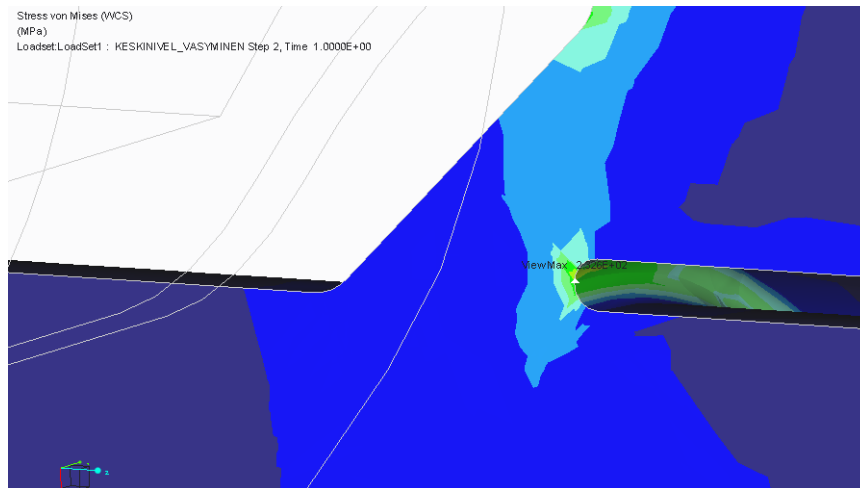
jonka jälkeen ajettiin alustava nopea analyysi, jolla saatiin selville jännityskeskittymien paikat saumoissa. Keskittymien paikat sijaitsivat laippojen ulkopuolisten saumojen rajaviivoilla ja täten tämän sauman verkkoa tihennettiin hitsin rajaviivoilla muuttamalla elementtien kooksi 0,8 mm. Analyysit suoritettiin nivelelle erillisenä muusta kokonaisuudesta. Tuennat asetettiin niin, että ne vastaisivat mahdollisimman hyvin todellista tilannetta. Liukulaakereille asetettu tuenta salli akselin pyörimisen ja mekaanisten rajojen tuenta oli jäykkä. Mitoitusvoimana käytettiin sylinteri 2:n tuottamaa työntövoimaa.



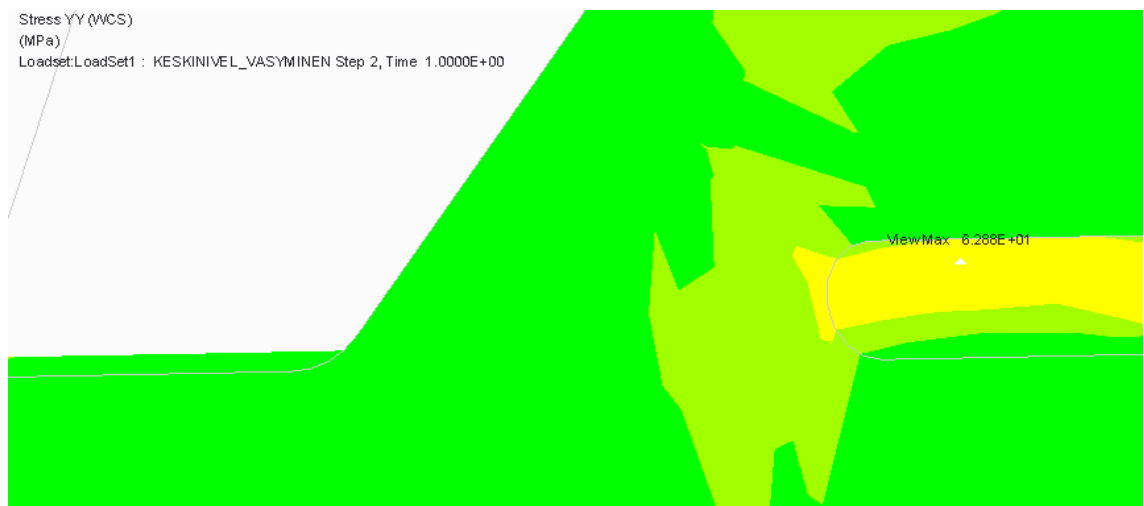
Kuva 49. Keskinivelen elementtimalli (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 50. Nivelelle asetetut tuennat (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 51. Von mises -jännityksen maksimiarvo (Kuva: Markku Hiltunen).



Kuva 52. Hitsin suuntaisen normaalijännityksen maksimiarvo von mises -jännityksen maksimiarvon kohdalla (Kuva: Markku Hiltunen).

Suurimmaksi hitsin suuntaiseksi normaalijännityksen arvoksi saatiin analyysistä 62,88 MPa. Sijoitetaan saatu normaalijännityksen $\Delta\sigma_e$ arvo 62,88 MPa sekä väsymislukka $\Delta\sigma_c$ 125 MPa kaavaan 27. Kertoimien γ_{Mf} ja γ_{Ff} paikalla käytetään arvoa 1.

$$N_{Rd} = \left(\frac{125 \text{ MPa}}{1 * 1 * 62,88 \text{ MPa}} \right)^3 * 2 * 10^6 = 15711673$$

Yhden jännitysjakson suuruus on tässä tapauksessa yksi sylinterin edestakainen liike, jossa keskinivelen liike alkaa pystyasennosta ja päättyy pystyasen-

toon. Keskinivelen teoreettinen kestoikä saadaan siis kertomalla jaksonaika edellä lasketulla jännitysjaksojen lukumäärällä N_{Rd} . Sylinterin liikenopeus vaihtelee plus- ja miinusliikkeessä ja täten vaihtelee myös liikkeisiin kulunut aika. Sylinterin plus- ja miinusliikkeeseen kuluva aika saadaan kaavalla 28:

$$t = \frac{s}{v} \quad (28)$$

missä v on sylinterin nopeus ja s on sylinterin kulkema matka. Liikenopeudet sylinterille 2 ovat laskettu kohdassa 3.3. Sylinterin liikematkana s käytetään kuvan 14 mittojen erotuksen arvoa 137 mm muunnettuna metreiksi. Saadut aikojen arvot lasketaan yhteen, minkä jälkeen saatu arvo kerrotaan jännitysjaksojen lukumäärällä N_{Rd} ja muunnetaan sopivaan yksikköön, jolloin saadaan rakenteen teoreettinen kestoikä N .

$$t_{plus} = \frac{0,137 \text{ m}}{0,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,570 \text{ s}$$

$$t_{miinus} = \frac{0,137 \text{ m}}{0,32 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,428 \text{ s}$$

$$t_{kok} = (0,570 + 0,428) \text{ s} = 1 \text{ s}$$

$$N = 1 \text{ s} * 15711673 = \frac{15711673 \text{ s}}{60 * 60} = 4364,4 \text{ h}$$

Teoriassa keskinivelen hitsit kestävät laskelmien mukaan siis 4364,4 h jos niitä ajettaisiin jatkuvasti mekaaniselta rajalta toiselle 21 MPa:n järjestelmän paineella. Sylintereidän kestoikää ei tässä yhteydessä voida mainita, mutta penkki kestää reilusti yli yhden sylinterin suunnitellun kestoian. Testipenkissä käytettävät paineet vaihtelevat ajettavan testin mukaan ja todellinen kestoikä nivelelle tulee olemaan varmasti jonkin verran suurempi. Tilavuusvirran arvona on myös käytetty hydraulikoneikosta ulos saatavaa maksimiarvoa, joka vaikuttaa huomattavasti sylinterien liikenopeuden arvoon ja sitä mukaa rakenteen teoreettiseen kestoikään. Todellisuudessa myös tilavuusvirran arvot vaihtelevat.

5 Valmistus ja kokoonpano

Piirustukset pyrittiin tekemään niin, että niistä näkyisivät tärkeimmät mitat, ettei osia valmistavan henkilön tarvitsisi erikseen laskea mittoja. Piirustusten mittakaavat valittiin standardin SFS 4394 mukaan [15, s. 12]. Koko laite saatiin tehtyä pääasiassa käyttämällä pelkästään kahta levynpaksuutta 16 mm ja 20 mm. Levyosien piirustuksista tehtiin kopiotiedostot mittakaavalla 1:1 ja ne tallennettiin dxf. -tiedostomuodossa laser- ja polttoleikkuuseen lähettämistä varten. Laitteen hitsauskokoonpanon suorittaa osien toimittaja. Lopullinen mekaaninen kokoonpano suoritetaan asennuspaikalla.

Keskinivelten M16 ruuvien kiristysmomentin arvon tulee olla 310 Nm, että säävutettaisiin taulukon 7 mukainen esijännitysvoima 106 000 N. Keskinivelten ruuvit lukitaan käyttäen lukkomuttereita. M20-ruuvien kiristysmomentin tulee olla aiemmin mainittu 430 Nm.

Kaikki ruuvit kiristetään aluksi 60 %:iin nimellisestä esikiristysvoimasta ja tämän jälkeen ne kiristetään lopulliseen momenttiinsa. Ruuvit kiristetään keskeltä alkaen siten, että edetään keskikohdan molemminpuolin kohti reunoja. [20, s. 4.]

6 Yhteenveto

6.1 Ammatillinen kasvu

Koko projektiin kului aikaa 10 viikkoa ja tänä aikana saatiin valmiiksi laitteen 3D-malli, valmistuspiirustukset sekä tämä raportti. Täten projekti onnistui mielestäni erittäin hyvin, kun suhteutetaan käytetty aika saatujen tulosten laatuun. Työn tuloksena ymmärrys koneenrakennuksessa käytettävien toleranssien todellisesta tarkoituksesta selventyi huomattavasti. Myös henkilökohtainen käsitys val-

mistusteknisten seikkojen huomioonottamisesta suunnittelussa kehittyi, eli miten ja millä menetelmillä tietty osakokonaisuus valmistetaan ja missä järjestyksessä.

6.2 Tavoitteet ja tulokset

Suurimmasta osasta laitteen liitoksista tuli erittäin ylimitoitettuja. Kyseessä on kuitenkin väliaikainen testilaitteisto ja näin ollen liitosten tarkkaan mitoittamiseen ei olisi ollut järkevää tuhata paljon aikaa. Laitteen tulee myös toimia hyvällä varmuudella, ettei se hajoamisellaan viivästyttäisi yrityksen muita kehitysprojekteja.

Momenttivarren säätömahdollisuudesta jouduttiin luopumaan. Testipenkin teoreettisesta kestoikästä tuli huomattavasti korkeampi kuin testattavilla sylintereillä. Testipenkin suunnittelussa keskityttiin ehkä liikaa rakenteiden staattiseen mitoitukseen eikä otettu alusta pitäen riittävän hyvin huomioon rakenteiden mitoitusta dynaamisen väsyttävän kuormituksen kannalta.

6.3 Kehittämiskohteet

Opinnäytetyön lujuusanalyyseissa todettiin laakerien kestävyysriittämättömyys. Harvesterinkouran nivelrakenteessa liukulaakerit kestävät paremmin, koska sylintereissä ei ole täysi paine, kun esimerkiksi karsimaterän varsi osuu mekaanisille rajoitinpaloille. Tämä on siis myös kohde, jota penkin rakenteessa voitaisiin kehittää tulevaisuudessa. Toimeksiantaja halusi säilyttää edellä mainitut laakerit, koska ne ovat käytössä myös tuotannossa ja testiympäristöstä saataisiin näin totuudenmukainen. Sylinterien painetasoa voidaan säätää ja näin ollen mekaanisille rajoille ei välttämättä tarvitse ajaa täydellä 21 MPa:n järjestelmän paineella. Laakerit ovat myös vaihdettavia osia ja niiden mahdollista kulumista voidaan seurata. Sama vaihto-osien ja tarkkailun periaate pätee myös laitteessa käytettyihin ruuveihin.

Eräs kehittämisen kohde voisi olla myös, että nivelmekanismista poistettaisiin kaikki koneistuksessa syntyneet terävät nurkat lovijännitysten pienentämiseksi

ja pidemmän kestoiän saavuttamiseksi. Myös hitsien rajaviivojen jälkikäsitteily hiomalla tai uudelleensulatuksella voisi olla varteenotettava vaihtoehto keskinivelen kestoiän kasvattamiseen. Myös kohdassa 3.7.1 ehdotettu tukilevy mekaanisten rajojen kiinnityslevyn alapuolelle olisi hyvä lisäys lopulliseen kokonaisuuteen. Laitteeseen ei myöskään ehditty miettiä menetelmää, jolla toiminta saadaan pysäytettyä automaattisesti sylinterin rikkoutuessa. Olisi myös ollut mielenkiintoista todeta valmiin kokonaisuuden rakenteessa syntyvät jännitykset soveltamalla venymäliuskamittausta. Tuloksena saatiin toimiva 3D-malli sekä piirustukset, joiden pohjalta laite voidaan valmistaa sekä tarvittaessa vielä parannella ennen dokumenttien lähettämistä valmistukseen.

Lähteet

1. Outokummun Metalli Oy. 2013. Waratah OM Oy. [Viitattu 10.4.2013]. Saatavissa:
http://www.outokummunmetalli.fi/yritys_waratah.php.
2. John Deere Forestry Oy. 2013. [Viitattu 10.4.2013]. Saatavissa:
http://www.deere.fi/common/media/images/product/equipment/wheel_ed_harvesters/r2/hero/harvesters_cat_IT4_942x458.jpg.
3. John Deere Forestry Oy. 2013. [Viitattu 10.4.2013]. Saatavissa:
http://www.deere.fi/common/media/images/product/equipment/harvesting_heads/waratah/r2/hero/wa_harvhead_cat_942x458.jpg.
4. Euroopan komissio. 2013. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas. [Viitattu 10.4.2013]. Saatavissa:
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_fi.pdf.
5. Eurokoodi help desk. 2013. [Viitattu: 10.4.2013].
<http://www.eurocodes.fi/>.
6. Teräsrakenneyhdistys ry. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry. ISBN 978-952-9683-50-5.
7. Teräsrakenneyhdistys ry. 2003. Levyrakenteiden suunnittelu. Helsinki: Teknologiatieto Teknova Oy. ISBN 951-817-813-5.
8. Niemi, E. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Helsinki: Painatuskeskus Oy. ISBN 951-37-1115-3.
9. Telatek Group. 2013. Lämpökäsittelyt. [Viitattu 20.4.2013]. Saatavissa:
<http://www.telatek.fi/l-mp-k-sittelyt>.
10. Ruuviliitosten laskenta. 2013. Kurssimateriaali.
11. Outinen, H. & Salmi, T. 2004. Lujuusopin perusteet. Tampere: Pressus Oy. ISBN 952-9835-64-7.
12. Laatikainen, S. 2013. Suunnitteluinsinööri. Waratah OM Oy. Keskustelu. 25.3.2013.
13. D&E Trading. 2013. WB802 liukulaakerit. [Viitattu 15.4.2013]. Saatavissa:
http://www.detrading.fi/products/product_preview.php?id=123&productCatsId=1.
14. Materiaalinvalinta. Aalto University Design Factory. [Viitattu 15.4.2013]. Saatavissa:
[http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=10048%20ekman%20materiaaleis-ta%20\(1\)&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=https%3A%2F%2Fnoppa.aalto.fi%2Fnoppa%2Fkurssi%2F10048%2Fmateriaali%2F10048_ekman__dfma_2.pdf&ei=Gsb-Udm4IJTc4QSA34Ag&usq=AFQjCNEJP4zVgb5r0T0dtDYB9IP_-pjVmw&bvm=bv.45645796,d.bGE](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=10048%20ekman%20materiaaleis-ta%20(1)&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=https%3A%2F%2Fnoppa.aalto.fi%2Fnoppa%2Fkurssi%2F10048%2Fmateriaali%2F10048_ekman__dfma_2.pdf&ei=Gsb-Udm4IJTc4QSA34Ag&usq=AFQjCNEJP4zVgb5r0T0dtDYB9IP_-pjVmw&bvm=bv.45645796,d.bGE).
15. Aimo, P. Koneenpiirustus korkeakouluja varten. 2001. Espoo: Kirpe Oy. ISBN 951-9709-68-1.
16. Salmi, T. Teknillisen mekaniikan perusteet. 2003. Tampere: Pressus Oy. ISBN 952-9835-80-9.
17. Rope length transmitters. 2013. FSG Fernsteuergeräte Kurt Oelsch GmbH. [Viitattu 15.4.2013]. Saatavissa:
<http://www.fernsteuergeraete.de/en/product-range/rope-length-transmitter.html>.

18. Tianen, M. 2013. Tuntiopettaja. Karelia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö-palaveri. 17.4.2013.
19. Nuutamo, V. 2013. Lehtori. Karelia ammattikorkeakoulu. Sähköpostiviesti. 29.4.2013.
20. Teräsrakenneyhdistys ry. Teräsnormikortti. [Viitattu 29.4.2013]. Saatavissa: https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.terasrakenneyhdistys.fi%2Fdocument.php%2F1%2F211%2Fnormikortti9net.pdf%2F03e922527229a2ff10c71c8fc5091564&ei=bo-CUeKyBdHP4QS2koHIDQ&usg=AFQjCNGULXhVK-DMe1tcX_PO4rRmOmpQEw&bvm=bv.45921128,d.bGE.

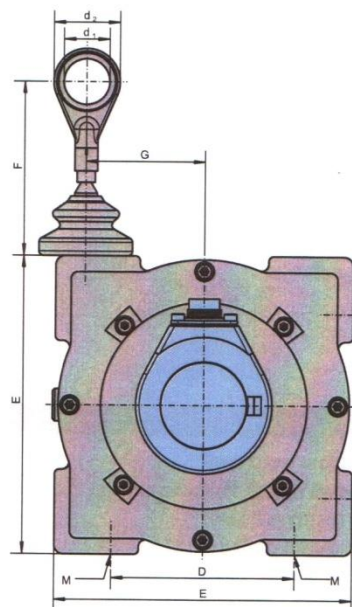
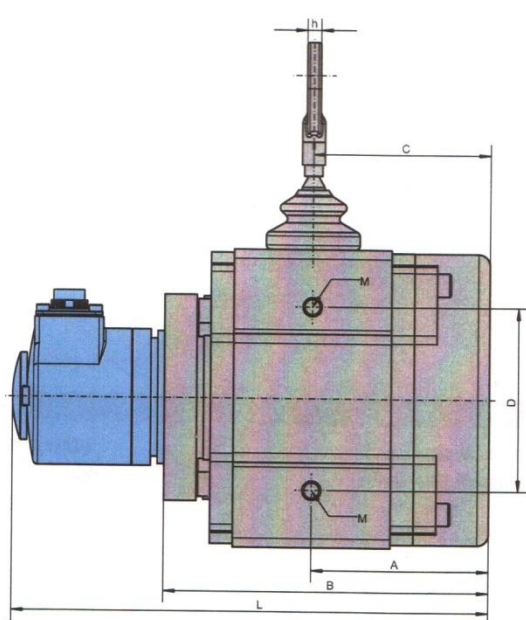
Mechanical data

	SL 3002 GS 55	SL 3001...3003 GS 80				SL 3005...3030 GS 130						SL 3015...3030 GS 190					
Measuring length up to	2 m	1 m	2 m	3 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	
Circumference of drum	125 mm	200 mm	200 mm	200 mm	334.1 mm	334.1 mm	334.1 mm	334.1 mm	334.1 mm	334.1 mm	491.5 mm	491.5 mm	491.5 mm	491.5 mm	491.5 mm	491.5 mm	
Measuring wire diameter	0.55 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	1.35 mm	
Accuracy of drum	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	±0.05 %	
Speed of adjustment	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	4 m / s	
Force of retractile spring	3.5 - 6 N	5 - 15 N	5 - 15 N	5 - 15 N	10 - 21 N	10 - 21 N	10 - 21 N	10 - 21 N	10 - 21 N	10 - 21 N	18 - 37 N	18 - 37 N	18 - 37 N	18 - 37 N	18 - 37 N	18 - 37 N	
Casing material	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	
IP code of casing	IP60*	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	
Material of measuring wire	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	1.4401	
Weight (without encoder)	0.6 kg	0.9 kg	1.1 kg	1.5 kg	2.5 kg	3.5 kg	5.0 kg	6.0 kg	7.5 kg	8.5 kg	7.5 kg	9.3 kg	11.5 kg	14.2 kg	16 kg	20 kg	
Dimensions (mm)																	
A	42.5	34	41.5	70.9	77.4	99.9	146.4	168.9	215.4	237.9	99.7	114.9	157.2	172.5	187.7	202.9	
B	88	77	92	128.9	141.7	187	256	301	370	415	186	217	274	305	335	366	
C	26.5	34	41.5	70.9	77.4	99.9	146.4	168.9	215.4	237.9	99.7	114.9	157.2	172.5	187.7	202.9	
D	46	50	50	50	80	80	80	80	80	80	140	140	140	140	140	140	
E	55	80	80	80	130	130	130	130	130	130	190	190	190	190	190	190	
F	ca. 60	ca. 100	ca. 100	ca. 100	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	ca. 80	
G	19.5	31.5	31.5	31.5	54	54	54	54	54	54	79	79	79	79	79	79	
M	M4 x 8	M6 x 7	M6 x 7	M6 x 7	M8 x 8	M8 x 8	M8 x 8	M8 x 8	M8 x 8	M8 x 8	M10 x 10	M10 x 10	M10 x 10	M10 x 10	M10 x 10	M10 x 10	
L	100-118**	144	159	195.9	207.7	253	322	367	436	481	252	283	340	371	401	432	
h / d1 / d2	2/6/12	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	6/20/n/29	

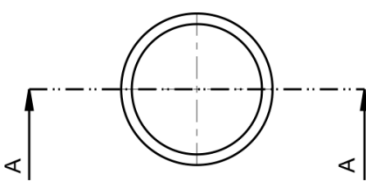
* (IP 65 on request) ** depends on attached encoder

Electrical data

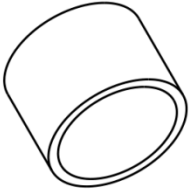
Servo mount size (transmitter)	13	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Potentiometric 1, 2 oder 5 k Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magnetic (absolute) 0 - 20 mA or 4 - 20 mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magnetic (absolute) CAN / CAN open	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magnetic (incremental) up to max. 2.000 pulses /360°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



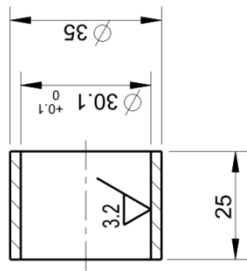
PART NUMBER	VERSION	SHEET 1/1	REV	
SYM	DESCRIPTION			APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES			Markku Hiltunen
	CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)		
		2013-04-24		




A




A-A





6.3



3.2

1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015

2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101

3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mK

EN 10025
S355J2G3

WARATAH OM
JOENSUU, FINLAND

Holkki_30.1_25

JDS-G113

METRIC

SCALE 1.000
SIZE A3
CAGE CODE

ORIGINATOR: CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.

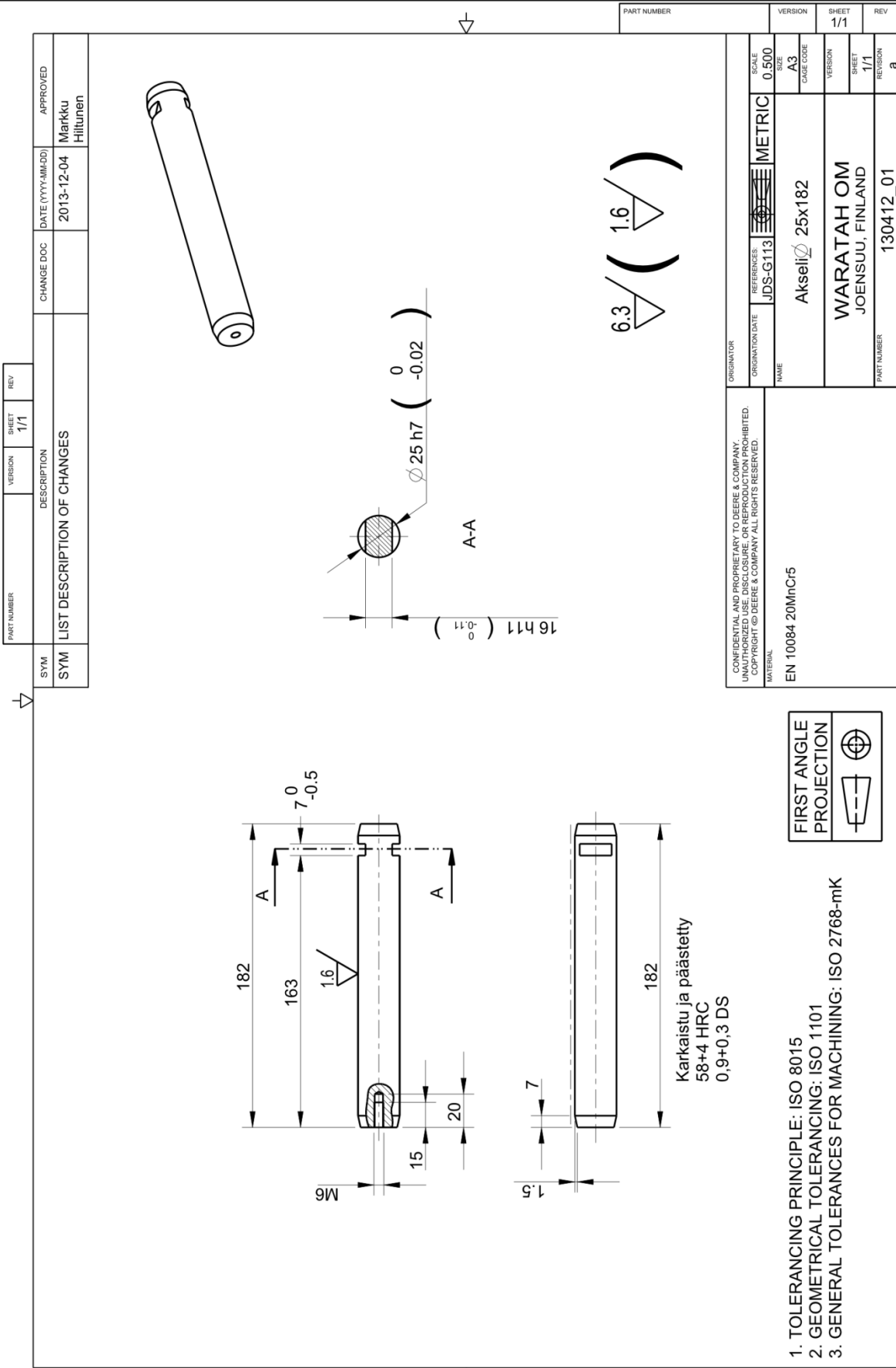
PART NUMBER: 130424_63



1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mK

ORIGINATOR	ORIGINATOR DATE	SCALE	VERSION
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.		1.000	
MATERIAL	REFERENCES	SIZE	SHEET
EN 10025 S355J2G3	JDS-G113	A3	1/1
	NAME	VERSION	REGION
	Holkki_30.1_25		a
	WARATAH OM JOENSUU, FINLAND		
PART NUMBER			
130424_63			

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV				
		1/1					
SYM	DESCRIPTION			CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)	APPROVED	
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES				2013-12-04	Markku Hiltunen	

Karkaistu ja päästetty
58+4 HRC
0,9+0,3 DS

A-A

6.3 (1.6)

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.500	A3	1/1	a
ORIGINATOR	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REGION
JDS-G113	METRIC	30x146	WARATAH OM	1/1	a
NAME	PART NUMBER				
Aksele	130412_02				
MATERIAL					
EN 10084 20MnCr5					

1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015

2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101

3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mK

FIRST ANGLE PROJECTION

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV	DATE (YYYY-MM-DD)	APPROVED
		1/1		2013-12-04	Markku Hiltunen
SYMBOL DESCRIPTION OF CHANGES					
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES				APPROVED
					Markku Hiltunen

Karkaistu ja päästetty
58+4 HRC
0,9+0,3 DS

1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mk

ORIGINATOR	REFERENCES	SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.	JDS-G113	0.500	A3	1/1	a
MATERIAL	NAME	SIZE	VERSION	SHEET	REGION
EN 10084 20MnCr5	Akseli 30x182			1/1	
	WARATAH OM JOENSUU, FINLAND				
	PART NUMBER				
	130412_03				

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV	DATE (YYYY-MM-DD)	APPROVED
		1/1		2013-12-04	Hiltunen Markku
SYMBOL DESCRIPTION					
SYM LIST DESCRIPTION OF CHANGES					

$\phi 40\ h7 \left(\begin{matrix} 0 \\ -0.03 \end{matrix} \right)$

6.3 (1.6)

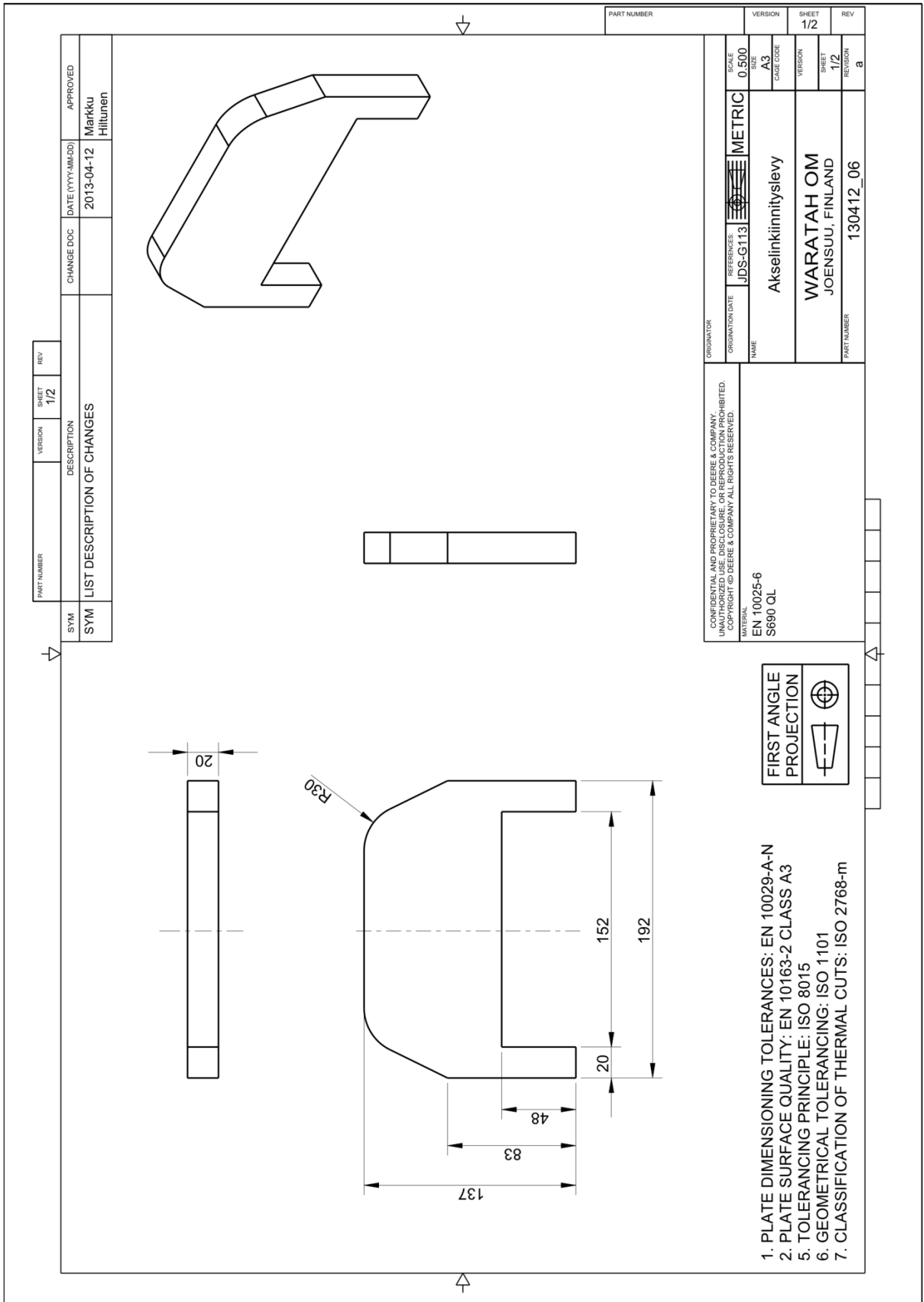
Karkaistu ja päästetty
 58+4 HRC
 0,9+0,3 DS

1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
 2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
 3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mk

FIRST ANGLE PROJECTION

ORIGINATOR	REFERENCES	SCALE	VERSION
JDS-G113	METRIC	0.500	A3
NAME	CAGE CODE	SIZE	VERSION
Akseleli 40x272	WARATAH OM	1/1	1/1
MATERIAL	PART NUMBER	REGION	REV
EN 10084 20MnCr5	130412_04	a	1/1

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV	
		1/1		
SYM	DESCRIPTION			APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES			Markku Hiltunen
	CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)		
		2013-04-12		

FLAT

BENT

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNLAWFUL TO REPRODUCE OR TRANSMIT. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.

MATERIAL
EN 10149-2
S355 ML

FIRST ANGLE
PROJECTION

ORIGINATOR
JDS-G113

SCALE
0.500

SIZE
A3

CAGE CODE
METRIC

ORIGINATOR NAME
Anturinkinnityslevy

VERSION
WARATAH OM

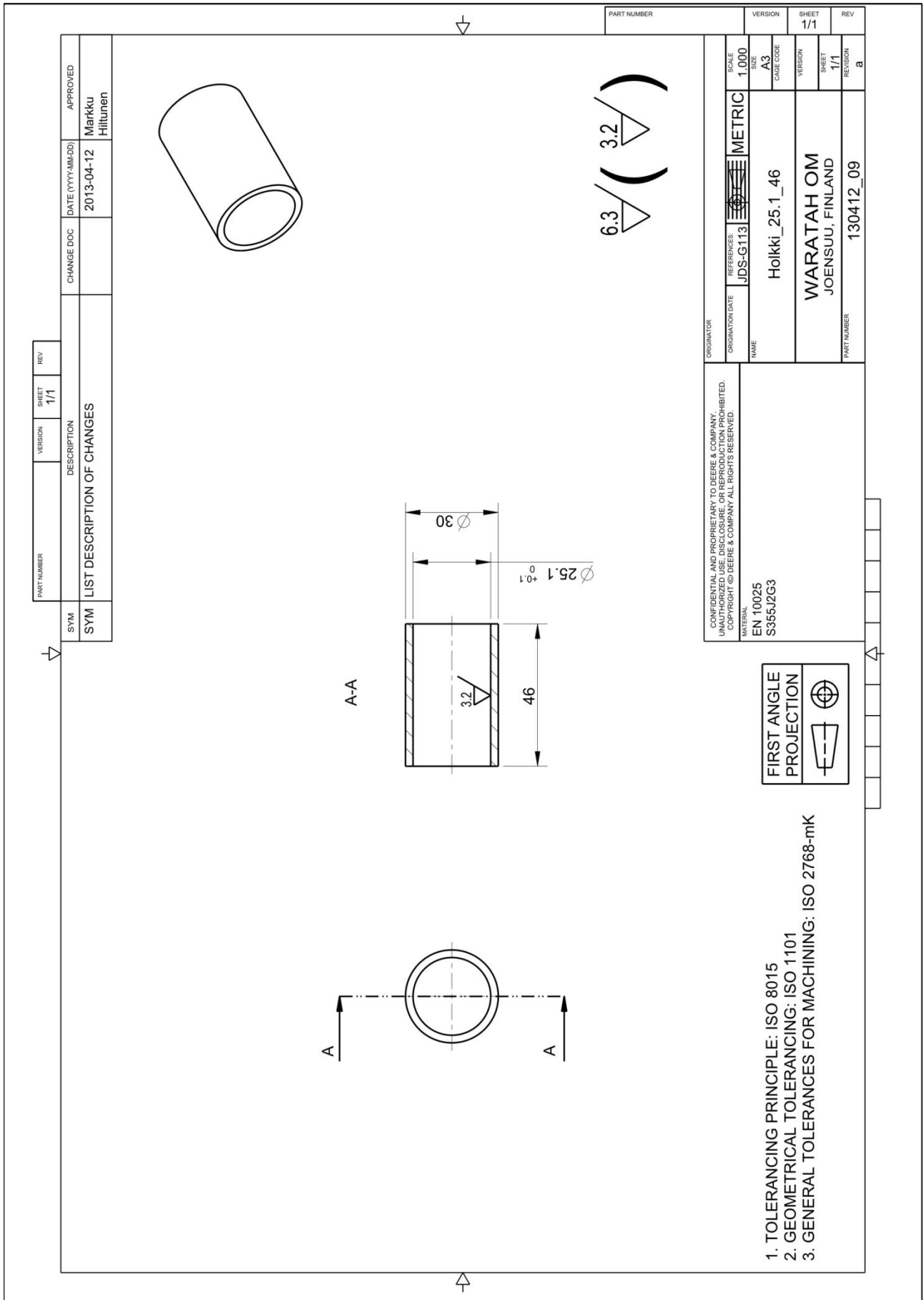
SHEET
1/1

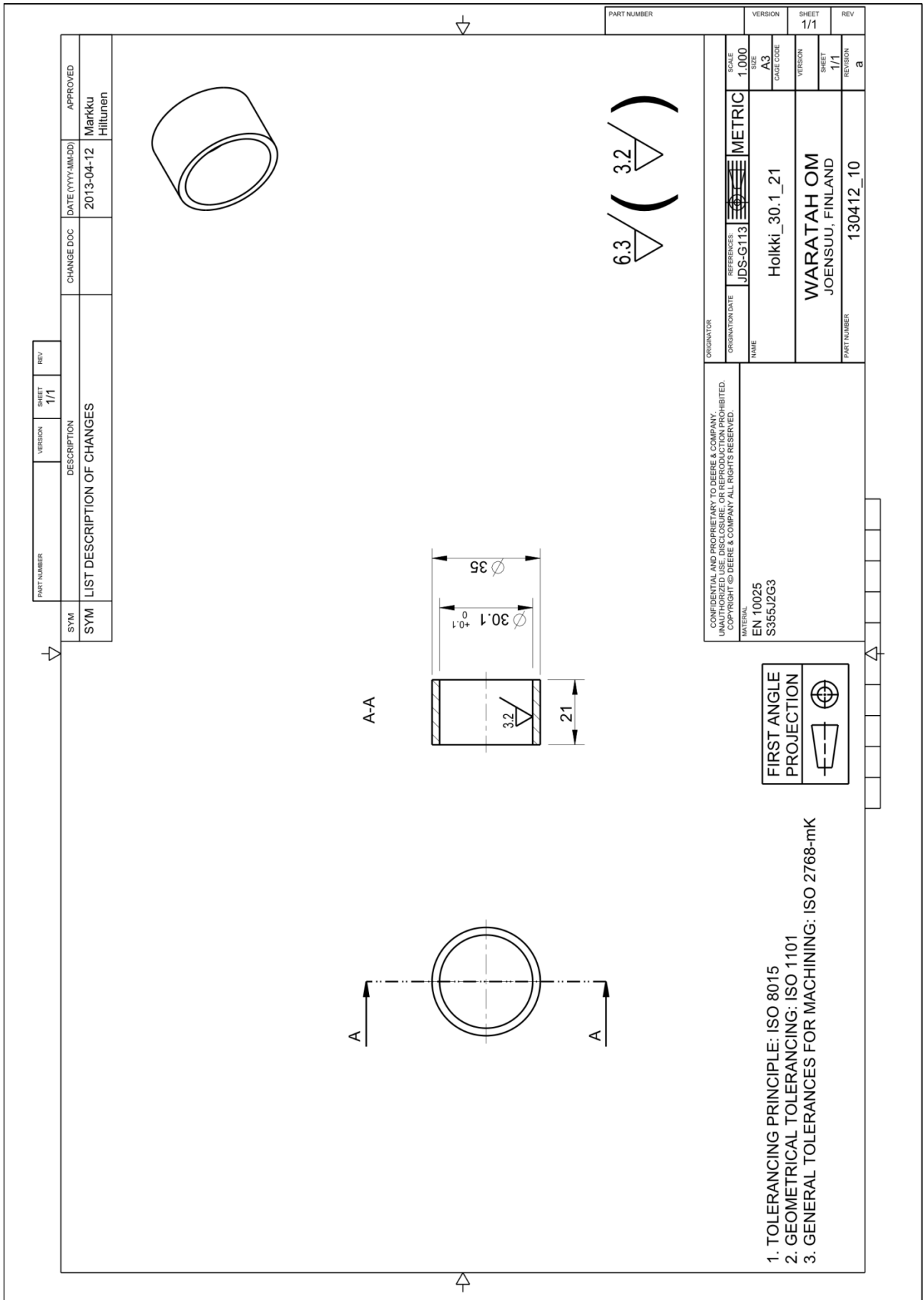
REGION
JOENSUU, FINLAND

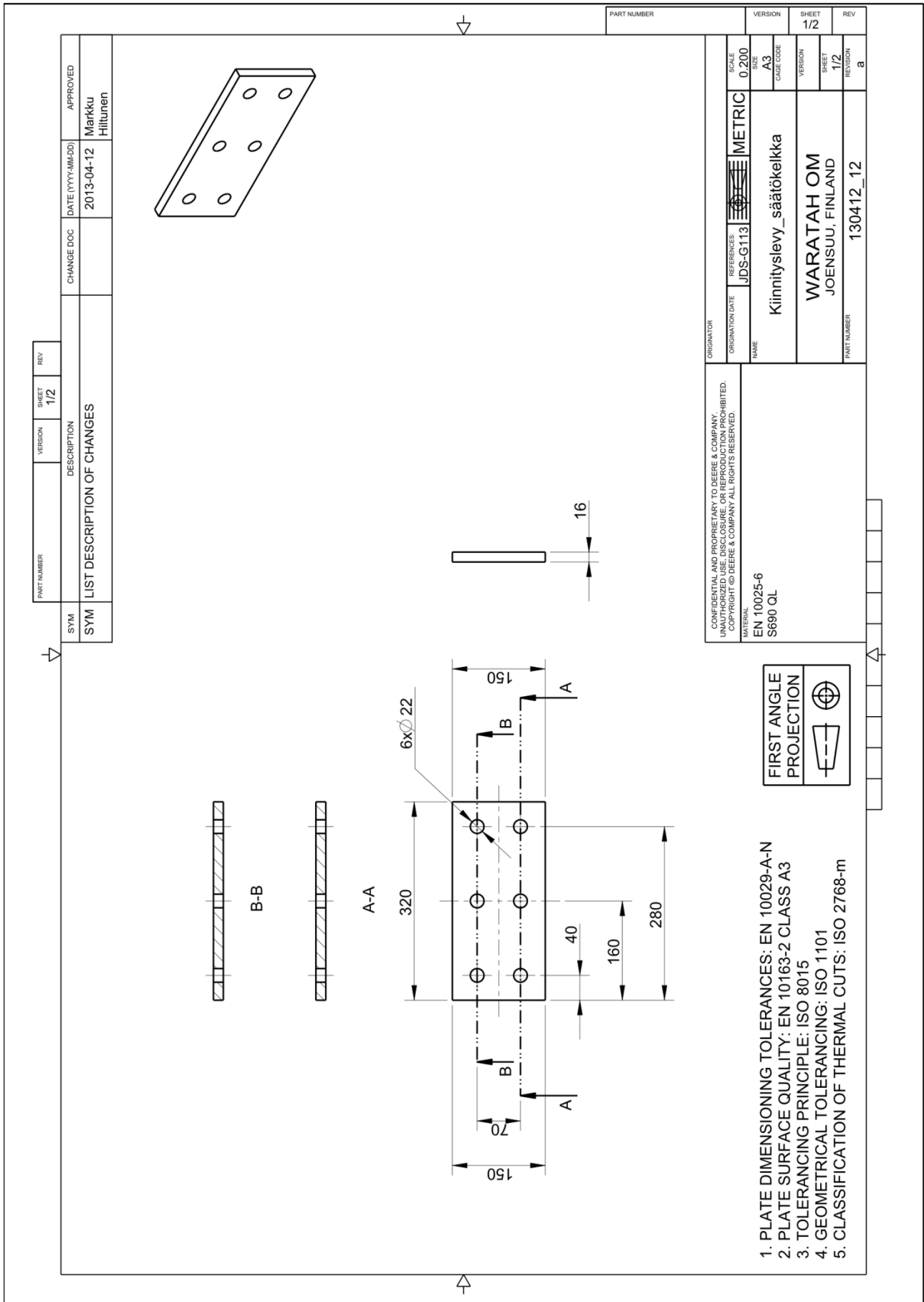
PART NUMBER
130412_07

REV
a

1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
3. GENERAL TOLERANCES FOR BENDING: DIN 6930-m
4. UNBENT LENGTH FOR COLD BENDED STEEL: DIN 6935
5. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
6. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
7. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

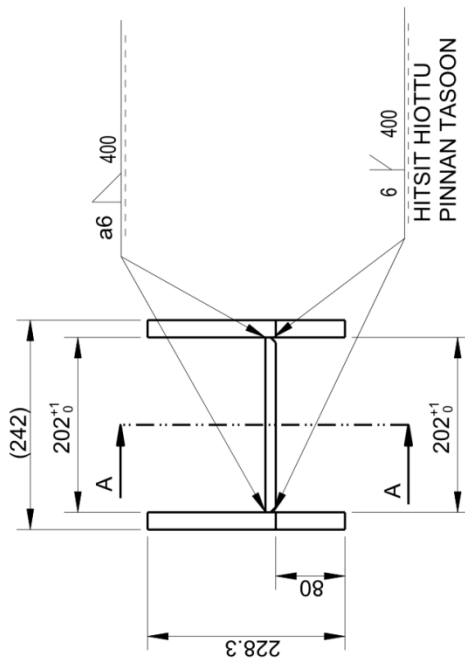
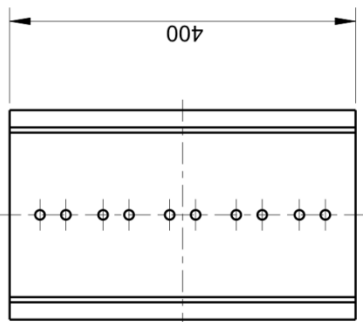




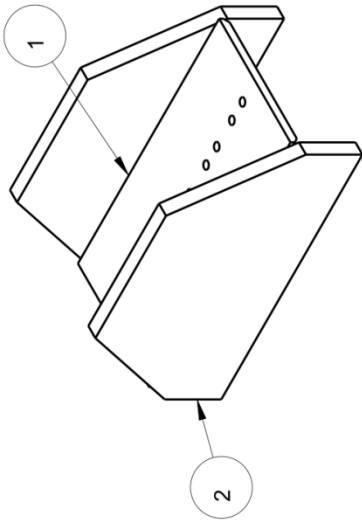
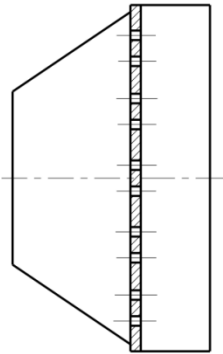


PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	

SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-12	Markku Hiltunen



A-A



ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130412_14-A	1	
2	130412_15-A	2	

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
KESKIKELKKA_HITSIAUS		0.200	A3	1/1	
NAME		REFERENCES	VERSION	SHEET	REGION
Keskikeikka_hitsaus		JDS-G113		1/1	a
ORIGINATION DATE		MATERIAL	PART NUMBER		
130412_13		WARATAH OM JOENSUU, FINLAND	130412_13		



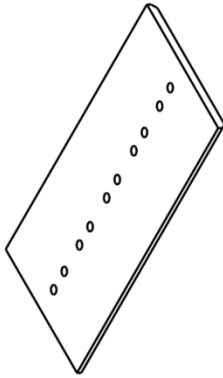
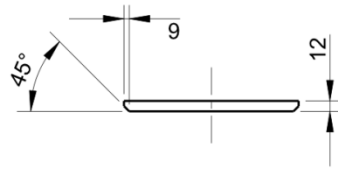
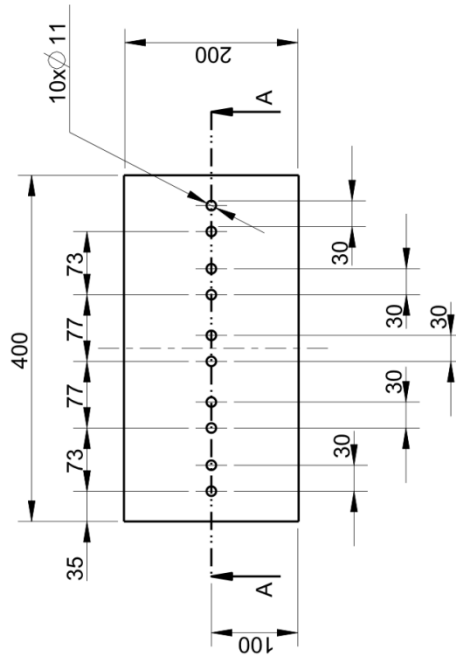
1. WELD SYMBOLS: ISO 2553
2. WELD QUALITY LEVEL: ISO 5817-C
3. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 8015
4. GENERAL WELDING TOLERANCES: ISO 13920-BF

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	

SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-12	Markku Hiltunen



A-A



CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY.
UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED.
COPYRIGHT © DEERE & COMPANY / ALL RIGHTS RESERVED.

MATERIAL
EN 10149-2
S650 MC



1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mK
4. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
5. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
6. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

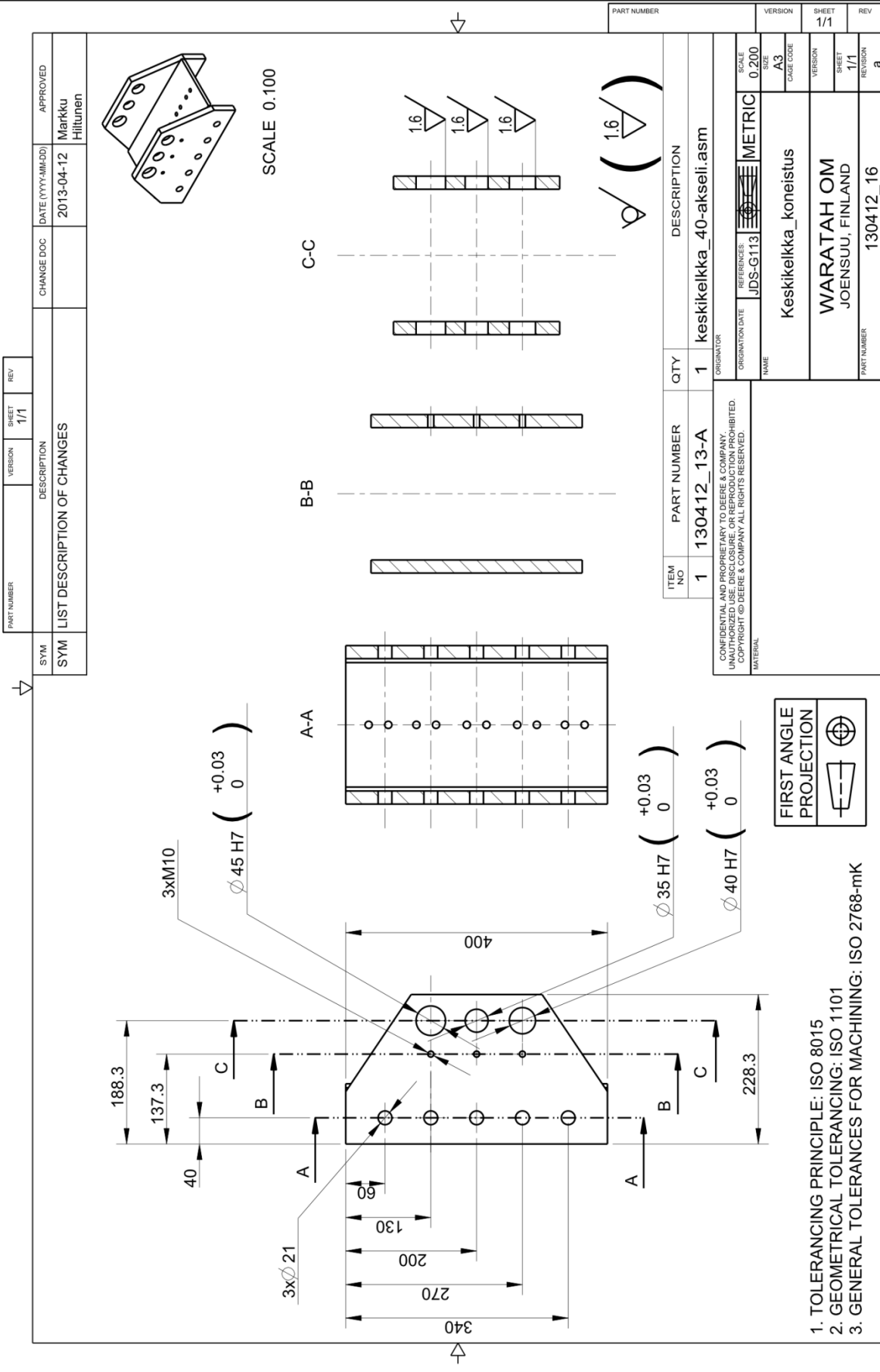
ORIGINATOR	SCALE	VERSION	SHEET	REV
ORIGINATION DATE	SIZE	VERSION	1/2	
NAME	CAGE CODE	VERSION	1/2	a
JDS-G113	METRIC			
REFERENCES:				
Kiinnitysalusta rajoitinpalat				
WARATAH OM				
JOENSUU, FINLAND				
PART NUMBER				
130412_14				

PART NUMBER

VERSION

SHEET

REV

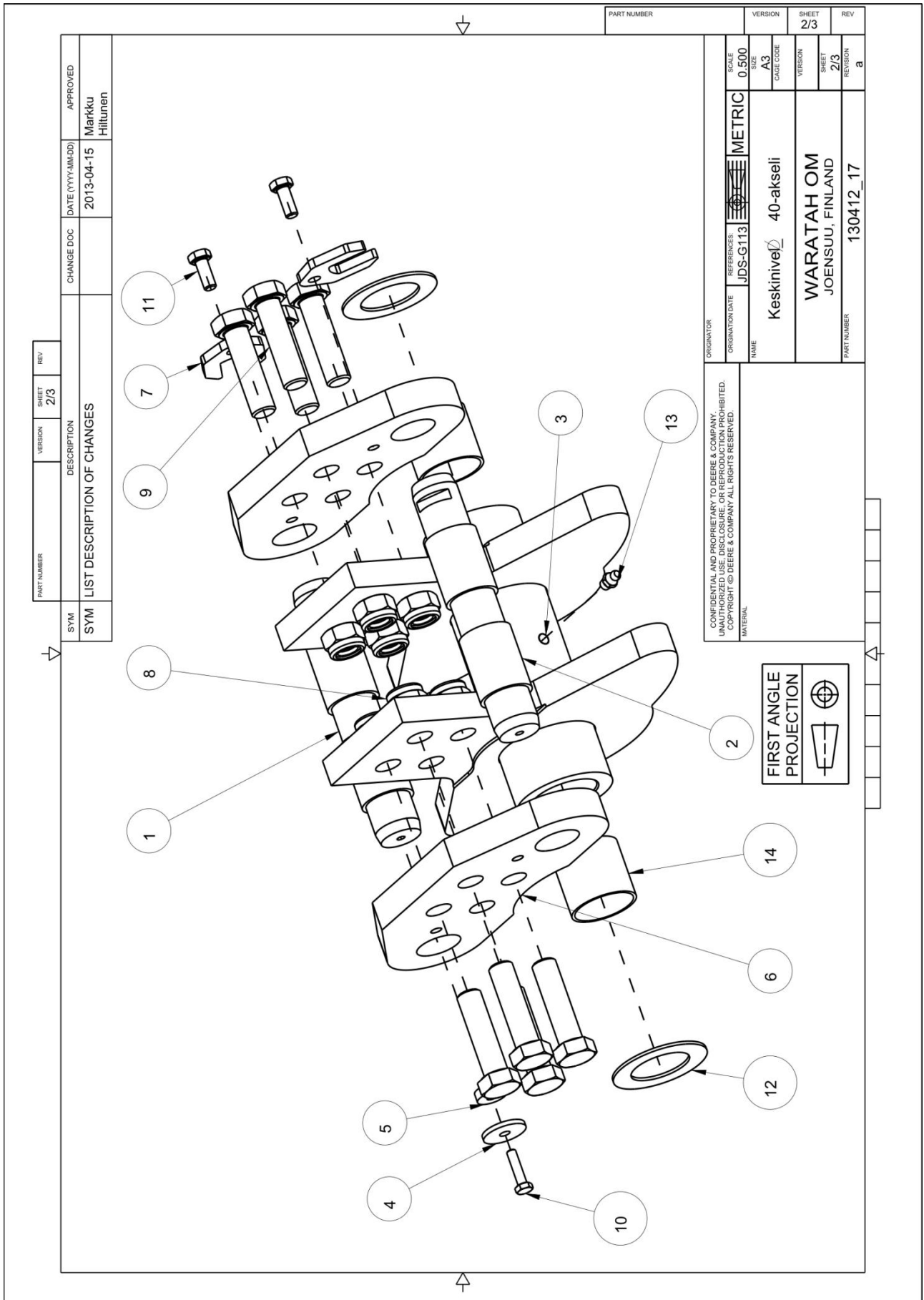


PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	
SYM	DESCRIPTION		
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		
DATE (YYYY-MM-DD)	CHANGE DOC	APPROVED	
2013-04-12		Markku Hiltunen	

ITEM NO	PART NUMBER	QTY	DESCRIPTION
1	130412_13-A	1	keskielikka_40-akseli.asm
ORIGINATOR			
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ALL RIGHTS RESERVED.			
ORIGINATION DATE	REFERENCES	SCALE	SIZE
	JDS-G113	0.200	A3
NAME	MATERIAL	VERSION	SHEET
Keskielikka_koneistus			1/1
WARATAH OM		VERSION	REGION
JOENSUU, FINLAND			a
PART NUMBER	130412_16		

FIRST ANGLE PROJECTION

1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mK



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		2/3	
SYMBOL DESCRIPTION			
SYM LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
APPROVED			DATE (YYYY-MM-DD)
Markku Hiltunen			2013-04-15

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ALL RIGHTS RESERVED.		0.500		2/3	
ORIGINATOR	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REV
JDS-G113		A3		2/3	
NAME			VERSION	SHEET	REV
Keskinivel 40-akseli				2/3	
			VERSION	SHEET	REV
				2/3	
PART NUMBER			VERSION	SHEET	REV
130412_17				2/3	

FIRST ANGLE PROJECTION

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		3/3	

SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-15	Markku Hiltunen

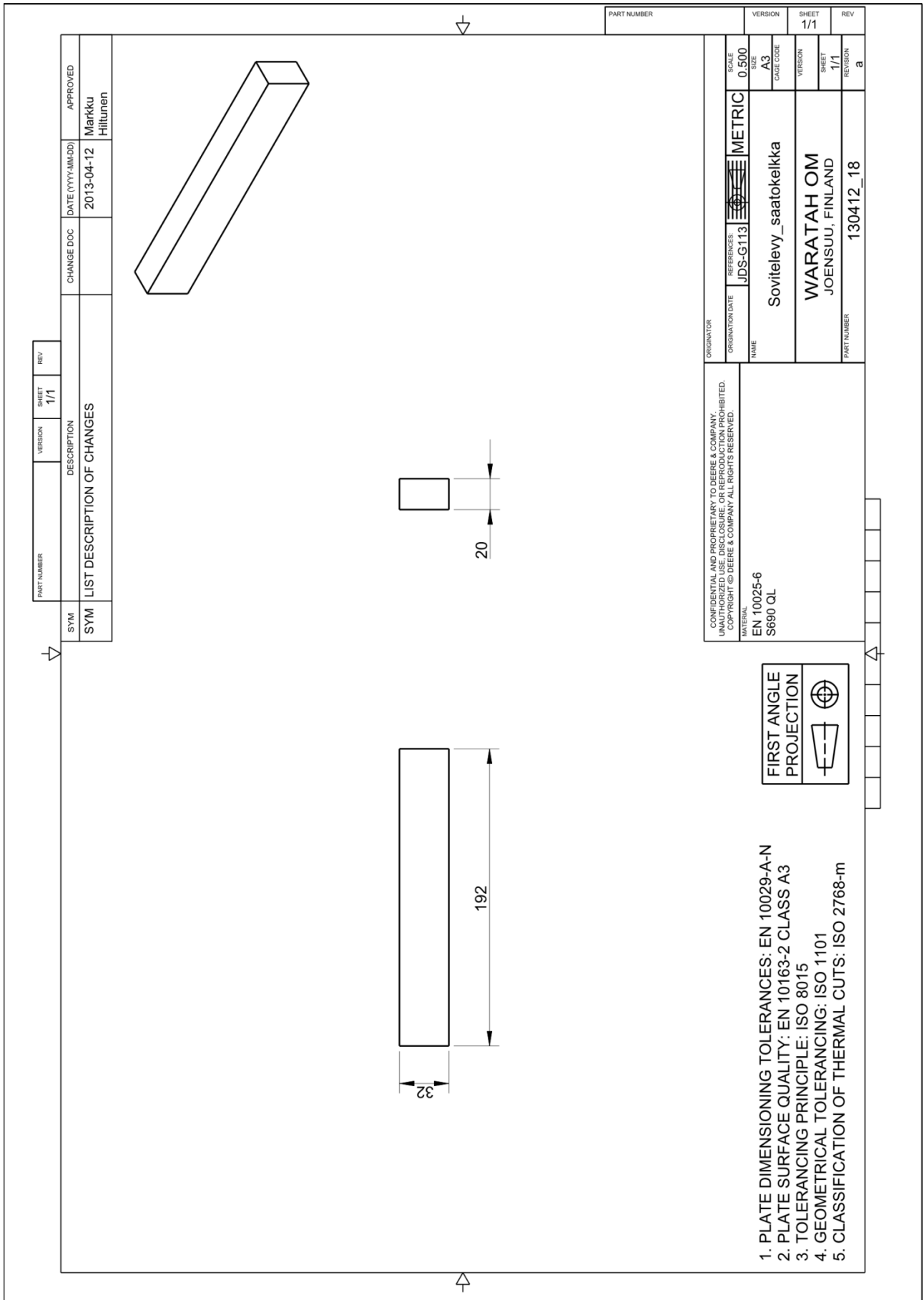
ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130412_03-A	2	
2	130412_11-A	4	
3	130417-29-A	1	
4	130417_40-A	1	
5	130417_41-A	1	
6	130424_61-A	2	
7	LUKITUSLEVY_30	2	
8	M16_NYLON	8	
9	M16X60	8	
10	M6X25	1	
11	M8X20	2	
12	PAITTAISLAAKERI_40_64	2	
13	RASVANIPPA_M8X1	1	
14	WB802_4040	2	

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		3/3	

FIRST ANGLE PROJECTION

SIZE	PART NUMBER	VERSION	REV
A3	130412_17		a
SCALE			
0.500	METRIC		3/3





PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	
SYMBOL DESCRIPTION			
SYM LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
DATE (YYYYMMDD)	CHANGE DOC	APPROVED	
2013-04-12		Markku Hiltunen	

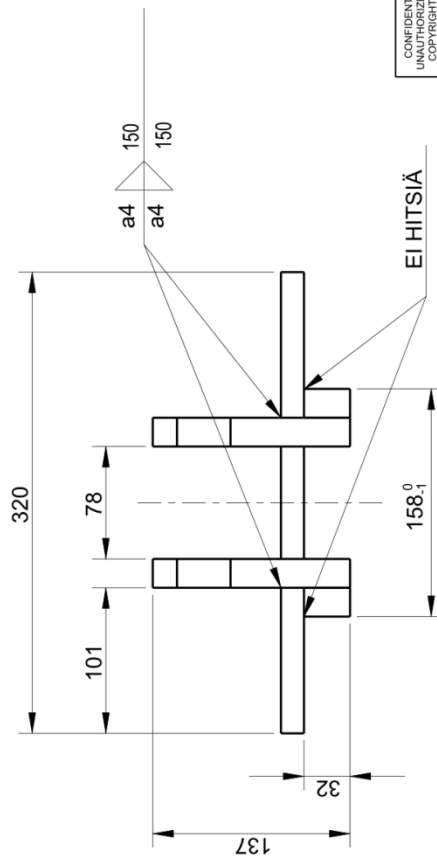
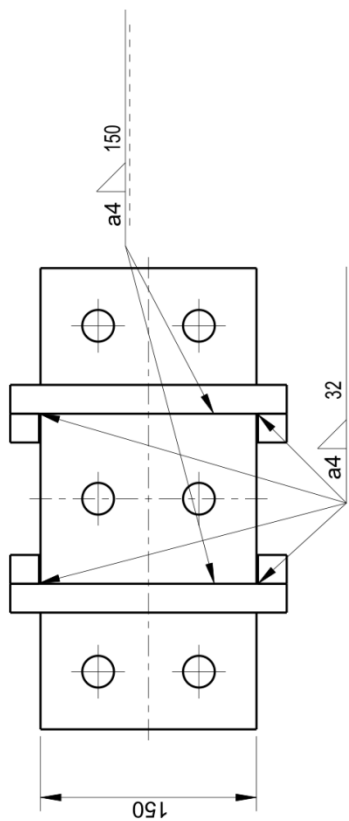
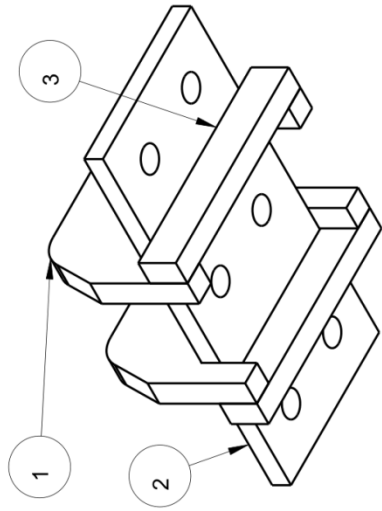
ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.500		1/1	
ORIGINATION DATE	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REGION
JDS-G113		A3		1/1	a
NAME	Sovitelevy_saatokelkka		PART NUMBER		
	WARATAH OM		130412_18		
	JOENSUU, FINLAND				



1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	

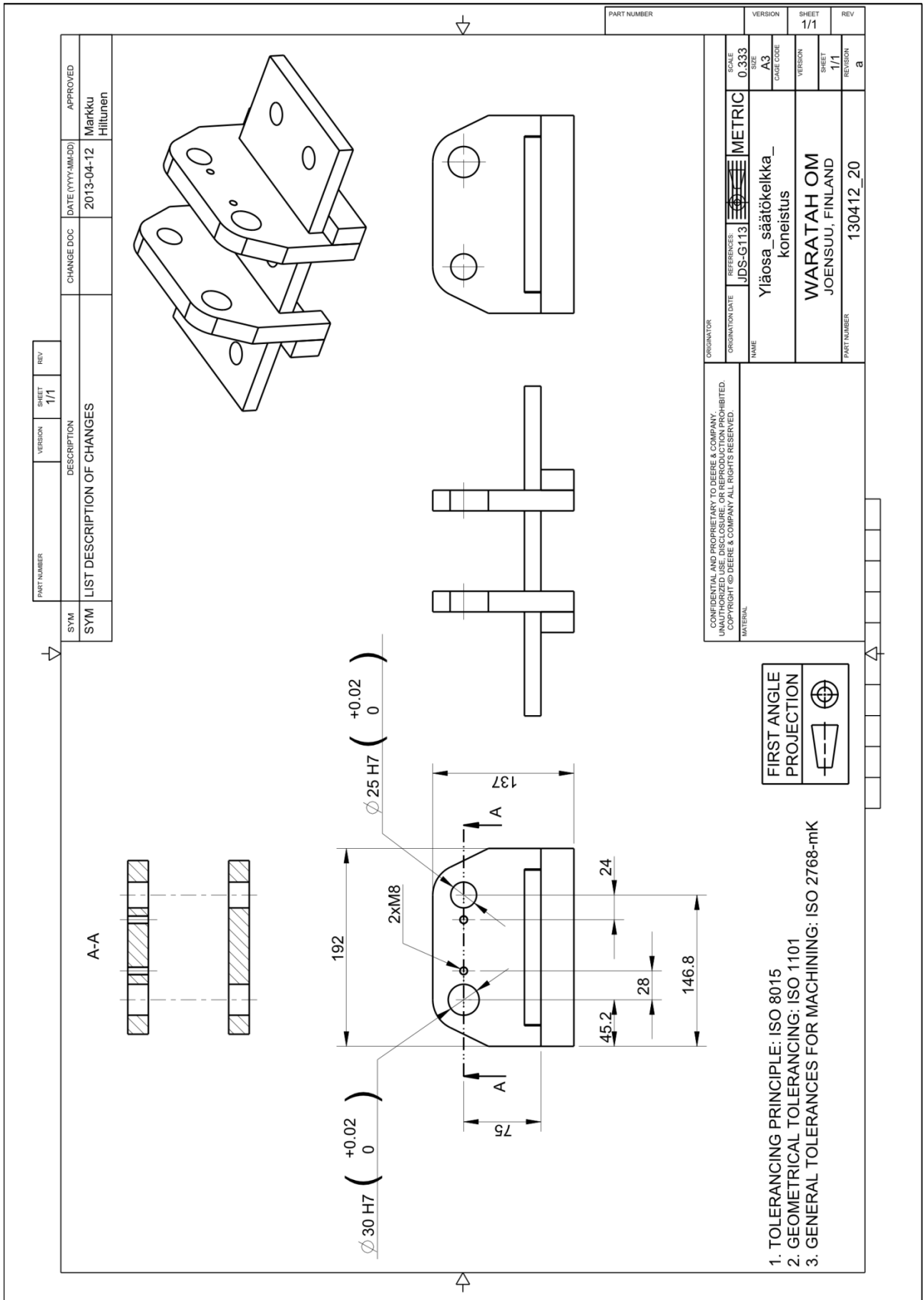
SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-12	Markku Hiltunen



- 1. WELD SYMBOLS: ISO 2553
- 2. WELD QUALITY LEVEL: ISO 5817-C
- 3. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 8015
- 4. GENERAL WELDING TOLERANCES: ISO 13920-BF

ITEM NO	PART NUMBER	QTY
1	130412_06-A	2
2	130412_12-A	1
3	130412_18-A	2

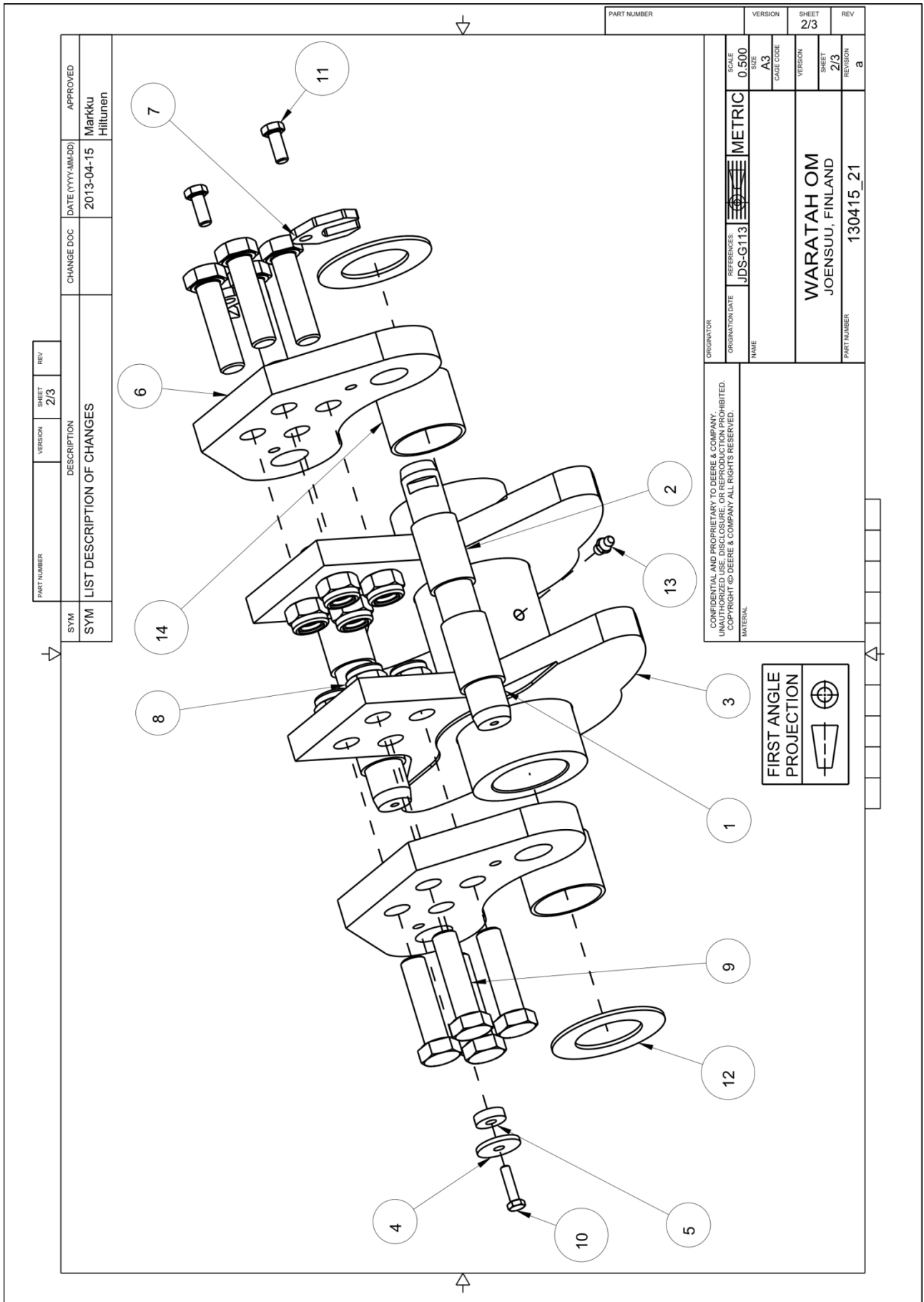
ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNLAWFUL TO REPRODUCE OR TRANSMIT. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.333	A3	1/1	
ORIGINATION DATE	REFERENCES	UNIT	VERSION	SHEET	REGION
JDS-G113	METRIC	METRIC		1/1	a
NAME		SIZE			
		A3			
Yläosa_säätökeikka_hitsaus					
WARATAH OM					
JOENSUU, FINLAND					
PART NUMBER					
130412_19					



ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.		0.333		1/1	
ORIGINATION DATE	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REGION
JDS-G113	METRIC	A3		1/1	a
NAME	Yläosa_säätökellikka_koneistus				
PART NUMBER	WARATAH OM JOENSUU, FINLAND				
	130412_20				



1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mk



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		2/3	

SYMBOL	DESCRIPTION	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES	2013-04-15	Markku Hiltunen

CHANGE DOC	ORIGINATOR	SCALE	VERSION	SHEET	REV
		0.500		2/3	

REFERENCES	SIZE	CAGE CODE	VERSION	SHEET	REV
JDS-G113	A3			2/3	

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
METRIC		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

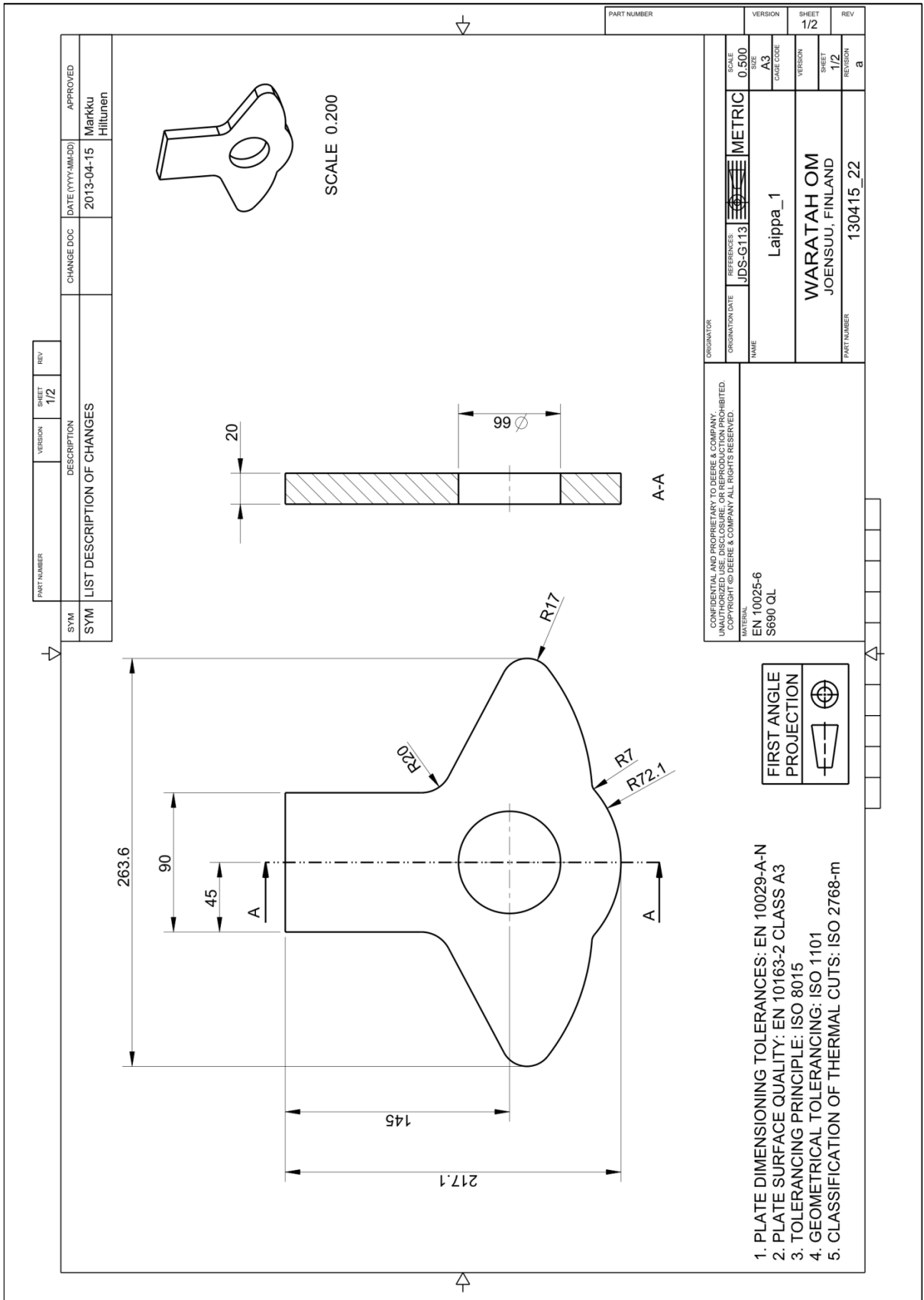
ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21

ORIGINATOR	NAME	PART NUMBER
		130415_21



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	
DESCRIPTION			
LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
SYM			
SYM			

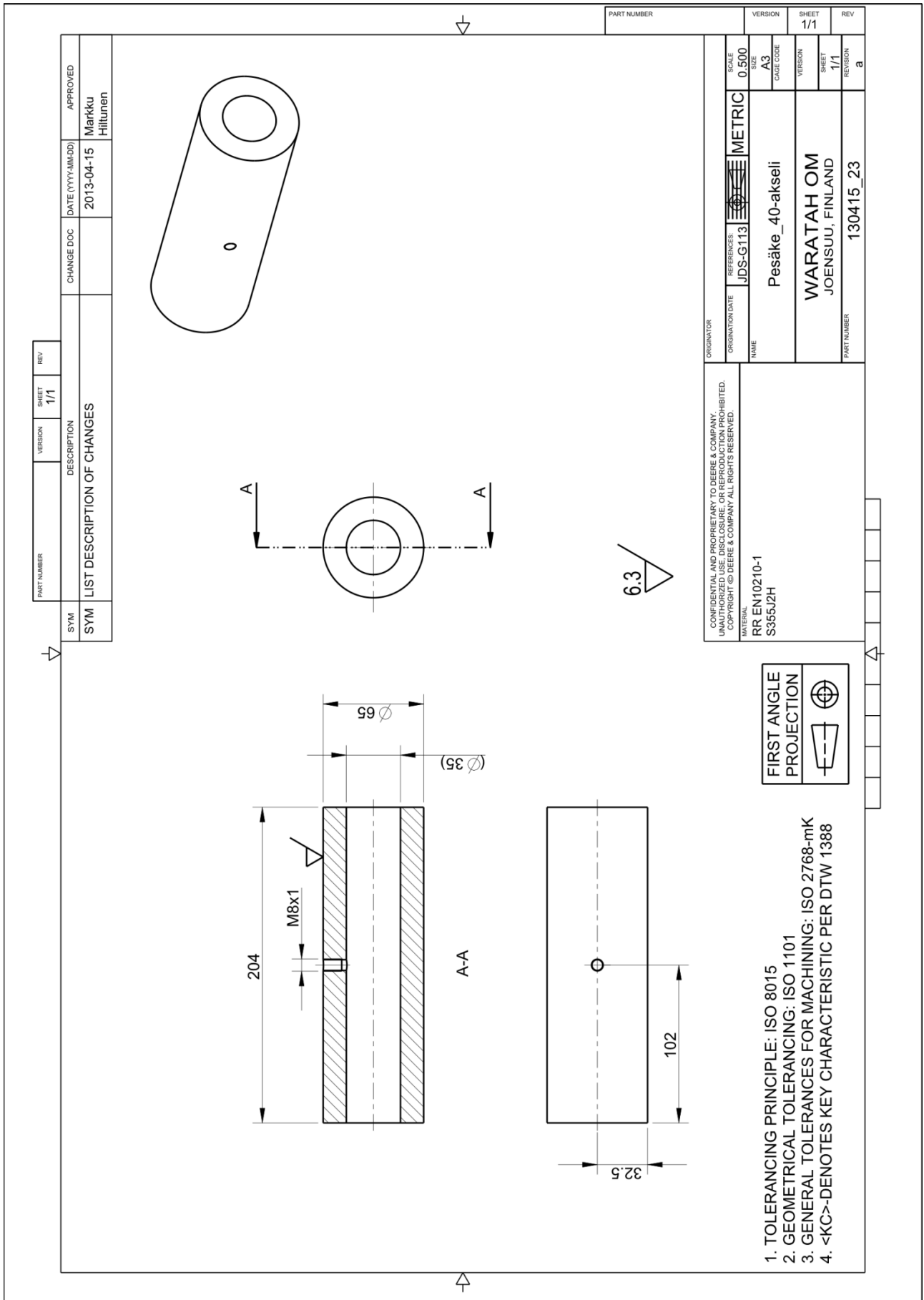
DATE (YYYYMMDD)	2013-04-15
CHANGE DOC	
APPROVED	Markku Hiltunen

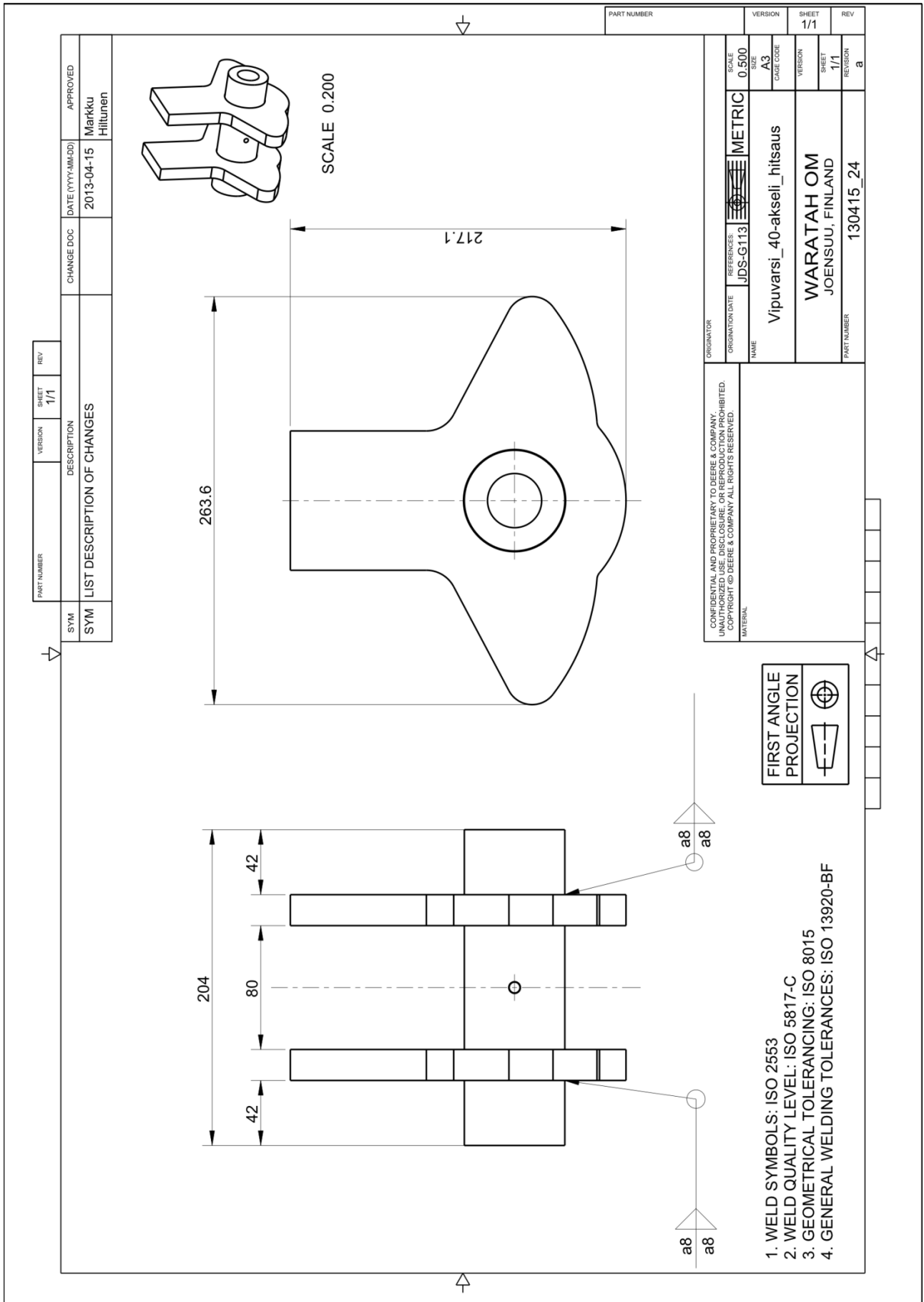
ORIGINATOR		SCALE	0.500
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.		SIZE	A3
EN 10025-6		VERSION	
S690 QL		SHEET	1/2
FIRST ANGLE PROJECTION		REGION	a
		REFERENCES	JDS-G113
<p>1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N</p> <p>2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3</p> <p>3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015</p> <p>4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101</p> <p>5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m</p>		NAME	Laippa_1
		PART NUMBER	130415_22

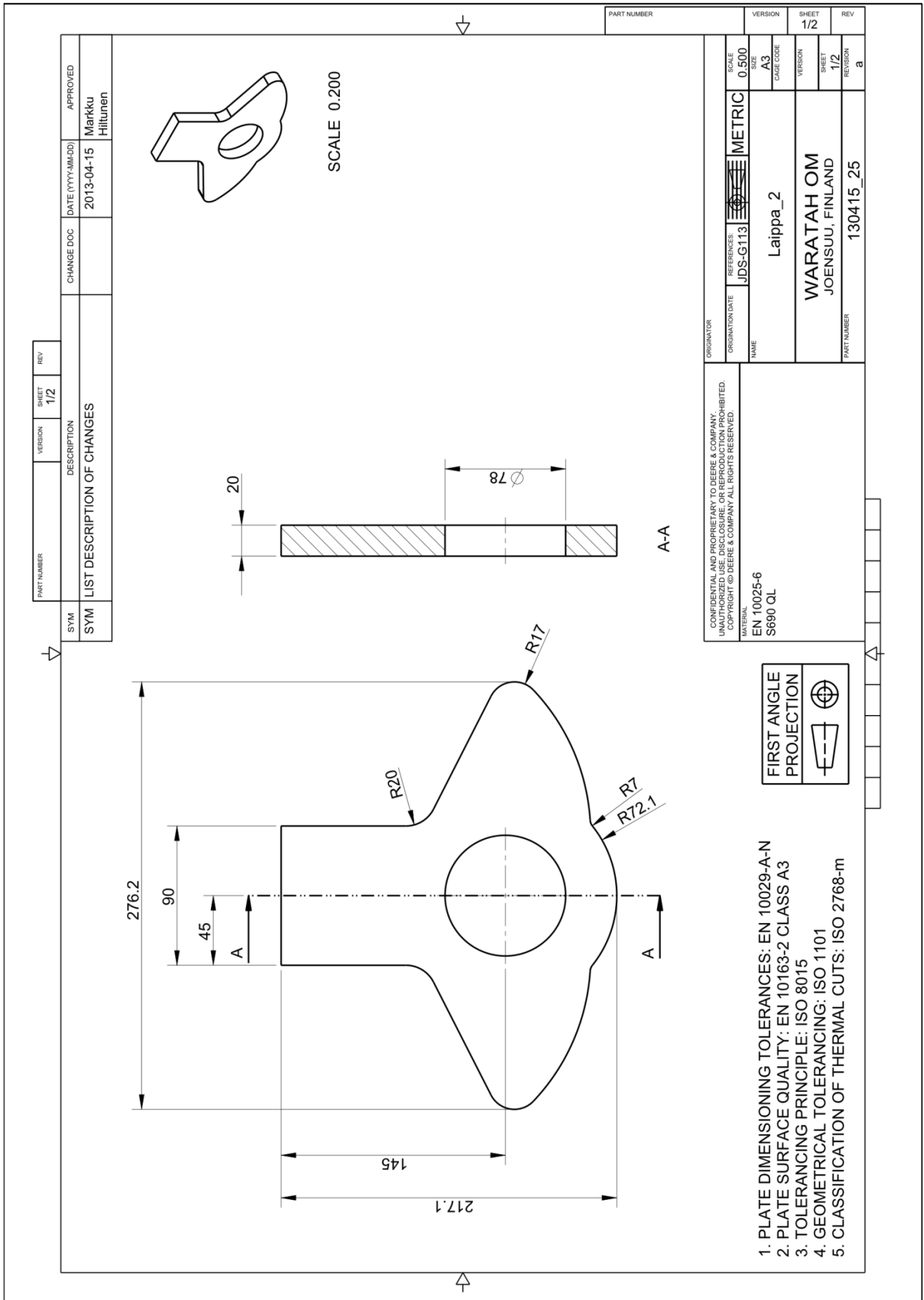
SCALE 0.200

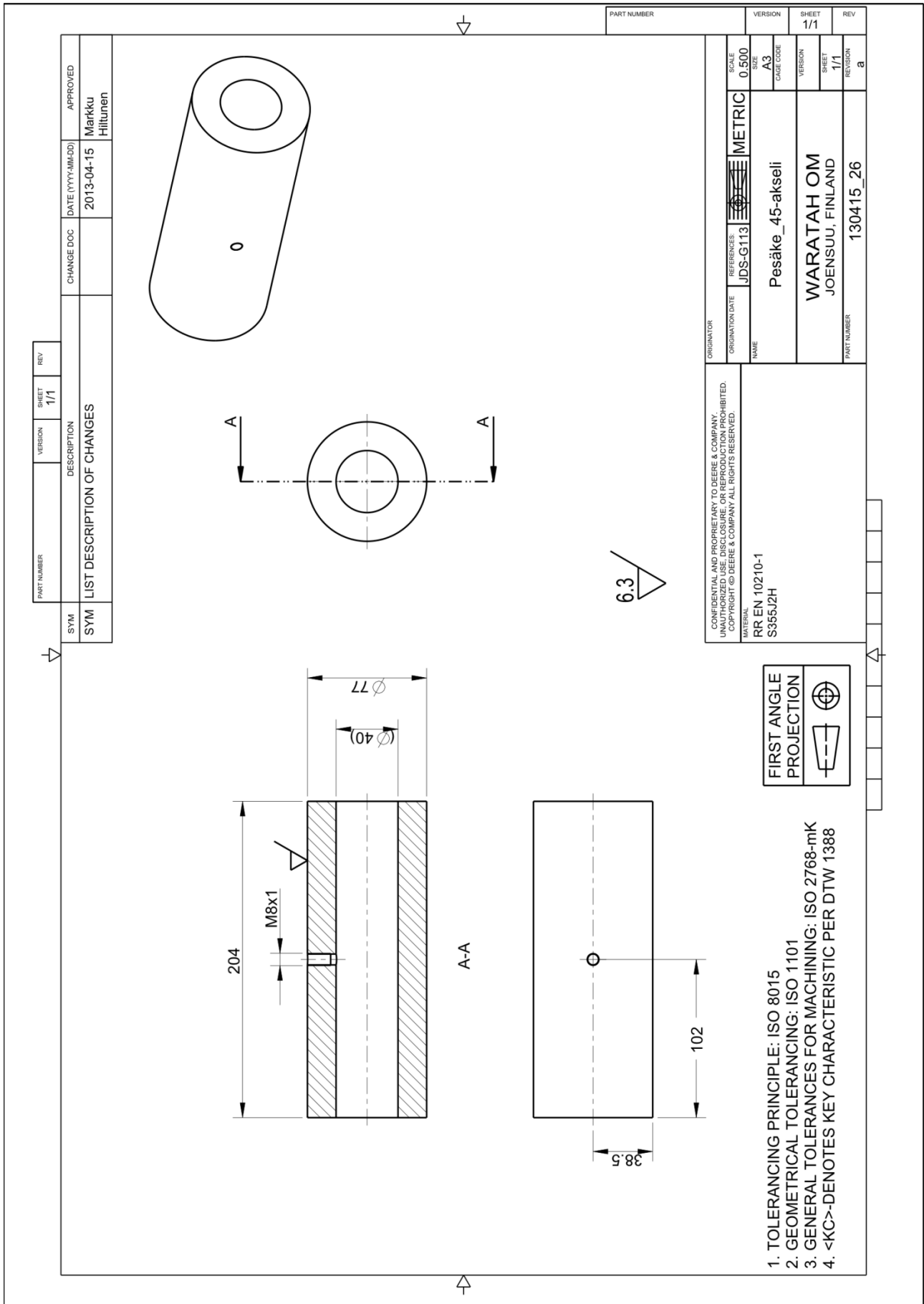
A-A

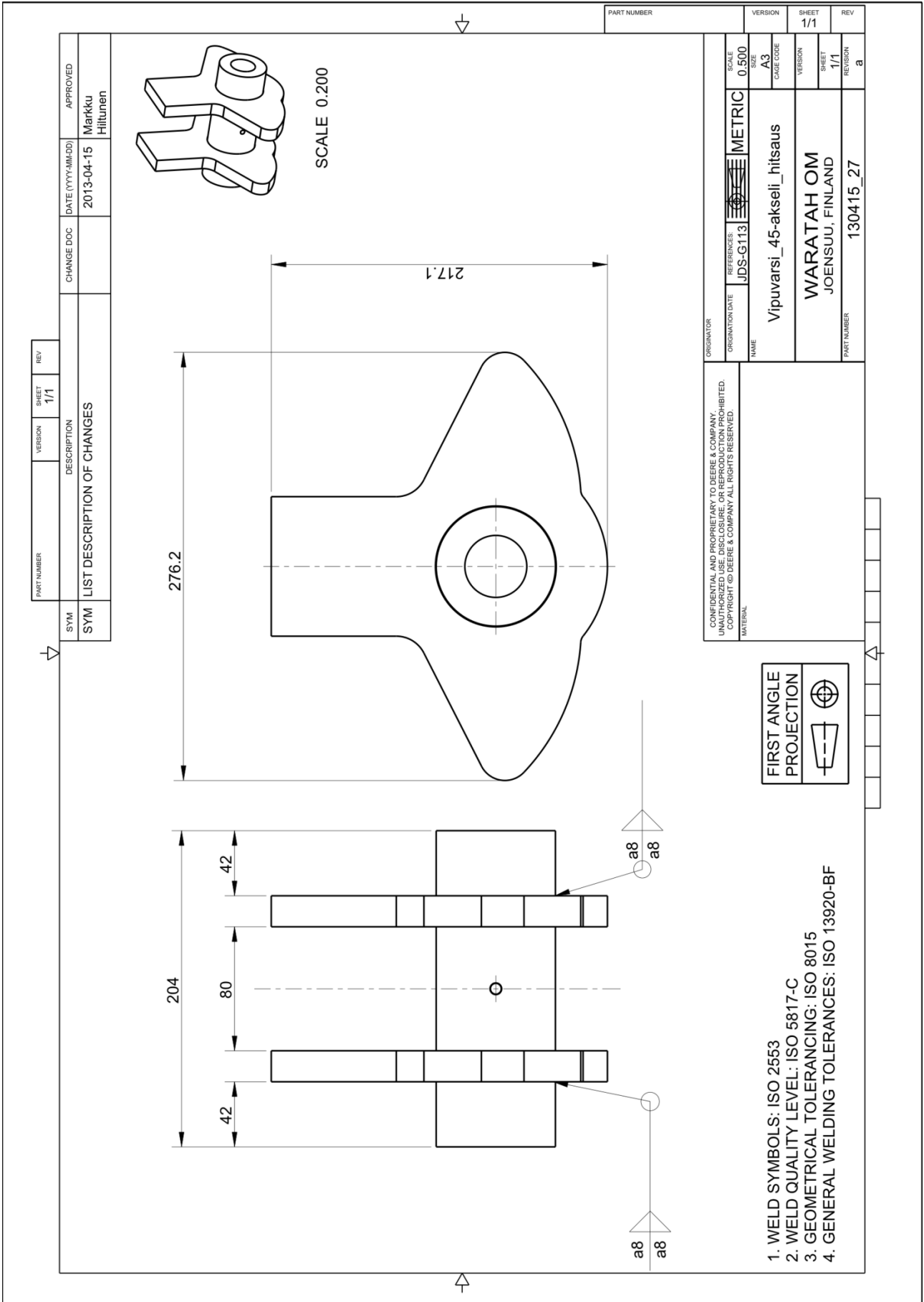
1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m









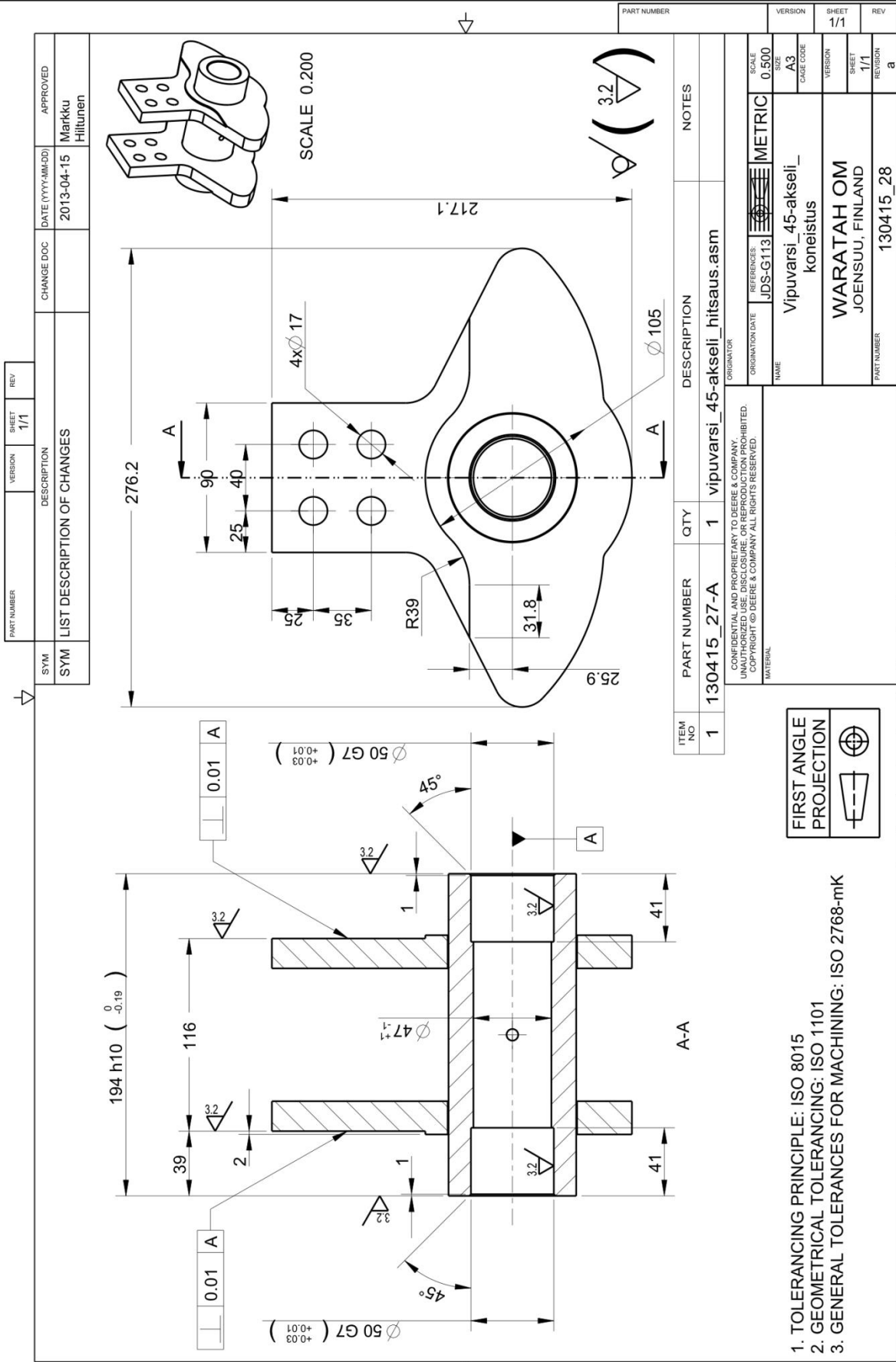


PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	
SYMBOL DESCRIPTION			
SYM LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
DATE (YYYYMMDD)			APPROVED
2013-04-15			Markku Hiltunen

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
Vipuvarsi_45-akseli_hitsaus		0.500		1/1	
NAME		SIZE	VERSION	SHEET	REV
WARATAH OM		A3		1/1	
JOENSUU, FINLAND		METRIC	REFERENCES	PART NUMBER	
		JDS-G113		130415_27	
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.					
MATERIAL					



1. WELD SYMBOLS: ISO 2553
2. WELD QUALITY LEVEL: ISO 5817-C
3. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 8015
4. GENERAL WELDING TOLERANCES: ISO 13920-BF



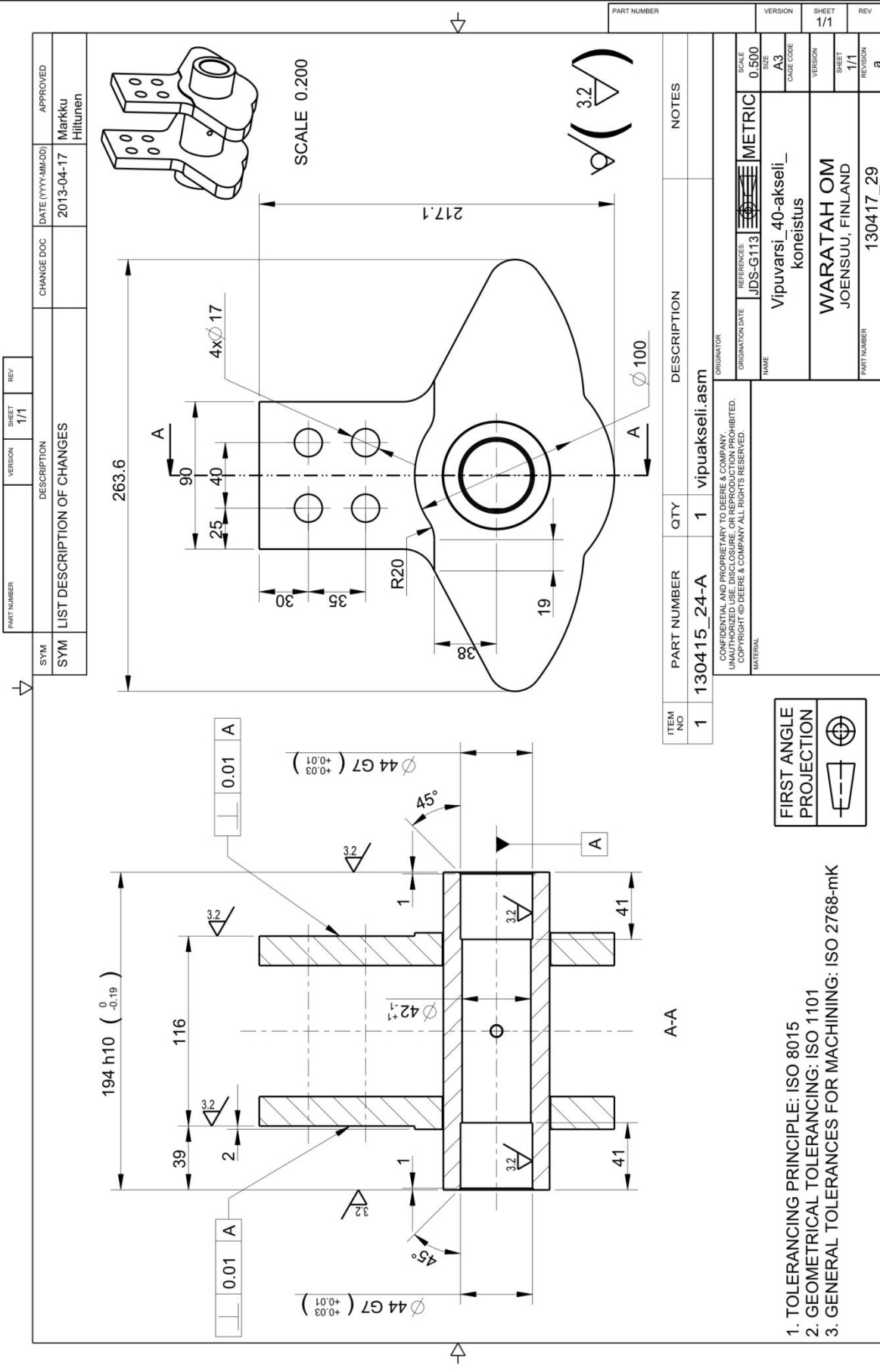
PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV	APPROVED
		1/1		Markku Hiltunen
SYM		DESCRIPTION		DATE (YYYYMMDD)
SYM		LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-15
SYM		CHANGE DOC		

ITEM NO	PART NUMBER	QTY	DESCRIPTION	NOTES
1	130415_27-A	1	vipuvarsi_45-akseli_hitsaus.asm	

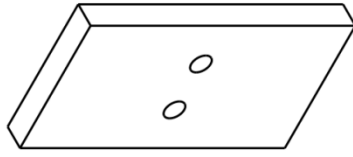
ORIGINATOR	SCALE
Vipuvarsi_45-akseli_koneistus	0.500
REFERENCES	SIZE
JDS-G113	A3
ORIGIN DATE	VERSION
NAME	SHEET
WARATAH OM	1/1
JOENSUU, FINLAND	REGION
PART NUMBER	REV
130415_28	a



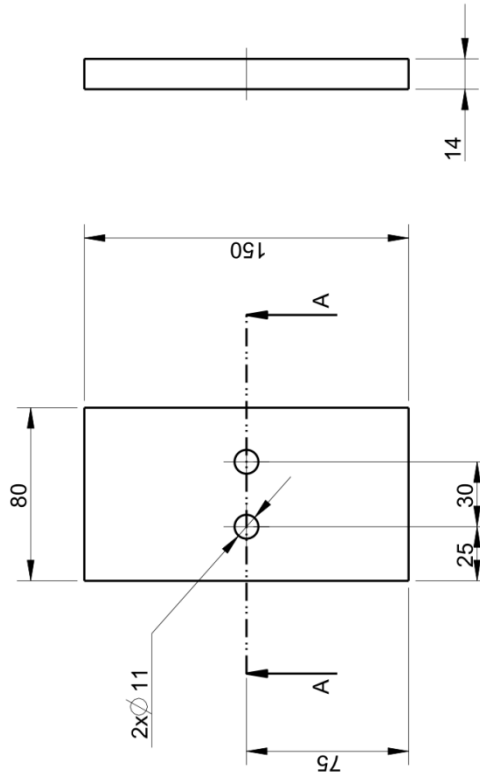
1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mK



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	
DESCRIPTION			
LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
SYM	DATE (YYYYMMDD)	CHANGE DOC	APPROVED
SYM	2013-04-17		Markku Hiltunen



A-A



1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
3. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
4. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m



CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY.
UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED.
COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ALL RIGHTS RESERVED.

MATERIAL
EN 10025-6
S690 QL

ORIGINATOR	REFERENCES	SCALE	VERSION	SHEET	REV
	JDS-G113	0.500		1/2	
ORIGINATOR NAME	ORIGINATOR DATE	SIZE	VERSION	SHEET	REVISION
Rajolimpala		A3		1/2	a
PART NUMBER		130417_30			
NAME		WARATAH OM JOENSUU, FINLAND			

PART NUMBER

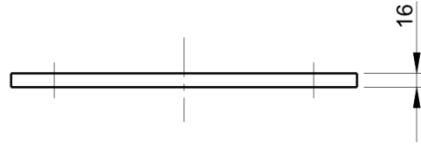
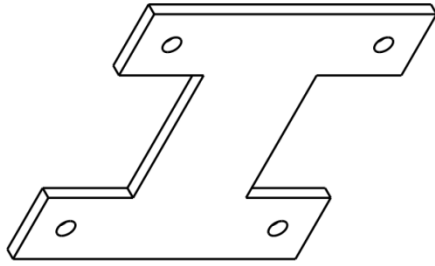
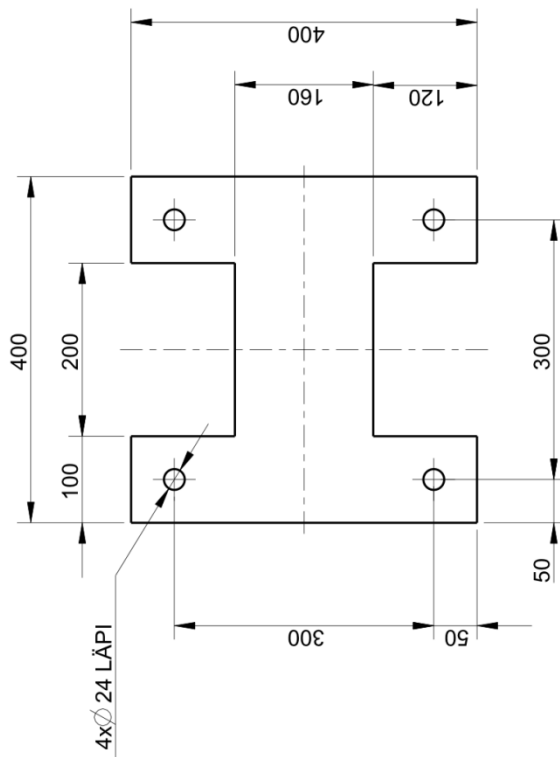
VERSION

SHEET

REV



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	
DESCRIPTION			
LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
SYM	SYMBOL DESCRIPTION		
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		
	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
		2013-04-17	Markku Hiltunen



1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

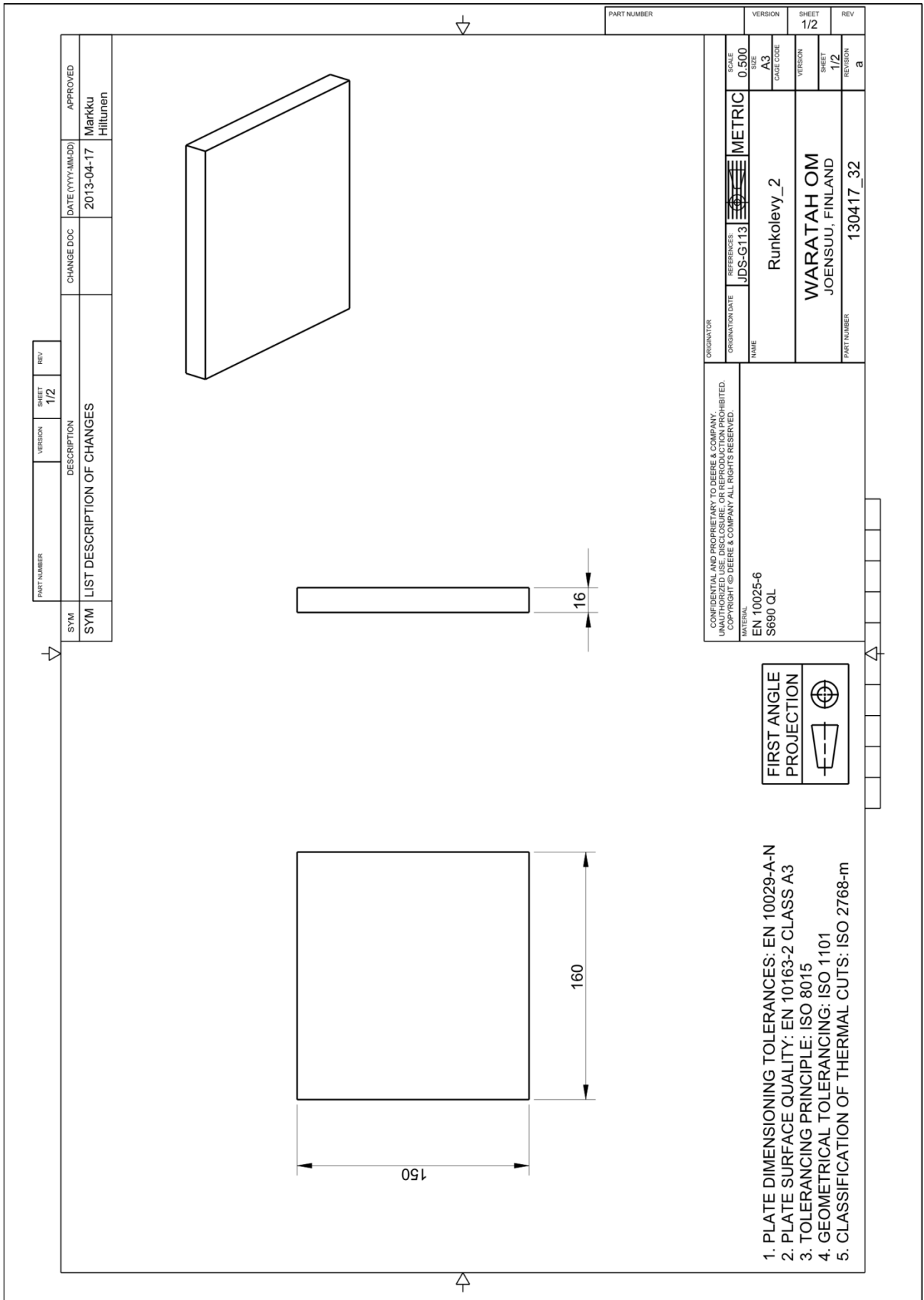


CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY.
 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, ALL RIGHTS RESERVED.
 COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ALL RIGHTS RESERVED.

MATERIAL
 EN 10025-6
 S690 QL

ORIGINATOR	SCALE	METRIC
REFERENCES: JDS-G113	0.200	
ORIGINATION DATE	SIZE	
	A3	
NAME	VERSION	
Runkolevy_1		
	SHEET	
WARATAH OM	1/2	
JOENSUU, FINLAND	REGION	
		a
PART NUMBER		
130417_31		

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	
DESCRIPTION			
LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
SYM	CHANGE DOC		DATE (YYYYMMDD)
SYM			2013-04-17
			APPROVED
			Markku Hiltunen

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY / ALL RIGHTS RESERVED.		0.500		1/2	
ORIGINATION DATE	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REGION
	JDS-G113	A3		1/2	a
NAME	Runkolevy_2				
MATERIAL		PART NUMBER			
EN 10025-6 S690 QL		130417_32			
FIRST ANGLE PROJECTION		WARATAH OM JOENSUU, FINLAND			

1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV	
		1/2		
SYM	DESCRIPTION			APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES			Markku Hiltunen
	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)		
		2013-04-17		

400

2x∅24

170

88

50

350

A-A

16

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.

MATERIAL: EN 10025-6 S690 QL

FIRST ANGLE PROJECTION

1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3
3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015
4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101
5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

ORIGINATOR: Runkolevy_3

REFERENCES: JDS-G113

SCALE: 0.200

SIZE: A3

VERSION: 1/2

SHEET: 1/2

REGION: a

PART NUMBER: 130417_33

WARATAH OM
JOENSUU, FINLAND

PART NUMBER	VERSION
	SHEET 1/2
	REV

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV		
SYM	DESCRIPTION			CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)
SYMM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES				2013-04-17
				APPROVED	Markku Hiltunen

SCALE 0.050

PART NUMBER

VERSION

SHEET 1/2

REV

SCALE 0.100

SIZE A3

CAGE CODE

VERSION

SHEET 1/2

REVISION

a

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.

MATERIAL

EN 10025-6

S690 QL

ORIGINATOR

REFERENCES: JDS-G113

METRIC

NAME

Runkopalkki

WARATAH OM

JOENSUU, FINLAND

PART NUMBER

130417_34

1. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N

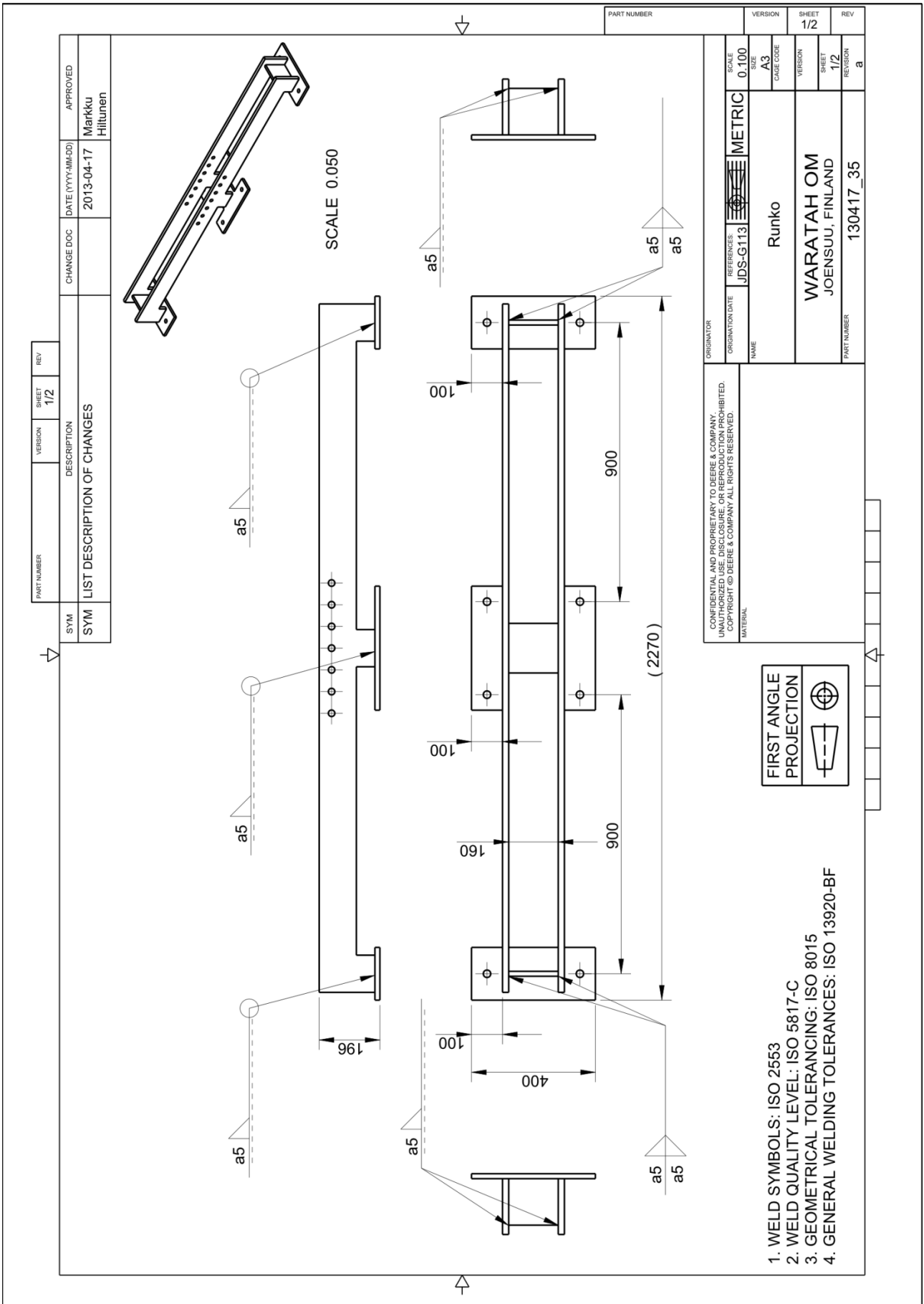
2. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3

3. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015

4. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101

5. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

FIRST ANGLE PROJECTION



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/2	
DESCRIPTION			
SYM LIST DESCRIPTION OF CHANGES			
SYM			
CHANGE DOC		DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
		2013-04-17	Markku Hiltunen

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.100		1/2	
ORIGINATION DATE	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REV
	JDS-G113	A3		1/2	
NAME		REGION			
Runko		a			
WARATAH OM					
JOENSUU, FINLAND					
PART NUMBER	130417_35				

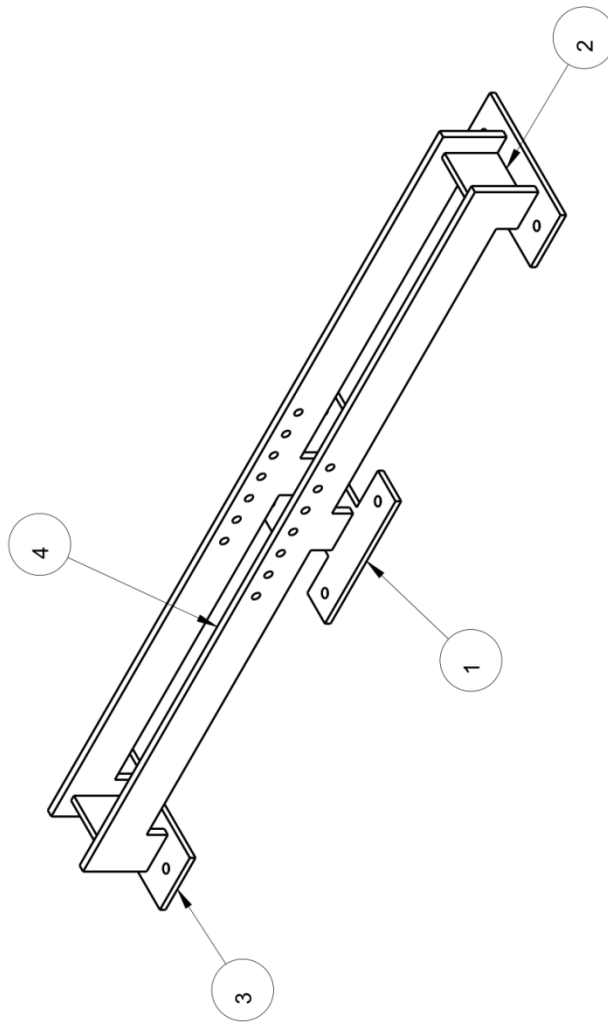


1. WELD SYMBOLS: ISO 2553
2. WELD QUALITY LEVEL: ISO 5817-C
3. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 8015
4. GENERAL WELDING TOLERANCES: ISO 13920-BF

PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		2/2	

SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-17	Markku Hiltunen

ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130417_31-A	1	
2	130417_32-A	2	
3	130417_33-A	2	
4	130417_34-A	2	



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		2/2	

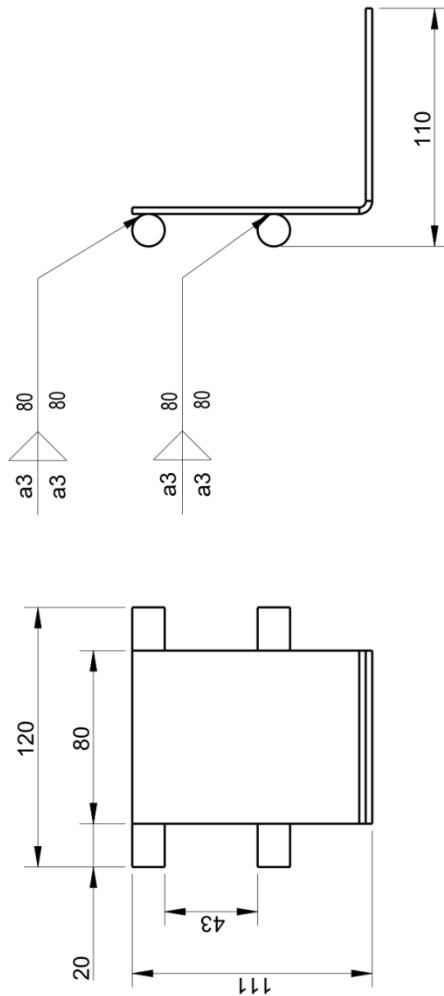
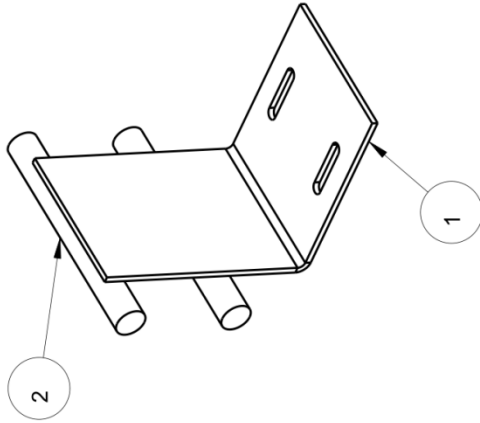
FIRST ANGLE PROJECTION

SIZE	DATE/CODE	PART NUMBER	VERSION	REV	SHEET
A3		130417_35	a		2/2
SCALE	0.100 METRIC				



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	

SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYY-MM-DD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-17	Markku Hiltunen



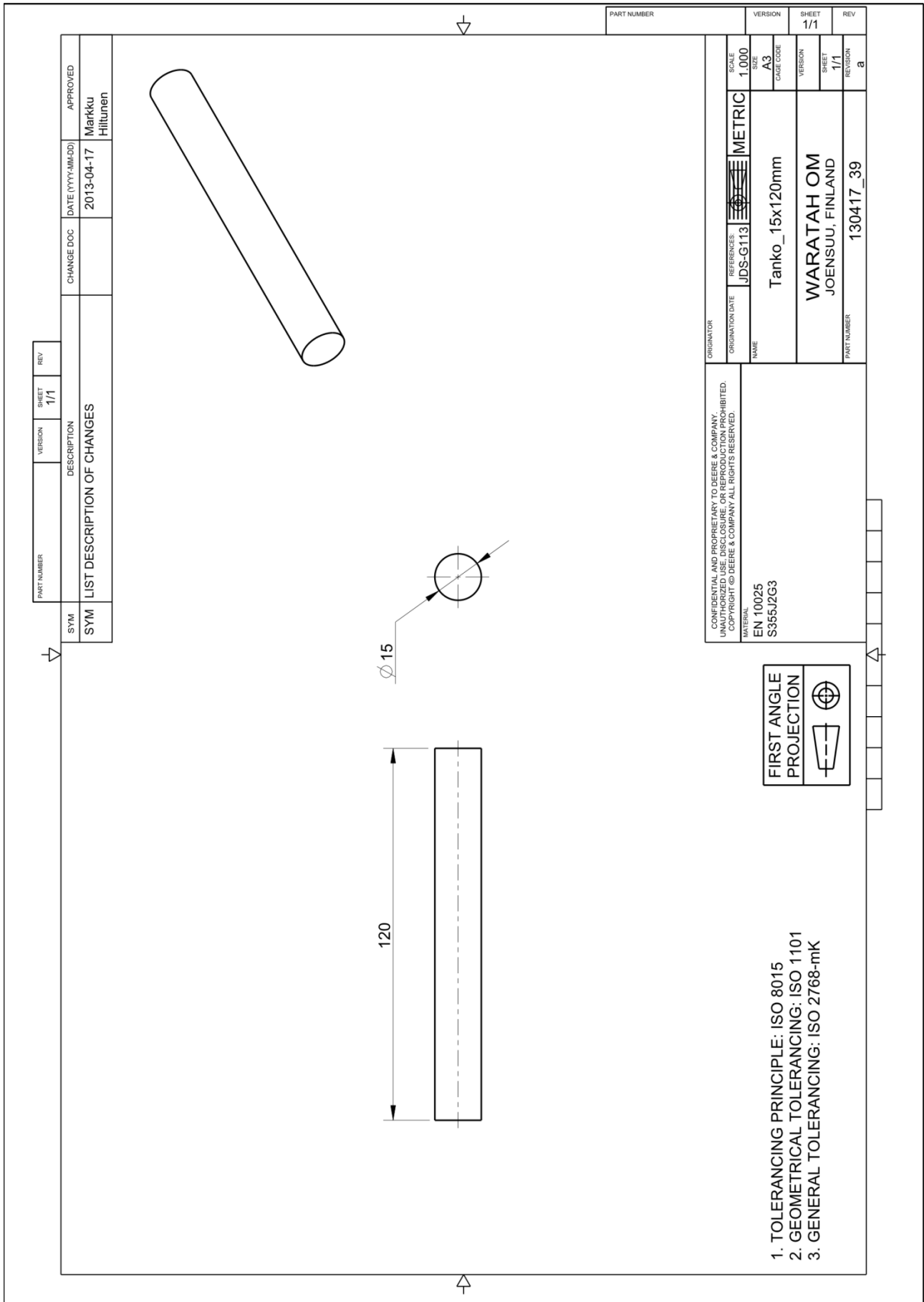
ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130412_07-A	1	
2	130417_39-A	2	

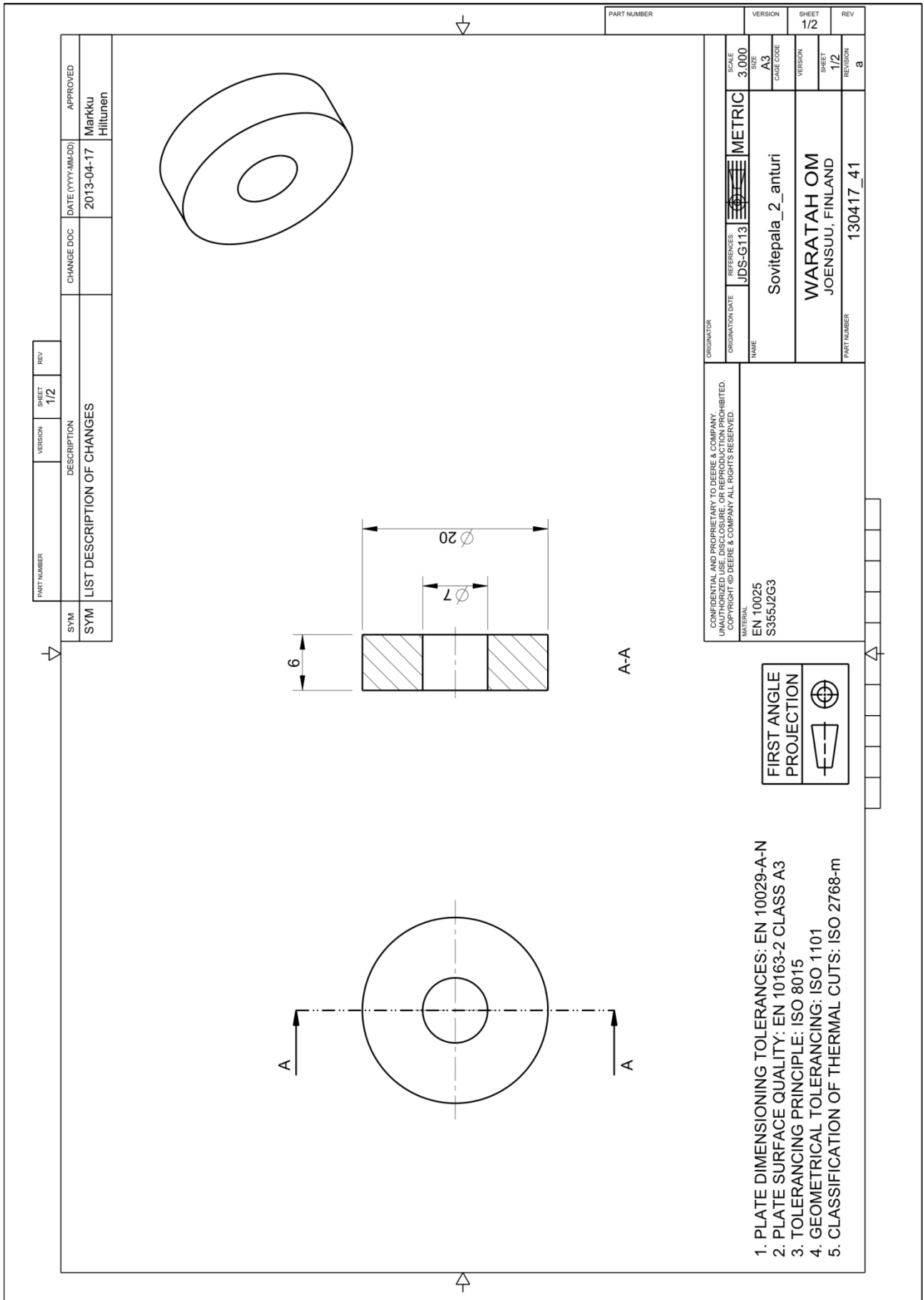
ORIGINATOR	SCALE
	0.500
ORIGINATION DATE	SIZE
JDS-G113	A3
NAME	CAGE CODE
Teline_anturi	
WARATAH OM	VERSION
JOENSUU, FINLAND	SHEET
	1/1
PART NUMBER	REGION
130417_38	a

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY.
 UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED.
 COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.



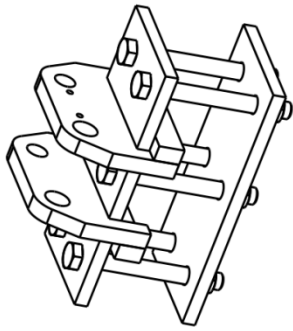
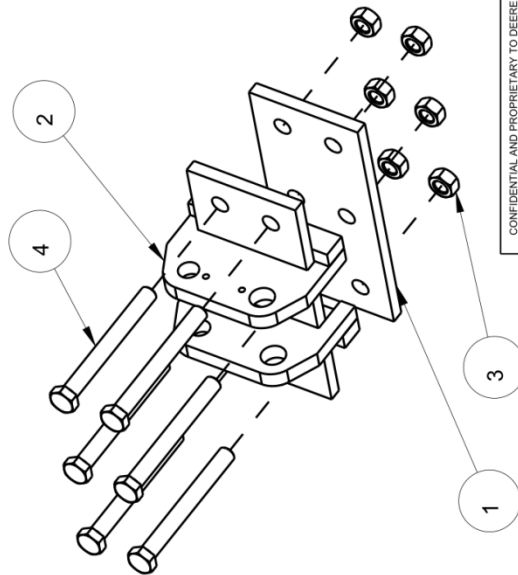
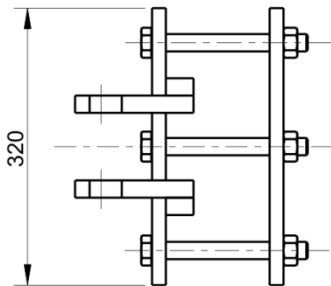
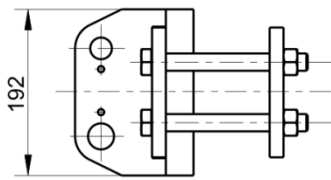
1. WELD SYMBOLS: ISO 2553
2. WELD QUALITY LEVEL: ISO 5817-C
3. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 8015
4. GENERAL WELDING TOLERANCES: ISO 13920-BF





PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		1/1	

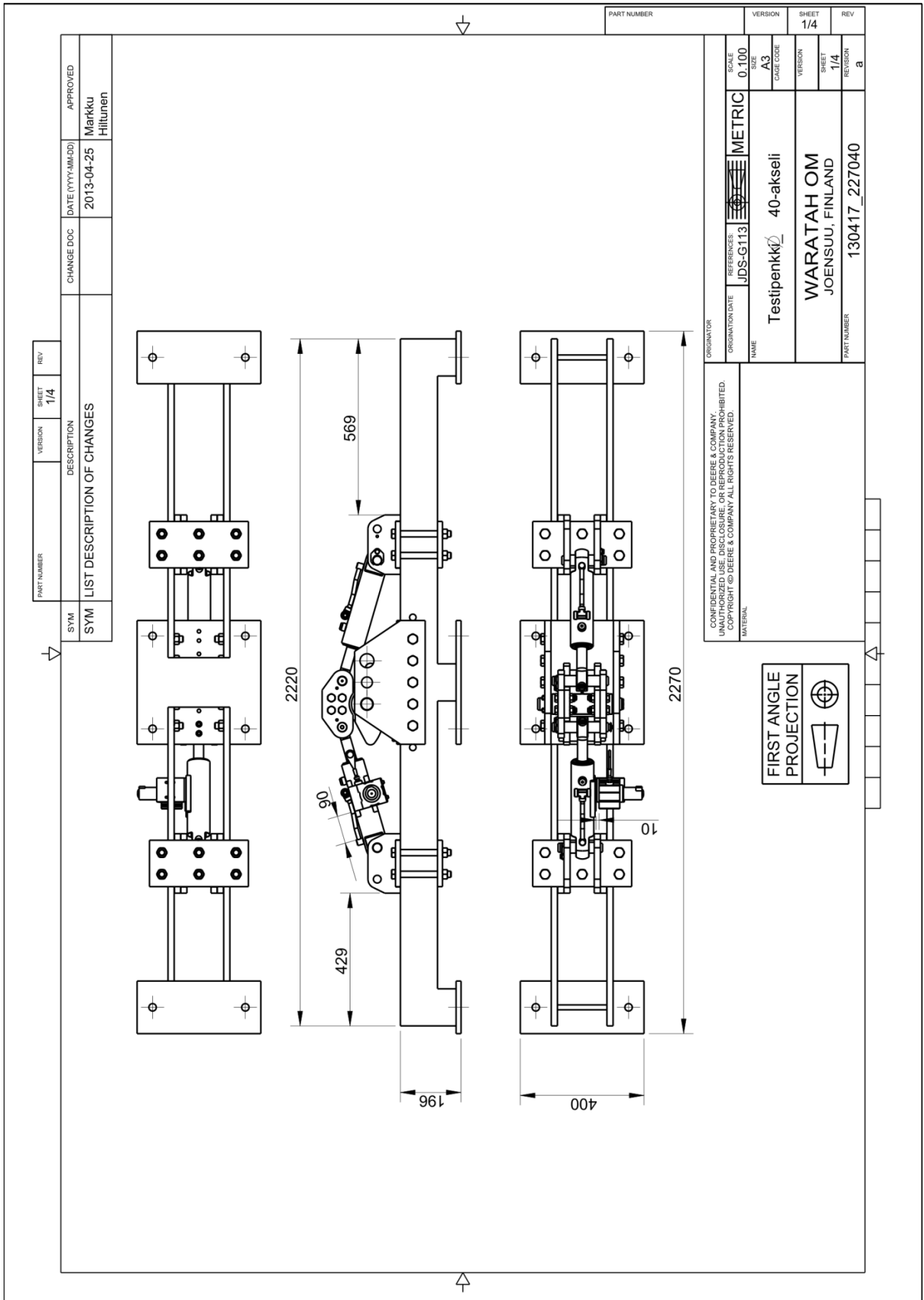
SYM	DESCRIPTION	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES	2013-04-17	Markku Hiltunen



ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130412_12-A	1	
2	130412_20-A	1	
3	M20	6	
4	M20X180	6	

ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNLAWFUL TO REPRODUCE OR TRANSMIT IN ANY FORM OR BY ANY MEANS. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.200		1/1	
REFERENCES:	JDS-G113	SIZE	CAGE CODE	VERSION	SHEET
MATERIAL		METRIC	A3		1/1
NAME	Säätökeikka			REGION	a
	WARATAH OM				
	JOENSUU, FINLAND				
PART NUMBER	130417_43				

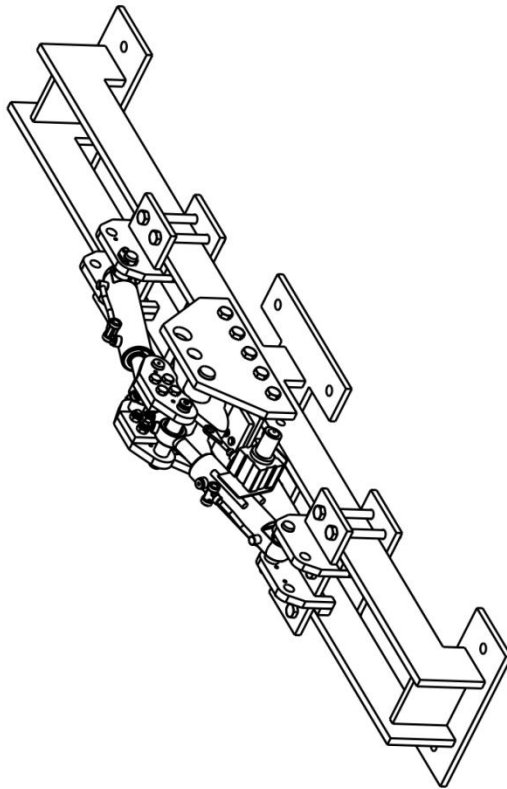
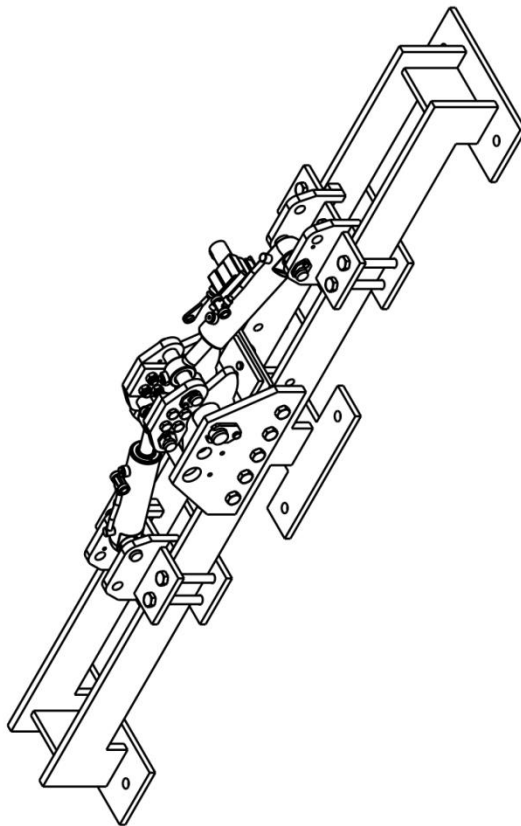




ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.100		1/4	
MATERIAL		REFERENCES	SIZE	CAGE CODE	
		JDS-G113	A3		
ORIGINATION DATE		NAME		VERSION	SHEET
		Testipenkki 40-akseli			1/4
		WARATAH OM		REVISION	a
		JOENSUU, FINLAND			
PART NUMBER		130417_227040			



PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV
		2/4	
SYM	DESCRIPTION		
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		
	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
		2013-04-25	Markku Hiltunen



ORIGINATOR		SCALE	VERSION	SHEET	REV
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		0.100		2/4	
ORIGINATION DATE	REFERENCES	SIZE	VERSION	SHEET	REV
JDS-G113		A3		2/4	
NAME		CAGE CODE	VERSION	REVISION	
Testipenkkö		40-akseli		a	
MATERIAL		PART NUMBER			
		130417_227040			
		WARATAH OM JOENSUU, FINLAND			



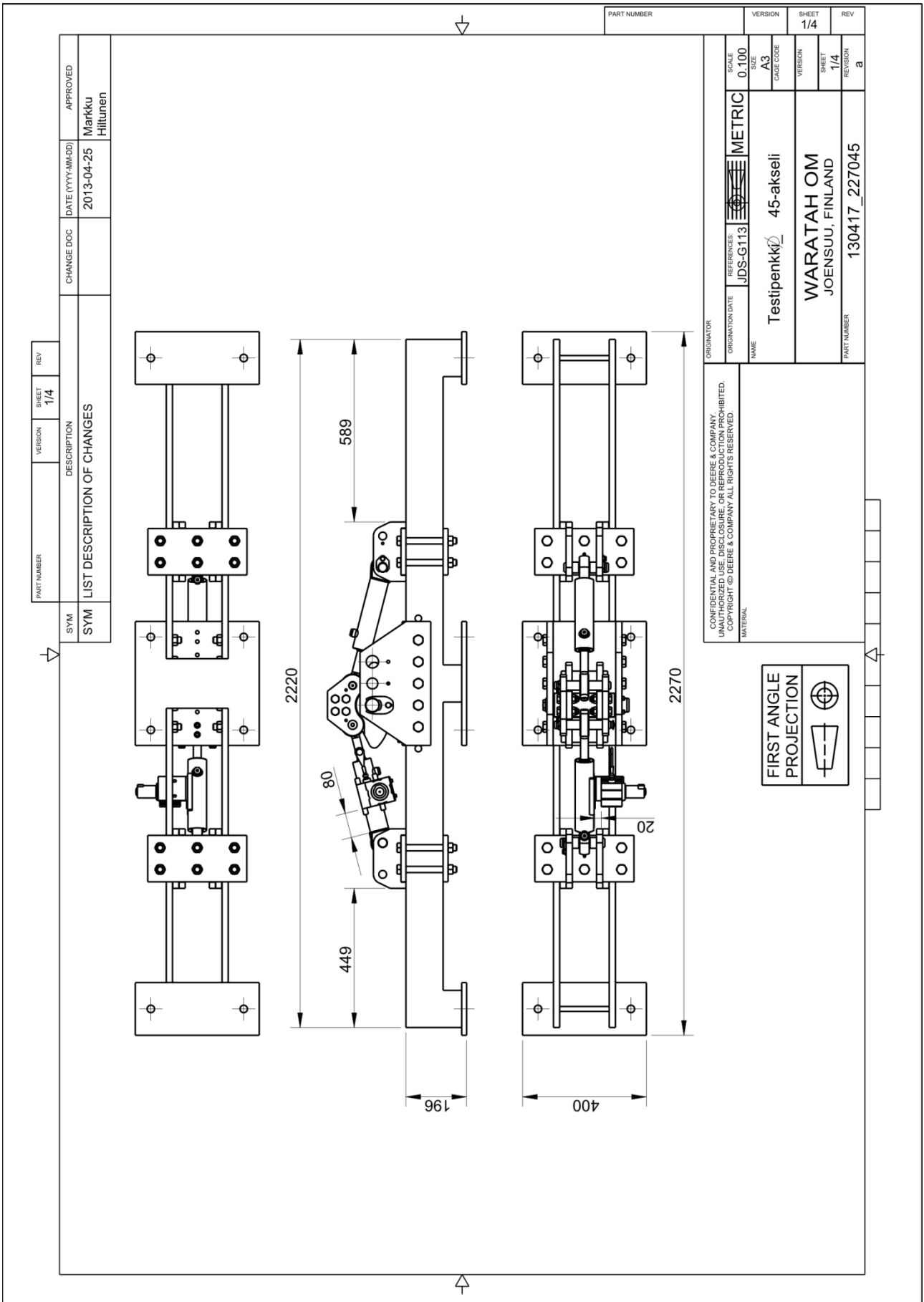
PART NUMBER: _____ VERSION: _____ SHEET: 4/4 REV: _____

SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-25	Markku Hiltunen

ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130412_02-A	2	
2	130412_04-A	1	
3	130412_08-A	1	
4	130412_16-A	1	
5	130412_17-A	1	
6	130417_30-A	2	
7	130417_35-A	1	
8	130417_38-A	1	
9	130417_43-A	2	
10	130424_63-A	4	
11	LUKITUSLEVY_30	2	
12	LUKITUSLEVY_40	1	
13	M10	4	
14	M10X25	1	
15	M10X40	4	
16	M20	10	
17	M20X70	10	
18	M6X10	2	
19	M8X20	2	
20	SYLINTERI_2	2	

ORIGINATOR		SCALE	0.100
CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.		REFERENCES:	JDS-G113
MATERIAL		ORIGIN DATE	
		NAME	Testipenkkö 40-akseli
		VERSION	
		SHEET	4/4
		REVISION	a
		PART NUMBER	130417_227040





PART NUMBER	VERSION	SHEET	REV					
		3/4		DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED	
SYM	SYM			LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-25	Markku Hiltunen	

ORIGINATOR		SCALE	0.100	METRIC
ORIGINATION DATE	JDS-G113	REFERENCES		
NAME	Testipenkki 45-akseli			
VERSION				
SHEET	WARATAH OM			
REV	JOENSUU, FINLAND			
PART NUMBER	130417_227045			

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY.
UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED.
COPYRIGHT © DEERE & COMPANY/ ALL RIGHTS RESERVED.

FIRST ANGLE
PROJECTION

PART NUMBER	VERSION	SHEET 4/4	REV	
SYM	DESCRIPTION	CHANGE DOC	DATE (YYYYMMDD)	APPROVED
SYM	LIST DESCRIPTION OF CHANGES		2013-04-25	Markku Hiltunen

ITEM NO	PART NUMBER	QTY	NOTES
1	130412_02-A	2	
2	130412_05-A	1	
3	130412_08-A	1	
4	130412_10-A	4	
5	130412_16-A	1	
6	130415_21-A	1	
7	130417_30-A	2	
8	130417_35-A	1	
9	130417_38-A	1	
10	130417_43-A	2	
11	LUKITUSLEVY_30	2	
12	LUKITUSLEVY_45	1	
13	M10	4	
14	M10X25	1	
15	M10X40	4	
16	M20	10	
17	M20X70	10	
18	M6X10	2	
19	M8X20	2	
20	SYLINTERI_1_ASM	2	

<p>ORIGINATOR</p> <p>CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.</p> <p>MATERIAL</p>	<p>ORIGINATION DATE</p> <p>REFERENCES: JDS-G113</p> <p>NAME</p> <p>Testipenkki 45-akseli</p>	<p>SCALE</p> <p>0.100</p> <p>SIZE</p> <p>A3</p> <p>CAGE CODE</p>	<p>VERSION</p> <p>4/4</p> <p>SHEET</p> <p>4/4</p> <p>REVISION</p> <p>a</p>
<p>WARATAH OM</p> <p>JOENSUU, FINLAND</p>			
<p>PART NUMBER</p> <p>130417_227045</p>			

PART NUMBER	VERSION	SHEET 1/1	REV	
SYMBOL				APPROVED
SYM				Markku Hiltunen
LIST DESCRIPTION OF CHANGES				DATE (YYYY-MM-DD)
SYMBOL				2013-04-24
CHANGE DOC				DATE (YYYY-MM-DD)
SYMBOL				2013-04-24

C-C

B-B

A-A

116.2

20

+0.02
0

+0.02
0

Ø 25 H7

Ø 25 H7

2xM8

4xØ17

R35

R55

FIRST ANGLE
PROJECTION

130424_60

1. TOLERANCING PRINCIPLE: ISO 8015

2. GEOMETRICAL TOLERANCING: ISO 1101

3. GENERAL TOLERANCES FOR MACHINING: ISO 2768-mk

4. PLATE DIMENSIONING TOLERANCES: EN 10029-A-N

5. PLATE SURFACE QUALITY: EN 10163-2 CLASS A3

6. CLASSIFICATION OF THERMAL CUTS: ISO 2768-m

EN 10025-6
S690 QL

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY TO DEERE & COMPANY. UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR DISTRIBUTION IS PROHIBITED. COPYRIGHT © DEERE & COMPANY. ALL RIGHTS RESERVED.

ORIGINATOR

JDS-G113

METRIC

SCALE

0.500

SIZE

A3

CAGE CODE

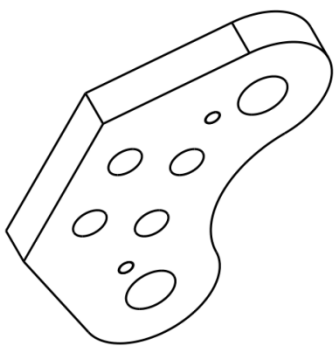
VERSION

SHEET

1/1

REGION

a



PART NUMBER	VERSION	SHEET 1/1	REV
-------------	---------	--------------	-----

