



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

## Romukouran tuotekehitys ja piirustusten valmistus

Ville Tapanila

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät

TAPANILA, VILLE

Romukouran tuotekehitys ja piirustusten valmistus

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 36 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Tämä opinnäytetyö on tehty Pakkarakenne Oy:lle. Kyseessä oli romukouran tuotekehitys, jonka päätavoitteena oli saada kouran rakenne vastaamaan paremmin asiakkaiden toivomuksia. Työ pohjana toimi siis nykyisen kouran käyttäjien antama palaute, josta kävi ilmi kouran heikkoudet kilpaileviin tuotteisiin verrattuna.

Itse työ aloitettiin nykyisen kouran version piirustusten päivittämisellä, sillä piirustuksista suurin osa oli vanhentuneita ja sisälsi ainoastaan paperiversiot piirustuksista. Kyseisiin paperipiirustuksiin oli korjattu myöhemmin toteutettuja muutoksia käsin, mikä teki kuvista vaikeaselkoisia.

Opinnäytetyöhön kuului myös tietokonepohjaisten mallien luominen. Niiden avulla myöhemmin tehtävää rakenteen muuttamista helpotetaan huomattavasti. Samalla muodostettiin erillinen räjähdyskuva, joka sisältää kouran jokaisen vaihdettavan komponentin, jotta asiakkaat voivat helpommin tilata tarvitsemansa varaosat mahdollisessa huolto- tai korjaustilanteessa.

Varsinaisena kouran tuotekehitysosuuden tärkeimpinä tavoitteina olivat kouran kokonaisrakenteenrakenteen mahdollinen keventäminen lujuuslaskennan avulla ja kouran käyttöominaisuuksien parantaminen asiakkaiden palautetta lähtökohtana käyttäen. Ominaisuuksia parannettiin esimerkiksi sylinterien iskupituutta lyhentämällä ja kouran runkoa madaltamalla.

---

Asiasanat: tuotekehitys, lujuuslaskenta, räjähdyskuva, ominaisuuksien parantaminen

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Modern Production Systems

**VILLE TAPANILA:**

Mechanical Development of a Scrap Metal Grapple with Updating of the Mechanical Drawings

Bachelor's thesis 75 pages, appendices 36 pages  
April 2016

---

This thesis was made for Pakkarakenne Oy on the development possibilities of their scrap metal grapple. The main objective of this development was to develop the structure of this scrap metal grapple based on feedback from. The customer feedback was a very handy tool for finding the weaknesses of the grapple compared to the competition.

The thesis was started by first, updating the mechanical drawings, which were out of date. The paper drawings had been updated by correcting the old measurements with a ball pen, at some point, making them hard to read.

Constructing of computer based models were also part of the thesis. They made it easier to develop different tasks later in this thesis. An explosion-view was also made which showed every replaceable component of the grapple so that customers could order replacement parts if needed.

The most important part of the actual structural development were lightening of the grapple's whole structure by calculating the stress in its structure and develop its features towards the needs of its users. Some of the features that needed development in the eyes of the customers were the stroke length of the hydraulic cylinders and the height of the grapple frame.

---

**Key words:** Product development, strength calculation, explosion-view drawing, development of features

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PAKKARAKENNE OY .....	7
3	VANHOJEN PIIRUSTUSTEN PÄIVITYS .....	8
3.1	Kouran runko .....	8
3.2	Kouran sylinteri .....	9
3.3	Kouran leuka .....	10
3.4	Kasattu koura .....	11
3.5	2D Piirustukset.....	12
3.5.1	Toleroidut mitat.....	13
3.5.2	Hitsausmerkinnät.....	15
4	KOURAN RAKENTEEN KEHITYS .....	17
4.1	Sylinterin iskupituus .....	17
4.2	Kouran rungon madallu .....	17
4.3	Lujuuslaskenta käsin .....	17
4.4	FEM-laskenta.....	20
4.4.1	Rasitus .....	22
4.4.2	Venymä ja siirtyminen rasituksessa .....	24
4.4.3	Rakenteen varmuuskerroin.....	26
4.5	Kouran leuan keventäminen .....	28
4.6	Kouran rungon kevennys .....	30
4.7	Kouran lopullinen keveneminen .....	32
4.8	Keskusvoitelu.....	32
4.9	Kehitysvaihtoehdot .....	33
4.9.1	Ensimmäinen vaihtoehto .....	34
4.9.2	Toinen vaihtoehto.....	34
4.9.3	Kolmas vaihtoehto .....	35
4.9.4	Neljäs vaihtoehto.....	36
5	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET .....	40
	Liite 1. Lujuuslaskennan työkirja.....	40
	Liite 2. Piirustukset.....	46
	Liite 3. Räjähdyksikuva.....	75

## ERITYISSANASTO

Toleranssi	Mittapoikkeamaväli
Sovite	Akselin ja reiän toleranssien yhteensopivuus
Toleranssiväli	Mittapoikkeaman sallittu poikkeavuus nimellismitasta
Akseli	Kuvaa kappaleen ulkomittaa
Reikä	Kuvaa kappaleen sisämittaa
Railo	Materiaaliin hiottava kolo hitsauksen lisääneelle
FEM	Finite element method
Stressianalyysi	Elementin tai rakenteen analysoiminen siihen kohdistuessa jokin määritetty voima.
Verkottaminen	Mallin pintaan muodostetaan pienempiä osia, joissa jokaisessa tarkastellaan rasitusta erikseen.
Plastinen muodonmuutos	Pysyvä muodonmuutos materiaalissa
Elastinen muodonmuutos	Hetkellinen muodonmuutos materiaalissa
Myötöraja	Materiaali palautuu ennalleen, mikäli jännitys ei ylitä tätä rajaa.
Siirtymä	Materiaalin venymä rasituksen aikana
Volyyymi	Materiaalin tilavuus

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on päivittää Pakkarakenne Oy:n kouran piirustuksia ja mahdollisesti kehittää kyseistä tuotetta käyttötarkoitukseen paremmin sopivaksi. Opinnäytetyöhön kuuluu piirustusten muodostamista kaksiulotteisten konepiirustusten niin kuin myös kolmiulotteisen räjähdyskuvan muodostaminen tuotteen valmistamisen ja kaavamisen helpottamiseksi.

Nykyiseen tuotteen kehittämisessä tärkeimmiksi kehityskohteiksi on huomattu olevan rungon madaltaminen, sylinterien iskupituuden lyhentäminen ja yleinen kouran rakenteiden ohentaminen. Kouran rungon madaltamisella koko rakenne madaltuisi parantaen nosto- ja kuljetusominaisuuksia, kun taas sylinterin iskupituuden lyhentäminen nopeuttaisi kouran leukojen liikenopeutta. Lisäksi kouran rakenteiden ohentaminen vähentäisi kouran ominaismassaa muuttaen kouran käyttömahdollisuudeksi myös pienemmät kuorma-autonosturit ja kaivinkoneet.

Kouran rakenteen muuttamisessa tulee olla erittäin tarkka. Sen vuoksi kouraan kohdistuvia erilaisia voimia tulee laskea lujusopillisesta näkökulmasta. Juuri tämän vuoksi yhtenä tärkeänä työkaluna voimien jakautumiseen rakenteessa ovat Autodesk Inventorin stressianalyysi FEM, joka muodostaa voimien vaikutuksista rasitusjakaumakuvan käyttäen eri värejä indikoimaan rasitusta rakenteissa.

## 2 PAKKARAKENNE OY

Pakkarakenne oy on vuonna 1973 perustettu konepaja Tampereen Hervannassa, jonka tuotanto on keskittynyt teräsrakenteiden ja koneenosien valmistukseen ja kokoonpanoon. Toisin sanoen suurin osa pakkarakenteen tuotannosta on alihankintatöitä toisien yritysten tuotteiden komponenttien valmistamiseksi. Tällaisia eri yrityksiä on esimerkiksi pakkarakenteen emoyhtiö Innometalli Oy. (Pakkarakenne Oy 2016)

Pakkarakenteen oma tuotanto painottuu erilaisiin rotaattoreihin ja hydraulisiin halauslaitteisiin, jotka muodostavat erikokoisia kouria eri käyttötarkoituksiin. Lisäksi kyseisissä kourissa on suuria eroavaisuuksia leukojen määrässä, sillä leukojen määrä määräytyy kouran käyttötarkoituksen mukaan.

Kourien leukamäärä vaihtelee kahdesta viiteen leukaan eri käyttötarkoituksen mukaan. Tällaisia erilaisia viisileukaisista kouria ovat esimerkiksi erilaiset metalli- ja jäteromukourat, joilla siirretään erilaista sekaista jätettä kuljetusastioihin. Kaksileukaisista yhtenä hyvänä esimerkkinä ovat erilaiset lajittelukourat, joilla erotellaan pieni metalliromu tai jäte suuremmista kappaleista.

### 3 VANHOJEN PIIRUSTUSTEN PÄIVITYS

Opinnäytetyö aloitettiin korjaamalla koura 300 -mallin piirustuksia, sillä edellisestä päivityksestä on noin kymmenen vuotta. Piirustusten päivityksen tarkoitus on siis muuttaa edellisen piirustuksen jälkeen muodostuneita muutoksia ja korjata mahdollisia virheellisiä tietoja. Jokaista piirustusta ei kuitenkaan tarvinnut päivittää, sillä esimerkiksi uumalevy ja leuan kärki olivat pysyneet muuttumattomina joten niiden pohjana toimivat valmiit polttoleikkauskuvat. Samalla muodostetaan pdf-tiedostot kaikista piirustuksista (Liitteet 2 ja 3), jotta uudet piirustukset on mahdollista säilyttää pienemmässä tilassa ja silloin piirustukset on helpompi lähettää asiakkaille tarpeen vaatiessa.

On otettava huomioon, että päivitettyjä piirustuksia käytetään pohjana tulevalle kouran tuotekehitykselle niin komponenttien muokkauksessa kuin lujuuslaskennassa ja FEM -ohjelmistolla muodostettavissa stressianalyseissä (Liite 1). Muodostettujen kuvien avulla nähdään mitä erilaiset muutokset saavat aikaan kouran rakenteessa kohdistuvien voimien suuntien muutoksien ja kouran yleisessä toimivuudessa.

#### 3.1 Kouran runko

Kouran rungon mallintamisessa aloitettiin jokaisen erillisen osan erillisellä mallintamisella, jotta kouran runko saatiin kasattua valmiiksi kokonaisuudeksi. (Kuva 1) Osa vanhoista komponenttien kuvista oli mitoiltaan puutteellisia, joten ensimmäisenä tehtävänä on ottaa selvää puutteellisista tiedoista Pakkarakenteen kourien kanssa työskentelevältä Reino Kautulta.



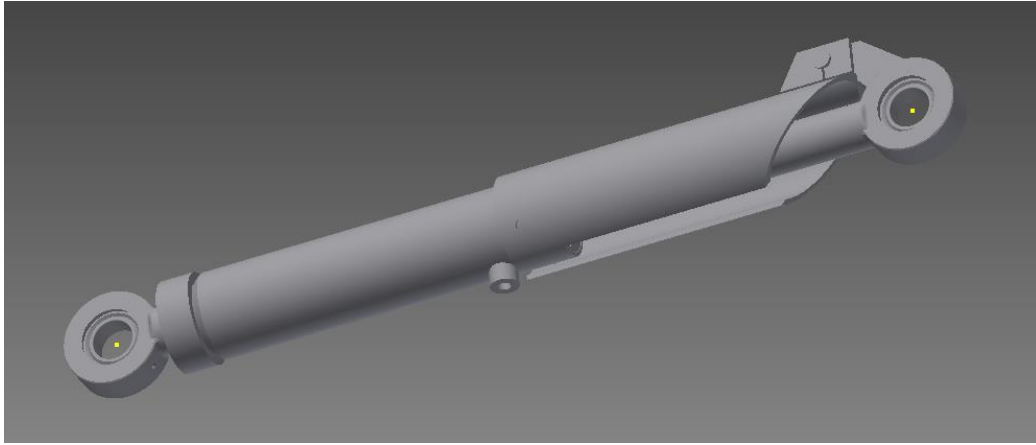


KUVA 1. Valmis kouran rungon 3D-malli.

Kouran komponenttien piirtämisen jälkeen kasaukseen käytettiin hyväksi vanhaa kasaus piirustusta, josta saatiin kaikki tärkeät mitat, kuten reikien reikävälit ja erilaisten osien paikoitus runkoputkeen nähden. Lisäksi kuvasta saatiin tarkemmin paikoitettua hydraulii- kan letkujen liitäntäreiät sylinteripaikkojen taakse, sillä letkut tulee olla käytössä suojat- tuna metalliromun ynnä muun nostettavan materiaalin aiheuttamilta vahingolta. (Kauttu R. 22.2.2016)

### **3.2 Kouran sylinteri**

Sylinterin mallintaminen aloitettiin ensin muodostamalla erillinen malli sylinterin jokai- sesta osasta, jonka jälkeen osista kasattiin yhtenäinen malli (Kuva 2) sopimaan lopulli- seen koko kouran kolmiulotteiseen malliin muodostaen toimivan kokonaisuuden. Lisäksi yhtenäiseen malliin kuului erityinen suojalaite.



KUVA 2. Valmis sylinterin 3D-malli.

Sylinterin suojalaitteena toimii teräksine suoja, jolla estetään vieraan materiaalin pääseminen kosketuksiin sylinterin varren kanssa naarmuttaen tai vääntäen sitä. Lisäksi hydrauliletkujen liitännät tulee sijoittaa sylinterin alapäässä kohti runkoa ja yläpäässä poikittain, sillä näin letkut pysyvät suojassa siirrettävältä materiaaalilta eivätkä rikkoudu niin herkästi. (Kauttu R. 8.2.2016)

### **3.3 Kouran leuka**

Kouran leuan mallintaminen aloitettiin kylkilevyjen avulla, sillä niiden kaarevuus vaikutti koko kouran leuan muiden osien muotoon ja täten niiden mallintamiseen. Tämän jälkeen mallinnettiin kaikki muut osat mukailien kylkilevyn sisäosan kaarevuutta muodostaen yhtenäinen kasattu kouran leuka (Kuva 3). Lisäksi kouran leuan sivut pitävät olla kiinni asennossa vähän raollaan ja kouran kärjet kiinni toisissaan, koska kärkien kuluessa ne ottavat edelleen kiinni toisiinsa eikä kärki jää auki kylkien koskiessa toisiinsa. (Kauttu R. 22.2.2016)

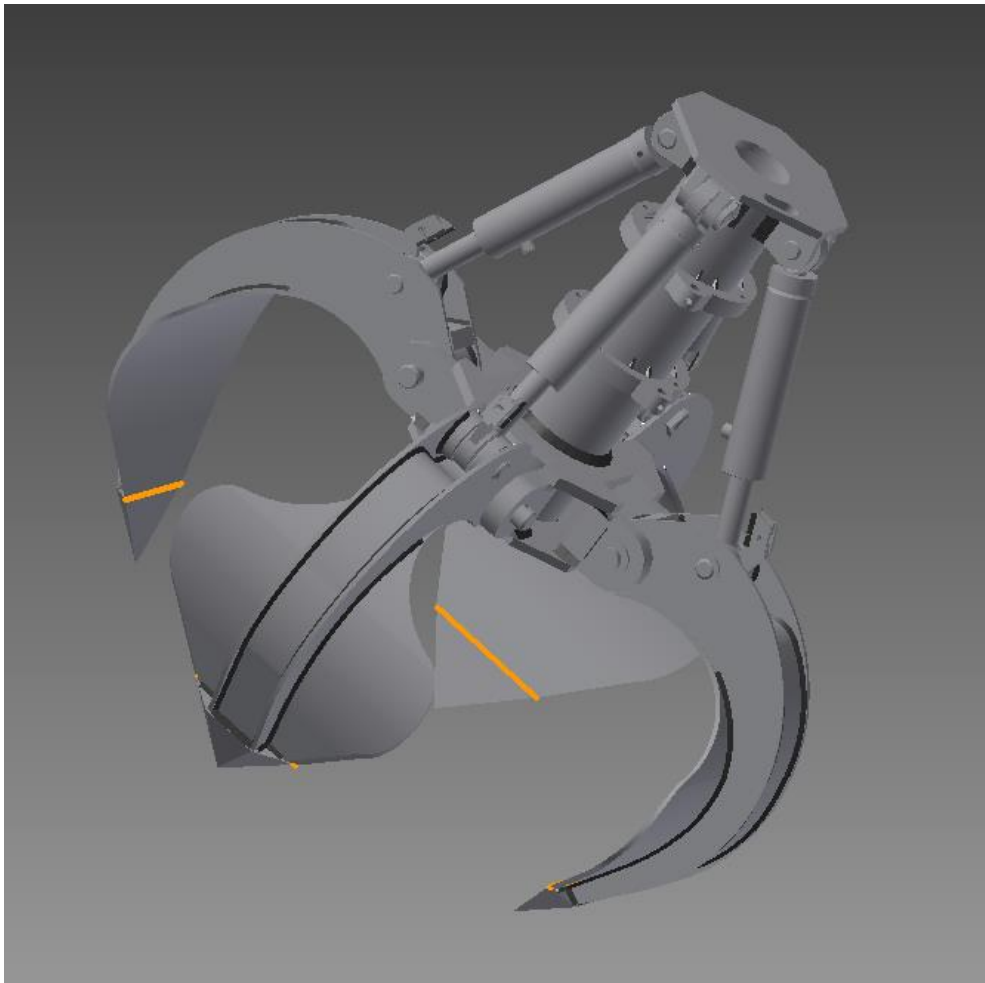


KUVA 3. Valmis kouran leuan 3D-malli.

Mallinnuksen tärkeimpänä osiona toimi kouran pyöreys, sillä kouran muoto tuli säilyttää hyvin pallomaisena sen tehokkaan toimivuuden vuoksi. Lisäksi kouran leuan mallintaminen on erittäin tärkeässä osassa koko kouraa, sillä se kuormittuu kourassa eniten erilaisille voimille. Tällaisia erilaisia voimia ovat esimerkiksi kouralla tehtävät nostot, massan siirtämiset ja mahdollisesti myös erilaiset hakkausliikkeet. Hakkausliikkeillä tarkoitetaan erilaisia vaikeasti laskettavia voimia, joita syntyy kouralla hakattaessa materiaalia pienempään tilaan kuljetusta varten. (Kauttu R 8.2.2016)

### 3.4 Kasattu koura

Kaikkien komponenttien mallintamisen jälkeen aloitettiin varsinainen kouran kasaaminen (Kuva 4), jonka aikana samalla tehtiin tarvittavat paikoitukset kuten ylälevyssä oleva hydrauliletkujen aukko ja eri korvakkeiden paikoitus suhteessa toisiinsa. Samalla suoritettiin komponenttien eräänlaista jälkivarmistusta, sillä vanhojen kuvien puutteiden vuoksi kasattuun kuvaan muodostui pieniä korjattavia epäkohtia muodostaen epäkäytännöllisen rakenteen.



KUVA 4. Koura kasattuna.

Komponenttien epäkohtien korjauksen jälkeen kasattuun rakenteeseen lisättiin hitsaus-saumamat sylinterien mahdolliset liikepituudet, joilla oli mahdollista varmistaa kouran leuan liikerata. Tämän avulla pystyttiin määrittämään kouran leuan liikeradan ylä- ja ala-asento, sillä kouran on auettava yläasennossa alareunan ollessa vähintään pystyasennossa kuorma-auton ynnä muun lavan täysin tyhjentämisen vuoksi. Lisäksi kouran ala-asennossa leukojen tulee jättää hieman varaa sylinteriin leukojen mahdollisen kulumisen varalta.

### 3.5 2D Piirustukset

Mallintamisen jälkeen jokaisesta komponentista muodostettiin kaksiulotteinen konepiirustus, johon merkittiin komponenttien tarkemmat mitalliset vaatimukset kuten toleranssit ja hitsausmerkinnät. Samalla kuviin liitettiin eri pinnankarheusvaatimuksia niitä tarvitseviin liitospintoihin kuten erilaiset laakeripinnat ja sylinteripinnat, joissa pinnankarheudella estetään esimerkiksi erilaisia vuotoja sylinteristä.

Kaksiulotteiset piirroukset ovat erittäin tärkeitä komponentin valmistamisen kannalta, sillä koneistajat ja hitsaajat saavat piirroksista tarvittavan informaation osan valmistukselle ja kasaamiselle. Tällaista informaatiota ovat esimerkiksi reikien reikäväli ja osien välinen hitsaustarve, sillä kaikkia osia ei voi hitsata samalla lailla kiinni vaan tulee noudattaa erilaista hitsaustapaa ja koneistetun kappaleen sopivuus toiseen kappaleeseen tarvitsee samaa reikäväliä, mikäli väliin tulee esimerkiksi akseli.

### 3.5.1 Toleroidut mitat

Kourassa on paljon erilaisia toleroituja mittoja riippuen osiin kohdistuvista voimista ja osien tarvitsemasta voitelusta. Kovalle rasitukselle altistuville akseleille ja holkeille mitat toleroitiin normaalia hieman väljemmiksi, jotta väliin ruiskutettava voiteluaine leviäisi tasaisesti akselin ja reiän väliin vähentäen ylimääräistä kitkaa. Tämä lisää rakenteen kestoikää ja vähentää varaosakustannuksia. Voitelun puutos huonontaa toimintavarmuutta samalla lisäten varaosien tarvetta. Lisäksi toleranssit vaikuttivat erillisiin tiivistepintoihin, joilla estettiin hydraulinesteen ”karkaaminen” esimerkiksi sylintereistä.

Toleranssi jokaiseen tarvittavaan tilanteeseen valitaan käyttötarkoituksen mukaan ISO-toleranssijärjestelmästä (Taulukko 1). Toleranssijärjestelmässä toleranssit on jaettu eri kirjaimien ja mitan sisään, joilla erotellaan eri tilanteisiin sopivat toleranssivälit. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen kirjaimella merkitään oma toleranssi, jonka sisällä mitan toleranssiväli on sidoksissa mittauspituuteen ja akselien ja reikien väliin muodostuu toleransseja käyttäen sovite (Pere 2001, 20-1).

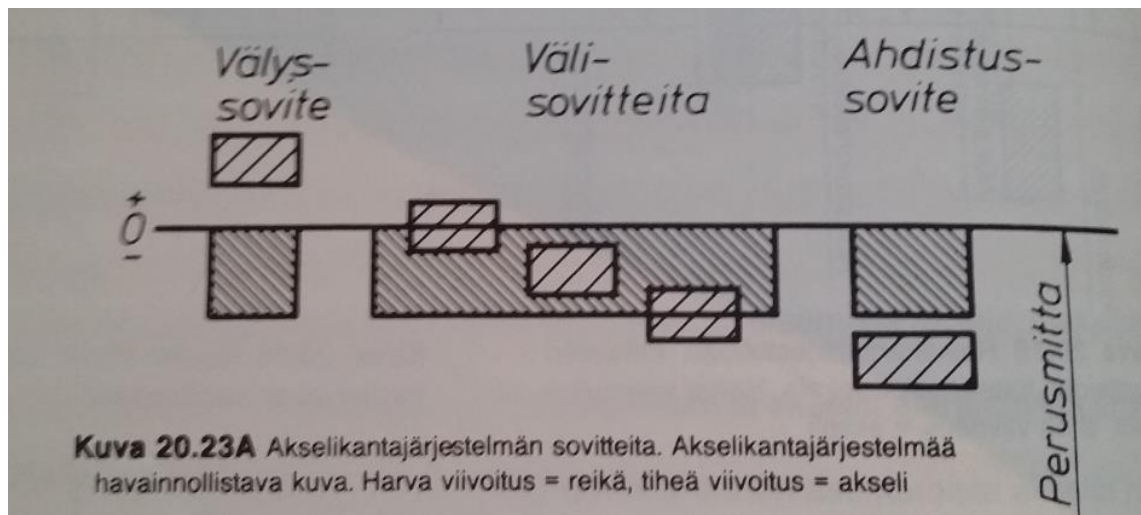
Kirjain jaottelun on tehty myös erillisinä akselille ja reiälle. Ne jaotellaan niin, että iso kirjain indikoi toleranssin olevan reiälle ja pieni kirjain soveltuu akselille. Samalla on helppo huomata saman kirjaimen ison ja pienen kirjaimen muodostavan yleiskäytön sovitteeseen. Nämä ovat kuitenkin sidoksissa muihinkin ISO standardin vaatimuksiin kuten yhdensuuntaisuuteen ja osien vaihtokelpoisuuteen. (Pere 2001, 20-1)

TAULUKKO 1. Toleranssitaulukko akseleille ja reille SFS-ISO 286-1 (Pere 2001, 20-15)

Nimellis- mittaryhmät mm	Reiät ja akselit						
	A a	B b	C c	D d	E e	F f	G g
	Peruseromitat, $\mu\text{m}$						
3	270	140	60	20	14	6	2
> 3	270	140	70	30	20	10	4
> 6	280	150	80	40	25	13	5
> 10	290	150	95	50	32	16	6
> 18	300	160	110	65	40	20	7
> 30	310	170	120	80	50	25	9
> 40	320	180	130				
> 50	340	190	140	100	60	30	10
> 65	360	200	150				
> 80	300	220	170	120	72	36	12
> 100	410	240	180				
> 120	460	280	200	145	85	43	14
> 140	520	260	210				
> 160	580	310	230	170	100	50	15
> 180	660	340	240				
> 200	740	380	260	190	110	56	17
> 225	820	420	280				
> 250	920	480	300	210	125	62	18
> 280	1050	540	330				
> 315	1200	600	360	230	135	68	20
> 355	1350	680	400				
> 400	1500	760	440				
> 450	1650	840	480				

Lisäksi sovitteet jaetaan erillisiin kolmeen ryhmään toleranssitaulukkojen sisällä, joilla erotellaan erilaiset osien sovitetypit. Samalla ne myös kertovat tarkemmin tarvitaanko yhteen liittämiseen erillisiä työkaluja. Sovitetyypit on nimetty välyssovitteeseen, välisovitteeseen ja ahdistussovitteeseen (Pere 2001, 20-18).

Jokainen niistä soveltuu hieman eri käyttötarkoitukseen, joka on esitetty kuvassa 5 erittäin selkeästi. Kuvasta näkee eri sovitetyyppien erot toisiinsa, joissa välyssovitteessa reiän ja akselin väliin jää selvästi suurempi väli toleransseille kuin muissa vaihtoehdoissa. Lisäksi kyseisessä sovitteessa osat on mahdollista yhdistää mitään ylimääräistä apua toisin kuin esimerkiksi ahdustussovitteessa, jossa voidaan käyttää apuna esimerkiksi lämpötilaeroa akselin ja reiän välillä suurentamaan toleranssien välistä väliä.



KUVA 5. Toleranssien sovitteet (Pere 2001, 20-18)

Sovitteet jakautuvat toleranssijärjestelmän aakkostaulukossa suuremmasta pienempään toleranssiin seuraavasti aakkosjärjestyksessä: välisovite a-h, välisovite j-n ja ahdistusovite p-u (Pere 2001, 20-30). Erilaisia soviteen tarvitsevia käyttötarkoituksia ovat esimerkiksi laakerisovite, jossa toleranssin tulee olla suhteellisen pieni akselin vääntymisen estämiseksi.

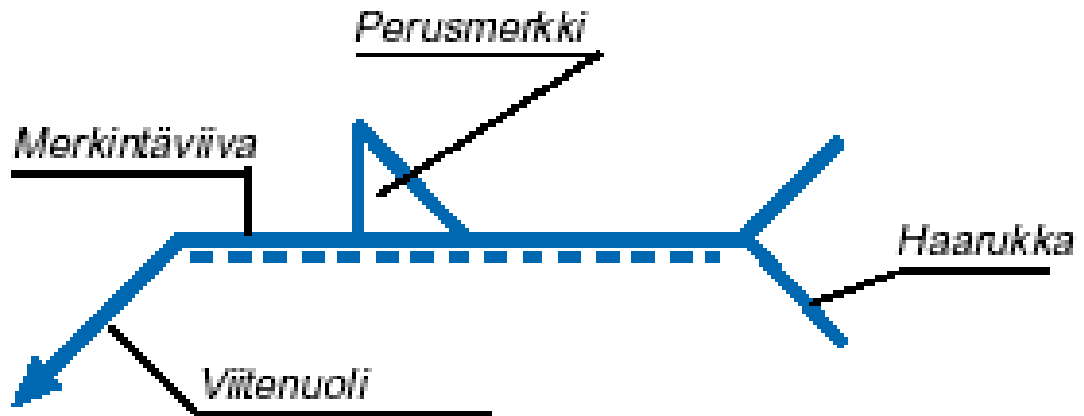
### 3.5.2 Hitsausmerkinnät

Kouran komponenteista kasattaville leuoille, sylintereille ja rungolle tarvittiin erilliset hitsauskuvat, joista näki kaikki tarvittavat komponentit ja mahdolliset tärkeät mitat kuten eri reikien reikävälit, mutta samassa kuvaan merkittiin erilaisia hitsausmerkintöjä. Näillä merkinnöillä kerrottiin hitsausseaman kohdat ja mahdolliset saumojen välit kuten hydraulipaineen jakavan renkaan kiinnitys kouran runkoon, sillä täysimittainen sauma saisi kauhan käytön aikana ylimääräistä rasitusta kouran runkoon rikkoen kauhan rakenteen (Kauttu R 8.2.2016).

Hitsausmerkintöihin käytetään erillistä hitsausstandardia SFS 4594, josta saadaan selville erilaisten hitsausrailojen muodot, merkinnät ja mahdolliset tarvittavat ilmavälit kappaleiden välissä ainepaksuudesta riippuen (Pere 2001, 19-6 – 19-10).

Edellä mainitulla hitsausrailon muodolla on erittäin suuri merkitys hitsauksessa syntyvän lämmön jakautumiselle hitsattavassa aineessa ja se myös vaikuttaa paljon hitsausseaman kestävyteen sauman läpäisyvyvydellä.

Itse hitsaussaumojen esittäminen piirustuksissa toteutetaan SFS-EN 22553 standardin mukaisilla merkinnöillä (Kuva 6), joihin kuuluvat mahdollisesti hitsaussauman pituus, saumojen välimatka, määrä, sauman mitat, railon muoto, railon pintaviimeistely ja hitsausmenetelmä. Näitä kaikkia ei kuitenkaan ole pakko kirjata piirustukseen, sillä välillä esimerkiksi hitsausmenetelmän kaasu ei ole sauman rakenteelle mitenkään tärkeä. (Pere 2001, 19-10 – 19-11)



KUVA 6. SFS-EN 22553 hitsausmerkkintästandardi. (MetSta. Hitsausmerkit)

Edellä mainitussa kuvassa 6 on merkitty tarkemmin tarkkaavaisemmin hitsausstandardin osoittimen osat. Merkkiviiva ilmoittaa kummalla puolella viitenuolen osoittamaa ainetta hitsaus on, joka tässä tapauksessa kertoo sauman tulevan nuolen puolelle. Lisäksi merkintäviivan päälle tai alle merkataan hitsaussauman tiedot kuten perusmerkin kertoma railon muoto, sauman paksuus ja mahdolliset sauman mitat ja välit. Hitsausmerkin perässä sijaitseva haarukkaan taas merkitään mahdolliset tarkemmat tiedot hitsauksesta kuten hitsausmuoto ja suojakaasuna käytettävä kaasu.



## **4 KOURAN RAKENTEEN KEHITYS**

Kouran mallintamisen ja piirustusten jälkeen aloitettiin kouran rakenteen mahdollinen kehitys tavoitteena valmistaa kouran liikkeistä nopeammat ja muuttaa kouran rakenteesta kevyempi tutkien materiaalin mahdollista ohentamista. Samalla tarkoituksena on madallata kouran rungon korkeutta.

Rakenteen kehittämisen kannalta valmiit mallit auttoivat erittäin paljon, sillä niistä oli helppo muokata mallia käyttötarkoitukseen sopivammaksi. Lisäksi mallin muokkaamisella nähtiin muokkauksista johtuvat seuraukset, kuten sylinterin iskupituuden lyheneminen.

### **4.1 Sylinterin iskupituus**

Kouran sylinterien iskupituuden lyhentämisellä saadaan leukojen liikenopeutta suurennettua ja se on kouran asiakkaille erittäin tärkeä ominaisuus, sillä nopeammalla leukaliikkeellä mahdollistetaan työskentelyn nopeuttamiseen. Tämä johtuu leukojen sulk- ja avausajan lyhenemisestä.

### **4.2 Kouran rungon madallu**

Kouran rungon madaltamisella kourasta saadaan sopivampi sen käyttötarkoitukseen, jossa kouralla nostetaan rautaromua ja -jätettä kuorma auton lavalta esimerkiksi romuttamolle tai romuprssiin. Toisin sanoen kouran rungon madaltamisella mahdollistetaan kouran käyttö nostureilla ja kaivureilla, joilla on lyhyt puomi.

### **4.3 Lujuuslaskenta käsin**

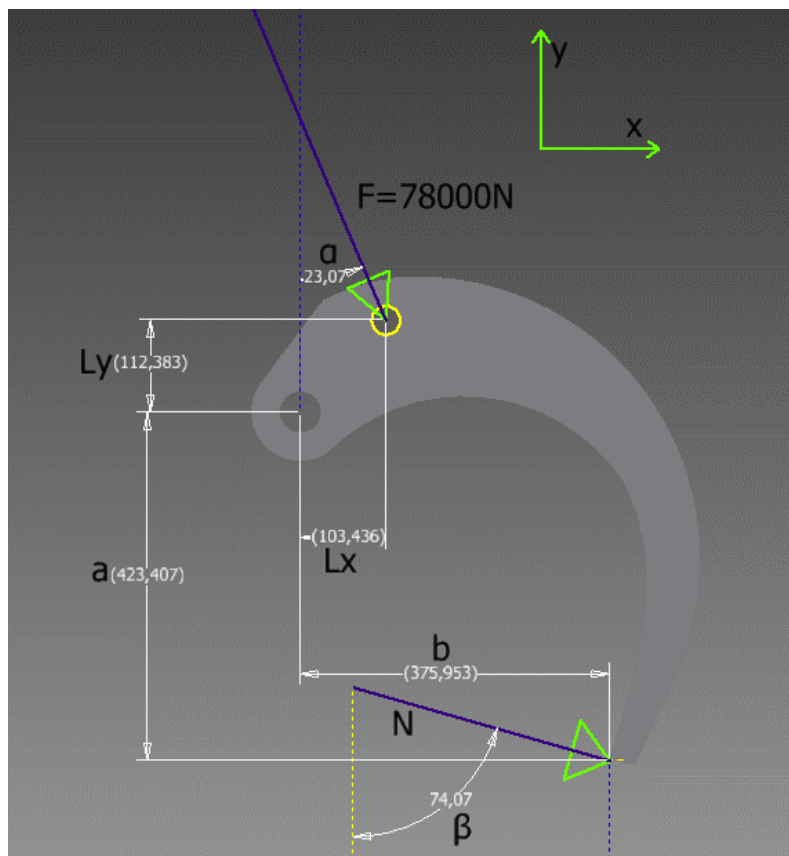
Koska kaikkia kouran voimia ei ollut tiedossa, oli kehitettävä keino kouran tuntemattoman voiman selvittämiseksi. Hannu Kivilinna neuvoi käyttämään momenttiyhtälöä (Yhtälö 2) tuntemattoman voiman (N) vaakasuuntaisen komponentin ( $N_x$ ) selvittämiseksi. Samalla momentin pyörittämissuunta vaikutti voiman etumerkkiin myöhemmin muodostettavassa momentin summaan unohtamatta momenttien summan olevan arvoltaan nolla.

Voiman ulkoinen vaikutus kappaleeseen ilmenee toisaalta voiman yrityksenä siirtää kappaletta vaikutussuorassa suunnassa ja toisaalta yrityksenä pyörittää kappaletta suoran akselin ympäri. Tarkempi perustelu näille toteamuksille nähdään vasta dynamiikan yhteydessä, sillä voiman pyörimiskyvyn mittaamista varten määritellään aluksi voiman momentti akselin suhteen. (Salmi 2005, 29.)

Ennen momenttiyhtälön muodostamista oli kuitenkin muodostettava tiedetystä sylinterin voimasta ( $F$ ) sen pysty- ja vaakakomponentit ( $F_y$  ja  $F_x$ ) käyttämällä trigonometrian suorakulmisen kolmion lauseita (Yhtälö 1 ja 2), sillä sylinterin kaltevuuskulma ( $\alpha$ ) oli mitattavissa aikaisemmin muodostetuista malleista. Lisäksi muodostettiin kouran leuasta kuva (Kuva 7), jotta jokainen leukaan kohdistuva voima ja momenttivarsi olivat helpommin hahmotettavissa laskemisen aikana.

$$\frac{F_x}{F} = \sin(\alpha) \quad (1)$$

$$\frac{F_y}{F} = \cos(\alpha) \quad (2)$$



Kuva 7. Leukaan kohdistuvat voimat ja momenttivarret puoliksi auki asennossa.

Käsin laskenta aloitettiin muodostamalla kouran leuan akselin suhteen momentti muodostaen jokaisen akseliin kohdistuvasta voimasta (F) momentti (Yhtälö 3), jossa tarvittiin akseliin kohdistuvien voimien pysty- ja vaakakomponentit ja ne kerrottiin omilla momenttivarsillaan (d). Samalla muodostettiin taulukko (Taulukko 2) momenttivarsista kouran eri kohdissa suurimman jännityspisteen löytämiseksi.

$$M = \pm F * d \quad (3)$$

TAULUKKO 2. Voimien momenttivarret leuan eri asennoissa.

Leukojen asento	Lx (mm)	Ly (mm)	a (mm)	b (mm)
1/2 auki	103,436	112,383	423,407	375,953
1/4 auki	148,547	35,537	561,145	75,697
Kiinni	151,391	20,243	550,842	131,1

Lopulta momenttiyhtälöistä muodostettiin momenttien summa (Yhtälö 4), jolla ratkaistiin kouraan kohdistuva voima N ja sen vaakakomponentti Nx. Pystykomponenttina Ny käytettiin yksittäisen leuan maksimikuormaa (9810N), jolloin kaikki yhtälön tarvittavat muuttujat tiedettiin. Ainoaksi tuntemattomaksi momenttiyhtälöön jääden vaakavoima Nx, jolloin muokattiin momentin summa lauseke vaakavoiman (Nx) selvittävään muotoon.

$$\Sigma M = \pm Fy * Lx \pm Fx * Ly \pm Nx * a \pm Ny * b = 0 \quad (4)$$

Yhtälön 4 avulla tuntemattoman voiman (N) komponentit oli saatu selville ja niitä hyväksi käyttäen selvitettiin tuntemattoman voiman suuruus ja suunta käyttäen suuruuden selvittämiseen pythagoraan lausetta (Yhtälö 5) ja trigonometrian suorakulmaisen kolmion lausetta (Yhtälö 1) voiman suunnan paikantamiseen.

$$\sqrt{Ny^2 + Nx^2} = N \quad (5)$$

Varsinaisen momentin kaavan laskemisen jälkeen kaikista kouran leukaan kohdistuvista voimista eri vaiheissa muodostettiin taulukko (Taulukko 3) helpottamaan voiman hahmottamista tulevassa FEM -laskennassa. Samalla taulukon avulla pääteltiin leuan kaikkein kuormittavimman asennon olevan kouran leukojen ollessa puoliksi auki, jolloin leuan FEM -laskenta suoritettiin tässä asennossa ja tällä voimalla.

TAULUKKO 3. Leukaan kohdistuvat voimat ja niiden komponentit eri asennoissa.

Leukojen asento	F (N)	$\alpha$ (°)	F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	$\beta$ (°)	N (N)	N <sub>x</sub> (N)	N <sub>y</sub> (N)
1/2 auki	78000	23,07	30564,7	71762,1	74,07	35733,4	34360,4	9810
1/4 auki	78000	23,10	30602,3	71746,1	66,21	24320,4	22254,1	9810
Kiinni	78000	21,43	28498,4	72607,4	59,38	19258,8	16573,0	9810

#### 4.4 FEM-laskenta

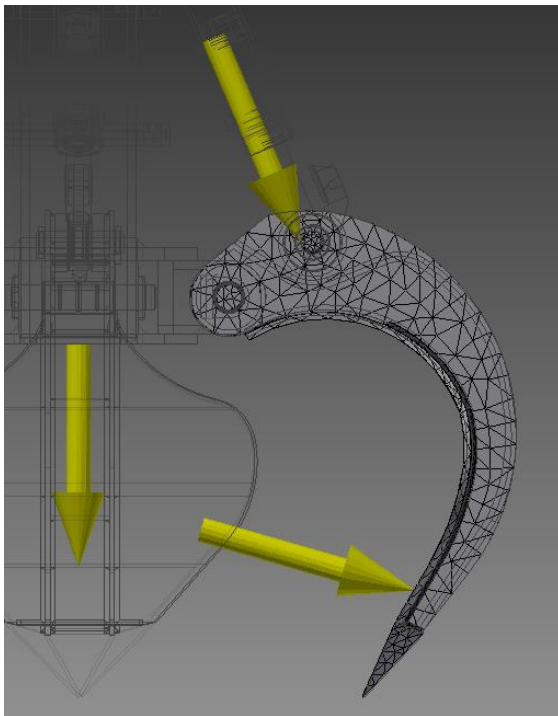
FEM (Finite Element Method) on likimääräinen numeerinen ratkaisumenetelmä, jolla ei kuitenkaan vaikeissa tilanteissa ole mahdollista saada aivan tarkkaa ratkaisua vaan ohjelmalla saaneet vastaukset ovat likimääräisiä. Itse FEM perustuu rasitusongelmien tietokonepohjaiseen ratkaisuun ja sen käyttö on sen vuoksi levinnyt erityisesti teknisen mekaniikan parissa, sillä se on kätevä työkalu esimerkiksi lämmönsiirron, virtausopin, maamekaniikan, kalliomekaniikan, sähkötekniikan ja akustisten ongelmien ratkaisemiseen. (Vaihdekotelon FEM-analyysi. 2015, 9.)

FEM-analyysissä kolmiulotteiselle kappaleen tietokonemallin geometrialle annetaan tarkentavat materiaaliominaisuudet samalla verkottaen kyseinen geometria ja antamalla sille reunaehdot. Näiden tarkentavien tietojen pohjalta ratkaistaan lujuusopin yhtälöiden perusteella muodostuneita tuloksia, joita voidaan tarkastaa lujuushypoteesien mukaisesti. FEM-malli muodostaa yksinkertaistetun elementtien kokonaisuuden, jossa ulkoinen kuormituksen vaikutuksesta muokkaa mallin rakenteen elementit tasapainotilaan samalla havainnollistaen rakenteeseen kohdistuvat venymät, rasitteet ja varmuuskertoimet. (Vaihdekotelon FEM-analyysi. 2015, 9.)

Itse kouran rasituksen FEM-analyysi suoritettiin Autodesk Inventor -mallinnusohjelmistossa, sillä valmistetut mallit muodostettiin samalla ohjelmalla ja huomattiin sen sisältävän FEM-ominaisuuden nimellä stressianalyysi. Tämän vuoksi valmistettujen mallien tiedostotyyppiä ei tarvinnut muuttaa eikä opetella käyttämään yleisempää Ansys Workbench -rasituslaskentaohjelmistoa.

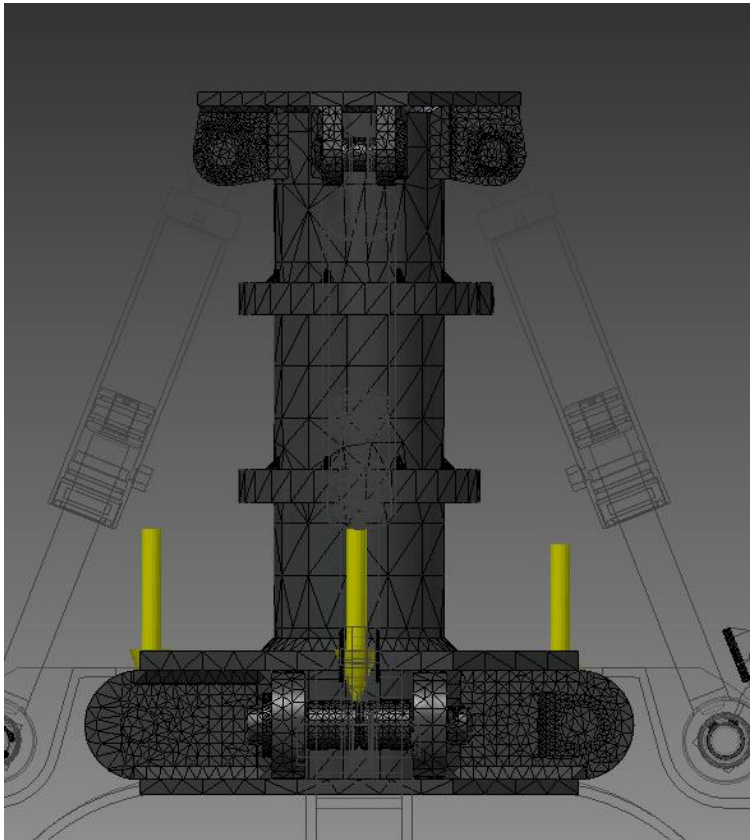
Itse FEM -simulaatioon liitettyä mallia oli muokattava laskunopeuden nopeuttamiseksi poistamalla niin sanotut ylimääräiset kappaleet itse simulaatiosta, sillä ohjelmisto ottaa huomioon kaikkien ei erikseen simulaatiosta piilotettujen komponenttien vaikutuksen simulaatiossa. Muiden osien todettiin sisältävän niin vähän vaikutusta esimerkiksi kouran leuan voimiin joten se oli mahdollista piilottaa simulaatiosta muodostaen vain niin sanotun rautalankamallin simulaatiossa (Kuva 8).

Lisäksi yhtenä syynä Autodesk Inventor -mallinnusohjelmiston käyttöön oli sen helppokäyttöisyys, sillä ohjelmisto osasi itse liittää joitain tietoja sen mukaan miten kappale kiinnitettiin. Tässä tapauksessa malli kiinnitettiin runkoon kiinnittyvästä akselistä estäen kaiken liikkeen ja muodostaen esimerkiksi leuasta kaarevan palkin tapaisen rakenteen (Kuva 8) samalla verkottaen rakenne suhteellisen tasakokoisella verkotuksella hitsaus- saumoja lukuun ottamatta.



KUVA 8. Leuka verkotettuna ja kohdistuvat voimat asetettuna ennen varsinaista simulaatiota.

Kouran rungon rasituksen laskennassa käytettiin taas kouran yläpäätä kiinteänä kiinnikkeenä kohdistuen sylinterien voiman pystykomponentit leukojen kiinnitysakseleihin (Kuva 9). Samalla sylinterien voiman pystykomponenttina käytettiin käsin laskennan osuudessa todettua suurinta pystysuuntaista voimaa, jotta kouran runkoon kohdistuisi suurin voima. Lisäksi runko verkotettiin muodostaen tarkemmin tarkasteltaville alueille tiheämpi verkotus tarkemman arvion saamiseksi.

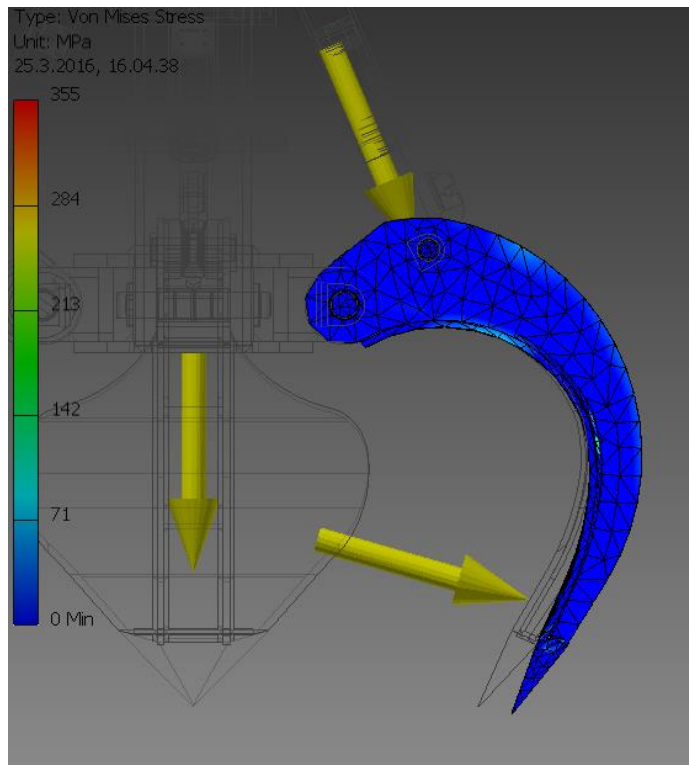


KUVA 9. Runko verkotettuna ja kohdistuvat voimat asetettuna ennen varsinaista simulaatiota.

#### 4.4.1 Rasitus

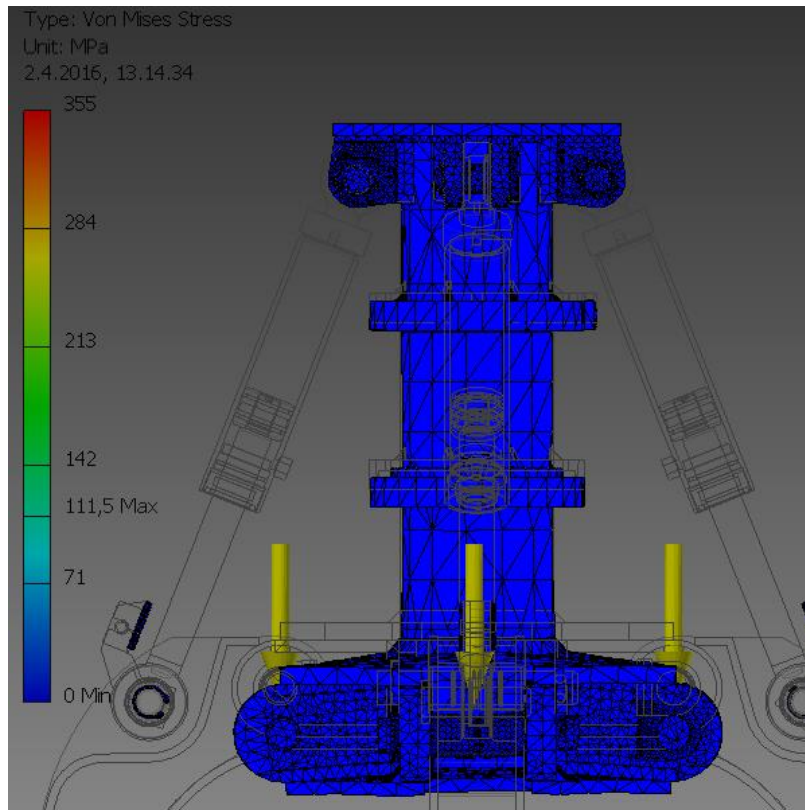
Simulaation laskennan jälkeen ohjelmisto muodosti väriskaavion kappaleeseen muodostuvista voimista ja jännityksistä. Kaaviosta näki helposti kohdistuvien jännitysten jakautumisen materiaalissa erittäin tarkasti ja samalla oli mahdollista havaita mitkä osat rakenteesta rasittuvat eniten. Lisäksi oli mahdollista muuttaa värien tarkoitusta siten, että väriskaavion ilmoittama punainen yläraja merkitsisi S355 yleisteräksen myötörajaa ja väri muuttuisi siitä keltaisen ja vihreän kautta jännityksettömän ilmaisevaan siniseen käyttäen välimaastossa eri sävyjä.

Itse kouran leuassa suurimmat jännitykset (Kuva 10) muodostuivat Von Mises stressikaavaa hyväksikäyttäen leuan keskiosan yläpuolelle muodostaen kappaleen pintaan vaalenevan sinisenä ja jopa valkoisen alueena rasituskohdassa. Kyseinen rasitus johtuu suurimmaksi osin leuan vääntymisestä, joka johtuu nostettavan voiman johdosta vääntäen voiman ja akselin välistä osiota käyrän palkin lailla. Tämä kertoo maksimijännityksen kyseisissä kohdissa olevan noin 80 - 90 MPa eli hyvin alhainen teräksen myötörajaan nähden.



KUVA 10. Alkuperäisen leuan jännityksen jakautumissimulaatio.

Myös kouran rungolle muodostettiin oma stressianalyysi (Kuva 11), jossa käytettiin edellä mainitun voimataulukon (Taulukko 2) suurinta pystysuuntaista sylinterivoimaa ( $F_y$ ) kuormittamaan jokaista rungon ja leuan välistä akselia. Erikseen rungon puristumista käytön eri vaiheessa ei otettu huomioon, sillä rungon muoto kestää sitä paljon ja runkoa ympäröivät neljä sylinteriä vastustavat puristusta pienentämällä sitä.



KUVA 11. Alkuperäisen rungon jännityksen jakautumissimulaatio.

Samalla on mahdollista selvittää kouran rungon kuormittuvin piste, joka vaikuttaa erittäin paljon tulevassa kouran kevennysprosessissa. Kuormittuvimmaksi osioksi todetaan rungon alaosan ja runkoputken välinen hitsaussauma, sillä siihen kohdistuu sekä vetoa, että vääntöä pienelle pinta-alalle. Tämä tarkoittaa, että tulevaisuuden materiaalin keventämisen tulee aina ottaa huomioon kyseisen sauman rasitus huomioon.

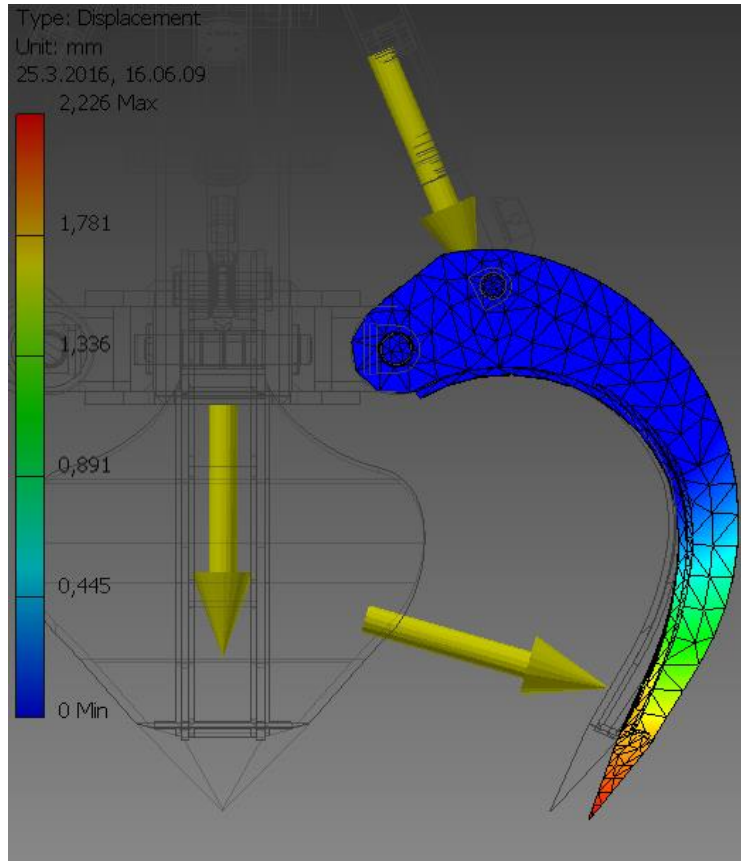
#### 4.4.2 Venymä ja siirtyminen rasituksessa

Samalla simulaatiolla oli mahdollista myös nähdä rasituksen aikaansaama venymä mallissa ja sen määrä. Simulaatio siis kertoi tarkemmin: paljonko malli liikkui rasituksessa merkatien suurimman liikkumisen punaisella ja liikkumattomuuden tumman sinisellä samalla kertoen sivupalkissa maksimiliikkumisen suuruuden millimetreinä.

Samalla mallin alkuperäinen sijainti merkattiin niin sanotulla rautalankamallilla havainnollistamiseksi. Ohjelmisto siis suurentaa kuvassaan venymää ja siirtymistä, jotta simuloitua tutkaillessa kaikki kappaleessa tapahtuvat muutokset olisivat helpommin huomattavissa ja täten havainnollistettavampia.

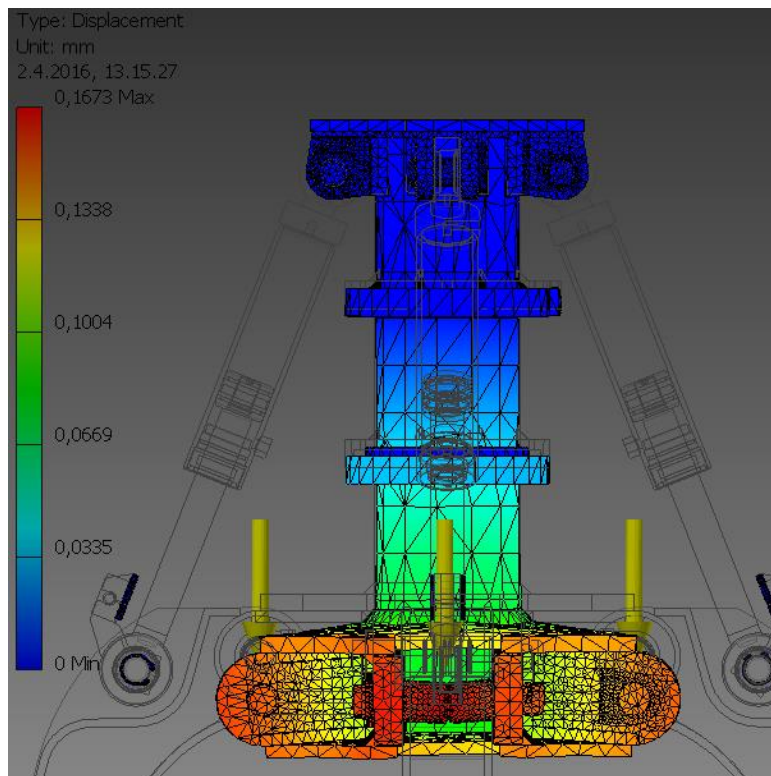


Kouran leuan siirtymän simulaatiossa (Kuva 12) huomattiin leuan kärjen liikkuvan noin 2,2 mm alkuperäisestä sijainnistaan rasituksen alla. Tämä on suhteessa vähäistä, sillä kouran leuan suoraviivainen etäisyys kärjestä akseliin on yli 550mm. Lisäksi leukaan kohdistuva pintapaine pysyy alhaisena teräksen myötörajaan nähden, joka tarkoittaa leuan palautuvan alkuperäiseen muotoonsa rasituksen poistuessa.



KUVA 12. Alkuperäisen leuan sijainnin siirtymä simulaatiossa.

Myös kouran rungon siirtymän simulaatiossa (Kuva 13) siirtymä esitettiin havainnollisemmin, sillä kouran todellinen siirtymä todettiin simulaatiossa olevan noin 0,17 millimetriä. Tämä on erittäin vähäistä ottaen huomioon rungon korkeuden, sillä runko itsessään on 729 mm korkea. Samalla pieni siirtymä rungossa kertoo sen todellisuudessa kestävän paljon enemmän rasitusta nykyiseen verrattuna.

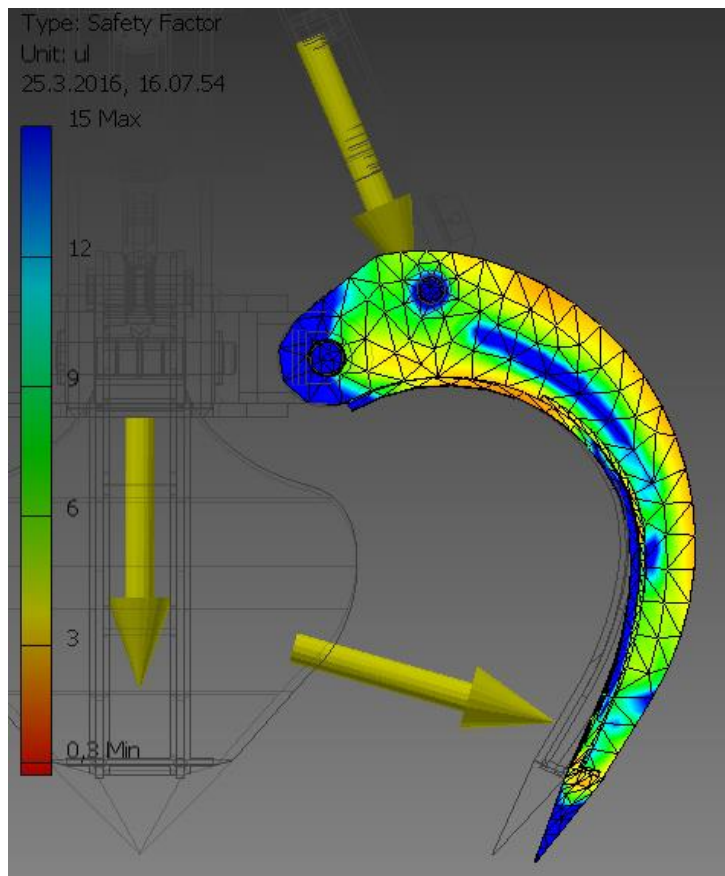


KUVA 13. Alkuperäisen rungon sijainnin siirtymä simulaatiossa.

#### 4.4.3 Rakenteen varmuuskerroin

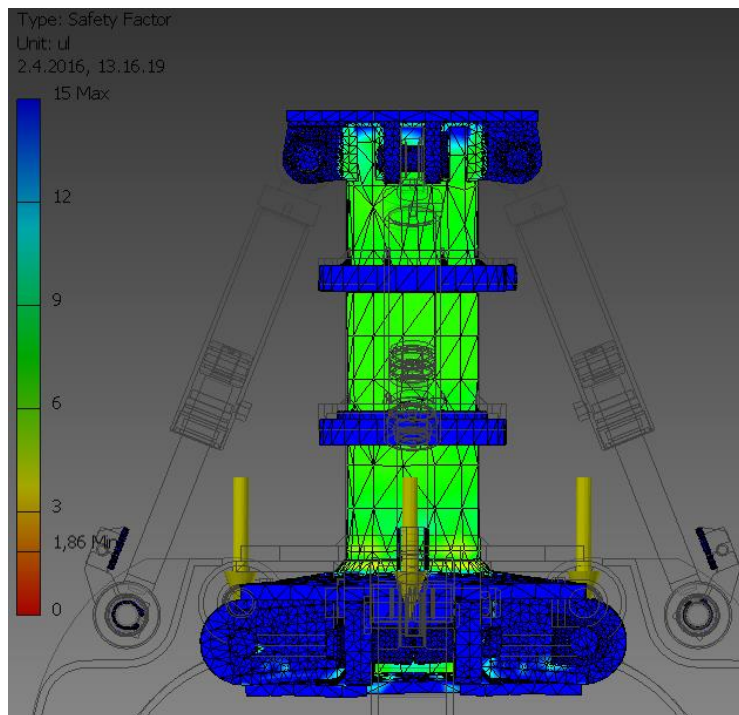
Ohjelmiston avulla selvisi myös erittäin helposti simulaation aikana rakenteen varmuuskerroin eri osissa. Ohjelma siis ilmoitti mallin rakenteeseen jäävät varmuuskertoimet samalla tavalla värikoodein kuin edellä mainitut jännitykset ja siirtymät, mutta käänteisillä väreillä. Simuloinnissa sinisellä merkattiin rakenteen maksimivarmuuskerroin, kun taas punaisella indikoitiin varmuuskertoimen puute eli rakenne olisi tällaisesta kohdasta revennyt tai kokenut vähintään plastista muodonmuutosta.

Kouran alkuperäisessä leuassa rakenteen varmuuskertoimeksi (Kuva 14) muodostui suurimmissa rasituskohdissa noin nelikertaiseksi, josta voitiin päätellä rakenteen kestävän niin sanotusti neljä kertaa enemmän pintapainetta nykyiseen rasitukseen nähden. Tämä simuloinnin tulos varmisti mahdollisen materiaalin vähentämisen leuasta, jolloin koko kouran massa pienenesi samalla parantaen kouran käyttömahdollisuuksia pienemmissä autonostureissa ja kaivureissa.



KUVA 14. Alkuperäisen leuan varmuuskerroinsimulaatio.

Kouran rungon simuloitu varmuuskerroin (Kuva 15) osoittautui erittäin suureksi, sillä kouran runkoputki todettiin olevan ylimitoitettu kestäämään noin kahdeksankertainen kuorma ja kouran rungon päädyt kestävät viisitoistakertaisen kuorman laskuissa esiintyvään maksimikuormaan nähden. Kuitenkin kouran alaosan ja runkoputken välinen sauman todettiin sisältävän rungon pienimmän varmuuskertoimen eli rakennetta on mahdollista vähentää muista osista. Samalla yhtenä tärkeänä materiaalin ohennusperusteena toimivan materiaalien samojen paksuuksien hyödyntäminen, sillä silloin kouran rakentamiseen on mahdollista käyttää vähemmän erilaisia materiaalipaksuuksia.

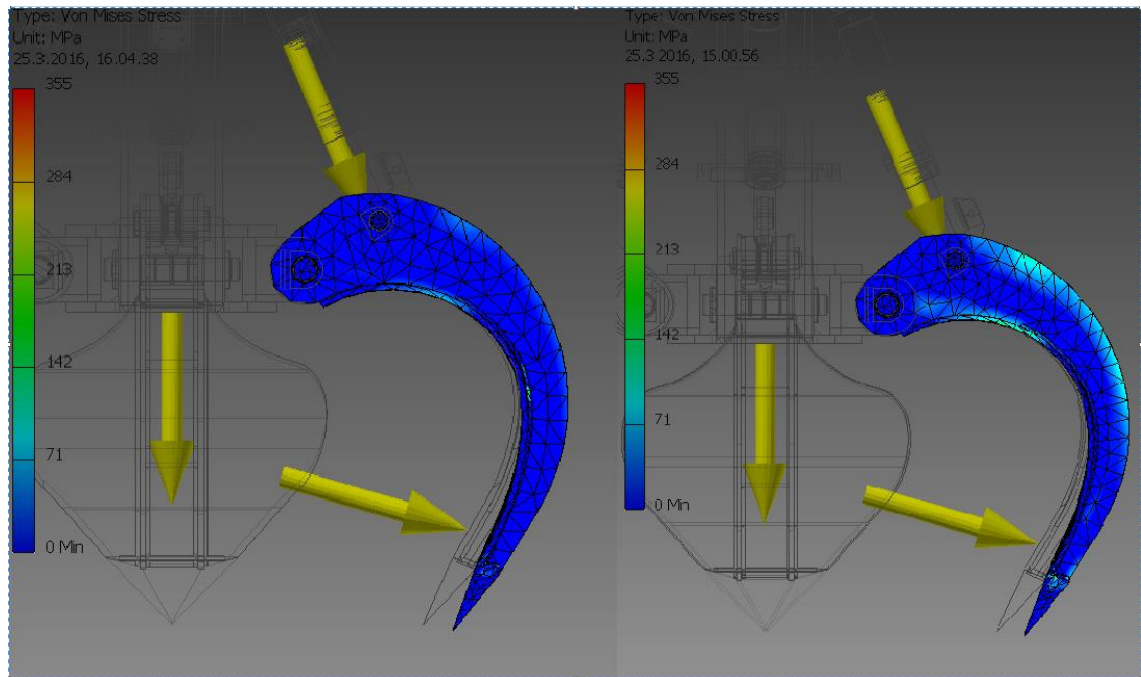


KUVA 15. Alkuperäisen rungon varmuuskerroinsimulaatio.

#### 4.5 Kouran leuan keventäminen

Kouran rakenteen keventämisellä mahdollistetaan nostokapasiteetin suurentaminen, jolloin kouraa on mahdollista käyttää vähemmän nostavissa nosturien ja kaivurien puoleissa. Apuna kouran materiaalin keventämiseen käytetään FEM -ohjelmistoa, jolla kouran komponentteihin kohdistuvaa rasitusta on helppo esittää havainnollistavalla tavalla.

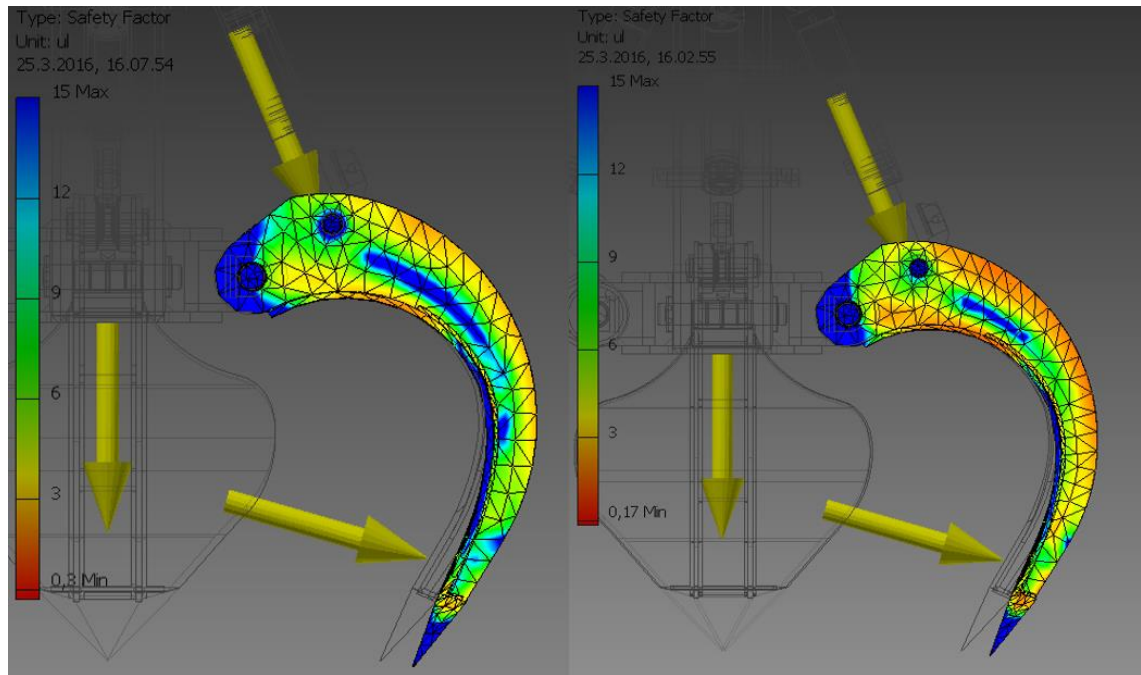
FEM -ohjelmiston mukaan leuan materiaali-paksuus on mahdollista ohentaa kymmenestä millimetristä kahdeksaan ilman kouran ominaisuuksien suurta heikkenemistä (Kuva 16). Kouran leukaa ei kuitenkaan voida täysin optimoida sillä emme pysty arvioimaan kaikkea kouraan kohdistuvaa voimaa, joita siihen kohdistuu romumetallin käsittelyssä. Tämä johtuu paljon kouran käyttäjästä, sillä kouralla hakataan ja hoidetaan työn aikana muodostaen voimien arvioinnin mahdottomaksi.



KUVA 16. Vasemmalla on esitetty kouran leuka kymmenen millimetrin seinämäpaksuudella ja oikealla kahdeksan millimetrin seinämäpaksuudella rasituslaskennan simuloinnissa.

Kouraan kohdistuvat voimat on mahdollista mitata kiinnittämällä kouraan antureita, joilla mitataan kouran käytön aikana kohdistuvia voimia. Voimien mittauksen lisääminen opinäytetyöhön ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä työhön varattu aikataulu ei riitä kouran kehitykseen ja kohdistuvien voimien mittaamiseen. Lisäksi valmista kouraa ei ollut varastossa, jonka käytöstä mittaukset olisi mitattu.

Itse leuan varmuuskerroin muuttui pienemmäksi materiaalin ohenemisen vuoksi (Kuva 17), mutta sen tulisi kestää mahdolliset kuormitukset säilyttäen alkuperäisen muotonsa. Leuan varmuuskerroin laskee alkuperäisen leuan noin neljästä kahden tai kahden ja puoleen varmuuskertoimeen pahimmissa rasituskohdissa, joten voimme todeta rakenteen kestävän enemmän jännitystä kuin laskujen mukaan syntyy murtamatta rakennetta.

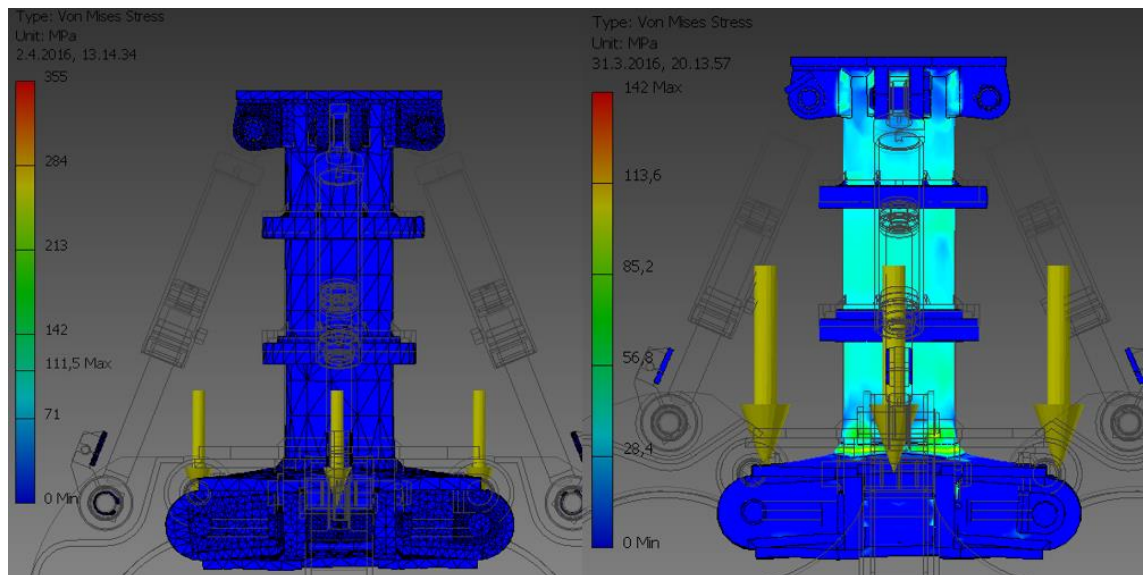


KUVA 17. Vasemmalla alkuperäisen ja oikealla kevennetyn leuan varmuuskerroinsimulaatio.

Leuan niin sanottu siirtymä kevennyksessä mallissa ei kokenut suuria muutoksia ja sen vähäisen merkityksen vuoksi leuan siirtymä todettiin pysyvän niin sanotusti ongelmattomana sen suhteen (Liite 1). Lisäksi jännityksen pysyessä elastisella muodonmuutoksen alueella voidaan varmistaa mallin palaavan takaisin alkuperäiseen muotoonsa rasituksen jälkeen.

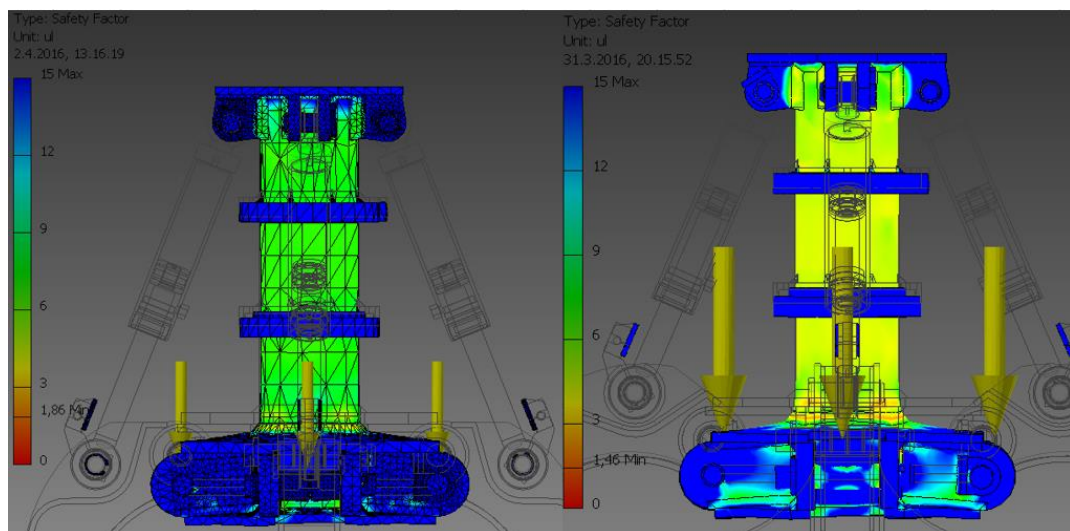
#### 4.6 Kouran rungon kevennys

Kouran rungon keventäminen aloitettiin seuraamalla rungolle seuraamalla rasitussimulaatioon muodostuvia jännitteitä Von Mises jännityskaavaa hyväksikäyttäen, josta selvisi rakenteen olevan niin sanotusti ylimitoitettu kohdistuvaan rasitukseen nähden ja täten oli mahdollista ohentaa rungon eri komponenttien materiaalia käyttöön sopivammaksi (Kuva 18). samalla rakenteen rasittuvien kohtien muuttui paremmin huomattavaksi vasta kevennyksessä rungossa, sillä alkuperäisen rungon jännitys pysyi kuvassa sinisen tasolla.



KUVA 18. Alkuperäisen ja kevennetyn rungon rasitusmuutos.

Kouran rungon keventämisessä kaikkein tärkeimpänä simuloinnin osana toimi varmuuskertoimen simulointi (Kuva 19) rasituksen aikana, sillä kyseisestä simuloinnista oli helppo seurata rakenteen rasituksen jakautumista rungossa ja materiaalin vähentämisen seurauksia rungon sisällä. Samalla rungon rakenteen rasittuvimman hitsausseaman varmuuskertoimen pieneneminen oli vähäistä muuhun rakenteeseen verrattuna.



KUVA 19. Vasemmalla alkuperäisen ja oikealla kevennetyn rungon varmuuskertoinsimulaatio.

Kevennetyn rungon muuttunut siirtymä jäi vielä pienemmäksi kuin kevennetyssä leuassa esiintynyt siirtymä, joten sekin todettiin ongelmattomaksi. Samalla saatiin konkreettista näyttöä rungon kestävydestä rasituksen alla, jolla oli mahdollista perustella materiaalin vähentämisen kannattavuutta.

#### 4.7 Kouran lopullinen keveneminen

Kouran kevenemistä verrattiin alkuperäisen mallin arvioituun painoon taulukon (Taulukko 4) avulla, jossa Autodesk Inventor 3D-mallinnusohjelmiston avulla laskettiin mallin arvioitu massa käyttäen teräksen yleistä tiheysarvoa  $7,850 \text{ g/cm}^3$  kerrottuna mallinnusohjelmiston kertomaa volyymia. Kyseistä laskua ei kuitenkaan tarvinnut laskea, sillä ohjelmisto laski sen valmiiksi, kun tietoihin lisättiin materiaalin tiheys.

TAULUKKO 4. Kouran rakenteen teoreettinen keveneminen teräksen tiheyden ja tilavuuden avulla.

	Massa (kg)
Kokonaispaino	410,9
Kokonaispaino kevennettynä	360,4
Arvioitu keveneminen	50,5

#### 4.8 Keskusvoitelu

Keskusvoitelujärjestelmä koostuu ohjausyksiköstä, pumppausyksiköstä, putkistosta, anostinryhmistä ja paineenvalvontayksiköstä, joiden avulla koneiden ja laitteiden kriittisiä kitkaa vastaanottavia komponentteja voidellaan käytön aikana automaattisesti. Samalla laitteen tarkoituksena on tehdä laitteistosta huoltovapaampaa ja helppohuoltoista vähentäen erillisiä huoltotoimenpiteitä. (Kunnossapitoyhdistys promaint ry. 2010, 42 – 43.)

Keskusvoitelulla voidellaan kouran rakenteen kitkaa vastaanottavia komponentteja, kuten laakereiden kitkapinnan kitkan vähentämistä lisäämällä kyseisten laakerien kestoä käytössä. Samalla edellä mainittu kouran yleinen huoltoon kulutettu aika poistuisi automaattisen voitelujärjestelmän vuoksi.



Itse keskusvoitelun toiminta alkaa pumppausyksiköstä, joka pumppaa säiliössä sijaitseva voiteluaineen putkistoon ja sitä pitkin annostinryhmiin. Annostinryhmät taas jakavat voiteluaineen voitelukohteeseen aina voiteluaineen tarpeiden mukaan. Itse paineenvalvontayksiköllä valvotaan koko voiteluprosessia ja sen avulla on mahdollista nostaa tai laskea painetta linjassa tarpeen vaatiessa. (Kunnossapitoyhdistys promaint ry. 2010, 42 – 43.)

Keskusvoitelua tarkemmin tarkastellessa huomattiin sen olevan täysin mahdotonta voidella kaikki voitelua tarvitsevat kohteet yhdellä järjestelmällä, sillä järjestelmän putkistot tarvitsevat tilaa eivätkä saa itse olla kohteena rasitukselle. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi sylinterin silmukoissa sijaitsevat rasvanipat ovat niin liikkuvissa paikoissa jolloin niihin ei ole mahdollista sijoittaa keskusvoitelua huonontamatta kouran tämän hetkistä huoltovapautta.

Lisäksi kyseiset rasvanipat sijaitsevat alueella, jossa on suuri mahdollisuus nostettavan metalliromun aiheuttavan rasitusta ja mahdollisesti jopa rikkovan keskusvoitelun putkiston tai letkun. Kouran runkoon yhdistäviin akselisiin taas keskusvoitelu olisi mahdollinen, jos rasvanippa sijoitetaan akselin päähän vähentäen nipan liikettä.

Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista toteuttaa, sillä nykyinen käytössä oleva leuan runkoon yhdistävä akseli ei kestä akselin sisäisen voitelukanavan aiheuttamaa akselin haurastumista rasituskäytössä. Reijo Kautun mukaan kyseistä vaihtoehtoa on jo aikaisemmin kokeiltu ja sen seurauksena kyseiset akselit eivät ole kestäneet käytössä.

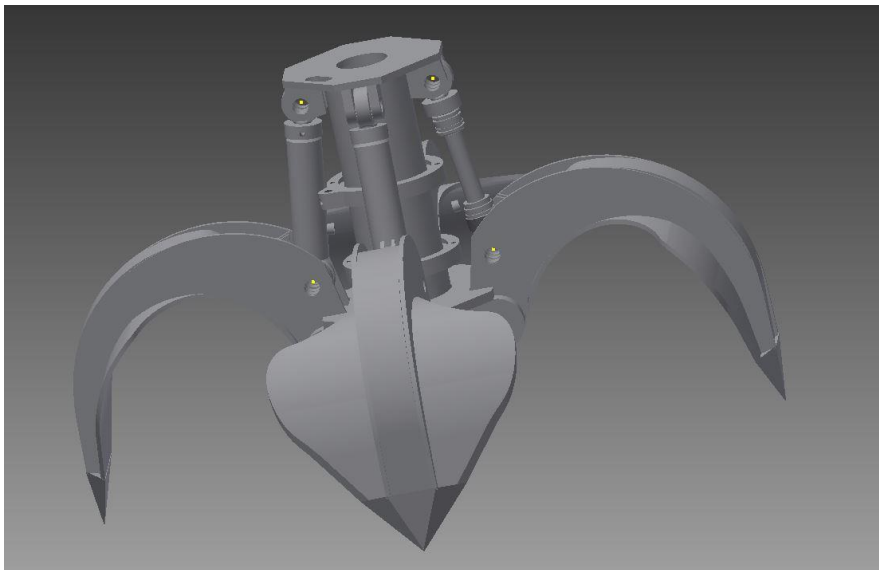
#### **4.9 Kehitysvaihtoehdot**

Aiemmin esitettyjen kehitystoivomuksien ja -ominaisuuksien perusteella muodostettiin erilaisia kehitysvaihtoehtoja, joiden avulla asiakkailta saatuja ominaisuuksien kehitysideoita käytiin läpi. Näiden avulla nähdään muutoksien erilaiset syy - seuraus vaikutukset ja näin on helpompi nähdä kouran mahdollista tuotekehitystä tulevaisuudessa materiaalin ohentamista huomioimatta.

Erityistarkasteluun jäi erityisesti kouran sylinterien iskupituuden lyhentäminen ja rungon madaltaminen, sillä ne kulkevat niin sanotusti käsi kädessä suunnittelun aikana. Samalla yhtenä tärkeänä osiona pidettiin kouran painon vähentämistä, mutta sitä ei erikseen käsitellä kehitysehdotuksissa.

#### 4.9.1 Ensimmäinen vaihtoehto

Ensimmäisessä mallissa (Kuva 20) sylinterin ja leuan yhteistä kiinnitysakselia siirrettiin ylemmäksi ja hieman lähemmäksi rungon akselia, jotta kouran leuan muodostamasta nelikulmaisesta rungosta saatiin profiililtaan neliömäinen rasituksenkeston parantamiseksi. Samalla kouran leuan selkälevyä muokattiin suoraviivaisemmaksi kiinnitysakselin aiheuttaman siirtämisestä aiheutuneen mahdollisuuden ansiosta.

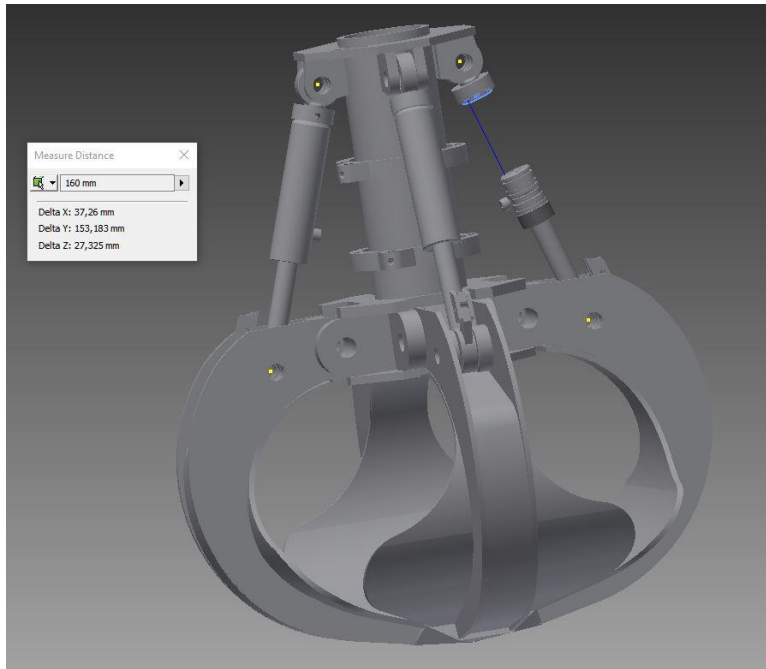


Kuva 20. Ensimmäinen kehitysmalli.

Kyseisen muutoksen avulla saatiin aikaan kokonaisuus, jonka sylinterien iskupituus lyheni 210 millimetristä 153 millimetriin nopeuttaen leuan liikkeeseen kuluva aika vähentämättä kouran voimaa liikaa. Lisäksi rungon runkoputkea oli mahdollista lyhentää vaivaiset 66 millimetriä, joka muodosti kourasta vain hieman käytännöllisemmän rungon osalta.

#### 4.9.2 Toinen vaihtoehto

Toisessa kehitysvaihtoehtomallissa (Kuva 21) sylinterin ja leuan välistä akselipistettä siirrettiin alemmas pidentäen sylinterin tarvittavaa iskupituutta pituuteen 160 millimetriin samalla madaltaen kouran runkoa 90 millimetriä alkuperäisestä, mikä taas parantaa kouran käyttöominaisuutta verrattuna vaihtoehtoon yksi. Kouran leuan liike kuitenkin hieman hidastuu rungon madaltuessa tällä tavalla.

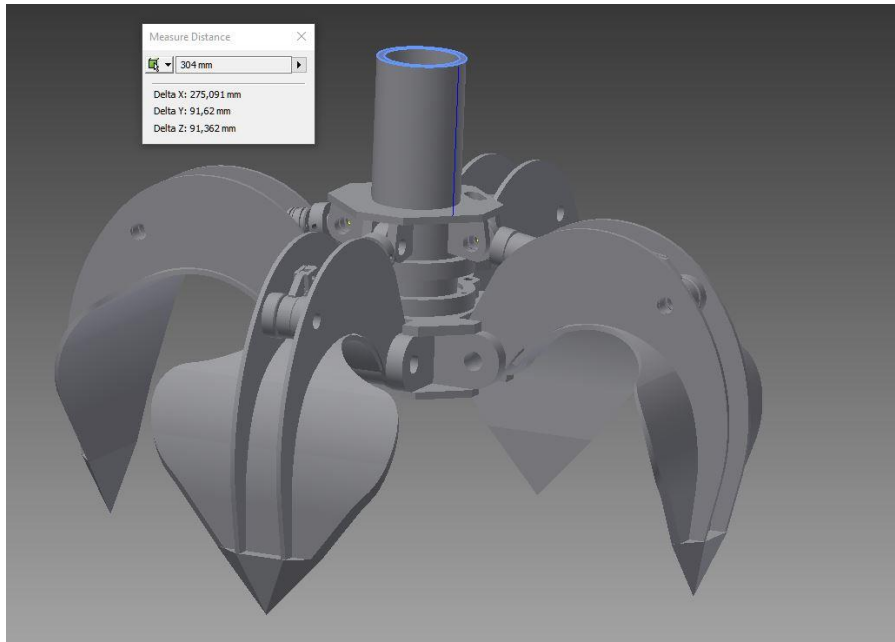


KUVA 21. Toinen kehitysmallivaihtoehto.

Kyseisen mallin avulla siis ei ollut juuri eroa lopullisessa merkityksessä laitteen käytössä ensimmäiseen vaihtoehtoon verrattuna. Sen avulla kuitenkin saatiin kokonaiskorkeutta hieman alemmas tekemättä suuria uhrauksia muissa ominaisuuksissa. Lisäksi leuan selän, kylkien ja uuman muodostama neliö ei ole yhtä kestävä rakenteessa ensimmäiseen vaihtoehtoon verrattaessa.

#### 4.9.3 Kolmas vaihtoehto

Kolmannessa kehitysmalliehdotuksessa (Kuva 22) muodostettiin aikaisempiin vaihtoehtoihin verrattuna täysin erilainen vaihtoehto, sillä runkoputken pituutta lyhennettiin 304 millimetriä. Samalla sylinterin ja leuan välistä akselia siirrettiin kouran puoliväliin muodostamaan kourasta todella kompaktin kokonaisuuden leukojen auki-asennossa.

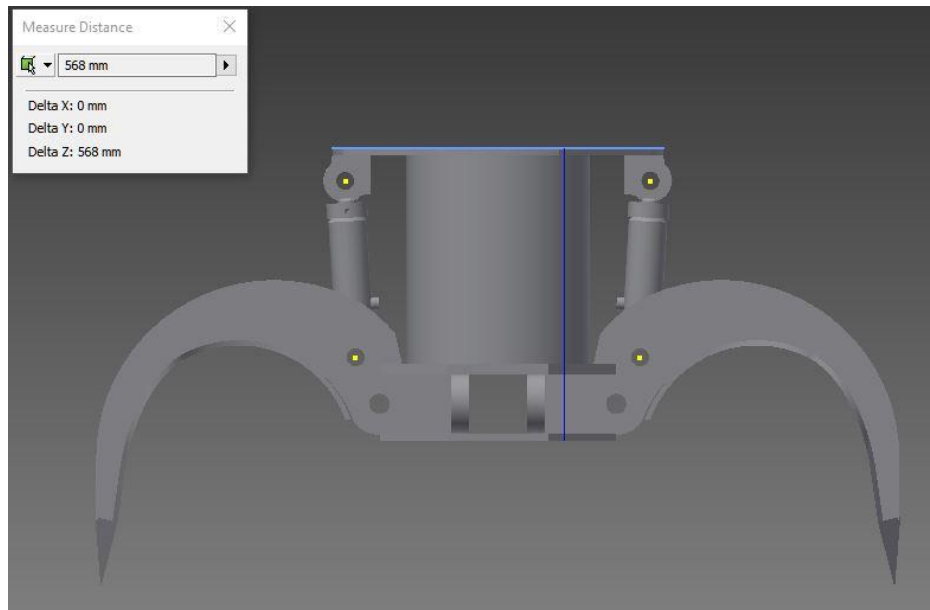


KUVA 22. Kolmas kehitysmallivaihtoehto.

Vaihtoehdon heikkoutena esille muodostui sylinterin iskupituus, sillä alkuperäisellä 210 millimetrin sylinterillä on täysin mahdotonta saada aikaan tarvittavaa leuan liikepituutta, joka taas hidastaa leukojen liikettä toimien asiakkaan toivomuksien vastaisesti. Lisäksi kyseisessä vaihtoehdossa toiseksi suureksi ongelmaksi muodostuu sylinterien mahdollinen suojaus ylimääräisen romun aiheuttamilta sylinterivarren vahingoittumisilta suurentamalla kouran kokonaismassaa suuresti.

#### 4.9.4 Neljäs vaihtoehto

Neljännessä kehitysvaihtoehdossa (Kuva 23) pääkohteeksi muodostui sylinterien pystysuuntaisuus leukojen ollessa kiinni. Tämä toteutettiin levittämällä sylinterien yläkiinnityskauemmaksi kouran rungon keskiviivasta ja siirtämällä leuan ja sylinterin liitosakselin paikoitusta lähemmäksi rungon akselia ja alemmaksi alkuperäisestä pisteestä.



Kuva 23. Neljäs kehitysmallivaihtoehto.

Sylinterin pystysuuntaisuus johti erittäin lyhyeen sylinterin iskupituuteen, joka muuttui alkuperäisestä 210 millimetristä 118 millimetriin lähes tuplatan leuan liikenopeuden. Samalla kouran runko madaltui 161 millimetriä eli noin 22 prosenttia alkuperäisestä korkeudesta, mikä on merkittävä muutos parantaen kouran yleistä käytettävyyttä pienemmissä nostureissa ja kaivureissa.

## 5 POHDINTA

Romukouran kehitys oli jaettavissa kahteen osioon, joista ensimmäisessä osiossa päivitettiin nykyisen romukouran piirustukset samalla mallintamalla jokainen osa erikseen ja kasaamalla näistä osista kasattiin yksi suurempi kokonaisuus. Mallintamisen aikana muodostettiin jokaisen osan 3D-mallista 2D-työkuvat kappaleita valmistavia koneistajia ja hitsaajia varten. Kokonaisuudesta kourasta muodostettiin 3D-kuvia ja räjähdyskuvia asiakkaiden mahdollisten varaosatilausten varalta, jonka avulla asiakkaat osaavat tilata oikean osan Pakkarakenne Oy:ltä. Kyseisten työkuviin ynnä muiden piirustusten avulla Pakkarakenteella kappaleiden valmistus ja kasausaika lyhenee tarkempien piirustusten vuoksi johon yrityksessä oltiin tyytyväisiä.

Toisessa vaiheessa laskettiin ensi käsin rakenteisiin kohdistuvat jännitteet, jotta tarkempaan FEM -laskentaan olisi saatu tarvittavat jännitykset. Lisäksi toiseen vaiheeseen kuului erilaisten kehitysvaihtoehtojen muodostaminen perustellen muutokset asiakkaiden toiveisiin. Vaihe kaksi jatkui kouran leuan ja rungon erillisillä rasitussimulaatioina, jossa onnistuttiin erittäin hyvin. Onnistumista perustellaan kouran massan suurella vähentämisellä, sillä massaa saatiin vähennettyä noin 50 kilogrammaa.

Kouran FEM-analyysin aikana opittiin käyttämään Autodesk Inventor -ohjelmiston stressianalyysiominaisuutta, jota jouduttiin opiskelemaan tarkemmin ennen käyttöä. Tämä on yleistä, sillä kaikkia uusia ohjelmistoja käytettäessä tulee tarkastella ja kokeilla ennen varsinaista käyttöä oikeaoppisen käytön takaamiseksi.

## LÄHTEET

Pakkarakenne Oy. Luettu 29.2.2016. <http://www.pakkarakenne.fi/>

Kauttu R. Myyjä. 2016. Haastattelu 8.2.2016 Tampere: Pakkarakenne Oy

Kauttu R. Myyjä. 2016. Haastattelu 22.2.2016. Tampere: Pakkarakenne Oy

Pere A. 2001, Konepiirustus 2.

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry (MetSta). Hitsausmerkit. 2011. Luettu 3.3.2016. [www.sfsedu.fi/files/131/MetSta\\_Hitsausmerkit\\_2011-03.ppt](http://www.sfsedu.fi/files/131/MetSta_Hitsausmerkit_2011-03.ppt)

Kivilinna H. Konetekniikan lehtori. Lujuuslaskenta 22.3.2016. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Kunnossapitoyhdistys promaint ry. Voitelutekninen toimikunta. 2010. Teollisuuden rasvavoitely. 1.painos. Helsinki: KP Media Oy

Vuorimaa V. 2015. Vaihekotelon FEM-analyysi. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Salmi T. 2005, Statiikka. 3. painos. Tampere: Pressus Oy

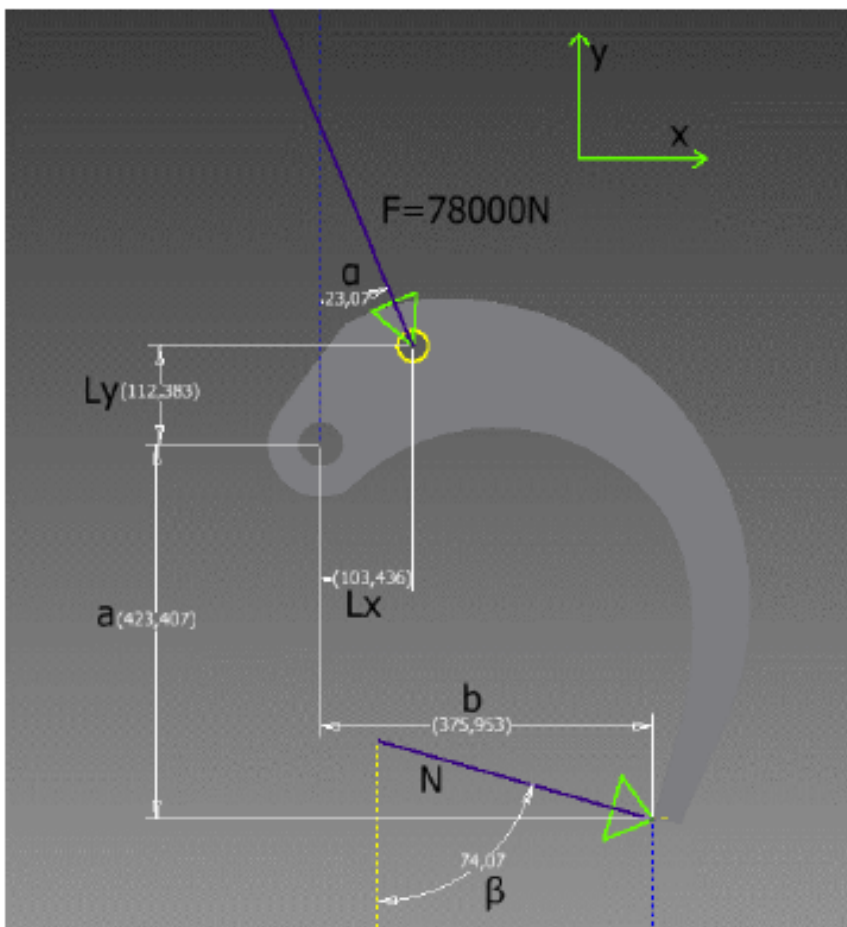
## LIITTEET

Liite 1. Lujuuslaskennan työkirja.

1/6

Sarake1	F (N)	$\alpha$ (°)	F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	$\beta$ (°)	N (N)	N <sub>x</sub> (N)	N <sub>y</sub> (N)
1/2 auki	78000	23,07	30564,725	71762,09	74,06583	35733,36	34360,4	9810
1/4 auki	78000	23,1	30602,295	71746,08	66,2112	24320,4	22254,1	9810
Kiinni	78000	21,43	28498,41	72607,44	59,3776	19258,8	16573	9810

Sarake1	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	a (mm)	b (mm)
1/2 auki	103,436	112,383	423,407	375,953
1/4 auki	148,547	35,537	561,145	75,697
Kiinni	151,391	20,243	550,842	131,1



Selvitetään momenttiyhtälön kautta seuraavasti:

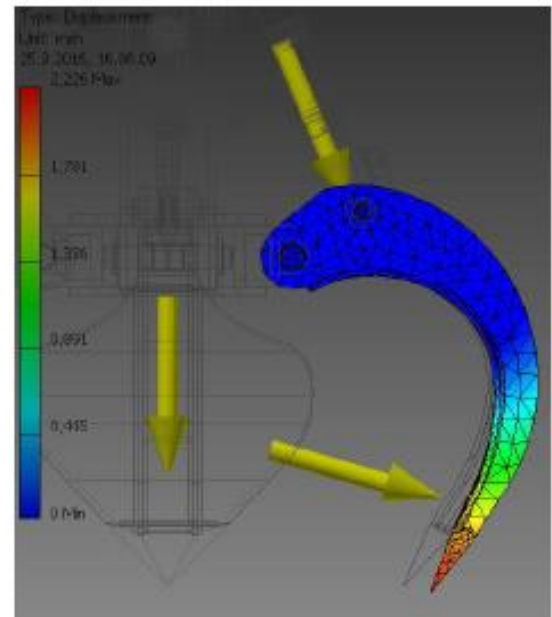
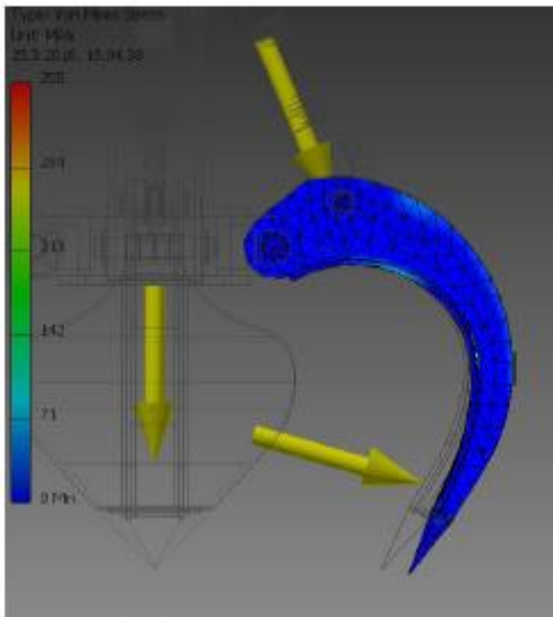
$$\sum M = 0$$

$$F_x \cdot L_y + F_y \cdot L_x - N_x \cdot a + N_y \cdot b = 0$$

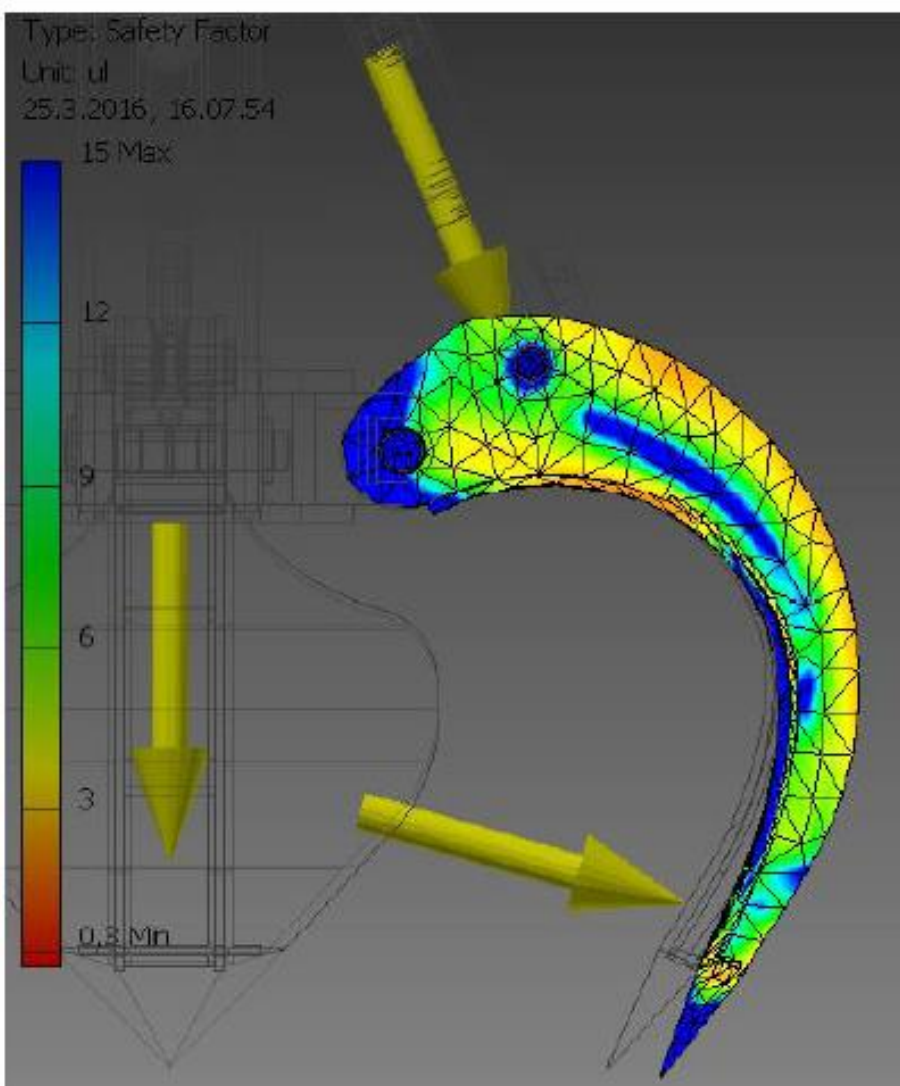
$$\text{Tällä saadaan } N_x \Rightarrow N^2 = N_y^2 + N_x^2$$

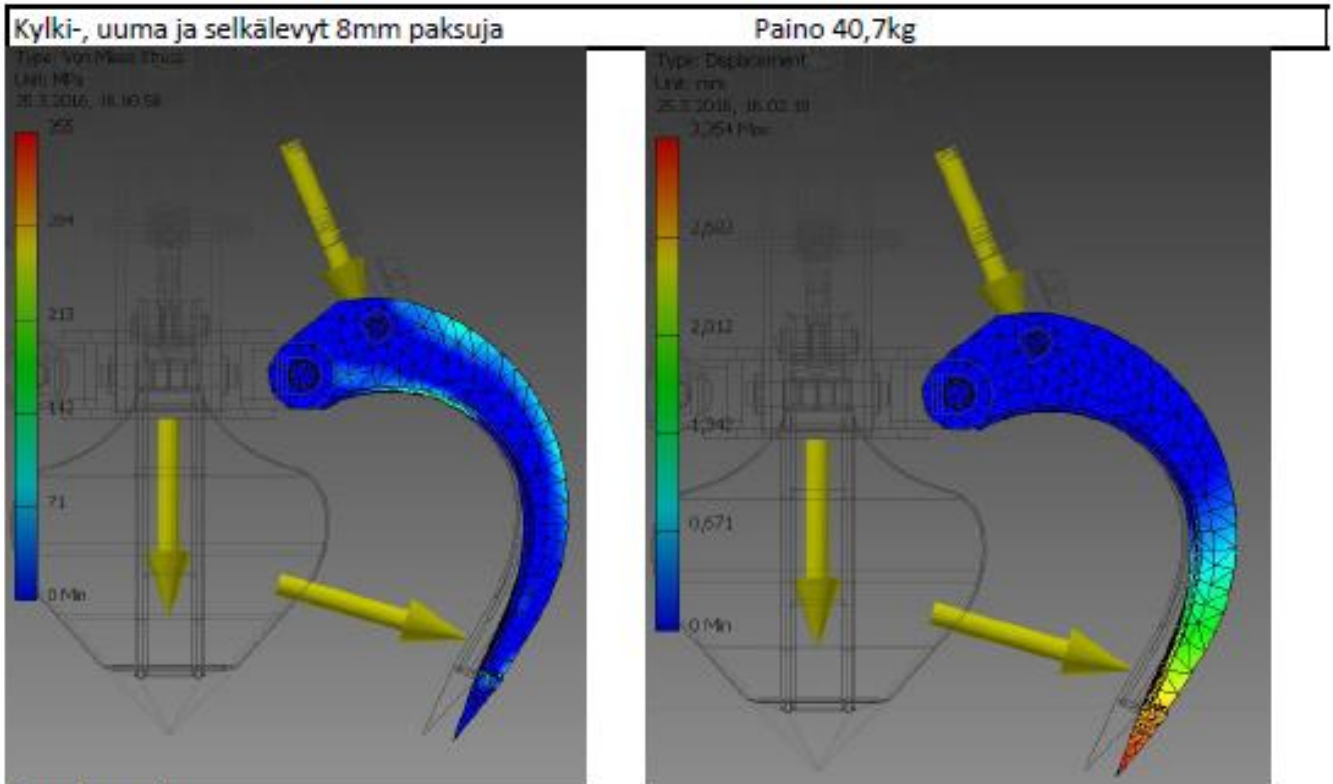


Arvoja käytettiin seuraavasti kouran leukaan käyttäen akselia kiinteänä kiinnityksenä:  
 Kylki-, uuma ja selkälevy 10mm paksuja Paino 47,9kg

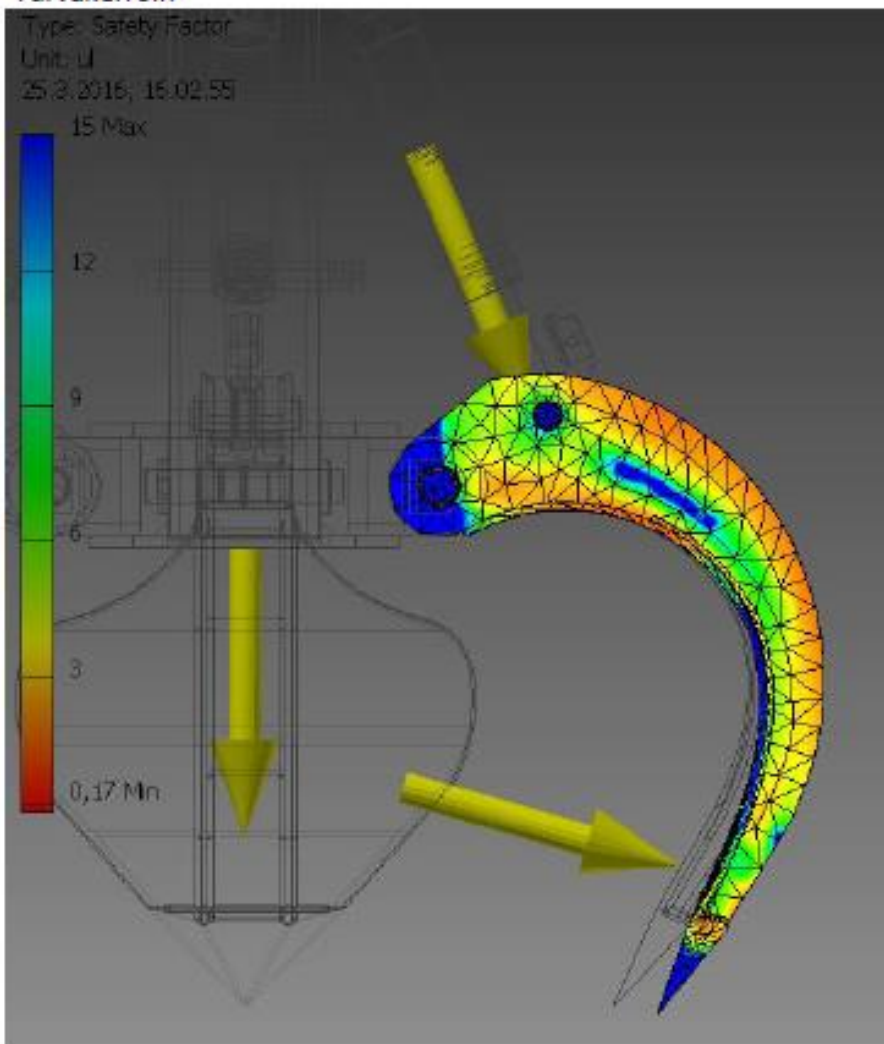


Turvakerroin

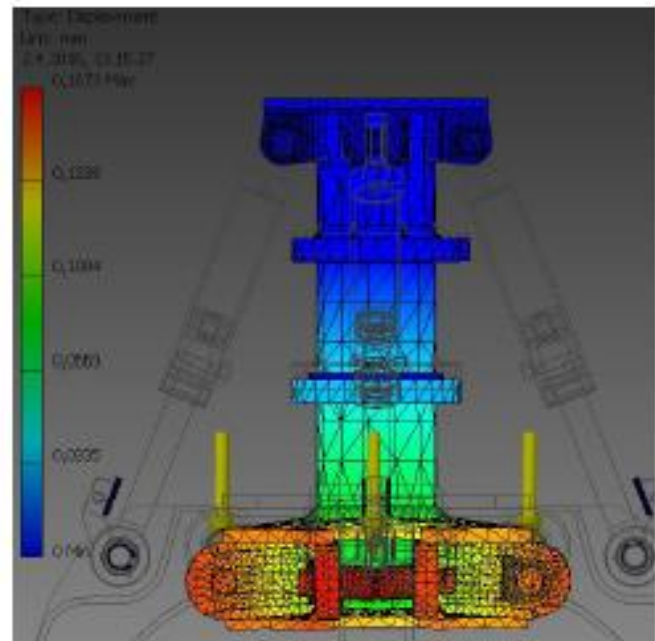
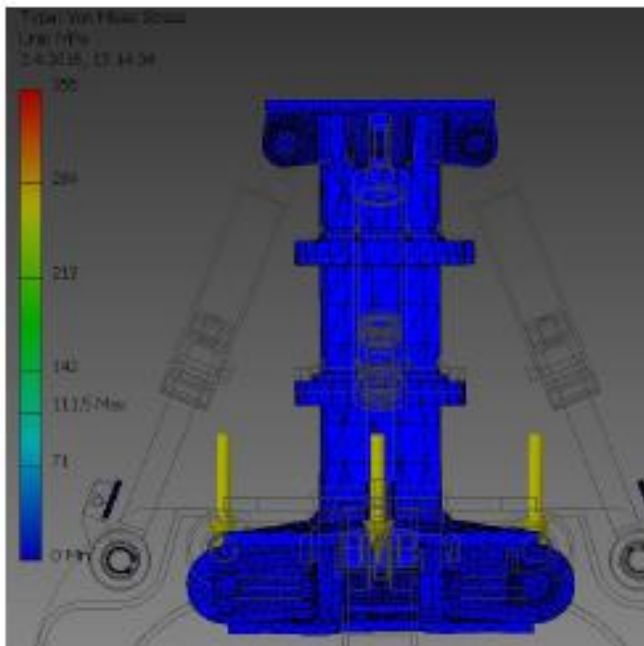




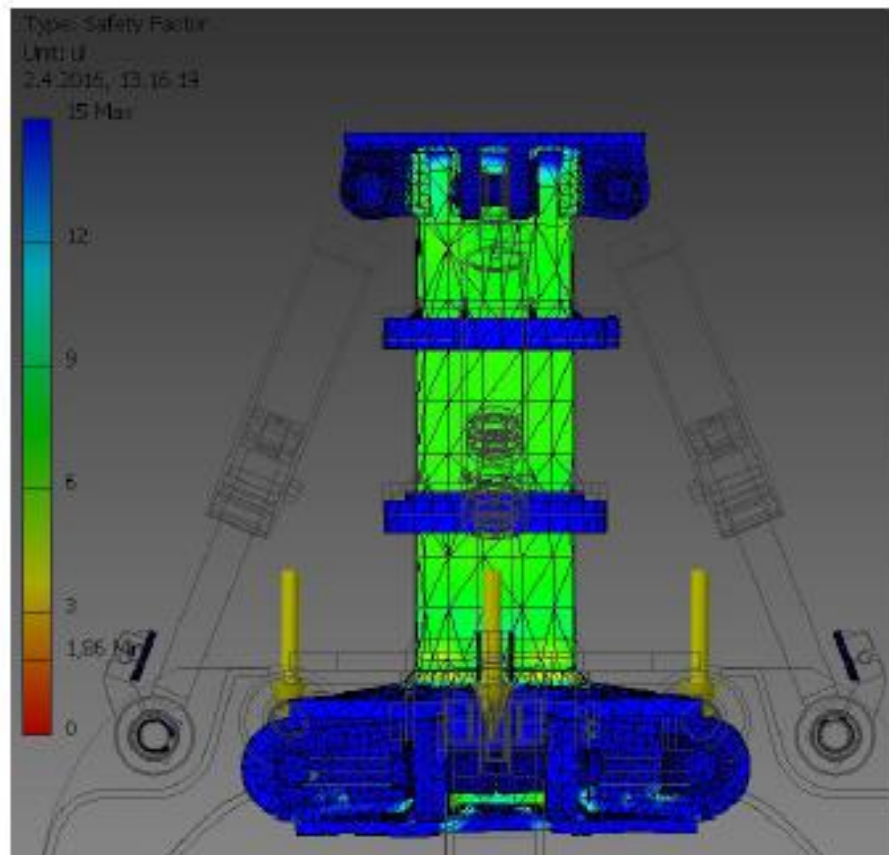
### Turvakerroin



## Alkuperäinen runko



## Turvakerroin



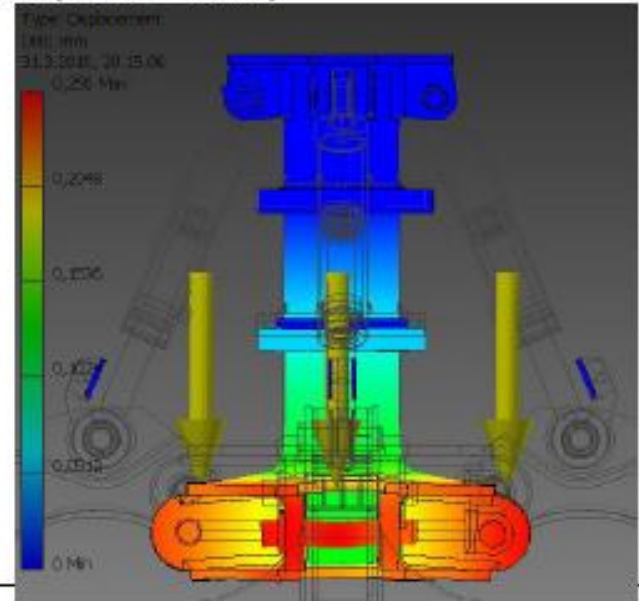
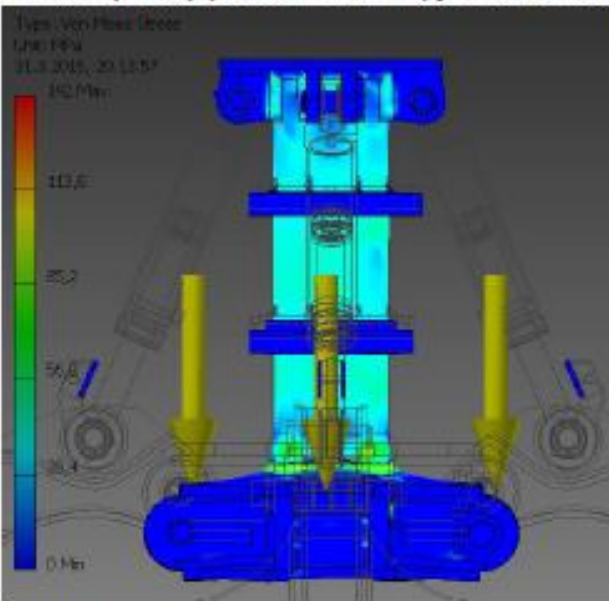
Runkoon kohdistuva maksimi pystyjännitys

F (N)	Fymax (N)
78000	72607,44

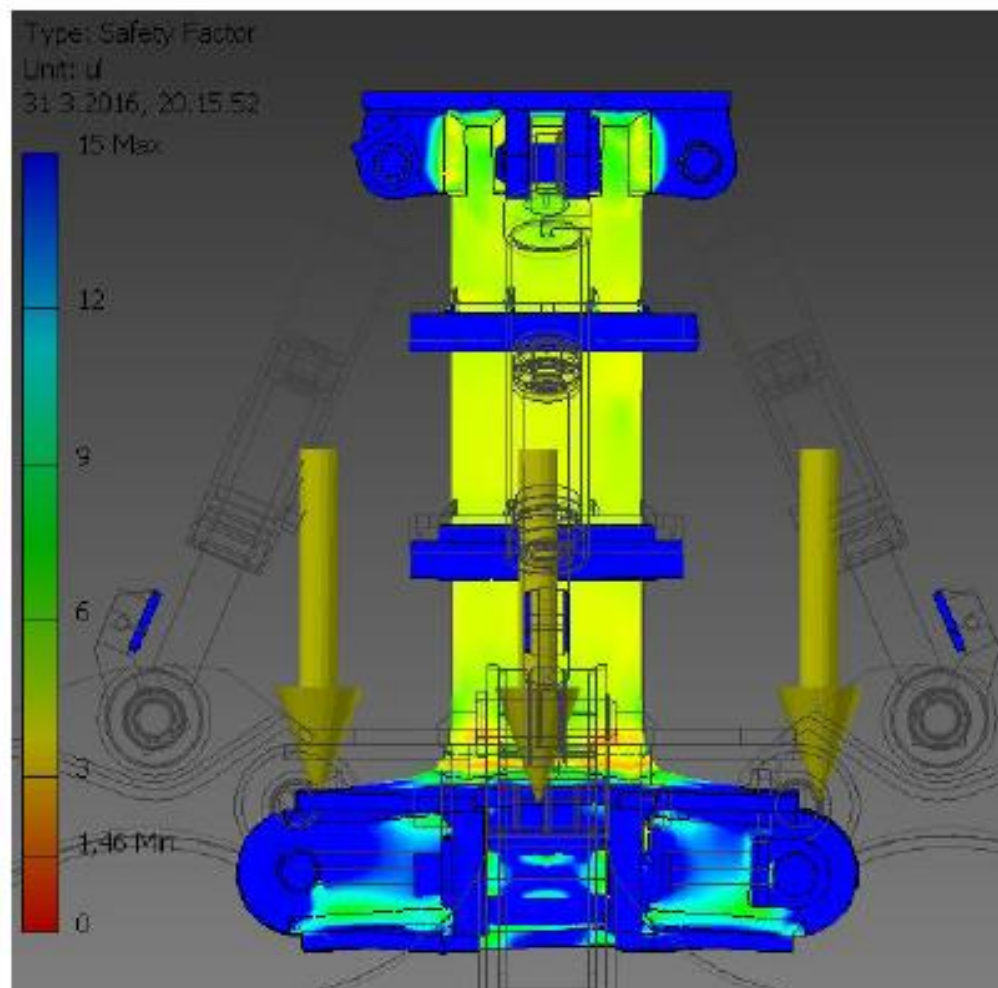
### Kevennetty runko

Kevennetty runkoputki (150mm -> 160mm reikä),

nivelen ylälevy (20mm -> 15mm) ja nivelen korvakkeet (35mm -> 30mm)



### Turvakerroin



### Kouran massamuutos

	Massa (kg)
Kokonaispaino	410,9
Kokonaispaino kevennetty	360,4
Arvioitu keveneminen	50,5

## Taulukot

## Kehitysvaihtoehdon yksi voimat

## 66mm madaltava vaihtoehto

	F (N)	$\alpha$ (°)	F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	$\beta$ (°)	N	N <sub>x</sub> (N)	N <sub>y</sub> (N)
1/2 auki	78000	18,91	25278,437	73790,25	58,3385	18689,26	15907,62	9810
Kiinni	78000	19,25	25715,87	73638,94	47,367	14484,72	10656,97	9810

## Kehitysvaihtoehdon yksi Momenttivarret

	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	a (mm)	b (mm)
1/2 auki	69,378	59,259	533,311	190,246
Kiinni	90	15	555,043	112

## Vaihtoehdon kaksi voimat

## 90mm madaltava vaihtoehto

	F (N)	$\alpha$ (°)	F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	$\beta$ (°)	N	N <sub>x</sub> (N)	N <sub>y</sub> (N)
1/2 auki	78000	18,15	24749,763	73969,25	61,869	20806,45	18348,63	9810
Kiinni	78000	20,66	27520,092	72983,86	47,81187	14607,62	10823,43	9810

## Vaihtoehdon kaksi momenttivarret

	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	a (mm)	b (mm)
1/2 auki	85,411	23,559	504,351	239,886
Kiinni	86,337	19,9	557,747	28,866

## Vaihtoehdon kolme voimat

## Matala vaihtoehto

	F (N)	$\alpha$ (°)	F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	$\beta$ (°)	N	N <sub>x</sub> (N)	N <sub>y</sub> (N)
1/2 auki	78000	39,97	501006,14	59777,71	77,3819	44906,97	43822,36	9810
Kiinni	78000	33,37	42903,396	65140,61	52,5375	16128,45	12801,98	9810

## Vaihtoehdon kolme momenttivarret

	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	a (mm)	b (mm)
1/2 auki	381,337	76,695	491,753	264,752
Kiinni	286,819	262,744	557,816	27,503

## Vaihtoehdon neljä voimat

## Pystysylinterillinen

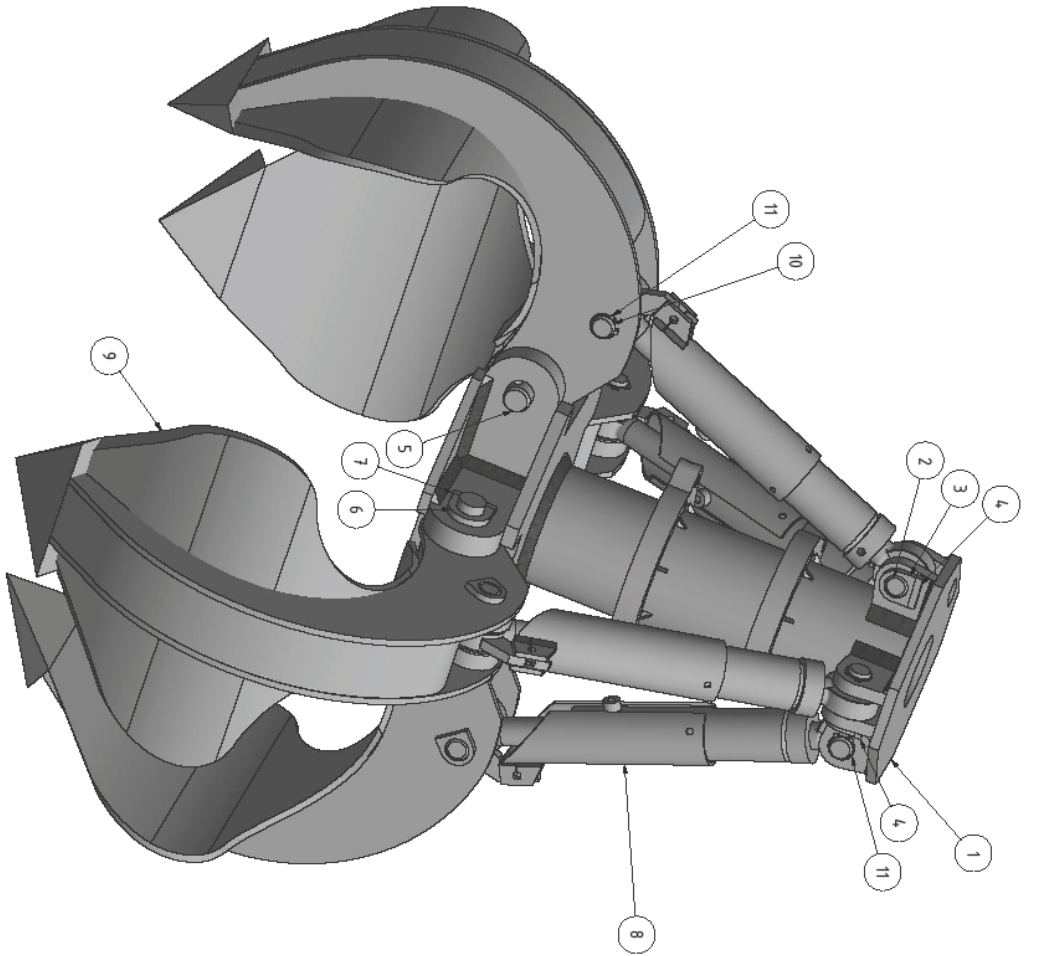
	F (N)	$\alpha$ (°)	F <sub>x</sub> (N)	F <sub>y</sub> (N)	$\beta$ (°)	N	N <sub>x</sub> (N)	N <sub>y</sub> (N)
1/2 auki	78000	4,3	5848,34	77780,44	61,7887	20752,06	18286,93	9810
Kiinni	78000	3,91	5318,77	77818,4	48,84	14905,11	11221,68	9810

## Vaihtoehdon neljä momenttivarret

	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	a (mm)	b (mm)
1/2 auki	96,068	31,621	528,184	204,049
Kiinni	97,346	27,438	552,075	125,807

Liite 2. Piirustukset

1/29

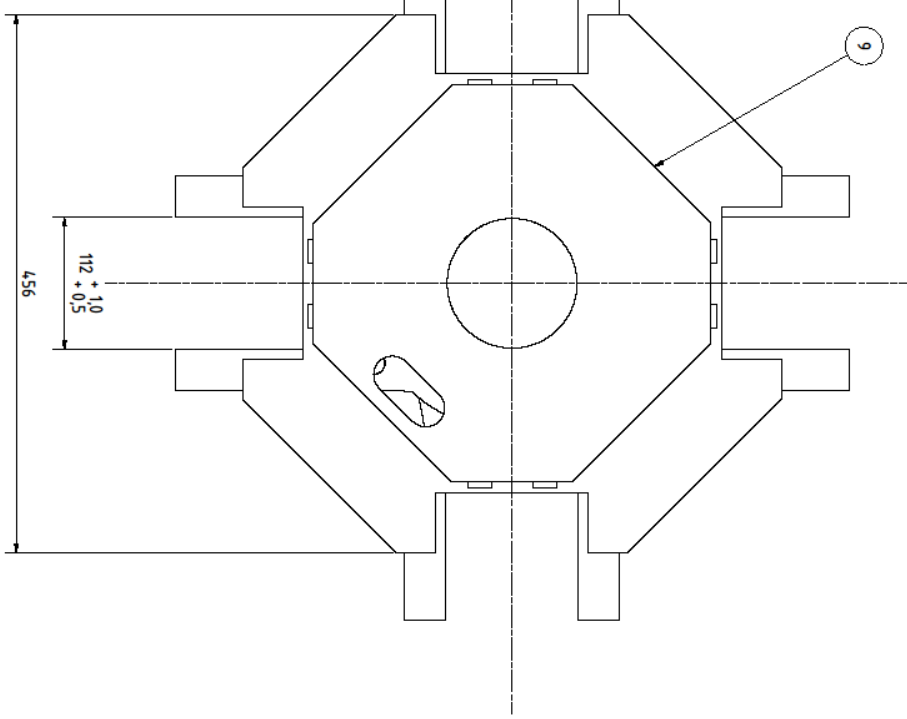
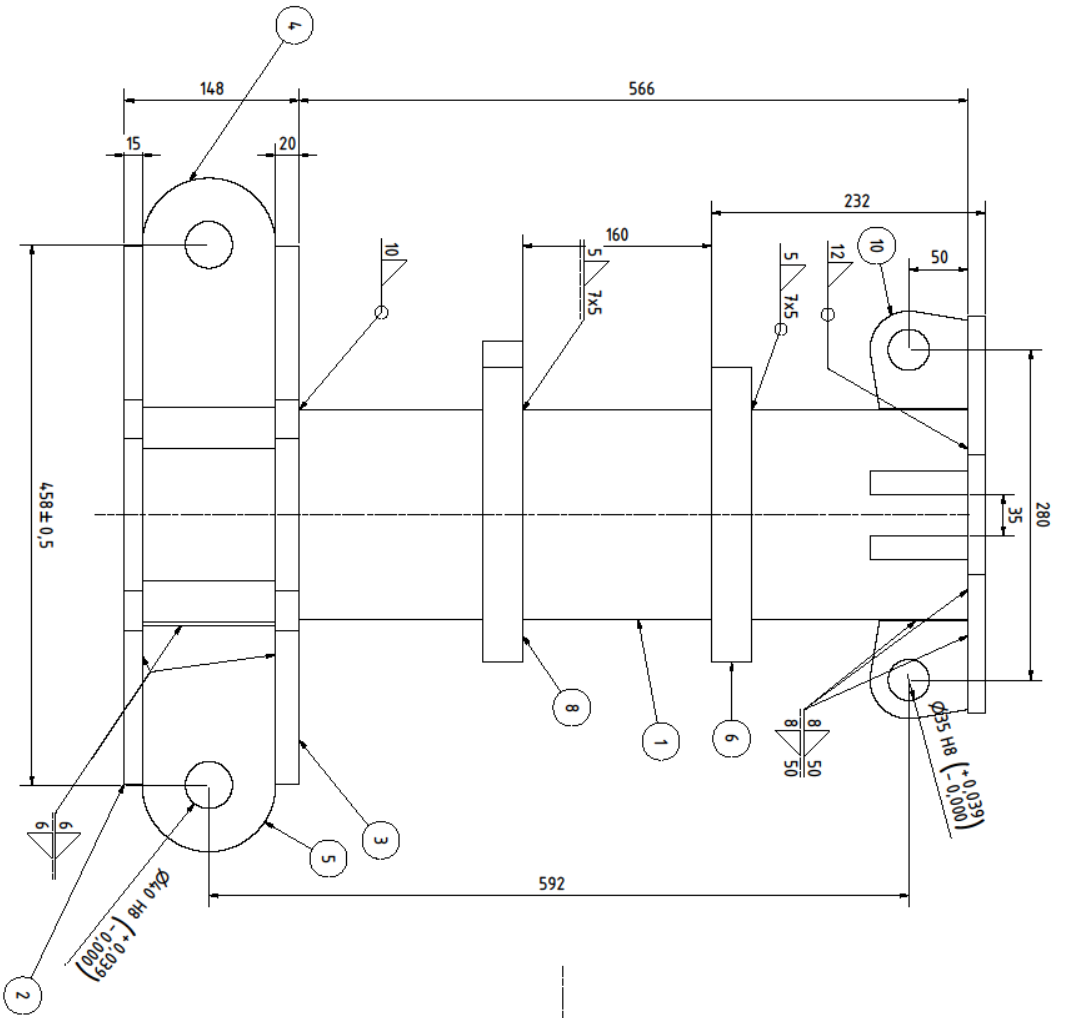


PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1		Kouran runko kasattuna
2	4		Sylinterin tappi lyhyt
3	8		Sylinterin tappin huuli
4	4		10x10 Tappi
5	4		Pikkin Tappi
6	4		Pikkin Tappin huuli
7	4		10x10 Tappi pitkä
8	4		Sylinteri kasattuna
9	4		Kouran leuka kasattuna
10	4		Sylinterin tappi
11	8		Sylinterin tappin sokkarengas
12	8		Pikkin tappin halkki

Pakkarakenne Oy Tampere - Finland		Piiirustusnumero	
State	Country	Date	Name
		Drawn	Tapani V.
		Checked	
		Sketched	
Kasattu koura			1
			AZ

2/29



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Runkoputki	
2	1	Nivelen alaturkulevy	
3	1	Nivelen yläturkulevy	
4	4	Runkokorvake pitkä	
5	4	Runkokorvake lyhyt	
6	1	Jakorenngas ylempi	
7	2	Jakorenngaan hoikki	Jakorenngaiden sisällä
8	1	Jakorenngas alempi	
9	1	Rungon ylälevy	
10	8	Sylinterin yläpäähän korvake	

Pakkarakennne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
3-300-000-a

DATE	NAME
17.2.2016	Tapani V.
	Checked
	Standard

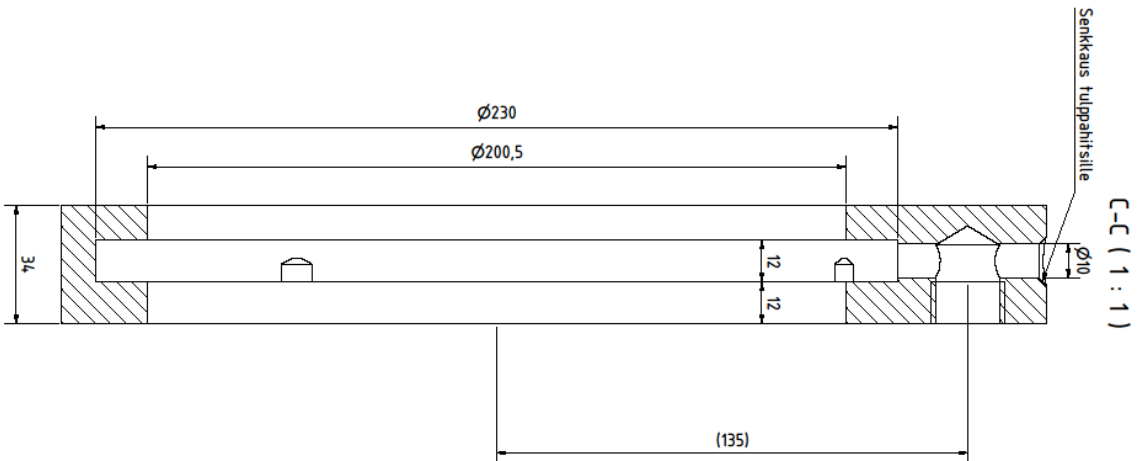
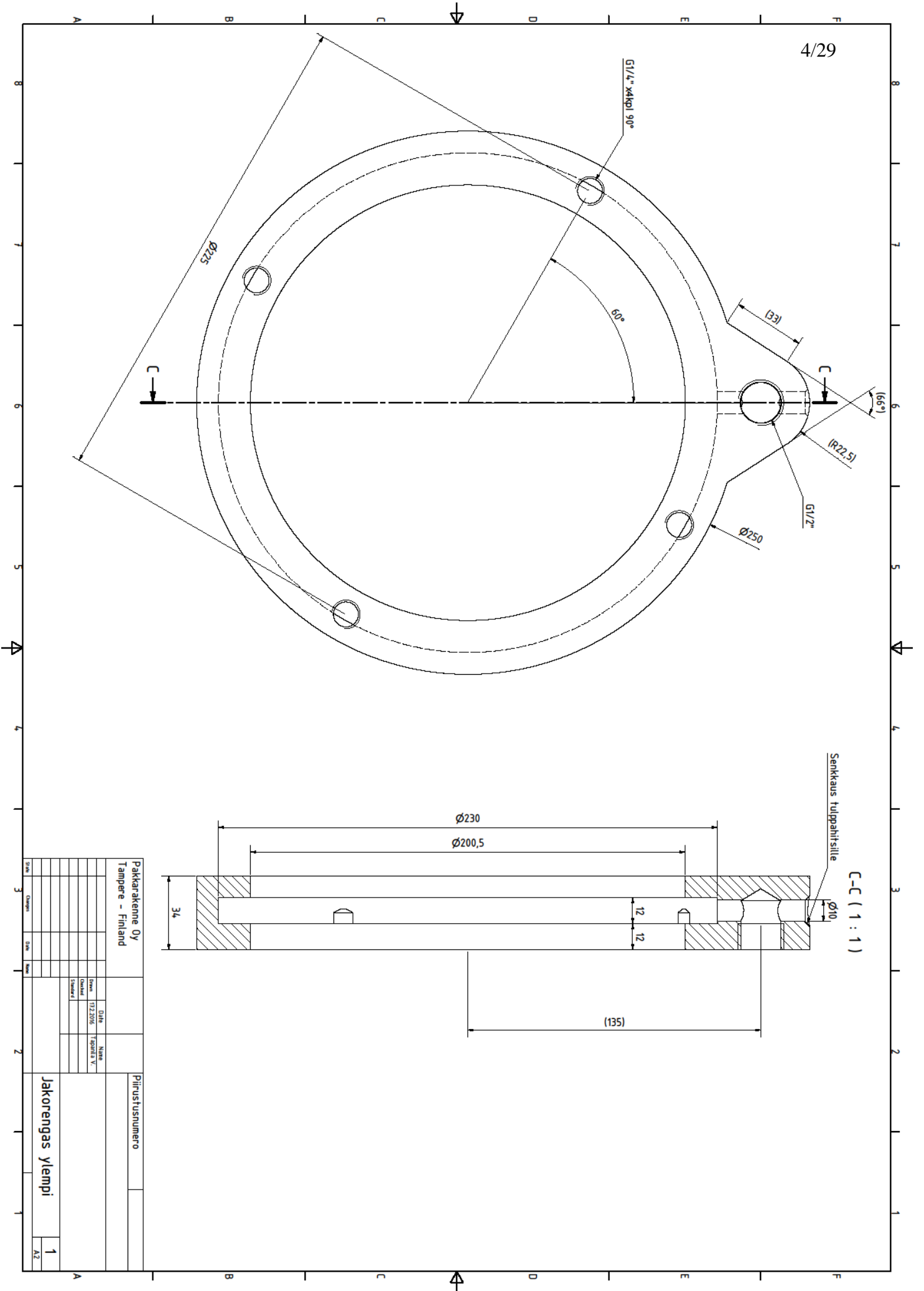
Kouran runko

1  
AZ





4/29



Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero

Etunimi	Sukunimi
17.2.2006	Tapani V.
17.2.2006	
17.2.2006	

Jakorengas ylempi

1

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

1/20

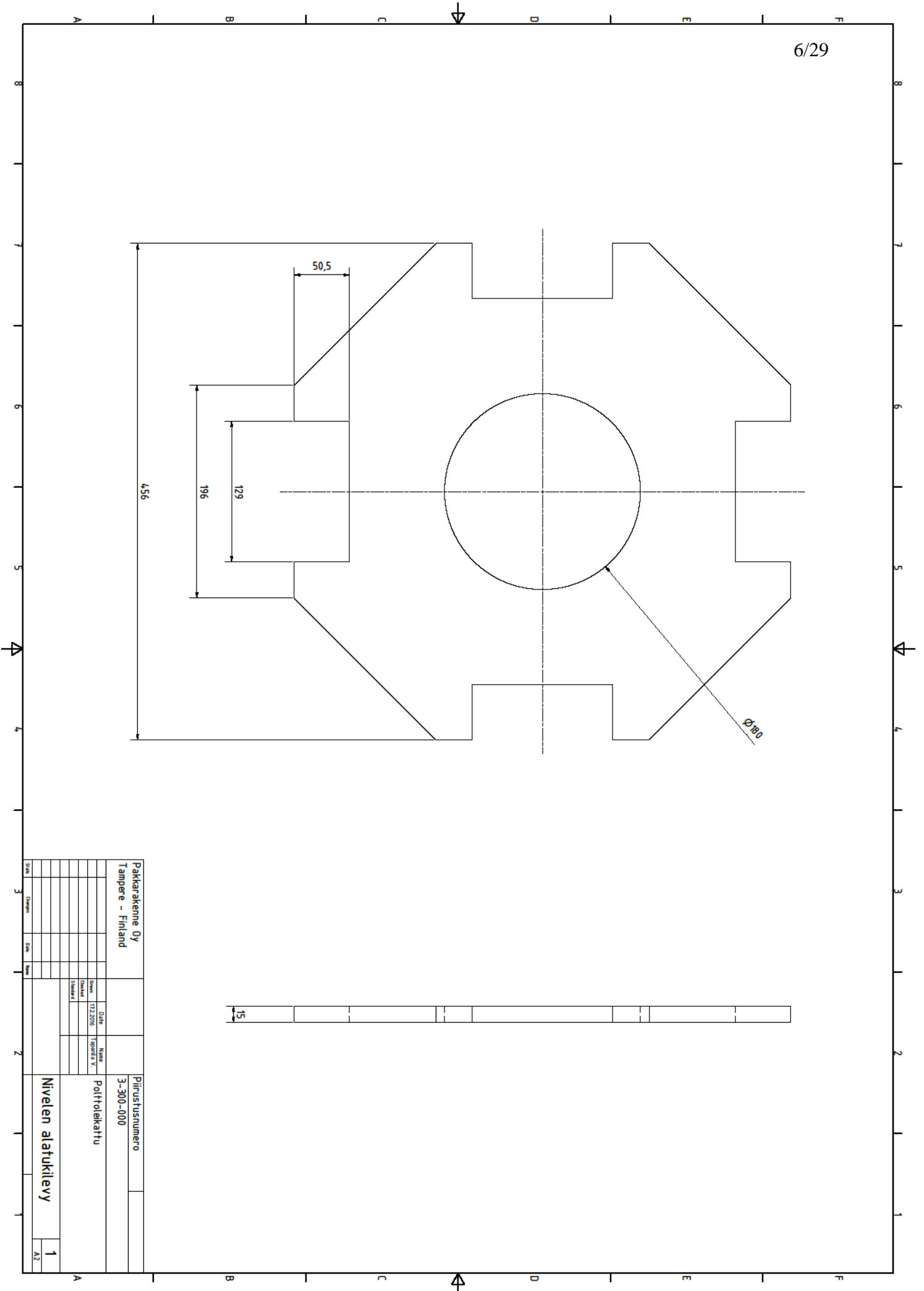
1/20

1/20

1/20



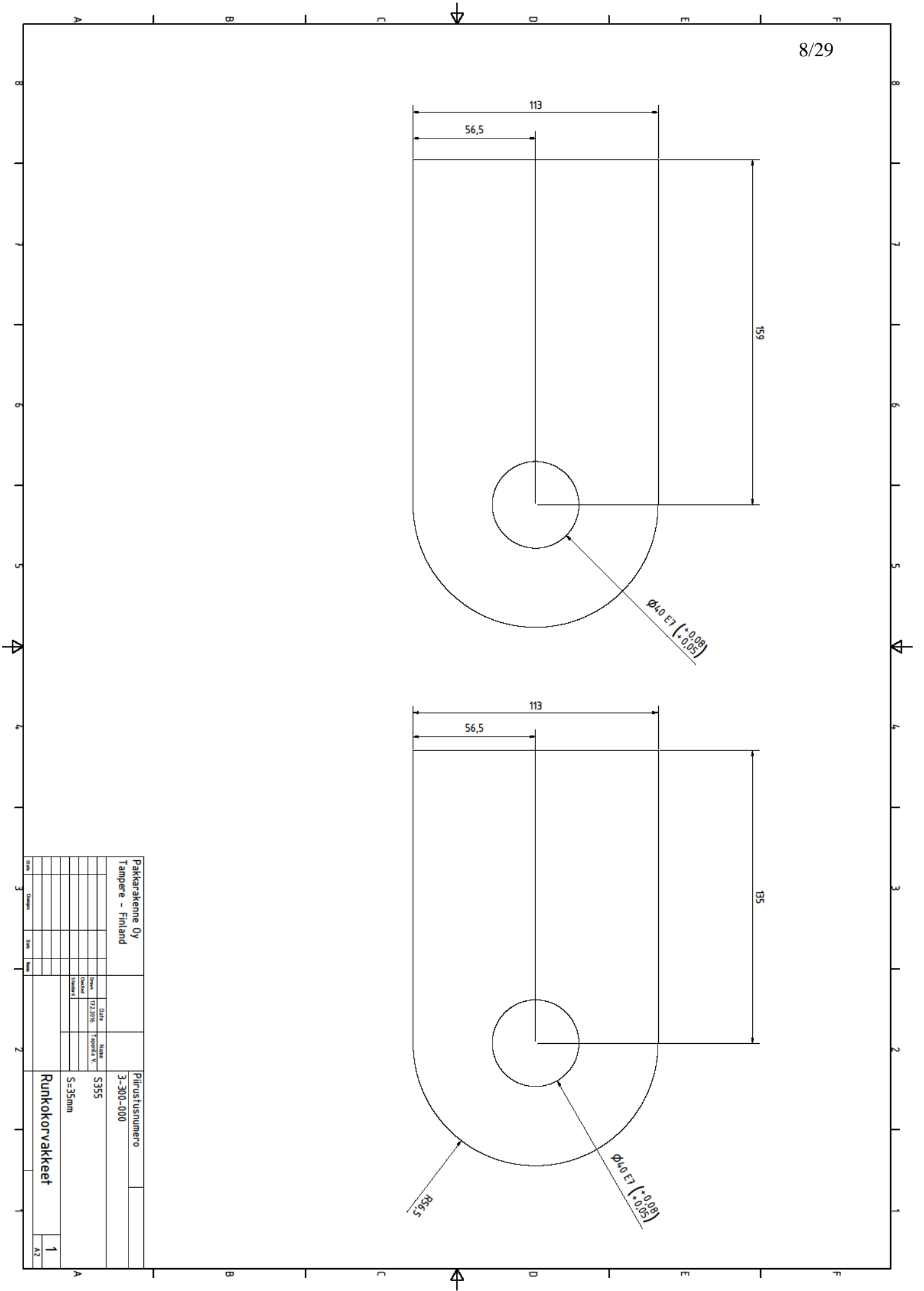
6/29



Pakkarakemie Oy		Päärakennusnumero	
Tampere - Finland		3-300-000	
Date: 17.2.2016		Name: Patrolleikattu	
Drawn: [Signature]		Checked: [Signature]	
Scale: 3		Sheet: 1	
Drawing: 3		Name: 2	
		Nivelen alatuokiavy	
		1	
		A2	



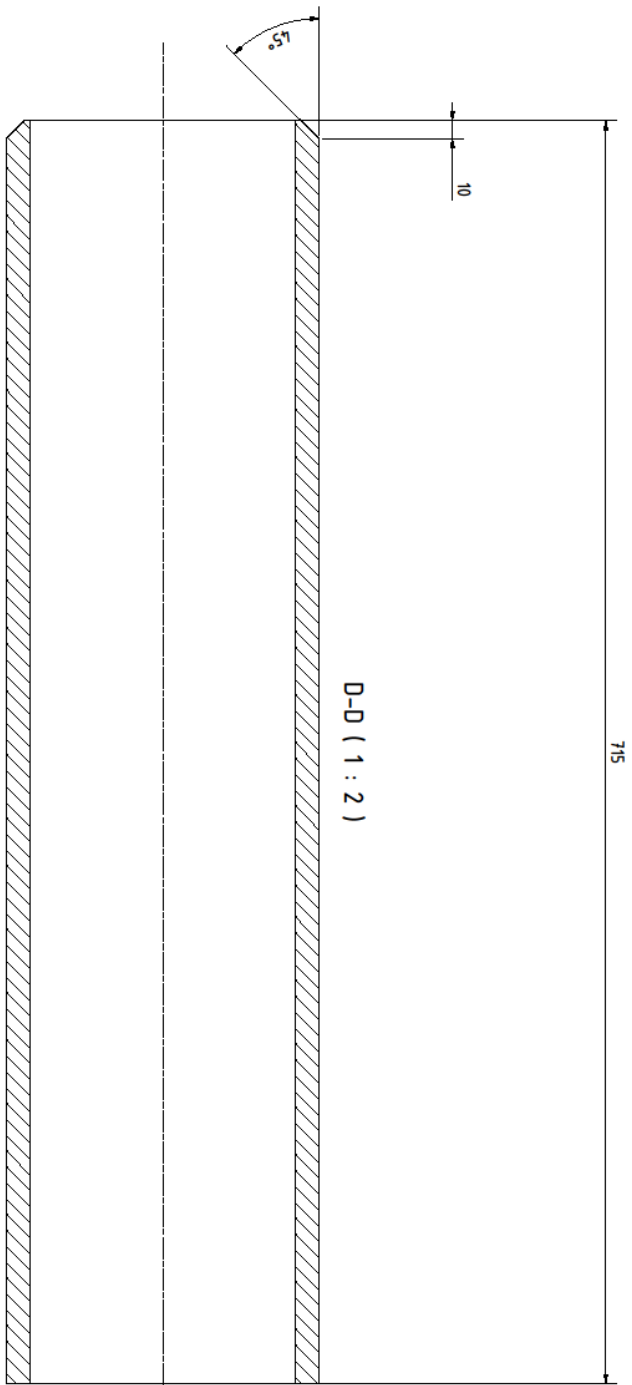
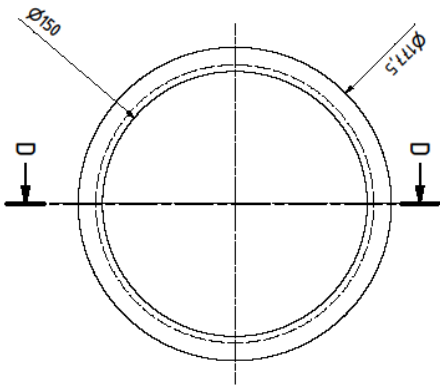
8/29



Pakkarakenne Oy		Piiustusnumero	
Tampere - Finland		3-300-000	
OHJ	NIMI	OHJ	NIMI
1722015	Tampere V		
OHJ	OHJ	OHJ	OHJ
1722015	Tampere V		

Runkokorvakkeet		S=35mm	
1		1	
AZ		AZ	

9/29



Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
3-300-000

Drawn: 13.2.2006  
Checked: Tapani V.  
Standard

S355

Runkoputki

Sheet

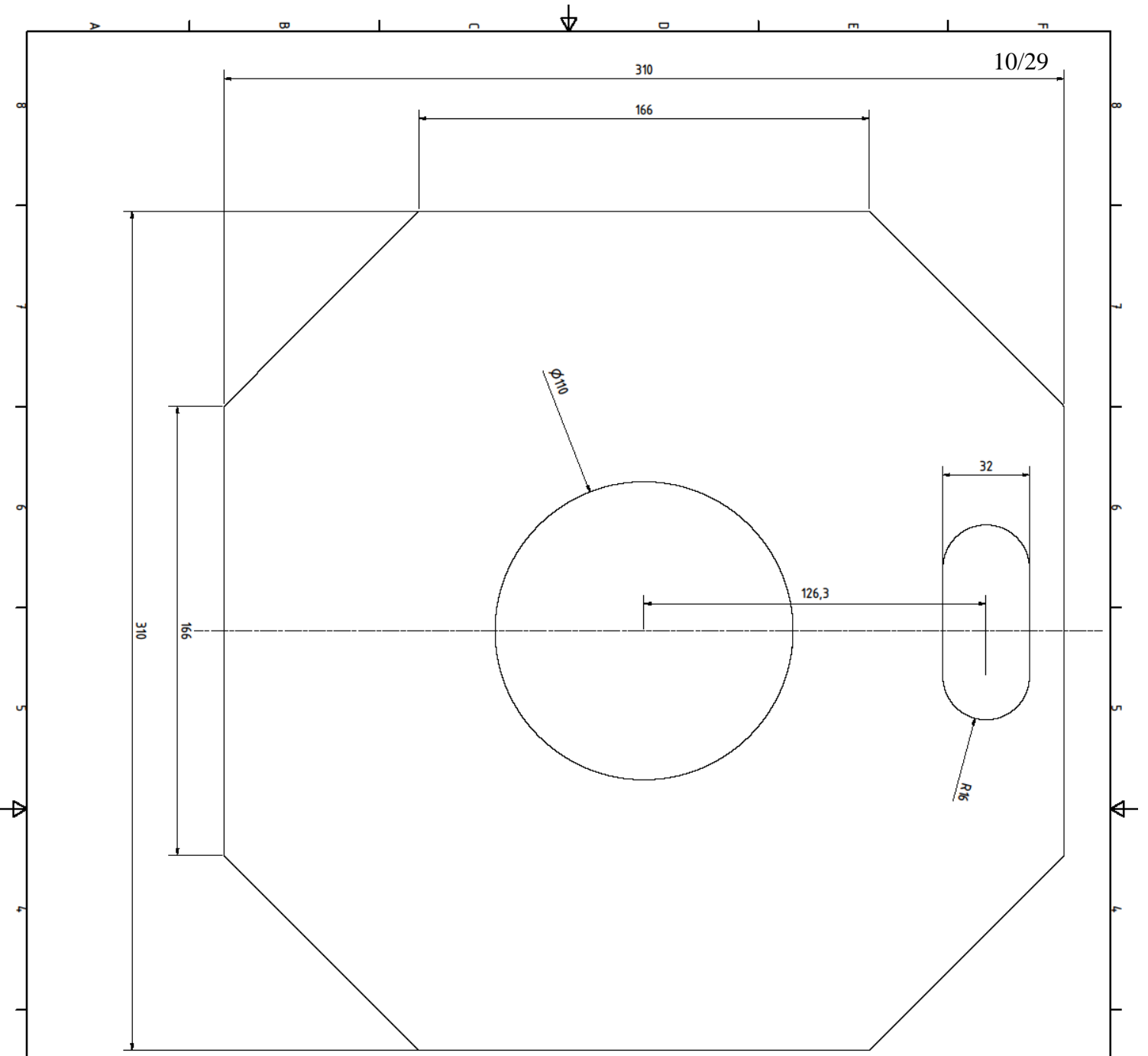
3

Sheet

1

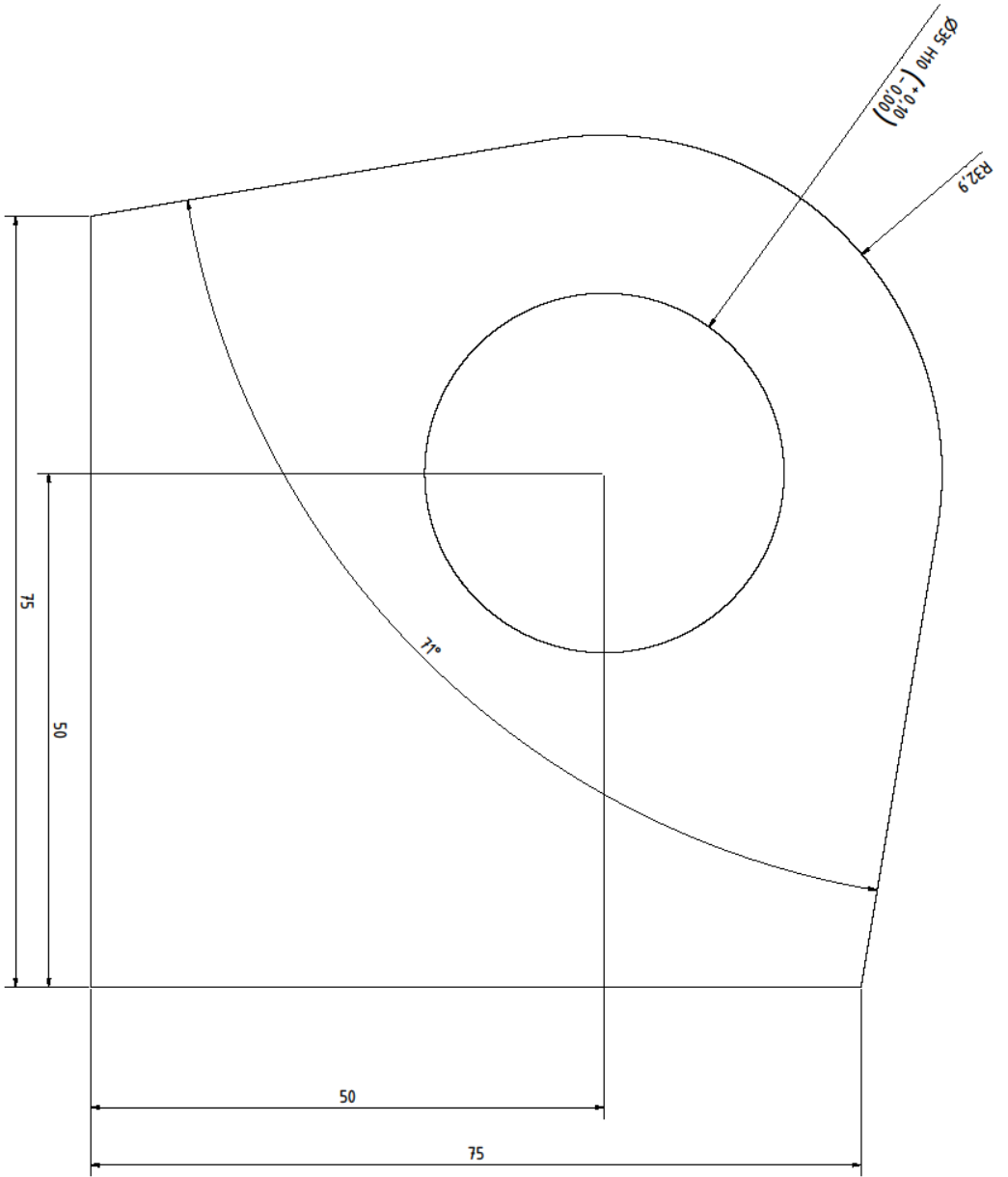
1

A2



Pakkarakenne Oy		Piiustusnumero	
Tampere - Finland		3-300-000	
DATE	NAME	DATE	NAME
		11.2.2016	Tapani V.
Order	Standard	S-15	
Rungon ylälevy		1	
		A2	

11/29



Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
3-300-000

DATE: 17.2.2016  
NAME: Tampere V.

SYMBOL: S=20mm

1  
A2

1  
A2

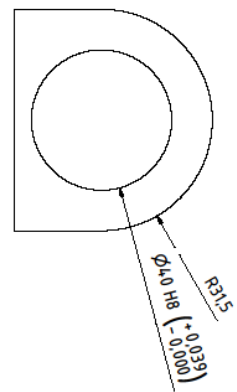
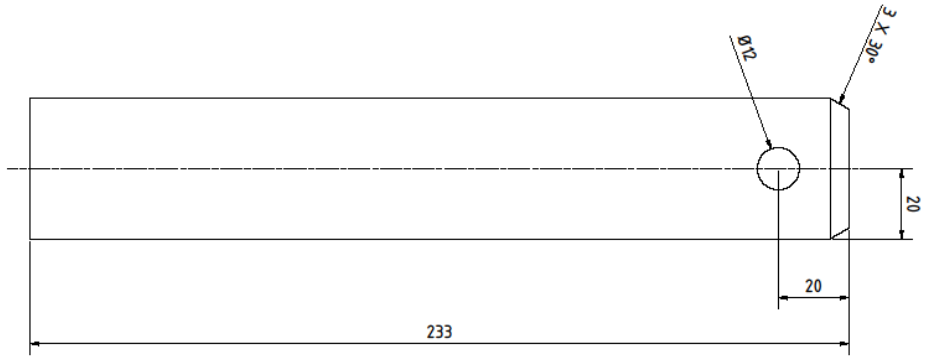
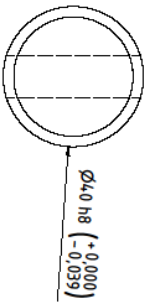
3 4 5 6 7 8

2

1



12/29



Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
300-000

OHJE  
Nimi  
Sivut  
172/2016  
Toukokuu V

Piikin Tappi

1

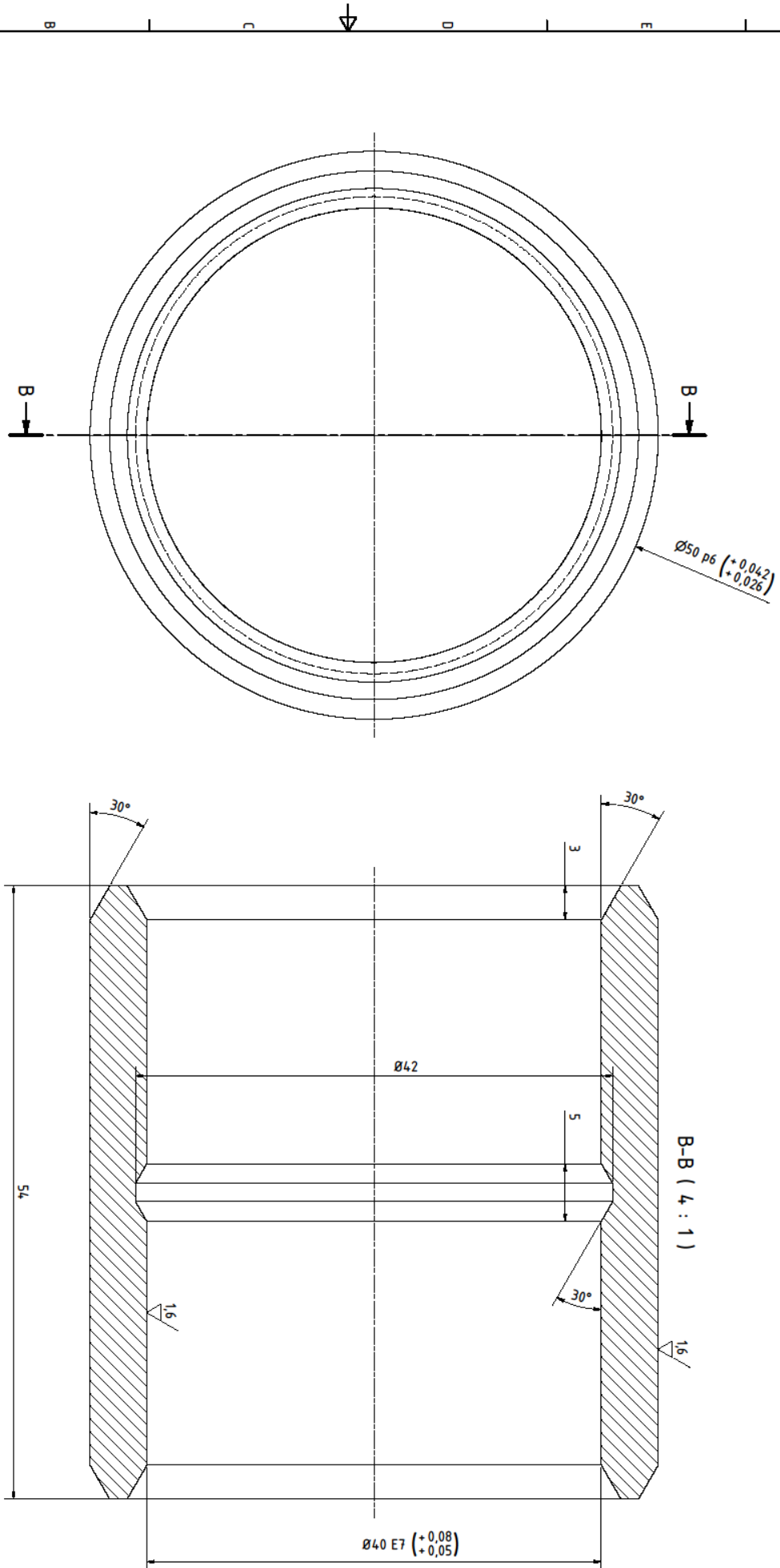
SCALE

Change

SCALE

Name

A2



Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
3-300-000

DAK	Nimi	Ovako 208 Ø56/36
1122006	Toukokuu V	
1122006	Standardi	Karkaisitu 60±2 HRC

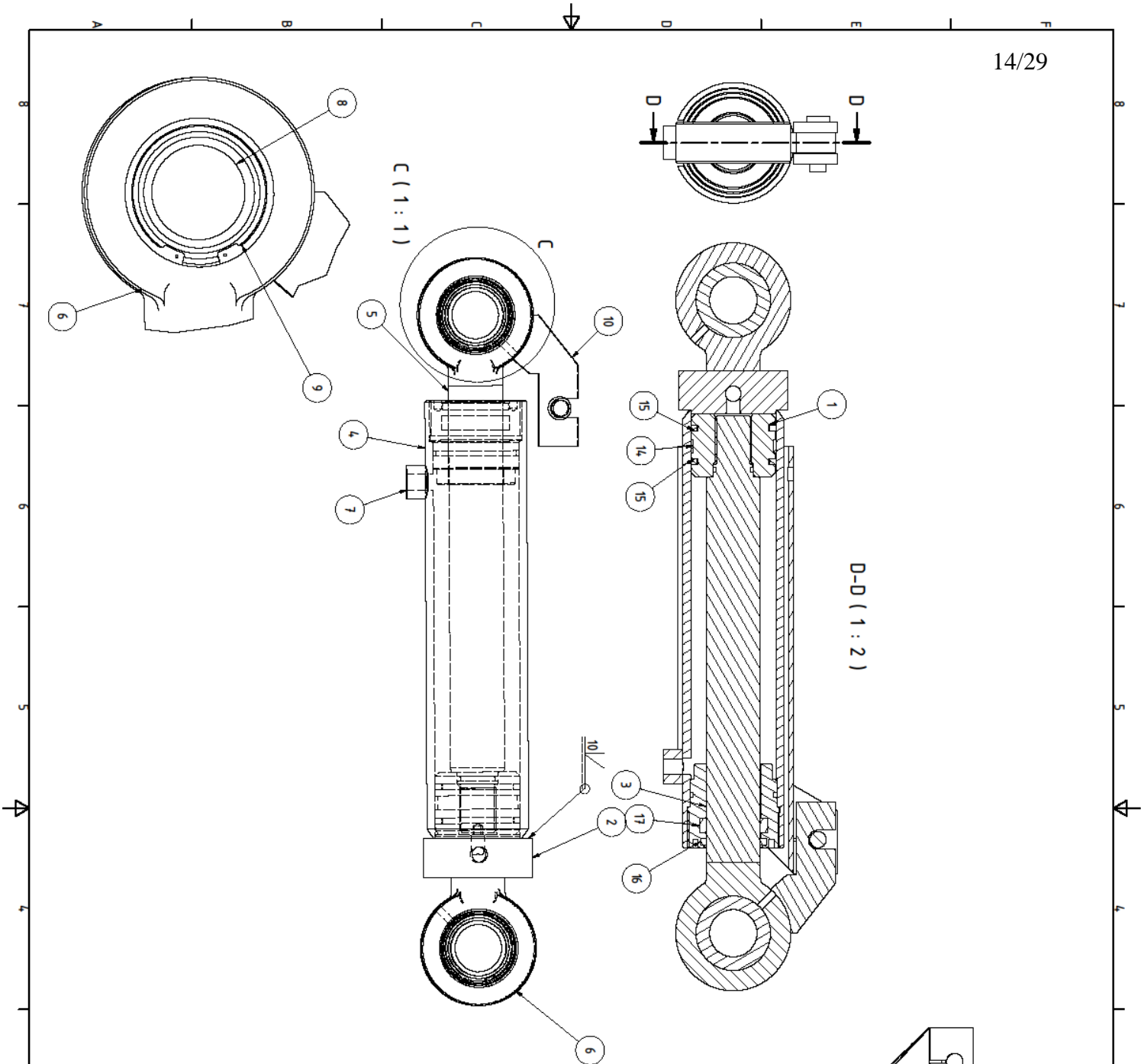
Tapin holkki

1

3

2

A2

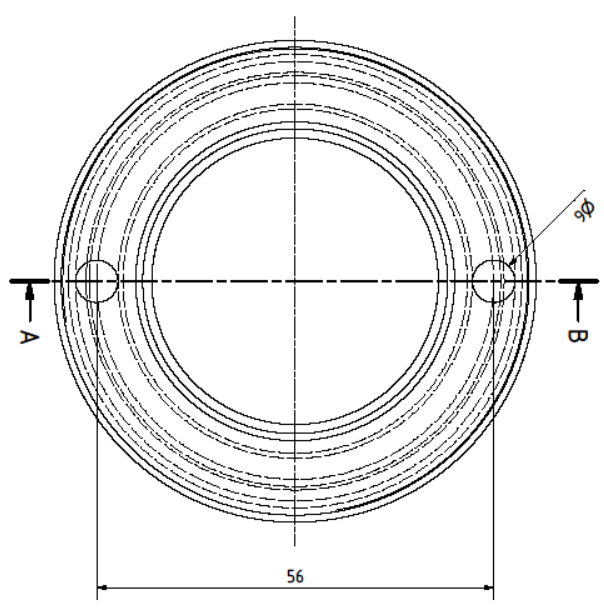
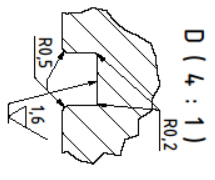
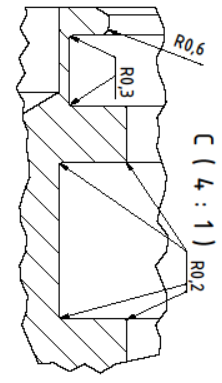
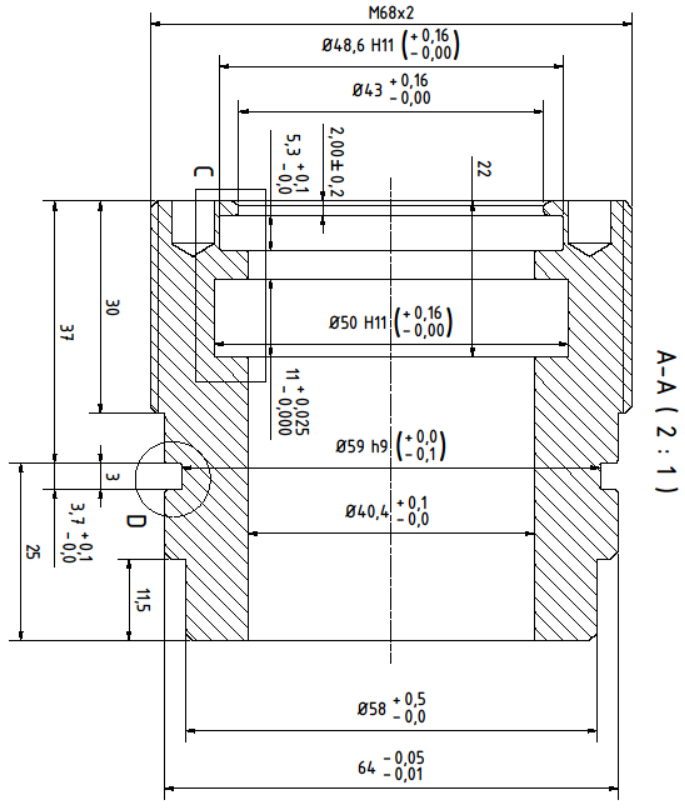


ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Sylinterin mäntä	
2	1	Sylinterin pääty 1	
3	1	Sylinterin pääty 2	
4	1	Sylinteriputki	
5	1	Sylinterin varsi	
6	2	Sylinterin silmukka	
7	1	Kierreholkki	
8	2	35 GE ES laakeri	
9	2	DIN 472-55x2 lukkorengas	
10	1	Sylinterin suojan kinnike silmukassa	
11	2	Sylinterin suojan kinnike	
12	1	Suojaputki	
13	1	Kiinnitystappi suoja	
14	1	Mäntä huopa	
15	2	Mäntä tiiviste	
16	1	Sylinteripääty pyyhkiä	
17	1	Sylinteripääty tiiviste	

Pakkarakenne Oy		Piiustusnumero	
Tampere - Finland		3-300-000	
DATE	NAME	DATE	NAME
17.2.2016	Tapani V.		
Checked	Standard		
Ovako 208 Ø56/36		Karkaisu 60±2 HRC	
Sylinteri		1	
		A2	

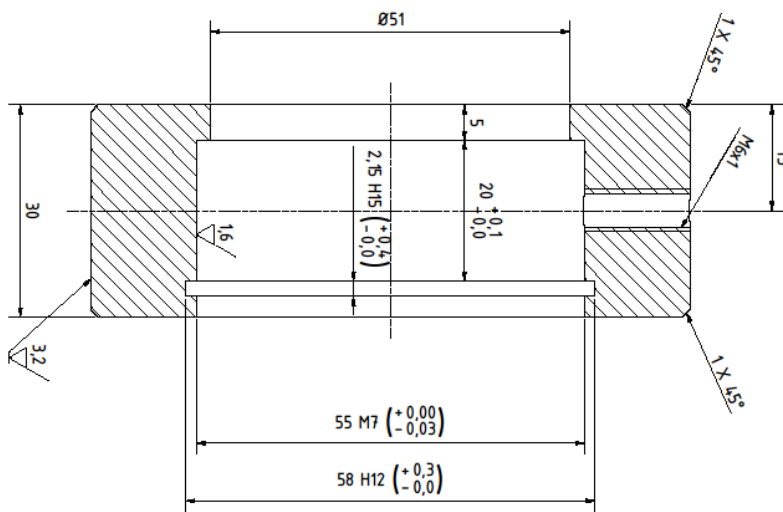
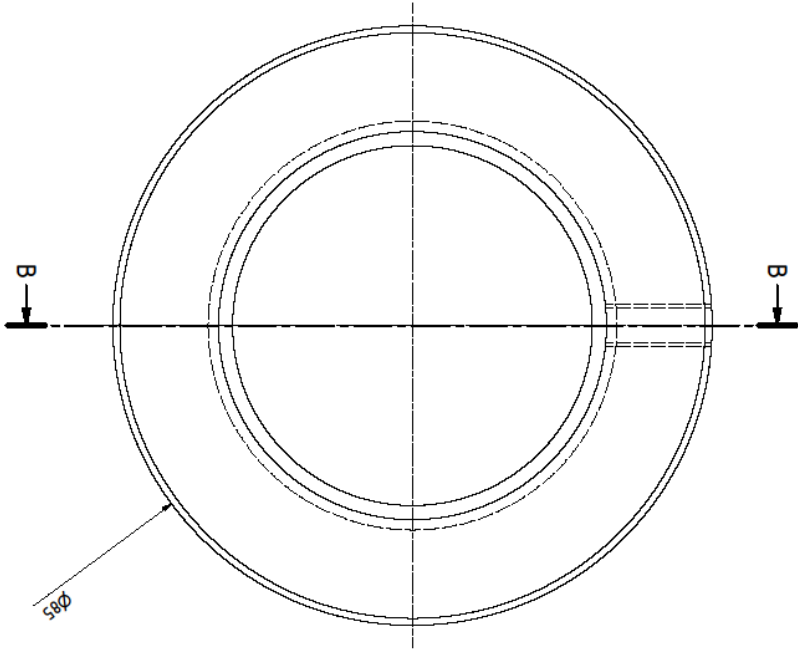




Pakkarakenne Oy Tampere - Finland		Piirustusnumero P 6340-004	
Shim	1122016	Nimi	TESKALA V
Standardi		Standardi	
Hydraulisylipääty 2		1	
		A2	





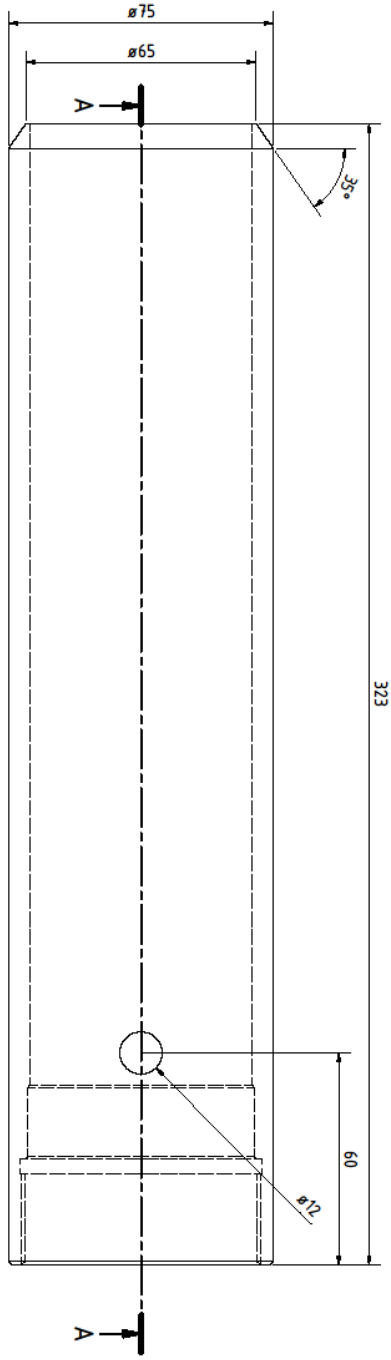
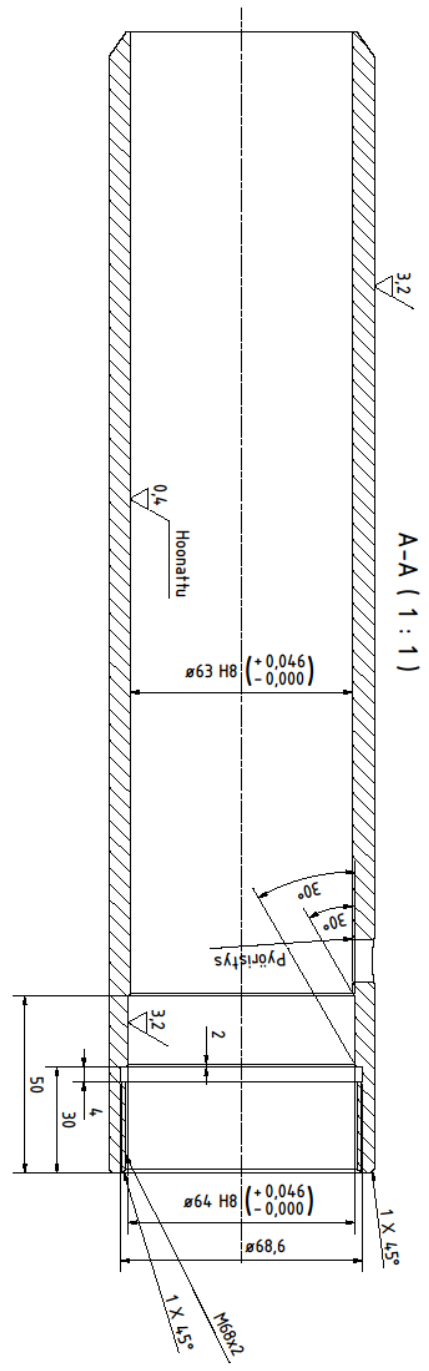


B-B ( 2 : 1 )

Pakkarakenne Oy Tampere - Finland		Piiustusnumero P 6340-006	
Drawn	Date	Name	
17.2.2006			
Checked			
Standard			
Hydraulisylisilmukka		1	
		A2	



20/29



Pakkarakemene Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
P 6340-002

DATE	NAME
17.2.2005	Tapani V.
	Standard

Hydraulisyliinteriputki

1

3

2

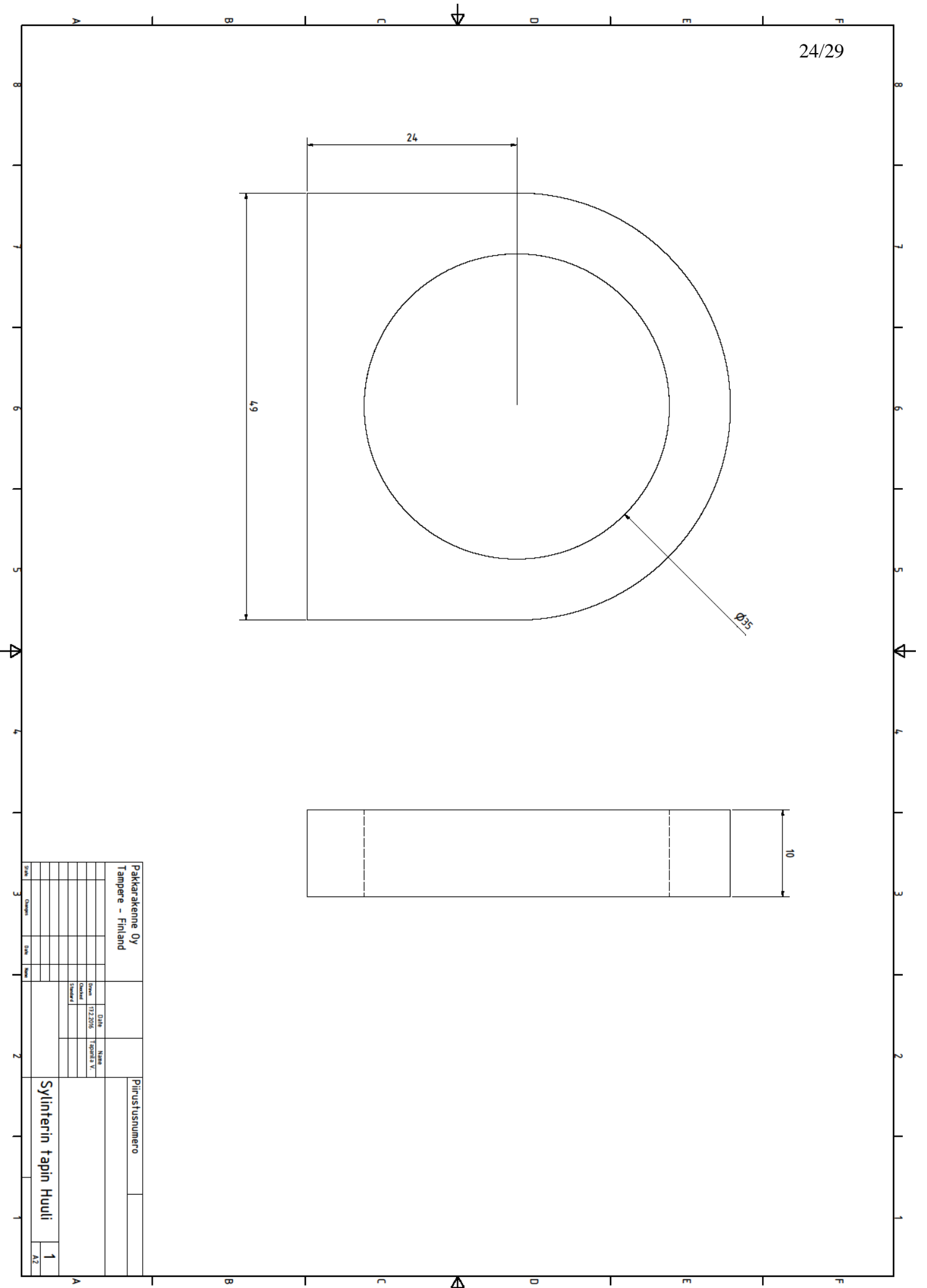
1

AZ









Pakkarakemie Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero

Drawn	DATE	NAME
Checked	17.2.2016	T. SIKKILA V.
Standard		

Sylinterin tapin Huuli

1

AZ

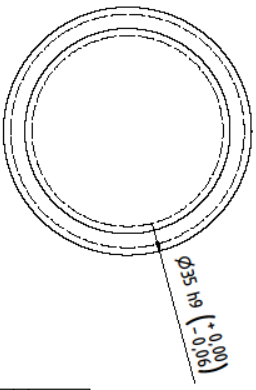
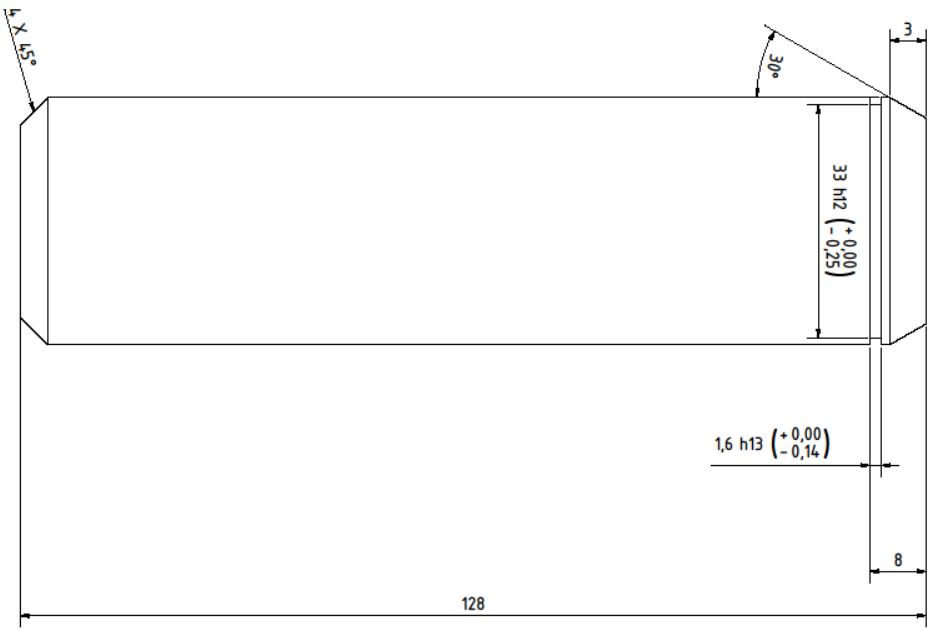
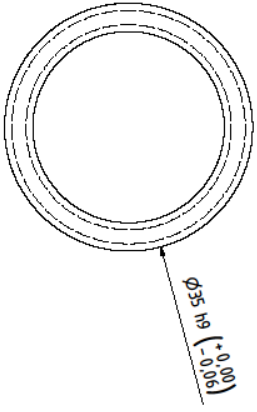
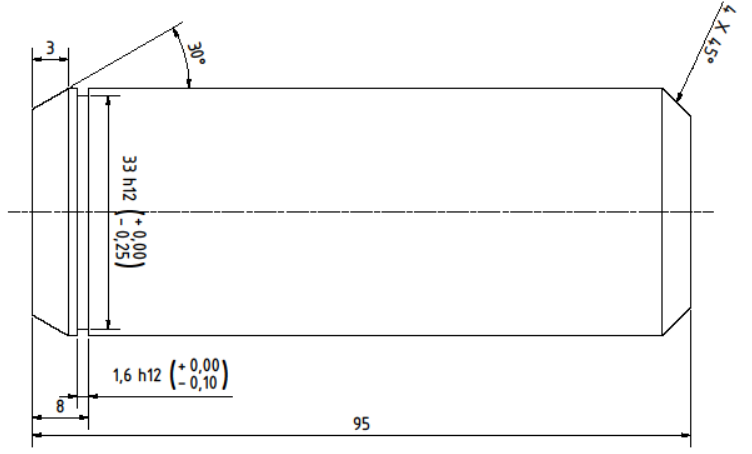
Scale

Scale

Scale

Scale

25/29



Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero

DATE Name  
17.2.2015 Tapani V.

Drawn Checked Standard

Sylinterin tapit

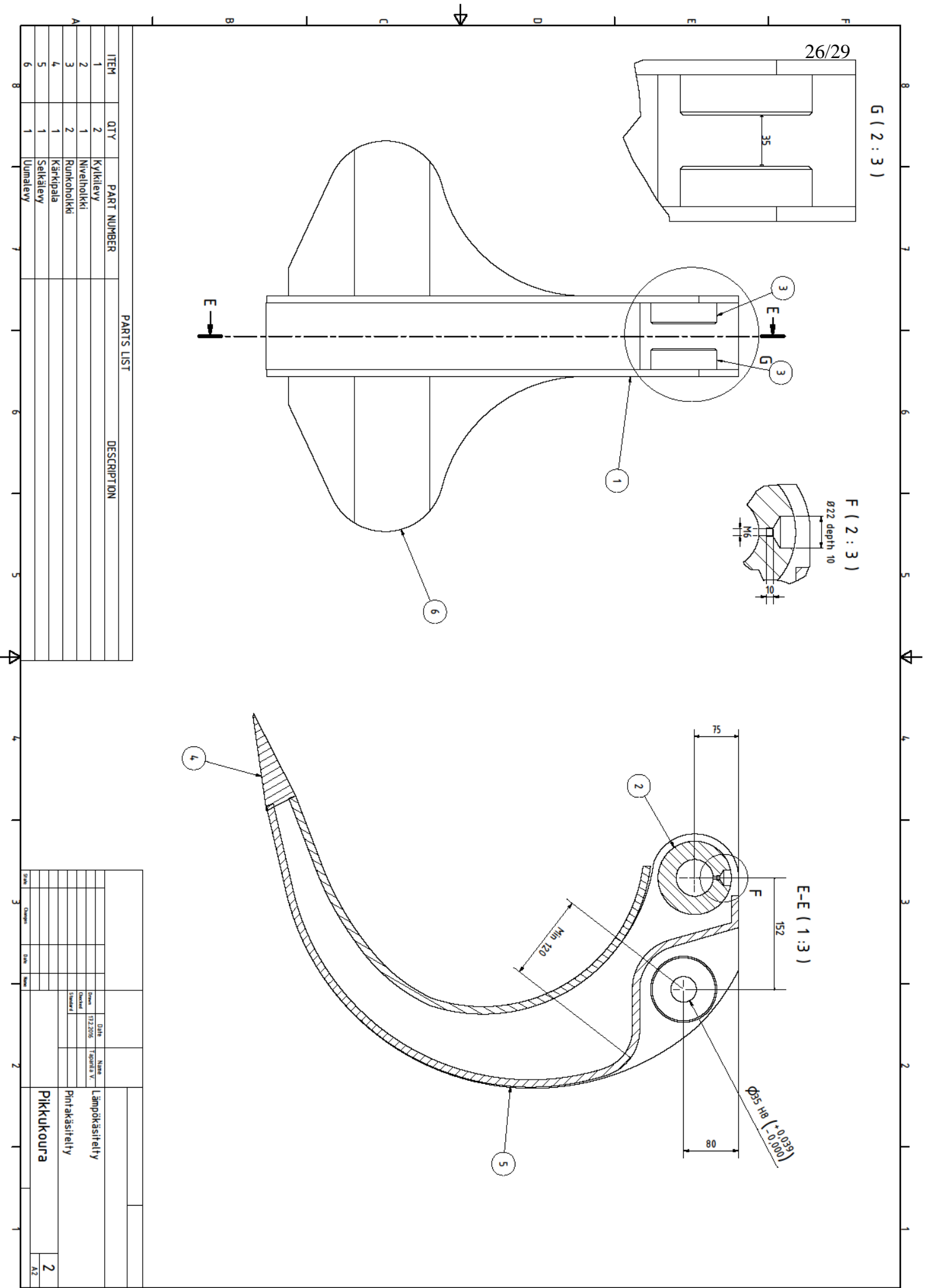
1

3

3

2

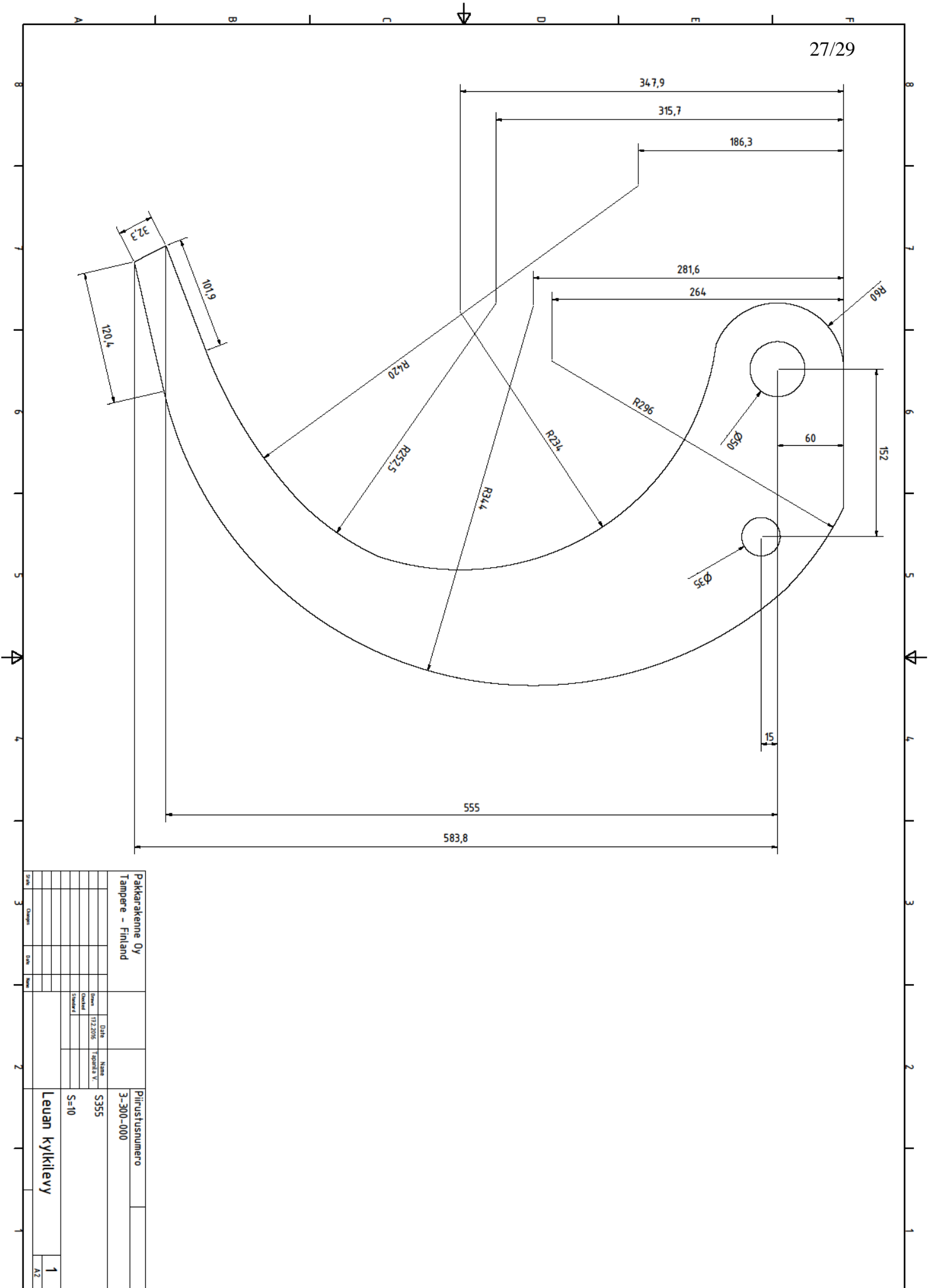
AZ



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Kytkilevy	
2	1	Nivelhoikki	
3	2	Runkohoikki	
4	1	Kärkipala	
5	1	Sekilevy	
6	1	Lumalevy	

<table border="1"> <tr> <td>DATE</td> <td>DESIGN</td> <td>DATE</td> <td>NAME</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DATE	DESIGN	DATE	NAME					<table border="1"> <tr> <td>DATE</td> <td>DATE</td> <td>NAME</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DATE	DATE	NAME				<table border="1"> <tr> <td>DATE</td> <td>DATE</td> <td>NAME</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DATE	DATE	NAME				<table border="1"> <tr> <td>DATE</td> <td>DATE</td> <td>NAME</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	DATE	DATE	NAME			
DATE	DESIGN	DATE	NAME																										
DATE	DATE	NAME																											
DATE	DATE	NAME																											
DATE	DATE	NAME																											
Lämpökäsittely																													
Pintakäsittely																													
Pikkukoura																													
			2																										
			A2																										



Pakkarakenne Oy  
 Tampere - Finland

Piirustusnumero  
 3-300-000

S355  
 S=10

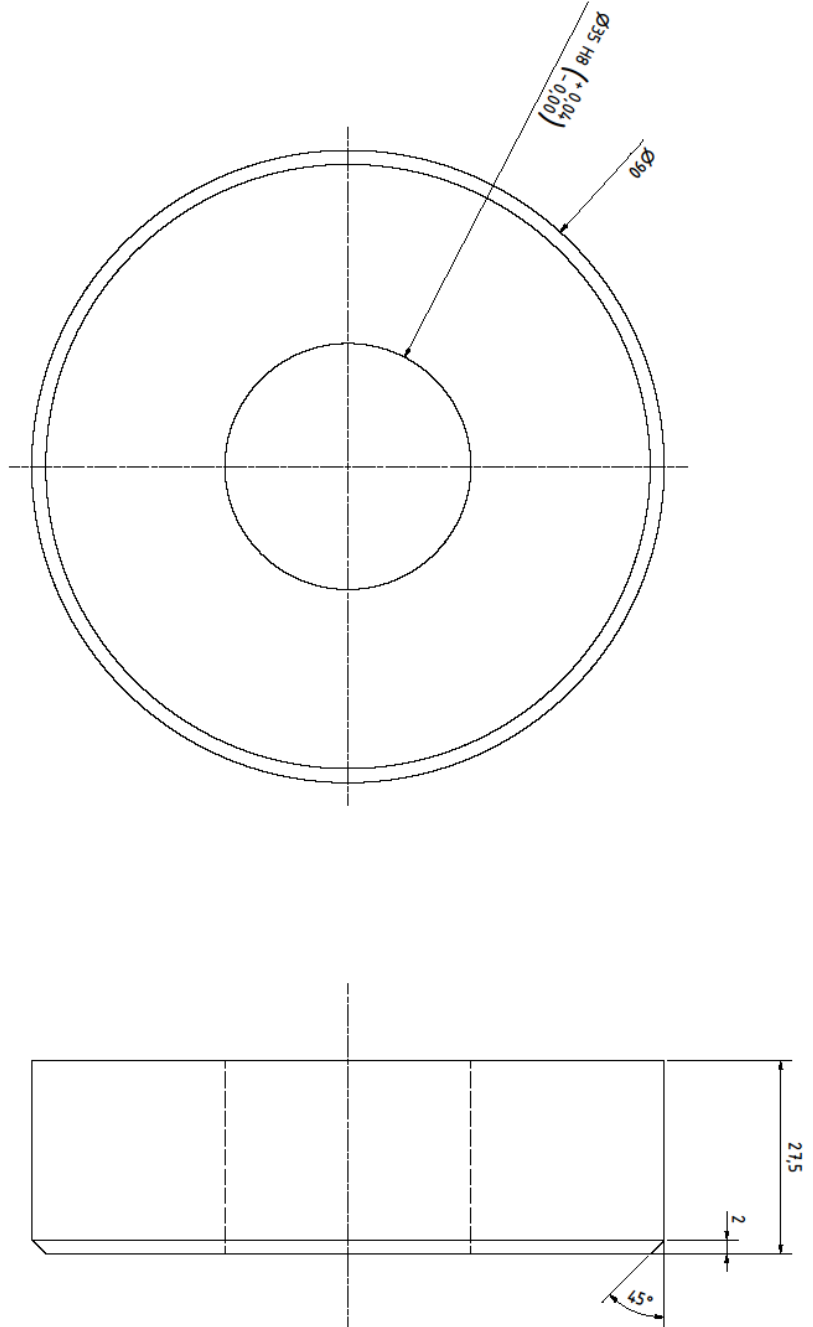
Leuan kylkilevy

3	3	2	1	1
---	---	---	---	---

AZ







Pakkarakenne Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero  
3-300-000

DATE	NAME
17.2.2018	Jouko V.
Checked	
Standard	

Runkoholkki

3

3

3

3

3

3

3

3

3

3

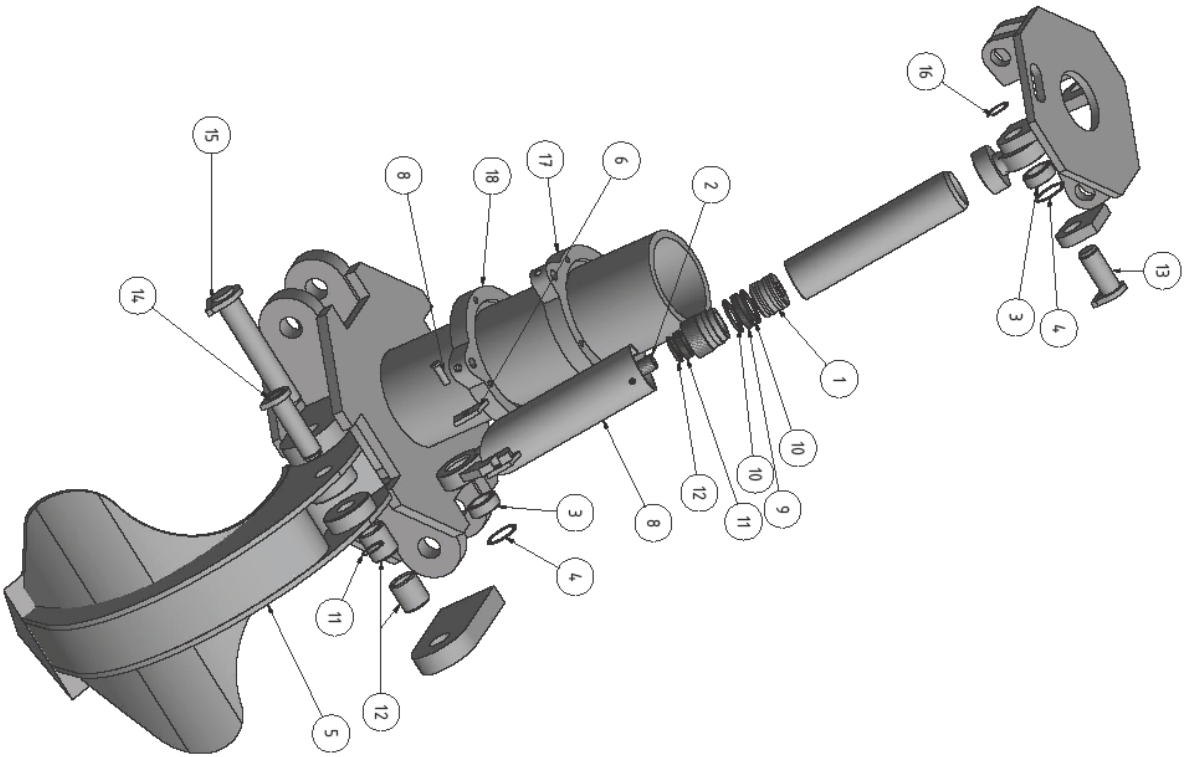
3

1

AZ

Liite 3. Räjähdykskuva

1/1



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	4	Sylinterin mäntä	Sylinterin mäntä
2	4	Sylinterin varsi	Sylinterin varsi
3	8	35 GE ES laakeri	35 GE ES laakeri
4	8	DIN 472-55x2 lukkorengas	DIN 472-55x2 lukkorengas
5	4	Kahmarin leikka	Kahmarin leikka
6	8	Sylinterin suojan kiinnike	Sylinterin suojan kiinnike
7	4	Suojaputki	Suojaputki
8	4	Kiinnitystappi suoja	Kiinnitystappi suoja
9	4	Mäntä huopa	Mäntä huopa
10	8	Mäntä tiiviste	Mäntä tiiviste
11	4	Sylinterinpäätty pyyhkiä	Sylinterinpäätty pyyhkiä
12	4	Sylinterinpäätty tiiviste	Sylinterinpäätty tiiviste
13	4	Sylinterin lyhyt tappi	Sylinterin lyhyt tappi
14	4	Sylinterin pitkä tappi	Sylinterin pitkä tappi
15	4	Leuan kiinnitystappi	Leuan kiinnitystappi
16	2	Sylinterin sakkarengas	Sylinterin sakkarengas
17	1	Ylempi jakorengas	Ylempi jakorengas
18	1	Alempi jakorengas	Alempi jakorengas

Pakkarekennä Oy  
Tampere - Finland

Piirustusnumero

DATE	CHANGED BY	DATE	NAME
PAKKAREKENNÄ OY TAMPERE FINLAND			
Räjähdykskuva koura			
			1
			AZ