

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan koulutusala Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja tuotesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Miika Huoso

## **SYKLONIPATTERISTON SUUNNITTELU**

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

Miika Huoso

Syklonipatteriston suunnittelu, 67 sivua, 58 liitettä.

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja tuotesuunnittelu

Opinnäytetyö 2010

Ohjaajat: Lehtori Veli-Pekka Jurvanen,

Saimaan Ammattikorkeakoulu; Teknisen suunnittelun osastopäällikkö Vesa Pekki,

Nordkalk Oy Ab; Kunnossapitopäällikkö Esa Peltonen, Nordkalk Oy Ab.

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja mitoittaa Nordkalk Oy Ab:lle syklonipatteristo, joka korvaa nykyisen syklonipatteriston suuremmalla syklonien määrällä, jolloin patteristo voi käsitellä suuremman määrän vedessä kulkeutuvaa kalsiittia.

Työn vaatimat lähtötiedot ja nykyisen syklonipatteriston ongelmakohdat käsiteltiin Teknisen suunnittelun osastopäällikön Vesa Pekin kanssa.

Suunnittelussa käytettiin pohjana nykyisen syklonipatteriston toimintamallia. Paineenalaiset osat mitoitettiin standardin LÄMMITTÄMÄTTÖMÄT PAINESÄILIÖT EN 13445:n mukaisesti. Syklonipatteristosta tehtiin SolidWorks-ohjelmalla 3D-mallinnus ja valmistuspiirustukset, jotka tallennettiin IGES- tiedostoformaattiin, jota asiakkaan käyttämä MicroStation-ohjelma lukee.

Työn tuloksena suunniteltiin syklonipatteristo, joka täyttää asiakkaan vaatimukset.

Avainsanat: Koneensuunnittelu, syklonipatteristo, EN 13445- LÄMMITTÄMÄTTÖMÄT PAINESÄILIÖT.

## ABSTRACT

Miika Huoso

Design of a cyclone cluster, 67 pages, 58 appendices  
Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta  
Technology, Mechanical and Manufacturing Technology  
Mechanical and Production Engineering  
Thesis 2010

Instructor: Veli- Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences;  
Vesa Pekki, Department Manager of Technical Planning, Nordkalk Oy Ab ; Esa  
Peltonen, Chief of Maintenance, Nordkalk Oy Ab.

The purpose of this thesis was to design and develop a cyclone cluster for Nordkalk Oy Ab. It is consisted by assortment of cyclones on a circle. This structure replaces the existing structure with a higher amount of cyclones, which leads to a larger amount of calcite-liquid to be processed by the cyclones.

The initial data and knowledge of the current problems in the structure were given by the client company.

The design of the new cyclone cluster is based on the operation of the existing one.

Parts directed by pressure were designed according to the Unifired pressure vessels standard 13445. A 3D-model and manufacturing drawings were made with the SolidWorks application and modified to IGES.-format, which is supported by the client's MicroStation application.

As a result of the work a cyclone cluster was designed to fulfill the needs of the client.

Keywords: Mechanical engineering, cyclone cluster, EN- 13445 Unfired pressure vessels.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	NORDKALK OY AB.....	8
3	TYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT JA KÄSITTEET .....	9
3.1	SolidWorks .....	9
3.2	SolidWorks SimulationXpress .....	10
3.3	MicroStation .....	11
3.4	Keskeisiä käsitteitä.....	11
3.4.1	Syklonipatteriston pääosat ja pääosien prosessivaiheet.....	12
3.4.2	Kalsiitin rikastus sykloneilla.....	13
3.4.3	Autogeeninen suojaus.....	13
3.4.4	Vakiomuodonvääristymisenergiähypoteesi .....	14
3.4.5	Abrasiivinen kuluminen .....	15
4	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA.....	16
4.1	Nykyiset ongelmakohdat .....	16
4.2	Syklonipatteriston käyttöympäristö.....	16
4.3	Vaatimuslista .....	17
4.4	Abstrahointi .....	18
5	SYKLONIPATTERISTON OSIEN SUUNNITTELU, MITOITUS JA VALINTA .....	19
5.1	Painesäiliön mitoitus SFS- EN- 13445 mukaisesti .....	20
5.1.1	Irtolaipan standardin mukainen mitoitus.....	20
5.1.2	Vaipan standardin mukainen mitoitus.....	24
5.1.3	Kannen standardin mukainen mitoitus .....	34
5.1.4	Pohjan standardin mukainen mitoitus .....	38
5.1.5	Osiens standardin mukainen yksinkertainen väsymistarkastelu .....	41
5.1.6	Vaaditut painelaite tarkastukset.....	44
5.1.7	Vaadittu dokumentointi.....	47
5.2	Ylitealtaan mitoitus .....	49
5.2.1	Irtolaippa .....	49
5.2.2	Ylitealtaan kestävyuden tarkastelu .....	49
5.3	Alitealtaan mitoitus .....	52
5.3.1	Alitealtaan jännitystarkastelu.....	53
5.4	Syklonipatteriston jalkojen mitoitus .....	54
5.4.1	Aihion valinta ja nurjaldustarkastelu.....	54
5.4.2	Tasomaisuuden varmistaminen.....	56
5.4.3	Jalkojen ja alitealtaan välisten hitsien mitoitus .....	57
5.4.4	Komponenttien lopullinen valinta.....	58
5.5	Painemittarin valinta.....	59
5.6	Yleiset jännitystarkastelut.....	59
5.6.1	Syklonin tuennan valinta .....	59
5.6.2	Syklonikokoonpanon tukikappaleen jännitystarkastelu .....	63
6	LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT .....	66
	KUVAT .....	68
	TAULUKOT.....	68

## LIITTEET

- Liite 1 Irtolaipan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset
- Liite 2 Vaipan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset osa 1
- Liite 3 Vaipan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset osa 2
- Liite 4 Kannen mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset
- Liite 5 Pohjan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset
- Liite 6 Yksinkertaisen väsymistarkastelun laskuissa esiintyvät tunnuksset.
- Liite 7 Koeponnistuspaineen mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset
- Liite 8 Syklonipatteriston tuoterakenne
- Liite 9 Syklonipatteriston kansilehti
- Liite 10 Työpiirustus 10 000 Syklonipatteristo pääkokoonpano
- Liite 11 Työpiirustus 1000 Painesäiliö kokoonpano
- Liite 12 Työpiirustus 1100 Painemittari kokoonpano
- Liite 13 Työpiirustus 1110 Painemittari
- Liite 14 Työpiirustus 1120 Kierreholkki
- Liite 15 Työpiirustus 1130 Kauluslaippa DN25
- Liite 16 Työpiirustus 1140 Tiivistelevy DN25 PN6
- Liite 17 Työpiirustus 1150 Palloventtili
- Liite 18 Työpiirustus 1160 Yhde DN25
- Liite 19 Työpiirustus 1200 Kansi
- Liite 20 Työpiirustus 1300 Irtolaippa
- Liite 21 Työpiirustus 1400 Vaippa
- Liite 22 Työpiirustus 1500 Pohja
- Liite 23 Työpiirustus 2000 Yliteallas kokoonpano
- Liite 24 Työpiirustus 2100 Yhdelaippa DN150 kokoonpano
- Liite 25 Työpiirustus 2101 Yhde DN150
- Liite 26 Työpiirustus 2102 Kauluslaippa DN150 SFS2154
- Liite 27 Työpiirustus 2300 Irtolaippa
- Liite 28 Työpiirustus 2400 Ylitealtaan runkokokoonpano
- Liite 29 Työpiirustus 2410 Ylitealtaan ulkolieriö
- Liite 30 Työpiirustus 2420 Ylitealtaan pohja
- Liite 31 Työpiirustus 2430 Ylitealtaan sisälieriö
- Liite 32 Työpiirustus 2500 L- profiili
- Liite 33 Työpiirustus 3000 Aliteallas kokoonpano
- Liite 34 Työpiirustus 3100 Runkokokoonpano
- Liite 35 Työpiirustus 3110 Alitealtaan ulkolieriö
- Liite 36 Työpiirustus 3120 Alitealtaan sisäleiriö
- Liite 37 Työpiirustus 3130 Alitealtaan pohja
- Liite 38 Työpiirustus 3200 Tukiripa
- Liite 39 Työpiirustus 3300 Yhdelaippa DN150 kokoonpano
- Liite 40 Työpiirustus 3310 Yhde DN150
- Liite 41 Työpiirustus 3320 Kauluslaippa DN150 SFS 2154
- Liite 42 Työpiirustus 3500 Jalkakokoonpano
- Liite 43 Työpiirustus 3510 Jalan pohjalevy
- Liite 44 Työpiirustus 3520 Putkipalkki

Liite 45 Työpiirustus 3530 Liitososa  
Liite 46 Työpiirustus 3540 Päätylevy  
Liite 47 Työpiirustus 3600 L- profiili  
Liite 48 Työpiirustus 4000 Sykloni kokoonpano  
Liite 49 Työpiirustus 4100 Yhde DN50  
Liite 50 Työpiirustus 4200 Kauluslaippa DN50 SFS2152 PN6  
Liite 51 Työpiirustus 4300 Tuentakappale kokoonpano  
Liite 52 Työpiirustus 4310 Keskiosa  
Liite 53 Työpiirustus 4320 Siiveke  
Liite 54 Työpiirustus 4400 Letkuventtiili  
Liite 55 Työpiirustus 4500 Tiivistelevy DN40  
Liite 56 Työpiirustus 4600 Sykloni  
Liite 57 Työpiirustus 4700 Materiaalinsiirtoletku  
Liite 58 Työpiirustus 4800 Holkki

# 1 JOHDANTO

Vuonna 2008 suoritin koulutukseni vaatimaa työharjoittelua Nordkalk Oy Ab:ssa, silloisessa Nordkalk Oyj Ab:ssa kunnossapitopäällikkö Esa Peltosen alaisuudessa huoltomiehenä. Vuoden 2010 loppukesästä otin yhteyttä Esa Peltoseen mahdollisesta opinnäytetyön suorittamisesta Nordkalk Oy Ab:ssa. Muutamaa viikkoa myöhemmin teknisen suunnittelun osastopäällikkö Vesa Pekki ehdotti aiheeksi syklonipatteriston suunnittelua.

Syklonipatteristo on rakennelma, joka koostuu useista sykloneista joiden tehtävänä on erottaa karkeampi kalsiitti hienommasta. Erottaminen toteutetaan keskipakovoiman avulla. Tällöin vedessä kulkeutuvan kalsiitin suuremmat partikkelit pyörivät alaspäin ja pienemmät ylöspäin, jolloin ne saadaan eroteltua toisistaan.

Syklonipatteriston on tarkoitus korvata 13 vuotta vanha syklonipatteristo suuremmalla syklonimäärällä. Nykyisessä syklonipatteristossa on 12 syklonia ja määrä halutaan nostaa 16 sykloniin.

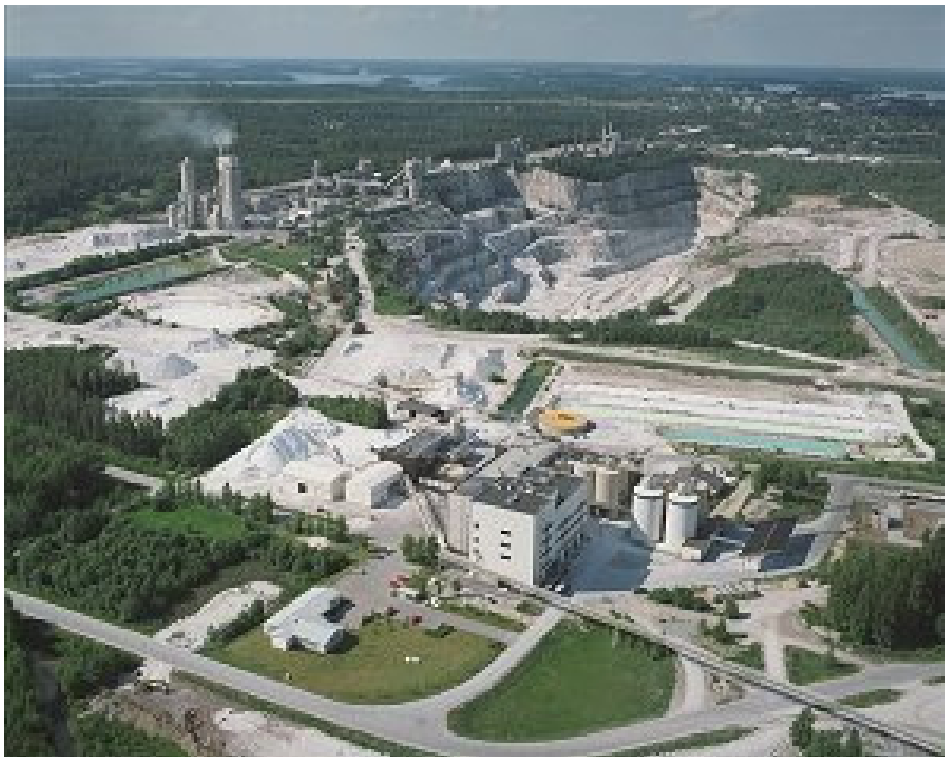
Syklonipatteriston osien mallinnus ja piirustukset tehdään SolidWorks 3D CAD –suunnitteluohjelmalla, jonka SimulationXpress sovelluksella tehdään tarvittavat lujuustarkastelut. Nordkalk Oy Ab:lla on käytössä MicroStation- ohjelma, joka kykenee lukemaan SolidWorksin luomia piirustuksia, kun ne tallennetaan IGES-tallennusmuotoon.

## 2 NORDKALK OY AB

Nordkalk Oy Ab on Pohjois-Euroopan johtava korkealaatuisten kalkkikivipohjaisten tuotteiden valmistaja, jonka tuotteita käytetään paperi-, teräs- ja rakennusaineteollisuudessa sekä ympäristönhoidossa ja maataloudessa.

Kalkkituotteet ovat peräisin kalkki- ja dolomiittikivestä, joita Nordkalk Oy Ab louhii 20:llä eri paikkakunnalla viidessä eri maassa. Toimintaa on kahdeksassa eri maassa 30:llä eri paikkakunnalla ja henkilöstöä yrityksellä on vuonna 2010 noin 1200 henkilöä.

Nordkalk Oy Ab:n Lappeenrannan Ihalaisen tehdasalueen tuotantolaitoksiin kuuluvat kaivos, kalkkitehdas sekä paperipigmentin raaka-aineita ja wollastoniittia valmistavat rikastamot kuva 2.1. (Nordkalk Oy Ab, kotisivut)



Kuva 2.1 Ihalaisen tehdasalue (Nordkalk Oy Ab, kotisivut)



### **3 TYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT JA KÄSITTEET**

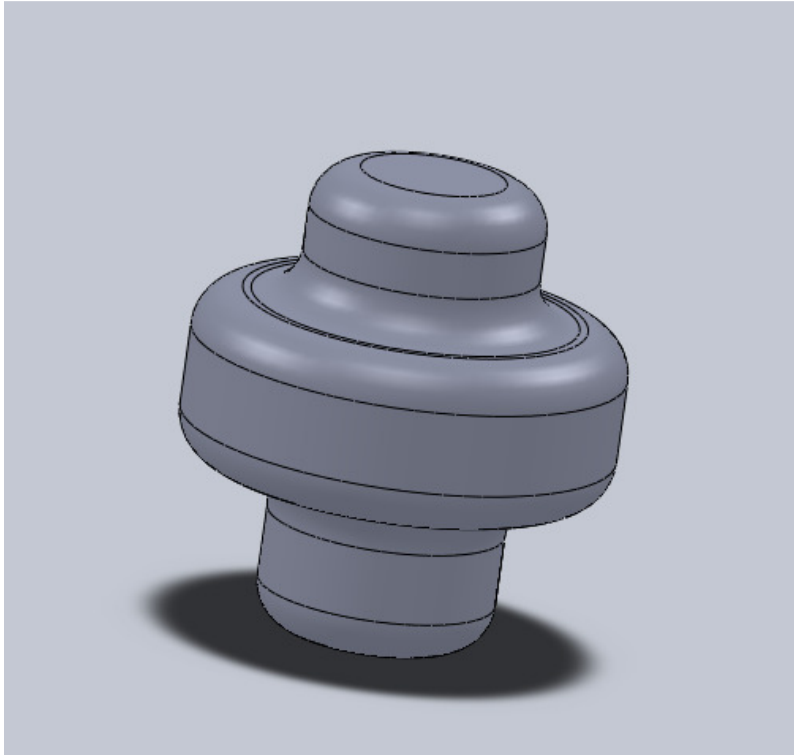
Työssä käytetään Saimaan ammattikorkeakoulussa käytössä olevaa SolidWorks-ohjelmaa, jolla mallinnukset ja piirustukset tehdään. Tarvittavat lujoustarkastelut tehdään SolidWorksin SimulationXpress-sovelluksessa. Lopulliset piirustukset muutetaan Solidworksilla IGES-tiedostomuotoon, jota asiakkaan käyttämä MicroStation-ohjelma lukee.

#### **3.1 SolidWorks**

SolidWorks 3D-ohjelmisto on kehitetty mekaniikkasuunnittelun ja muotoilun tarpeisiin. Ohjelmisto käsittää osa-, pinta- ja kokoonpanomallinnuksen sekä ohutlevytoiminnot (kuva 3.1). Ohjelmisto tuottaa automaattisesti piirustukset, osaluettelot, osanumeroinnin sekä tilavuus- ja massalaskelmat. SolidWorks-ohjelmistolla suunnitellaan tuotteet osina ja osia yhdistelemällä luodaan kokoonpanoja.

Muutossuunnittelu on nopeaa. Kaikki malliin, kokoonpanoon, piirustuksiin tai osaluetteloon tehdyt muutokset päivittyvät aina automaattisesti. Piirustukset ja osaluettelot syntyvät suunnittelun sivutuotteena, samoin asennusohjeiden ja huolto-ohjeiden räjäytyskuvat.

Tiedonsiirtoformaateista voidaan käyttää IGES, STEP, DXF, DWG, Parasolid, SAT (ACIS), STL, VDAFS, VRML, Pro/ENGINEER, Unigraphics, SolidEdge, Inventor, Cadkey ja Catia Graphics -formaatteja. (CadWorks Oy, kotisivut)



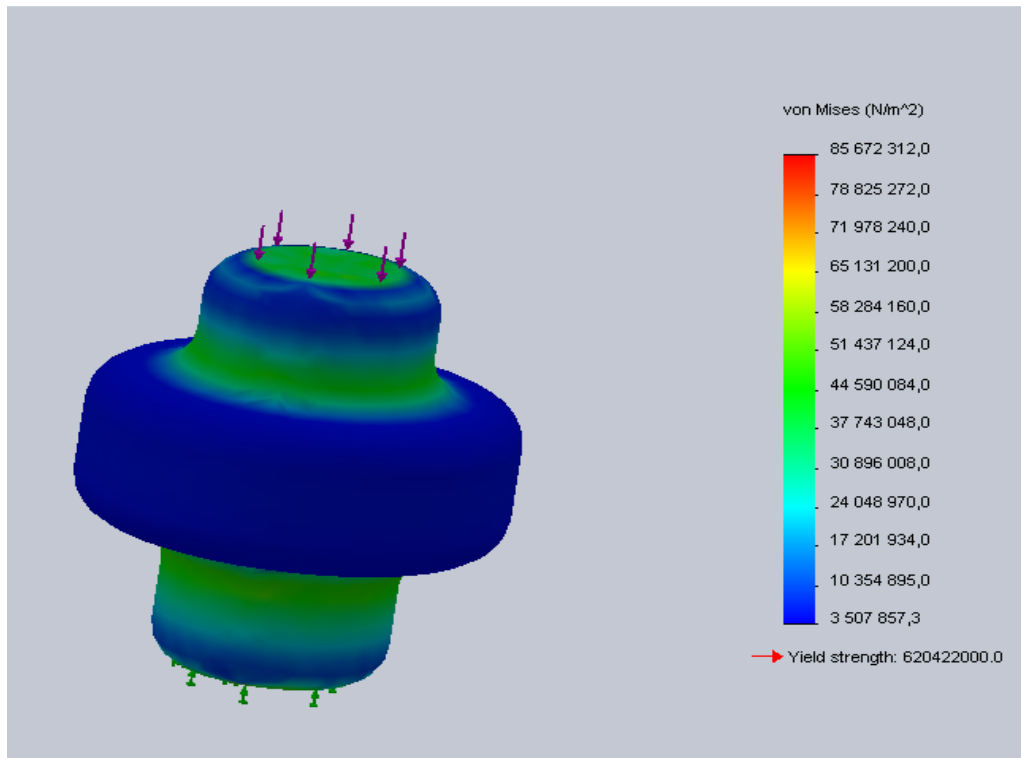
Kuva 3.1 SolidWorks-ohjelmalla tehty malli

### 3.2 SolidWorks SimulationXpress

SolidWorks SimulationXpress on SolidWorksin peruspakettiin sisältyvä lujuuslaskentamoduuli. Mallin analysointi tapahtuu yksinkertaisen Wizard-tyyppisen käyttöliittymän avulla, jolla malliin määritetään analyysin tarvitsemat parametrit, kuten materiaali, tuennat ja kuormitukset. Analyysin tuloksena mallista voidaan tarkastella muun muassa jännityksiä, siirtymiä, värähtelyä ja nurjahdusta. (CadWorks Oy, kotisivut).

SolidWorks SimulationXpressillä tehdyissä rakenteiden kestävyystarkasteluissamme on käytetty vakiomuodonvääristymisenergiyahypoteesia, joka on käsitelty luvussa 3.4.4

Kuvassa 3.2 on jännitysanalyysi, jonka avulla saadaan nähdä jännitysten jakautuminen kappaleessa ja jännitysten suuruus eri väreinä.



Kuva 3.2 SimulationXpress:lla tehty jännitysanalyysi

### 3.3 MicroStation

MicroStation on tietokoneavusteinen sovellus, joka soveltuu projektitöiden suunnittelu-, mallinnus-, visualisointi-, dokumentointi- ja kartoitustehtäviin.

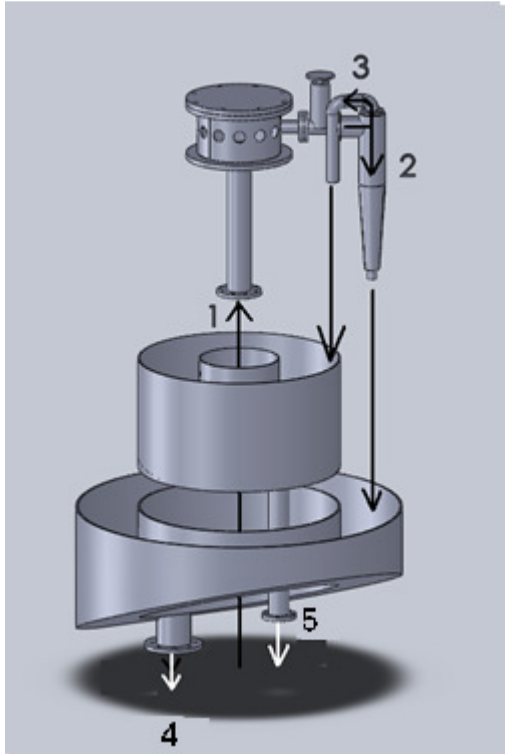
Sovellukseen on integroitu 2D- ja 3D-toiminnot. 2D-työkalujen toiminnot sopivat luonnoksiin ja viimeistelyyn, piirtoon, tulostukseen, julkaisuun ja suunnitelmien näyttöön. 3D-työkalut soveltuvat alustavaan, parametroituun ja assosiaatiomallinnukseen, analysointiin, visualisointiin ja rakenteisiin. (Bentley Systems Inc, kotisivut)

### 3.4 Keskeisiä käsitteitä

Syklonipatteristolla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu painesäiliöstä, ylitealtaasta, alitealtaasta ja sykloneista. Näihin osiin on liitetty erinäisiä yhteitä ja venttiileitä toimivan kokonaisuuden saavuttamiseksi.

### 3.4.1 Syklonipatteriston pääosat ja pääosien prosessivaiheet

Kuvassa 3.3 on esitettyä syklonipatteriston pääosat.



Kuva 3.3 Pääosien prosessivaiheet

Prosessivaiheet:

1. Vedessä kulkeutuva kalsiitti kulkeutuu putkea pitkin painesäiliöön, josta se jakautuu 300 kPa:n paineen myötä yhteisiin, joista ne ohjautuvat sykloneihin.
2. Karkeampi kalsiitti lähtee keskipakovoiman seurauksena pyörimään alaspäin, jolloin se kulkeutuu alitealtaaseen.
3. Hienempi kalsiitti lähtee keskipakovoiman seurauksena pyörimään ylöspäin, jolloin se kulkeutuu ylitealtaaseen.
4. Alitealtaasta kalsiitti kulkeutuu vaahdotukseen.
5. Ylitealtaasta kalsiitti kulkeutuu rikastinhiekka-altaaseen.

### 3.4.2 Kalsiitin rikastus sykloneilla

Syklonipatteriston kyky jakaa hienempi kalsiitti karkeammasta kalsiittista perustuu keskipakovoimaan. Keskipakovoiman fysikaalinen lauseke on esitetty kaavassa 3.1. (Valtanen, E. 2002)

$$F_c = mv^2 / r \quad (3.1)$$

jossa:

$m$  on kappaleen massa

$v$  on kehänopeus

$r$  on kiertoradan säde

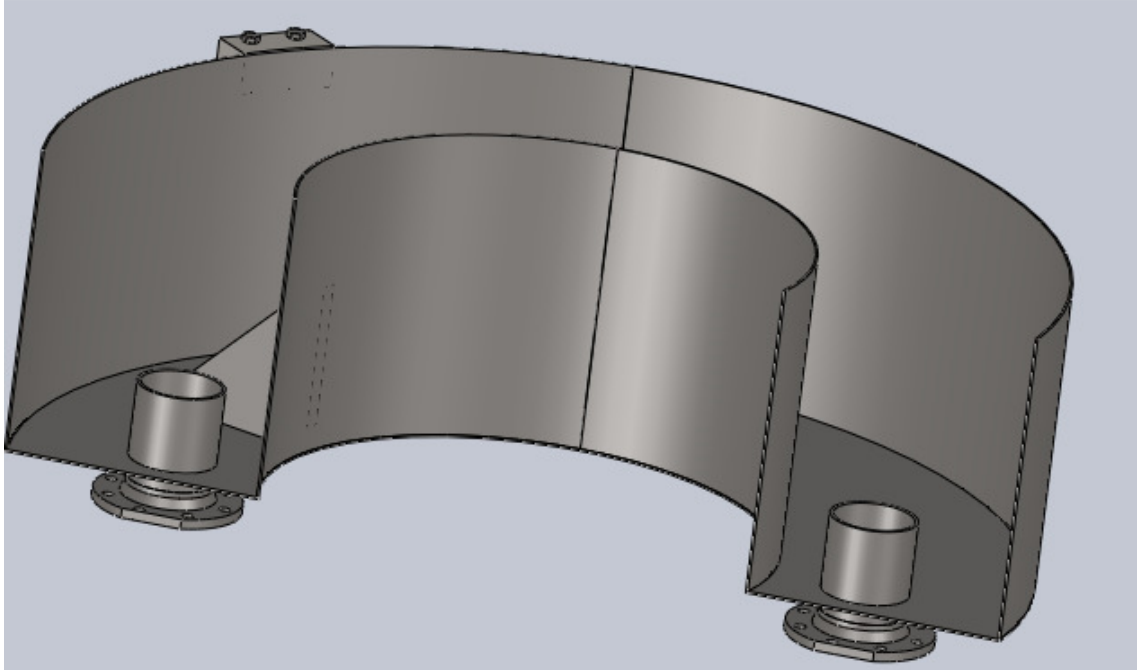
Syklonin erottelukyky riippuu kalsiittipartikkeleiden pyörimisnopeudesta, tiheydestä ja koosta.

### 3.4.3 Autogeeninen suojaus

Autogeenisessä suojauksessa prosesseissa kulkeutuvan nesteen tai materiaalin suunnitellaan kasaantuvan abrasiivisen kulumisen kannalta kriittisimpään kohtaan ja tällöin muodostavan suojauksen. Autogeenisen suojauksen etuna on, ettei prosessiin kulkeudu muista suojausmenetelmistä mahdollisesti irtoavia ylimääräisiä partikkeleita.

Esimerkkinä autogeenisestä suojauksesta on kuva 3.4, jossa on esitettyinä leikkauskuvat altaan pohjasta. Altaaseen on hitsattu kaksi yhdettä, joista altaaseen kulkeutuva neste kulkeutuu pois. Näitä yhteitä ei ole hitsattu suoraan altaan pohjaan vaan niitä on jatkettu altaan sisäpuolelle. Tästä menetelmästä on kaksi hyötystä. Toisena on se, että saadaan autogeeninen suojaus pohjalle, kun prosessissa kulkeutuva neste ei suoraan kulkeudu pois vaan jää suojaamaan pohjaa abrasiivisen kulumisen vaikutukselta. Toisena hyötynä on se, ettei useimmiten ensimmäisenä puhki kuluva yhteinen pääty tarvitse erikseen suojata kulumiselta. Nyt yhteen pääty voi kulua ilman pelkoa altaan

vuotamisesta. Yhteen päädyn nopeampi kuluminen perustuu pyörteeseen, joka on suurimmillaan, kun neste lähtee kulkeutumaan putkea pitkin. Tällöin myös abrasiivinen kuluminen on suurimmillaan.



Kuva 3.4 Leikkauskuva altaasta

### 3.4.4 Vakiomuodonvääristymisenergihypoteesi

Materiaalin rikkoutumisen syytä ei hallita. Siksi ei ole selkeää teoriaa, jonka mukaan samassa pisteessä vaikuttavat jännitykset voitaisiin yhdistää vertailujännitykseksi.

On muutamia oletuksia eli hypoteeseja siitä, minkälaiset jännitystilat olisivat materiaalin rikkoutumisen kannalta samanarvoisia. Näitä oletuksia nimitetään vauriohypoteeseiksi. Mikään niistä ei ole oikea, vaan kukin hypoteesi pätee kohtuullisen hyvin jollekin materiaalityypille joissakin olosuhteissa.

Vakiomuodonvääristymisenergihypoteesin (VMVEH) mukaan materiaali rikkoutuu, kun materiaalin muoto vääristyy tietyn määrän mitattuna muodonvääristymisenergiatiheydellä. Ajateltu rikkoutumistapahtuma on myötääminen. Vertailujännitystä verrataan myötörajaan. (Karhunen, Lassila,

Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen & Suosara 2006, 307-308.)

Lujuusopin FEM-ohjelmissa VMVEH:n lasketusta vertailujännityksestä käytetään usein nimeä von Misesin jännitys.

### **3.4.5 Abrasiivinen kuluminen**

Abrasiivinen kuluminen on vastinpinnan tai pintojen välissä olevan partikkelin tai pintojen topografian ulokkeiden aiheuttamaa naarmuuntumisen seurauksena syntyvää materiaalin poistumista kappaleen pinnasta. Abrasiivisesta kulumisesta käytetään myös nimitystä hiontakuluminen. Kahden kappaleen abraasiassa kova pinta liikkuu toista pehmeämpää pintaa vasten, jolloin kovan materiaalin pinnankarheus kuluttaa toista pintaa. (VTT, kotisivut)

## **4 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA**

Asiakkaalla oli Warman International Ltd:n suunnittelema syklonipatteristosta leikkaus- ja tasokuvat, joiden pohjalta määriteltiin laitteen nykyiset ongelmakohdat ja asennuspaikan ympäristön asettamat vaatimukset.

### **4.1 Nykyiset ongelmakohdat**

Vaipan halkaisija on liian pieni, jotta siihen voi lisätä neljä sykloniin lähtevää yhdettä lisää. Vaipasta lähtevät yhteet yhdistetään laippaliitoksella letkuventtiiliin ja nykyisellään laippaliitosten etäisyys toisistaan on niin pieni, että se on hankaloittanut asennus- ja kunnossapitotöitä.

Syklonin ja alitealtaan pohjan välinen etäisyys on nykyisellään liian pieni, jonka seurauksena pohjan kumipäällyste kuluu liian nopeasti, kun syklonista suihkuavien kalsiittipartikkeleiden nopeus ei ole hidastunut tarpeeksi.

### **4.2 Syklonipatteriston käyttöympäristö**

Syklonipatteristo asennetaan kalsiittirikastamon sisälle, jossa lämpötila on minimissään +2 °C ja maksimissaan +25 °C. Patteriston lähiympäristön laitteet tai muut prosessit eivät vaikuta syklonipatteriston mitoitukseen lämpötilan osalta.

Syklonipatteristolle määrätty asennuskohta sijaitsee rikastamon ylimmässä kerroksessa. Patteriston asennuksen mahdollistamiseksi tuote on suunniteltava lohkoihin, jotka saadaan siltanosturilla asennettua paikalleen ja voidaan kasata helposti yhteen.

Maksimihalkaisija määräytyy asennettavan käyttöympäristön mukaan, jossa etäisyys asennuspaikan keskipisteestä lähimpään kaiteeseen on 1250 mm. Patteriston maksimihalkaisijaksi tulee täten 2480 mm, kun jätetään varaa



mittavirheisiin.

Etäisyys katon elementin ja asennettavan tason välillä on 2470 mm. Etäisyydeksi valitaan 100mm, jolloin rakenteen maksimikorkeus on 2370 mm.

### **4.3 Vaatimuslista**

Asiakkaalta saatujen tietojen perusteella ja asiakkaan toiveita noudattaen muodostettiin taulukossa 4.1 esitetty vaatimuslista, jonka pohjalta varsinainen suunnittelu sai alkunsa.

Taulukko 4.1 Vaatimuslista

V;T	Vaatimuslista
	Komponentit:
V	On käytettävä varastossa olevia sykloneita.
V	Sykloneita oltava 16 kappaletta.
V	Käytettävä Larox: n letkuventtiili DN40PN10:a
	Voimat
V	Painesäiliön osat mitoitettava uusimman painelaitestandardin SFS-EN 13455 mukaisesti, kun kammiossa on 0,3Mpa sisäpaine ja 0,1Mpa ulkopaine. Mitoitettava väsymisen osalta, niin että kestää vuosittaiset noin 50 täyttä sykliä.
	Geometria
V	Syklonipatteriston on mahdollista asentaa tilaan.
T	Letkuventtiileiden laippojen reunojen ero suurempi kuin nykyinen noin 20mm.
	Lämpötilat:
V	Laitteen kestävä kalkin lämpötilan muutoksista aiheutavat muutokset rakenteissa ja voimissa, kun kalkin minimilämpötila on 3°C ja maksimilämpötila on 25°C.
	Kunnossapito:
T	Kuluvien osien vaihto on tehtävä helpoksi.
V	Laitteen käyttöikä oltava vähintään 20vuotta.
V	Painesäiliön sisäpuolen fyysinen tarkistus on tehtävä mahdolliseksi.
	Kokoonpano ja asennus
V	Syklonipatteristo kokoonpannaan kolmesta lohkoista asennuspaikan päällä.

Taulukossa 4.1 merkintä V tarkoittaa vaadittua ja merkintä T toivomusta.

#### 4.4 Abstrahointi

Abstrahointi tarkoittaa, että on suunniteltava asennuspaikalla kokoonpantava syklonipatteristo käyttäen ennalta määrättyjä komponentteja, joka kestää toiminnallisena vähintään 20 vuotta käyttäen uusinta painelaitestandardia.

## 5 SYKLONIPATTERISTON OSIEN SUUNNITTELU, MITOITUS JA VALINTA

Osien valinnassa pyritään kustannuksien ja helpon saatavuuden takaamiseksi käyttämään standardisoituja osia.

Syklonipatteristo koostuu kolmesta lohkoista. Nämä lohkot ovat painesäiliö, yliteallas ja aliteallas. Näihin lohkoihin liitetään erinäisiä yhteitä, sykloneita ja venttiileitä, jolloin saavutetaan toimiva kokonaisuus

Rakennetta suunniteltaessa on huomioitu sen ainutkertaisuus, jolloin materiaalin optimaalinen paksuus ei mene kustannuksien karsimiseksi standardisoitujen osien edelle.

Rakenteessa käytetään ainoastaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja ruuveja, muttereita ja aluslevyjä.

Ellei tekstissä ole erikseen mainittu ovat valitut osien mitat standardisoituja Suomen Standardisoimisliitto SFS:n toimesta.

- Laipat ovat SFS 2123:n mukaisia.
- Irtolaipat ovat SFS 2169:n mukaisia.
- Hitsattavat kauluslaipat ovat SFS 2152:n ja SFS2154:n mukaisia.
- Umpilaipat ovat SFS 2166:n mukaisia.
- Tiivisteet ovat SFS 4378:n mukaisia.
- Ruostumattomat teräsputket ovat EN ISO 1127:n mukaisia ja putkien seinämänpaksuudet ovat minimissään SFS 5563 mukaisia.

## **5.1 Painesäiliön mitoitus SFS- EN- 13445 mukaisesti**

Painesäiliö on kammio, johon tulee putkea pitkin maksimissaan kolmen Mpa:n paineella veteen seostunutta kalsiittia. Kammion tehtävänä on jakaa nesteessä kulkeutuva kalsiitti vaipasta lähtevien yhteiden kautta sykloneihin. Kammio koostuu pohjasta, vaipasta, irtolaipasta sekä kannesta. Painesäiliö mitoitetaan vaatimuslistassa mainitun painelaitestandardin mukaisesti.

Painesäiliö vuorataan viiden millimetrin kumipäällysteellä.

### **5.1.1 Irtolaipan standardin mukainen mitoitus**

Irtolaipan sisähalkaisija oli määräävänä tekijänä standardiosaa valitessa. Skaalatessa vanhaa syklonipatteristoa uuteen käyttäen kasvatettua syklonien määrää päädyttiin alustavasti irtolaippaan F 500 Fe 37 B.

Irtolaipan tekniset tiedot on esitetty luvussa 5.1.1.1. Luvussa 5.1.1.2 on laskettu laipan jännitysrajat, joiden on täytettävä standardin vaatimat ehdot. Irtolaipan minimipaksuus on laskettu luvussa 5.1.1.3, ja luvussa 5.1.1.4 on suoritettu irtolaipan lopullinen valinta.

Irtolaippa mitoitettiin kaavojen 5.1...5.26 avulla. (SFS-EN 13445-3-11)

#### **5.1.1.1 Irtolaipan tekniset tiedot**

- Ulkohalkaisija on 645 mm
- Aukon halkaisija on 517 mm
- Laipan paksuus on 32 mm
- Ruuvien jakoympyrän halkaisija on 600 mm

- Laipan loven pituus on neljä millimetriä 45° kulmalla
- Reikien lukumäärä on 20 kpl
- Reikien halkaisijan suuruus on 22 mm
- Tiivisteiden kosketuspinnan keskihalkaisija on 571 mm
- Suunnittelulämpötilan ollessa enintään 120 °C on suurin sallittu käyttöpaine sama kuin nimellispaine 0,3 Mpa
- Fe 37 B on sama kuin S235JR, jonka myötölujuus  $R_{eH}$  on 225 Mpa ja murtolujuus  $R_m$  on 360 Mpa, kun nimellispaksuus on välillä 16 mm ja 40 mm
- Irtolaipan ja kannen väliseksi tiivisteeksi valitaan PTFE- tiivistenauhaa, jonka paksuus on noin 2,5 mm ja leveys 7 mm. Tiivistenauhan tiivistevakio  $m$  on 1,5 ja  $y$  on 17,237 Mpa (<http://www.ramikro.fi>, kotisivut)

### 5.1.1.2 Laipparengaan jännitysraajat

Laipparengaan kehäjännitys lasketaan seuraavasti:

$$\sigma_{\theta} = \frac{\beta_Y * M}{e^2} = 52,7 \text{ Mpa} \quad (5.1)$$

$$\beta_Y = \frac{1}{K-1} \left( 0,66845 + 5,7169 \frac{K^2 \log_{10}(K)}{K^2-1} \right) = 8,83 \quad (5.2)$$

$$K = \frac{A}{B} = 1,25 \quad (5.3)$$

$$M = M_{op} * \frac{C_F}{B} = M_{op} * \frac{\max \left( \sqrt{\frac{\delta_b}{6e}}, 1 \right)}{B} = 6\,108 \text{ Nmm} \quad (5.4)$$

$$M_{op} = H_D * h_D + H_T * h_T + H_G * h_G = 3\,158\,064 \text{ Nmm} \quad (5.5)$$

$$H_D = \frac{\pi}{4} * B^2 * P = 62\,978 \text{ N} \quad (5.6)$$

$$h_D = \frac{C-B}{2} = 41,5\text{mm} \quad (5.7)$$

$$H_T = H - H_D = 13\,844\text{ N} \quad (5.8)$$

$$H = \frac{\pi}{4} * (G^2 * P) = 76\,822\text{N} \quad (5.9)$$

$$h_T = \frac{2C-B-G}{4} = 28\text{mm} \quad (5.10)$$

$$H_G = 2\pi * G * b * m * P = 10\,817\text{N} \quad (5.11)$$

$$h_G = \frac{C-G}{2} = 14,5\text{mm} \quad (5.12)$$

**Säteensuuntainen jännitys laipparenkaassa ja pitkittäisjännitys kaulusosassa lasketaan seuraavasti:**

$$\sigma_r = \sigma_H = 0 \quad (5.13)$$

**Laskettujen laippajännitysten on täytettävä seuraavat vaatimukset:**

$$k * \sigma_H \leq 1,5 \min(f; f_H) \quad (5.14)$$

$$k * \sigma_r \leq f \quad (5.15)$$

$$k * \sigma_\theta \leq f \quad (5.16)$$

$$0,5k(\sigma_H + \sigma_r) \leq f \quad (5.17)$$

$$0,5k(\sigma_H + \sigma_\theta) \leq f \quad (5.18)$$

k on arvoltaan 1, kun B on pienempi tai yhtä suuri kuin 1000mm.

Standardin SFS-EN 13445-3 (10) mukaan teräksille sallittu nimellinen laskentajännitys on  $f_H$ , kun murtovenymä A on maksimissaan 30 %.

$$f_H = \min\left(\frac{R_{p0,2/t}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4}\right) = 150 \text{ Mpa} \quad (5.19)$$

Varmuuskerroin venymisrajaan nähden on 1,5 ja murtolujuuteen 2,4

Laippajännitykset täyttävät kaavojen 5.14...5.18 vaatimukset.

### 5.1.1.3 Laipan paksuus

Laipan paksuuden on oltava vähintään suurin seuraavista kolmesta lausekkeesta saaduista arvoista e:

$$e_1 = \sqrt{\frac{6M_R}{f(\pi C - n d_h)}} = 9,4 \text{ mm} \quad (5.20)$$

$$M_R = H_D * h_D + H_T * h_T + H_G * h_G = 3\,189\,307 \text{ Nmm} \quad (5.21)$$

$$H_D = 62\,978 \text{ N}$$

$$h_D = \frac{C-B}{2} = 41,5 \text{ mm} \quad (5.22)$$

$$H_T = 3\,844 \text{ N}$$

$$h_t = \frac{C+d_h+2b-B}{4} = 29,6 \text{ mm} \quad (5.23)$$

$$H_G = 9\,375 \text{ N}$$

$$h_G = d_h \frac{2b}{2} = 17,7 \text{ mm} \quad (5.24)$$

$$e_2 = \frac{(m+0,5)}{(E-200\,000)^{0,25}} * \frac{\delta_b - 2d_p}{6} = 1,62 \text{ mm} \quad (5.25)$$

$$e_3 = \frac{A_1 * P}{2f} = 0,56mm \quad (5.26)$$

$$A_1 = 564mm$$

#### 5.1.1.4 Irtolaipan lopullinen valinta

Tarkasteltu irtolaippa täyttää standardin vaatimukset. Vaaditun irtolaipan tulee olla vähintään 9,4 mm paksu, ja valitsemallani irtolaipalla tämä ylittyy reilusti. Kustannuksien osalta on kuitenkin halvempaa tilata standardisoitu tuote, kuin tilata erikoistuotannollinen irtolaippa pienemmällä paksuudella.

#### 5.1.2 Vaipan standardin mukainen mitoitus

Materiaaliksi valitaan RAEX P275NH, jonka laskentalujuus  $R_{eH} = 275 \text{ Mpa}$  standardin SFS-EN 10028-3 mukaan, kun levynpaksuus on alle 16 mm ja lämpötila on +50 °C:n alapuolella. RAEX P275NH on Rautaruukin tuote, joten teräksen saatavuuden ei pitäisi aiheuttaa ongelmia. (Ruukki, kotisivut)

Materiaalitunnus P tarkoittaa painelaiteterästä, N tarkoittaa normalisoitua tai normalisointivalssattua ja H korkeaa käyttölämpötilaa.

Vaipan ulkohalkaisija on sama kuin irtolaipan aukon halkaisija 517 mm.

Lieriön korkeus pysyy aiemman painesäiliön mitassa 255 mm, koska muutokselle ei ole tarvetta.

Luvussa 5.1.2.1 käsitellään vaippaan koneistettavien aukkojen suuruus. Luvussa 5.1.2.2 käsitellään standardin vaatiman testausryhmän selvitykseen johtaneet asiat ja testausryhmän valinta. Luvussa 5.1.2.3 lasketaan painelaiteteräksen suurin sallittu nimellinen laskentajännitys. Luvussa 5.1.2.4. lasketaan valitun painelaiteteräksen suurin sallittu paine. Luvussa 5.1.2.5



määritetään vaipan seinämän paksuus ja paksuuden valintaan vaikuttaneet asiat. Luvussa 5.1.2.6 tarkastellaan onko tarpeellista vahvistaa aukkojen vuoksi vaipan seinämää. Luku 5.1.2.7 sisältää standardin vaatimia yleisiä vaatimuksia vaipan ja sen yhteiden osalta. Ulkoisen paineen vaikutusta vaippaan käsitellään luvussa 5.1.2.8. Luvussa 5.1.2.9 käsitellään yhteiden aiheuttamien jännitysten vaikutus vaipan kestävyyteen. Luvussa 5.1.2.10 tehdään vaipan lopullinen valinta.

#### **5.1.2.1 Vaipan aukkojen koko**

Vaippaan liitetään DN50 yhteitä, joiden ulkohalkaisija on 60,3 mm, kun seinämän paksuus on 3,2 mm. Tällöin yhteen sisähalkaisija on 53,9 mm. Yhteet vuorataan noin 5 mm kumipäällysteellä. Vaippaan tehtävien aukkojen muodon tulisi olla hieman elliptisiä reikiä tehdessä, mutta muutos on niin minimaalinen, ettei sitä tarvitse huomioida aukkojen valmistuksessa. Putkia hitsatessa ja muokatessa elliptisyys tulee huomioida. Aukkojen suuruudeksi määräytyy 45 mm.

#### **5.1.2.2 Testausryhmän selvitys**

Testausryhmän määrittäminen tehdään lieriön materiaalin, lieriön seinämän-paksuuden ja lieriön pituussuuntaisen läpihitsatun päittäishitsin perusteella. Testausryhmäksi määräytyy testausryhmä 3b, jolloin hitsille on tehtävä radiografinen kuvaus, ultraäänitarkastus, magneettijauhetarkastus tai tunkeutumanestetarkastus. Testausryhmän 3 hitsiliitoksen lujuuskerroin  $z$  on 0,85. (SFS-EN 13445-5)

#### **5.1.2.3 Laskentajännityksen määrittäminen**

Standardin SFS-EN 13445-3 (6) mukaan teräksille sallittu nimellinen laskentajännitys on kaavan 5.27 mukainen, kun murtovenymä  $A$  on maksimissaan 30 %. Materiaalin P275NH:n  $A$ :n osuus on standardin SFS-EN 10028-3 mukaan 24 %.

Mitoituksessa käytettyjen kaavojen 5.27...5.34 lähteenä on Koneenosien suunnittelu kirja, joka perustaa laskunsa standardiin SFS-EN 13445-3 . (Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius & Välimaa 2003, 682 – 687.)

$$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/t}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4}\right) = 162,5\text{Mpa} \quad (5.27)$$

#### 5.1.2.4 Suurin mahdollinen paine

Vaipan suurin mahdollinen paine lasketaan seuraavasti:

$$P_{max} = \frac{2f^*z^*e_a}{D_m} = 2,94\text{ Mpa} \quad (5.28)$$

#### 5.1.2.5 Seinämän paksuus

$e_{min}$  on minimiseinämän paksuus, kun ei ole huomioitu muovausvaroja, toleranssivaroja, korroosiovaroja eikä vaipassa olevia reikiä.

$$e_{min} = \frac{p^*D_e}{2fz+p} = \frac{0,3\text{Mpa}^*517\text{mm}}{2^*162,5\text{Mpa}^*0,85+0,3\text{Mpa}} = 0,56\text{mm} \approx 1\text{mm} \quad (5.29)$$

Seinämänpaksuuden kaavat ovat voimassa kun:

$$e_{min}/D_e \leq 0,16 \quad (5.30)$$

$$\frac{e_{min}}{D_e} = \frac{1\text{mm}}{517\text{mm}} = 0,0193 \leq 0,16 \quad (5.31)$$

Laskettuun seinämän paksuuteen on lisättävä paksuuslisät, jotka koostuvat korroosiovarasta  $c_0$ , toleranssivarasta  $c_1$ , muovausvarasta  $c_2$  .

*Standardi SFS-EN 10029 määrittelee nimellispaksuuden toleranssille neljä luokkaa A...D. Ellei tilauksen yhteydessä toisin sovita, painelaiteteräslevyjen*

*paksuustoleransseille sovelletaan luokan B vaatimuksia (SFS-EN 10028-1, SFS-EN 10207). Luokan B alaeromitta sallii 0,3 mm:n alituksen kaikilla standardin nimellispaksuuksilla, (Airila ym. 2003, 684.)*

*Vaadittu seinämän minimipaksuus lisineen on:*

$$e_1 = e_{min} + c_0 + c_1 + c_2 = 1\text{mm} + 1\text{mm} + 0,3\text{mm} + 1\text{mm} = 3,3\text{mm} \quad (5.32)$$

RAEX P275NH:n paksuusalue on 5 – 150 mm levytuotteilla, joten alustavasti valitaan viisi millimetriä lieriön seinämän valmistuspaksuudeksi  $e_n$ .

Laskentapaksuuden määrittäminen:

$$e_a = e_n - c_0 - c_1 - c_2 = 5\text{mm} - 1\text{mm} - 1\text{mm} - 0,3\text{mm} \approx 2,7\text{mm} \quad (5.33)$$

Laskentajännityksen  $f_d$  täytyy olla suurempia kuin  $\sigma_{vert}$

$$\sigma_{vert} = \frac{1}{2} p \left[ \frac{D_i}{e_{min}} + 1 \right] = \frac{1}{2} 0,3\text{Mpa} \left[ \frac{507\text{mm}}{1\text{mm}} + 1 \right] = 76,2\text{Mpa} \quad (5.34)$$

$$f_d(162,5\text{Mpa}) > \sigma_{vert}(76,2\text{Mpa})$$

### 5.1.2.6 Aukkovahvistuksen tarkastelu

Koska aukkoja sisältävä lieriö on kestävyydeltään heikompi kuin reiätön, tulee reikien aiheuttama jännityskestävyyden väheneminen laskea. Vierekkäiset aukot ovat standardin mukaan säännöllisen kuvion mukaisia, jos ne sijaitsevat samalla viivalla kehäsuuntaisella tai pitkittäisellä viivalla kulmassa kylkiviivaan nähden lieriössä.

*Jos säännöllisen kuvion mukaisen reikäkentän aukoilla on samansuuruinen sisähalkaisija, ne sijaitsevat samalla etäisyydellä toisistaan, niiden yhteet ovat kohtisuoria ja samansuuruisia ja niillä on yhtä suuri nimellinen suunnittelujännitys, joka on vähintään kuoren suunnittelujännityksen suuruinen,*

voidaan seuraavia ehtoja soveltaa aukkovahvistuksen tarkastelussa(SFS-EN-13445-3-9).

Mitoituksessa käytettyjen kaavojen 5.35...5.45 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-3 osio 9 Kuorien aukot.

Tarkastelulle on ehtona, ettei muita aukkoja saa olla ( $2 * l_{so}$ ) lähempänä yhtäkään näistä vierekkäisistä aukoista. (5.35)

$$l_{so} = \sqrt{(2r_{is} + e_{c,s})e_{c,s}} = 39,11mm \quad (5.36)$$

$$2l_{so} = 78,22mm \quad (5.37)$$

Vaipassa ei ole vierekkäisten aukkojen lisäksi muita aukkoja, joiden seurauksena tarkastelua ei voisi käyttää.

Aukkovahvistuksen tarkastelu:

$$e_{c,s} * (L_b - d_{ib}) + 2 * e_{a,b} * l_{bo} \geq \frac{P}{(f_s - 0,5P)} * (Ap_{Ls} + d_{ib} * l_{bo}) \quad (5.38)$$

$$l_{bo} = \sqrt{(d_{eb} - e_b) * e_b} = \sqrt{(51mm - 4,8mm) * 4,8mm} = 14,89mm \quad (5.39)$$

$$e_b = 5mm - 0,2mm = 4,8mm$$

$$Ap_{Ls} = \frac{0,5 * r_{is}^2 * L_b * (1 + \cos\phi)}{r_{is} + 0,5 * e_{a,s} * \sin\phi} = 25\,720mm^2 \quad (5.40)$$

$$\phi = 0$$

$$\begin{aligned} & 3mm * (101mm - 41mm) + 2 * 5,6mm * 14,89mm \\ & \geq \frac{0,3Mpa}{(162,5Mpa - 0,5 * 0,3Mpa)} * (25\,720mm^2 + 41mm * 14,89mm) \end{aligned}$$

$$346,7 \geq 48,7$$

Saadun tuloksen perusteella vaippa kestää jännitykset rei'istä huolimatta ilman ylimääräistä vahvistusta.

### 5.1.2.7 Vaipan mitoituksen yleisiä rajoituksia

Halkaisijan rajoitus lasketaan seuraavasti:

$$\frac{d}{2r_{is}} = \frac{41mm}{2*256mm} = 0,08 \leq 0,5 \quad (5.41)$$

Yhteellä vahvistetun lieriön aukon rajoitussuhde on:

$$\frac{d_{ib}}{2r_{is}} = \frac{41mm}{2*256mm} = 0,08 \leq 1 \quad (5.42)$$

Paksuusrajoitukset:

Suhde  $\frac{e_b}{e_{a,s}}$  ei saa ylittää arvoa 2, kun  $\frac{d_{ib}}{2r_{is}}=0,08$  (5.43)

$$\frac{e_b}{e_{a,s}} = \frac{4,8mm}{2,7mm} = 1,78 \leq 2$$

Suhde  $\frac{e_{a,b}}{e_{a,s}}$  ei saa ylittää arvoa 3, kun  $\frac{d_{ib}}{2r_{is}} = 0,08$  (5.44)

$$\frac{e_{a,b}}{e_{a,s}} = \frac{3mm}{2,7mm} = 1,1 \leq 3$$

Etäisyysrajoitus:

Kuperaan päätyyn tai puolipallopäätyyn, kartion suurempaan päähän, suoraan päätyyn, putkilevyyn tai minkä tyyppiseen laippaan tahansa liitetyssä lieriössä etäisyyden  $w$ , tulee täyttää seuraava ehto:

$$w \geq w_{min} = \max(0, 2\sqrt{(2r_{is} + e_{c,s})e_{c,s}}; 3e_{a,s}) = 39,3\text{mm} \quad (5.45)$$

$$w(93\text{mm}) \geq w_{min}(39,3\text{mm})$$

### 5.1.2.8 Ulkoisen paineen vaikutuksen huomioiminen

Vaippaan ei vaikuta muita ulkoisia paineita kuin noin 0,1 Mpa:n suuruinen ilmanpaine. Tässä luvussa käsitellään, kestääkö vaippa vaikuttavan ilmanpaineen, kun se on tyhjänä jolloin sisäinen 0,3 Mpa:n hyötypaine ei vaikuta.

Suunnittelun varmuuskerroin on 1,5.

Mitoituksessa käytettyjen kaavojen 5.46...5.50 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-3 osio 8 Kuoret, joihin vaikuttaa ulkoinen paine.

Lieriön paksuus on mitoitettava seuraavien laskujen mukaisesti:

$$P_y = \frac{\sigma_e e_a}{R} = 2,9\text{Mpa} \quad (5.46)$$

$$P_m = \frac{E e_a \varepsilon}{R} = 2,2\text{Mpa} \quad (5.47)$$

$$\frac{P_m}{P_y} = \frac{2,2}{2,9} = 0,76\text{Mpa} \Rightarrow \frac{P_r}{P_y} = 0,251\text{Mpa} \quad (5.48)$$

$$P_r = 0,251 * P_y = 0,73\text{Mpa} \quad (5.49)$$

Seuraavan ehdon on toteuduttava:

$$P_{ulkoinen} < \frac{P_r}{s} = \frac{0,73\text{Mpa}}{1,5} = 0,48\text{Mpa} \quad (5.50)$$

$$0,1\text{Mpa} < 0,48\text{Mpa}$$

$P_{ulkoinen} = \text{vaadittu ulkoinen suunnittelupaine}(0,1\text{Mpa})$ .

Laskujen tuloksena todetaan vaipan kestävän ulkoisen paineen.

### 5.1.2.9 Yhteiden aiheuttamien jännitysten tarkastelu vaipassa

Mitoituksessa käytettyjen kaavojen 5.51...5.68 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-3 luku 16.5 Lieriökuorien yhteiden paikalliset kuormat.

Sallitun paineen laskenta yksittäisen aukon yleisen yhtälön mukaan:

$$P_{max} = \frac{(Af_s + Af_w)f_s + Af_b * f_{ob}}{Ap_s + 0,5(Af_s + Af_w + Af_b)} \quad (5.51)$$

$$Af_b = e_b * l'_b = 5,4 * \min(l_{bo}; l_b) = e_b * \min(\sqrt{(d_{eb} - e_b) * e_b}; 101\text{mm} = 71,5\text{mm}^2 \quad (5.52)$$

$$f_{ob} = \min(f_s; f_b) = 162,5\text{Mpa} \quad (5.53)$$

$$Ap_s = A_{s,max} + 0,5d_{eb} * e_{a,s} = 112\,364\text{mm}^2 \quad (5.54)$$

Lieriön pituusleikkauksessa:

$$A_s = r_{is} * (l_{so} + 0,5d_{eb}) = 15\,489\text{mm}^2 \quad (5.55)$$

Lieriön poikittaisleikkauksessa:

$$A_s = 0,5 * r_{is}^2 * \frac{l_{so}+a}{0,5*e_{a,s}+r_{is}} = 112\,243\text{mm}^2 \quad (5.56)$$

$$a = (r_{is} + 0,5 * e_{a,s}) * \sin^{-1}\left(\frac{d_{eb}}{2*(r_{is}+0,5*e_{a,s})}\right) = 1\,732 \quad (5.57)$$

$$P_{max} = \frac{(117,3\text{mm}^2 + 1\,719\text{mm}^2)162,5\text{Mpa}_s + 93\text{mm}^2 * 162,5\text{Mpa}}{112\,364\text{mm}^2 + 0,5(117,3\text{mm}^2 + 1\,719\text{mm}^2 + 93\text{mm}^2)} = 2,76\text{Mpa}$$

Sallitut yksittäiset kuormat:

Kertoimet  $C_1, C_2$  ja  $C_3$ , kun

$$\frac{e_b}{e_c} = 2,7 \quad (5.58)$$

$$C_1 = 1,8$$

$$C_2 = 4,8$$

$$C_3 = 8$$

Sallittu yhteen aksiaalinen kuorma on:

$$F_{Z,max} = f * e_c^2 * \max(C_1; 0,81) = 1\,170\text{N} \quad (5.59)$$

Sallittu kehäsuuntainen momentti on:

$$M_{X,max} = f * e_c^2 * \frac{d}{4} * \max(C_2; 4,90) = 43\,554\text{Nmm} \quad (5.60)$$

Sallittu pitkittäinen momentti on:

$$M_{Y,max} = f * e_c^2 * \frac{d}{4} * \max(C_3; 4,90) = 71\,110\text{Nmm} \quad (5.61)$$



Ulkoisten kuormien ja sisäisen paineen yhdistelmä:

Seuraavien lausekkeiden  $\phi$  - arvojen täytyy olla vähemmän kuin 1.

$$\phi_P = \frac{P}{P_{max}} = \frac{0,3\text{Mpa}}{2,76\text{Mpa}} = 0,108 \quad (5.62)$$

$$\phi_Z = \frac{F_Z}{F_{Z,max}} = \frac{0}{1\,170\text{N}} = 0 \quad (5.63)$$

$$M_y = (236\text{mm} * 3403\text{N}) - (380\text{mm} * 294\text{N}) - (615\text{mm} * 1124\text{N}) = 128\text{Nmm}$$

Vaippaan vaikuttavan momentin suuruus jää varsin pieneksi, koska lähtevä yhde on tuettuna alapuolelta.

$$\phi_B = \sqrt{\left(\frac{M_x}{M_{x,max}}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{M_{y,max}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0}{43\,554\text{Nmm}}\right)^2 + \left(\frac{128\text{Nmm}}{71\,110\text{Nmm}}\right)^2} = 0,0018 \quad (5.64)$$

Kuormien yhdistämisen tulee toteuttaa seuraavat ehdot:

$$\sqrt{\left(\max\left(\left|\frac{\phi_P}{C_4} + \phi_Z\right|; |\phi_Z|; \left|\frac{\phi_P}{C_4} - 0,2\phi_Z\right|\right)\right)^2 + \phi_B^2} \leq 1,0 \quad (5.65)$$

$C_4 = 1$ , kun jäykkä kiinnitys.

Jännitysalueiden yhdistelmä on rajoitettu seuraavasti:

$$\left| \sigma_T + \sqrt{(\sigma_P + \sigma_{FZ})^2 + \sigma_{MX}^2 + \sigma_{MY}^2} \right| \leq 3f \quad (5.66)$$

Yhteen suurimmat pituussuuntaiset vetojännitykset on rajoitettu seuraavasti:

$$\frac{Pd}{4e_b} + \frac{4*\sqrt{\sigma_{MX}^2 + \sigma_{MY}^2}}{\pi d^2 e_b} + \frac{F_Z}{\pi d e_b} \leq f_b \quad (5.67)$$

Yhteen pituussuuntainen stabiliteetti tulee tarkistaa seuraavasti:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{MX}^2 + \sigma_{MY}^2}}{M_{max}} + \frac{|F_Z|}{F_{max}} \leq 1,0 \quad (5.68)$$

Yhteiden aiheuttamat jännitykset eivät aiheuta toimenpiteitä vaipan mitoitukseen.

#### **5.1.2.10 Vaipan lopullinen valinta**

Alustava vaippa täyttää standardin vaatimukset. Vaippa vuorataan noin viiden millimetrin paksuisella kumipäälysteellä. 5 mm paksuus on ohuin seinämänpaksuus, jota suomalainen yritys Rautaruukki Oyj toimittaa, joten aihion saamisen ei pitäisi aiheuttaa ongelmia.

#### **5.1.3 Kannen standardin mukainen mitoitus**

Kansi on voitava avata ja sulkea painesäiliö tarkastusten yhteydessä. Tästä syystä kanneksi valitaan standardista umpilaippa, jonka ruuvireiät ovat saman suuruisella kehällä valitun irtolaipan kanssa. Komponenttiin on erikseen koneistettava reikä, jonka kautta mahdollistetaan standardin vaatima säiliön paineen mittaus.

Mitoituksessa käytettyjen kaavojen 5.69...5.92 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-3 osio 10 Suorat päädyt ja kannet.

Luvussa 5.1.3.1 luetellaan kannen tekniset tiedot. Kanteen koneistettavan aukon suuruus ja sen tarpeellisuus käsitellään luvussa 5.2.3.2. Kannen minimipaksuus tiivistelevyn sisäpuolella lasketaan luvussa 5.2.3.3. Kannen minimipaksuus tiivistelevyn ulkopuolella lasketaan luvussa 5.2.3.4. Kannen minimipaksuus koneistettavan aukon kanssa lasketaan luvussa 5.2.3.5. Kannen maksimipaine lasketaan luvussa 5.2.3.6. Luvussa 5.2.3.7 lasketaan kestävätkö ruuvit paineen. Näiden ruuvien minimietäisyys lasketaan luvussa 5.2.3.8. Kannen lopullinen valinta tehdään luvussa 5.2.3.9.

### 5.1.3.1 Kannen tekniset tiedot

Kannen profiiliksi valitaan standardin SFS 2166 mukainen umpilaippa, joka voidaan aukon koneistuksen jälkeen kiinnittää pulttiliitoksella irtolaippaan

- Umpilaippa B 500 PN6 Fe 37 B
- Ulkohalkaisija 645 mm.
- Laipan paksuus on 24 mm.
- Ruuvien jakoympyrän halkaisija on 600 mm.
- Ruuvien reikien lukumäärä on 20 kpl.
- Ruuvien reikien halkaisija on 22 mm
- Tiivisteiden kosketuspinnan keskihalkaisija on 571 mm.

### 5.1.3.2 Kannen aukko

Kanteen on tehtävä aukko, joka mahdollistaa kammion paineen tarkastelun aukosta lähtevään yhteeseen liitettävän painemittarin kautta. Muutoksena aiempaan syklonipatteristoon kannen reiän suuruutta pienennetään, koska standardissa ei ole vaadittu tai suositeltu käyttämään nykyistä tarpeettoman suurta putkiyhdyntää, jonka nimellisuuruus on DN50. Täten reiästä lähteväksi yhteeksi asennetaan DN25 austeniittinen putki, jonka ulkohalkaisija on 33,7 mm ja seinämän paksuus 4,5 mm. Tällöin reiän suuruudeksi määräytyy 24 mm. DN25 yhde vuorataan noin 5 mm paksuisella kumipäällysteellä.

### 5.1.3.3 Kannen vähimmäispaksuus tiivisteiden sisäpuolella

Kannen vähimmäispaksuus tiivisteiden sisäpuolella lasketaan seuraavasti:

$$e = \max(e_A; e_P) \quad (5.69)$$

$$e_A = \sqrt{\frac{3(C-G)}{\pi G} \left(\frac{W_{op}}{f_A}\right)} = 5,1 \text{ mm} \quad (5.70)$$

$$f_d = f_A = \min\left(\frac{R_{p0,2/t}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4}\right) = 150 \text{ Mpa} \quad (5.71)$$

$$e_p = \sqrt{\left(\frac{3(3+\nu)}{32} G^2 + 3\left(\frac{G}{4} + 2b * m\right) (C - G)\right) \frac{P}{f}} = 14,8 \text{ mm} \quad (5.72)$$

Tavanomaisessa tilanteessa  $f = f_d$

$$b = 6,7 \text{ mm}$$

$$W_{op} = H + H_G = 86\,197 \text{ N} \quad (5.74)$$

$$H = \frac{\pi}{4} * (G^2 * P) = 76\,822 \text{ N} \quad (5.75)$$

$$H_G = 2 * \pi * G * b * m * P = 9\,375 \text{ N} \quad (5.76)$$

#### 5.1.3.4 Kannen laippaosan vähimmäispaksuus

Kannen vähimmäispaksuus tiivisteiden ulkopuolella lasketaan seuraavasti:

$$e = \max(e_A; e_{p1}) = 5,7 \text{ mm} \quad (5.77)$$

$$e_{p1} = \sqrt{3\left(\frac{G}{4} + 2b * m\right) (C - G) \frac{P}{f}} = 5,7 \text{ mm} \quad (5.78)$$

#### 5.1.3.5 Kannen minimipaksuus reiän kanssa

Reiällisen kannen minimipaksuus lasketaan seuraavasti:

$$e_{min} = Y_2 * e_\theta = 15,12 \text{ mm} \approx 16 \text{ mm} \quad (5.79)$$

$$e_\theta = \max(e_A; e_p; e_{p1}) \quad (5.80)$$

$$Y_2 = \sqrt{\frac{G}{G-d}} = 1,0217 \quad (5.81)$$

### 5.1.3.6 Kannen maksipaine

Tarkastelussa käytetään valitun kannen paksuutta 24 mm.

$$P_{max} = \frac{e^2 * f}{\frac{3(3+\nu)}{32} G^2 + 3 \left( \frac{G}{4} + 2b * m \right) (C-G)} = 0,8 \text{ Mpa} \quad (5.82)$$

### 5.1.3.7 Asennettävien ruuvien kestävyys

Ruuvien vaadittu poikkipinta-ala lasketaan seuraavasti:

$$A_{B,min} = \max \left( \frac{W_A}{f_{B,A}}; \frac{W_{op}}{f_b} \right) = 1657 \text{ mm}^2 \quad (5.83)$$

$$W_A = \pi \cdot b \cdot G \cdot y = 207\,168 \text{ N} \quad (5.84)$$

Kun käytetään austeniittisiä ruostumattoman teräksen ruuveja:

$$f_{B,A} = \frac{500 \text{ Mpa}}{4} = 125 \text{ Mpa} \quad (5.85)$$

$$f_b = 210 \text{ Mpa}$$

Asennettävien ruuvien pinta-ala:

$$A = \pi r^2 * 20 = 6283 \text{ mm}^2$$

$$A_{B,min} < A$$

### 5.1.3.8 Vaadittu ruuvien minimi etäisyys

Ruuvien minimietäisyys lasketaan seuraavasti:

$$\frac{6 \cdot e_{VAL} \cdot \left(\frac{E}{200000}\right)^{0,25}}{(m+0,5)} + 2 d_b = \delta_b = 121 \text{ mm} \quad (5.86)$$

Kannessa kehällä olevien ruuvi-aukkojen etäisyys on 93 mm, joten ruuvien määrää ei tarvitse lisätä.

### 5.1.3.9 Kannen lopullinen valinta

Kansi täyttää standardin vaatimukset. Standardeissa ei ole umpilaippaa tai profiilia, joka on ohuempi ja jolla on irtolaipan kanssa samalla kehällä ruuviaukot. Tämän vuoksi pysytään 24 mm:n umpilaipassa.

### 5.1.4 Pohjan standardin mukainen mitoitus

Pohjan profiilille on useita vaatimuksia. Sen on kestävä paineen vaikutus, painesäiliön muiden komponenttien paino sekä kammioissa kulkevan kalsiittiliejun paino. Lisäksi pohja on kyettävä liittämään ylitealtaaseen ruuveilla. Pohjassa on oltava aukko keskellä, jonka kautta kalsiittilieju pääsee painesäiliöön

Pohjan aihioiksi valitaan sama profiili kuin kanteen. Profiilin tekniset tiedot on esitetty luvussa 5.1.3.1 Kannen tekniset tiedot.

Tässä osiossa käsitellään pohjan aukon suuruus luvussa 5.1.4.1. Luvussa 5.1.4.2 tarkastellaan, onko aukko liian suuri. Luvussa 5.1.4.3 lasketaan pohjan minimipaksuus ilman aukkoa, kun taas luvussa 5.1.4.4 lasketaan minimipaksuus aukon kanssa. Luvussa 5.1.4.5 käsitellään pohjaan vaikuttava viivakuorma ja sen suuruuden vaikutus pohjaan. Pohjan sallittu maksimipaine lasketaan

luvussa 5.1.4.6.

#### 5.1.4.1 Pohjan aukon suuruus

Pohjaan on koneistettava aukko, jonka kautta vedessä kulkeutuva kalsiitti päätyy painesäiliöön. Aukon suuruus määräytyy siihen hitsattavan DN100 yhteen perusteella, jonka seinämänpaksuus on 4,5 mm ja ulkohalkaisija on 114,3 mm. Tällöin reiän suuruudeksi määräytyy 105 mm.

#### 5.1.4.2 Halkaisija suhteen tarkistus

Kuperien päätyjen aukoissa, jotka on yhteellä vahvistettuja, ei aukon halkaisijasuhde  $\frac{d_i}{D_e}$  saa ylittää arvoa 0,6, sillä muuten mitoitus ei ole standardin mukainen.

$$\frac{d_i}{D_e} = \frac{105\text{mm}}{645\text{mm}} = 0,15 \quad (5.87)$$

Aukon suuruutta ei tarvitse muuttaa.

#### 5.1.4.3 Paksuuden mitoitus ilman aukkoa

Suoran, välittömästi kuoreen hitsatun päädyn vaadittu paksuus lasketaan seuraavasti:

$$e = \max(C_1 * D_i \sqrt{\frac{P}{f}}; C_2 * D_i \sqrt{\frac{P}{f_{min}}}) = 12,5\text{mm} \approx 13\text{mm} \quad (5.88)$$

$$f_{min} = \min(f_d; f_s) \quad (5.89)$$

$$f_d = \min\left(\frac{R_{p0,2/t}}{1,5}; \frac{R_{m/20}}{2,4}\right) = 150\text{Mpa} \quad (5.90)$$

$$C_1 = 0,4$$

$$C_2 = 0,55$$

#### 5.1.4.4 Paksuuden mitoitus aukon kanssa

Pohjan on oltava vähintään  $e_{min}$  paksuinen.

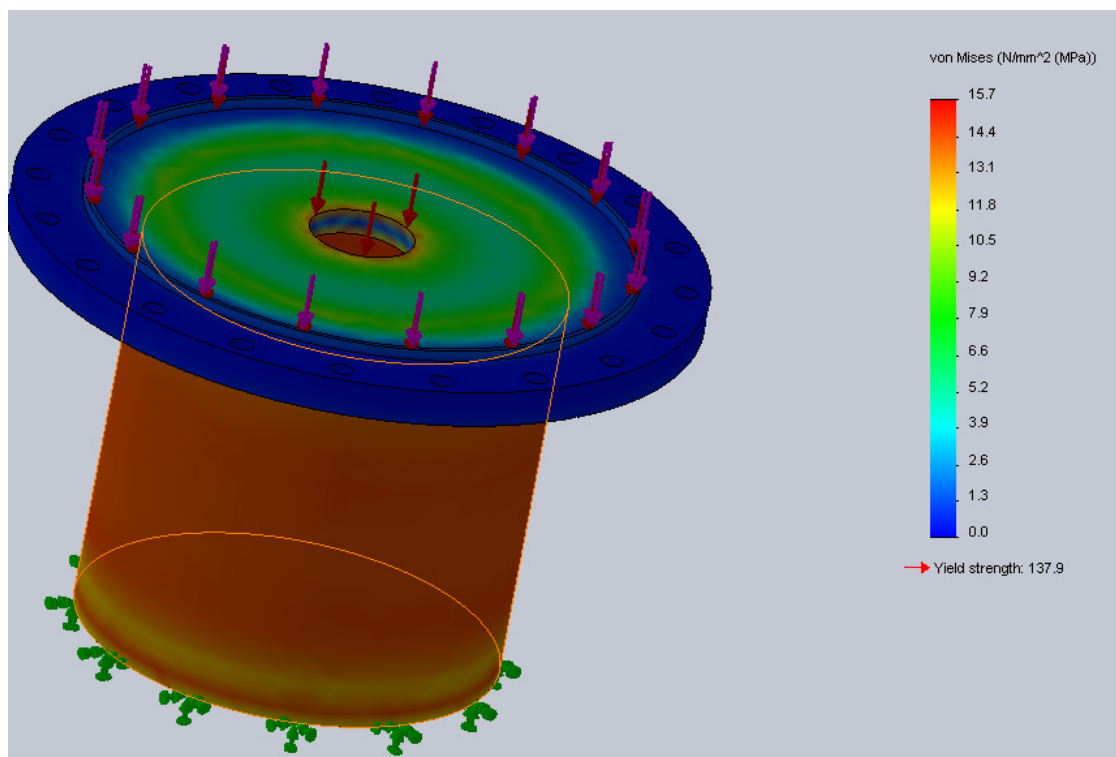
$$e_{min} = Y_2 * e = 14,04mm \approx 15mm \quad (5.91)$$

$$Y_2 = \sqrt{\frac{D_i}{D_i - d}} = 1,123 \quad (5.92)$$

#### 5.1.4.5 Viivakuorman vaikutuksen huomioiminen

Painelaitestandardia ei voi suoraan soveltaa tähän mitoitukseen, koska standardissa ei käsitellä suunnittelussa valittua ratkaisua, jossa pohja jatkuu vaipan reunojen yli ja yläpuolelta vaikuttava kehällä oleva voima ei vaikuta samalla kehällä kuin alapuolelta kehällä tuennan antava voima.

Kestävyydentarkastelu tullaan täten tekemään SolidWorksin SimulationXpress-sovelluksella. Kuvassa 5.1 on esitetty pohjan kestävyyden kannalta rasittunein mahdollinen tapaus.



Kuva 5.1 Pohjaan syntyvät jännitykset



Analyysissa pohjaan vaikuttaa 3 Mpa sisäpaine ja kehällä 12 kN voima. 12 kN:n tarkastelussa käytetty voima on muodostettu pelkistyksestä, jossa kaikki pohjan yläpuolella olevat massat vaikuttavat pohjaan. Todellisuudessa näin ei ole, mutta tarkempaa tarkastelua ei tässä tapauksessa ole syytä tehdä. Ylitealtaan lieriön tuenta on analyysissa asetettu sellaiseksi, ettei se pääse liikkumaan.

Tarkastelusta havaitaan, että pohjaan vaikuttavat viivakuormat eivät aiheuta merkityksellisiä jännityksiä pohjan kestävyiden kannalta.

#### 5.1.4.6 Pohjan maksimipaine

Kaavan 5.98 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-3 luku 10 suorat päädyt ja kannet.

$$P_{max} = \left( \frac{e}{C_2 * D_i} \right)^2 * f = 1,11 \text{Mpa} \quad (5.98)$$

#### 5.1.5 Osien standardin mukainen yksinkertainen väsymistarkastelu

Painesäiliön osien tulee kestää paineenvaihteluista syntyvä materiaalin väsyminen.

Mitoituksessa käytettyjen kaavojen 5.99...5.103 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-3 osio 17 Yksinkertainen väsymistarkastelu.

Paineen vaihtelun algebraalinen erotus:

$$\Delta P = 0,3 \text{Mpa} - (-0,1 \text{Mpa}) = 0,4 \text{Mpa}$$

$$t_{min} = +3^\circ \text{C}$$

$$t_{max} = +25^{\circ}\text{C}$$

Yksinkertaisuuden vuoksi koko säiliön huonoimman hitsin luokkaa voidaan käyttää kaikille hitseille, jolloin määrääväksi tekijäksi muodostuu kuoren päälle hitsattu irtolaippa, jolloin hitsi luokaksi määräytyy 63, kun testausryhmä on 3.

Osion luvussa 5.1.5.1 Käsitellään vaipan väsyminen, luvussa 5.1.5.2 kannen väsyminen ja luvussa 5.1.5.3 pohjan väsyminen.

### 5.1.5.1 Vaipan väsymistarkastelu

Vaipan väsymisen kestävyys lasketaan seuraavasti:

Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa 63:

$$C_1 = 5,00 * 10^{11}$$

$$C_2 = 1,08 * 10^{15}$$

$$\Delta\sigma_D = 46,4 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{Cut} = 25,5 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{P_{max}} * \eta * f = \frac{0,4 \text{ Mpa}}{2,94 \text{ Mpa}} * 1 * 162,5 \text{ Mpa} = 22,1 \text{ Mpa} \quad (5.99)$$

$$\eta = (1 + \eta_1 + \eta_2 + \eta_4)z = \left(1 + \frac{3\delta}{e} + \left(1,5 * \frac{D}{e}\right) + \frac{6\delta}{e}\right) 0,85 \quad (5.100)$$

$\eta =$  arvioidaan arvoksi 1, koska tarkkoja jännitysvaihteluarvoja ei ole saatavilla.

$$C_e = 1$$

$$C_t = 1$$

$$\Delta\sigma^* = \frac{\Delta\sigma}{C_e * C_t} = 22,1 \text{ Mpa} \quad (5.101)$$

Koska  $\Delta\sigma^* < \Delta\sigma_{Cut}$  voidaan kuormitusjaksojen väsyttävä vaikutus jättää huomioitta.

### 5.1.5.2 Kannen väsymistarkastelu

Kannen väsymisen kestävyys lasketaan seuraavasti:

Väsymiskäyrän kertoimet hitsaamattomille alueille

$$C_3 = 4,67 * 10^{28}$$

$$\Delta\sigma_D = 172,5 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{cut} = 116,7 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{P_{max}} * \eta * f = \frac{0,4 \text{ Mpa}}{0,75 \text{ Mpa}} * 1 * 150 \text{ Mpa} = 80 \text{ Mpa} \quad (5.99)$$

$$C_e = 1$$

$$C_t = 1$$

Ruuveilla kiinnitetyille suorille kansille, joiden keskellä ei ole reikää  $\eta = 1$

$$\Delta\sigma^* = \frac{\Delta\sigma}{C_e * C_t} = 80 \text{ Mpa} \quad (5.101)$$

Koska  $\Delta\sigma^* < \Delta\sigma_{cut}$ , voidaan kuormitusjaksojen väsyttävä vaikutus jättää huomioitta.

### 5.1.5.3 Pohjan väsymistarkastelu

Pohjan väsymisen kestävyys lasketaan seuraavasti:

Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa 63:

$$C_1 = 5,00 * 10^{11}$$

$$C_2 = 1,08 * 10^{15}$$

$$\Delta\sigma_D = 46,4 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{cut} = 25,5 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{P_{max}} * \eta * f = \frac{0,4Mpa}{1,1 Mpa} * 1 * 150Mpa = 54,5 Mpa \quad (5.99)$$

$\eta$  on 3, kun pienahitsin  $a$  – mitta on suurempi kuin 0,8kertaa kannen paksuus.

$$\Delta\sigma^* = \frac{\Delta\sigma}{C_e * C_t} = 54,5 Mpa \quad (5.101)$$

Hitseille kuormitusjaksojen sallittu lukumäärä on:

$$N = \frac{C_1}{\Delta\sigma^* * \Delta\sigma^* * \Delta\sigma^*} = 3\,088\,733 \quad (5.102)$$

Hitsaamattomille alueille kuormitusjaksojen sallittu lukumäärä on:

$$N = \left( \frac{46000}{\Delta\sigma^* - 140} \right)^2 = 289\,456 \quad (5.103)$$

Vaatimuslistassa esitetyt arvioidut kuormitusjaksojen määrät alittavat reilusti kuormitusjaksojen sallitut lukumäärät.

## 5.1.6 Vaaditut painelaite tarkastukset

Tässä luvussa käsitellään standardin vaatimat tarkastelut. Osiossa 5.1.6.1 on tietoa ainetta rikkomattomasta tarkastuksesta. Luvussa 5.1.6.2 on luettelo siitä, mitä loppuarvioinnin tulee sisältää. Luvussa 5.1.6.3 selvitetään lopputarkastuksen osuus, ja luvussa 5.1.6.4 käsitellään koeponnistuspaineen merkitys ja sillä tehtävä tarkastus.

### 5.1.6.1 Ainetta rikkomaton tarkastus

*Tarkastuslaajuuksista on laitteen testausryhmästä riippuen annettu täsmälliset hitsikohtaiset vaatimukset. Utta suomalaisille valmistajille on, että testausryhmä vaatii usein tarkastuksia myös muille kuin mitoittaville liitoksille kuten kehähitseille, yhdehitseille, laippojen hitseille jne. Standardi edellyttää*

*valmistajalta laatusuunnitelmaa, jossa tarkastustoimenpiteet on määritelty (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, kotisivut.)*

*Direktiivistä tulee vaatimukset NDT-tarkastajien pätevöimiselle ja luokissa III ja IV tarkastajilla on oltava pätevöintilaitoksen hyväksyntä. Tarkastuksissa tulee hyväksymiskriteereissä ottaa myös EN 13445 lisävaatimukset huomioon. Lisäksi standardi vaatii valmistajaa vakuuttautumaan myös NDT-tarkastajan ohjeiden ja laitteiden asianmukaisuudesta, edellyttäen jopa alihankkijan ohjeiden säilyttämistä muiden dokumenttien mukana. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, kotisivut.)*

### **5.1.6.2 Loppuarviointi**

Loppuarviointiin sisältyy Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n vaatimuksena :

- Lopputarkastus
- Silmämääräinen tarkastus ja mittatarkastus
- Dokumentaation tarkastus
- Paineke
- Koetuksen jälkeinen tarkastus
- Varolaitteiden tarkastus laitekokonaisuudessa

### **5.1.6.3 Lopputarkastus**

Lopputarkastuksessa todennetaan Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n vaatimuksena, että painelaite on valmistettu ja hitsausdetaljit tehty hyväksytyn suunnitelman mukaan. Tosimitoista on tehtävä pöytäkirja. Materiaalimerkinnot on tarkastettava ja niitä on verrattava todistuksiin. Lisäksi on tarkastettava hitsaajien ja rikkomattoman tarkastuksen tunnukset. Jos puutteita esiintyy, niin ne korjataan ennen koeponnistusta.

Dokumentoinnista tarkastetaan vähintään:

- Materiaalitodistukset
- Hitsausmenetelmien hyväksymistodistukset
- Hitsaajien pätevyystodistukset
- NDT-tarkastajien pätevyystodistukset
- NDT-pöytäkirjat

- Työkokeiden tulokset
- Mittauspöytäkirjat

#### 5.1.6.4 Standardin mukainen koeponnistuspaine

Kaikki säiliöt koeponnistetaan valmiin tuotteen eheyden osoittamiseksi. Koeponnistuksessa käytetään normaalisti nestepainekoetta. Valmis painesäiliö tulee koeponnistaa vasta sen jälkeen, kun kaikki valmistus- ja tarkastustoimenpiteet on suoritettu. Kuitenkin toimenpiteet, jotka vaikuttavat paineenalaisten osien tarkastettavuuteen, kuten maalaus, eristäminen, muuraus, kumivuoraus, lyijyvuoraus, galvanointi ja emalointi tulee tehdä vasta onnistuneen koeponnistuksen jälkeen. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, kotisivut.)

Painelaite varustetaan vaadituilla merkinnöillä viimeistään painekokeen jälkeen. Jos vettä käytetään koeponnistusnesteenä, on käytetyn veden laadun oltava sellaista, ettei synny korroosiota eikä kiinteitä jäännösaineita. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, kotisivut)

Jos hydrostaattinen paine on vähemmän kuin 3 % suunnittelupaineesta on nestepainekokeen koepaine kaavan  $P_t$  mukainen.

$$p = \rho gh = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,225 \text{ m} = 2\,207,25 \text{ Pa} = 0,0022 \text{ Mpa}$$

3 prosenttia suunnittelupaineesta on:

$$\frac{0,3 \text{ Mpa}}{100} * 3 = 0,009 \text{ Mpa}$$

0,0022 Mpa < 0,009 Mpa, jolloin koepaine on  $P_t$ :n mukainen.

Luvussa 5.1.6.1 lasketaan nestetasapainekokeen paineen suuruus vaipan osalta, luvussa 5.1.6.2 kannen ja pohjan osalta ja luvussa 5.1.6.3 tehdään yhteenveto ponnistuspaineen suuruudesta.

## Tarkastelu vaipan osalta

Mitoituksessa käytetyn kaavan 5.104 lähteenä on standardin SFS-EN 13445-5 osio 10.2.3 Koeponnistus.

$$P_t = \max\left(1,25 * P_d * \frac{f_a}{f_{T_d}}\right); 1,43 * P_s=0,43\text{Mpa} \quad (5.104)$$

Nestepainekoe tulee tehdä 4,3 barin paineella.

## Tarkastelu kannen ja pohjan osalta

$$P_t = \max\left(1,25 * P_d * \frac{f_a}{f_{T_d}}\right); 1,43 * P_s=0,43\text{Mpa} \quad (5.104)$$

Nestepainekoe on tehtävä 4,3 bar:n paineella.

## Yhteenveto

Painesäiliö tulee koeponnistaa 4,3 bar sisäpaineella. Ponnistus suoritetaan asentamalla umpilaipat liejukammioista lähtevien yhteiden laippoihin ja paineistamalla kammio.

### 5.1.7 Vaadittu dokumentointi

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n vaatimuksena on, että painelaitteen loppuarvioinnissa valmistaja esittää seuraavat asiakirjat riippumatta siitä, onko tarkastajana ilmoitetun laitoksen tarkastaja vai oma, laatujärjestelmän mukainen tarkastaja.

- *Sisällysluettelo dokumenteista*
- *Tekninen spesifikaatio painelaitteelle*
- *Valmistajan vaara-analyysi*
- *Valmistusohjelma*

- *Lujuuslaskelmat ja piirustukset (luettelo piirustuksesta, viimeinen revisio)*
- *Tarkastuslaitoksen antama suunnitelman hyväksymistodistus (jos tarvittu)*
- *Tyyppitarkastustodistus (jos tarvittu)*
- *Materiaaliluettelo*
- *Materiaalitodistukset, myös hitsauslisäaineesta*
- *Materiaalien jäljitettävyyssmenettelyn kuvaus*
- *Laatu- tai tarkastussuunnitelma*
- *Muovausohjeet*
- *Esivalmistustiedot (esim. viisteet, muovaus)*
- *Luettelo hitsausohjeista ja hitsaajista*
- *Alihankintaluettelo*
- *Työkokeiden tulokset*
- *Luettelo NDT-menetelmistä ja tarkastajista*
- *NDT-todistukset / -pöytäkirjat (filmit)*
- *Lämpökäsittelyohjeet ja todistukset (aika-lämpötila piirturikäyrät)*
- *Poikkeamaraportit, korjausohjeet*
- *Lopputarkastustodistus*
- *Koeponnistustodistus*
- *Pöytäkirja tosimitoista*
- *Merkintöjen ja nimikilven kuvaus (valokuva)*
- *Vakuutus standardinmukaisuudesta*
- *Käyttöohjeet EN 764-6*

Valmistaja on vastuussa painelaitteen dokumenttien säilytyksestä turvallisessa paikassa 10 vuotta siten, että ne voidaan pyydetäessä esittää kansallisille viranomaisille.

Painesäiliö luetaan painelaitteeksi SFS-EN 13445 standardissa.



## **5.2 Ylitealtaan mitoitus**

Yliteallas koostuu irtolaipasta, sisälieriöstä, viistosta pohjasta, ulkolieriöstä ja pohjasta lähtevästä yhteestä, johon on hitsattu kauluslaippa.

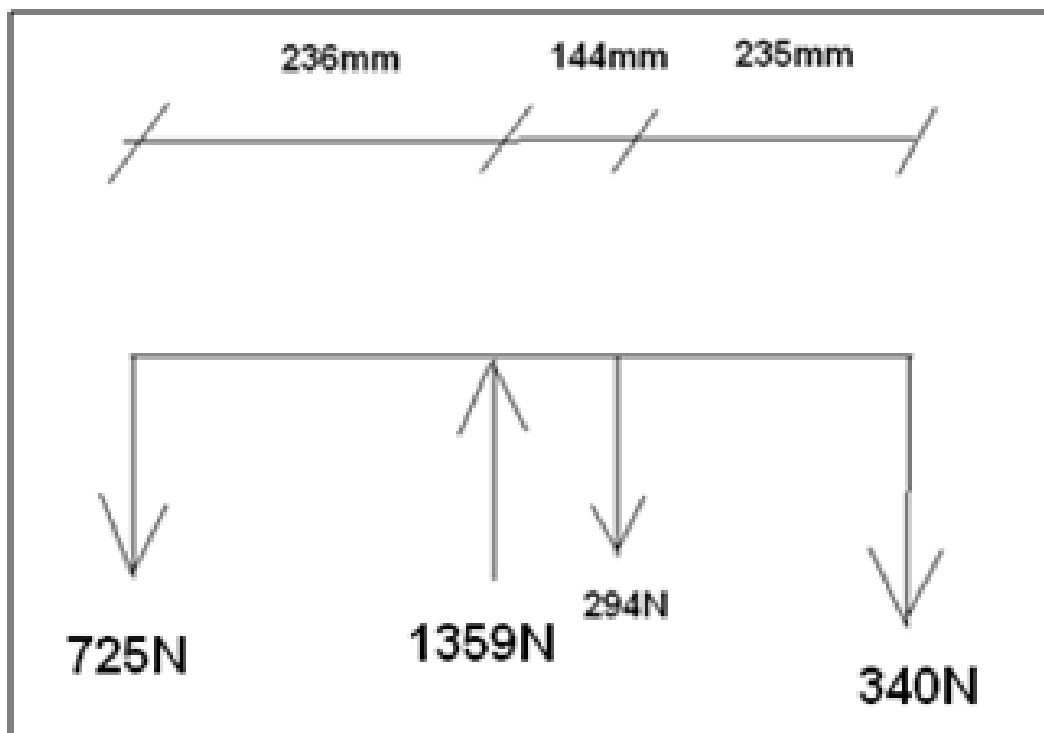
### **5.2.1 Irtolaippa**

Irtolaipan tehtävänä on mahdollistaa painesäiliö- ja yliteallaslohkon liittäminen toisiinsa ruuveilla.

Laipan koko määräytyy pulteilla liitettävän painesäiliön pohjan perusteella paksuutta lukuunottamatta. Pohjan ulkohalkaisija on 645 mm ja ruuvireikien halkaisijan suuruus on 600 mm. Näistä edellä mainituista mitoista on ruuvireikien halkaisijan oltava saman suuruinen ja on voimavuon suoraviivaisen kulkeutumisen vuoksi syytä käyttää myös yhtä suurta ulkohalkaisijan mitta irtolaipassa. Paksuudeksi valitaan 10 mm ja sisähalkaisijaksi 394 mm . Standardisoituina ei ole valitun mittaisia irtolaippoja, joten komponentti joudutaan tekemään erikoistuotantona.

### **5.2.2 Ylitealtaan kestävyys tarkastelu**

Kuvan 5.2 tukireaktioista nähdään ylitealtaan ulkoreunaan kohdistuva voima 1359N, kun se kerrotaan 16:sta lähtevällä syklonikokoonpanolla.



Kuva 5.2 Sykloni kokoonpanon vapaakappalekuvio

Vapaakappalekuviossa olevien voimien selitykset:

- Voima 340 N syntyy syklonin painosta
- Voima 294 N syntyy letkuventtiiliin, ruuvien, putken, kulkevan tavaran ja materiaalin siirtoletkun omista painoista.
- Voima 1394 N on voima, jonka alhaalta tuleva tuenta vastaanottaa.
- Voima 725 N on voima, jonka yhteen ja painesäiliön välinen hitsi vastaanottaa.

$$1359N * 16 = 21\,744N \text{ puristusta}$$

Sisäreunaan kohdistuva voima saadaan kuvassa 5.2 olevista tukireaktioista kertomalla 16:sta ja lisäämällä voimat, jotka syntyvät veden ja kalsiitin painosta, kansista, vaipasta, irtolaiipoista, palloventtiilistä, painemittarista, pulteista, muttereista, aluslevyistä ja kannen päällä olevasta ihmisestä. Laskun luku 16 määräytyy syklonien määrästä.

$$725N * 16 - (2463N + 800N) = 8\ 337N \text{ vetoa}$$

Laskusta huomataan esimerkiksi asennustyötä tekevän huoltomiehen aiheuttavan vain hyötykuormaa, joten poistetaan kuorma laskusta.

$$725N * 16 - (2463N) = 9\ 137N \text{ vetoa}$$

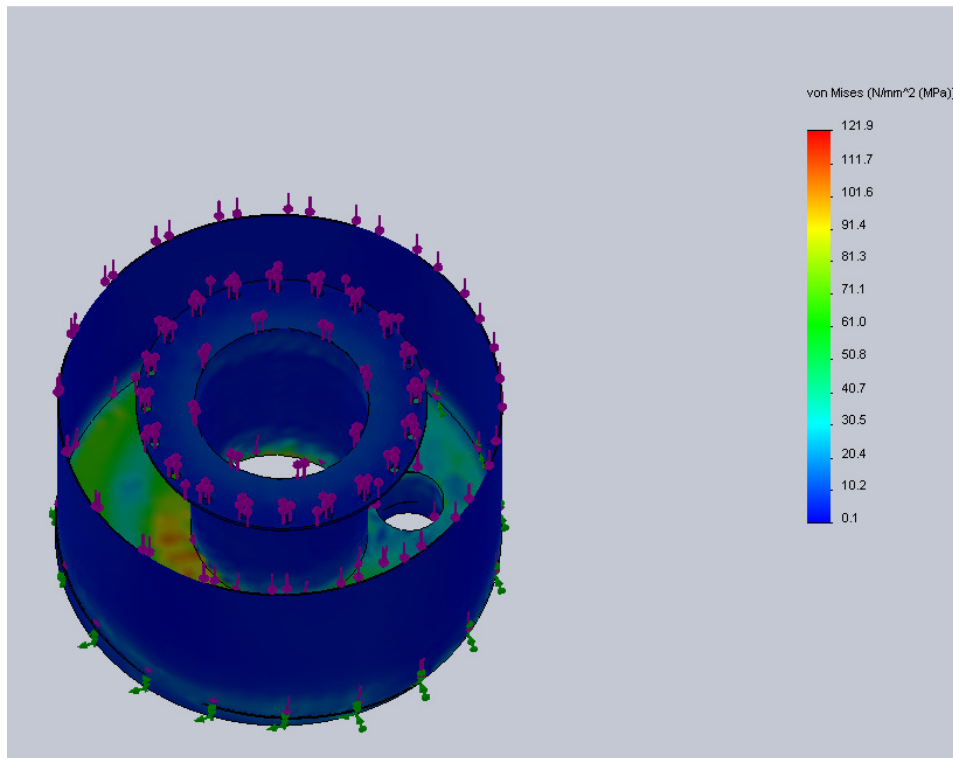
Altaat täytyy mitoittaa varotoimenpiteenä kestävänsä suurin mahdollinen määrä nesteessä kulkeutuvaa kalsiittia kuin sinne mahtuu. Tällöin altaan pohjaan kohdistuu noin 3630 N puristusvoima, kun altaan tilavuus on noin  $370 \text{ dm}^3$ .

Varmuuskertoimena kestävyys osalta käytetään arvoa 1,6.

Materiaaliksi valitaan kuumavalssattu ruostumaton teräslevy X5CrNi18-10, jonka myötölujuus on 210 Mpa.

$$\sigma_{sall} = \frac{210Mpa}{1,6} = 131Mpa$$

Seinämänpaksuus altaassa on 3 mm. Jännitystarkastelussa on altaan pohja tuettu ulkokehältä tuella, joka ei mahdollista minkäänlaista liikkuvuutta tuetulle kohdalle. Tuenta vastaa alitealtaan sisäreunan antamaa tukea.



Kuva 5.3 Ylitealtaan jännitystarkastelu

Kuvan 5.3 Ylitealtaan jännitystarkastelusta nähdään, että altaan jännitykset pysyvät sallituissa arvoissa, kun maksimijännitys on 122 MPa.

Ylitealtaan kestävyuden tarkastelu on tehty kolmen millimetrin seinämänpaksuudella. Mitoituksessa on huomioitava materiaalin valmistuksen mahdollinen negatiivinen toleranssi, kappaleen valmistuksessa syntyvä oheneminen sekä prosessin aiheuttama abrasiivinen kuluminen. Seinämänpaksuudeksi valitaan 4 mm.

### 5.3 Alitealtaan mitoitus

Aliteallas koostuu sisälieriöstä, tukirivoista, pohjasta, ulkolieriöstä, sekä kahdesta yhteestä, joihin on hitsattu kauluslaipat.

Altaassa esiintynyt abrasiivinen kuluminen on aiemmin suojattu pinnan kumituksella. Uudessa altaassa abrasiivinen kuluttava vaikutus torjutaan kasvattamalla syklonin suuttimen ja pohjan välistä etäisyyttä. Lisäksi käytetään autogeenistä suojausta hitsaamalla putken pää 100 mm:n etäisyydelle pohjasta.

Tällöin kalsiittilieju jää suojaamaan pohjaa abrasiiviselta kulumiselta. Pohjasta suunnitellaan lähteväksi kaksi putkea, jotta saadaan nopeutettua prosessin kulkua.

### 5.3.1 Alitealtaan jännitystarkastelu

Materiaalisi valitaan kuumavalssattu ruostumaton teräslevy X5CrNi18-10, jonka myötölujuus on 210 Mpa. Seinämänpaksuutena on 3 mm. Varmuuskertoimena käytetään arvoa 1,6, jolloin varmuutta on varsin reilusti.

$$\sigma_{sall} = \frac{210Mpa}{1,6} = 131Mpa$$

Jännitystarkastelussa on altaan reuna tuettu kohdista, joista tukijalat kannattelevat syklonipatteristoa. Tarkastelussa nämä kohdat eivät mahdollista minkäänlaista liikkuvuutta tuetulle kohdalle.

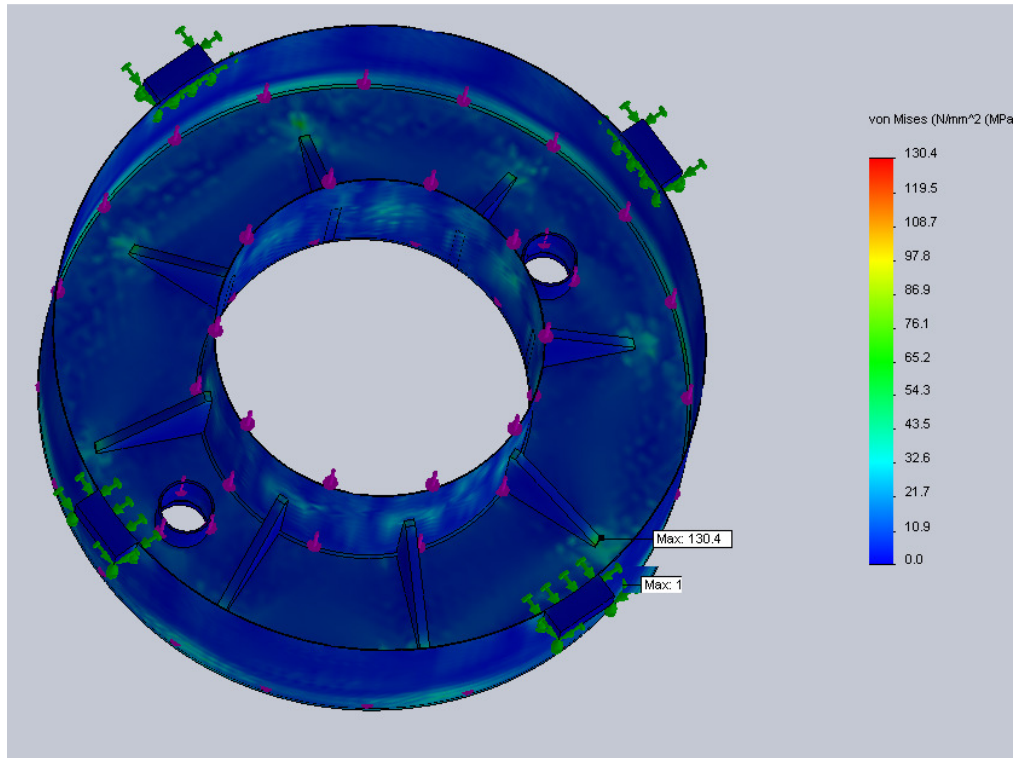
Altaan sisäreunan kehälle kohdistuu voima:

$$\uparrow \sum F = F_t + 8337N - 21\,744N - 3630N - 972N = 0 \Rightarrow F_t = 18\,008N$$

972N syntyy ylite-altaan omasta painosta yhteineen.

Altaat täytyy mitoittaa varotoimenpiteenä kestäämään suurin mahdollinen määrä nestettä kuin sen tilavuus sallii. Tällöin altaan pohjaan kohdistuu 11 272N voima, kun altaan tilavuus on noin 1 149 dm<sup>3</sup>

Kuvassa 5.4 on alitealtaan jännitystarkastelu, kun altaan seinämän paksuus on kolme millimetriä. Altaan kriittisessä kohdassa on 350x350x30 tukirivat, joista on poistettu 30 mm matka terävistä kulmista. Lieriöiden ja pohjan välisen pienahitsin a-mitta on 6 mm.



Kuva 5.4 Alitealtaan jännitystarkastelu

Ylitealtaan kestävyuden tarkastelu on nyt tehty 3 mm seinämänpaksuudella. Mitoituksessa on kuitenkin lisäksi huomioitava materiaalin valmistuksen mahdollinen negatiivinen toleranssi, kappaleen valmistuksessa syntyvä oheneminen sekä prosessin aiheuttama eroosio. Seinämänpaksuudeksi valitaan täten 4 mm.

## 5.4 Syklonipatteriston jalkojen mitoitus

Jalkojen tehtävänä on pitää syklonipatteristo tuettuna sekä oikeassa tasossa.

### 5.4.1 Aihion valinta ja nurjahdustarkastelu

Jalkojen tulee kantaa alitealtaaseen kohdistuvat voimat, altaan omasta painosta syntyvät voimat sekä täyden altaan nesteestä syntyvän voiman.

$$F = 18\,008\text{N} + 2\,237\text{N} + 11\,272\text{N} = 30\,546\text{N}$$

Syklonipatteristoa kantaa neljä jalkaa, jolloin yhden jalan sallittu vastaanottava voima on:

$$\frac{30\,546\text{N}}{4} = 7\,637\text{N}$$

Kimmoisen nurjahduksen suhteen asetetaan varmuusluvaksi 2,5.

$$F_{\text{käytettävä}} = 7\,637\text{N} * 2,5 = 19\,093\text{N}$$

Alustavasti aihiksi valitaan suorakaiteen muotoinen putkipalkki S355J2G3 100X40X5

$$\text{Nurjahduspituus } L_n = 2,1L = 2,1 * 904\text{mm} = 1898,4\text{mm}$$

$$\text{Neliömomentti } I = \frac{bh^3 - bh^3}{12} = \frac{6\,400\,000 - 2\,430\,000}{12} = 330\,833\text{ mm}^4$$

$$\text{Jäyhyysäde } i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 15,95$$

$$\text{Hoikkuusluku } \lambda = \frac{L_n}{i} = 119$$

Käyttämällä hoikkuuslukua ja käytettyä materiaalia saadaan sallittu normaalijännitys nurjahdusjännitystaulukosta.

$$\Rightarrow \sigma_{nsall.} = 60\text{Mpa}$$

$$F_n = A * \sigma_{nsall.} = 1300\text{mm}^2 * 60\text{Mpa} = 78\,000\text{N}$$

Skaalaus:

$$\frac{78\,000\text{N}}{330\,833\text{mm}^4} = \frac{19\,093\text{N}}{I_{\text{minimi}}} \Rightarrow I_{\text{minimi}} = 80\,982\text{mm}^4$$

Valitaan ahioksi suorakaiteen muotoinen putkipalkki S355J2G3 60X40X2

$$I = 98300\text{mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 16,2$$

$$\lambda = \frac{L_n}{i} = 117,2$$

$$\Rightarrow \sigma_{\text{nsall.}} = 62\text{Mpa}$$

$$F_n = A * \sigma_{\text{nsall.}} = 374\text{mm}^2 * 62\text{Mpa} = 23\,188\text{N}$$

#### 5.4.2 Tasomaisuuden varmistaminen

Tasomaisuus varmistetaan yhden jalan osalta kahdella pultilla ja neljällä mutterilla. Muttereita kiertämällä mahdollistetaan alitealtaaseen hitsatun tukipalan vertikaalinen liike. Materiaaliksi on valittu S355J2G3.

#### Pulttien nurjahdustarkastelu

Yhdelle pultille kohdistuu:

$$\frac{F_{\text{käytettävä}}}{2} = \frac{19\,093\text{N}}{2} = 9\,547\text{N}$$

Alustavaksi ahioksi valitaan M24x200



Nurjahduspituus  $L_n = 2,1 * 200mm = 420mm$

$$\text{Neliömomentti } I = \frac{\pi d^4}{64} = 16\,286\,mm^4$$

$$\text{Jäyhyysäde } i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 6$$

$$\text{Hoikkuusluku } \lambda = \frac{L_n}{i} = 70$$

Käyttämällä hoikkuuslukua ja käytettyä materiaalia saadaan sallittu nurjahdusjännitys standardista SFS 3200.

$$\Rightarrow \sigma_{nsall.} = 135\text{Mpa}$$

$$F_n = A * \sigma_{nsall.} = 452\text{mm}^2 * 135\text{Mpa} = 61\,020\text{N}$$

Skaalaus:

$$\frac{61\,020\text{N}}{16\,286\,mm^4} = \frac{9\,547\text{N}}{I_{\text{minimi}}} \Rightarrow I_{\text{minimi}} = 2\,549\,mm^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{I * 64}{\pi}} = 15\text{mm}$$

Valitaan seuraava yleinen pulttikoko M20.

#### 5.4.3 Jalkojen ja alitealtan välisten hitsien mitoitus

Mitoitus on tehty Blom S, Lahtinen P, Nuutio E, Pekkola K, Pyy S, Rautiainen H, Sampo A, Seppänen P & Suosara E. 2006 Koneenelimet ja mekanismit kirjan sivujen 15 - 20 mukaan.

Hitsiin kohdistuu 7 637N leikkausvoima, jolle asetetaan varmuusluvaksi 2,5.

$$F_{käytettävä} = 7\,637N * 2,5 = 19\,093N$$

Hitsin jännityksen tarkistus:

$$\sigma_w = \frac{F_{käytettävä}}{\text{hitsin pituus} * a - \text{mitta}} = \frac{19\,093N}{(2 * 200) * 3mm} = 15,9Mpa$$

$$\sigma_{w,sall} = 110Mpa$$

$$\sigma_w < \sigma_{w,sall}$$

Seuraavien ehtojen täytyy toteutua:

$$a \geq \sqrt{s} - 0,5mm$$

$$l \geq 8a$$

$$l \geq 50mm$$

$$l \leq 100 * a$$

Hitsi täyttää vaaditut ehdot.

#### 5.4.4 Komponenttien lopullinen valinta

Pulttien ja mutterien kooksi valitaan M20, jolloin putkipalkki S355J2G3 60X40X2:n käyttö ei ole enää mahdollista reikien suuren koon aiheuttaman seinämänpaksuuden kestävyysvähennyksen vuoksi. Putkipalkin kooksi valitaan 200x100x5.

## 5.5 Painemittarin valinta

Standardin mukaan käytettäessä asteikolla varustettuja painemittareita, on niiden asteikon oltava noin kaksi kertaa annettua suurinta painetta laajempi, muttei missään tapauksessa pienempi kuin 1,5 kertaa eikä suurempi kuin 4 kertaa suurin paine.

Valitaan painemittari, jonka asteikko on välillä 0 – 10 bar. Kotelon halkaisija 40mm. Liitäntä R 1/4” alta. Painemittarin sulkuventtiiliksi asennetaan laipallinen DN25 palloventtiili.

## 5.6 Yleiset jännitystarkastelut

### 5.6.1 Syklonin tuennan valinta

Tarkasteluissa putken päähän kohdistuva voima koostuu materiaalin kuljetusletkun, syklonin, kalkkiliejun ja tukea ottavan ihmisen aiheuttamista voimista (1110 N).

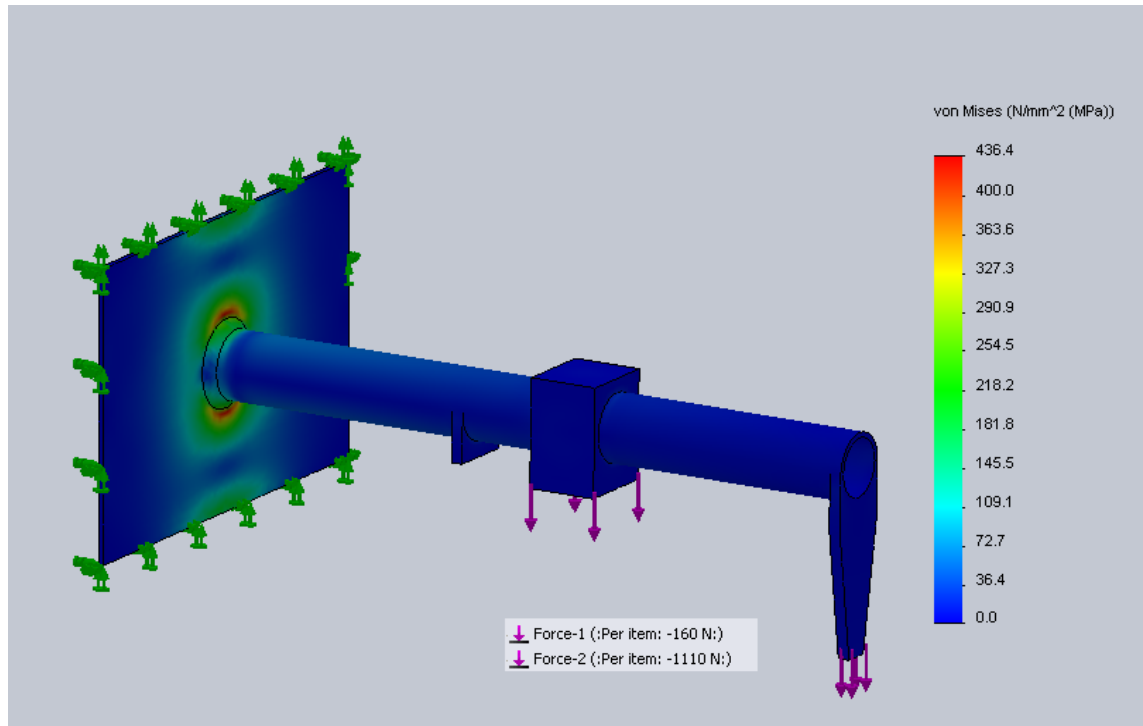
Tarkasteluissa vaippaa lähempi voima koostuu letkuventtiiliin ja ruostumattoman putken oman painon aiheuttamista voimista (160 N).

Materiaalina olen tarkastelussa käyttänyt yhteen materiaaliarvoja, koska suurimmat jännitykset sijaitsevat vaipan ja yhteen rajassa. Yhteen myötölujuuden suuruus on pienempi kuin vaipan, joten pienempää myötölujuuden arvoa käytettäessä ollaan tarkastelussa varmalla puolella. Myötölujuuden suuruus on 206 Mpa, kun materiaalina on AISI 304.

Tarkastelun varmuuskerroin on 1,5.

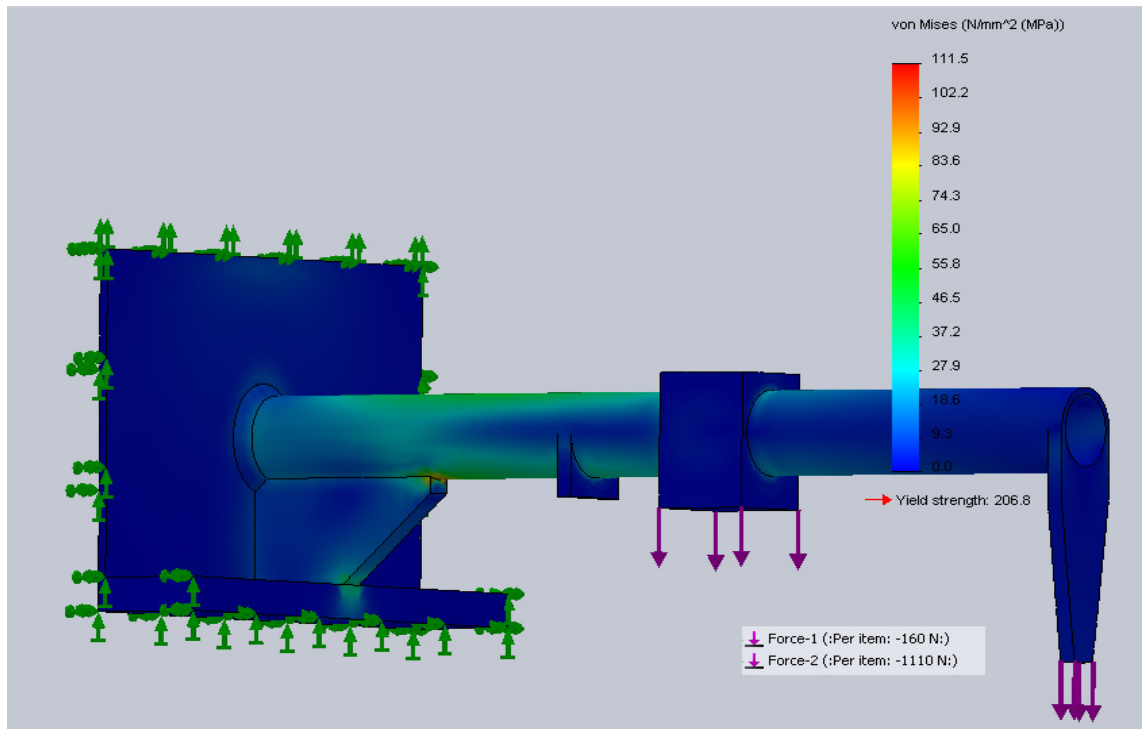
$$\sigma_{sall} = \frac{206Mpa}{1,5} = 137Mpa$$

Kuvassa 5.5 esitetyssä jännitys tarkastelussa on juuresta kuuden millimetrin mittainen pienahitsi. Tarkastelun perusteella vaipan ja yhteen tuentana käytetty pienahitsi ei tule kestävään.



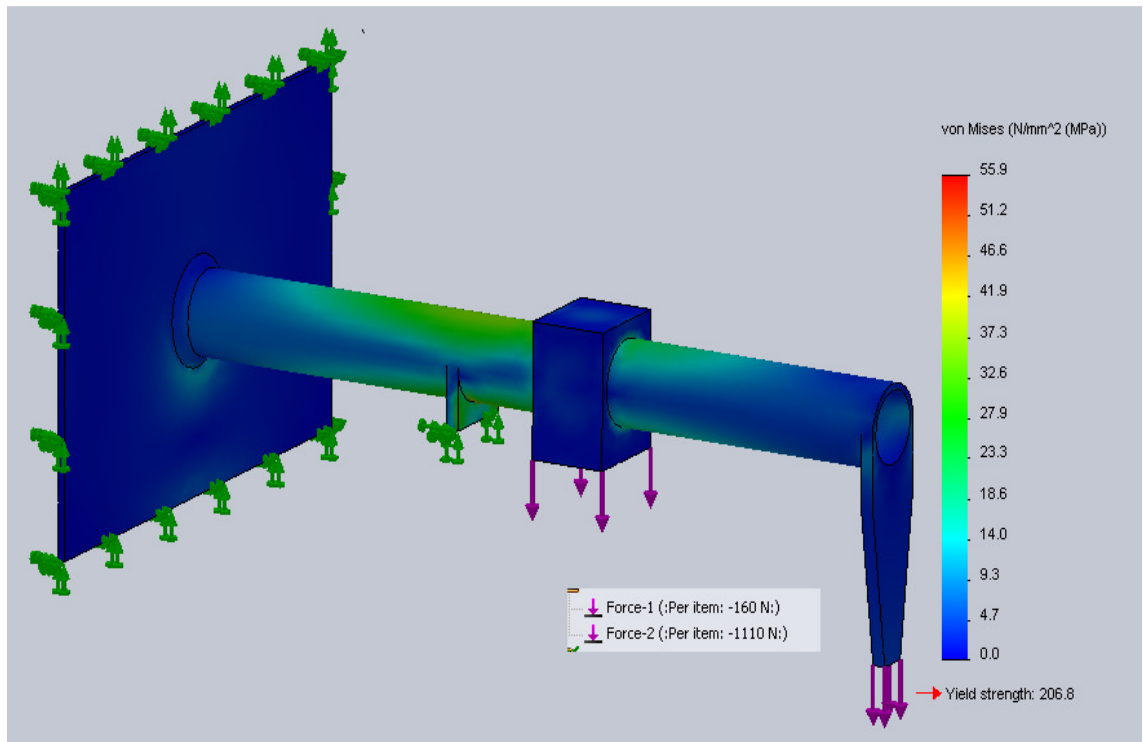
Kuva 5.5 Jännitystarkastelu pelkän hitsin kanssa

Kuvassa 5.6 esitetty tarkastelu suoritettiin, kun vaipan ja yhteen yhdisti kuuden millimetrin pienahitsi. Lisäksi yhde on tuettu juuresta tukikappaleella. Tarkastelu osoittaa jännitysten jäävän sallittuun. Huomioitavaa tässä ratkaisussa on, että juuren tukikappale on hitsattava pituudeltaan putkeen kiinni, muuten jännityksen vain kasaantuvat yhteen ja painesäiliön välisen kehähitsin yläreunaan suuruudella, jota hitsi ei kestä.



Kuva 5.6 Jännitystarkastelu juuren tukipalan kanssa

Kuvan 5.7 Jännitystarkastelu suoritettiin, kun yhteen ja vaipan välillä on kuuden millimetrin pienahitsi. Lisäksi tarkastelussa yhde on tuettuna kauluslaipan kohdalta ylitealtaasta lähtevällä tuella. Tuentaa kuvaava kappale on esitetty kuvassa 5.8



Kuva 5.7 Jännitystarkastelu ylitealtaasta lähtevän tuen kanssa

## TUENNAN VALINTA

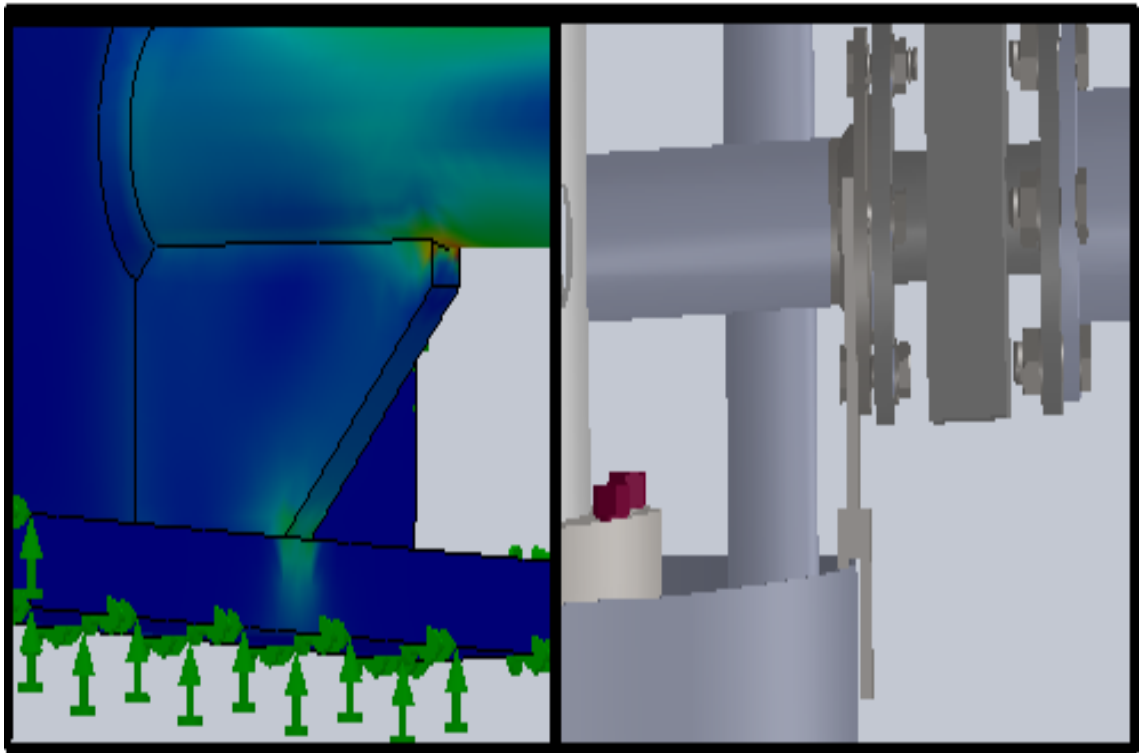
Tuennaksi käy niin kuvan 5.6 kuin kuvan 5.7 tuentavaihtoehto. Nämä tuentavaihtoehdot on esitetty tarkemmin kuvassa 5.8

Yhteen juuresta tuetun vaihtoehdon positiivisia puolia ovat kappaleen helppo valmistus ja se että komponentti koostuu vain yhdestä osasta. Negatiivisena puolena on kappaleen erittäin hankala paikalleen asentaminen. Kappale tulee hitsata paikalleen vasta kun putkiyhde on hitsattu. Tällöin hitsausrailojen luokse pääsevyys on erittäin hankalaa.

Ylitealtaan reunasta lähtevän tuen etuina on helppo asennettavuus; kauluslaippaan ruuveilla ja ylitealtaan reunaan haarukkaliitoksella. Vaihtoehdon negatiivisena puolena on osien suurempi määrä.

Tuennaksi valitaan ylitealtaan reunasta lähtevän tuenta sen helpon asennuksen

vuoksi. Tällöin taipuma yhteen ja syklonin välillä jää alle kahden millimetrin.



Kuva 5.8 Tarkemmat kuvat mahdollisista yhteen tuentavaihtoehdoista

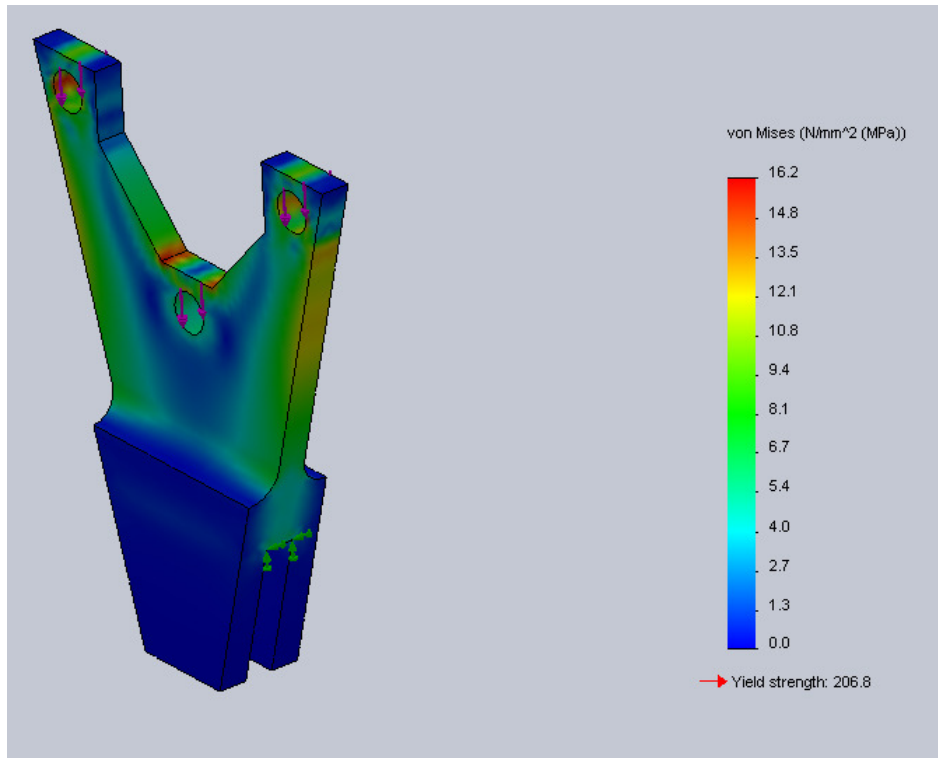
### 5.6.2 Syklonikokoonpanon tukikappaleen jännitystarkastelu

Tukikappaleeseen kohdistuu 3403 N tukivoima, jos tapaturman tai vahingon tapahtuessa huoltomies ottaa syklonista tukea.

Materiaaliksi kuumavalssattu ruostumaton teräslevy X5CrNi18-10, jonka myötölujuus on standardin SFS-EN 10088-2 Ruostumattomat teräkset mukaan 210 Mpa, kun seinämänpaksuus on alle 13,5 mm.

$$\sigma_{sall} = \frac{210Mpa}{1,6} = 131Mpa$$

Alhaalta kappale saa tukensa ylite-altaan reunasta ja ylhäältä se asennetaan ruuveilla kiinni painesäiliöstä lähtevän yhteen kauluslaippaan (kuva 5.9).



Kuva 5.9 Sykloni kokoonpanon tukikappaleen jännitystarkastelu

Kuvan 5.9 laipan tukikappaleeseen kohdistuu 16,2 Mpa jännitys.

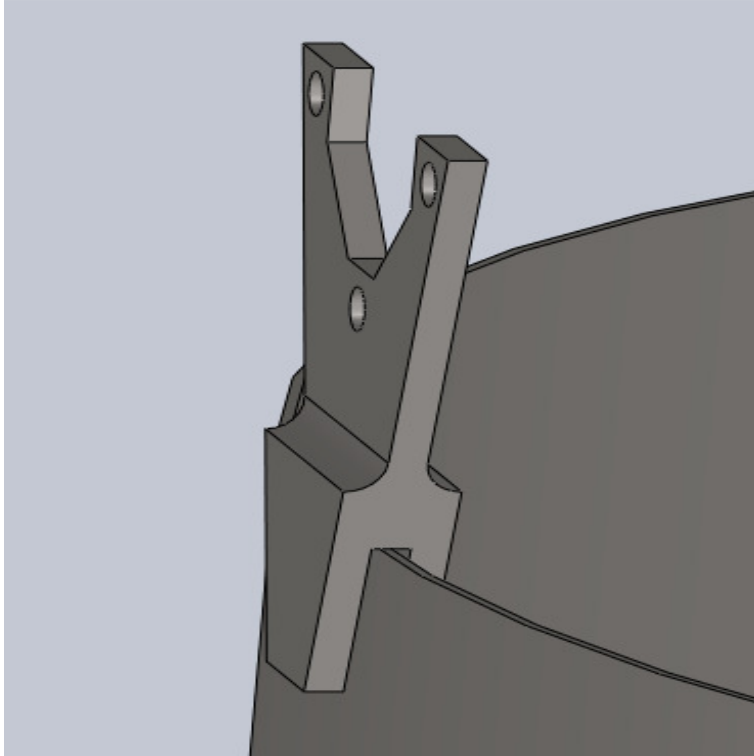
$$\sigma_{sall} > 16,2 \text{ Mpa}$$

Jännitystarkastelu on normaalia epäluotettavampi, koska tukikappale asetetaan ylitealtaan lieriömäisen reunan päälle kuvan 5.8 mukaisesti, jolloin tukikappaleen hahlo ja reuna muodostavat kappaleen oman tuennan. Tarkastelussa käytetty ohjelma ei kykene muodostamaan tuloksia tällaisesta tuennasta vaan korvaavana tuentana on käytetty FIXED-komentoa hahlon yläpintaan, jolloin hahlon reuna ei pääse liikkumaan tarkastelun aikana.

Jännitysten vähäisyys johtaisi normaalisti komponentin ohentamiseen. Tässä tapauksessa ohentaminen ei ole mahdollista, koska voimia vastaanottavan seinämän tulee olla tarpeeksi paksu, jotta siihen hitsattavien levyjen etäisyys on tarpeeksi suuri, jotta ylitealtaan seinämä mahtuu niiden väliin, kuten kuvassa



5.10 on esitetty. Näitä seinämän ympäröivien levyjen seinämänpaksuuden on myös mahdollista ohentaa, mutta on kustannustehokkaampaa valmistaa koko komponentti saman paksuisesta levystä.



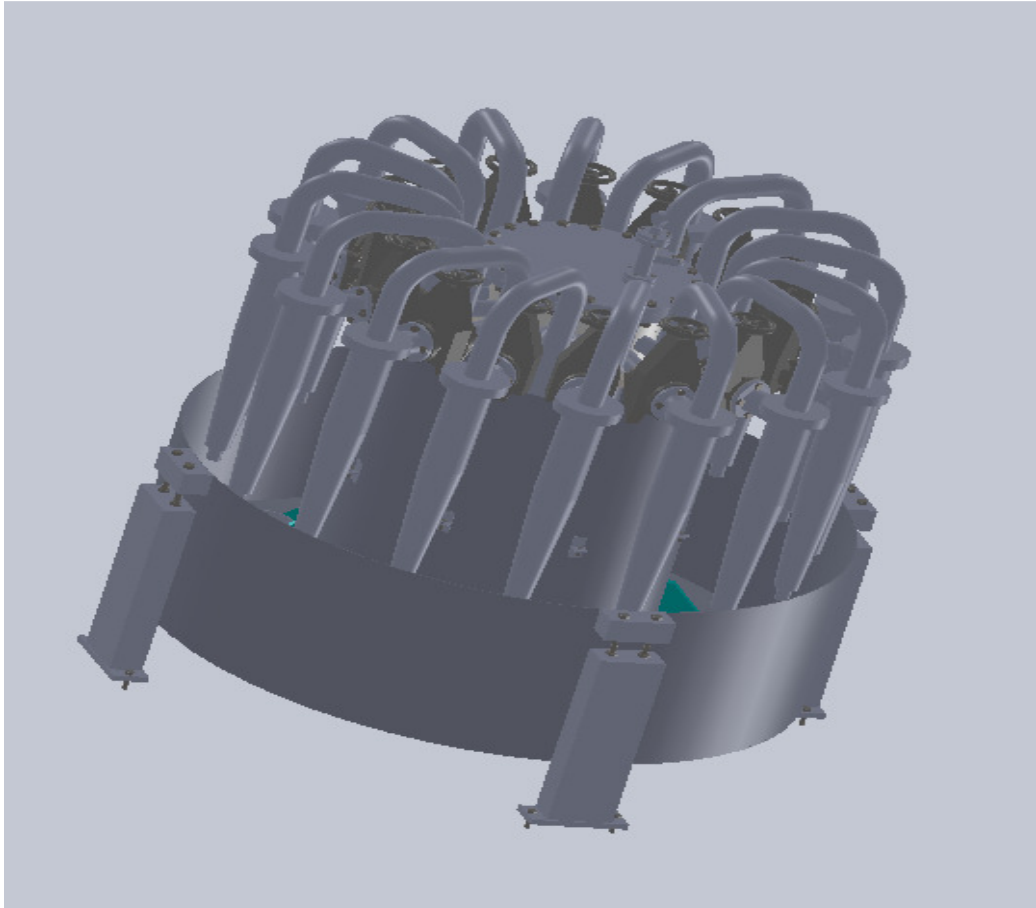
Kuva 5.10 Tukikappaleen ja sen aseman havainnollistaminen

## 6 LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT

Insinööri työn tuloksena sain suunniteltua syklonipatteriston, joka täyttää asiakkaan esittämät vaatimukset 6.1. Komponenttien siirto SolidWorksilta MicroStationille onnistui IGES-formaatilla, joten Nordkalk Oy Ab:n suunnittelijat pääsevät suoraan tarkastelemaan omalla ohjelmallaan suunniteltuja ja valittuja komponentteja. 3D-malleja syntyi yhteensä 65 kappaletta, joista kahdeksan on osakokoonpanoja ja yksi on kuvassa 6.1 nähtävä pääkokoonpano. Valmistuspiirustuksia syklonipatteristosta syntyi yhteensä 46 kappaletta.

Suunnittelussa on painotettu tuotteen kestävyyttä, joten koska kyseessä on yksittäinen tuote ei ole pyritty löytämään kustannustehokkaimpia ratkaisuja mahdollisen tuotannonkeskeytyksen riskin kasvatuksella.

Vaikka työn määräajaksi tuli vaatimuksena asiakkaalta valmiiksi vuoden 2010 puolella, ja työ oli valmis määräaikaan mennessä, kesti työn valmistuminen kauemmin kuin itse suunnittelin. Pääsyyinä tähän oli kokemuksen ja koulutuksen täydellinen puute uuden painelaitestandardin käytöstä. Työtunteja meni varsin monta hukkaan laskiessa edestakaisin alkuun labyrintilta vaikuttaneessa standardissa.



Kuva 6.1 Syklonipatteriston pääkoonpano

## **KUVAT**

Kuva 2.1 Ihalaisen tehdasalue s.8

Kuva 3.1 SolidWorks-ohjelmalla tehty malli s.10

Kuva 3.2 SimulationXpress:lla tehty jännitysanalyysi s.11

Kuva 3.3 Pääosien prosessivaiheet s.12

Kuva 3.4 Leikkauskuva altaasta s.14

Kuva 5.1 Pohjaan syntyvät jännitykset s.40

Kuva 5.2 Sykloni kokoonpanon vapaakappalekuvio s.50

Kuva 5.3 Ylitealtaan jännitystarkastelu s.52

Kuva 5.4 Alitealtaan jännitystarkastelu s.54

Kuva 5.5 Jännitystarkastelu pelkän hitsin kanssa s.61

Kuva 5.6 Jännitystarkastelu juuren tukipalan kanssa s.61

Kuva 5.7 Jännitystarkastelu ylitealtaasta lähtevän tuen kanssa s.62

Kuva 5.8 Tarkemmat kuvat mahdollisista yhteen tuentavaihtoehtoista s.63

Kuva 5.9 Sykloni kokoonpanon tukikappaleen jännitystarkastelu s.64

Kuva 5.10 Tukikappaleen ja sen aseman havainnollistaminen s.65

Kuva 6.1 Syklonipatteriston pääkokoonpano s.67

## **TAULUKOT**

Taulukko 4.1 Vaatimuslista s.18

## LÄHTEET

Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius & Välimaa. 2003. Koneenosien suunnittelu. Neljäs painos. Porvoo: WS Bookwell Oy

Bentley Systems Inc, kotisivut, <http://www.bentley.com> (luettu 22.9.2010)

Blom S, Lahtinen P, Nuutio E, Pekkola K, Pyy S, Rautiainen H, Sampo A, Seppänen P & Suosara E. 2006. Koneenelimet ja mekanismit. Viides painos. Helsinki: Edita Prisma Oy

CadWorks Oy, kotisivut, <http://www.cadworks.fi> (luettu 22.9.2010)

Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen & Suosara. 2006. Lujuusoppi. Kymmenes painos. Helsinki: Hakapaino Oy

Klinger-Ramikro Oy, kotisivut, <http://www.ramikro.fi> (luettu 23.10.2010)

Larox Flowsys, kotisivut, <http://www.larox.fi/flowsys/> (luettu 21.9.2010)

Nordkalk Oy Ab, kotisivut, <http://www.nordkalk.com> (luettu 18.9.2010)

Ruukki, kotisivut,  
[http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/7E87554E092DD6C9C225742600529803/\\$File/KuVaTe\\_MFI01.102FI\\_01.2008.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/7E87554E092DD6C9C225742600529803/$File/KuVaTe_MFI01.102FI_01.2008.pdf?openElement), (luettu 23.10.2010)

SFS-EN 10028-3. 2009. Normalisoidut hitsattavat hienoraeteräkset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

SFS- EN- ISO 1127. 1997. Stainless steel tubes. Dimensions, tolerances and conventional masses per unit length. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

SFS-EN 13445. 2002. Lämmittämättömät painesäiliöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

SFS-EN 2169. 1979. Irtolaipat, Kaulukset ja Laippaolakkeet. Nimellisipaine PN6. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, kotisivut, <http://www.sfs.fi> (luettu 11.11.2010)

Valtanen, E. 2002. Tekniikan käsikirja. Kahdestoista painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

VTT, kotisivut,  
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/kulumismekf.pdf> / (luettu 15.11.2010)

## LIITE 1

Irtolaipan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset

Tunnuksset lueteltu laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$\sigma_{\theta}$  = Laskettu kehäjännitys laipassa (Mpa)

$\beta_Y$  = Kerroin

M = Laippaan kohdistuva momentti pituusyksikköä kohti (Nmm)

e = Laipan pienin paksuus, mitattuna ohuimmasta leikkauksesta (mm)

K = Laippahalkaisijoiden suhde

A = Laipan ulkohalkaisija (mm)

B = Laipan sisähalkaisija (mm)

$M_{op}$  = Laippaan kohdistuva kokonaismomentti käyttötilanteessa (Nmm)

$C_F$  = Ruuvijaon korjaustekijä

$\delta_b$  = Etäisyys kahden vierekkäisen ruuvin keskiviivojen välillä (mm)

$d_p$  = Ruuvin ulkohalkaisija (mm)

$H_D$  = Kuoren kautta laippaan vaikuttava hydrostaattinen voima (N)

$h_D$

= Ruuviympyrän ja voiman  $H_D$  vaikutusympyrän säteensuuntainen etäisyys (mm)

C = Ruuvien jakoympyrän halkaisija (mm)

$H_T$

= Paineesta aiheutuva, laipan otsapintaan kohdistuva hydrostaattinen voima (N)

$h_T$

= Ruuviympyrän ja voiman  $H_T$  vaikutusympyrän säteensuuntainen etäisyys (mm)

$H_G$  = Tiivisteeseen kohdistuva puristusvoima tiiviin liitoksen varmistamiseksi (N)

b = Tiivisteiden tehollinen leveys (mm)

$h_G$

= Ruuviympyrän ja tiivistevoiman vaikutusympyrän säteensuuntainen etäisyys (mm)

$\sigma_r$  = Laskettu säteensuuntainen jännitys laipassa (Mpa)

$\sigma_H$  = Laskettu pitkittäisjännitys kaulusosassa (Mpa)

f = Vaipan nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$f_H$  = Laipan kaulusosan nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$\sigma_{\theta}$  = Laskettu kehäjännitys laipassa (Mpa)

k = Jännityskerroin

$M_R$  = Tasapainottava, säteen suuntainen laippamomentti reikäympyrällä (Nmm)

n = Reikien lukumäärä

$d_h$  = Ruuvireikien halkaisija (mm)

E = Kimmokerroin (Mpa)

$A_1$  = Tiivisteiden kosketuspinnan sisähalkaisija (mm)

## LIITE 2

Vaipan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksat osa1  
Tunnukset lueteltu laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$e$  = Vaadittu paksuus (mm)

$e_n$  = Nimellispaksuus (mm)

$e_{min}$  = Pienin mahdollinen paksuus (mm)

$e_a$  = Laskentapaksuus (mm)

$c$  = Korroosio – tai kulumisvara (mm)

$f$  = Nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$f_d$  = Suurin nimellinen suunnitteijännitys normaaleissa käyttöolosuhteissa (Mpa)

$n_{eq}$  = Laskennallinen täysien paineenvaihtelujen lukumäärä

$P; p$  = Laskentapaine (Mpa)

$P_d$  = Suunnittelupaine (Mpa)

$P_{max}$  = Suurin mahdollinen paine (Mpa)

$R_{eH}$  = Ylemmän myötörajan vähimmäisarvo (Mpa)

$R_m$  = Murtolujuuden vähimmäisarvo (Mpa)

$R_{m/t}$  = Murtolujuuden vähimmäisarvo lämpötilassa  $t^{\circ}C$

$z$  = Hitsausliitoksen lujuuskerroin

$v$  = Poissonin vakio

$D_e$  = Lieriöosan ulkohalkaisija (mm)

$D_i$  = Lieriöosan sisähalkaisija (mm)

$D_m$  = Kuoren keskimääräinen halkaisija (mm)

$l_{so}$  = Kuoren enimmäispituus, joka lasketaan aukkovahvistukseen, mitattuna seinämänpaksuuden keskilinjaa pitkin (mm)

$r_{is}$  = Aukon keskikohdalla oleva kuoren sisäpinnan kaarevuussäde (mm)

$e_{c,s}$  = Kuoren seinämän oletuspaksuus aukkovahvistuksen tarkastelua varten (mm)

$L_b$

= Kahden aukon tai yhteen keskiöiden välinen etäisyys kuoren seinämänpaksuuden keskilinjaa pitkin (mm)

$d_{ib}$  = Kuoreen sovitetun yhteen sisähalkaisija (mm)

$e_{a,b}$  = Yhteen laskentapaksuus (mm)

$Ap_{L_s}$  = Paineen kuormittama pinta – ala pituudella  $L_b$  (mm<sup>2</sup>)

$l_{bo}$  = Vahvistukseen käytettävä yhteen enimmäispituus kuoren ulkopuolella (mm)

$w$  = Aukon ja kuoren epäjatkuvuuskohdan välinen etäisyys (mm)

$w_{min}$  =  $w$ :n vaadittu minimiarvo (mm)

$P_y$  = Paine, jolla lieriössä tai kartiossa jäykisteiden puolivälissä tai pallokuoressa keskimääräinen kehäjännitys saavuttaa myötörajan (Mpa)

$P_m$  = Täydellisen lieriön teoreettinen kimmoinen lommahduspaine

$\sigma_e$  = Kuoren nimellinen kimmoraja (Mpa)

$R$  = Lieriön keskisäde (mm)

$E$  = Kimmokertoimen arvo laskentalämpötilassa (Mpa)

$P_r$  = Laskettu lommahduspaineen alaraja (Mpa)

$S$  = Suunnittelun varmuuskerroin

$Af_s$  = Vaipan vahvistava pinta – ala (mm<sup>2</sup>)

$Af_w$  = Yhteen ja kuoren välisen pienahitsin poikkipinta – ala (mm<sup>2</sup>)

$Af_b$  = Yhteen vahvistava pinta – ala (mm<sup>2</sup>)

### LIITE 3

Vaipan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksat osa2

Tunnuksat lueteltu laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$e_b = 1$ . Yhteen tehollinen paksuus (mm)

= 2. Yhteen paksuus (mm)(yhteiden aiheuttamien jännitysten tarkastelussa)

$l'_b$  = Kuoren ulkopuolisen yhteen osan tehollinen pituus (mm)

$d_{eb}$  = Kuoreen sovitettun yhteen ulkohalkaisija (mm)

$f_{ob}$  = Vaipan sallittu jännitys (Mpa)

$A_{p_s}$  = Paineen kuormittama pinta – ala.

$A_{s,pituusleikk.}$  =  $A_{p_s}$ : n laskennassa käytetty pinta – ala (mm<sup>2</sup>)

$A_{s,poikittaisleikk.}$  =  $A_{p_s}$ : n laskennassa käytetty pinta – ala (mm<sup>2</sup>)

$a$  = Aukon keskikohdan ja yhteen välinen etäisyys (mm)

$f_s$  = Kuoren nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$e_c$  = Vahvistuslevyn ja kuoren yhdistetty laskentapaksuus (mm)

$F_{z,max}$  = Yhteen suurin sallittu aksiaalivoima (N)

$C_1 \dots C_4$  = Kertoimia

$F_z$  = Yhteen aksiaalivoima (N)

$M_{x,max}$  = Yhteeseen vaikuttava suurin sallittu kehänsuuntainen momentti (Nmm)

$d$  = Yhteen keskihalkaisija (mm)

$M_{y,max}$  = Yhteeseen vaikuttava suurin sallittu pituussuuntainen momentti (Nmm)

$M_y$  = Yhteeseen vaikuttava pituussuuntainen momentti (Nmm)

$M_x$  = Yhteeseen vaikuttava kehänsuuntainen momentti (Nmm)

$\phi$  = Kuormasuhde

$\sigma_{MX}$

= Kehänsuuntaisen momenttikuorman vaihtelualueesta aiheutuva jännitysalue

$\sigma_{MY}$

= Pituussuuntaisen momenttikuorman vaihtelualueesta aiheutuva jännitysalue



#### LIITE 4

Kannen mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset

Tunnuksset on lueteltu laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$f_d$  = Suurin nimellinen suunnittejäännitys normaaleissa käyttöolosuhteissa (Mpa)

$R_{p0,2/t}$  = 0,2 % – Venymisrajan vähimmäisarvo (Mpa)

$R_{m/20}$  = Murtolujuuden vähimmäisarvo lämpötilassa  $t$  °C (Mpa)

$e$  = Vaadittu paksuus (mm)

$e_A$  = Kannen vähimmäispaksuus asennusolosuhteissa (mm)

$e_P$  = Vähimmäispaksuus käyttöolosuhteissa (mm)

$C$  = Ruuvien jakoympyrän halkaisija (mm)

$f_A$  = Kannen materiaalin nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$W$  = Ruuvikuorman suunnitteluarvo asennustilanteessa (N)

$W_{op}$  = Ruuvikuorman vähimmäisarvo käyttötilanteessa (N)

$G$  = Tiivistevoiman vaikutusympyrän halkaisija (mm)

$H$  = Yhteenlaskettu hydrostaattinen voima (N)

$H_G$  = Tiivisteeseen kohdistuva puristusvoima tiiviin liitoksen varmistamiseksi (N)

$\nu$  = Poissonin vakio

$b$  = Tiivisteiden tehollinen leveys (mm)

$m$  = Tiivistevakio

$e_{P1}$

= Vakio, joka esiintyy laskettaessa kannen laippaosan vähimmäispaksuutta (mm)

$e_{min}$  = Kannen vähimmäispaksuus reiän kanssa (mm)

$Y_2$  = Aukkovahvistuksen laskennassa käytetty kerroin

$d$  = Aukon halkaisija (mm)

$W_A$  = ruuvikuorman vähimmäisarvo asennustilanteessa (N)

$A_{B,min}$  = Ruuvien yhteenlaskettu vaadittu poikkipinta – ala (mm<sup>2</sup>)

$f_{B,A}$  = Ruuvien nimellinen suunnittelujännitys asennuslämpötilassa (Mpa)

$f_b$  = Ruuvien nimellinen suunnittelujännitys käyttölämpötilassa (Mpa)

$y$  = Tiivisteiden tai liitoksen pienin asettumispaine (Mpa)

$e_{VAL}$  = Kannen valittu paksuus (mm)

$E$  = Kimmokerroin (Mpa)

$d_b$  = Ruuvien ulkohalkaisija (mm)

$\delta_b$  = Etäisyys kahden vierekkäisen ruuvien keskiviivojen välillä (mm)

$d_i$  = Aukon halkaisija (mm)

$D_e$  = Lieriön ulkohalkaisija (mm)

$C_1 \dots C_2$  = Kertoimia

$D_i$  = Lieriön sisähalkaisija (mm)

$f_s$  = Kuoren nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$\sigma_{sall}$  = Sallittu normaalijännitys (Mpa)

## LIITE 5

Pohjan mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksset

Tunnukset on lueteltu laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$d_i$  = Yhteen sisähalkaisija (mm)

$D_e$  = Pohjan halkaisija (mm)

$C_1 \dots C_2$  = kertoimia

$D_i$  = Sisähalkaisija (mm)

$P$  = Käytetty paine (Mpa)

$f_d$  = Suurin nimellinen suunnittejäännitys normaaleissa käyttöolosuhteissa (Mpa)

$f_s$  = Nimellinen suunnittelujännitys (Mpa)

$R_{p0,2/t} = 0,2 \%$  – Venymisrajan vähimmäisarvo (Mpa)

$R_{m/20}$  = Murtolujuuden vähimmäisarvo lämpötilassa  $t$  °C (Mpa)

$Y_2$  = Kerroin

$d$  = Aukon halkaisija (mm)

$e_n$  = Nimellispaksuus (mm)

$D_{eq}$  = Laskennallinen halkaisija (mm)

$b$  = Vaikuttavan viivakuorman leveys (mm)

$F_{L,max}$  = suurin kuorelle sallittu paikallinen radiaalivoima (N)

$\sigma_{b,all}$  = kuoren taivutusrajajännitys (Mpa)

$e_a$  = kannen laskentapaksuus (mm)

$K_1 \dots K_{14}$  = Kertoimia

$\lambda$  = Kerroin

$f = f_d$

## LIITE 6

Yksinkertaisen väsymistarkastelun laskuissa esiintyvät tunnuksset.  
Tunnukset esitetty laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$\Delta P$  = Suurimman ja pienimmän paineen algebrallisen erotuksen perusteella laskettu paineenvaihtelu, joka esiintyy tarkasteltavan kuormitusjakson aikana

$t_{\min}$  = Kuormitusjakson aikainen käyttölämpötilan alin arvo ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_{\max}$  = Kuormitusjakson aikainen käyttölämpötilan korkein arvo ( $^{\circ}\text{C}$ )

$C_1$  = Hitsattujen liitosten väsymiskäyrien kaavoissa käytettävä vakio ( $\text{Mpa}$ )<sup>3</sup>

$C_2$  = Hitsattujen liitosten väsymiskäyrien kaavoissa käytettävä vakio ( $\text{Mpa}$ )<sup>5</sup>

$\Delta\sigma_D$  = Vakioamplitudisen jännitysvaihtelun väsymisraja ( $\text{Mpa}$ )

$\Delta\sigma_{\text{Cut}}$  = Väsymiskynnys ( $\text{Mpa}$ )

$\Delta\sigma$  = Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli ( $\text{Mpa}$ )

$P_{\max}$  = Suurin mahdollinen paine ( $\text{Mpa}$ )

$\eta$  = Osan jännityskerroin

$z$  = Hitsausliitoksen lujuuskerroin

$f$  = Materiaalin nimellinen suunnittelujännitys ympäristön lämpötilassa ( $\text{Mpa}$ )

$\delta$

= Epäkeskisyyden, harjannevian tai tasomaisuuden mittauksessa käytetty tekijä ( $\text{mm}$ )

$D$  = Väsymisvaurion kokonaiskertymä

$C_e$  = Paksuuden korjauskerroin

$C_t$  = Lämpötilan korjauskerroin

$\Delta\sigma^*$  = Näennäinen, väsymiskäyrälle sijoitettava, jännityksen vaihteluväli ( $\text{Mpa}$ )

$C_3$

= Hitsaamattomien liitosten väsymiskäyrien kaavoissa käytettävä vakio ( $\text{Mpa}$ )<sup>10</sup>

## LIITE 7

Koeponnistuspaineen mitoituksen laskuissa esiintyvät tunnuksat  
Tunnuksat esitetty laskuissa esiintymisen järjestyksessä.

$P_t$  = Koepaineen vähimmäisarvo (Mpa)

$p$  = Hydrostaattinen paine (Mpa)

$\rho$  = Tiheys ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

$g$  = Painovoima ( $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

$h$  = Kammion korkeus (m)

$P_d$  = Suurinta painekuormitustapausta vastaavat suunnittelupaineen arvo (Mpa)

$f_a$

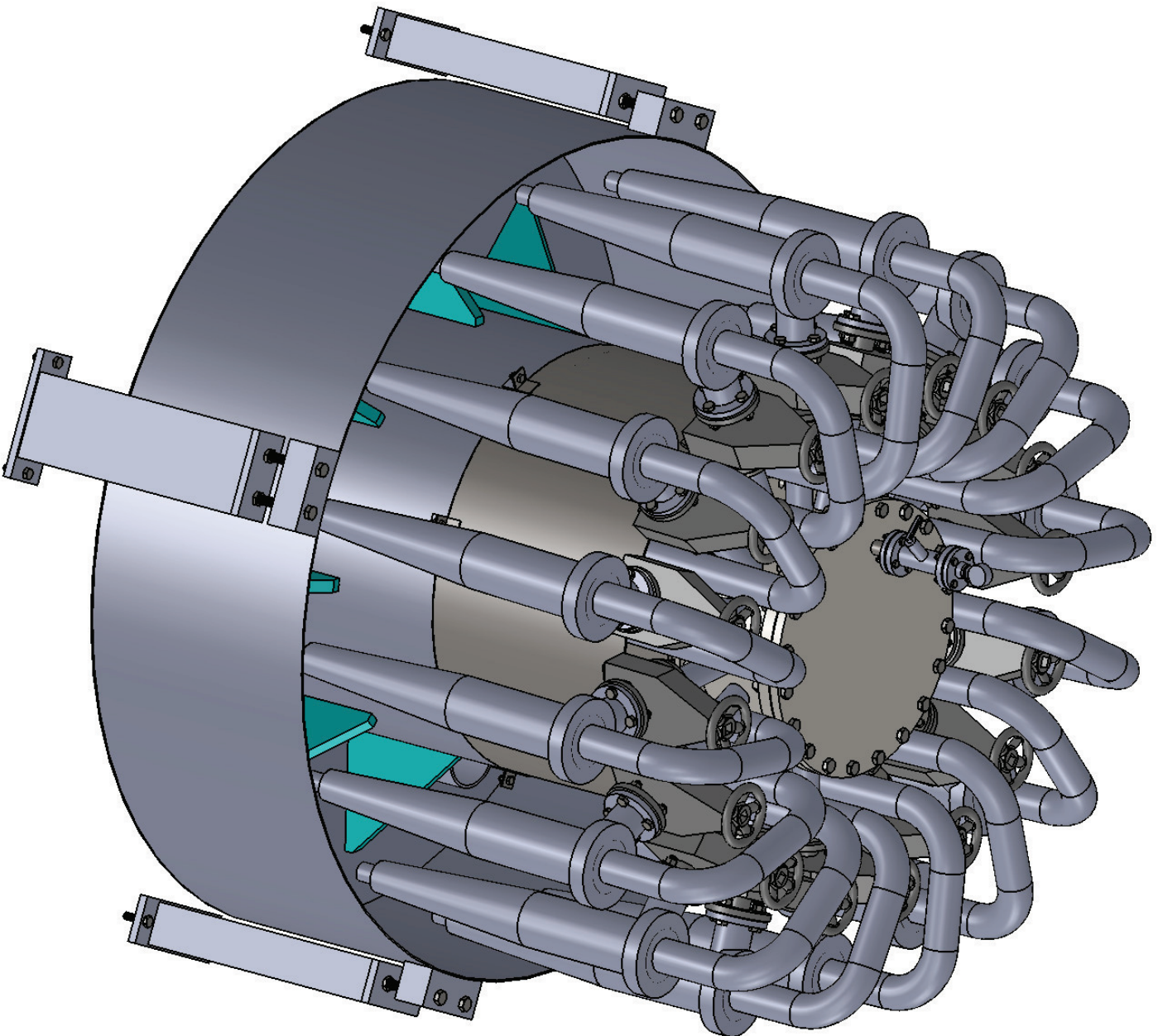
= Tarkasteltavan osan materiaalin normaalien kuormitusolosuhteiden nimellinen suunnittelukoelämpötilassa (Mpa)

$f_{T_d}$  = Tarkasteltavan osan materiaalin normaalien kuormitusolosuhteiden nimellinen suunnittelujännitys lämpötilassa  $T_d$  (Mpa)

$T_d$  = Suurinta painekuormitustapausta vastaavan suunnittelulämpötilan arvo ( $^{\circ}\text{C}$ )

$P_s$  = Säiliön suurin sallittu käyttöpaine (Mpa)





MAKSIMI MASSA TYHÄNÄ= noin 450kg  
 MAKSIMI MASSA TÄYTENÄ= noin2950kg  
 MAKSIMIMASSA TOIMINNASSA= noin 1800kg  
 PAINEKAMION TILAVUUS= 0,051m<sup>3</sup>  
 YLITEHTÄÄN TILAVUUS= 0,35m<sup>3</sup>  
 ALITEHTÄÄN TILAVUUS= 1,1m<sup>3</sup>  
 YHTEISTILAVUUS=1,5<sup>3</sup>  
 MAKSIMIKÄYTTÖPAINE 300kPa

Ruuvi, aluslevy ja mutteri sinkitty/ä.  
 Ruuven kiristysmomentti:  
 Kun lujuusluokka on 8.8:

M10=47Nm  
 M12=81Nm  
 M16=196Nm  
 M20= 366Nm

Eivät ole keuhon puhdistuksessa maininta käytetään  
 valmistuksessa seuraavien standardien vaatimuksia:

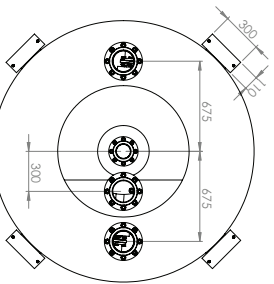
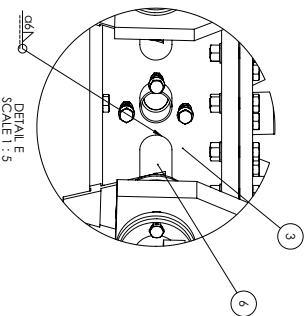
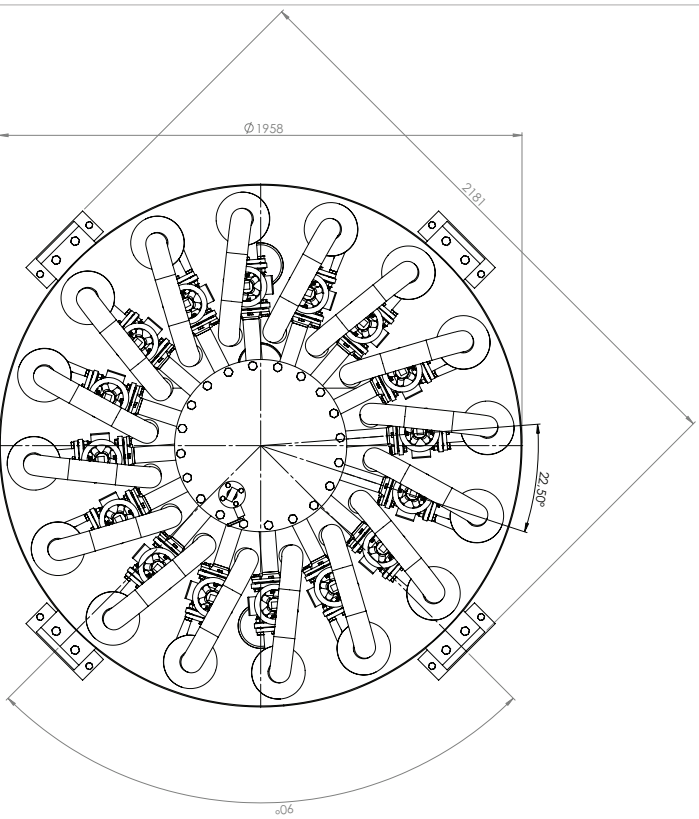
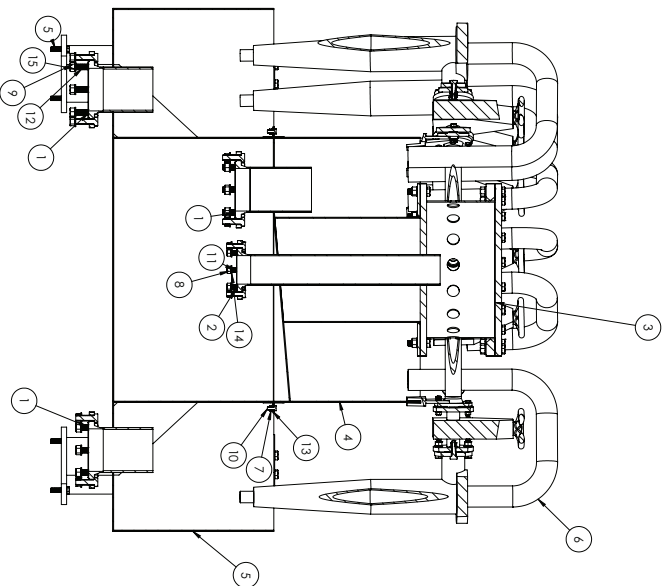
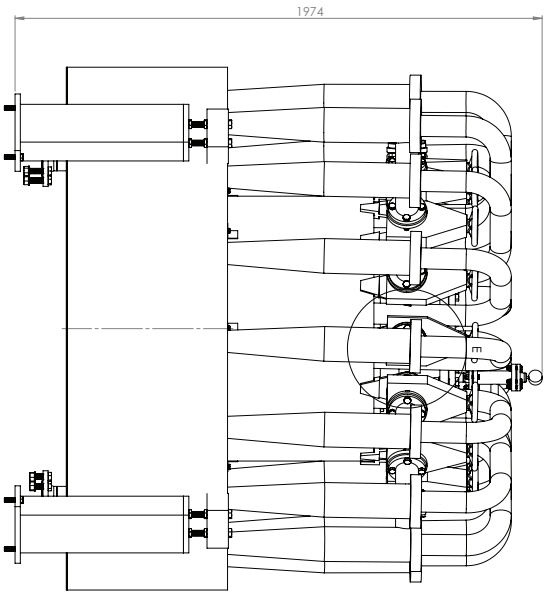
SFS-EN ISO 9692-1  
 HITSAUS JA SEN LAHPROSESSIT.  
 PALOVIKILÖTUSUOJUKSEET.  
 OSA 1: TEHÄSTEN PUIKKO-  
 METALLIKAASUKAARI, KAASUHITSAUS, TIG- JA  
 SADEHITSAUS.

SFS-EN ISO 13920  
 HITSAUS, HITSATTUJA RAKENTEITA KOSKEVAT  
 YLEISTOLERANSSIT, PITUUS- JA KULMAMITAT,  
 MUOTO JA SUUNNIT. Käytetään SFS-EN ISO  
 13920-B

SFS-EN 22788-1  
 YLEISTOLERANSSIT, ILMAN  
 TOLERANSSIMERKINTÄÄ OLEVIEN PITUUS- JA  
 KULMAMITTOJEN TOLERANSSIT. Käytetään ISO  
 2769-m

SFS-EN 22788-2  
 YLEISTOLERANSSIT, ILMAN  
 TOLERANSSIMERKINTÄÄ OLEVIEN  
 ELEMENTTIEN GEOMETRISET TOLERANSSIT.  
 Käytetään ISO 2768-k

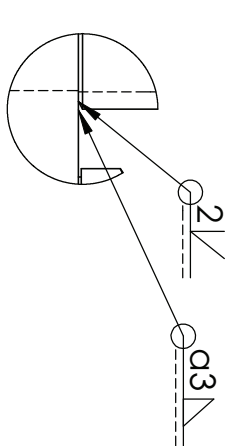
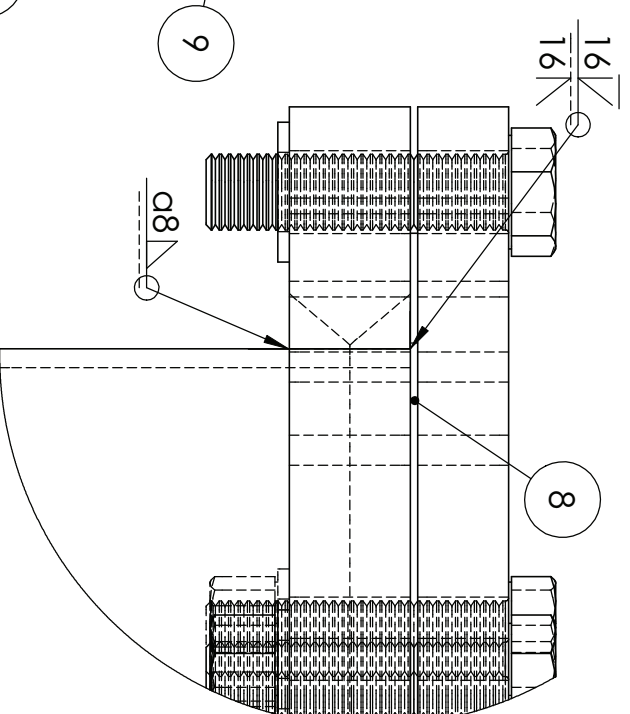
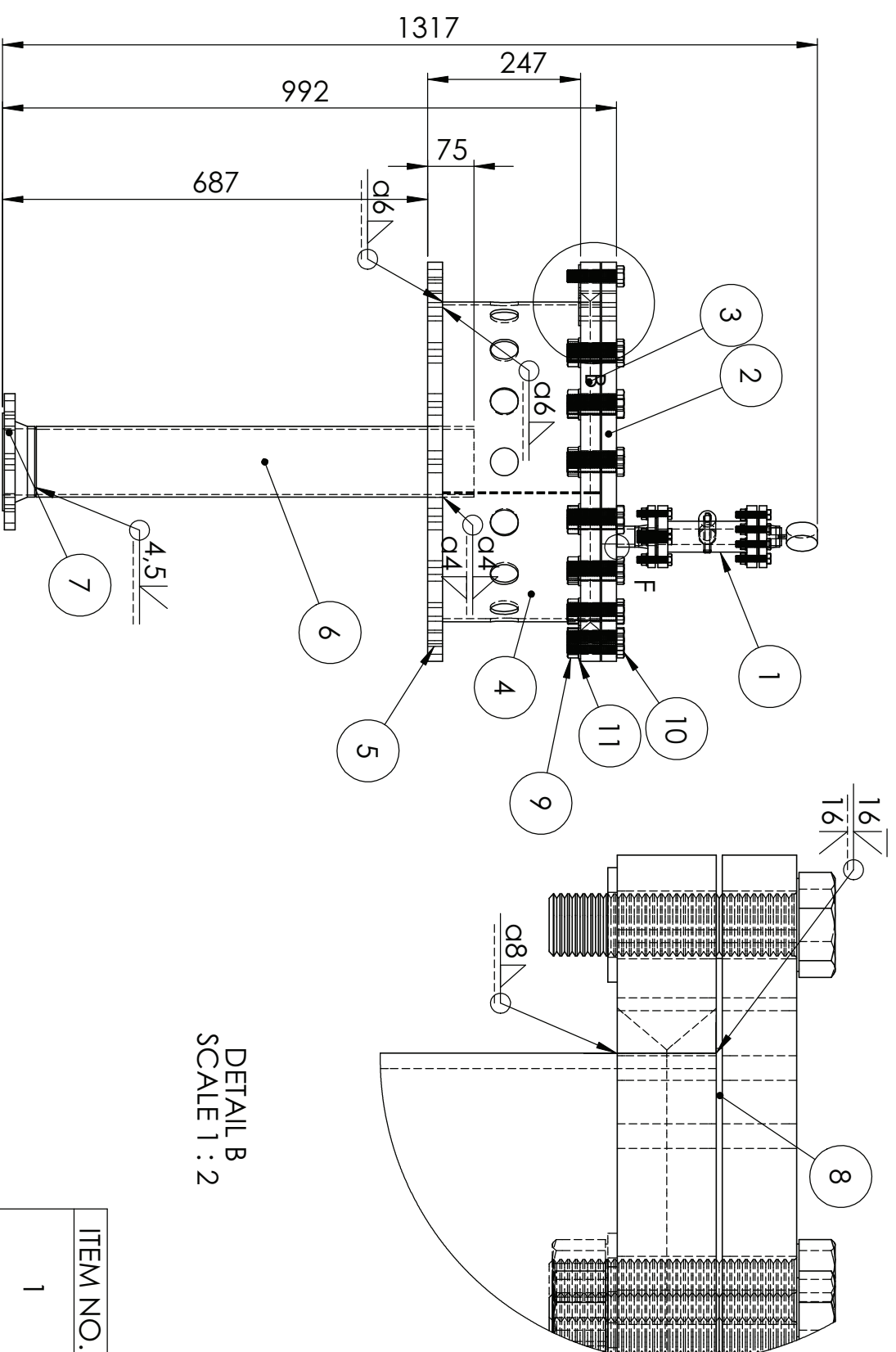
KANTO		KANTO		KANTO	
NUMERO	MAKS. KANTO	NUMERO	MAKS. KANTO	NUMERO	MAKS. KANTO
1	1000	2	1000	3	1000
4	1000	5	1000	6	1000
7	1000	8	1000	9	1000
10	1000	11	1000	12	1000
13	1000	14	1000	15	1000
16	1000	17	1000	18	1000
19	1000	20	1000	21	1000
22	1000	23	1000	24	1000
25	1000	26	1000	27	1000
28	1000	29	1000	30	1000
31	1000	32	1000	33	1000
34	1000	35	1000	36	1000
37	1000	38	1000	39	1000
40	1000	41	1000	42	1000
43	1000	44	1000	45	1000
46	1000	47	1000	48	1000
49	1000	50	1000	51	1000
52	1000	53	1000	54	1000
55	1000	56	1000	57	1000
58	1000	59	1000	60	1000
61	1000	62	1000	63	1000
64	1000	65	1000	66	1000
67	1000	68	1000	69	1000
70	1000	71	1000	72	1000
73	1000	74	1000	75	1000
76	1000	77	1000	78	1000
79	1000	80	1000	81	1000
82	1000	83	1000	84	1000
85	1000	86	1000	87	1000
88	1000	89	1000	90	1000
91	1000	92	1000	93	1000
94	1000	95	1000	96	1000
97	1000	98	1000	99	1000
100	1000	101	1000	102	1000
103	1000	104	1000	105	1000
106	1000	107	1000	108	1000
109	1000	110	1000	111	1000
112	1000	113	1000	114	1000
115	1000	116	1000	117	1000
118	1000	119	1000	120	1000
121	1000	122	1000	123	1000
124	1000	125	1000	126	1000
127	1000	128	1000	129	1000
130	1000	131	1000	132	1000
133	1000	134	1000	135	1000
136	1000	137	1000	138	1000
139	1000	140	1000	141	1000
142	1000	143	1000	144	1000
145	1000	146	1000	147	1000
148	1000	149	1000	150	1000
151	1000	152	1000	153	1000
154	1000	155	1000	156	1000
157	1000	158	1000	159	1000
160	1000	161	1000	162	1000
163	1000	164	1000	165	1000
166	1000	167	1000	168	1000
169	1000	170	1000	171	1000
172	1000	173	1000	174	1000
175	1000	176	1000	177	1000
178	1000	179	1000	180	1000
181	1000	182	1000	183	1000
184	1000	185	1000	186	1000
187	1000	188	1000	189	1000
190	1000	191	1000	192	1000
193	1000	194	1000	195	1000
196	1000	197	1000	198	1000
199	1000	200	1000	201	1000
202	1000	203	1000	204	1000
205	1000	206	1000	207	1000
208	1000	209	1000	210	1000
211	1000	212	1000	213	1000
214	1000	215	1000	216	1000
217	1000	218	1000	219	1000
220	1000	221	1000	222	1000
223	1000	224	1000	225	1000
226	1000	227	1000	228	1000
229	1000	230	1000	231	1000
232	1000	233	1000	234	1000
235	1000	236	1000	237	1000
238	1000	239	1000	240	1000
241	1000	242	1000	243	1000
244	1000	245	1000	246	1000
247	1000	248	1000	249	1000
250	1000	251	1000	252	1000
253	1000	254	1000	255	1000
256	1000	257	1000	258	1000
259	1000	260	1000	261	1000
262	1000	263	1000	264	1000
265	1000	266	1000	267	1000
268	1000	269	1000	270	1000
271	1000	272	1000	273	1000
274	1000	275	1000	276	1000
277	1000	278	1000	279	1000
280	1000	281	1000	282	1000
283	1000	284	1000	285	1000
286	1000	287	1000	288	1000
289	1000	290	1000	291	1000
292	1000	293	1000	294	1000
295	1000	296	1000	297	1000
298	1000	299	1000	300	1000
301	1000	302	1000	303	1000
304	1000	305	1000	306	1000
307	1000	308	1000	309	1000
310	1000	311	1000	312	1000
313	1000	314	1000	315	1000
316	1000	317	1000	318	1000
319	1000	320	1000	321	1000
322	1000	323	1000	324	1000
325	1000	326	1000	327	1000
328	1000	329	1000	330	1000
331	1000	332	1000	333	1000
334	1000	335	1000	336	1000
337	1000	338	1000	339	1000
340	1000	341	1000	342	1000
343	1000	344	1000	345	1000
346	1000	347	1000	348	1000
349	1000	350	1000	351	1000
352	1000	353	1000	354	1000
355	1000	356	1000	357	1000
358	1000	359	1000	360	1000
361	1000	362	1000	363	1000
364	1000	365	1000	366	1000
367	1000	368	1000	369	1000
370	1000	371	1000	372	1000
373	1000	374	1000	375	1000
376	1000	377	1000	378	1000
379	1000	380	1000	381	1000
382	1000	383	1000	384	1000
385	1000	386	1000	387	1000
388	1000	389	1000	390	1000
391	1000	392	1000	393	1000
394	1000	395	1000	396	1000
397	1000	398	1000	399	1000
400	1000	401	1000	402	1000
403	1000	404	1000	405	1000
406	1000	407	1000	408	1000
409	1000	410	1000	411	1000
412	1000	413	1000	414	1000
415	1000	416	1000	417	1000
418	1000	419	1000	420	1000
421	1000	422	1000	423	1000
424	1000	425	1000	426	1000
427	1000	428	1000	429	1000
430	1000	431	1000	432	1000
433	1000	434	1000	435	1000
436	1000	437	1000	438	1000
439	1000	440	1000	441	1000
442	1000	443	1000	444	1000
445	1000	446	1000	447	1000
448	1000	449	1000	450	1000
451	1000	452	1000	453	1000
454	1000	455	1000	456	1000
457	1000	458	1000	459	1000
460	1000	461	1000	462	1000
463	1000	464	1000	465	1000
466	1000	467	1000	468	1000
469	1000	470	1000	471	1000
472	1000	473	1000	474	1000
475	1000	476	1000	477	1000
478	1000	479	1000	480	1000
481	1000	482	1000	483	1000
484	1000	485	1000	486	1000
487	1000	488	1000	489	1000
490	1000	491	1000	492	1000
493	1000	494	1000	495	1000
496	1000	497	1000	498	1000
499	1000	500	1000	501	1000
502	1000	503	1000	504	1000
505	1000	506	1000	507	1000
508	1000	509	1000	510	1000
511	1000	512	1000	513	1000
514	1000	515	1000	516	1000
517	1000	518	1000	519	1000
520	1000	521	1000	522	1000
523	1000	524	1000	525	1000
526	1000	527	100		



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	10 001	Tiivistely DN150 PN6 SFS 4378	3
2	10 002	Tiivistely DN100 PN6 SFS 4378	1
3	1000	Pohjekammio kokoonpano	1
4	2000	Yhteisallas kokoonpano	1
5	3000	Alitehdas kokoonpano	1
6	4000	Sykoni kokoonpano	16
7		Hexagon Nut ISO - 4032 - M12 - W - N	8
8		Hexagon Nut ISO - 4032 - M12 - W - N	8
9		Hexagon Nut ISO - 4032 - M20 - W - N	34
10		ISO 4017 - M12 x 25	8
11		ISO 4017 - M16 x 25	8
12		ISO 4017 - M20 x 70	34
13		Washer ISO 7089 -	8
14		Washer ISO 7089 -	8
15		Washer ISO 7089 -	34

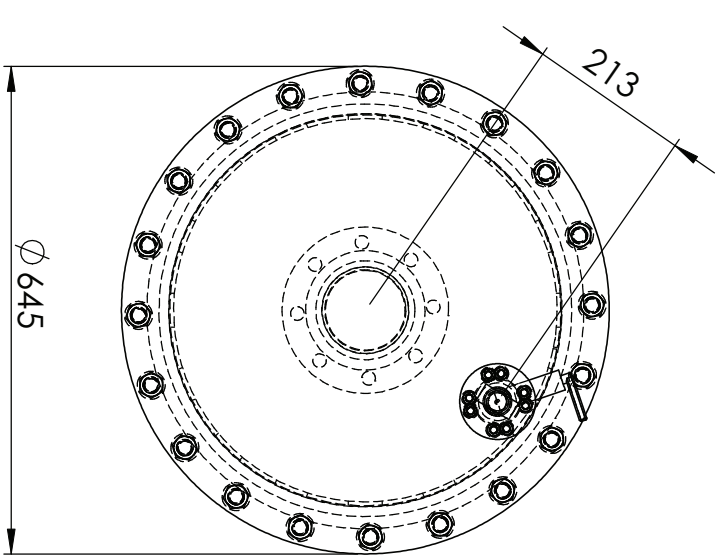
PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
10 001	Tiivistely DN150 PN6 SFS 4378	3
10 002	Tiivistely DN100 PN6 SFS 4378	1
1110	Pohjekammio	1
1120	Kemeholkit	1
1130	Kaulustoppo DN25	2
1140	Tiivistely DN50 SFS4378 PN6	1
1140	Tiivistely DN25 SFS4378 PN6	2
1150	Palloventtiili	1
1160	Yhteis DN25	1
1200	Yhteis SFS2166 DN500 PN6	1
1300	Irtoloppo SFS2169 DN500 PN6	1
1400	Voippo	1
1500	Allasosan pohja SFS 2126 DN500 PN6	1
1600	Yhteis DN100	1
1700	Kaulustoppo DN100 SFS 2154	1
2100	Yhteis DN150	1
2200-3400	Kaulustoppo DN150 SFS2154	3
2300	Irtoloppo	1
2410	Yhteisalan ulkoletk	1
2420	Yhteisalan pohja	1
2430	Yhteisalan sisäletk	1
2500-3600	Le-pohji	16
3110	Ulkoletk	1
3120	Sisäletk	1
3200	Tuuletin	8
3300	Yhteis DN150	2
3510	Jalan pohjalevy	4
3520	Puhkeputki	4
3530	Ruokasäiliö	4
3540	Pohjalevy	4
4100	Yhteis DN50	16
4200	Kaulustoppo DN50 SFS 2152 PN6	16
4300	Tuennokappale	16
4400	Leikkuritilä PVE40 PN10 DN40	16
4500	Tiivistely DN40 SFS 4378 PN6	32
4600	Sykoni	16
4700	Materiaalivirtiletku	16
4800	Holkit	64
	Hexagon Nut ISO - 4032 - M10 - W - N	8
	Hexagon Nut ISO - 4032 - M10 - W - N	72
	Hexagon Nut ISO - 4032 - M16 - W - N	72
	Hexagon Nut ISO - 4032 - M16 - W - N	54
	Hexagon Nut ISO - 4035 - M20 - N	16
	ISO 4017 - M10 x 50	8
	ISO 4017 - M12 x 25	8
	ISO 4017 - M12 x 35	64
	ISO 4017 - M16 x 25	80
	ISO 4017 - M20 x 25	8
	ISO 4017 - M20 x 70	34
	ISO 4017 - M20 x 80	20
	Washer ISO 7089 -	8
	Washer ISO 7089 -	72
	Washer ISO 7089 -	72
	Washer ISO 7089 -	54

DATE OF ISSUE	1988	ISSUED BY	
DATE OF REVISION		REVISION	
DESIGNER		DRAWN	
CHECKED		SCALE	
APPROVED		DATE	
PROJECT		NO.	
SYKONIPATTERISTO		10 000	AI



DETAIL B  
SCALE 1 : 2

DETAIL F  
SCALE 1 : 2



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	1100	Painemittari kokoonpano	1
2	1200	Kansi SFS21 66 DN500 PN6	1
3	1300	Irtolaiippa SFS21 69 DN500 PN6	1
4	1400	Vaiippa	1
5	1500	Pohja SFS 21 66 DN500 PN6	1
6	1600	Yhde DN100	1
7	1700	Kauluslaiippa DN100 SFS 21 54	1
8	1800	Tiivistelevy DN500 SFS4378 PN6	1
9		Hexagon Nut ISO - 4032 - M20 - W - N	20
10		ISO 4017 - M20 x 80 -	20
11		Washer ISO 7089 -	20

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-k

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

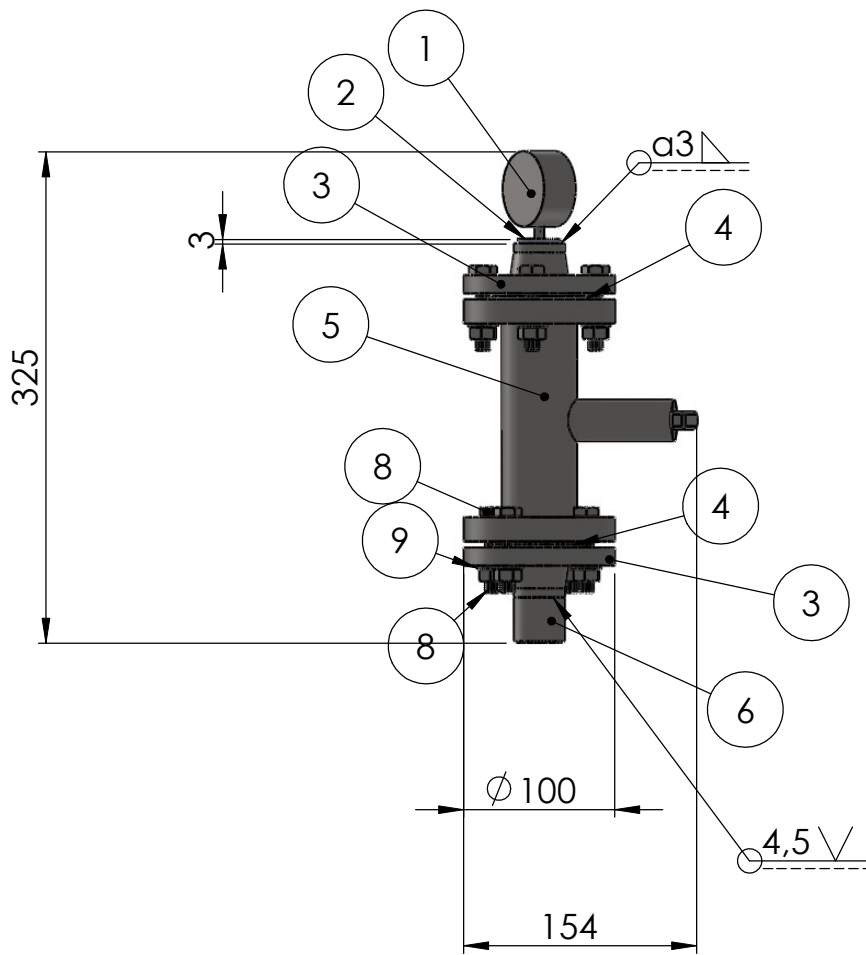
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE:  
Painesäiliö kokoonpano

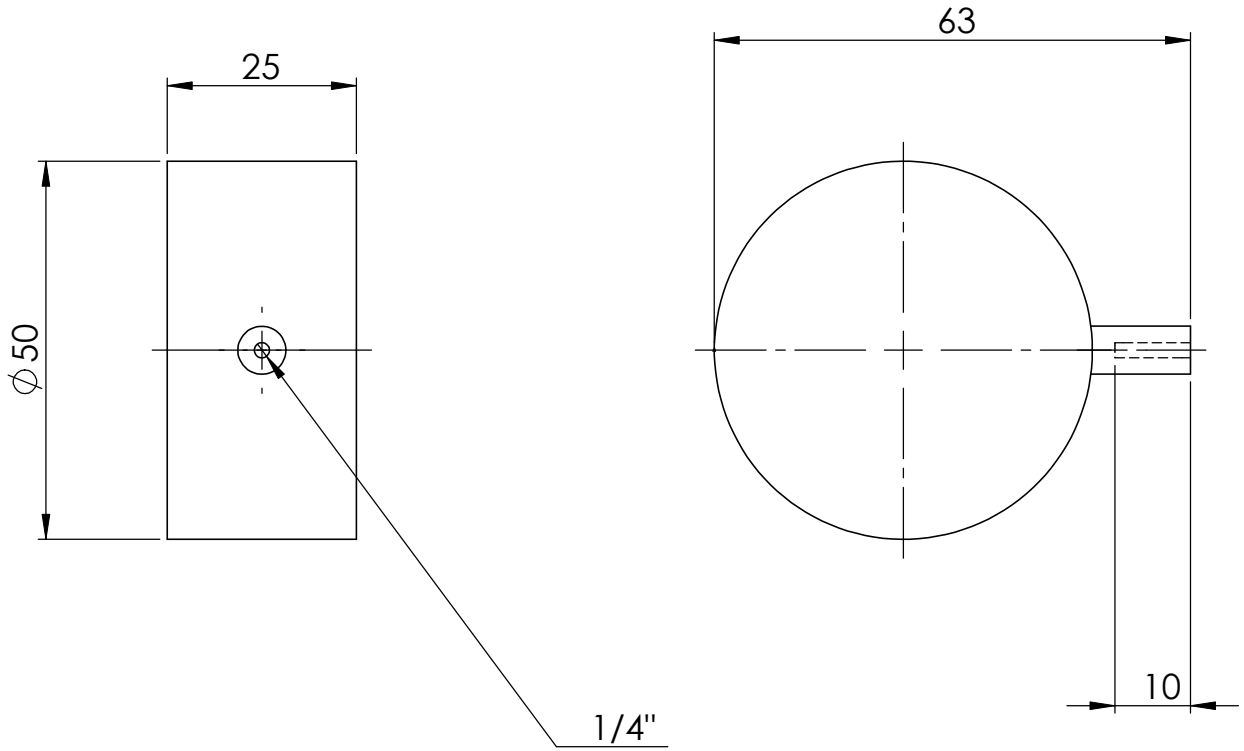
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
Mikko Huoso			Painesäiliö kokoonpano
DRAWN			DWG NO. 1000
CHKD			
APPV/D			
MFG			
Q.A			
			MATERIAL:
			WEIGHT: ~190kg
			SCALE: 1:20
			SHEET 1 OF 1
			A3





ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	1110	Painemittari	1
2	1120	Kierreholkki	1
3	1130	Kauluslaippa DN25	2
4	1140	Tiivistelevy DN25 SFS4378 PN6	2
5	1150	Palloventtiili	1
6	1160	Yhde DN25	1
7	Hexagon Nut ISO - 4032 - M10 - W - N		8
8	ISO 4017 - M10 x 50-S		8
9	Washer ISO 7089 - 10		8

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:  Painemittari kokoonpano			
DRAWN: Miika Huoso						DWG NO. 1100			
CHK'D									
APPV'D						A4			
MFG									
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:5			
				WEIGHT:		SHEET 1 OF 1			



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

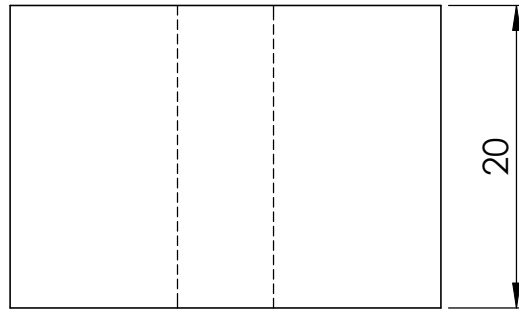
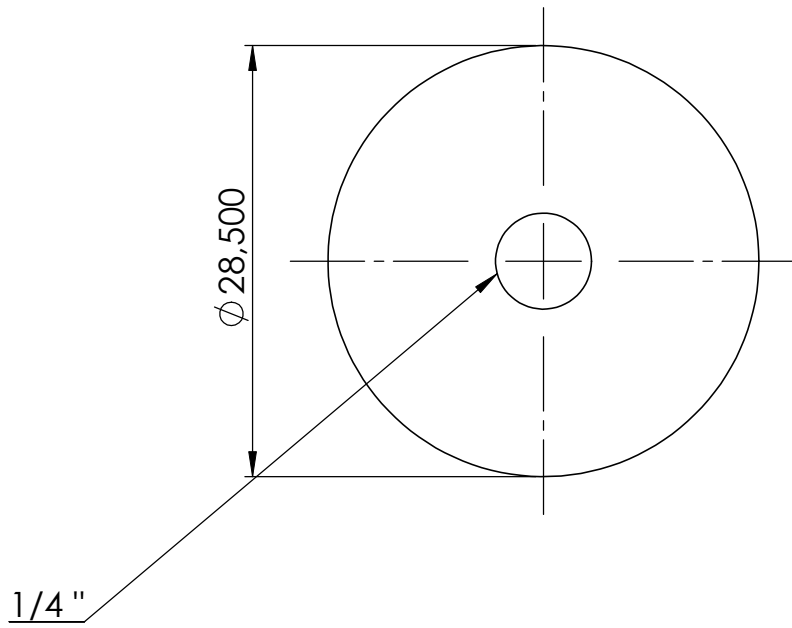
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:		Painemittari	
DWG NO.			
SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

EI STANDARDI HOLKKI KOKO

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

Kierreholkki

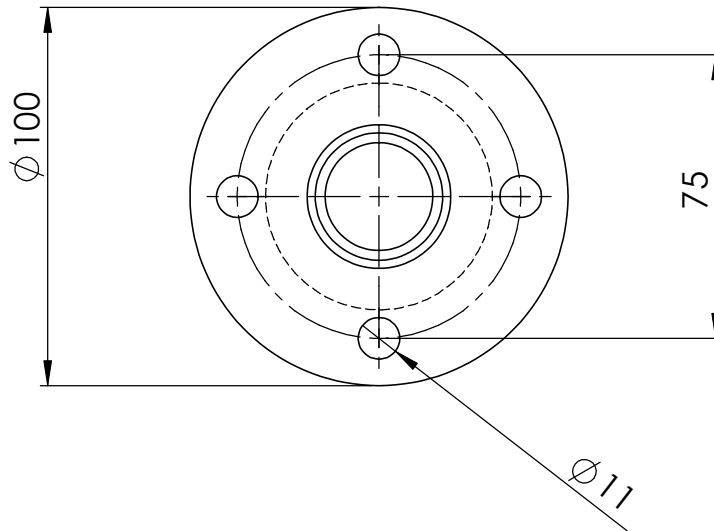
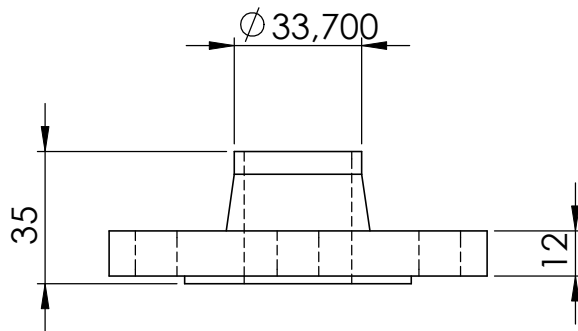
DWG NO.

1120

A4

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				AISI 316 L	
				WEIGHT:	

TITLE:

Kauluslaippa DN25 SFS2152

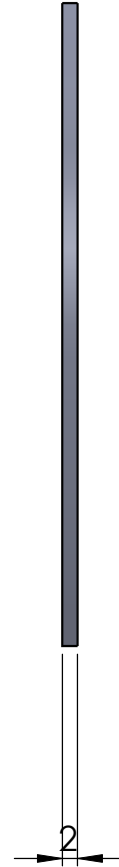
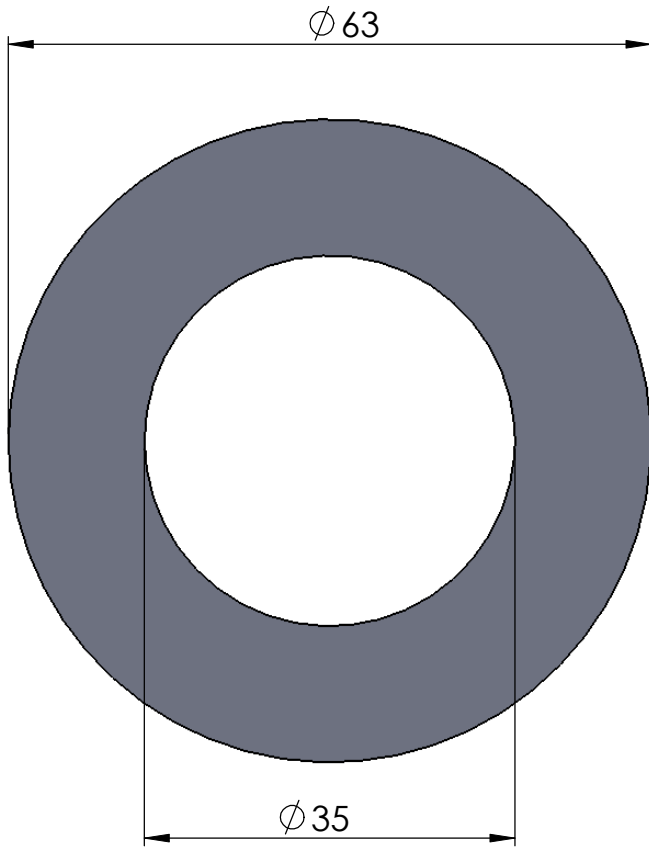
DWG NO.

1130

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				PTFE	
				WEIGHT:	

TITLE:

Tiivistelevy DN25PN6

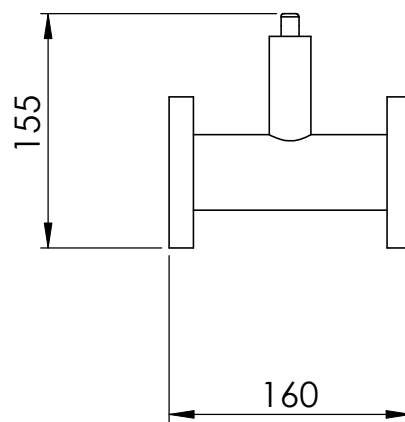
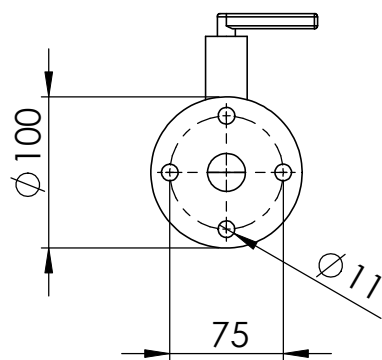
DWG NO.

1140

A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Mikka Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

Palloventtiili

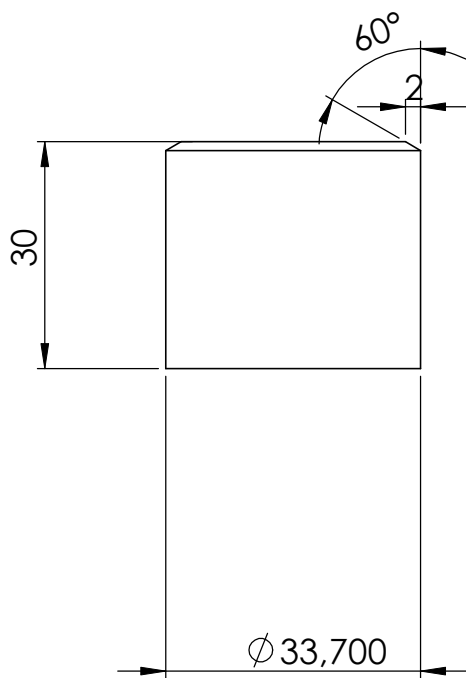
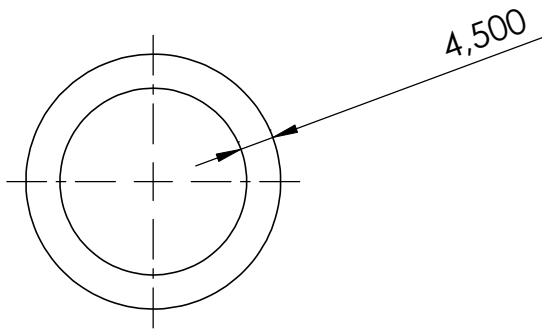
DWG NO.

1150

A4

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:

Yhde DN25

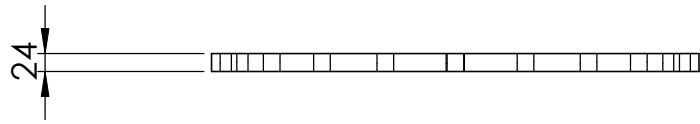
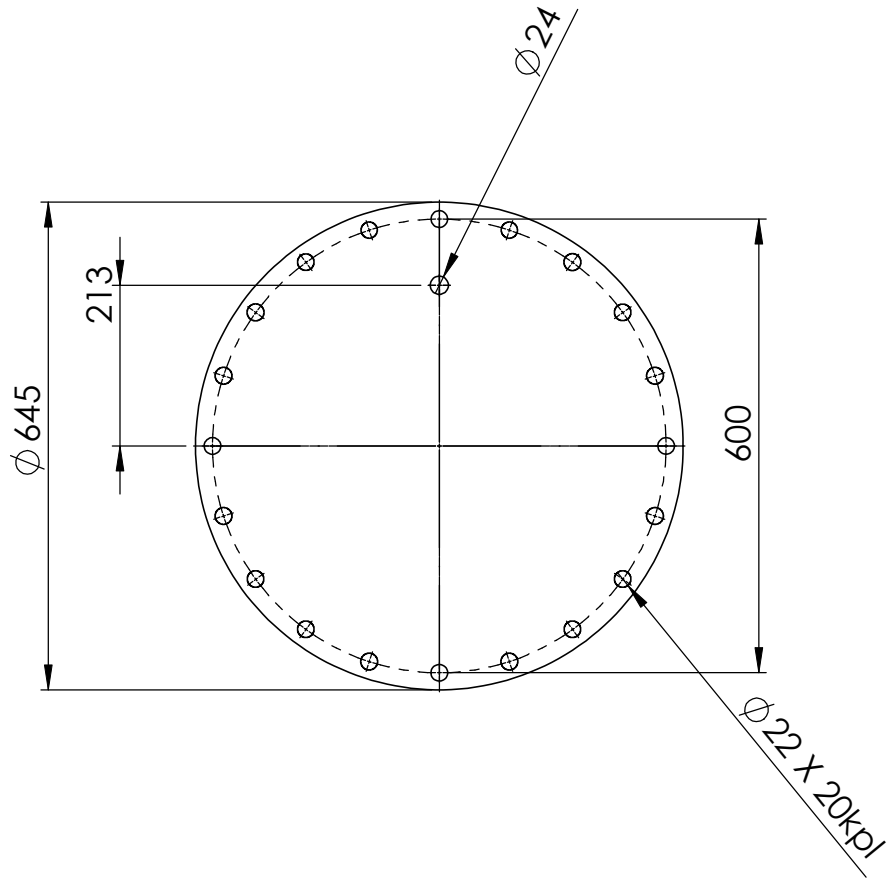
DWG NO.

1160

A4

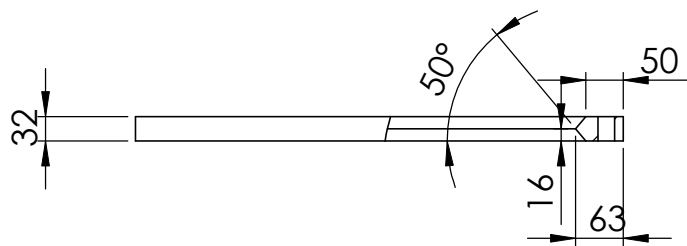
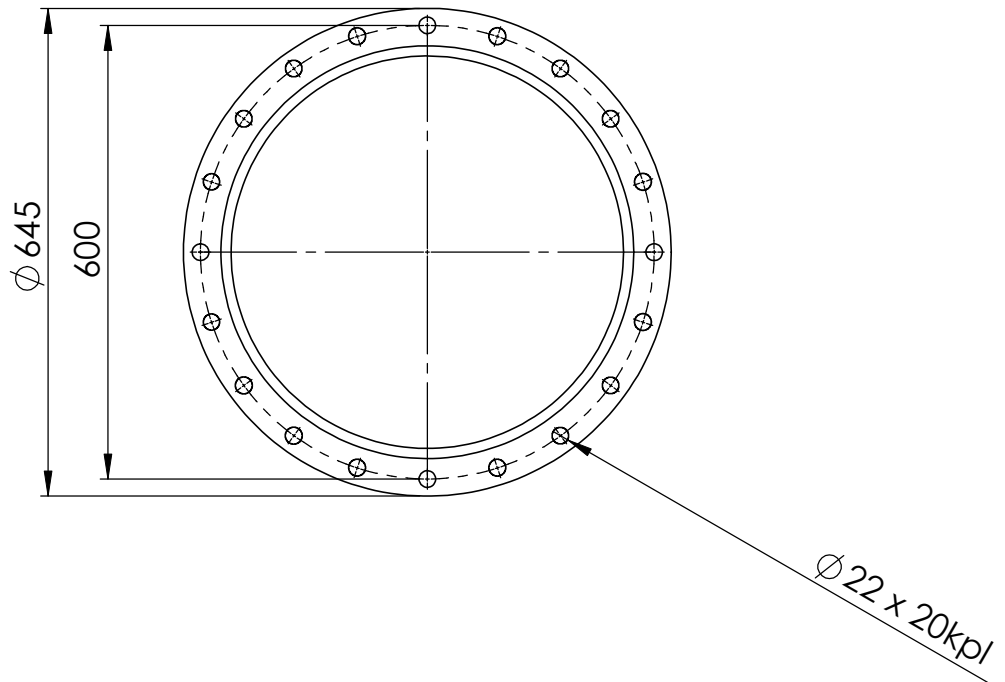
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

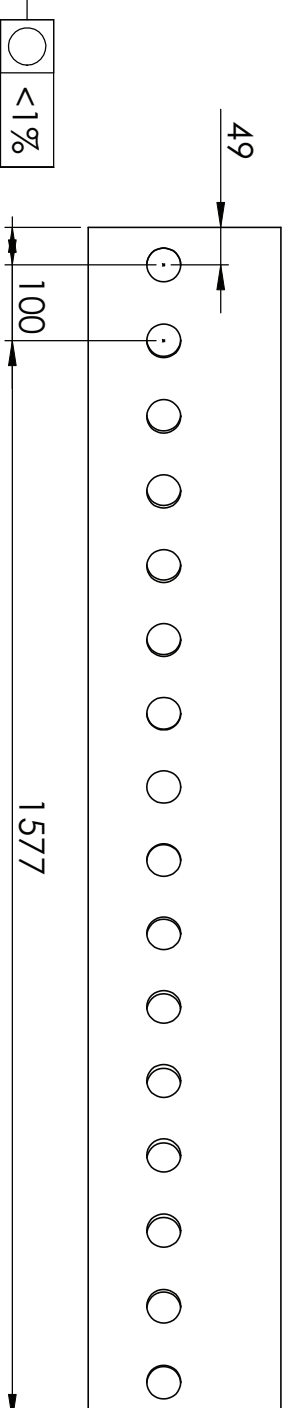
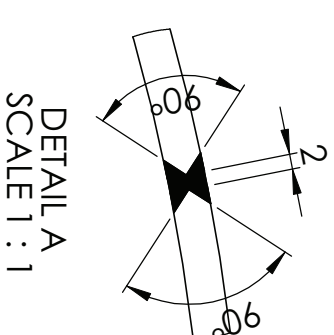
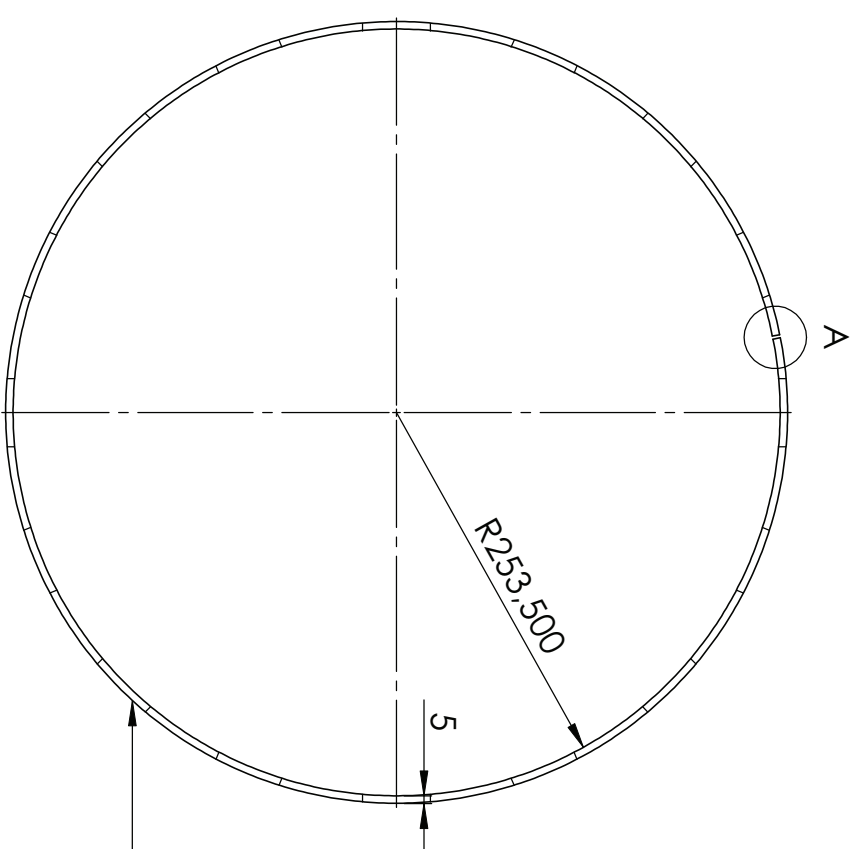


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				SIGNATURE		DATE		TITLE:  Kansi SFS2166 DN500 PN6			
CHK'D								DWG NO. <b>1200</b>			
APPV'D											
MFG								A4			
Q.A											
				MATERIAL:		Fe 37 B SFS 200		SCALE:1:10			
				WEIGHT:				SHEET 1 OF 1			





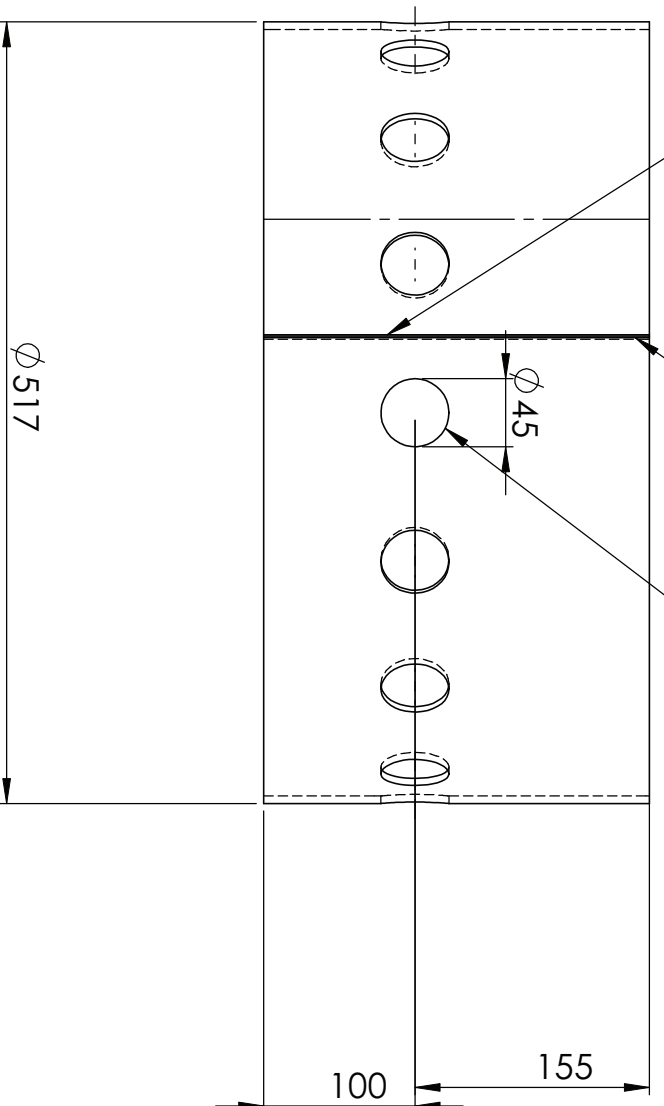
SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN		Mikka Huoso				Irtolaippa SFS2169 DN 500 PN6			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				Fe 37 B SFS 200		1300			
				WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1	



— 1,275

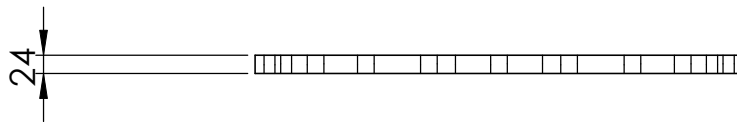
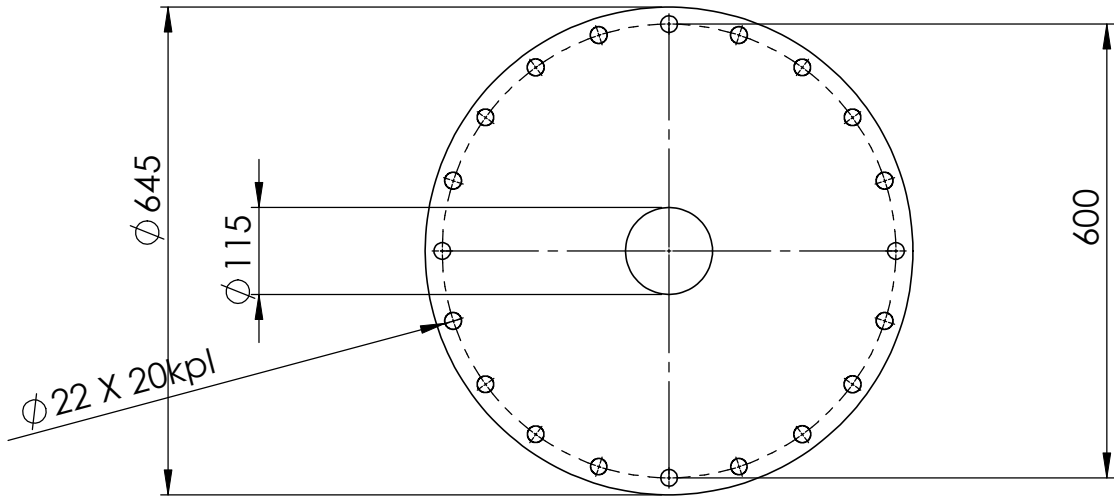
2,25 \ 255  
2,25 \ 255

Elliptisyyttä ei tarvitse huomioida reikiä tehdessä



○  $= (2x(D_{max}-D_{min})) / (D_{max}+D_{min}) \times 100$

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-k			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	<b>Vaiippa</b>	
DRAWN Mikka Huoso			DWG NO. <b>1400</b>		
CHKD			MATERIAL: P275NH		
APPV/D			WEIGHT:		
MFG			SCALE: 1:5		
QA				SHEET 1 OF 1	A3



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

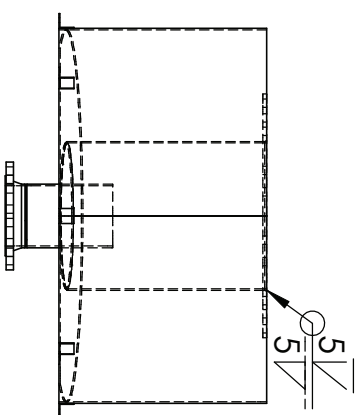
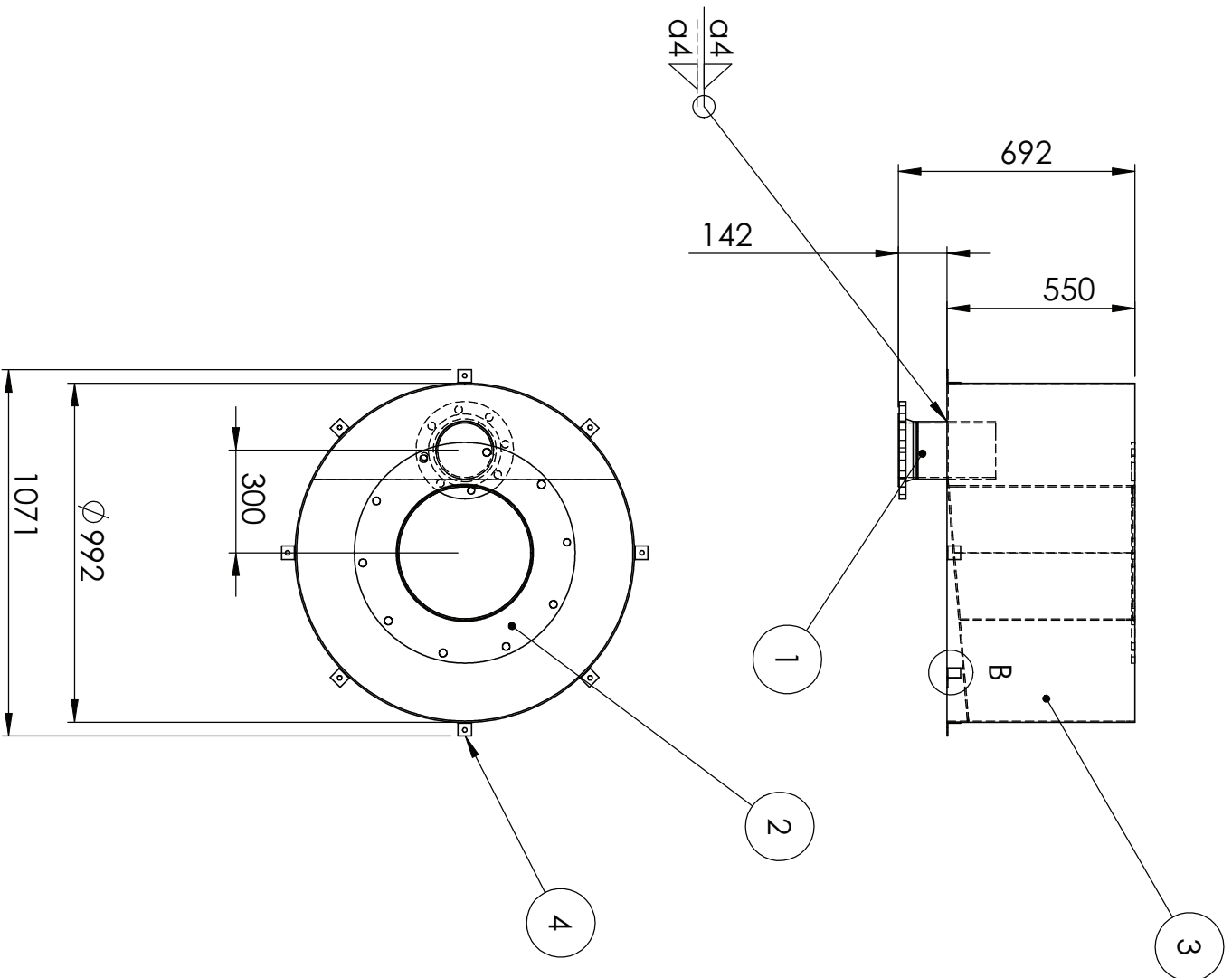
DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

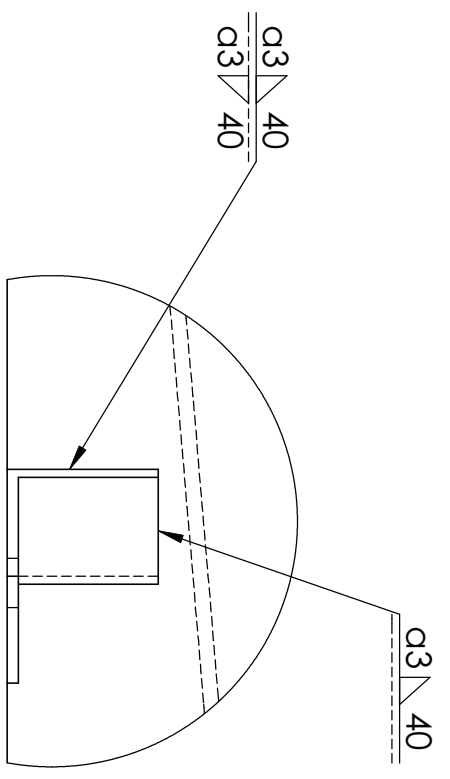
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Fe 37B SFS 200	
				WEIGHT:	

TITLE:		Pohja SFS2166 DN500 PN6	
DWG NO.	1500	A4	
SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1		



L-PROFILLEJÄ SUOSITELLAAN TÄSSÄ  
VAIHEESSA ASENNETTAVAKSI VAIN  
3KPL. LOPUT 5KPL HITSATTAVAKSI  
PAIKALLEEN VASTA, KUN  
VARMISTUTAAN L-PROFILIEN REIKIEN  
OSUVAN KOHDALLEEN  
ALTEALTAAN L-PROFILIEN KANSSA.

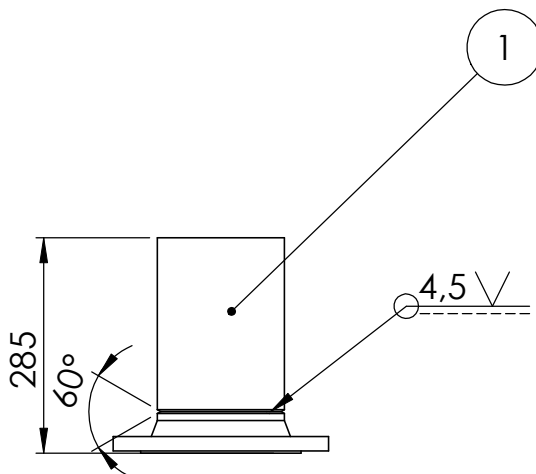
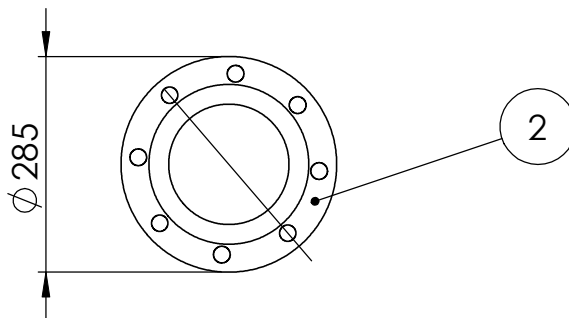


DETAIL B  
SCALE 1 : 2

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	2100	Yhdelaippa DN150 kokoonpano	1
2	2300	lrtolaippa	1
3	2400	Ylitealtaan runko kokoonpano	1
4	2500	L-profiili	8

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K		FINISH: DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	
DRAWN: Mikko Huosio		SIGNATURE: _____	
CHKD: _____		DATE: _____	
APPV/D: _____		TITLE: Yliteallas kokoonpano	
MFG: _____		MATERIAL: _____	
Q/A: _____		DWG NO.: 2000	
WEIGHT: 140KG		SCALE: 1:20	

DRAWN: Mikko Huosio		SIGNATURE: _____	
CHKD: _____		DATE: _____	
APPV/D: _____		TITLE: Yliteallas kokoonpano	
MFG: _____		MATERIAL: _____	
Q/A: _____		DWG NO.: 2000	
WEIGHT: 140KG		SCALE: 1:20	
SHEET 1 OF 1		A3	



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	2101	Yhde DN150	1
2	2102	Kauluslaippa DN150 SFS2154	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

YHDELAIPPA DN150 KOKOONPANO

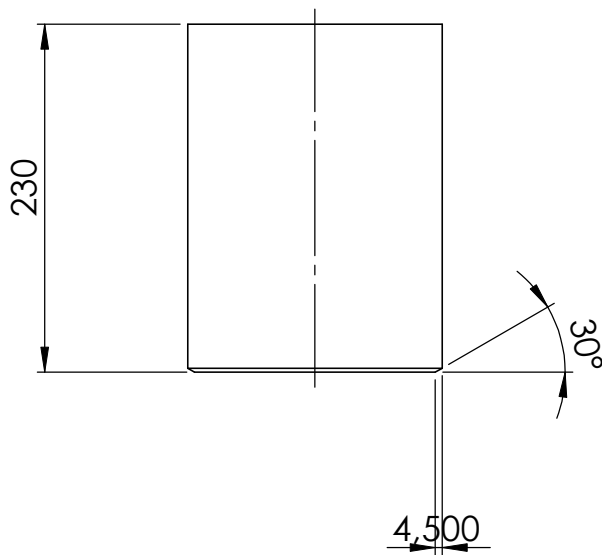
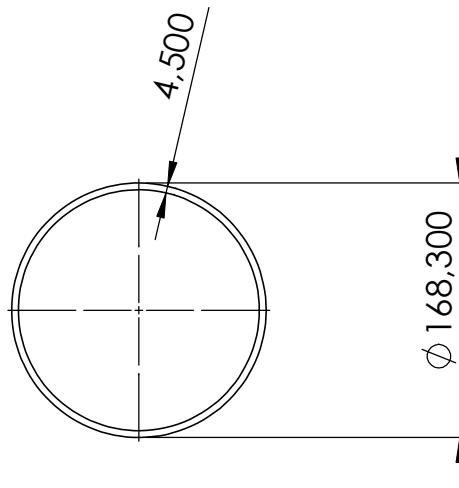
DWG. NO.

2100

A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:

Yhde DN150

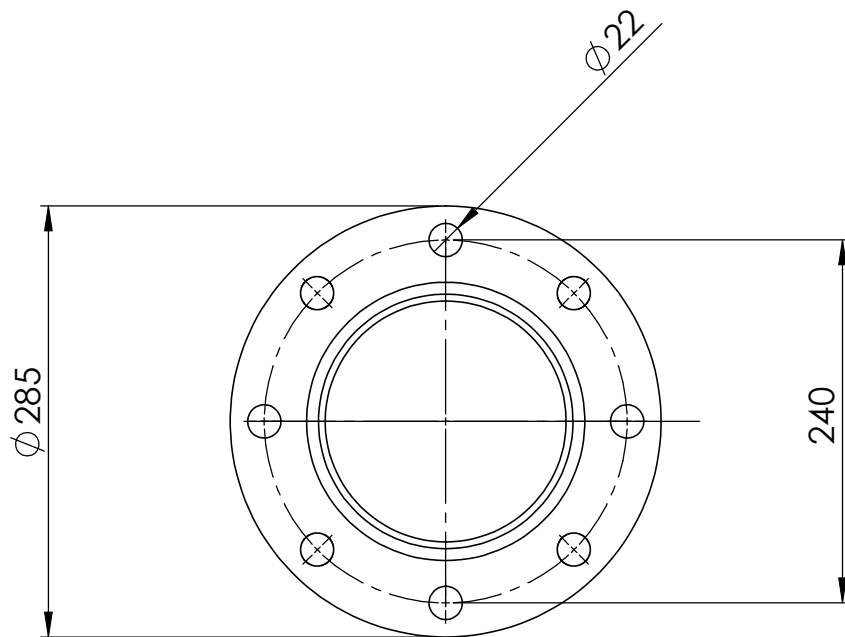
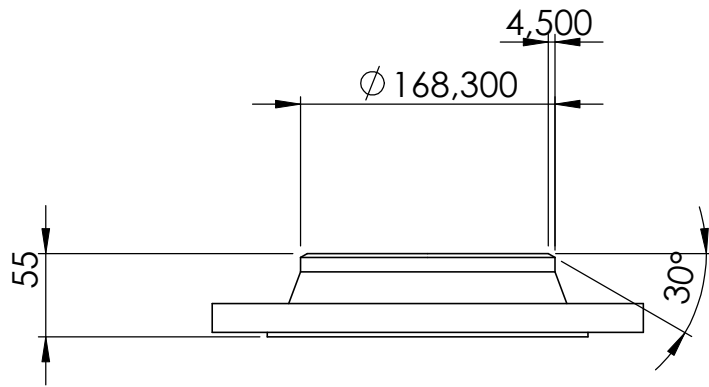
DWG NO.

2101

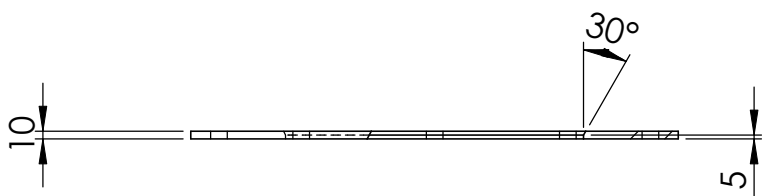
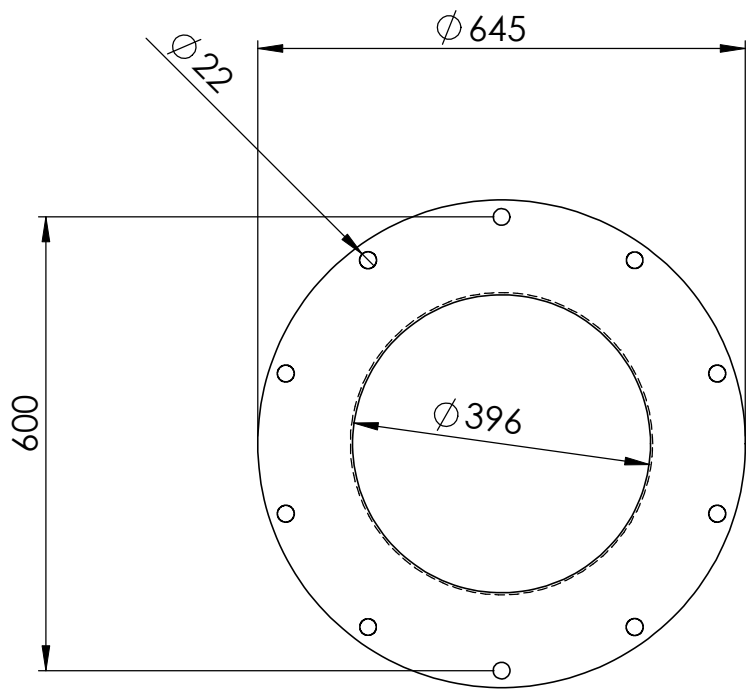
A4

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1



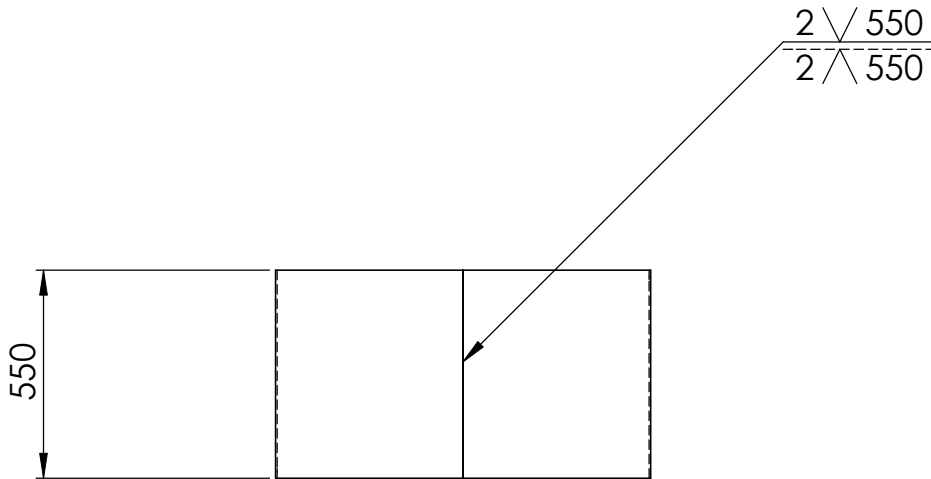
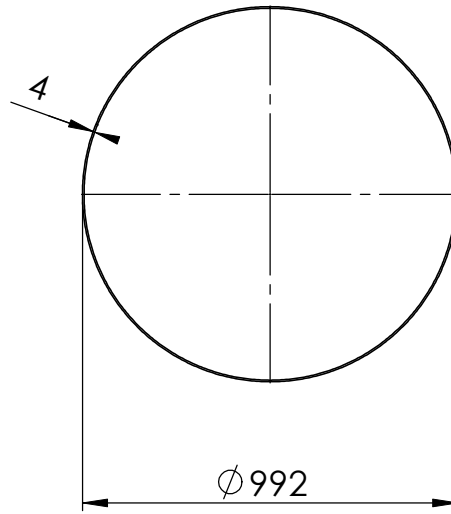
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN	Miika Huoso					Kauluslaippa DN150 SFS2154			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				AISI 316 L		2102			
				WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	



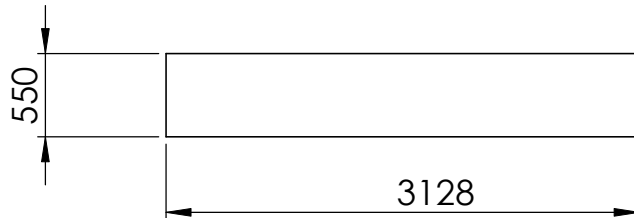
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K					FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
										<b>EI STANDARDI KOKO!</b>				
										<b>Irtolaippa</b>				
DRAWN: Miiika Huoso					SIGNATURE:			DATE:		MATERIAL:		DWG NO. 2300		A4
CHK'D:					SIGNATURE:			DATE:		AISI 304		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1
APPV'D:					SIGNATURE:			DATE:		WEIGHT:		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1
MFG:					SIGNATURE:			DATE:		WEIGHT:		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1
Q.A:					SIGNATURE:			DATE:		WEIGHT:		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1







LEVITYSKUVA



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

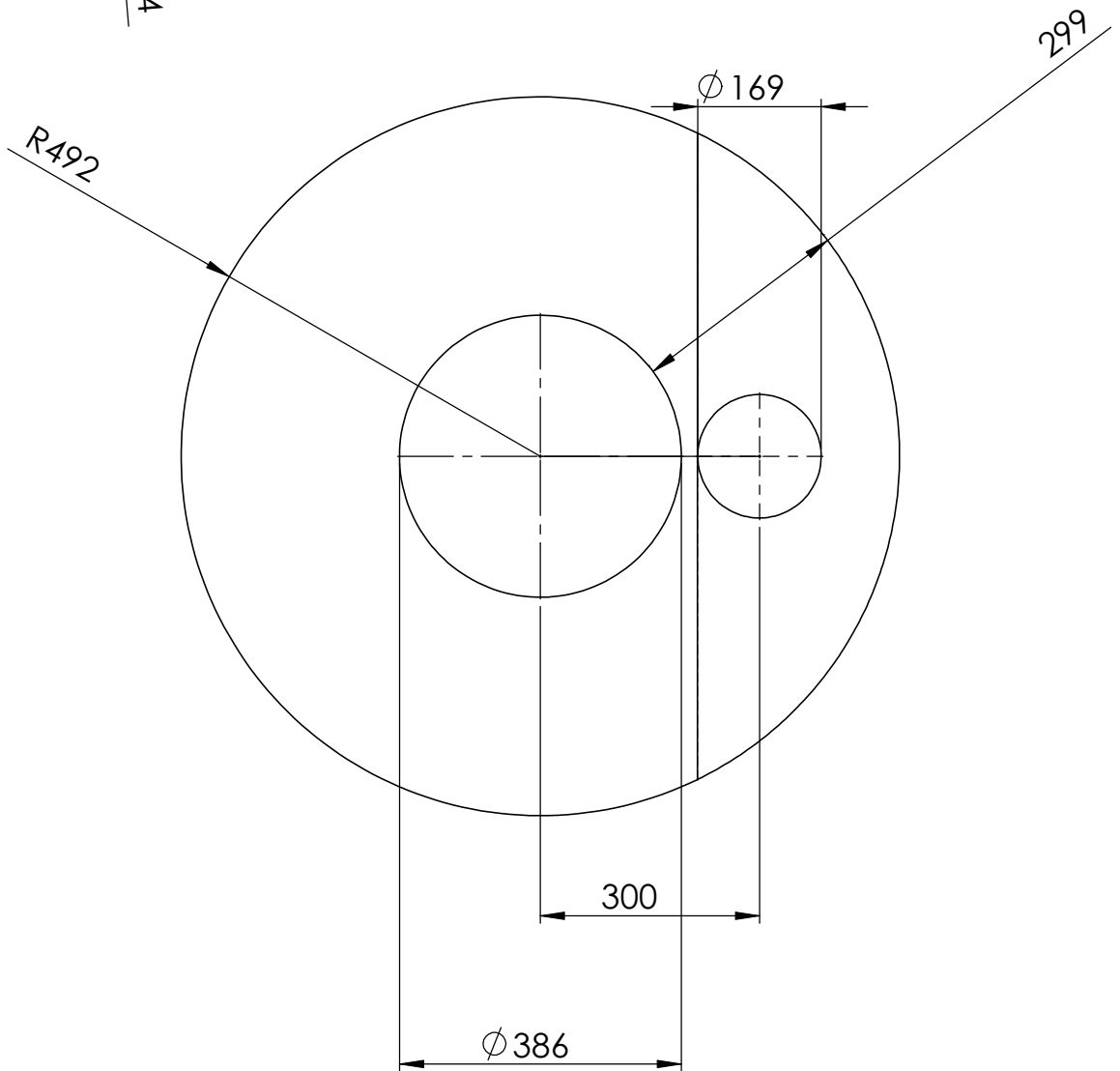
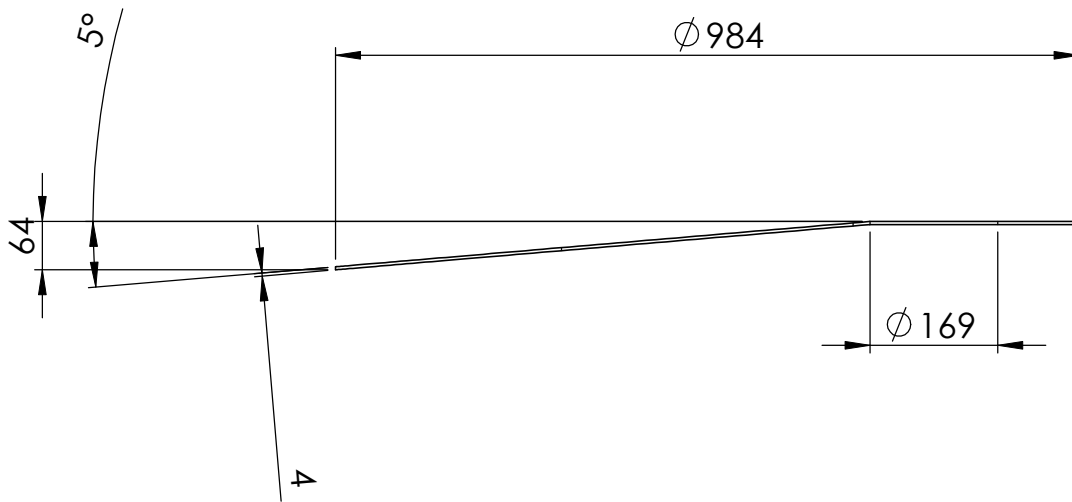
DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:		Ylitealtaan ulkolierio	
DWG NO.	2410	A4	
SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1		



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN	Miikka Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			AISI 304		
			WEIGHT:		

TITLE:

Pohja

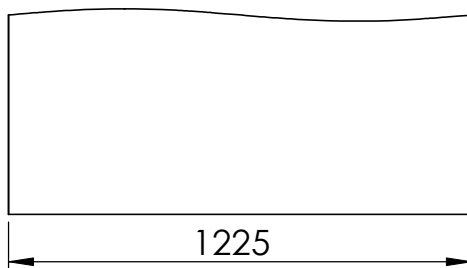
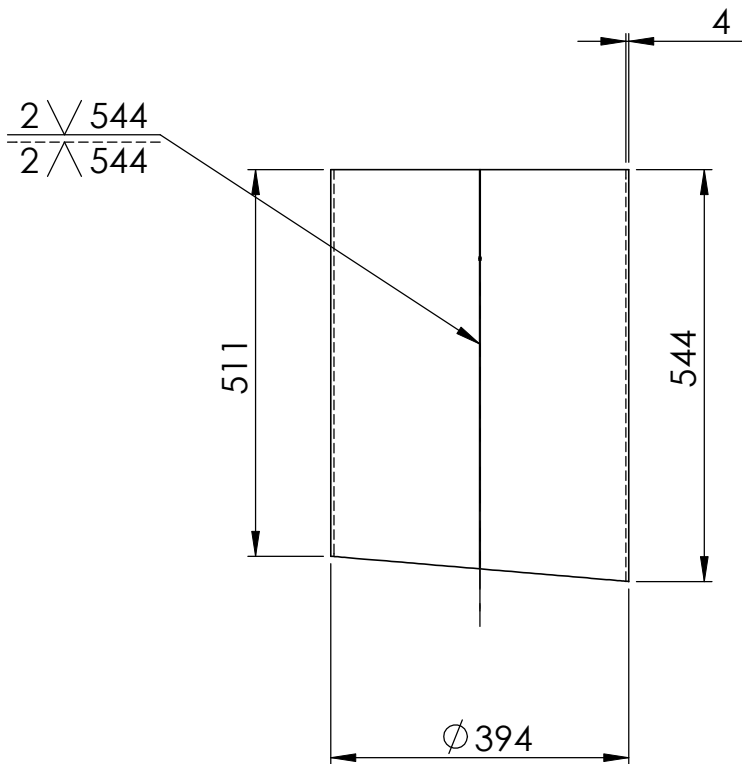
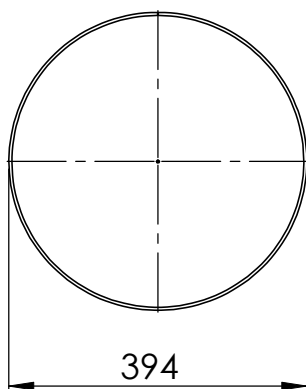
DWG NO.

2420

A4

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:

Ylitealtaan sisälieriö

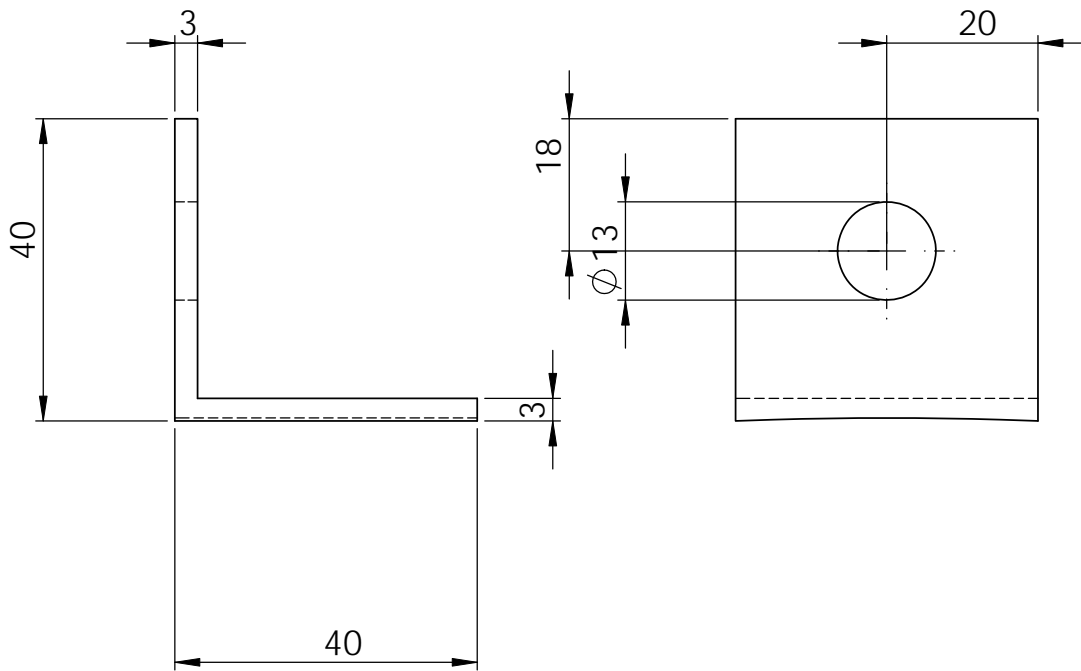
DWG NO.

2430

A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Aihioiksi standardikoko: L-profiili 40x40x3

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 307	
				WEIGHT:	

TITLE:

L-profiili

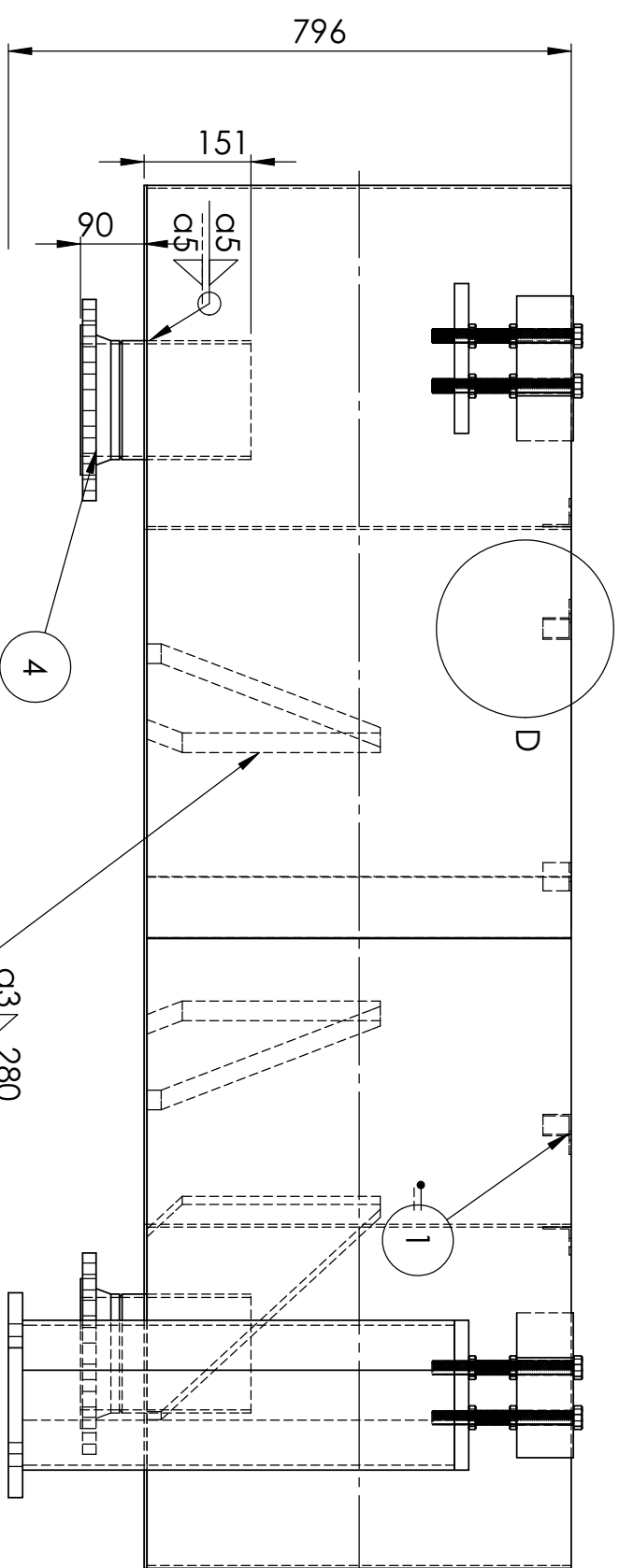
DWG NO.

2500

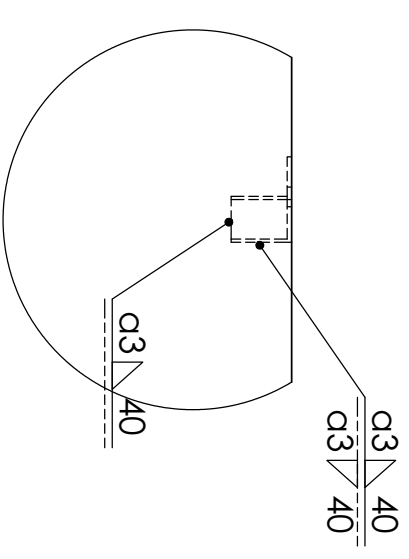
A4

SCALE:1:1

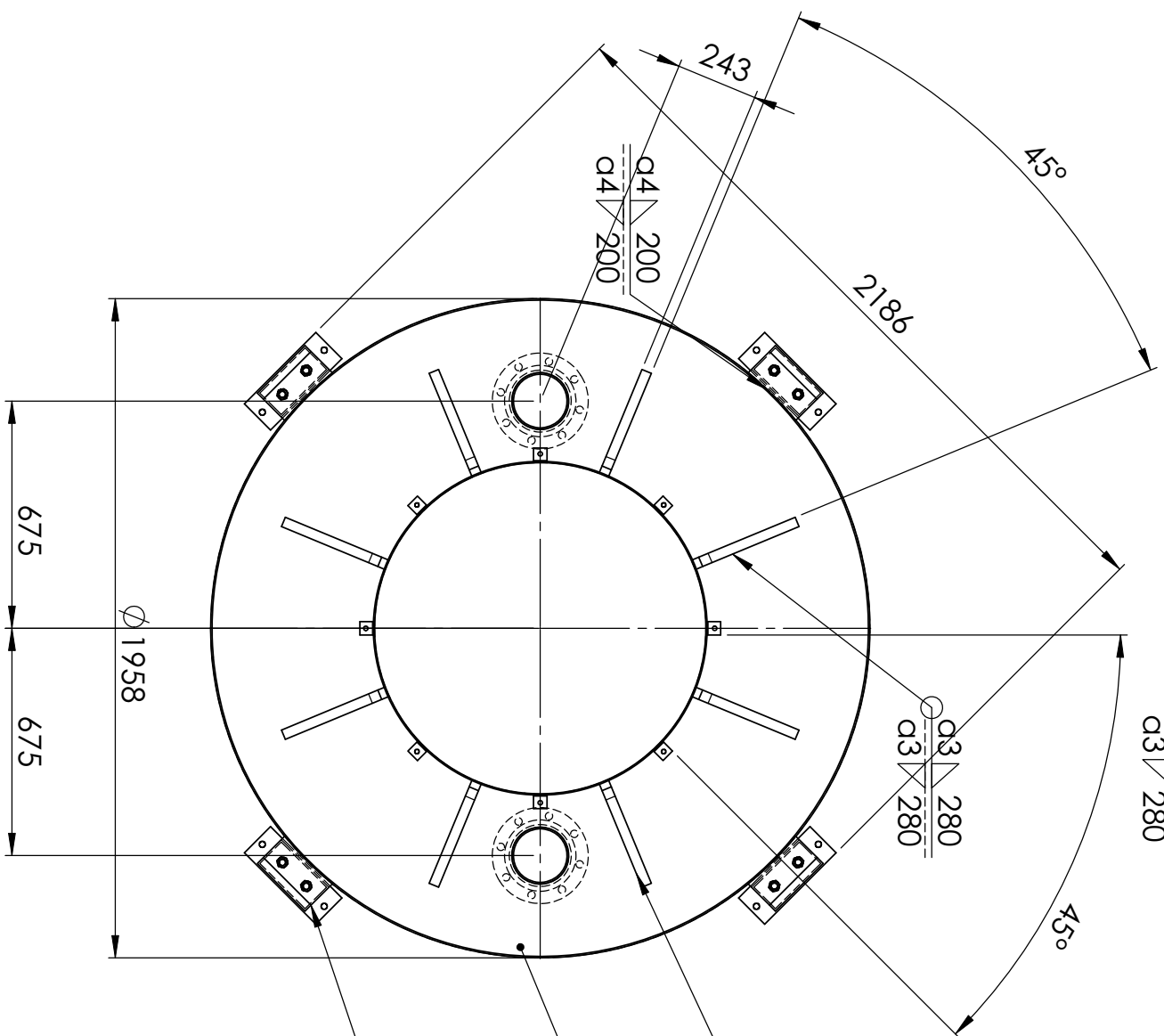
SHEET 1 OF 1



L-PROFILLEJA SUOSTITELLAAN TÄSSÄ  
VAIHEESSA ASENNETTAVAKSI VAIN  
3KPL. LOPUT 5KPL HITSATTAVAKSI  
PAIKALLEEN VASTA, KUN  
VARMISTUTAAN L-PROFILIEN REIKIEN  
OSUVAN KOHDALLEEN YLITEALTAAN  
L-PROFILIEN KANSSA.



DETAIL D  
SCALE 1 : 5

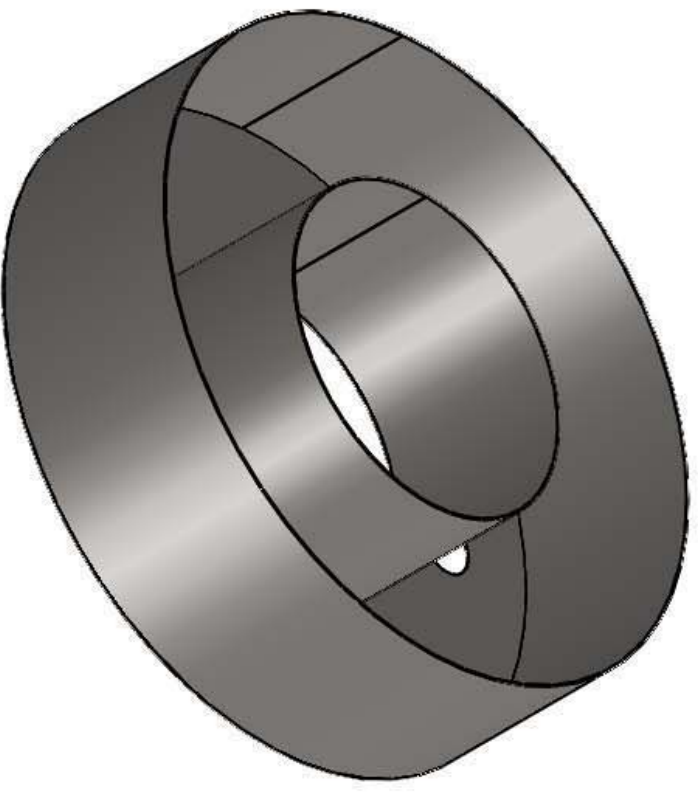
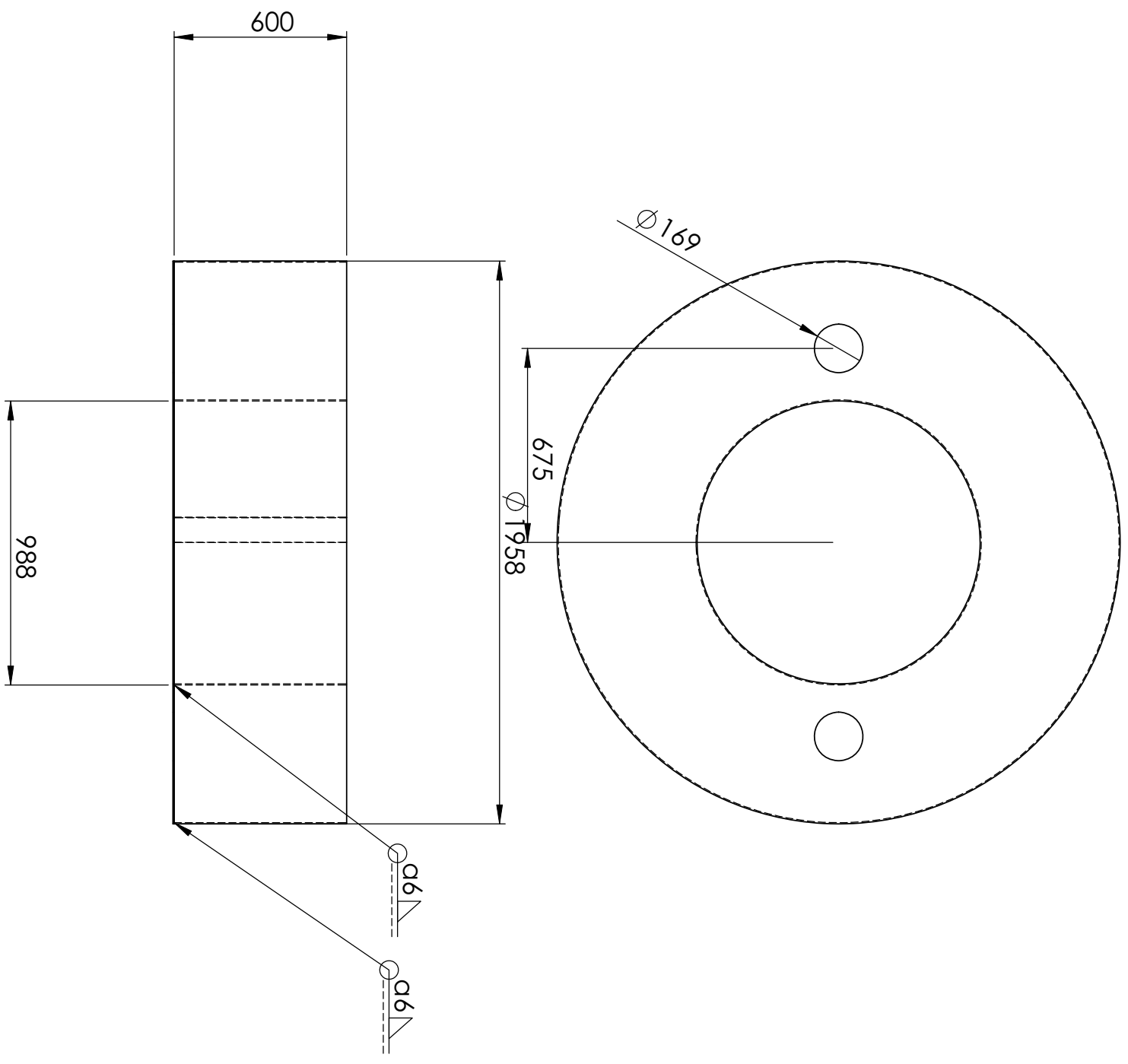


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	2500,3600	L-profiili	8
2	3100	Runko kokoonpano	1
3	3200	Tukiripa	8
4	3300	Yhdelaippa DN150 kokoonpano	2
5	3500	Jalka kokoonpano	4

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
Milka Huoso			Allteallas kokoonpano
CHK/D			
APP/P/D			
MFG			
Q.A			

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1-B SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-k	FINISH: DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION

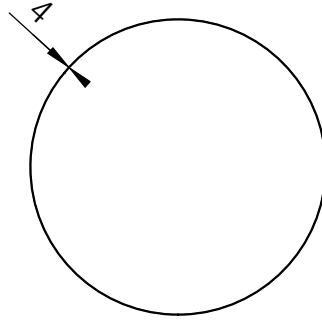
DWG NO.	SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1
3000		



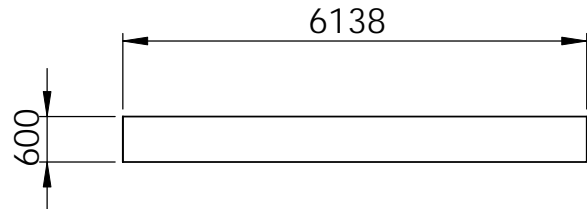
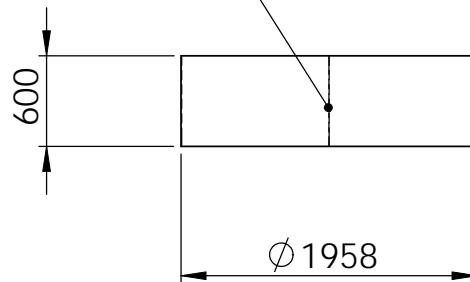
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	3110	Alitealtaan ulkoierio	1
2	3120	Alitealtaan sisälierio	1
3	3130	Alitealtaan pohja	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K			FINISH: DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		

DRAWN	Mikka Huoso	TITLE:		Runko kokoonpano
CHK'D		DWG NO.		
APP'D		3100		A3
MFG		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1
Q.A.		WEIGHT:		



2 √ 600  
2 √ 600



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

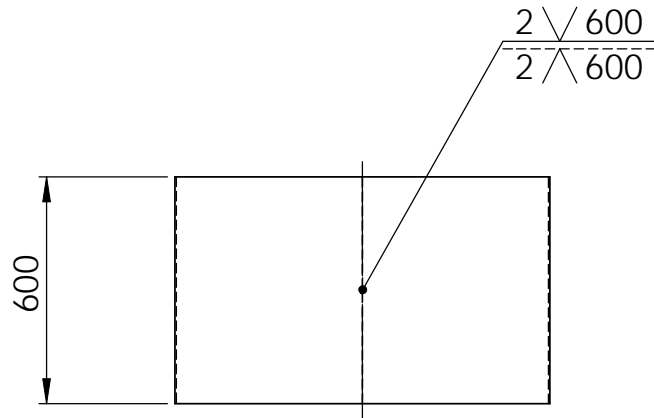
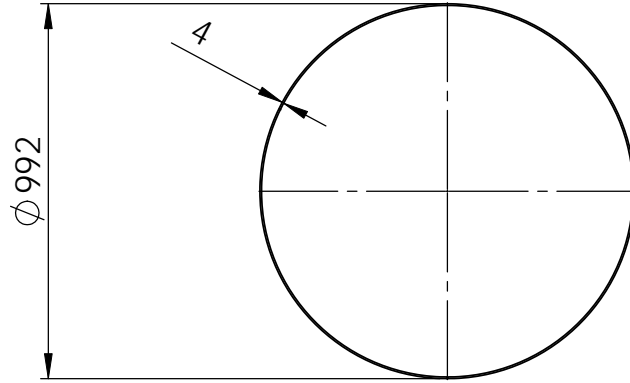
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

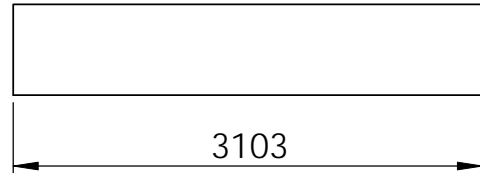
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:	Alitealtaan ulkolieriö	
DWG NO.	3110	A4
SCALE:1:50	SHEET 1 OF 1	





LEVITETTYNÄ



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:

Alitealtaan sisälieriö

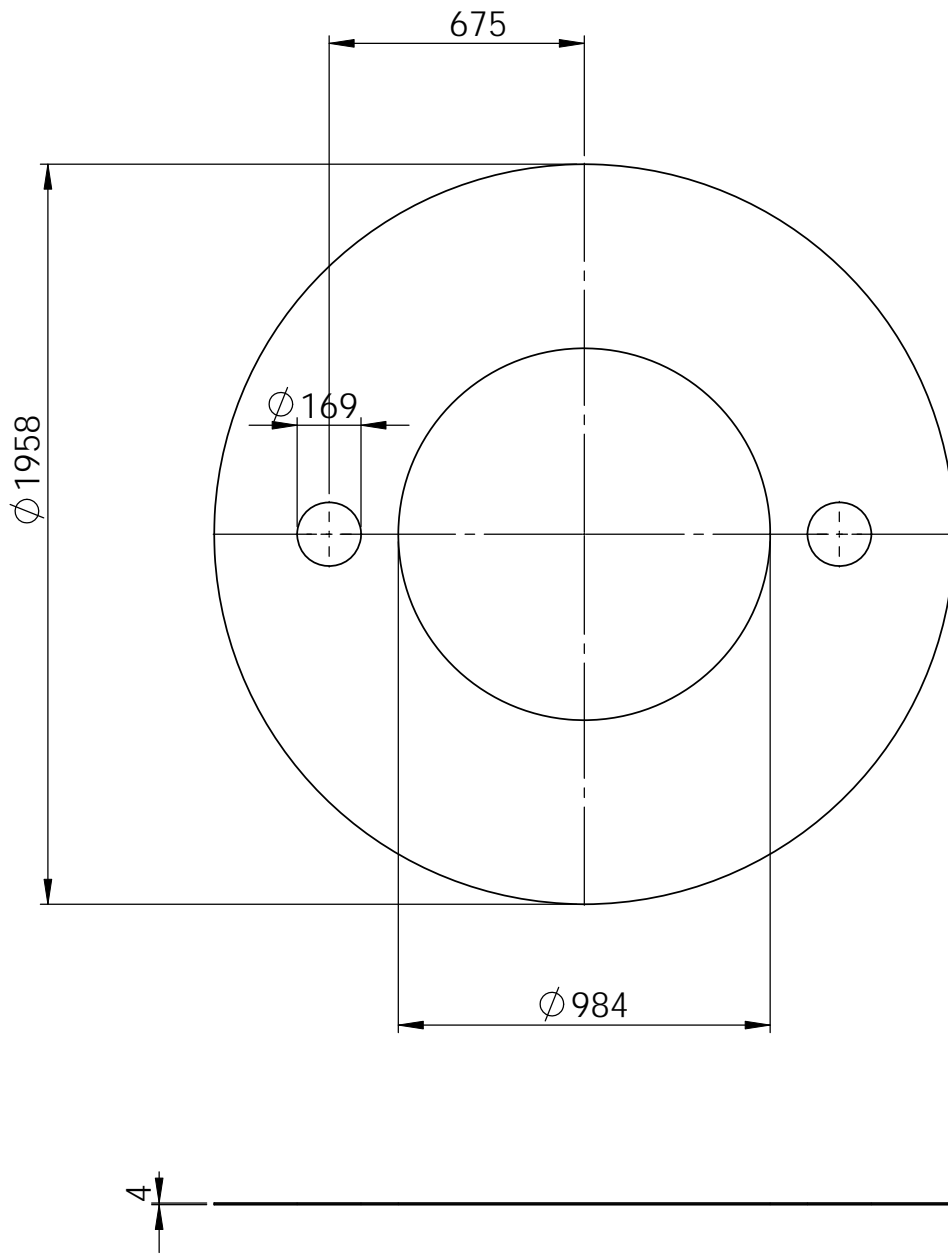
DWG NO.

3120

A4

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

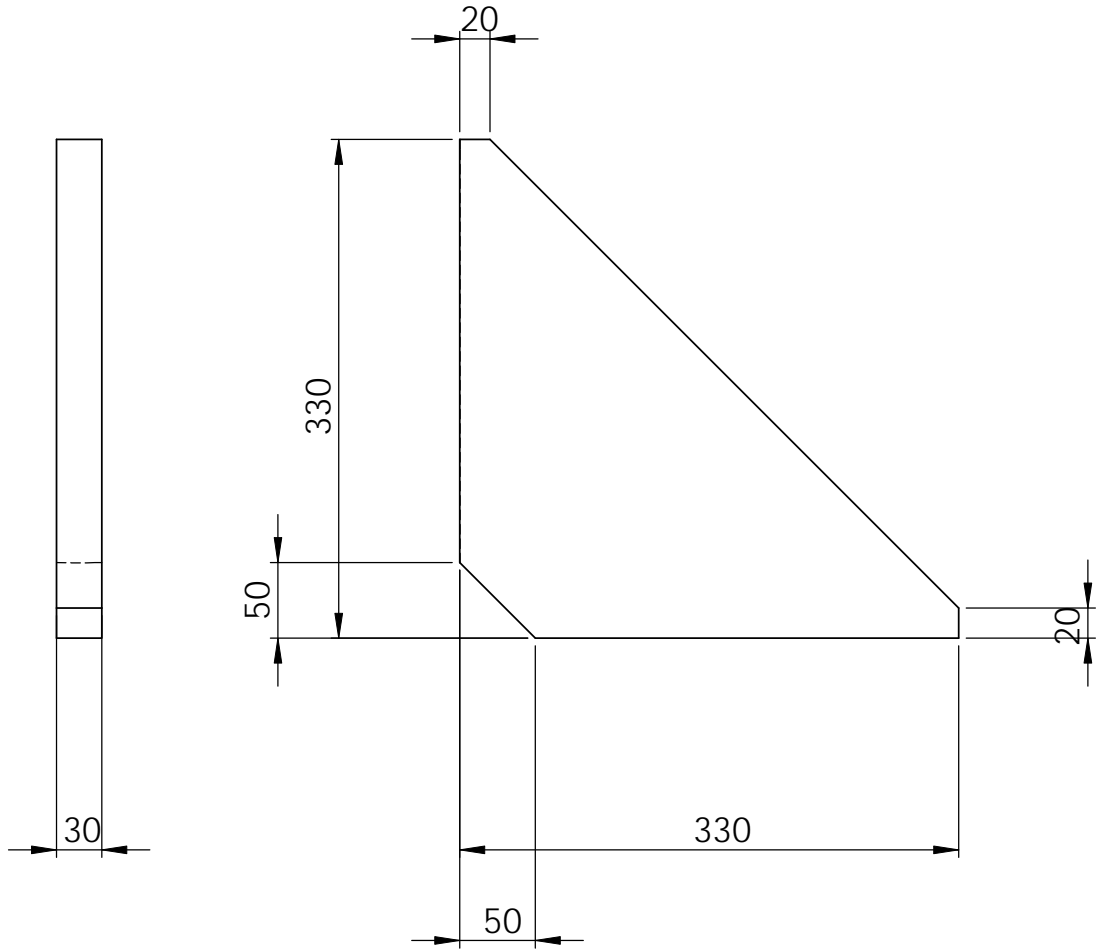
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				AISI 304	
				WEIGHT:	

TITLE:		Pohja	
DWG NO.			
SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1	
		A4	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
					AISI 304
				WEIGHT:	

TITLE:

Tukiripa

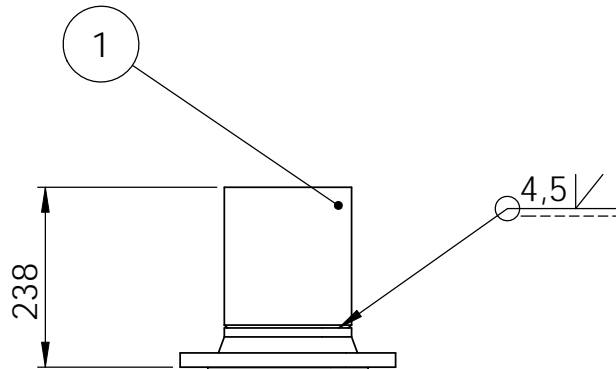
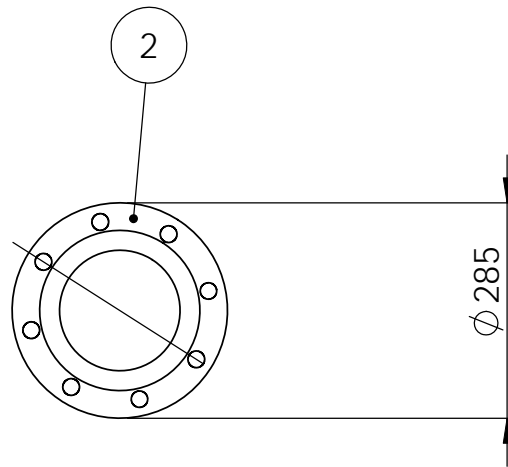
DWG NO.

3200

A4

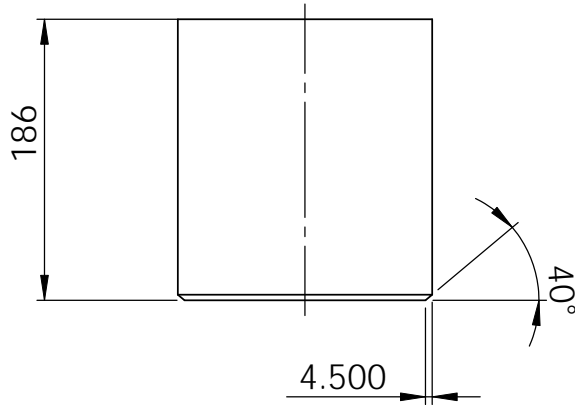
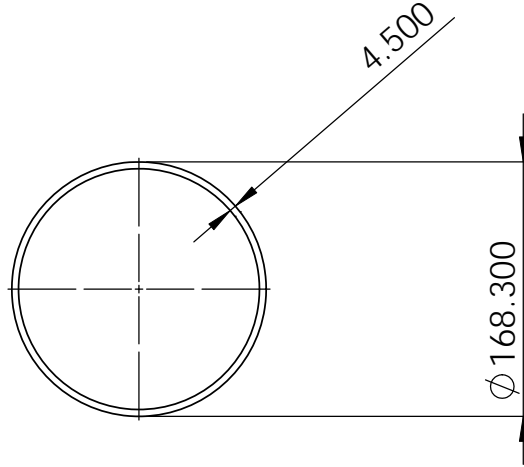
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	3301	Yhde DN150	1
2	2200,3302	Kauluslaippa DN150 SFS2154	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: YHDELAIPPA DN150 KOKOONPANO			
DRAWN	Miika Huoso					DWG NO.		3300	
CHK'D								A4	
APPV'D									
MFG									
O.A.				MATERIAL:					
				WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

Yhde DN150

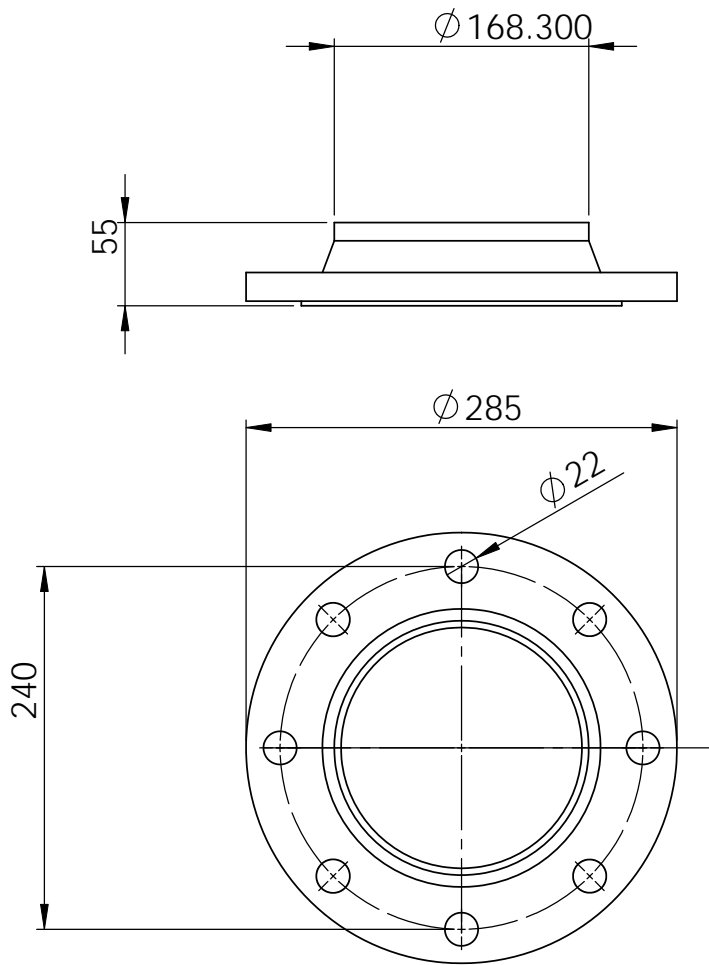
DWG NO.

3301

A4

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

Kauluslaippa DN150 SFS2154

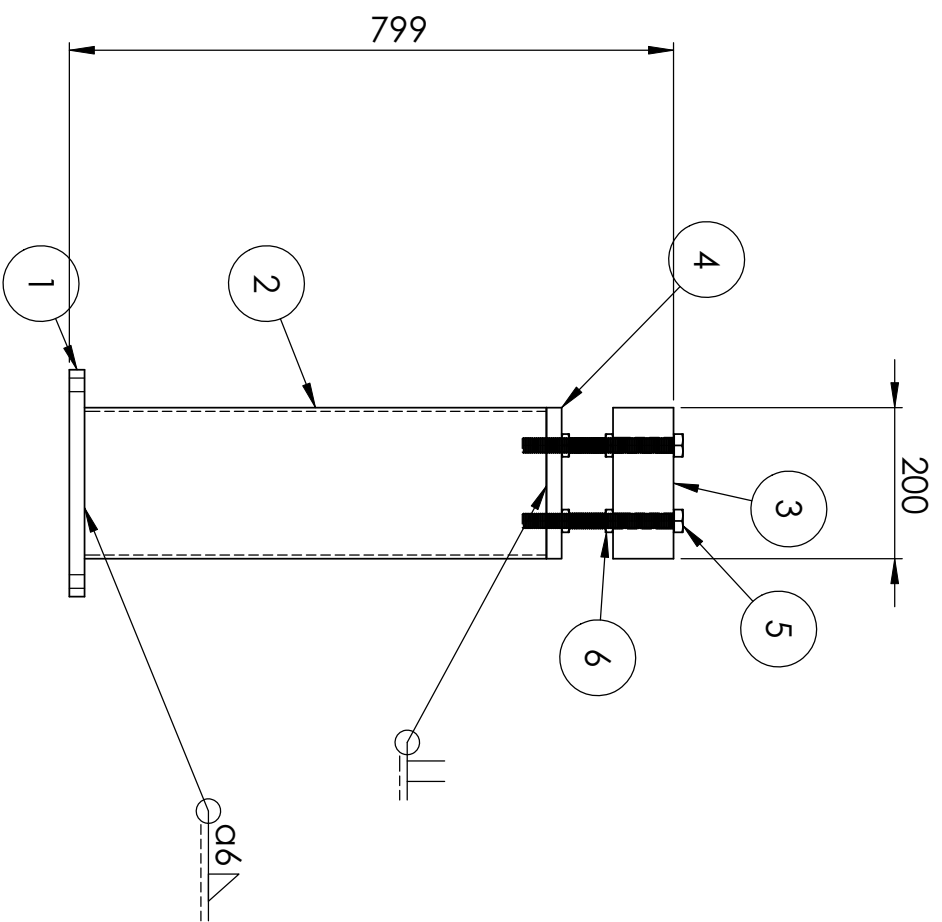
DWG NO.

3302

A4

SCALE:1:5

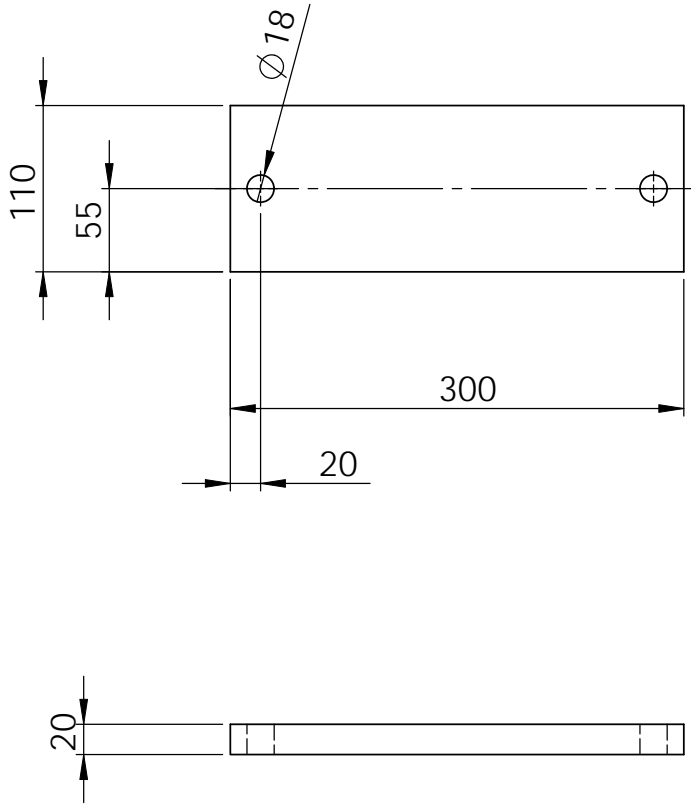
SHEET 1 OF 1



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	3510	Jalan pohjalevy	1
2	3520	Putkipalkki	1
3	3530	Liftososa	1
4	3540	Päätylevy	1
5	ISO 4017 - M20 x 200-S		2
6	Hexagon Thin Nut ISO - 4035 - M20 - N		4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH: DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	
SFS-EN ISO 9692-1		DO NOT SCALE DRAWING	
SFS-EN ISO 13920-B		REVISION	
ISO 2768-m			
ISO 2768-k			

NAME	Mikko Huoso	TITLE:	Jalka kokoonpano	
SIGNATURE		DATE	DWG NO.	3500
CHK'D			SCALE: 1:10	SHEET 1 OF 1
APP'D				
MFG		MATERIAL:		
Q.A.		WEIGHT:		A3



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Fe 37 B SFS200	
				WEIGHT:	

TITLE:

Jalan pohjalevy

DWG NO.

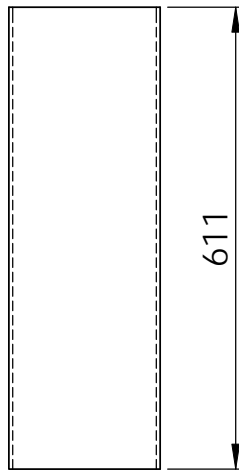
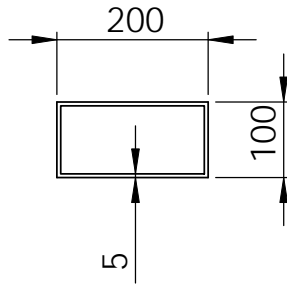
3510

A4

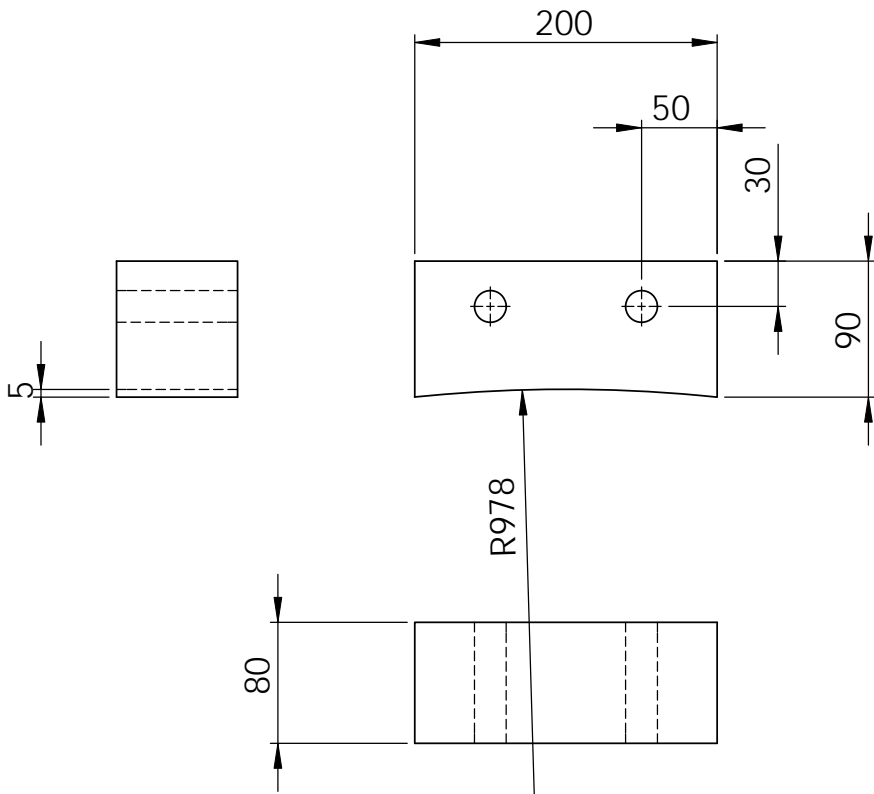
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								<b>200x100x5</b>			
				<b>Putkipalkki</b>							
				MATERIAL:		DWG NO.				A4	
				S355J2G3		<b>3520</b>					
				WEIGHT:		SCALE:1:10				SHEET 1 OF 1	
NAME		SIGNATURE		DATE							
DRAWN		Miika Huoso									
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
O.A											



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

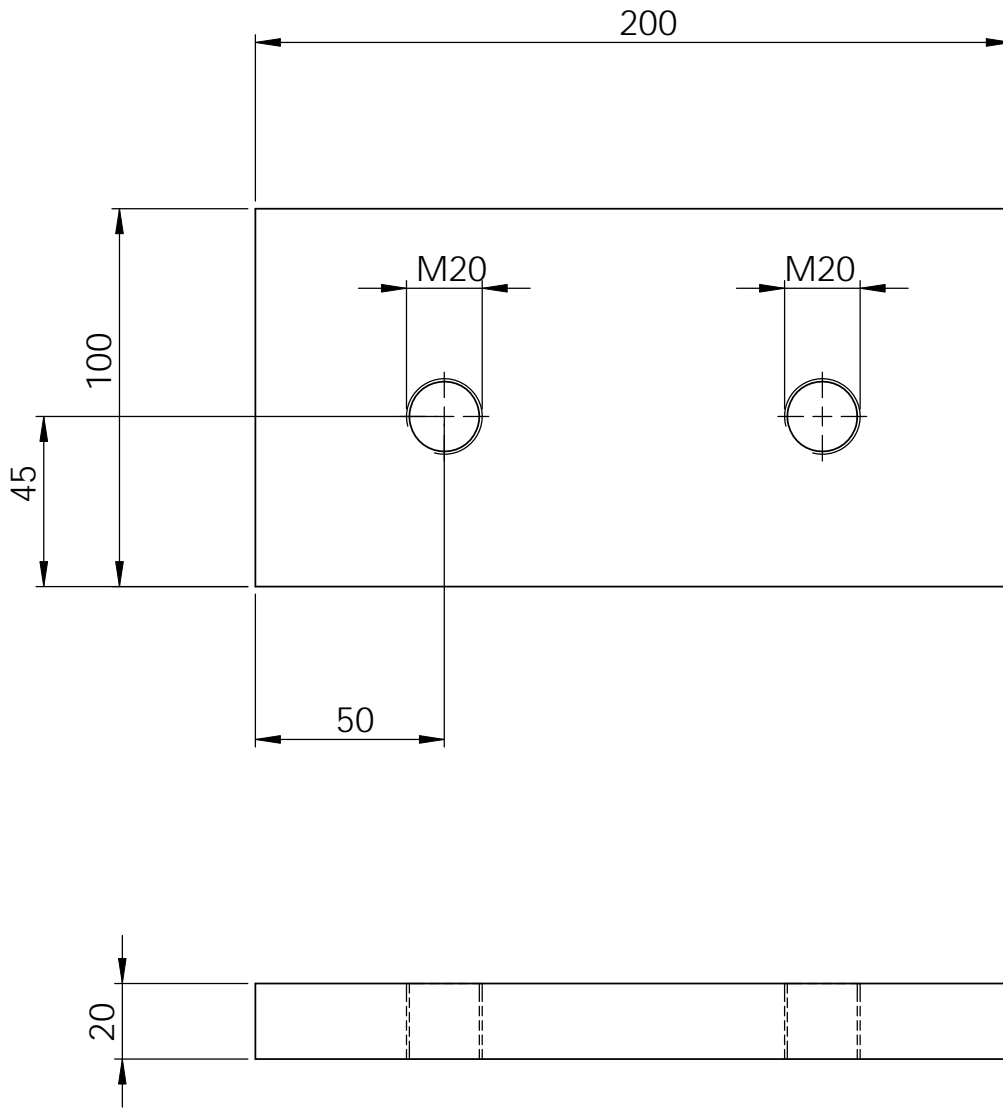
DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:		<h1>Liitososa</h1>	
MATERIAL:		DWG NO.	
Fe 37 B SFS 200		3530	
WEIGHT:		SCALE:1:5	
		SHEET 1 OF 1	
		A4	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

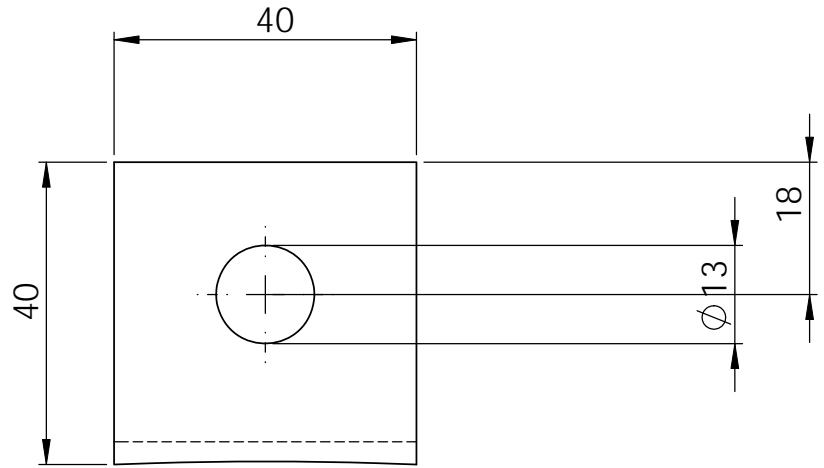
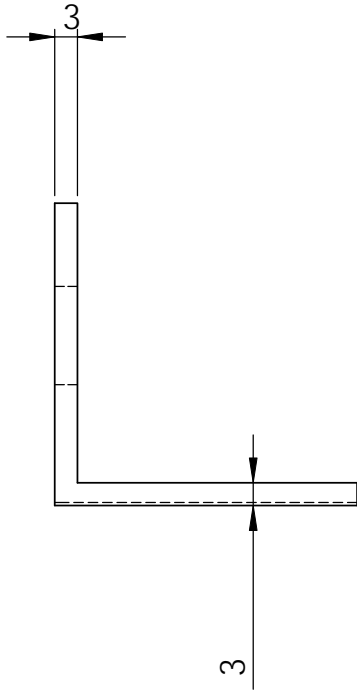
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Fe 37 B SFS 200	
				WEIGHT:	

TITLE:		Päätylevy	
DWG NO.			
SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

40x40x3

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				AISI 307	
				WEIGHT:	

TITLE:

L-profiili

DWG NO.

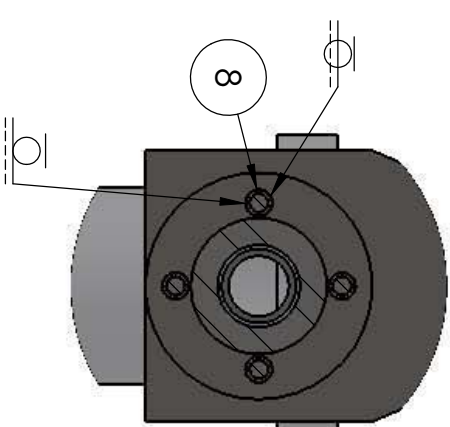
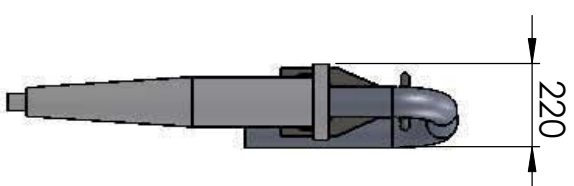
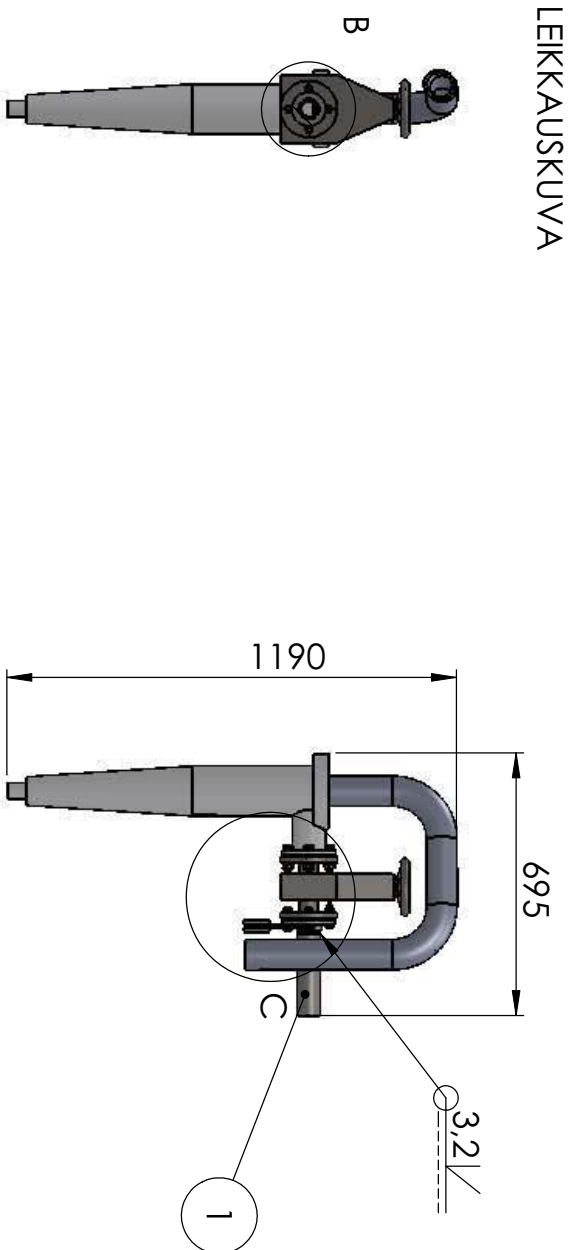
3600

A4

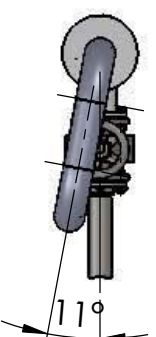
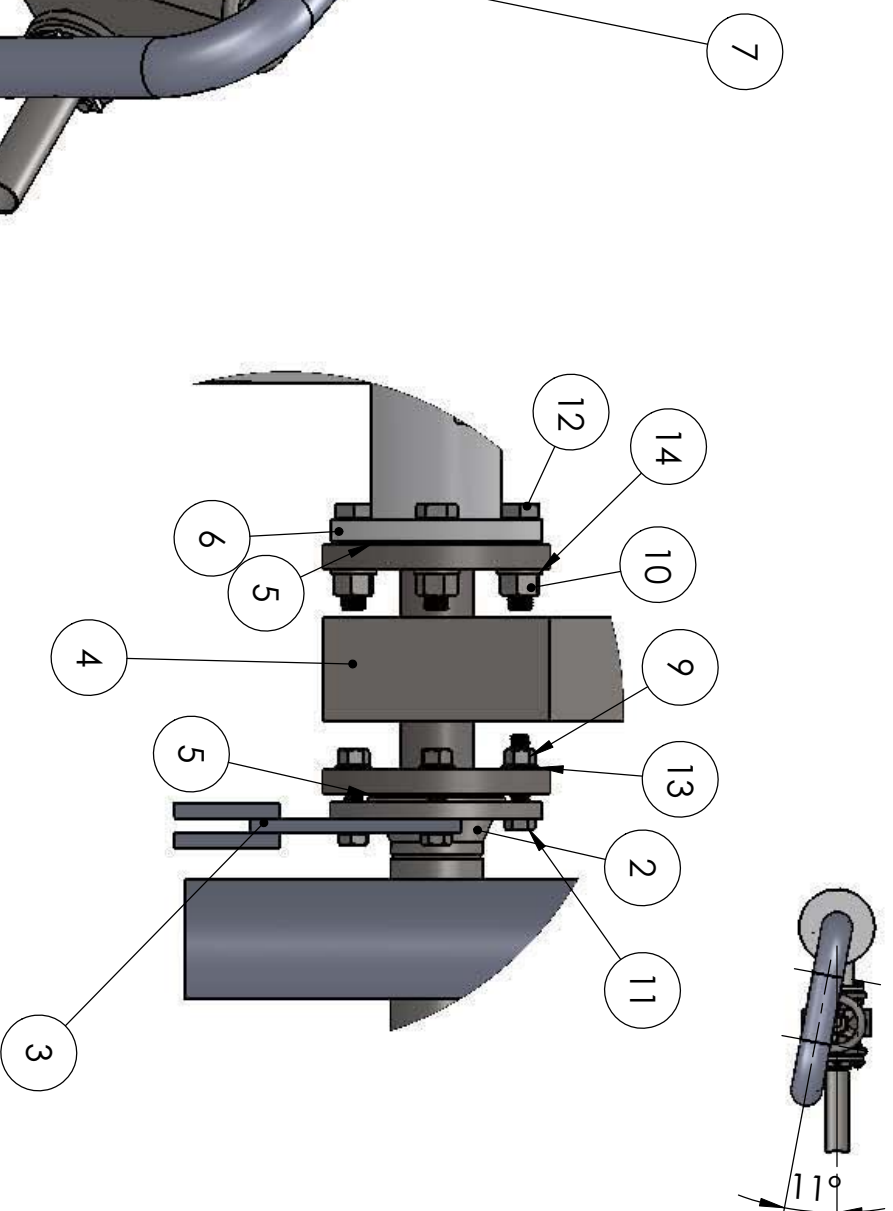
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

LEIKKAUSKUVA



DETAIL B  
SCALE 1 : 5



DETAIL C  
SCALE 1 : 5

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	4100	Yhde DN50	1
2	4200	Kauluslaippa DN50 SFS 2152 PN6	1
3	4300	Tuentakappaleen kokoonpano	1
4	4400	Letkuventtiilii PVE40 PN10 DN40	1
5	4500	Tiivistelevy DN40 SFS 4378 PN6	2
6	4600	Sykloni	1
7	4700	Materiaalinsiirtoletku	1
8	4800	Holkki	4
9	Hexagon Nut ISO - 4032 - M12 - W - N		4
10	Hexagon Nut ISO - 4032 - M16 - W - N		4
11	ISO 4017 - M12 x 55- S		4
12	ISO 4017 - M16 x 60- S		4
13	Washer ISO 7089 - 12		4
14	Washer ISO 7089 - 16		4

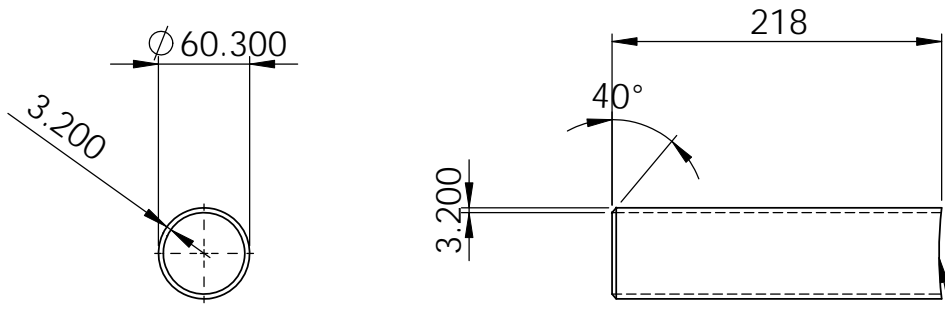
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-k

FINISH:  
DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

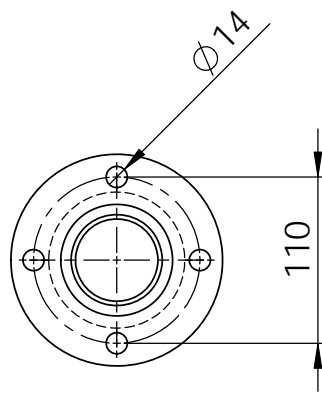
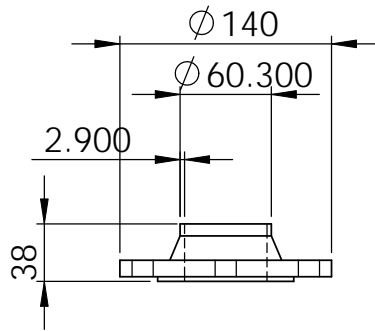
REVISION

NAME	MILKA HUOSO	SIGNATURE	DATE	TITLE:	Sykloni kokoonpano
DRAWN				DWG NO.	
CHKD				4000	A3
APPVD				SCALE: 1:20	
MFG				WEIGHT: ~55kg	SHEET 1 OF 1
Q.A					

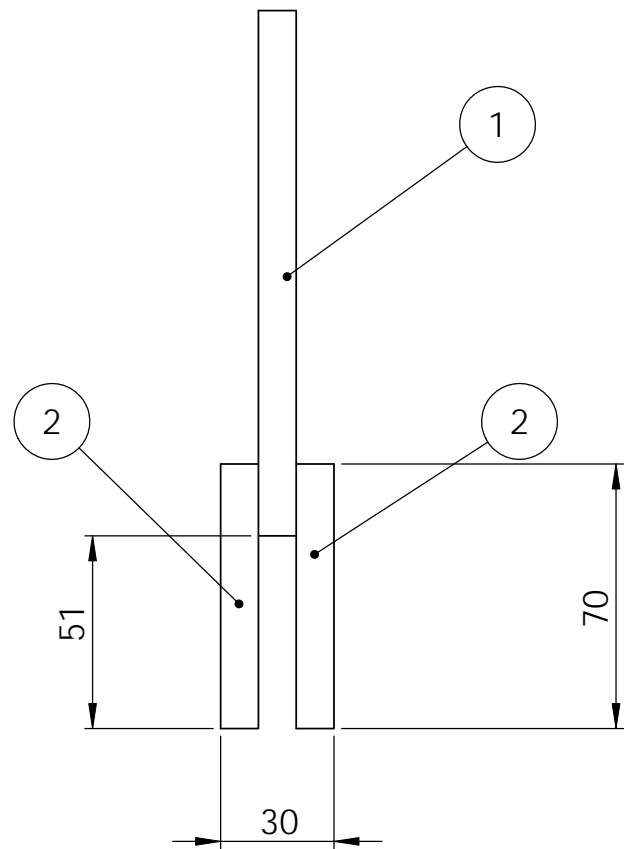
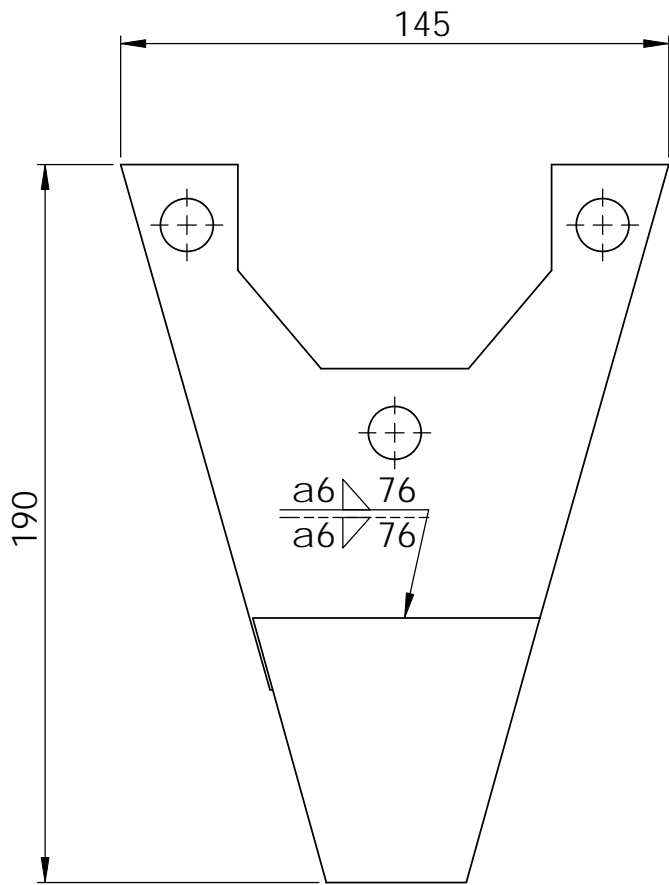


Tehtävä kahden millin viiste minimissään 30asteen kulmalla, jonka jälkeen hitsattava lierion ympärille jonka ulkohalkaisija on 517mm.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:  <h1>Yhde DN50</h1>			
DRAWN		Miika Huoso							
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
O.A				MATERIAL:  AISI 304		DWG NO.  4100		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN		Miika Huoso				Kauluslaippa DN50 SFS2152 PN6			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
O.A.				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				AISI 316 L		4200			
				WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	4310	Keskiosa	1
2	4320	Siiveke	2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:  
  
DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING  
REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso			
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	
			WEIGHT:	

TITLE:  
Tuentakappaleen kokoonpano

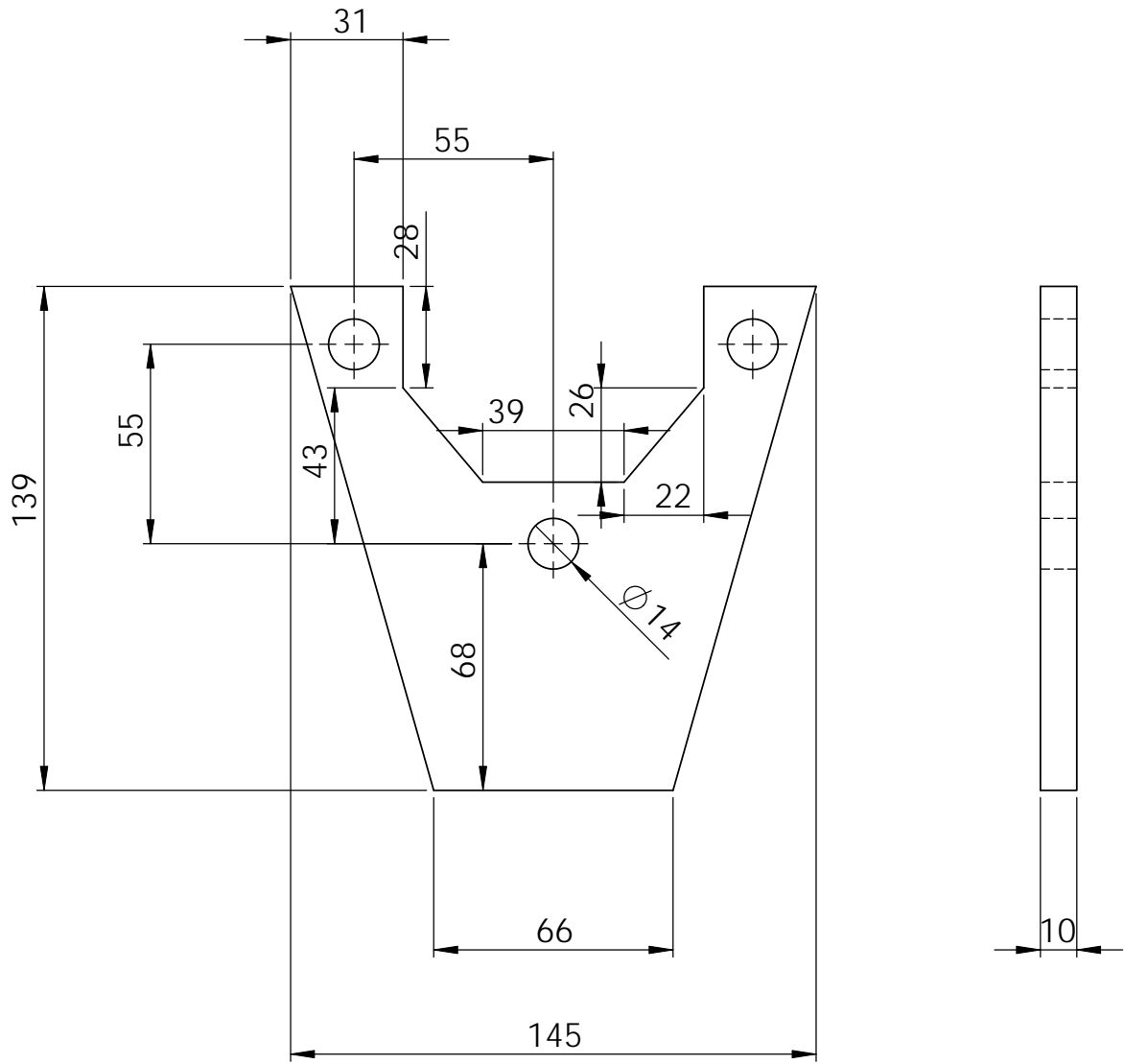
DWG NO. 4300

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

A4





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SFS-EN ISO 9692-1  
 SFS-EN ISO 13920-B  
 ISO 2768-m  
 ISO 2768-K

FINISH:

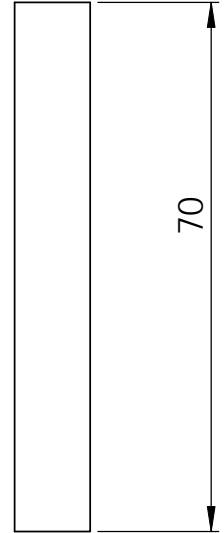
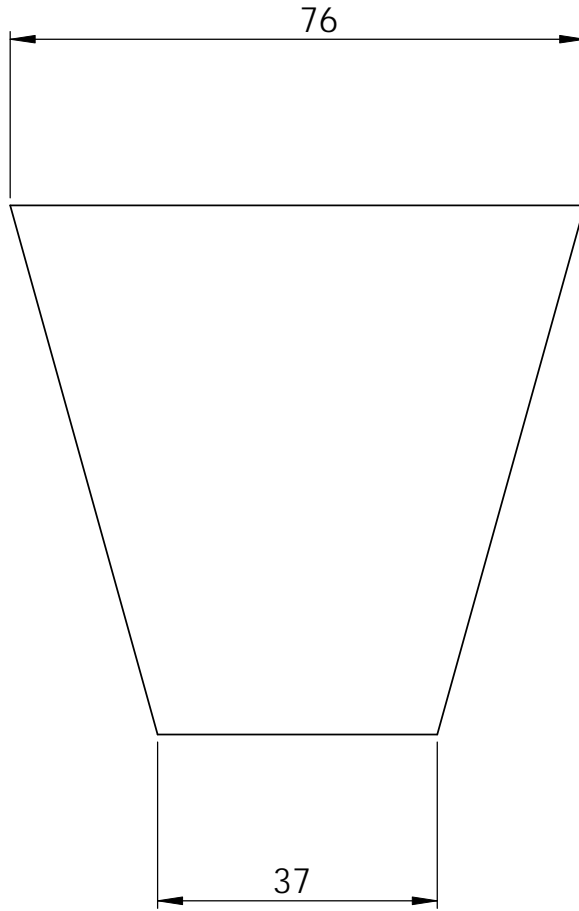
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
					Fe37 B
				WEIGHT:	

TITLE:		<h1>Keskiosa</h1>	
DWG NO.		<h2>4310</h2>	
		A4	
SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SFS-EN ISO 9692-1  
SFS-EN ISO 13920-B  
ISO 2768-m  
ISO 2768-K

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
					Fe37 B
				WEIGHT:	

TITLE:

Siiveke

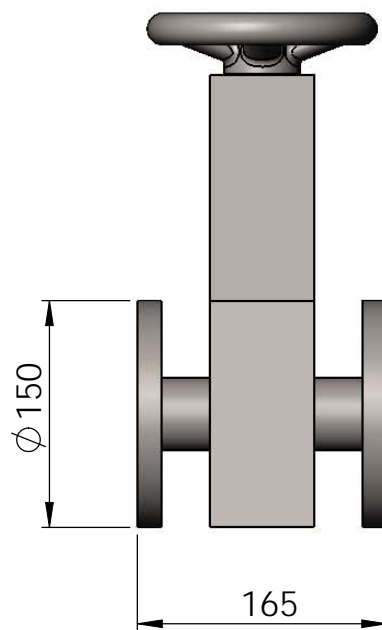
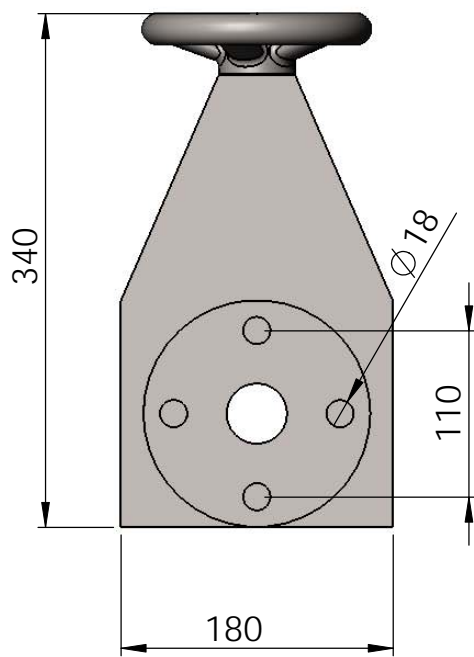
DWG NO.

4320

A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

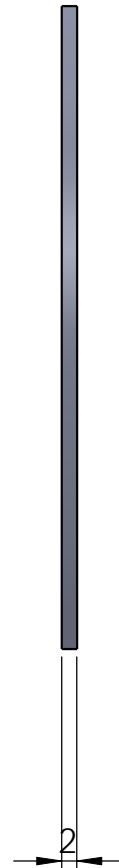
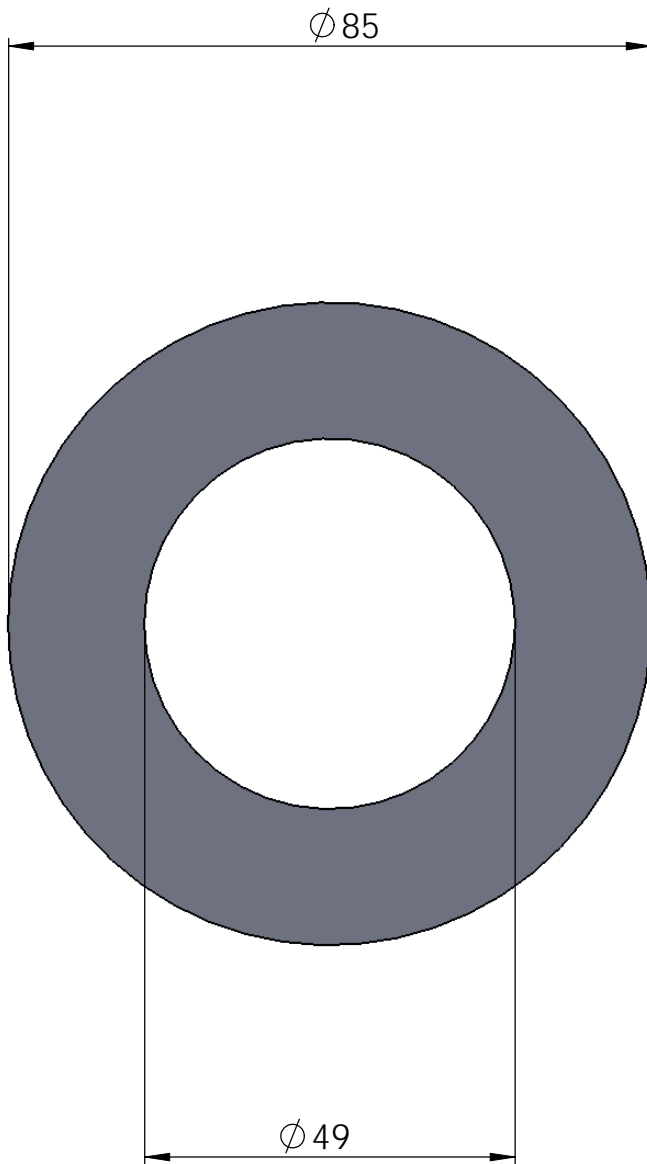
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING REVISION

**VALMISTAJA LAROX FLOW SYSTEMS**

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:	Letkuventtiili PVE40 PN10 DN40	
DWG NO.	4400	A4
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

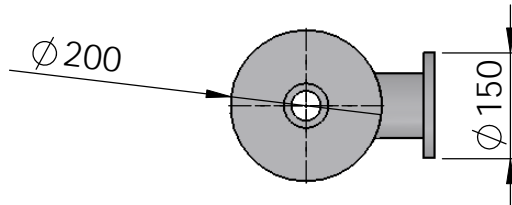
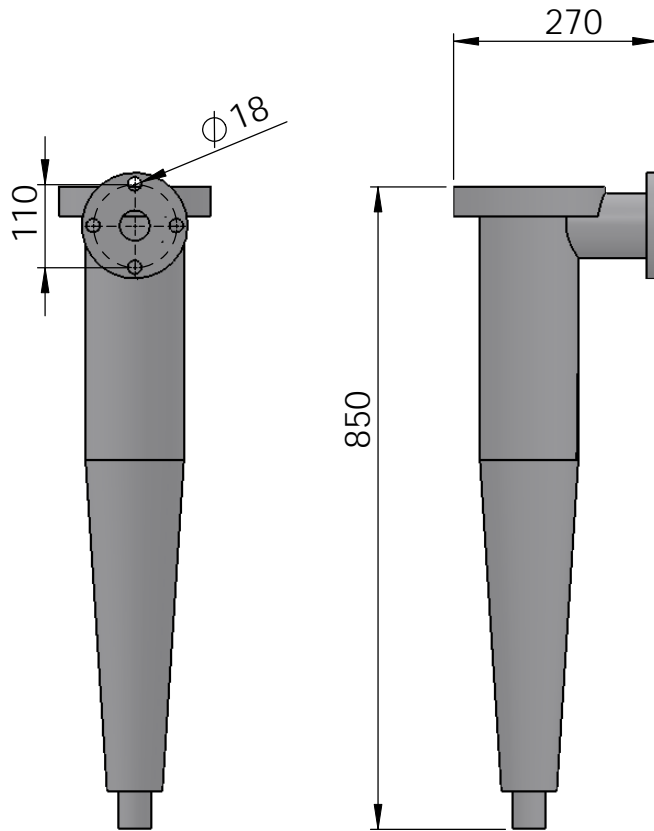
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Miika Huoso				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
					PTFE
				WEIGHT:	

TITLE:		Tiiviste SFS4378 DN40PN6	
DWG NO.	4500	A4	
SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1		

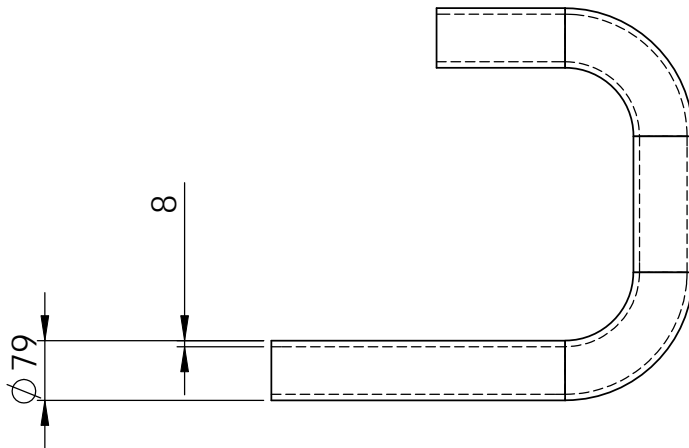
VAIN SYKLONIN PÄÄMITAT!



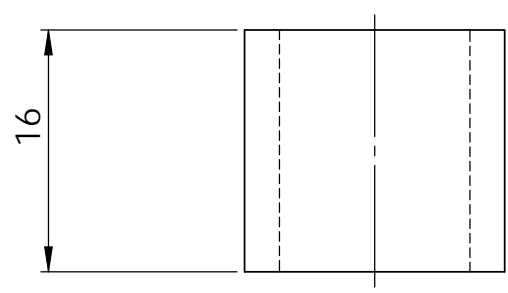
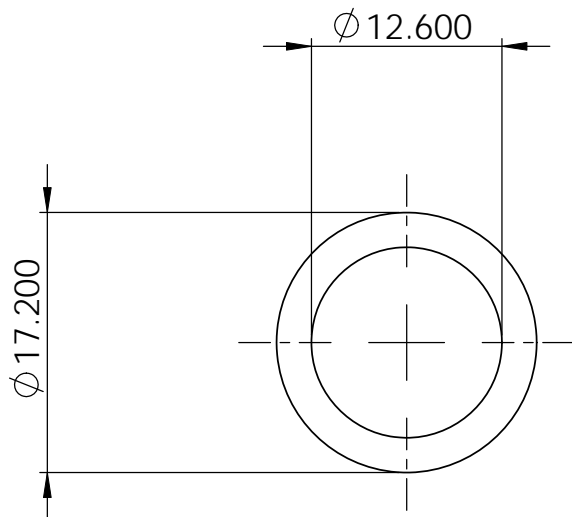
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:  <h1>Sykloni</h1>			
DRAWN		Miika Huoso							
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
O.A				MATERIAL:		DWG NO.		4600	
						SCALE:1:10		A4	
				WEIGHT:		SHEET 1 OF 1			

Materiaalinsiirtoletkuna käytetään  
CARBON 4200 BC IMU/PAINELETKUA.

Yhteispituus n.1,3m



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						Jälleenmyyjä TEKNIKUM			
						TITLE: <b>Materiaalinsiirtoletku</b>			
DRAWN Miika Huoso		SIGNATURE		DATE		DWG NO. <b>4700</b>		A4	
CHK'D						SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1	
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:					
				WEIGHT:					



Suositellaan valmistettavaksi DN15 putkesta.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SFS-EN ISO 9692-1 SFS-EN ISO 13920-B ISO 2768-m ISO 2768-K				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE:  <h1>Holkki</h1>			
DRAWN		Miika Huoso									
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
O.A.				MATERIAL:  AISI 304				DWG NO.  4800		A4	
				WEIGHT:				SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	