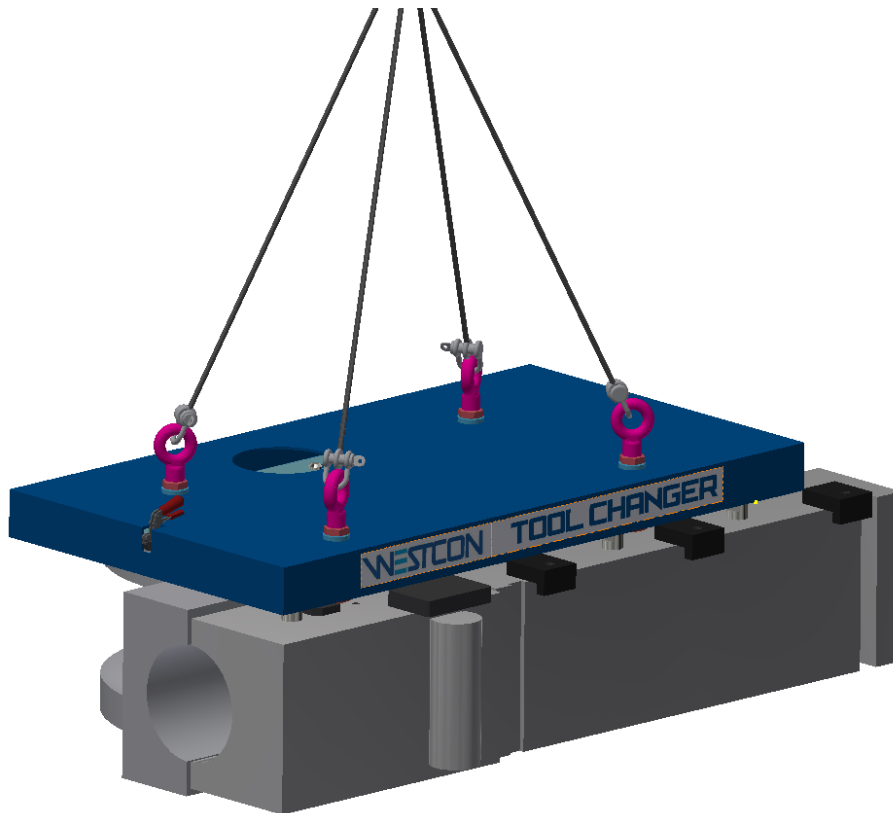




# Forbedring av verktøybytteprosessen på rørbøyemaskin



Bachelorprosjekt utført ved  
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

---

*Maskin - Marin konstruksjonsteknikk*

Av: Arnstein Kaasa Bråten  
Ann Kristin Ringreide

*Kand.nr.* 29  
*Kand.nr.* 36

*Haugesund*

*Våren 2016*

---



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# BACHELORPROSJEKT

**Studentenes navn:** Ann Kristin Ringereide  
Arnstein Kaasa Bråten

---

**Linje og studieretning** Maskin, Marin konstruksjonsteknikk

**Oppgavens tittel:** Forbedring av verktøybytteprosessen på  
rørbøyemaskin

**Oppgavetekst:**

Weston har i dag verdens største og kraftigste helelektriske rørbøyemaskin. Maskinen kan bøye rør fra 2,5" til 10" i kald tilstand. Hver rørdimensjon har sitt eget verktøysett tilpasset diameteren på røret. Ved overgang fra en dimensjon til en annen må maskinen omstilles.

Rørbøyeprosessen og verktøybytteprosessen som den er i dag skal forklares og evalueres. Studentene skal se på prosessen med konstruksjonsmetodiske midler og diskutere og visualisere løsningsprinsipper som kan forenkle denne. Endelig løsning som skal gjøre verktøybyttet mer brukervennlig og kostnadseffektivt, skal konstrueres og dokumenteres med utviklingsstykkliste og produksjonstegninger. Styrkeberegninger skal lages for å påvise konstruksjonens bæreevner. Det skal produseres en modell som viser konstruksjonens funksjon til teknisk personal.

**Endelig oppgave gitt:** Onsdag 2. mars 2016

**Innleveringsfrist:** Onsdag 4.mai 2016 kl. 12:00

**Intern veileder** Runald Meyer – HSH, tlf: 52 70 26 55

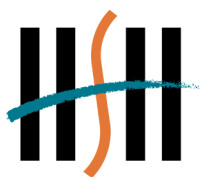
**Ekstern veileder** William Park – Westcon, tlf: 911 37 693

**Godkjent av  
studieansvarlig:**

*J. C. Lindaa*

**Dato:**

*15/4-16*



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund  
*Studie for ingeniørfag*  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Forbedring av verktøybytteprosessen på rørbøyemaskin		
Utført av Ann Kristin Ringereide Arnstein Kaasa Bråten		
Linje Marin konstruksjonsteknikk	Studieretning Maskin	
Gradering Åpen	Innlevert dato 04.05.2016	Veiledere Intern: Runald Mayer Ekstern: William Park

## Forord

Denne rapporten er skrevet som en del av vårt hovedprosjekt som avslutting på maskiningeniørutdannelsen ved Høgskolen Stord/Haugesund. Utførelse av oppgaven er gjort i samarbeid med Westcon.

Oppgaven har bydd på utfordringer, og har gitt et godt innsyn i hvordan det er å jobbe systematisk og metodisk for å oppnå et best mulig produkt for brukeren.

Vi vil rette en stor takk til William Park, Tommy Nilsen og resten av rørvdelingen på Westcon som har gitt oss stor frihet ved løsning av oppgaven, og til vår interne veileder Runald Mayer som har vært til stor hjelp og gitt oss gode råd underveis.

Vi vil også takke Kristoffer Bråten som åpnet sitt verksted slik at vi kunne produsere en nedskalert modell av produktet vårt.

---

Arnstein Kaasa Bråten

---

Ann Kristin Ringereide

## Sammendrag

Denne rapporten omhandler omstillingsprosessen av verdens største og mest avanserte helelektriske rørbøymaskin, og er skrevet i samarbeid med Westcon Yard AS. Omstilling betyr at verktøyene på maskinen må byttes ut ved overgang fra en rørdimensjon til annen, da hver rørdimensjon har forskjellige verktøydeler tilpasset rørdiameteren. Målet med oppgaven var å finne en metode som kunne gjøre omstilling/verktøybyttet mer brukervennlig og tidsbesparende.

For å komme frem til en løsning ble det gjort en evaluering av hvordan verktøybytteprosessen foregår i dag. Det viste seg at hver verktøydeler ble montert/demontert hver for seg, hvor det var en verktøydeler per kranløft. På bakgrunn av dette ble det bestemt å designe en løsning for å løfte tre verktøydeler i et kranløft. Ulike løsningsprinsipper presenteres med ulemper og fordeler. Det endelige produktet er designet ut i fra en mål- og kravanalyse og oppfyller alle krav fra Westcon Yard As. 3D og 2D figurer/tegninger er laget i Autodesk Inventor. Styrkeberegninger for å sjekke konstruksjonens bæreevne er gjort i Inventor og Ansys. Det ble produsert en modell i skala 1:3,5 for å vise designets funksjoner til teknisk personell.

# Innhold

Forord .....	iii
Sammendrag.....	iv
Definisjoner og forkortelser .....	ix
<b>1 Innledning .....</b>	<b>1</b>
1.1 Westcon.....	1
1.2 Bakgrunn for oppgaven .....	1
1.3 Målsetting.....	1
1.4 Metodikk og prosjektgjennomføring .....	2
1.5 Avgrensninger .....	2
<b>2 Kaldbøying.....</b>	<b>3</b>
2.1 Roterende trekking med dor.....	4
2.2 Helelektriske bøyemaskiner .....	7
<b>3 Verktøybytteprosessen i dag .....</b>	<b>8</b>
3.1 Strekkfisker .....	9
3.2 "Pressure Die".....	10
3.3 "Clamp Die" .....	11
3.4 "Bend Die" .....	11
3.5 "Viper Die" .....	12
<b>4 Designgrunnlag.....</b>	<b>14</b>
4.1 Mål- og kravanalyse.....	14
4.2 Funksjonsanalyse.....	15
<b>5 Utviklingsprosess og løsningsprinsipper .....</b>	<b>16</b>
5.1 Løfteprinsipper .....	17
5.2 "Sammenkobling" av verktøysett.....	19
5.3 Løftepunkt .....	20
5.4 Kobling mellom bunnplate og verktøy .....	21
5.5 Låsemekanisme.....	22
5.6 Forflytning av låseplate med nøkkelhull.....	23
5.7 Avstivning av bunnplate .....	24
<b>6 Endelig produkt.....</b>	<b>25</b>
6.1 CAD-modell av produktet .....	25
6.2 De forskjellige delene i designet og deres funksjoner .....	26
6.3 Fordeler og ulemper med designet .....	28
<b>7 Utregninger .....</b>	<b>29</b>
7.1 Håndberegninger.....	29
7.1.1 Kraftfordeling fra verktøysett .....	29
7.1.2 Låsebolt.....	35
7.1.3 Trykkrefter fra låsebolt.....	36
7.1.4 Løftekrefter.....	37
7.2 Databeregninger .....	38
7.2.1 Beregninger på låsebolt.....	38
7.2.2 Beregninger på sammensatt modell .....	39
7.2.3 Beregninger på sammensatt modell ved verst tenkelig situasjon.....	40
<b>8 Produksjonstegninger.....</b>	<b>41</b>
<b>9 Modell .....</b>	<b>56</b>

<b>10 Andre tidsbesparende tiltak.....</b>	<b>57</b>
10.1 Skifte av dor .....	57
10.2. Manøvrering av kran og plassering av bøyemaskinen .....	59
10.3 Innstilling av ”Viper Die”.....	60
<b>11 Konklusjon.....</b>	<b>61</b>
<b>Referanser .....</b>	<b>62</b>
<b>Vedlegg.....</b>	<b>I</b>
Vedlegg A: UNISON datablad bøyemaskin .....	I
Vedlegg B: Forflytningspake .....	III
Vedlegg C: Løfteøye .....	IV

## Figurliste

Figur 2. 1:Dislokasjon. Hentet fra <a href="http://deuns.chez.com/sciences/matiere/disloc22.html">http://deuns.chez.com/sciences/matiere/disloc22.html</a> .....	3
Figur 2. 2: Glideplan og glideretning.....	3
Figur 2.1. 1: Bøyemaskinen i startposisjon.....	5
Figur 2.1. 2: Bøyemaskinens posisjon etter bøyning .....	5
Figur 2.1. 3: Snitt av bøyemaskin som viser forskyvningsmetode .....	6
Figur 4.2. 1: Løftefunksjon.....	15
Figur 4.2. 2: Sammenkoblingsfunksjon .....	15
Figur 5.1. 1: Robot .....	17
Figur 5.1. 2: Rørløfter .....	17
Figur 5.1. 3: Rørløfter ved verktøysett .....	17
Figur 5.1. 4: Vakuumløfter.....	18
Figur 5.1. 5: Elektromagnet .....	18
Figur 5.1. 6: Plate .....	18
Figur 5.2. 1: "T" plate.....	19
Figur 5.2. 2: Rund plate.....	19
Figur 5.2. 3: Rektangulær plate.....	19
Figur 5.3. 1: Illustrert et løftepunkt .....	20
Figur 5.3. 2: Illustrert to eller tre løftepunkt.....	20
Figur 5.3. 3: Illustrert fire løftepunkt .....	20
Figur 5.4. 1: Boltede forbindelse.....	21
Figur 5.4. 2: Elektromagnet forbindelse .....	21
Figur 5.4. 3: Låsebolter for sammenkobling .....	21
Figur 5.5. 1: Rund låseplate .....	22
Figur 5.5. 2: Sammenkoblede nøkkelhullplater .....	22
Figur 5.5. 3: Rektangulær låseplate.....	22
Figur 5.6. 1: Forflytningsfunksjon.....	23
Figur 5.6. 2: Spake/håndtak .....	23
Figur 5.6. 3: Skruforbindelse ved hjelp av sveiv .....	23
Figur 5.6. 4: Forskyvningsspake.....	23
Figur 5.7. 1: Støttende konstruksjon på langs og på tvers .....	24
Figur 5.7. 2: H eller I bjelke for avstivning .....	24
Figur 5.7. 3: Forsterkede sidekanter .....	24
Figur 6.1. 1: ”Tool Changer” uten låsebolter .....	25
Figur 6.1. 2:”Tool Changer” uten topplaten .....	25

Figur 6.2. 1: Sammensetning av bunnplate.....	26
Figur 6.2. 2: Sammensetning av låseplaten .....	26
Figur 6.2. 3: Topplaten .....	26
Figur 6.2. 4: Låsebolt .....	26
Figur 6.2. 5: Lineær forskyvningsspake. Hentet fra: <a href="http://www.destaco.com/straight-line-action-clamps/603-R?unit=metric">http://www.destaco.com/straight-line-action-clamps/603-R?unit=metric</a> .....	27
Figur 6.2. 6: Foring .....	27
Figur 6.2. 7: Sammenstilling av løfteanordning uten foring.....	27
Figur 7.1.1. 1: Kraftfordeling fra verktøysett.....	29
Figur 7.1.1. 2: Krefter "Clamp Die" .....	30
Figur 7.1.1. 3: Krefter "Pressure Die" .....	32
Figur 7.1.1. 4: Tyngdepunkt og nummerering av krefter på "Bend Die" .....	33
Figur 7.1.1. 5: Kraftpar "Bend Die" .....	33
Figur 7.1.1. 6: Kraft F1 og F2 - "Bend Die".....	34
Figur 7.1.1. 7: Kraft F3 og F4 - "Bend Die".....	34
Figur 7.1.2. 1: Kritisk tverrsnitt i låsebolt.....	35
Figur 7.1.3. 1: Trykkrefter fra låsebolt .....	36
Figur 7.1.4. 1: Løftekrefter .....	37
Figur 7.2.1 1: Ansys beregninger av låsebolt.....	38
Figur 7.2.2. 1: Inventor: "Von Mises Stress" - fire løftepunkt, sammensatt modell.....	39
Figur 7.2.2. 2: Inventor: "Displacement" – fire løftepunkt, sammensatt modell .....	39
Figur 7.2.3.1: Inventor: "Von Mises Stress" – to løftepunkt, sammensatt modell .....	40
Figur 7.2.3.2: Inventor: "Displacement" – to løftepunkt, sammensatt modell .....	40
Figur 10.1. 1: Løftevogn for dor med justeringsmuligheter.....	57
Figur 10.1. 2: Løftevogn med dor.....	57
Figur 10.1. 3. Mulig lagringssystem for dor.....	58
Figur 10.2. 1: Forflytning av verktøysett.....	59
Figur 11. 1: Modifikasjon på "Tool Changer" .....	61

## Bildeliste

Bilde 2.1. 1: Snitt av ferdigbøyd 90° bend.....	6
Bilde 3. 1: Bøyemaskinen sett ovenfra .....	8
Bilde 3.1. 1: Rød pil viser plassering av strekkfisk.....	9
Bilde 3.2. 1: "Pressure Die" .....	10
Bilde 3.2. 2: Festeanordning på "Pressure Die" .....	10
Bilde 3.2. 3: Monteringsplass for "Pressure Die" på bøyemaskinen .....	10
Bilde 3.3. 1: "Clamp Die" .....	11
Bilde 3.3. 2: Festeanordning på "Clamp Die" .....	11
Bilde 3.3. 3: Monteringsplass for "Clamp Die" på bøyemaskinen.....	11
Bilde 3.4. 1: "Bend Die" med hull for akslingen .....	11
Bilde 3.4. 2: Forbindelse mellom "Bend Die" og maskin.....	11
Bilde 3.5. 1: Hjul for innstilling.....	12
Bilde 3.5. 2: Trippeller .....	12
Bilde 3.5. 3: Finjustering mellom "Bend Die" og "Viper Die" .....	12
Bilde 3.5. 4: "Viper Die".....	12
Bilde 3.6. 1: Dor.....	13
Bilde 3.6. 2: Dorstang .....	13
Bilde 3.6. 3: Gjengeforbindelse på dor.....	13



Bilde 9. 1: Modell av verktøysettet.....	56
Bilde 9. 2: Modell sammensatt i låst posisjon .....	56
Bilde 9. 3: "Tool Changer" i åpen stilling.....	56
Bilde 9. 4: "Tool Changer" i låst stilling .....	56
Bilde 10.3. 1: "Viper Die" plassert på "Bend Die" .....	60

## **Tabeller**

Tabell 2.1. 1: Stålkvalitet og dimensjoner (Forenklet rørbøying skjema).....	4
Tabell 3. 1: Tid ved verktøybytte for forskjellige dimensjoner .....	8
Tabell 7.1.1. 1: Oversikt over krefter fra verktøysettet .....	30

# Definisjoner og forkortelser

## Symboler

Symbol	Forklaring
m	Masse
A	Areal
F <sub>P</sub>	Kraft som virker på "Pressure Die"
F <sub>C</sub>	Kraft som virker på "Clamp Die"
F <sub>B</sub>	Kraft som virker på "Bend Die"
G	Gravitasjonskraft
S	Kraft på løftepunkt
$\sigma$	Spenning
$\gamma_a$	Sikkerhetsfaktor
$\gamma_m$	Materialsikkerhetsfaktor
$\Sigma \cup$	Summen av moment
$\Sigma \updownarrow$	Summen av krefter i retning angitt på figur

Begrep	Forklaring
CAD	"Computer Aided Design" (dataassistert konstruksjon)
SWL	"Safe Working Load" (tillat arbeidsbelastning)
DNV GL	Fusjon mellom Det Norske Veritas (DNV) og Germanischer Lloyd (GL) (Sertifiseringsselskap)

## Språk

Rørbøymaskinen som omtales i denne rapporten ble kjøpt i England, og all opplæring hos Wescton ble foretatt på engelsk. På grunn av dette og mangel på norske ord er språket som brukes for å forklare maskinen og dens deler engelsk. For en fagmann er det vanlig å bruke tommer når det snakkes om rør. Det opereres derfor med tommer i denne rapporten.

Tommer	Millimeter
2,5	63,5
3	76,2
4	101,6
5	127
6	152,4
8	203,2
10	254

# **1 Innledning**

## **1.1 Westcon**

Westcon Group er et familieeid konsern som ble etablert i 2011, og består av datterselskapene Westcon Yard, Westcon Power & Automation og Westcon Løfteteknikk. (Historie, Westcon)

Allerede siden 1981 har Westcon skaffet seg erfaring innen maritim industri, og i 1994 gikk Westcon Yards AS inn i markedet for riggservice og modifikasjoner. Verftet i Ølen er i dag hovedbase for rigg- og skipsreparasjoner. Etter 30 år med hard jobbing og investeringer har Westcon Yards AS posisjonert seg som et av de ledende og mest suksessfulle verftene i Norge. (Historie, Westcon)

## **1.2 Bakgrunn for oppgaven**

På Westcon Yard i Ølen finner en verdens største og mest avanserte helelektriske rørbøyemaskin for kaldbøyning av rør. Dette er en maskin utviklet i samarbeid mellom Westcon og den engelske bedriften Unison. I utgangen av 2016 vil verftet kunne levere DNV GL sertifiserte kaldbøyde rør opp til 10" som de første i verden.

Selve bøyeprosessen av rør er rask og effektiv. utfordringene oppstår imidlertid når maskinen må omstilles fra å bøye en rørdimensjon til en annen. På maskinen finnes det flere verktøydeler som da må skiftes ut. Disse delene løftes av en av gangen, hvor noen tar lenger tid en andre. Hvordan verktøybytteprosessen foregår fremkommer i kapittel 3. Det er ønskelig å finne en metode som gjør denne prosessen mer brukervennlig og kostnadseffektiv.

## **1.3 Målsetting**

I første del av oppgaven skal de delene på rørbøyemaskinen som skiftes ut ved omstilling presenteres. En evaluering av dagens verktøybytteprosess skal gjøres slik at hovedutfordringene med utbytting av hver del avdekkes. I tillegg gjøres det rede for hvilke krav det er å forholde seg til ved design av en løsning.

Endelig løsning vil være basert på evalueringen gjort i første del av oppgaven, og i andre del av oppgaven skal de vurderinger som er gjort for å komme frem til en best mulig løsning/produkt presenteres. Målet er at dette produktet vil gjøre verktøybyttet mer brukervennlig og dermed kutte ned verktøybyttetiden betydelig.

## 1.4 Metodikk og prosjektgjennomføring

Dette prosjektet omhandler et tema hvor det finnes lite informasjon å ta utgangspunkt i. Bedrifter som har bøyemaskiner vil ha disse stående i ulike omgivelser. Sannsynligheten for at maskinene er ulike eller har forskjellig verktøy er også stor. Løsninger som fungerer for en bedrift vil derfor nødvendigvis ikke fungere for en annen.

Det fantes ikke 3D modeller av verktøyene til rørbøyemaskinen på Westcon, og det var derfor nødvendig å lage CAD-modeller av disse. Måling og skissering ble gjort for hånd. I tillegg til skyvelære ble det brukt meterstokk og målebånd, da det ikke var tilgang til stort nok skyvelære for alle målene. På grunn av dette vil det kunne være små avvik på våre modeller i forhold til de virkelige verktøydelenene.

Det er brukt Autodesk Inventor for å produsere 3D og 2D tegninger. Beregninger var først tenkt gjort i Ansys, men siden studentversjonen har begrensninger er styrkeberegningsmodulen i Inventor brukt for utregninger der flere enn tre deler inngår.

## 1.5 Avgrensninger

Det ble gjort observasjoner av verktøybytteprosessen, og bøyemaskinoperatører kom med innspill til utfordringene som ble observert. Det viste seg at prosessen var mer omfattende enn først antatt.

Utfordringer som ble observert og diskutert var:

- Kranen er vanskelig å manøvrere og plassering av verktøysettene i forhold til kran og bøyemaskin er ikke ideell
- Kun en og en del av verktøysettet kan løftes av gangen
- Innstilling av "Viper Die"
- Vanskelig å skifte dor

Hovedfokus i denne oppgaven legges på å løse utfordringen med at verktøysettet må byttes del for del. Denne avgjørelsen er tatt på bakgrunn av hvor det antas å spare mest tid. I kapittel 10 ses det også kort på alternative metoder og ideer for å løse de andre utfordringene som ble observert.

## 2 Kaldbøying

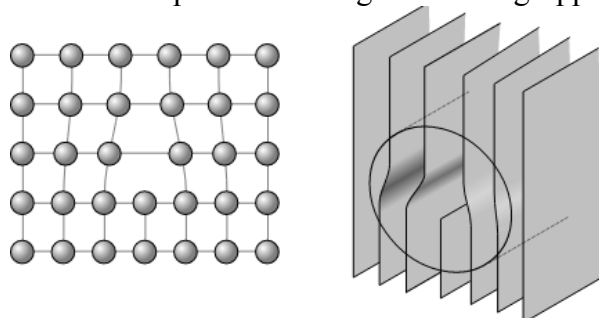
Kaldbøying er bøying av rør i kald tilstand. Det vil si at bearbeidingen skjer under rekrySTALLISASJONGSGRENSEN slik at materialet fastner under prosessen. Ved deformasjonsherding (fastning) dannes det hele tiden nye dislokasjoner i materialets krystallgitter som blokkerer bevegelse i flere glideplan. Dette gjør at metallet får økt styrke og hardhet på den delen av røret som blir bearbeidet. Økt hardhet fører igjen til redusert formbarhet. (Christensen, 2009)

Kaldbøying av rør kan skje på forskjellige måter, disse er pressing ("Compression bending"), roterende trekking ("Rotary draw bending"), roterende trekking med dor ("Mandrel bending") og rulle ("Roll bending"). Vi skal her konsentrere oss om roterende trekking med dor, da det er denne metoden som blir brukt på Westcon.

### Ordforklaringer

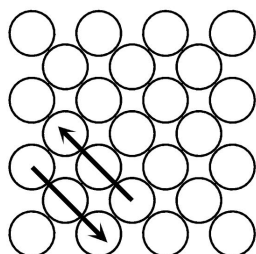
*RekrySTALLISASJONGSGRENSE* er den temperaturen et metall må overstige for at rekrySTALLISASJON kan skje. Under denne prosessen dannes det nye spenningsfrie korn i metallet.

*Dislokasjon* er en lineær defekt i den krystallinske strukturen til et fast stoff (Dislokasjon – fysikk og metallurgi, 2009). Uregelmessigheten skyldes innskyting av et ekstra atomplan eller manglende atomgrupper.



Figur 2. 1: Dislokasjon. Hentet fra <http://deuns.chez.com/sciences/matiere/disloc22.html>

*Glideplan* er et tettpakket krystallografisk plan hvor det foregår glidninger i atomstrukturen. Atomene beveger seg her relativt i forhold til hverandre.



Figur 2. 2: Glideplan og glideretning

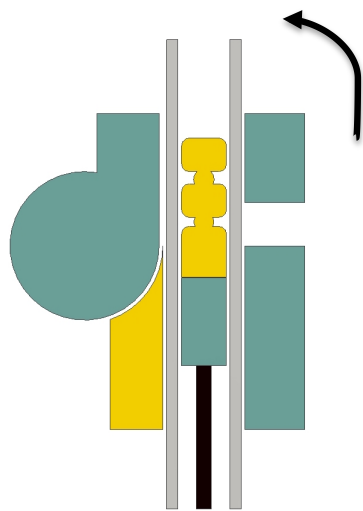
## 2.1 Roterende trekking med dor

Roterende trekking med dor er en bøyemetode som gir bøyde rør av høy kvalitet. Dette gjør at Westcon i nær fremtid kan levere sertifiserte rør i flere forskjellige materialer. Hvilke materialer dette er fremkommer i tabellen under. Dimensjoner under 2,5" bøyes på en annen maskin enn det er snakk om i denne rapporten.

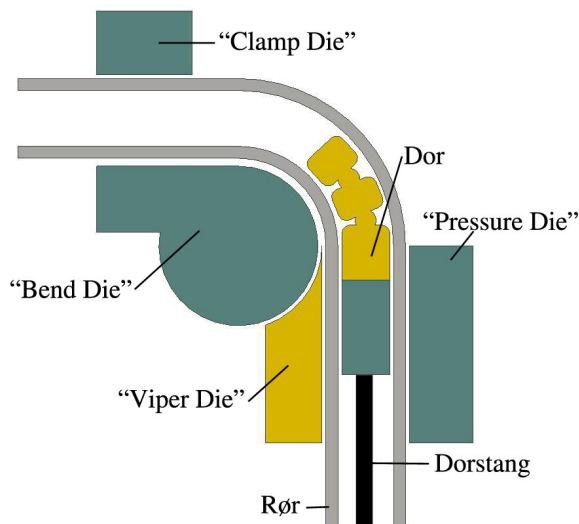
Rørmateriale/ -type	Dimensjoner (")													
	Mindre enn 3/4	3/4	1	5/4	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	Større enn 10
Titan Gr 2	Prosedyrer under utvikling													
Super Duplex 25cr	Tradisjonell prefab	Prefab med sertifisert kaldbøy												Tradisjonell prefab
Duplex 22cr														
6 MO														
CuNi														
316L														
API5L-X52														
St 52														
St 35.8														
333Gr-B														
A 106Gr-B SCH 40 / SCH 80														

Hydraulikkør	Dimensjoner (mm)															
	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	35	38	42	50	60	N/A
316L	Tradisjonell prefab og/eller kaldbøy															N/A
St 52.4/37.4																N/A

Tabell 2.1. 1: Stålkvalitet og dimensjoner (Forenklet rørbøying skjema)



Figur 2.1. 1: Bøyemaskinen i startposisjon



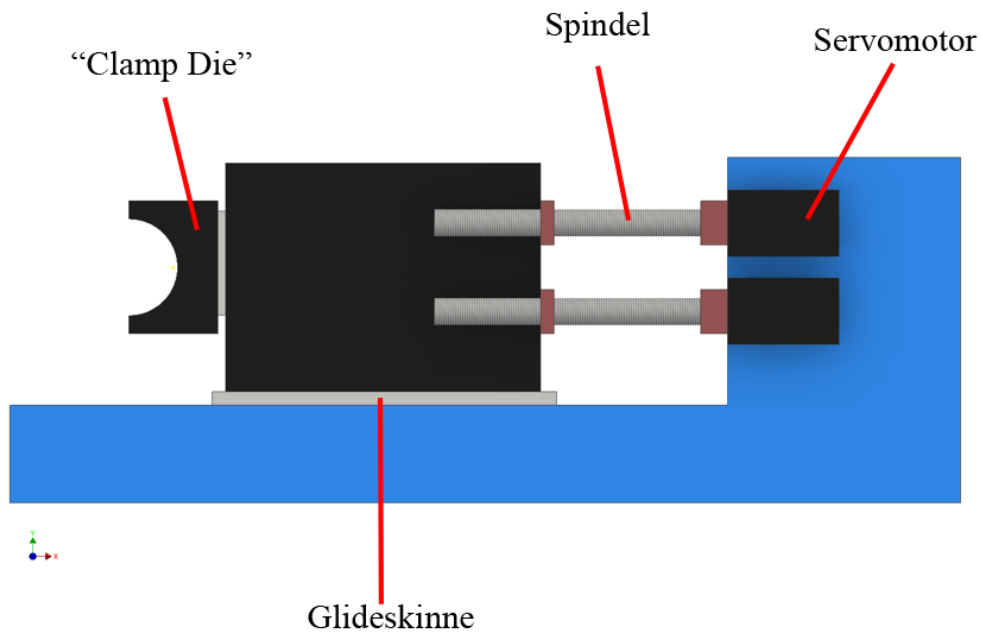
Figur 2.1. 2: Bøyemaskinens posisjon etter bøyning

På en bøyemaskin er det flere deler som må være på plass for at man kan bøye/trekke rør. Først og fremst er det et "verktøysett" bestående av "Bend Die", "Pressure Die" og "Clamp Die". Når det refereres til verktøysettet videre i rapporten, er det altså disse tre delene det er snakk om. I tillegg til verktøysettet er det en "Viper Die", og dor med dorstang. Det er doren som sørger for at røret opprettholder riktig rørtverrsnitt. Dette skjer ved at doren ligger på innsiden av røret og følger med i bøyen (se figur 2.1.2). Rørtverrsnittet vil da holde samme fasong som doren.

Før man kan sette i gang bøyeprosessen monteres riktig verktøysett på maskinen i henhold til diameter på røret som skal bøyes.

Når verktøyene er montert på bøyemaskinen må disse beveges inn i rett posisjon. Dette gjøres gjennom CNC-styring. Maskinen vil da bevege seg automatisk etter et program som forteller hvor maskinen skal bevege seg. De bevegelige delene blir drevet av servomotorer som har en mekanisk skrueforbindelse(spindel) til delene som skal forflyttes. Spindelen roterer og skrur verktøyene på plass. Figur 2.1.3 viser hvordan dette fungerer på "Clamp Die".

Riktig plassering av doren er funnet ved hjelp av lang erfaring. Dersom doren står for langt fremme i røret vil man få merker av doren i røret, står doren for langt bak vil det kunne oppstå deformasjoner i rørtverrsnittet.

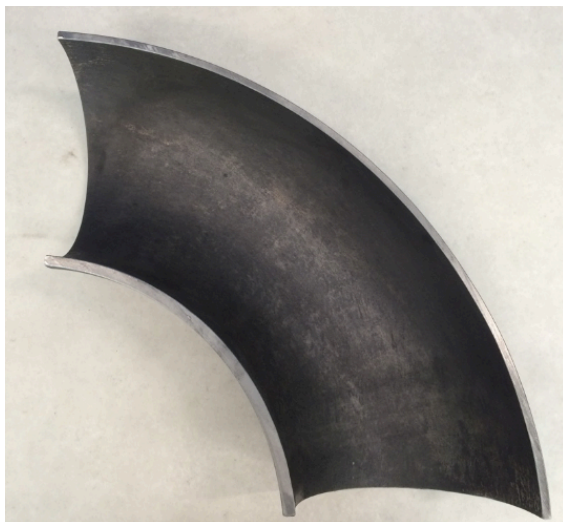


Figur 2.1. 3: Snitt av bøyemaskin som viser forskyvningsmetode

Selve trekkingen/bøyingen skjer ved at "Bend Die" roterer sammen med "Clamp Die". Disse to er sammenkoblet og vil rotere som en urviser der "Clamp Die" er ytterst og "Bend Die" er i senter. Samtidig blir røret som skal bøyes presset i bakkant med stor kraft. Dette gjøres for å tilføye material slik at fortynning av material i ytterkant av bendet blir minimert. Lasere og sensorer overvåker operasjonen og verifiserer at verktøysettet er i riktig posisjon, og at røret får nøyaktig den vinkelen det skal ha.

Selv om røret presses i bakkant under bøying vil tykkelsen i rørveggen forandre seg under bøying. Materialet på yttersiden strekkes, mens materialet på innsiden presses sammen. (Mandrel Nose Placement, 2008)

Bildet 2.1.1 viser et rør som er bøyd 90 grader. Her ser man tydelige forskjeller i tykkelse på innervegg og yttervegg.



Bilde 2.1. 1: Snitt av ferdigbøyd 90° bend



## 2.2 Helelektriske bøyemaskiner

På helelektriske bøyemaskiner drives alle bevegelige deler av elektrisitet, disse er servostyrt (se figur 2.1.3). Det finnes ingen hydraulikk og væskesystemer.

Det er en rekke fordeler med helelektriske bøyemaskiner i forhold til hydrauliske. I følge Jeff Tapper (Tapper, 2001) vil en helelektrisk maskin kunne produsere 30% flere deler sammenlignet med en tilsvarende hydraulisk på grunn av brukervennlighet.

Andre fordeler er lavt strømforbruk, enkel innstilling av bøyehastighet, samt nøyaktighet under produksjon. En elektrisk maskin bruker kun strøm når den er i bevegelse, i motsetning til en hydraulisk maskin som trekker strøm for å kunne holde på trykk og temperatur til enhver tid. Siden alle bevegelige deler er servostyrt og drives av elektrisitet, slipper man også feilkilder som en hydraulisk krets vil kunne gi. Når hydraulikkoljen endrer temperatur forandres densiteten. Dette kan påvirke posisjonen til de hydraulisk drevne komponentene på maskinen. Ved å ikke ha slike feilkilder blir nøyaktigheten på rørbøyene som bøyes av elektriske maskiner på millimeterpresisjon. Innstillinger for bøyehastighet kan enkelt gjøres via styresystemet (CNC) og må stilles inn etter ønsket kvalitet på rørbøyen. Lavere hastighet gir økt kvalitet.

Typisk støynivå fra en helelektrisk bøyemaskin er 55-60 desibel, mot 80-85 desibel fra en hydraulisk. Dette gjør at man kan jobbe i et arbeidsmiljø uten for mye støy om man går for det elektriske alternativet. Siden de ikke har noe væskesystem, slipper man både lekkasjer og varmeutvikling.

Spesifikasjoner for Westcons Unison 220 finnes i vedlegg A.

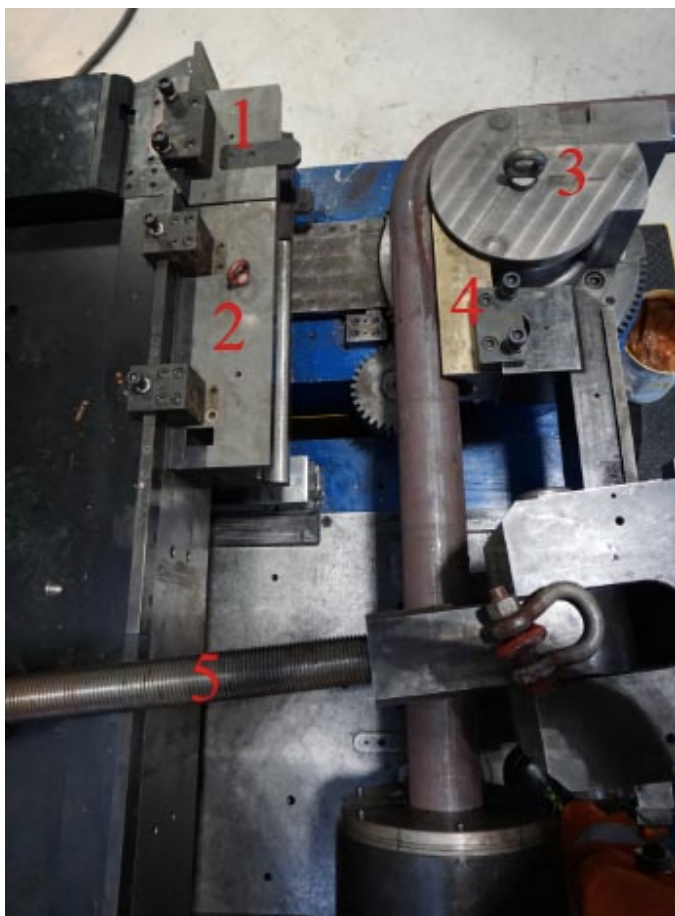
### 3 Verktøybytteprosessen i dag

Til dags dato blir alle delene som byttes ut under omstilling av bøyemaskinen løftet hver for seg. Man løfter en komponent av maskinen og henter tilsvarende komponent i annen dimensjon. Klaringen i forhold til festepunktene på bøyemaskinen er liten, og det er derfor viktig at kranen er stilt inn riktig slik at verktøydelenes kan gli nøyaktig på plass. Ut i fra observasjoner gjort av prosessen, viste det seg at det noen ganger ble brukt lang tid på å rette opp i kilinger av "Bend Die" som ble løftet skeivt på. Avstanden fra maskinen til oppbevaringsplassen er også relativ lang. Dette til sammen resulterer i at det brukes mye tid på å posisjonere kranen, samt kjøre den frem og tilbake.

I tabellen under fremkommer tiden Westcon bruker på verktøybyttet ved de ulike dimensjonene.

Dimensjon["]	Montering[minutt]	Demontering[minutt]
2,5	75	90
3	75	90
4	75	100
5	105	135
6	110	135
8	115	150
10	N/A	N/A

Tabell 3. 1: Tid ved verktøybytte for forskjellige dimensjoner



**På bildet til venstre ser man følgende deler:**

1. "Clamp Die"
2. "Pressure Die"
3. "Bend Die"
4. "Viper Die"
5. Strekkfisk

**Dersom alle verktøydelenes på maskinen skal monteres, er vanligvis rekkefølgen:**

1. Dorstang
2. Dor
3. "Clamp-", "Pressure-" og "Bend Die" (variabel rekkefølge)
4. "Viper Die"
5. Strekkfisker

Demontering skjer i omvendt rekkefølge.

Bilde 3. 1: Bøyemaskinen sett ovenfra

### 3.1 Strekkfisker

Strekkfiskenes funksjon er å opprettholde stivheten slik at det ikke forekommer deformasjoner i maskinen under bøyning. På strekkfiskene er det løftesjakkler man fester kranen i. På bilde 3.1 ser man hvor løftesjakkelen for den ene strekkfisker er plassert. Det brukes en, to eller tre strekkfisker avhengig av hvilke dimensjon det er på verktøyet som står på maskinen.



Bilde 3.1. 1: Rød pil viser plassering av strekkfisk

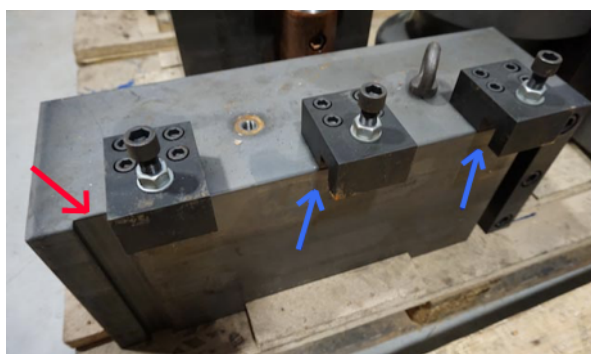
### 3.2 "Pressure Die"

"Pressure Die" løftes ved hjelp av to kroker festet til øyebolter. Verktøyet hektes på maskinen ved hjelp av tre "festeklosser". Et vertikalt spor sørger for at plasseringen blir riktig. På bilde 3.2.3 ser man hvordan øyeboltene er plassert, og hvordan forbindelsen mellom "Pressure Die" og maskinen ser ut. Det er ingen vanskelige tilkomster med bolter som trengs å skues fast. En av ulempene er at løftepunktene på verktøyet ikke er balansert. Dette gjør at verktøyet henger skeivt i kranen i forhold til maskinen, og man må bruke en del krefter for å dytte det i riktig posisjon for hånd.

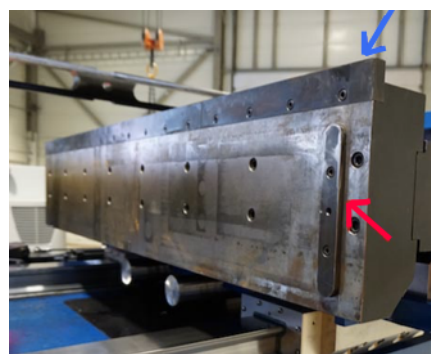


Bilde 3.2. 1: "Pressure Die"

De blå pilene på bildene under illustrerer hvor "Pressure Die" blir heftet på, mens de røde pilene viser et spor og en skinne som skal passe sammen.



Bilde 3.2. 2: Festeanordning på "Pressure Die"



Bilde 3.2. 3: Monteringsplass for "Pressure Die" på bøyemaskinen

### 3.3 "Clamp Die"

"Clamp Die" løftes på lik linje med "Pressure Die" etter to kroker festet til øyebolter. Dette verktøyet har en halvsylinder på baksiden som skal passe i et spor på maskinen som vist på bilde 3.3.2 og 3.3.3. Her ser man også en svart "festekloss" med en skrue som kan skrues på for å stille inn riktig høyde.

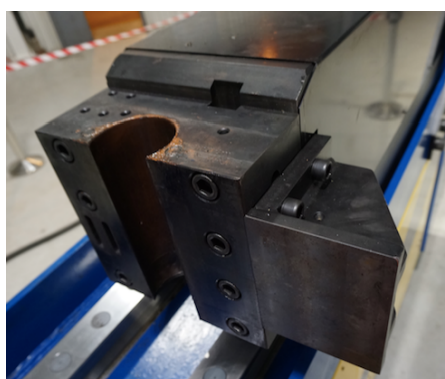
Løftepunktene er ikke balansert her heller, og man må dytte "Clamp Die" i riktig posisjon når den henger i kranen og skal hektes av og på maskinen.



Bilde 3.3. 1: "Clamp Die"



Bilde 3.3. 2: Festeanordning på "Clamp Die"



Bilde 3.3. 3: Monteringsplass for "Clamp Die" på bøyemaskinen

### 3.4 "Bend Die"

"Bend Die" er den tyngste av komponentene i verktøysettet. Denne løftes etter fire øyebolter og plasseres ned på en aksling på maskinen. Mellom akslingen og hullet i "Bend Die" er det finpassning. Dette gjør at verktøyet må settes på plass med svært stor nøyaktighet for å unngå at det kiles fast i akslingen. Problemet med at løftepunktene ikke er balansert er til stede her også. Det gjør det ekstra vanskelig å holde "Bend Die" i posisjon når den skal ned på akslingen. På bilde 3.4.2 ser man et firkantet spor som passer med undersiden av "Bend Die". Dette gjør at verktøyet holdes i riktig posisjon.



Bilde 3.4. 1: "Bend Die" med hull for akslingen

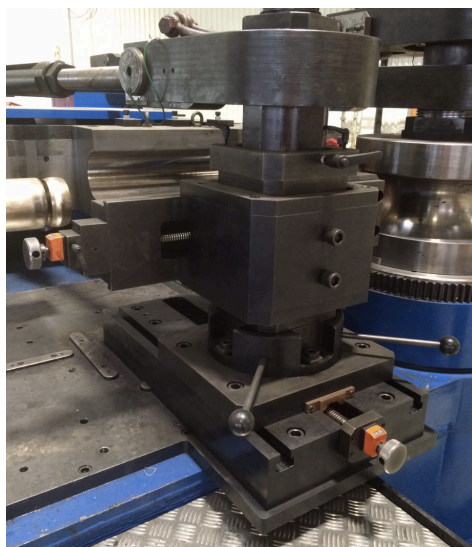


Bilde 3.4. 2: Forbindelse mellom "Bend Die" og maskin

### 3.5 "Viper Die"

"Viper Die" sin primæroppgave er å forhindre bukling på innsiden av røret. Materialet som "Viper Die" laget av er basert på en legering som skal forhindre friksjonssveising mellom "Viper Die" og røret som bøyes. Materialet må være duktilt nok til å forme seg etter ujevnheter på røret, fordi rørene aldri er 100% runde. Materialet må også være sterkt nok til å ikke bli slitt i stykker når røret glir forbi under bøyeprosessen.

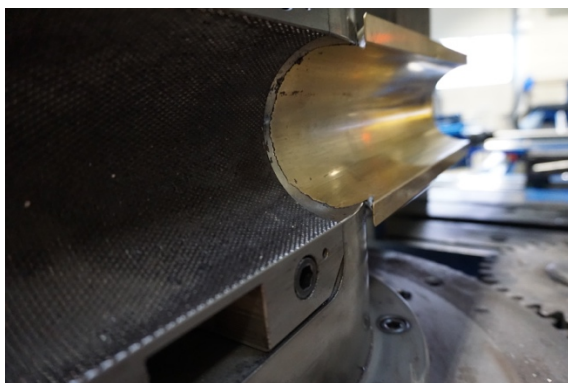
"Viper Die" løftes etter en øyebolt som ikke er plassert etter tyngdepunktet. På grunn av "Viperens" lave vekt gir dette ikke like store utfordring ved montering/demontering som de andre verktøyene. Forbindelsen mellom "Viper Die" og bøyemaskinen er tilsvarende forbindelsen mellom "Clamp Die" og bøyemaskinen med spor formet som en halvsylinder. Når "Viperen" er satt på maskinen må den fininnstilles slik at den ligger nøyaktig inntil "Bend Die". Det er bøyemaskinoperatørens oppgave å gjøre dette for hver gang man omstiller maskinen. Retningene blir justert ved å rotere to hjul, hvor hvert hjul styrer hver sin retning. Hjulene er utstyrt med trippteller for innstilling. Bilde 3.5.1 viser de to innstillingshjulene festet til hver sin oransje trippteller, og bilde 3.5.3 viser hvordan "Viper Die" er plassert i forhold til "Bend Die" etter innstilling.



Bilde 3.5. 1: Hjul for innstilling



Bilde 3.5. 2: Trippteller



Bilde 3.5. 3: Finjustering mellom "Bend Die" og "Viper Die"



Bilde 3.5. 4: "Viper Die"

### 3.6 Dor og dorstang

Doren er montert på dorstangen med en gjengeforbindelse. Noen rørdimensjoner har lik dorstang, men forskjellig dor. Dorstangen må derfor ikke byttes for hver dimensjon, i motsetning til doren. Dagens metode er å løfte doren i en u-stropp ved hjelp av kran. Dette gir utfordringer da den skal skrues inn på dorstangen som står i maskinen. Bilde 3.6.3 viser hvor gjengene på doren er. Operatøren må løfte i enden på doren for å få rett vinkel. I tillegg må operatøren skru den fast mens den henger i u-stroppen. Dette medfører en stor risiko for klemskade for personen som utfører denne operasjonen.

Dersom dorstangen må skiftes blir denne løftet med kran ved hjelp av stropper.



Bilde 3.6. 1: Dor



Bilde 3.6. 3: Gjengeforbindelse på dor



Bilde 3.6. 2: Dorstang

## 4 Designgrunnlag

Som nevnt tidligere i oppgaven settes ”Bend Die”, ”Pressure Die” og Clamp Die” på plass hver for seg, en del per kranløft. Disse løftene tar tid da kranen må kjøres frem og tilbake. Hver del må hektes av og på løfteutstyret, og de må plasseres vertikalt rett ned på maskinen. Dette er en utfordring da løftepunktene ikke er balansert.

Verktøyene må derfor presses på plass for hånd, både når det hektes av og på maskinen. Dette medfører fare for klemskader. Det er ønskelig å finne en sikker metode som gjør det mulig å flytte de tre verktøydelene i et løft. Det tas utgangspunkt i det største verktøysettet som finnes på Westcon per dags dato (feb. 2016), som er verktøy for å bøye 8” rør.

### 4.1 Mål- og kravanalyse

Noen av kravene som er tatt hensyn til er som følger:

#### Geometri

Løfteredskapet skal ha en geometri tilpasset verktøysett for 8” rør. Det vil si at det designes for å løfte ”Clamp -”, ”Pressure -” og ”Bend Die” som settes på maskinen når 8” rør skal bøyes. Disse komponentene måles opp for hånd og tegnes i 3D.

#### Kinematikk

Løfteredskapet tilkoblet verktøysettet skal kunne roteres fritt når det henger i kranen. Verktøysettet må være balansert (i vater) når det henger fritt i kranen og skal løftes av og på bøyemaskinen. Dette for å treffe riktig på koblingspunktene mellom maskin og verktøy (beskrevet i kapittel 3).

#### Krefter

Løfteredskapet må tåle den totale vekten av de tre verktøydelene som er 1300 kg.

#### Signal

Et optisk signal er nødvendig for å vite om løfteredskapet er ”lukket” og kan overføre krefter.

#### Sikkerhet

Beregningsmodellen som brukes er en grov tilnærming. Det brukes derfor en materialsikkerhetsfaktor på 5. Akselerasjon ved kranløft er ukjent, noe som gjør at det brukes en akselerasjonsfaktor på 1,5

#### Material

Det er kostnadseffektivt å bruke svart stål ettersom vekt og korrosjonsfaktorer ikke er nødvendig å ta hensyn til. På bakgrunn av dette ønsker Westcon å bruke S355NVE eller S420NVE som er vanlige stål hos de.

#### Transport

Løfteredskapet løftes av en kran som har SWL på 5000 kg. Kranen har ingen muligheter for å kjøre diagonalt.



## Ergonomi

Forholdsvis enkle deler som er lett å montere. Designet skal være brukervennlig slik at man unngår klemskader og manuelt arbeid, som over tid kan gi arbeiderne slitasjeskader.

## Innkjøp – ”make or buy”

Deler som kan kjøpes inn blir foretrukket fremfor å produsere nye deler for å gjøre designet kostnadseffektivt.

## Produksjon

Dimensjoner, toleranser og kvalitet vil fremkomme i produksjonstegninger.

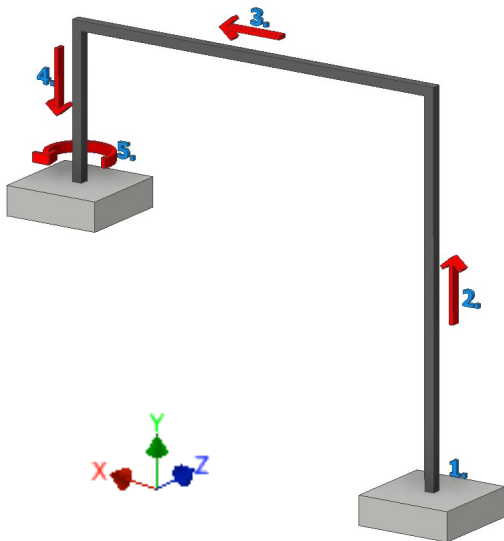
## Vedlikehold

Ønskelig med null vedlikehold.

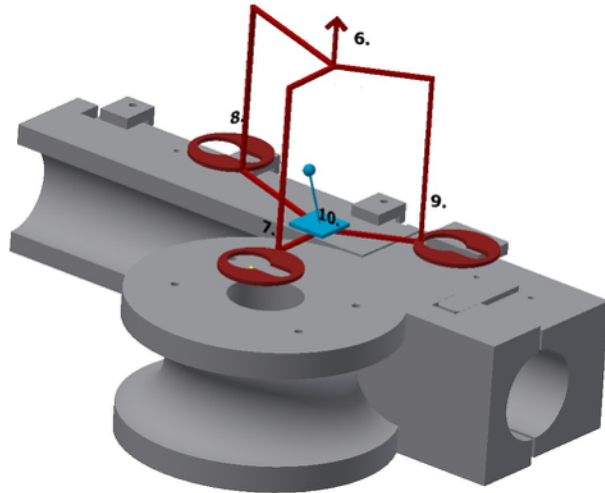
## Kostnader

Kostnadene skal holdes lavest mulig. Ingen avansert dyr løsning er ønskelig.

## 4.2 Funksjonsanalyse



Figur 4.2. 1: Løftefunksjon



Figur 4.2. 2: Sammenkoblingsfunksjon

Verktøysettet med løftemekanisme er symbolisert som en firkantet kloss (1). Det er ønskelig å flytte dette fra lagringsplass til maskinen via kortest mulig vei (2,3,4). Verktøysettet må kunne roteres mens det henger i kranen for å kunne settes riktig på plass (5).

Figur 4.2.2 viser funksjonene et løfteredskap (firkant i figur 4.2.1) må ha. De tre delene i verktøysettet; ”Bend Die”, ”Pressure Die” og ”Clamp Die” løftes parallelt av og på bøyemaskinen i y-retning (6). For å unngår kiling ved montering må tyngdepunktet for verktøy og løfteredskap lokaliseres. Hver del trenger også en låsefunksjon for av- og påkobling til løfteredskap (7,8,9). Disse skal ha en slags sammenkobling (10) slik at det kun trengs en enkelt bevegelse for å låse/løsne verktoyene fra løftemekanismen samtidig.

## 5 Utviklingsprosess og løsningsprinsipper

I dette kapitlet skal det ses nærmere på noen av valgene som er blitt gjort for å komme frem til en best mulig løsning. Flere løsninger er vurdert, og fordelene og ulempene med disse blir presentert. Løsningsforslagene representerer kun et begrenset antall løsninger på grunn av rapportens størrelse. Eksempler på løsninger som ikke er tatt med blir nevnt i delkapitlene.

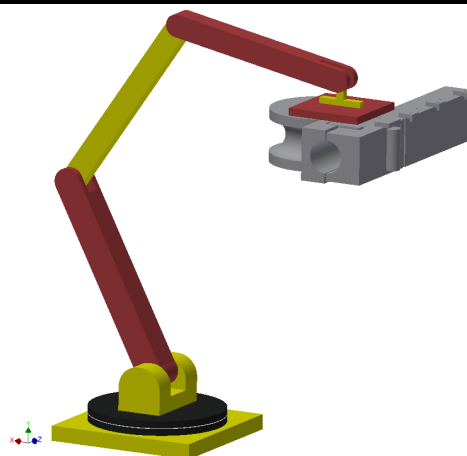
Designutfordringer har vært:

- Ulike løfteprinsipper
- Sammenkobling av verktøysett
- Løftepunkt
- Låsemekanisme
- Dimensjonering for å tåle påkjente krefter

## 5.1 Løfteprinsipper

Designprosessen startet ved å se på forskjellige muligheter for å forflytte verktøysettet.

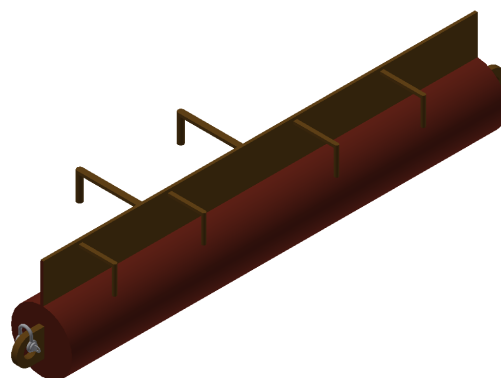
Det ble sett på muligheten med å bruke robot for å automatisere forflytningen. Dette ville ha fjernet utfordringene rundt bruk av kran, men ville sannsynligvis øke kostnadene drastisk. Det ble derfor ikke sett videre på muligheten rundt å bruke robot.



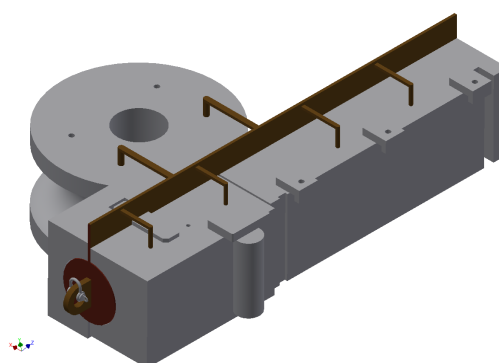
Figur 5.1. 1: Robot

Det ble også vurdert en løsning der verktøysettet skulle klemmes rundt et rør, og på en eller annen måte festes til dette røret.

Løsningen ble ikke vurdert videre fordi den ble unødvendig komplisert, og ville muligens blitt vanskelig å balansere.

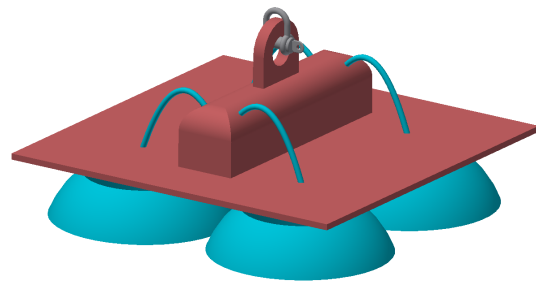


Figur 5.1. 2: Rørløfter



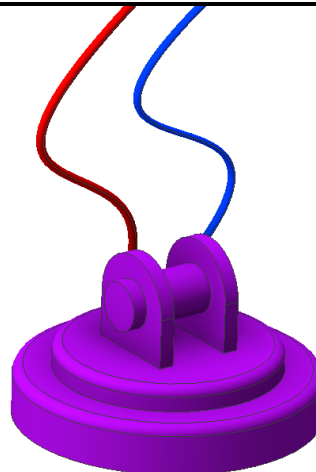
Figur 5.1. 3: Rørløfter ved verktøysett

Å løfte verktøysettet ved hjelp av vakuum ville dannet en rask av- og påkobling av verktøysettet. Siden dette ville påkrevne ekstra utstyr som kompressor og slanger hadde det blitt mye vedlikehold. Ideen ble derfor forkastet.



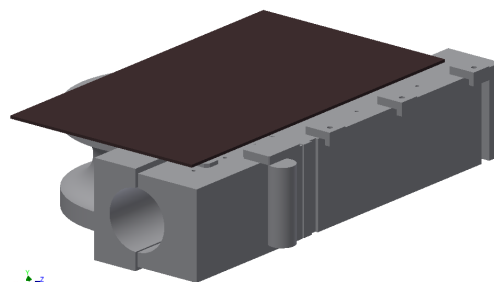
Figur 5.1. 4: Vakuumløfter

Ved å bruke en elektromagnet ville man også kunne få en effektiv av- og påkobling. Siden det er snakk om hengende last i nærheten av mennesker ble også denne ideen lagt til sides. Det ville også blitt nødvendig med vedlikehold og behov for ekstra strømkilde.



Figur 5.1. 5: Elektromagnet

Ved å feste verktøysettet til en plate og løfte denne med kranen som allerede var i bedriften, ville dette senke kostnader. Konklusjonen ble derfor å ta utgangspunkt i en plate.



Figur 5.1. 6: Plate

## 5.2 "Sammenkobling" av verktøysett

For å kunne flytte verktøysettet i ett løft kan disse være "sammenkoblet". Det sees nærmere på bakgrunnen for valg og utforming av platen som skal ha denne sammenkoblingsfunksjonen.

---

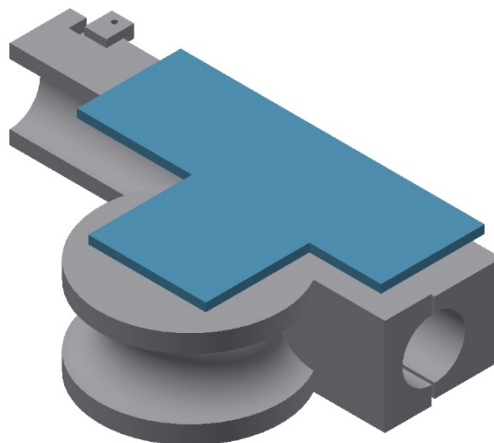
### "T" plate

#### Fordeler:

Denne har kun gods slik at alle løftepunktene på verktøysettet blir dekket. Mindre areal gjør at man sparer både material og vekt.

#### Ulemper:

Det er mindre gods som støtter opp for knekking og nedbøying, samt flere kanter å ta hensyn til ved maskinering. Utformingen setter også restriksjoner for plassering av løftepunkt for å løfte platen.



Figur 5.2. 1: "T" plate

---

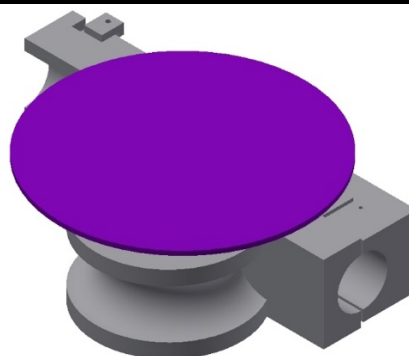
### Rund plate

#### Fordel:

Enkel maskinering.

#### Ulempe:

Tilkomst til bøyemaskinen kan bli problematisk fordi platen går utenfor verktøysettet.



Figur 5.2. 2: Rund plate

---

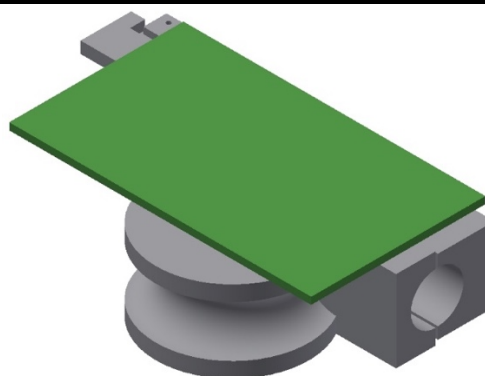
### Rektangulær plate

#### Fordel:

Platen er firkantet og symmetrisk, og enkel å produsere.

#### Konklusjon:

En rektangulær plate brukes videre i designet.



Figur 5.2. 3: Rektangulær plate

### 5.3 Løftepunkt

Ettersom det er ønskelig å bruke en rektangulær plate, må det defineres hvordan platen skal løftes. Platen må ligge stabilt og ha samme vinkel som bøyemaskinen når den henger i kranen.

---

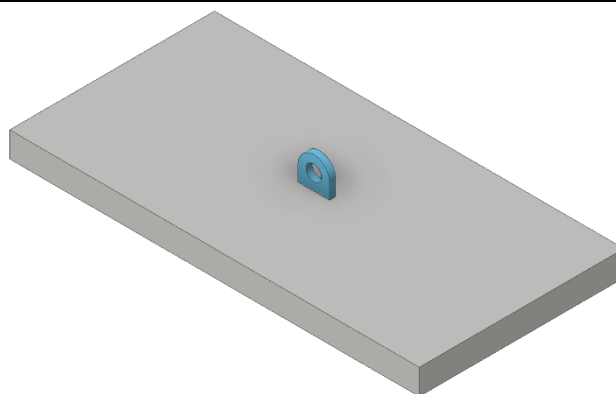
#### Ett løftepunkt

Fordel:

Dette er en kostnadseffektiv løsning.

Ulemper:

Det kan oppstå utfordringer med å holde platen balansert ved montasje, som kan føre til at verktøyet kiles fast. Alle kreftene vil også gå gjennom ett og samme punkt.



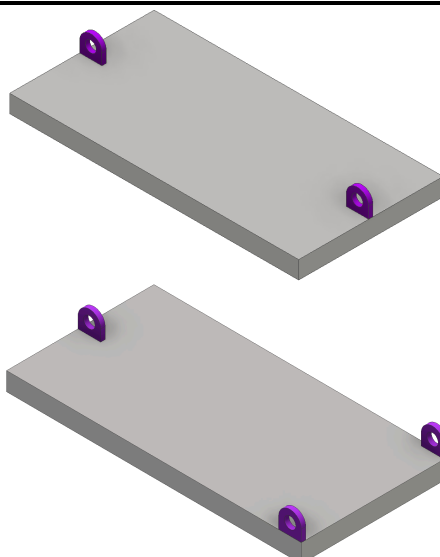
Figur 5.3. 1: Illustrert ett løftepunkt

---

#### To eller tre løftepunkt

Ulemper:

Det kan også her bli utfordringer med å kontrollere vinkelen på platen. Kan føre til at verktøyet kiles fast.



Figur 5.3. 2: Illustrert to eller tre løftepunkt

---

#### Fire løftepunkt

Fordeler:

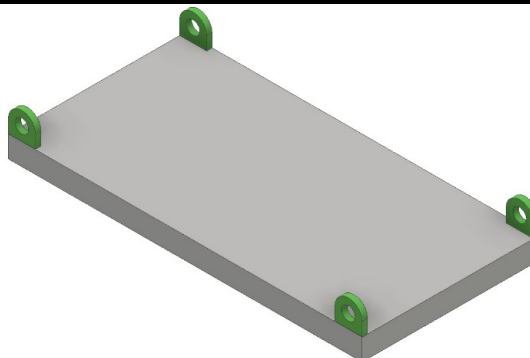
Her er det flere punkt som tar opp krefter. Det blir enklere å balansere platen for å få rett vinkel på den.

Ulempe:

Dette er dyreste løsning.

Konklusjon:

Sluttproduktet vil få fire løftepunkt.



Figur 5.3. 3: Illustrert fire løftepunkt

## 5.4 Kobling mellom bunnplate og verktøy

Ved sammenkobling av platen og verktøysettet trengs det en hurtig løsning som ikke går på bekostning av sikkerhet. For å unngå å maskinere verktøysettet brukes gjengeforbindelsene som allerede er på verktøyene for å feste platen. Disse er dimensjonert for å løfte med.

---

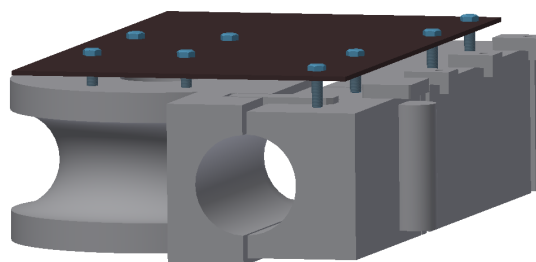
### Boltede forbindelser

#### Fordeler:

Bolter er billige og kan bestilles og monteres uten bearbeiding. De kan også enkelt skiftes ut ved slitasje.

#### Ulemper:

Det vil ta lang tid å skru mutterne på for hvert løft. Det vil også kunne forandre posisjonen på verktøyene ved feil tiltrekking.



Figur 5.4. 1: Boltede forbindelse

---

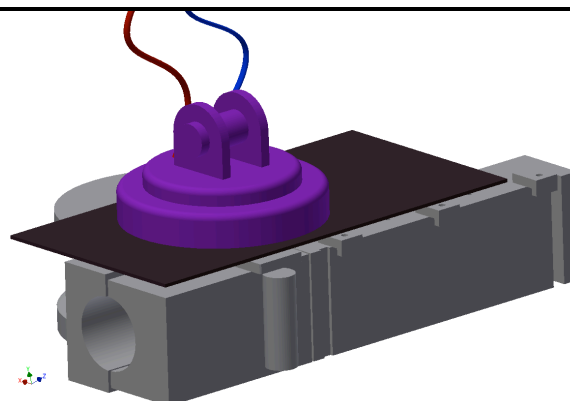
### Elektromagnet

#### Fordel:

Rask av- og påkobling.

#### Ulemper:

Ved strøbrudd ville dette være uforvarselig. Bøyemaskinen er magnetisk, og har en del sensitiv elektronikk som kan bli forstyrret av en elektromagnet.



Figur 5.4. 2: Elektromagnet forbindelse

---

### Låsebolter i samband med en låsmekanisme

#### Fordeler:

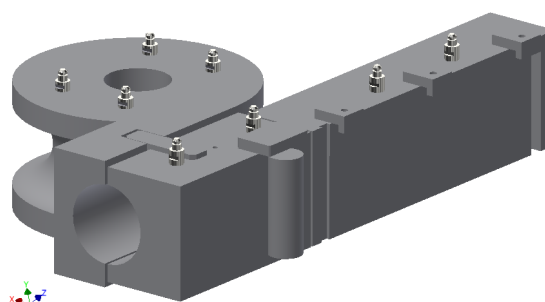
Dette vil gi en hurtig låsemetode. Slike låsebolter vil også være enkle å maskinere. Verktøyene i verktøysettet har forskjellige høyder, noe som er enkelt å kompensere for ved å lage forskjellig høyde på låseboltene.

#### Ulempe:

Posisjonering må være presis.

#### Konklusjon:

Fordelene gjør at låsebolter brukes videre i designet.



Figur 5.4. 3: Låsebolter for sammenkobling

## 5.5 Låsemekanisme

Ettersom det skal brukes låsebolt, ønskes det en hurtig metode for å låse de fast på platen. Det ble sett på forskjellige løsninger ved bruk av nøkkelhull for denne operasjonen. Løsninger med bevegelse i flere plan ble utelukket for å gjøre forflyttingen og låsingen enklest mulig.

---

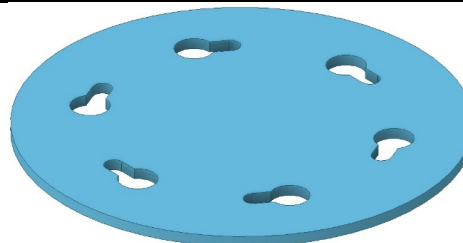
Skive med nøkkelhull som roterer

### Fordel:

En rotasjonsbevegelse vil være enkel å få til.

### Ulempe:

Krever stor plass på grunn av låseboltens plassering i verktøyene.



Figur 5.5. 1: Rund låseplate

---

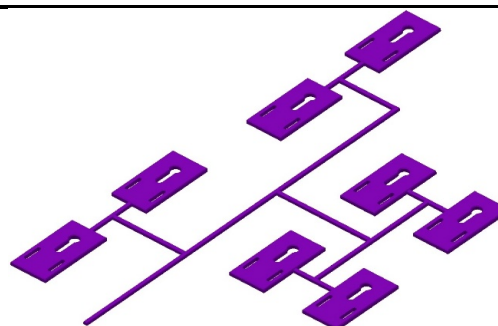
Nøkkelhullplater som er festet sammen

### Fordel:

Det er flere like deler som kan produseres.

### Ulemper:

Det blir vanskelig å sammenføre hver enkelt plate og samtidig opprettholde riktig avstand. Løsningen blir dyr å produsere pga. av mange deler og sammenføring. Det kan oppstå problemer med å overføre krefter.



Figur 5.5. 2: Sammenkoblede nøkkelhullplater

---

Rektangulær låseplate med nøkkelhull

### Fordeler:

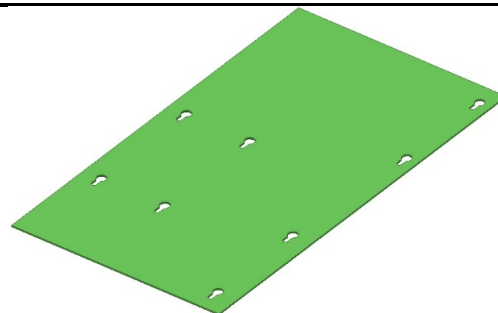
Platen kan lett maskineres ved hjelp av fres. Det er kun en del, dermed ingen problemer med overføring av krefter. Krever kun en lineær bevegelse.

### Ulempe:

Platen kan bli tung da den må dimensjoneres for å tåle trykket fra låseboltene.

### Konklusjon:

Rektangulær plate antas å være den beste løsningen og brukes videre i designet.

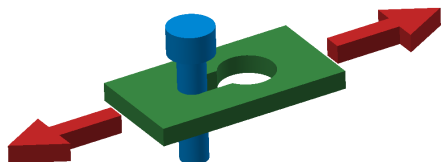


Figur 5.5. 3: Rektangulær låseplate



## 5.6 Forflytning av låseplate med nøkkelhull

Det skal brukes en mekanisk metode for å forflytte låseplaten horisontalt. Låseplaten må ha to posisjoner, åpen og lukket. For å lett flytte platen kunne man ha brukt skinner eller rullelager, men det ble her bestemt å legge låseplaten metall mot metall på bunnplaten. Det er ønskelig å finne en metode som ikke krever bruk av for mye krefter.



Figur 5.6. 1: Forflytningsfunksjon

---

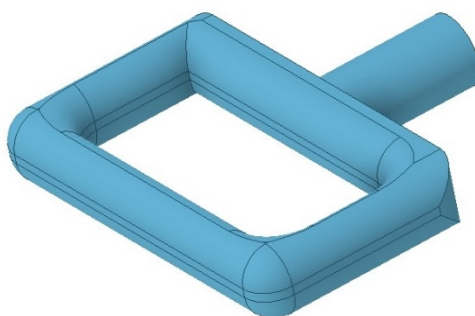
Håndtak som skyves inn og ut

### Fordel:

Dette er en billig metode da alt fungerer i et plan, dvs. med en rettlinjet bevegelse.

### Ulemper:

Platen blir laget av stål og vil være tung. Det vil også være friksjon mellom platen og underlaget. Håndtaket gir ingen effektiv kraftoverføring, noe som gjør at forskyvningen kan bli vanskelig for brukeren.



Figur 5.6. 2: Spake/håndtak

---

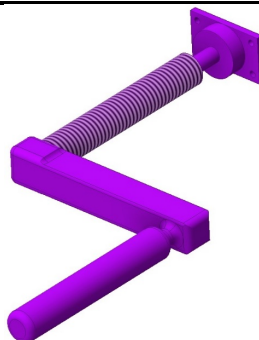
Sveiv

### Fordeler:

Dette er en billig og effektiv metode, man får stor kraft ved å sveive.

### Ulempe:

Man må ha ekstra utstyr som gir signal om når plata er i låst eller åpen tilstand.



Figur 5.6. 3: Skruforbindelse ved hjelp av sveiv

---

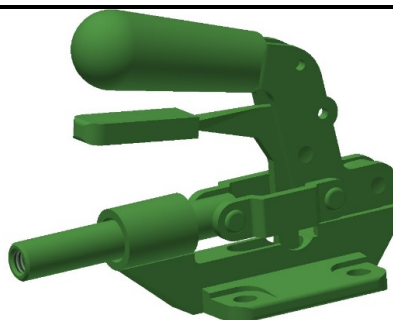
Forskyvningsspake

### Fordeler:

Låseplaten kan lett forskyves, siden spaken gir stor kraft. Man slipper å maskinere deler med små detaljer. Produktet har en innebygget sikkerhetslås, som holder spaken låst.

### Ulempe:

Spaken kan være utsatt for slag ved uaktsom bruk.



Figur 5.6. 4: Forskyvningsspake

### Konklusjon:

Spaken brukes videre i designet, og kan bestilles fra leverandør.

## 5.7 Avstivning av bunnplate

For å tåle spenningene som oppstår i bunnplaten bør platen stives av. Muligheter for avstivning på undersiden er ikke sett videre på her, da det var ønskelig å kombinere avstivning og beskyttelse av komponentene på oversiden.

---

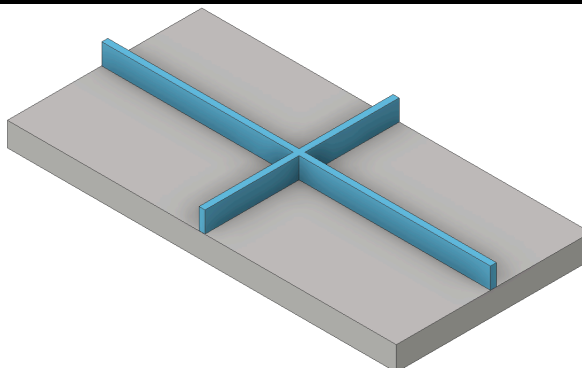
Støttende konstruksjon på tvers og på langs av platen

Fordel:

Vil stive opp hele konstruksjonen.

Ulempe:

Vil komplisere nøkkelhull-løsningen.



Figur 5.7. 1: Støttende konstruksjon på langs og på tvers

---

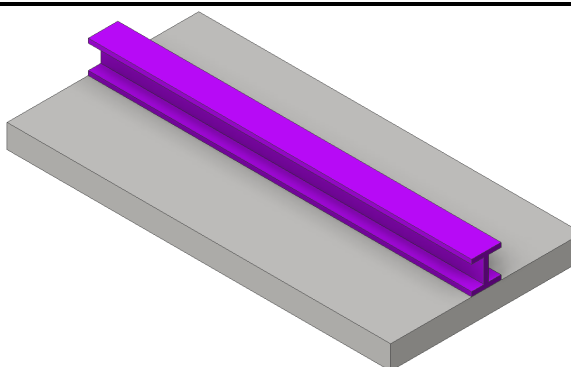
H eller I bjelke

Fordeler:

Det er en enkel teknikk som vil ta opp mye av kreftene, og standardiserte størrelser kan bestilles.

Ulemper:

Dette vil øke vekten av platen mye, samt komplisere nøkkelhull-løsningen.



Figur 5.7. 2: H eller I bjelke for avstivning

---

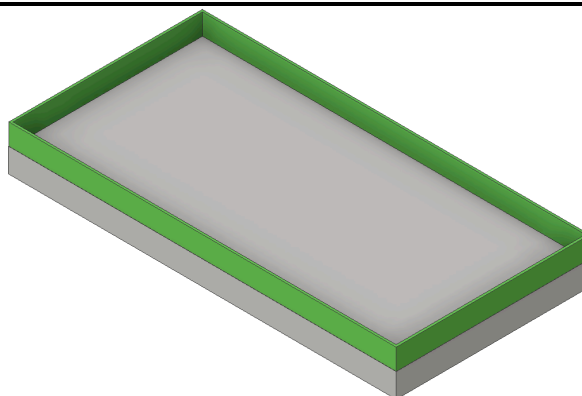
Forsterkede sidekanter

Fordeler:

Løsningen er enkel å produsere. Sidekantene vil motvirke nedbøying i platen. Kantene vil også fungere som beskyttelse for komponentene på innsiden.

Konklusjon:

Konklusjonen ble å bruke forsterkede sidekanter i designet siden disse også har som funksjon å beskytte komponentene på innsiden.

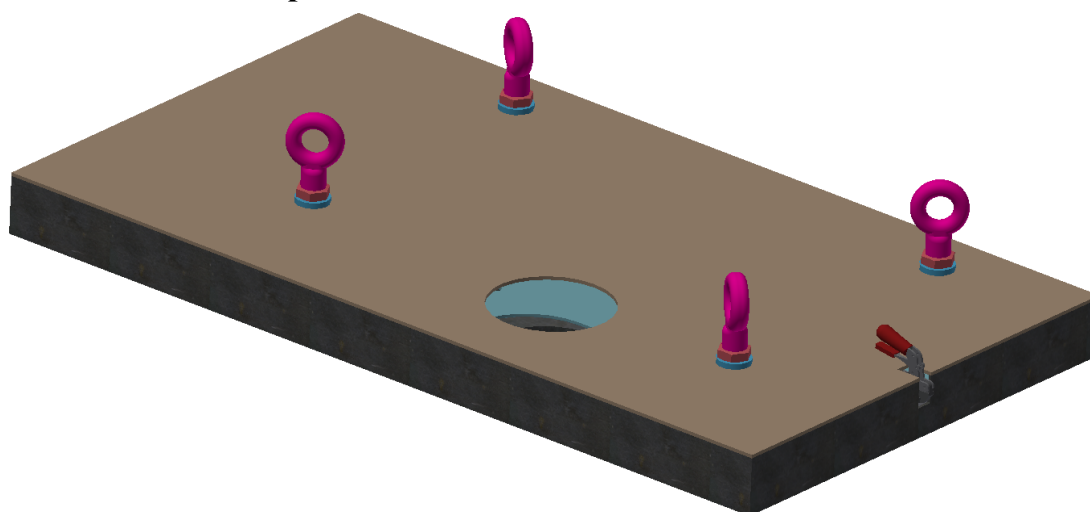


Figur 5.7. 3: Forsterkede sidekanter

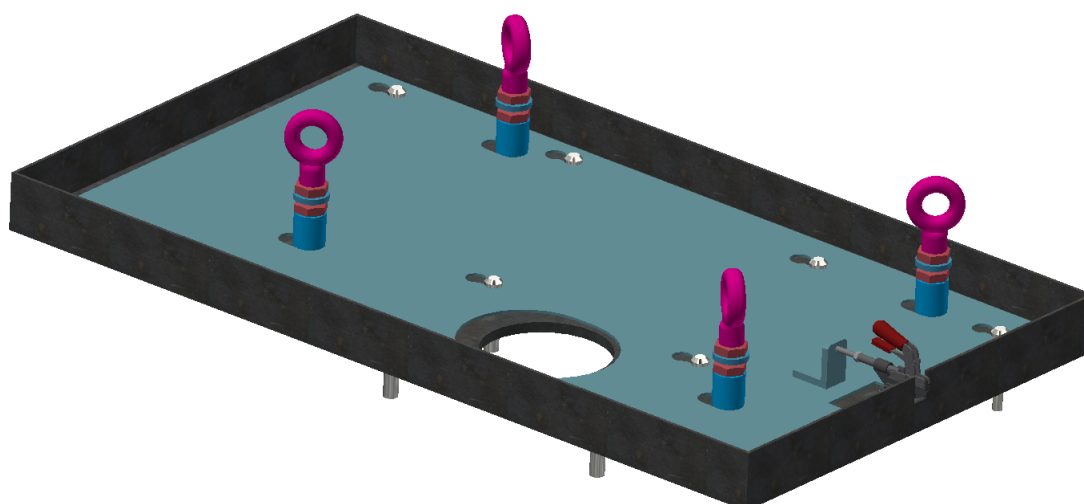
## 6 Endelig produkt

Det endelige produktet har fått navnet ”Tool Changer”, og er ett resultat av vurderingene gjort i forrige kapittel. Produktet vil kunne flytte ”Bend Die”, ”Pressure Die” og ”Clamp Die” som brukes for å bøye 8” rør, i ett og samme kranløft. Låseboltene gjør at av- og påkoblingen mellom ”Tool Changer” og de tre verktøyene kan skje raskt og effektivt. Låsefunksjonen åpnes og lukkes ved hjelp av en spake. Løftepunktene er plassert etter det samlede tyngdepunktet for ”Tool Changeren” og verktøyene. Dette gjør at verktøysettet vil være balansert når det henger sammen med ”Tool Changer” i kranen, slik at sporene på verktøyene vil passe med sporene på maskinen.

### 6.1 CAD-modell av produktet



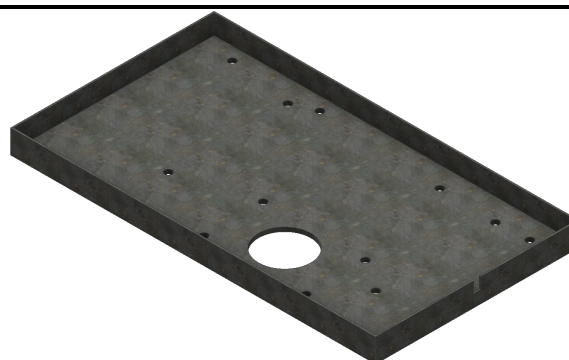
Figur 6.1. 1: ”Tool Changer” uten låsebolter



Figur 6.1. 2: ”Tool Changer” uten topplaten

## 6.2 De forskjellige delene i designet og deres funksjoner

Hovedplaten er utformet med hull tilpasset de tre verktøyene som skal henge under. Den har også hull for løfteboltene og akslingen som går gjennom "Bend Die".

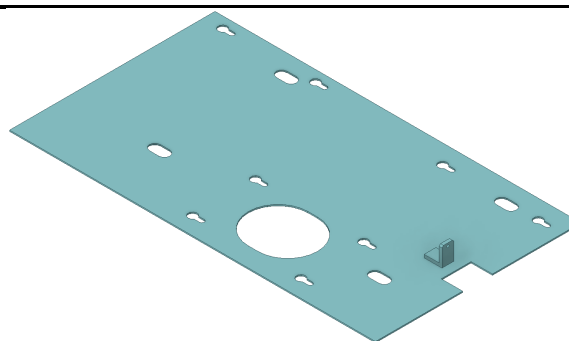


Figur 6.2. 1: Sammensetning av bunnplate

Hullene for løfteboltene er plassert ut i fra det samlede tyngdepunktet til verktøysettet og løfteverktøyet.

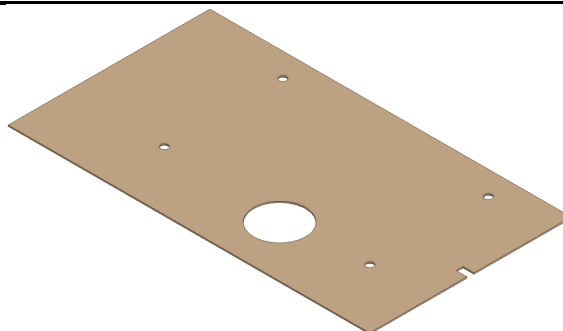
Platen er 15 millimeter tykk for å tåle belastningene den blir utsatt for. Det er også kanter rundt platen for å støtte opp for nedbøying.

Låseplaten har samme plassering av hull som hovedplaten, men hullene har en annen utforming. Hullene er enten avlange for å ikke være i veien for løfteboltene og akslingen til maskinen, eller formet som nøkkelhull for å kunne fungere som en låsefunksjon.



Figur 6.2. 2: Sammensetning av låseplaten

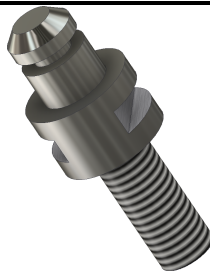
Topplaten er hovedsakelig for å styre løfteboltene slik at de til enhver tid holder en vertikal stilling.



Figur 6.2. 3: Topplaten

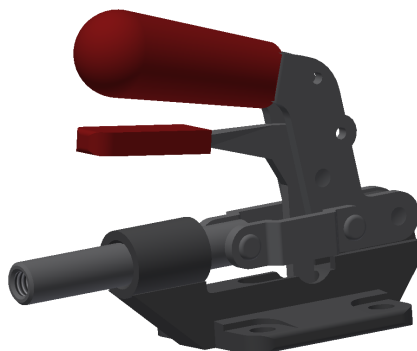
Platen er også med på å beskytte komponentene på innsiden.

Låseboltene skrues fast i de tre verktøyene. De kommer i to dimensjoner, en for "Bend die" og en for "Clamp-" og "Pressure Die". Dette pga. at det er høydeforskjell på verktøyene. Låseboltene er med på å gjøre låsefunksjonen mulig.



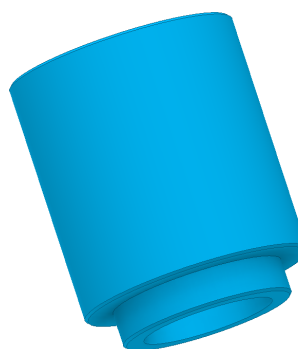
Figur 6.2. 4: Låsebolt

Spaken skal forflytte låseplaten frem og tilbake på hovedplaten. Den er utstyrt med en låsmekanisme som skal sørge for at låseplaten ikke åpnes under løfteoperasjonen. Den lineære forskyvningsspaken antas å være billigere å bestille enn å produsere selv. Bilde 9.3 og 9.4 viser hvordan låseplaten ser ut i åpen og lukket stilling.



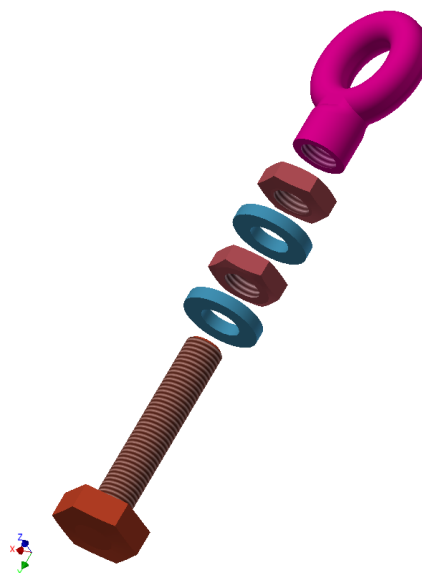
Figur 6.2. 5: Lineær forskyvningsspake. Hentet fra: <http://www.destaco.com/straight-line-action-clamps/603-R?unit=metric>

Det er fire foringer, disse er plassert på hver løftebolt. Foringene er med på å stive av løfteboltene, men er hovedsakelig for å holde låseplaten på plass. Siden de har en innsnevring nederst, tvinger de låseplaten til å kun bevege seg i en retning. Låseplaten har altså ingen muligheter til å bevege seg oppover.



Figur 6.2. 6: Foring

Løfteanordningen består av bolt, skive, mutter og løfteøye. Alle disse delene er bestillingsvare og skal ikke maskineres.



Figur 6.2. 7: Sammenstilling av løfteanordning uten foring

### 6.3 Fordeler og ulemper med designet

#### Fordeler:

- Designet er i form av rette linjer (rektangulært). Dette forenkler produksjonen.
- Designet inneholder ikke mange komponenter.
- Inneholder flere standard deler og mål (bolter, muttere, skiver, løfteøyer, platetykkelser).
- Produktet vil være billig å produsere.
- Vedlikehold er tilnærmet null.
- Er brukervennlig og sikkert.
- ”Tool Changer” gjør at alle verktøydelenes er balanserte, og blir lettere å montere.

#### Ulemper:

- Det trengs en ”Tool Changer” for hver dimensjon av verktøysett (gir økt kostnad).
- Bunnplaten og låseplaten har flere hull som skal stemme overens. Det er viktig at disse ikke får avvik ved produksjon, da dette vil ødelegge låsmekanismen.
- Spaken som styrer låsmekanismen kan være utsatt for slag (fra løfteanordning/kjetting).

## 7 Utregninger

Det er foretatt håndberegninger for å finne kraftfordelingen som virker på platen fra verktøysettet, og for å regne spenning i låsebolter. Dataverktøy er videre brukt for å finne spenninger som oppstår i bunnplate i kombinasjon med låseplate, og på hele den sammensatte modellen da disse er for komplekse til å gjøres for hånd. Det er også gjort databeregning på låsebolten for å sammenligne resultatet med håndberegningen.

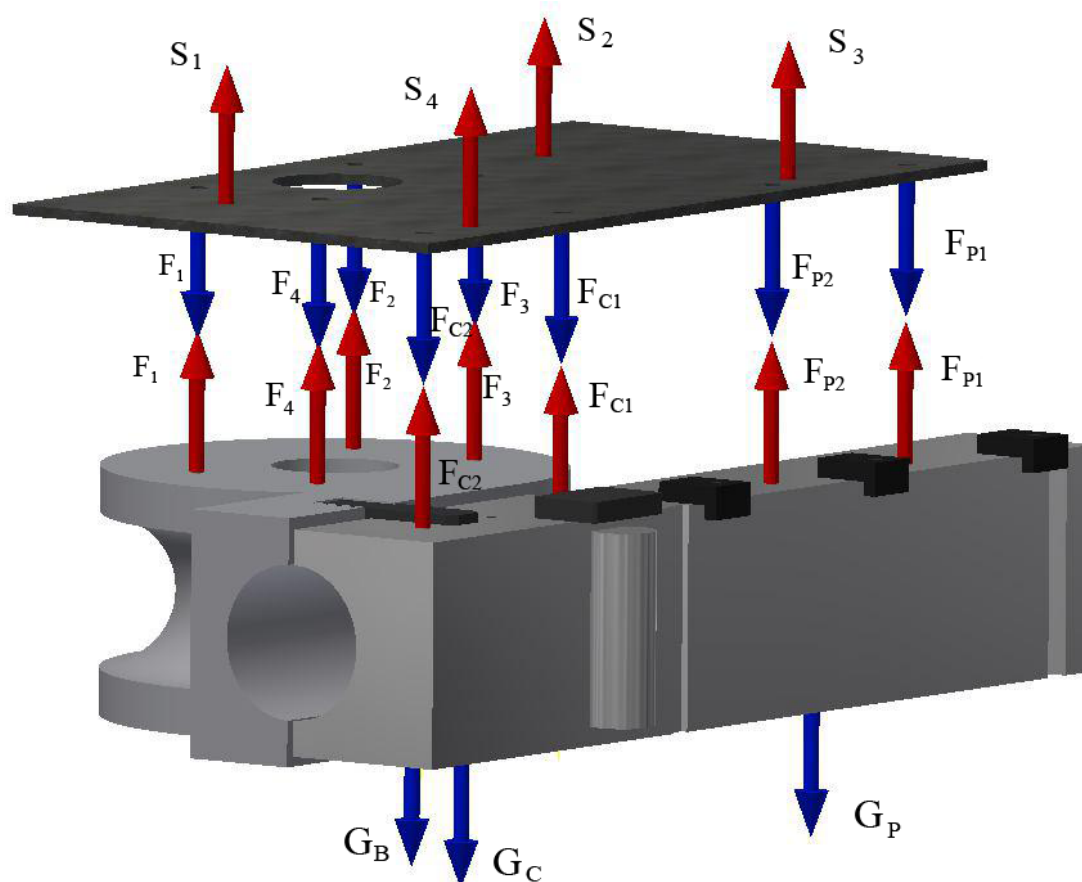
Legeringen i stålet til verktøysettet er en bedriftshemmelighet. Det tas derfor utgangspunkt i verdien Inventor bruker for ståltetthet som er  $7,850 \text{ g/cm}^3$ .

Verdier hentet fra Inventor er:

- Areal
- Masse
- Tyngdepunkt i 3D

### 7.1 Håndberegninger

#### 7.1.1 Kraftfordeling fra verktøysett



Figur 7.1.1. 1: Kraftfordeling fra verktøysett

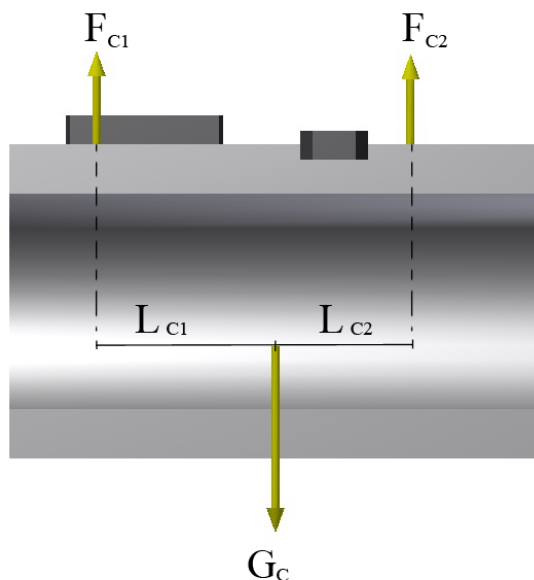
Navn	Kraft [N]
$G_b$	7141,68
$G_c$	2658,51
$G_p$	3943,62
$F_1$	1513,87
$F_2$	781,21
$F_3$	3196,89
$F_4$	1649,71
$F_{c1}$	1216,34
$F_{c2}$	1442,08
$F_{p1}$	1829,66
$F_{p2}$	2113,96

Tabell 7.1.1. 1: Oversikt over krefter fra verktøysettet

I tabellen over er det en oversikt over størrelsen til de forskjellige kreftene. Det er disse kreftene som vil virke fra verktøysettet på "Tool Changeren". Fremgangsmåten for å finne størrelsen på kreftene fremkommer i de neste avsnittene.

### "Clamp Die"

$m = 271 \text{ kg}$   
 $G_c = 2658,51 \text{ N}$   
 $L_{c1} = 175,1 \text{ mm}$   
 $L_{c2} = 147,7 \text{ mm}$



Figur 7.1.1. 2: Krefter "Clamp Die"



$$G_C = mg = 271 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2658,52 \text{ N}$$

$$1. \quad \Sigma \curvearrowright = F_{C2}L_{C2} - F_{C1}L_{C1} = 0$$

$$2. \quad \Sigma \updownarrow = G_C - F_{C1} - F_{C2} = 0$$

$$F_{C2} = G_C - F_{C1}$$

Likning 2 innsatt i ligning 1:

$$(G_C - F_{C1})L_{C2} - F_{C1}L_{C1} = 0$$

$$G_C L_{C2} - F_{C1} L_{C2} - F_{C1} L_{C1} = 0$$

$$F_{C1} = \frac{G_C L_{C2}}{L_{C1} + L_{C2}}$$

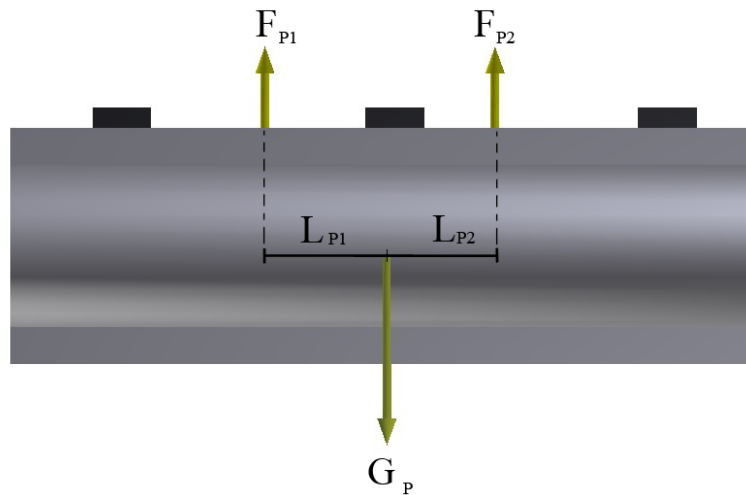
Dette gir:

$$F_{C1} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 271 \text{ kg} * 0,1477 \text{ m}}{0,175 \text{ m} + 0,1477 \text{ m}} = 1216,34 \text{ N}$$

$$F_{C2} = 2658,51 \text{ N} - 1216,43 \text{ N} = 1442,08 \text{ N}$$

### “Pressure Die”

$m = 402 \text{ kg}$   
 $G_P = 3943,62 \text{ N}$   
 $L_{P1} = 167,3 \text{ mm}$   
 $L_{P2} = 144,8 \text{ mm}$



Figur 7.1.1. 3: Krefter "Pressure Die"

Bruker samme fremgangsmåte som på "Clamp Die".

$$1. \quad \Sigma \curvearrowright = F_{P2}L_{P2} - F_{P1}L_{P1} = 0$$

$$2. \quad \Sigma \updownarrow = G_P - F_{P1} - F_{P2} = 0$$

$$F_{P2} = G_P - F_{P1}$$

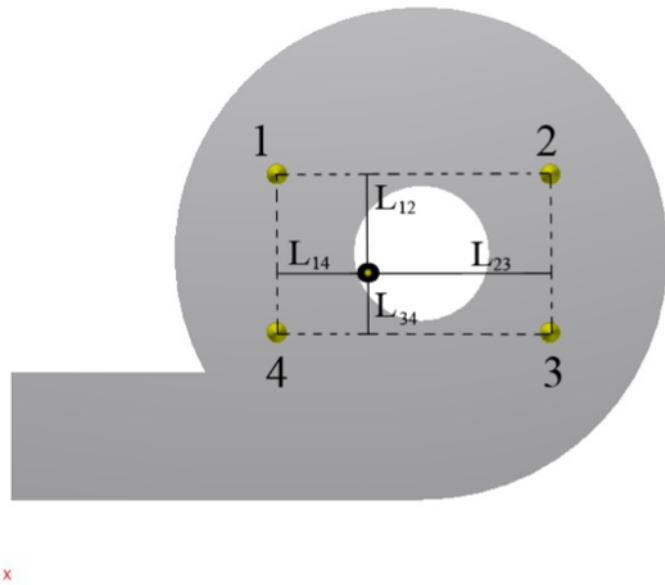
$$F_{P1} = \frac{G_P L_{P2}}{L_{P1} + L_{P2}}$$

$$F_{P1} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 402 \text{ kg} * 0,1448 \text{ m}}{0,1673 \text{ m} + 0,1448 \text{ m}} = 1829,66 \text{ N}$$

$$F_{P2} = 3943,62 \text{ N} - 1829,66 \text{ N} = 2113,96 \text{ N}$$

### “Bend Die”

$m = 728 \text{ kg}$   
 $G_B = 7141,68 \text{ N}$   
 $L_{12} = 143,2 \text{ mm}$   
 $L_{23} = 240,1 \text{ mm}$   
 $L_{34} = 67,81 \text{ mm}$   
 $L_{14} = 123,9 \text{ mm}$



Figur 7.1.1. 4: Tyngdepunkt og nummerering av krefter på "Bend Die"

$$\Sigma \curvearrowright = F_{2+3}L_{23} - F_{1+4}L_{14} = 0$$

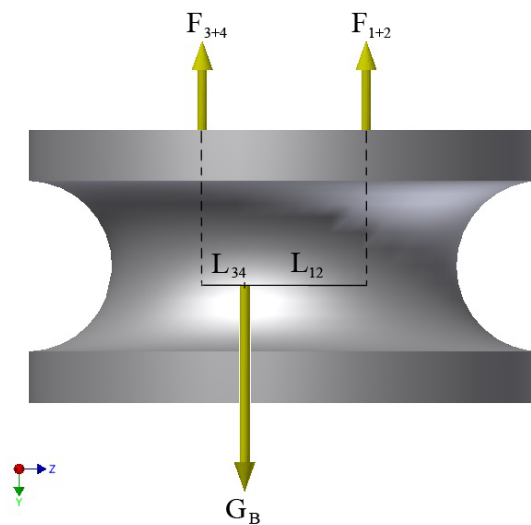
$$\Sigma \updownarrow = G_B - F_{1+4} - F_{2+3} = 0$$

$$(G_B - F_{3+4})L_{12} = F_{3+4}L_{34}$$

Har samlet kreftene til par:

$$F_{3+4} = \frac{G_B L_{12}}{L_{12} + L_{34}} = 4846,6 \text{ N}$$

$$F_{1+2} = G_B - F_{3+4} = 7141,68 \text{ N} - 4846,6 \text{ N} = 2295,08 \text{ N}$$

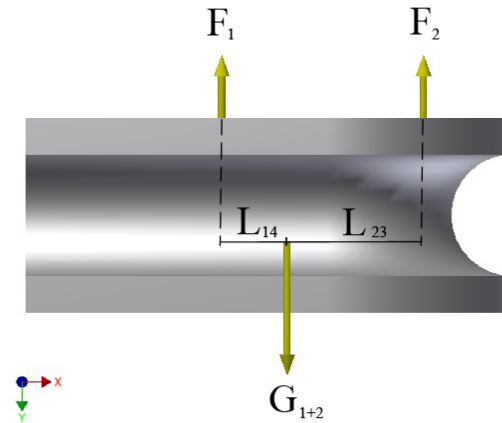


Figur 7.1.1. 5: Kraftpar "Bend Die"

Bruker deretter samme formel som utredet tidligere (på "Clamp Die"), for å bryte kraftparene ned til fire krefter:

$$F_1 = \frac{F_{12}L_{23}}{L_{14} + L_{23}} = 1513,87 \text{ N}$$

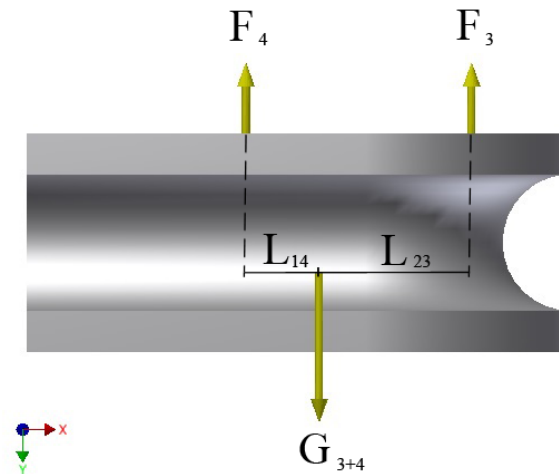
$$F_2 = 2295,08 \text{ N} - 1513,87 \text{ N} = 781,21 \text{ N}$$



Figur 7.1.1. 6: Kraft  $F_1$  og  $F_2$  - "Bend Die"

$$F_4 = \frac{F_{3+4}L_{23}}{L_{14} + L_{23}} = 3196,89 \text{ N}$$

$$F_3 = 4846,6 \text{ N} - 3196,89 \text{ N} = 1649,71 \text{ N}$$



Figur 7.1.1. 7: Kraft  $F_3$  og  $F_4$  - "Bend Die"

### 7.1.2 Låsebolt

Låseboltene dimensjoneres etter jevnførende spenning.

Det er kun strekkspenning i boltene, og jevnførende spenning blir derfor:

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma^2} = \sigma$$

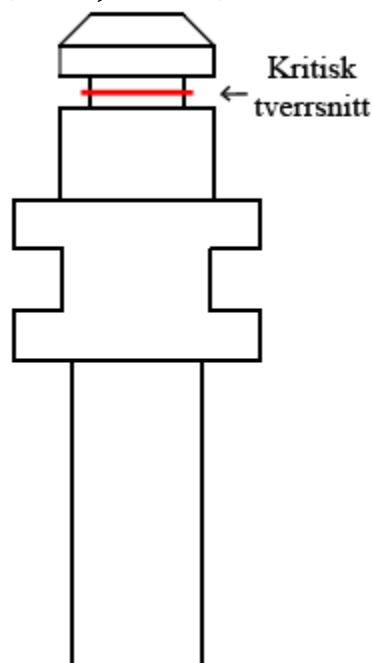
Ved bruk av stål S355, materialsikkerhetsfaktor på 5, og akselerasjonsfaktor på 1,5 blir tillatt spenning:

$$\sigma_{Tillat\ S355} = \frac{Fy}{\gamma_m \gamma_a} = \frac{355\text{ Mpa}}{5 * 1,5} = 47,33\text{ MPa}$$

Det er tatt utgangspunkt i verst tenkelig situasjon. Selv om verktøydelen blir løftet med 2 og 4 bolter må én bolt kunne tåle all kraft fra hver del. ”Bend Die” er tyngst og boltene som løfter denne må derfor tåle en kraft på 7141,68 N.

Kritisk tverrsnitt er likt for begge størrelsene på boltene og har et areal på:

$$\pi * (7,5\text{ mm})^2 = 176,71\text{ mm}^2$$



Figur 7.1.2. 1: Kritisk tverrsnitt i låsebolt

Strekkspenningen som oppstår i bolten blir da:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{7141,68 \text{ N}}{\pi * (7,5 \text{ mm})^2} = 40,42 \text{ MPa}$$

Ender opp med en spenning som er mindre en tillatt spenning:

$$\sigma \leq \sigma_{Tillat}$$

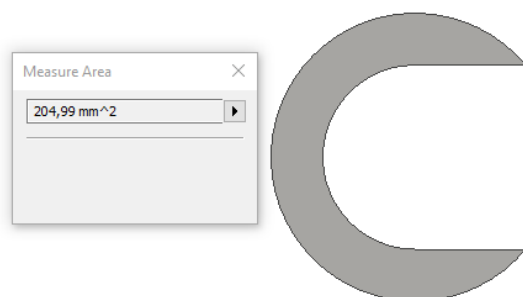
$$40,42 \text{ MPa} < 47,33 \text{ MPa}$$

Dette vil si at boltene er tilstrekkelig dimensjonert ved valg av S355. Det kan med fordel velges S420 for at spenningen som oppstår ikke skal ligge så nært tillatt spenning.

Ved valg av S430 blir tillatt spenning:

$$\sigma_{Tillat \text{ S420}} = \frac{F_y}{\gamma_m \gamma_a} = \frac{420 \text{ Mpa}}{5 * 1,5} = 56 \text{ Mpa}$$

### 7.1.3 Trykkrefter fra låsebolt



Figur 7.1.3. 1: Trykkrefter fra låsebolt

Figur 7.1.3.1 viser hvilket areal på låsebolten som er i kontakt med låseplaten.

Spenningen som oppstår her blir:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{7141,68 \text{ N}}{204,99 \text{ mm}^2} = 34,83 \text{ MPa}$$

Ved bruk av S355 på låseplaten, vil den tåle kreftene den blir utsatt for.

$$\sigma \leq \sigma_{Tillat \text{ S355}}$$

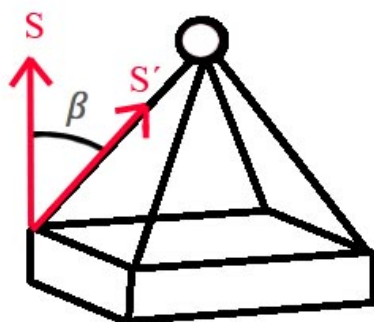
$$34,83 \text{ MPa} < 47,33 \text{ MPa}$$

### 7.1.4 Løftekrefter

De fire løfteøyene er plassert ut i fra det samlede tyngdepunktet for ”Tool Changeren” og verktøysettet. Det tas utgangspunkt i verste situasjon som er at kun to løfteøye tar opp kraft under løfting.

Total masse av ”Tool Changer” og verktøysett er 1500 kg.

$$S = \frac{mg}{\text{antall løfteøye}} = \frac{1500 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2}{2} = 7357,5 \text{ N}$$



Figur 7.1.4. 1: Løftekrefter

Ved bruk av løfteskrev med arbeidsvinkel  $\beta = 45^\circ$  blir strekkraften:

$$S' = \frac{S}{\cos \beta} = \frac{7357,5 \text{ N}}{\cos 45} = 10405,1 \text{ N}$$

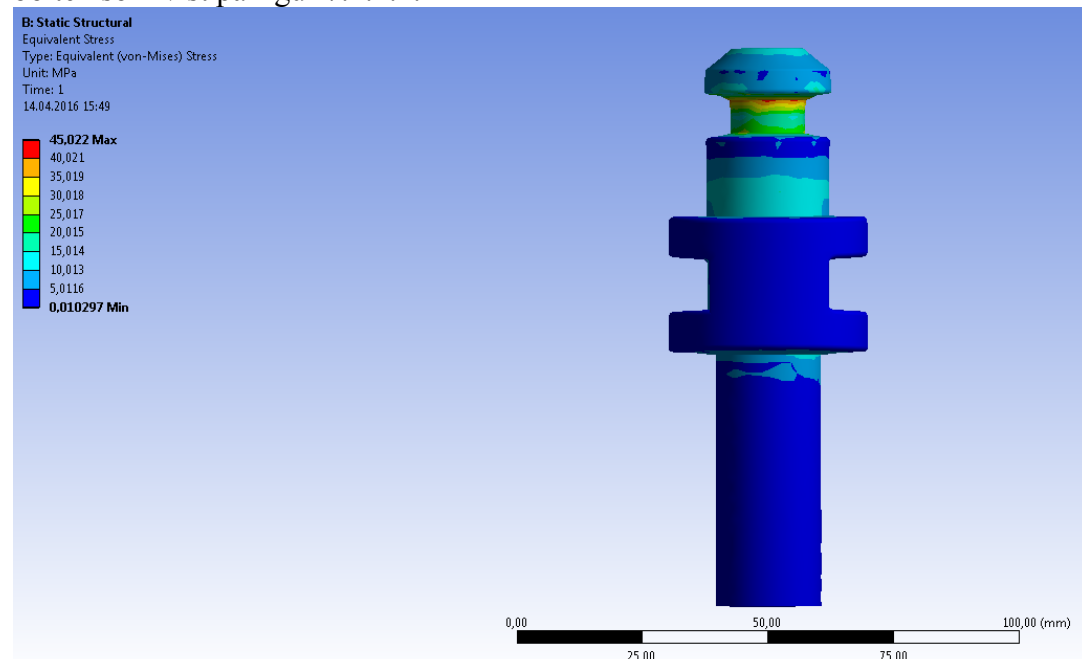
$$\frac{S'}{g} = \frac{10405,1 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 1061 \text{ kg}$$

Løfteøyene som velges må være sertifisert for løft på 1061 kg.

## 7.2 Databeregninger

### 7.2.1 Beregninger på låsebolt

Bolten på bildet under er belastet med en kraft på 7141,68 N. I følge Ansys er største spenning etter von-Mises kriteriet på 45,022 MPa. Dette er 5 MPa over resultatet fra håndberegningene. Bildet viser at størst spenning opptrer øverst på den tynne delen av bolten. I realiteten vil de største spenningene opptre midt på den tynne delen av bolten som vist på figur 7.1.2.1.



Figur 7.2.1 1: Ansys beregninger av låsebolt



## 7.2.2 Beregninger på sammensatt modell – fire løftepunkt

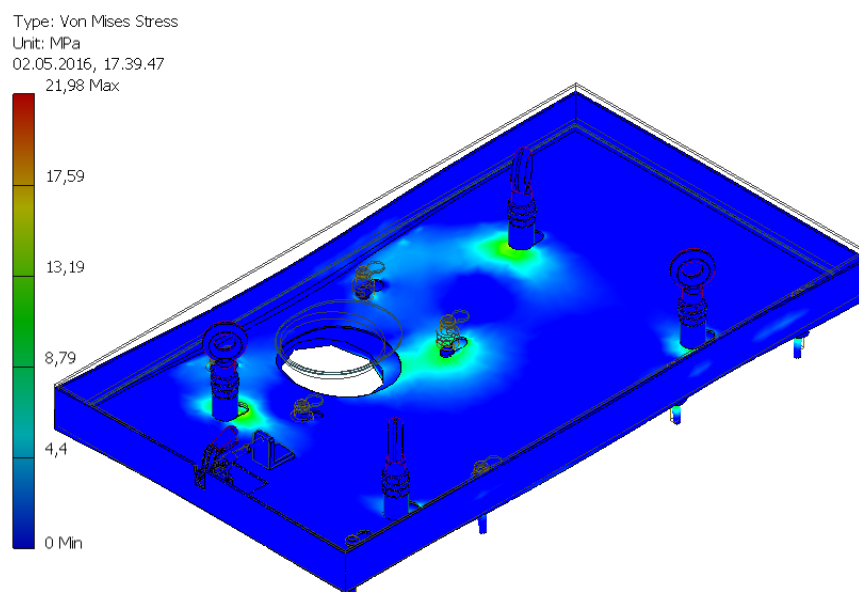
Sammenstillingen utsettes for krefter med lik fordeling og størrelse som utregnet i kapittel 7.1.1. I denne situasjonen tar de fire løftepunktene opp like mye krefter hver. I følge Inventor blir da største spenning etter von-Mises kriteriet 21,98 MPa.

Legger man til sikkerhetsfaktorene blir spenningen:

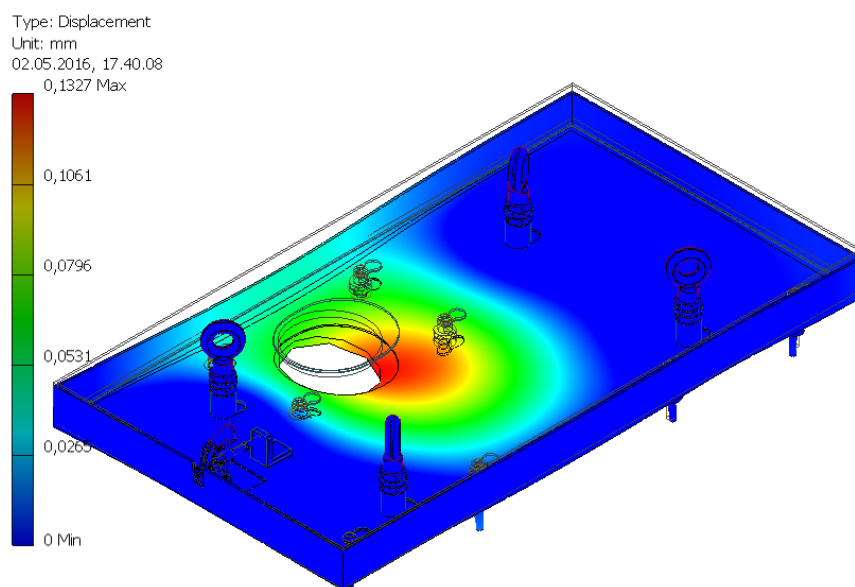
$$\sigma = 21,98 \text{ MPa} * 5 * 1,5 = 164,85 \text{ MPa}$$

Dette er 190 MPa under flytegrensen til S355 stål.

På bildene under er topplaten gjort usynlig for å kunne se innsiden.



Figur 7.2.2. 1: Inventor: "Von Mises Stress" - fire løftepunkt, sammensatt modell



Figur 7.2.2. 2: Inventor: "Displacement" – fire løftepunkt, sammensatt modell

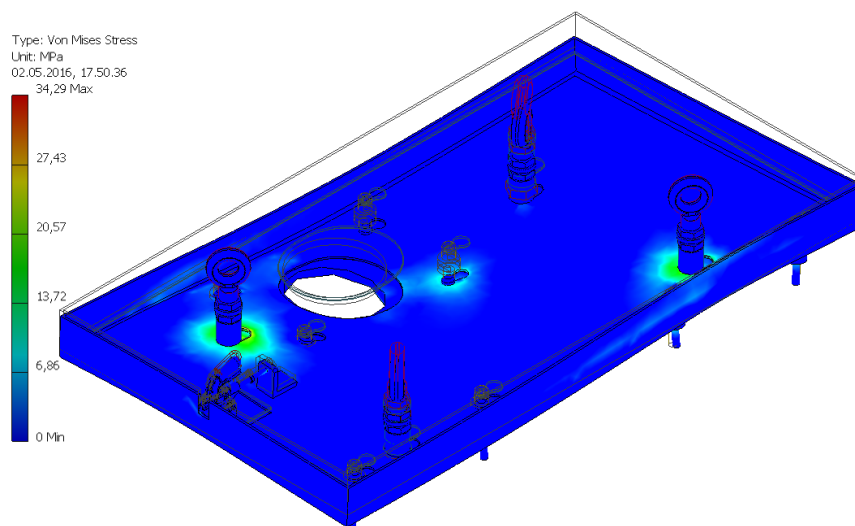
### 7.2.3 Beregninger på sammensatt modell ved verst tenkelig situasjon

Sammensetningen utsettes også her for krefter med lik fordeling og størrelse som utregnet i kapittel 7.1.1. Her ses det på verst tenkelige situasjon. Dette er når "Tool Changeren" løftes etter to punktløfteøyer. I følge Inventor blir da største spenning etter von-Mises kriteriet 34,29 MPa

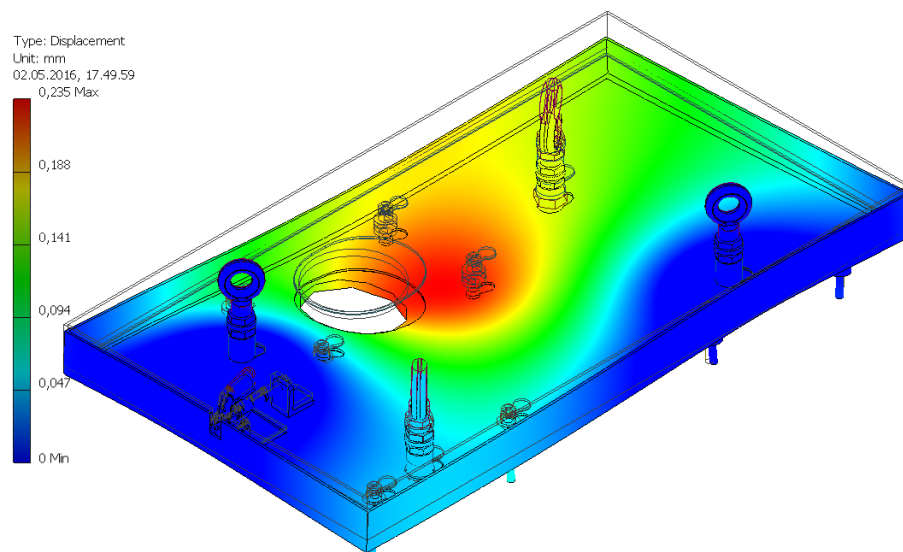
Legger man til sikkerhetsfaktorene blir spenningen:

$$\sigma = 34,29 \text{ MPa} * 5 * 1,5 = 257,18 \text{ MPa}$$

Dette er 97 MPa under flytegrensen til S355 stål. Ut i fra disse Inventor utregningene er konstruksjonen tilstrekkelig dimensjonert, og oppfyller kravene i mål- og kravanalysen.



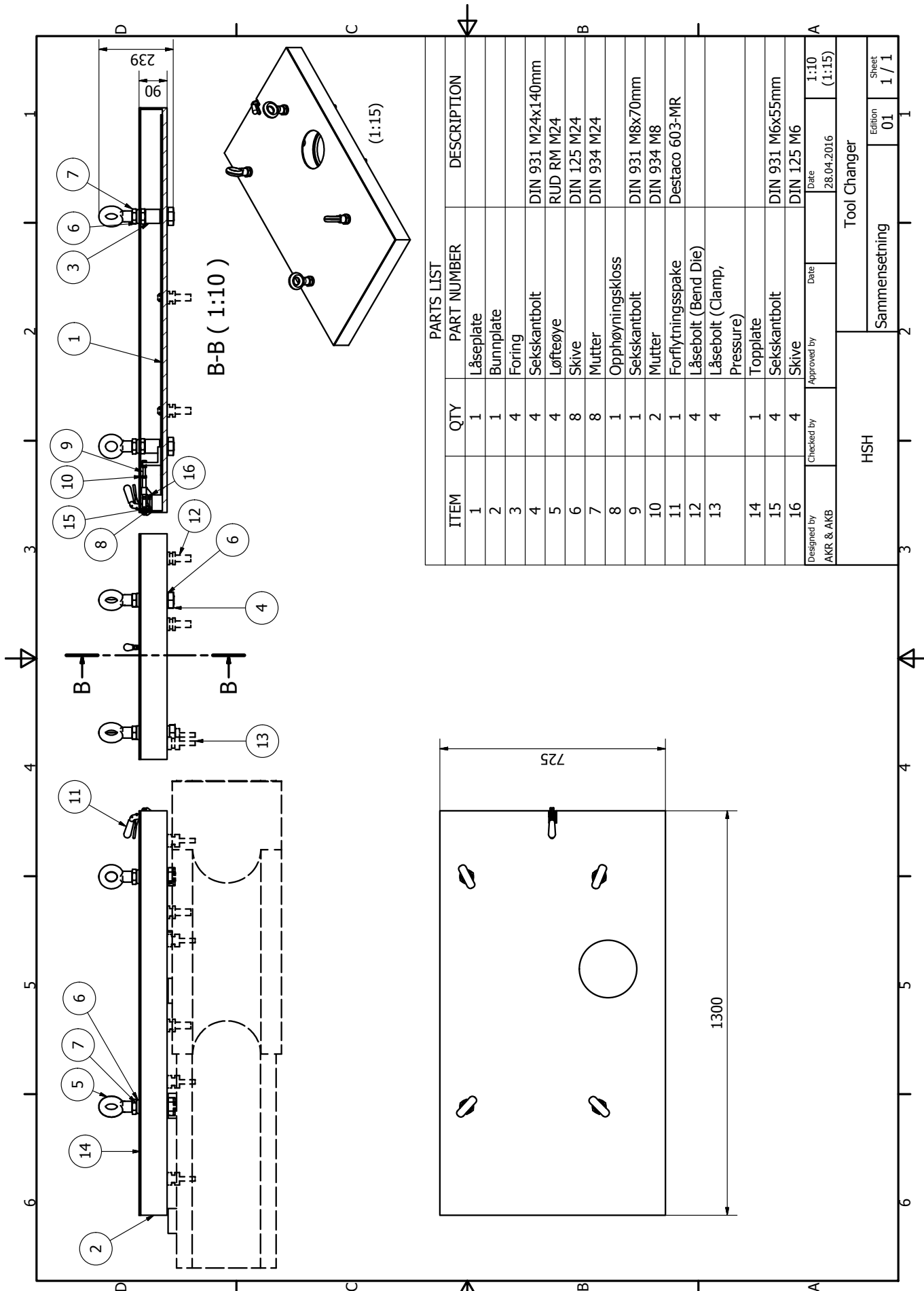
Figur 7.2.3.1: Inventor: "Von Mises Stress" – to løftepunkt, sammensatt modell



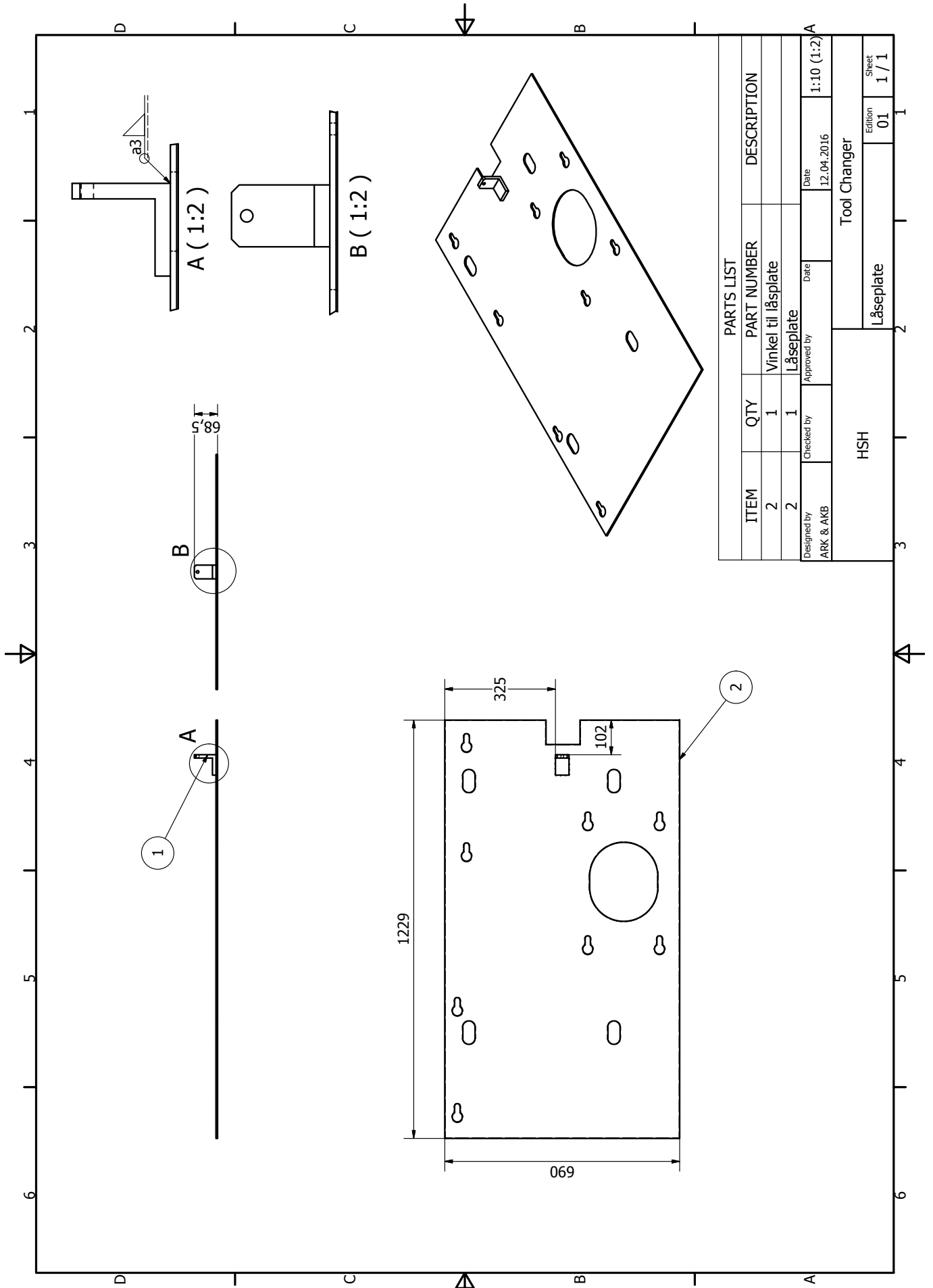
Figur 7.2.3.2: Inventor: "Displacement" – to løftepunkt, sammensatt modell

## 8 Produksjonstegninger

Produksjonstegninger er tegnet i Autodesk Inventor med student/institusjons lisens. I lisensen er det skrevet "Educational licenses cannot be used for commercial, professional or for-profit purposes" (Autodesk Licensing, 2016).  
Bruk av tegninger skal skje i henhold til Autodesk's regler og retningslinjer.



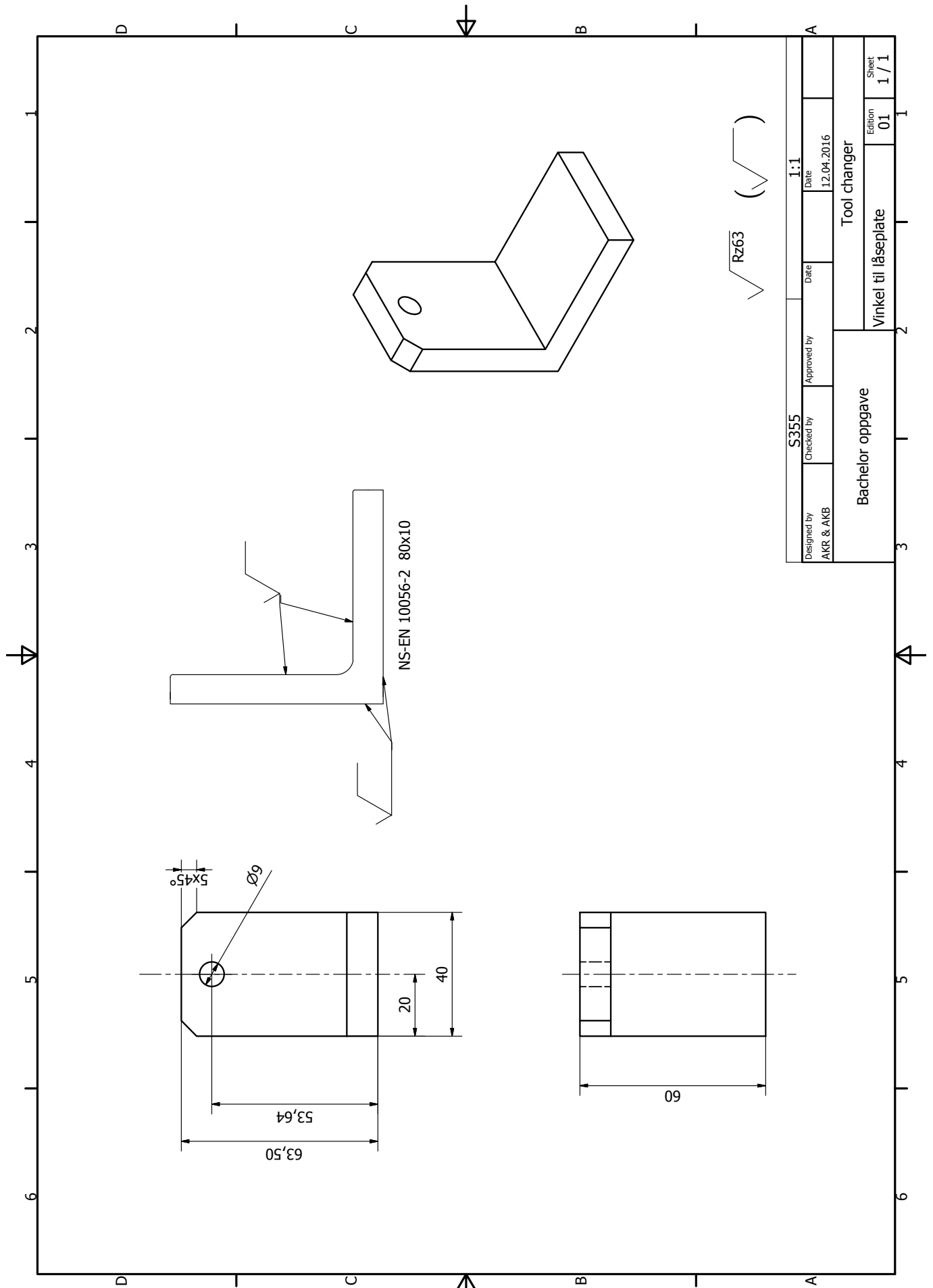
PARTS LIST		QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	Låseplate	1		
2	Bunnplate	1		
3	Foring	4		
4	Sekskantbolt	4	DIN 931 M24x140mm	
5	Løfteøye	4	RUD RM M24	
6	Skive	8	DIN 125 M24	
7	Mutter	8	DIN 934 M24	
8	Opphøyningskloss	1		
9	Sekskantbolt	1	DIN 931 M8x70mm	
10	Mutter	2	DIN 934 M8	
11	Forflytningsspake	1	Destaco 603-MR	
12	Låsebolt (Bend Die)	4		
13	Låsebolt (Clamp, Pressure)	4		
14	Topplate	1		
15	Sekskantbolt	4	DIN 931 M6x55mm	
16	Skive	4	DIN 125 M6	
Designed by AKR & AKB	Checked by	Date	Date	Date
			28.04.2016	1:10 (1:15)
HSH		Tool Changer		
		Sammenstilling		
		Edition	Sheet	
		01	1 / 1	



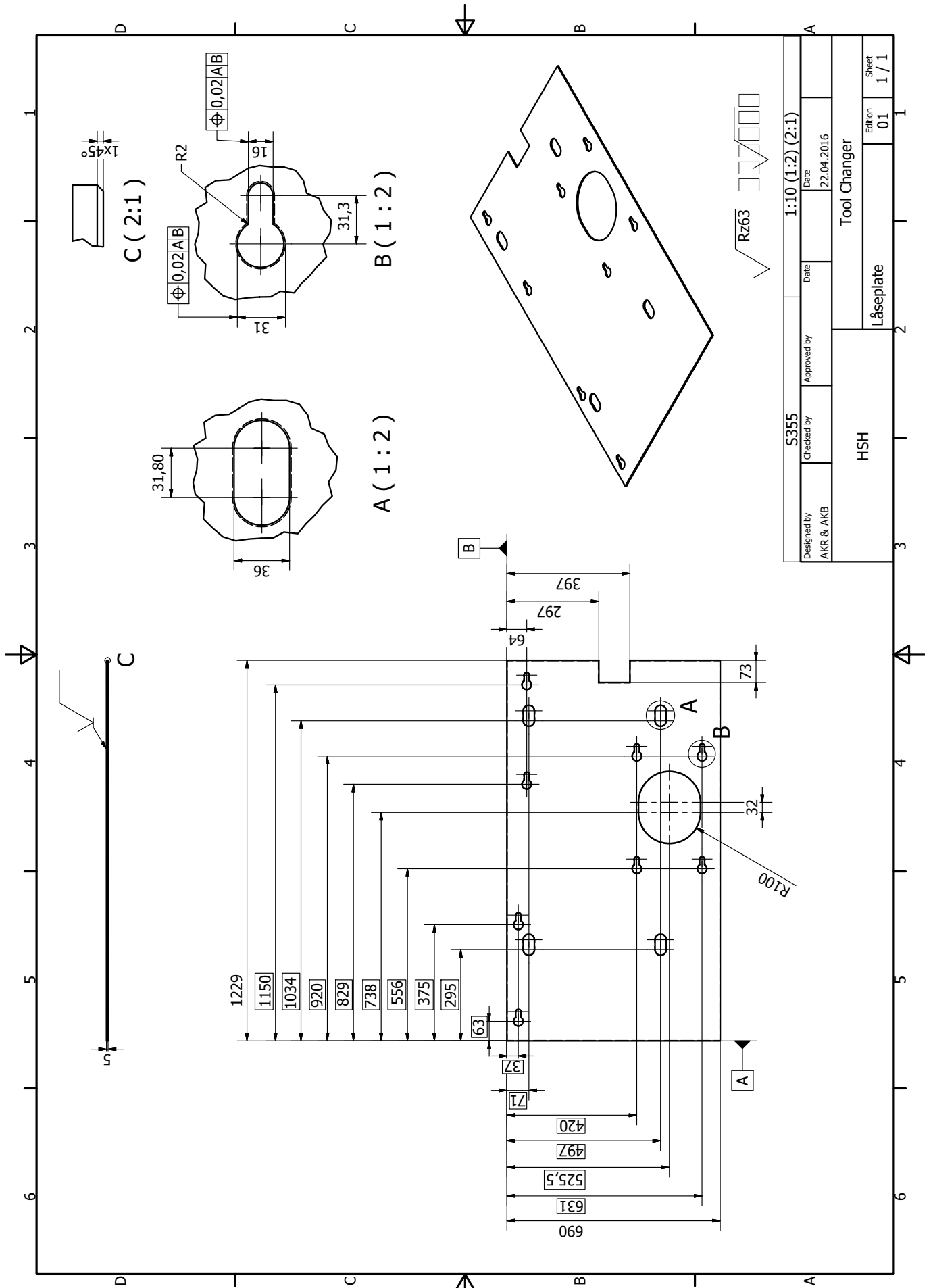
PARTS LIST		QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
2		1	Vinkel til låsplate	
2		1	Låsplate	

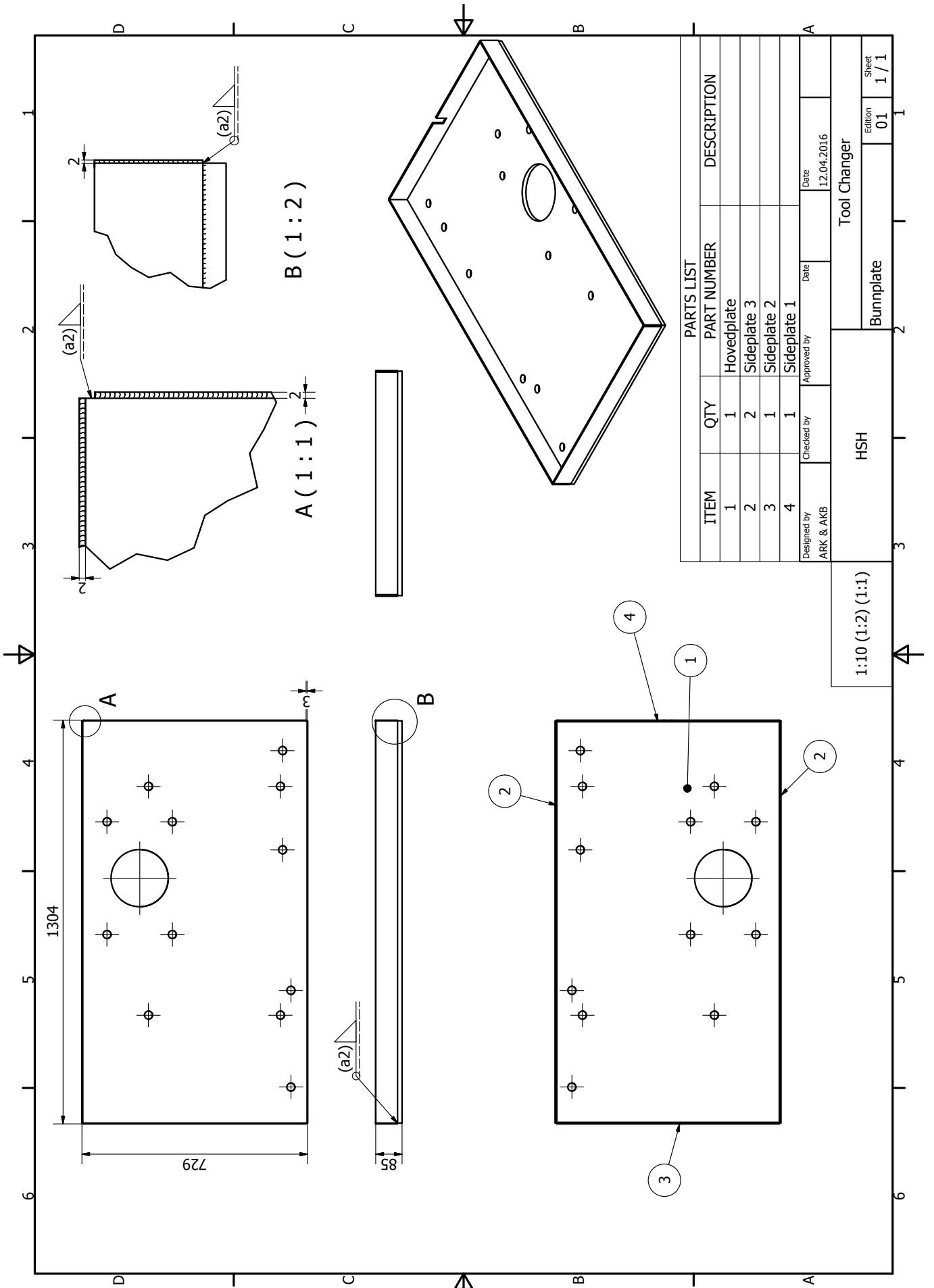
Designed by ARK & AKB	Checked by	Approved by	Date 12.04.2016	1:10 (1:2)
HSH			Tool Changer	
Låsplate			Edition 01	Sheet 1 / 1



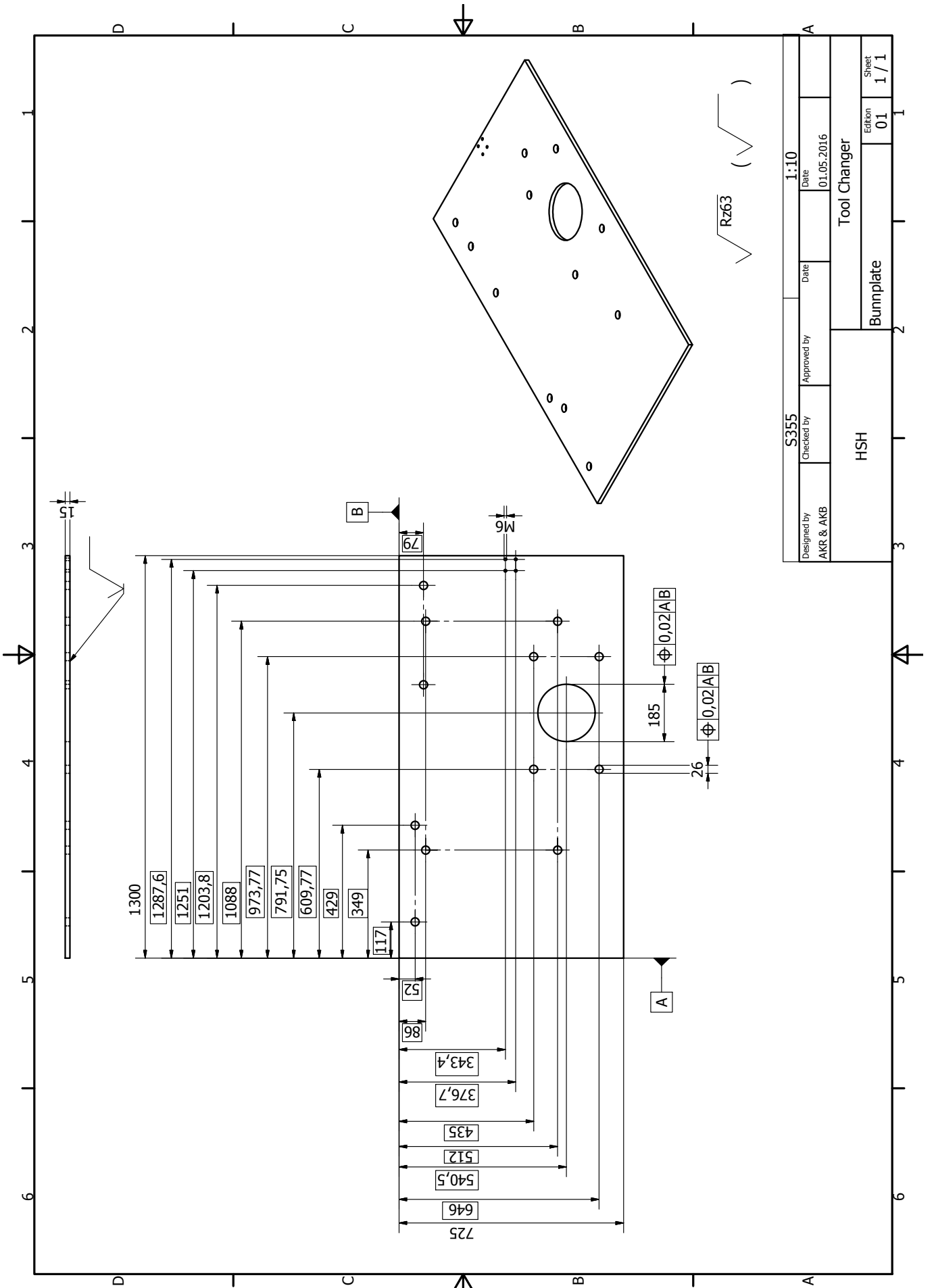
S355		1:1	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
AKR & AKB			12.04.2016
Bachelor oppgave		Tool changer	
Vinkel til låseplate		Edition	Sheet
		01	1 / 1



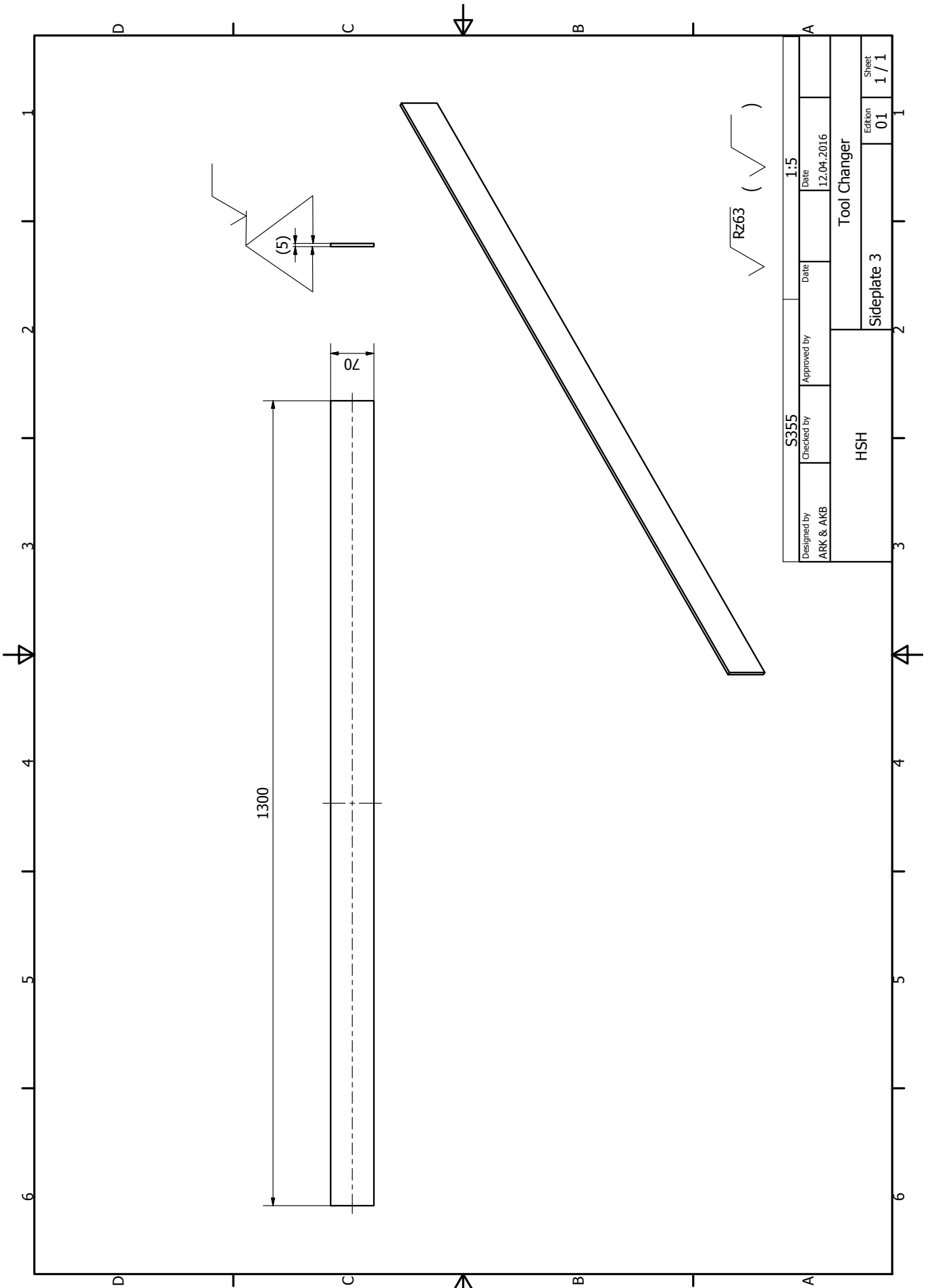
Designed by AKR & AKB	Checked by S355	Approved by	Date 22.04.2016	1:10 (1:2) (2:1)	
HSH		Läseplate		Tool Changer	
Edition 01		Sheet 1 / 1			



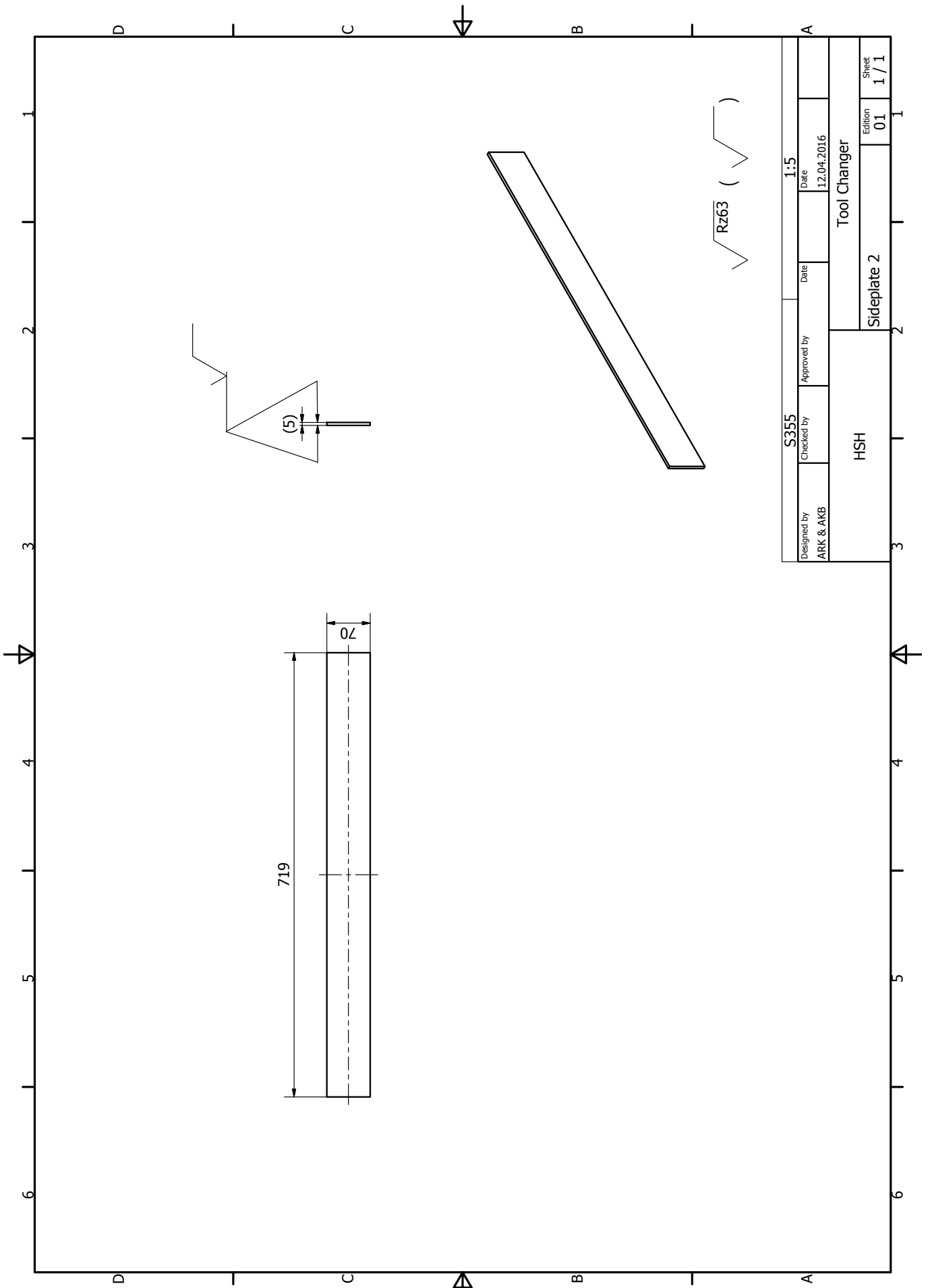




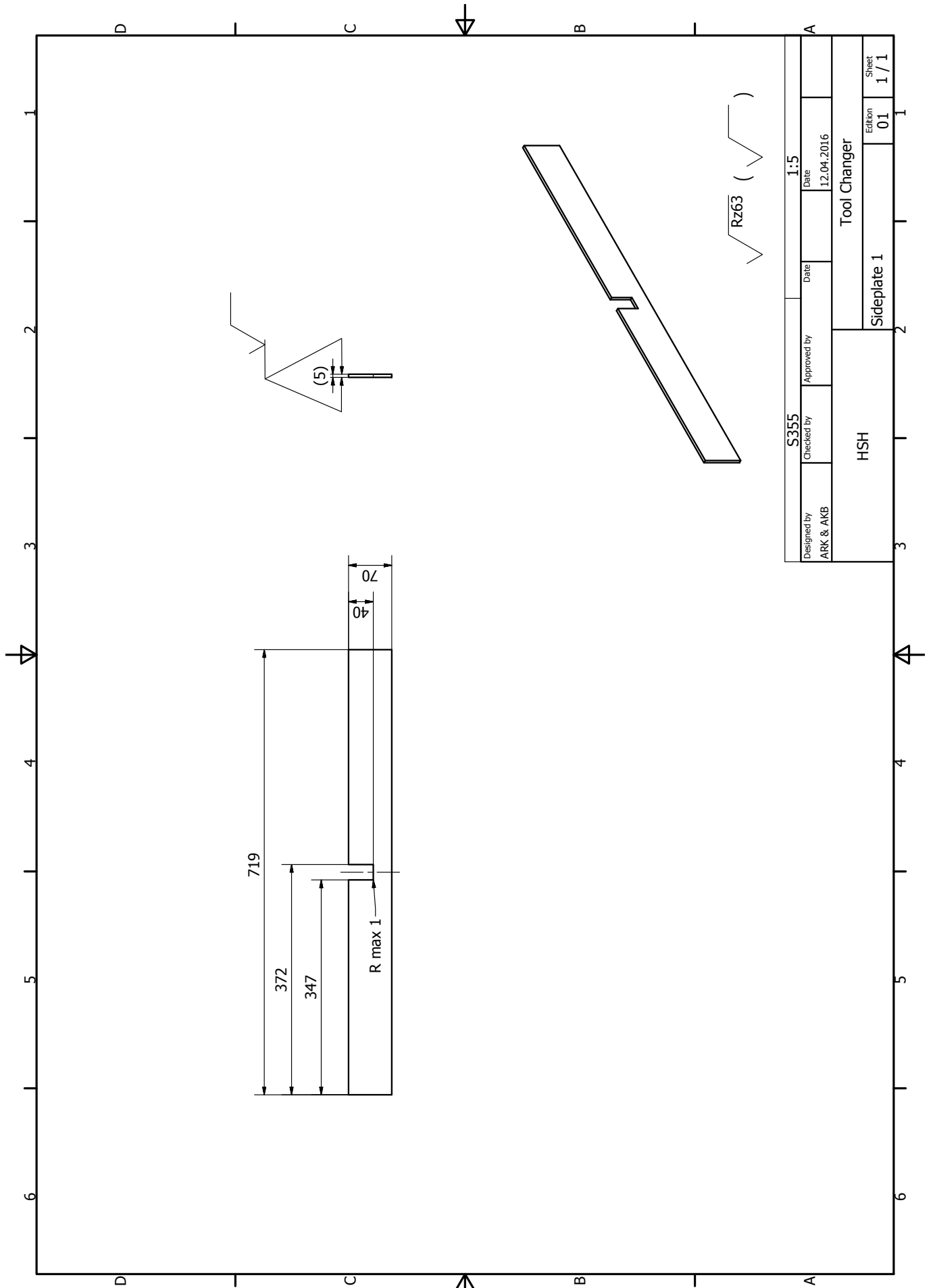
S355		1:10	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
AKR & AKB		HSH	01.05.2016
HSH		Tool Changer	
Bunnplate		Edition	Sheet
		01	1 / 1



S355		1:5	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
ARK & AKB			12.04.2016
HSH		Tool Changer	
		Sideplate 3	Edition
		01	1 / 1

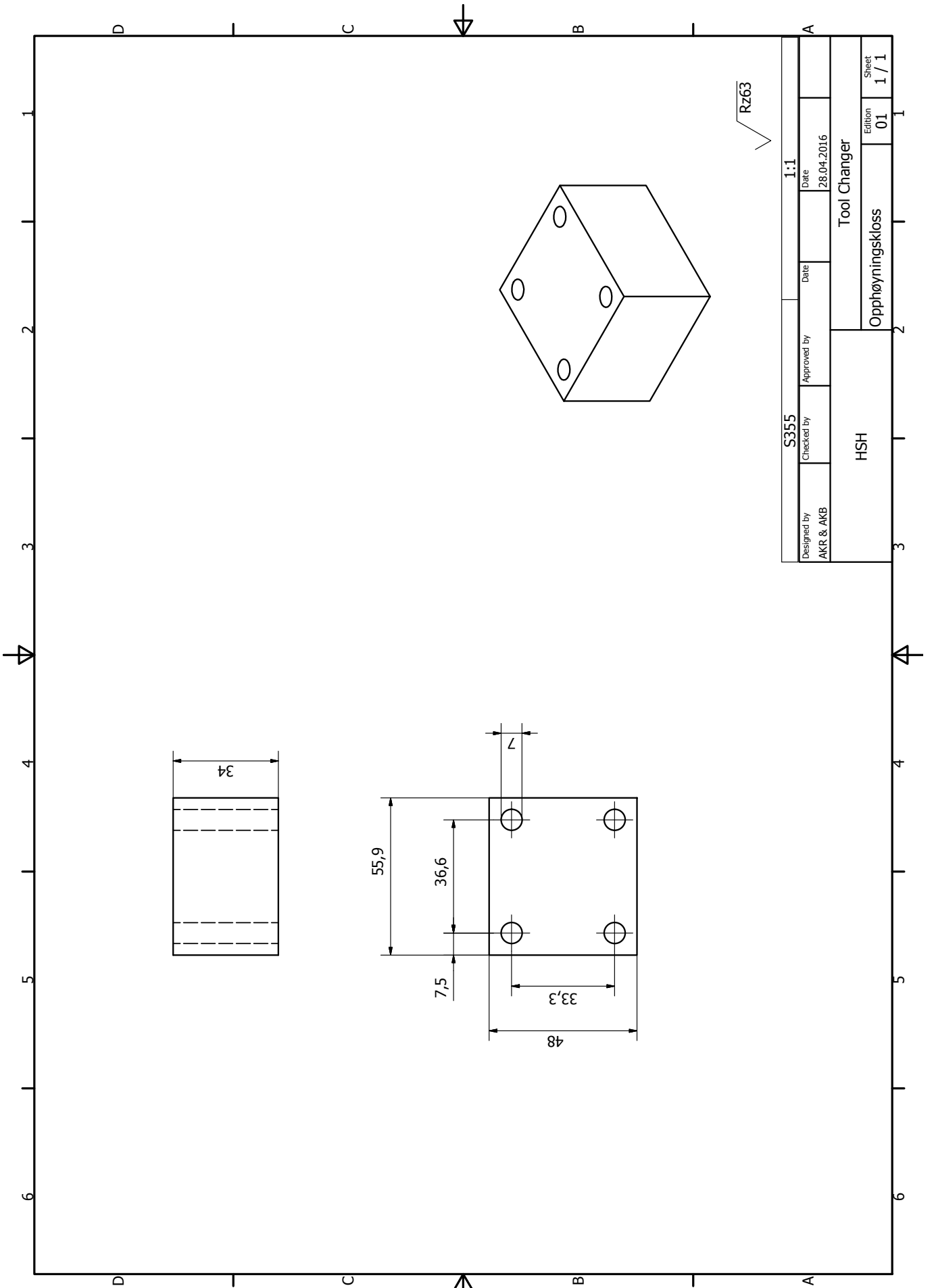


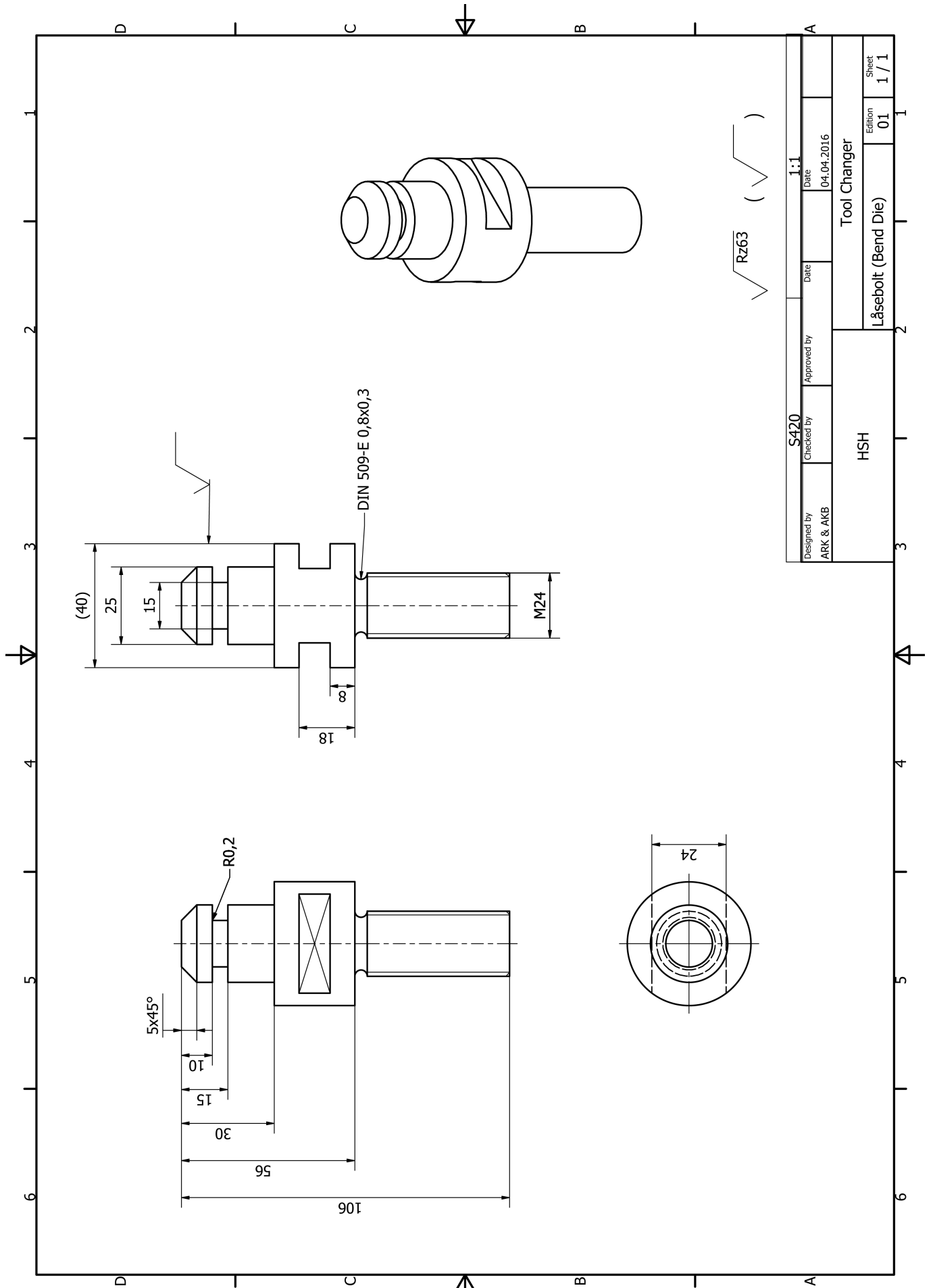
S355		1:5	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
ARK & AKB			12.04.2016
HSH		Tool Changer	
		Sideplate 2	Edition
			01
			Sheet
			1 / 1



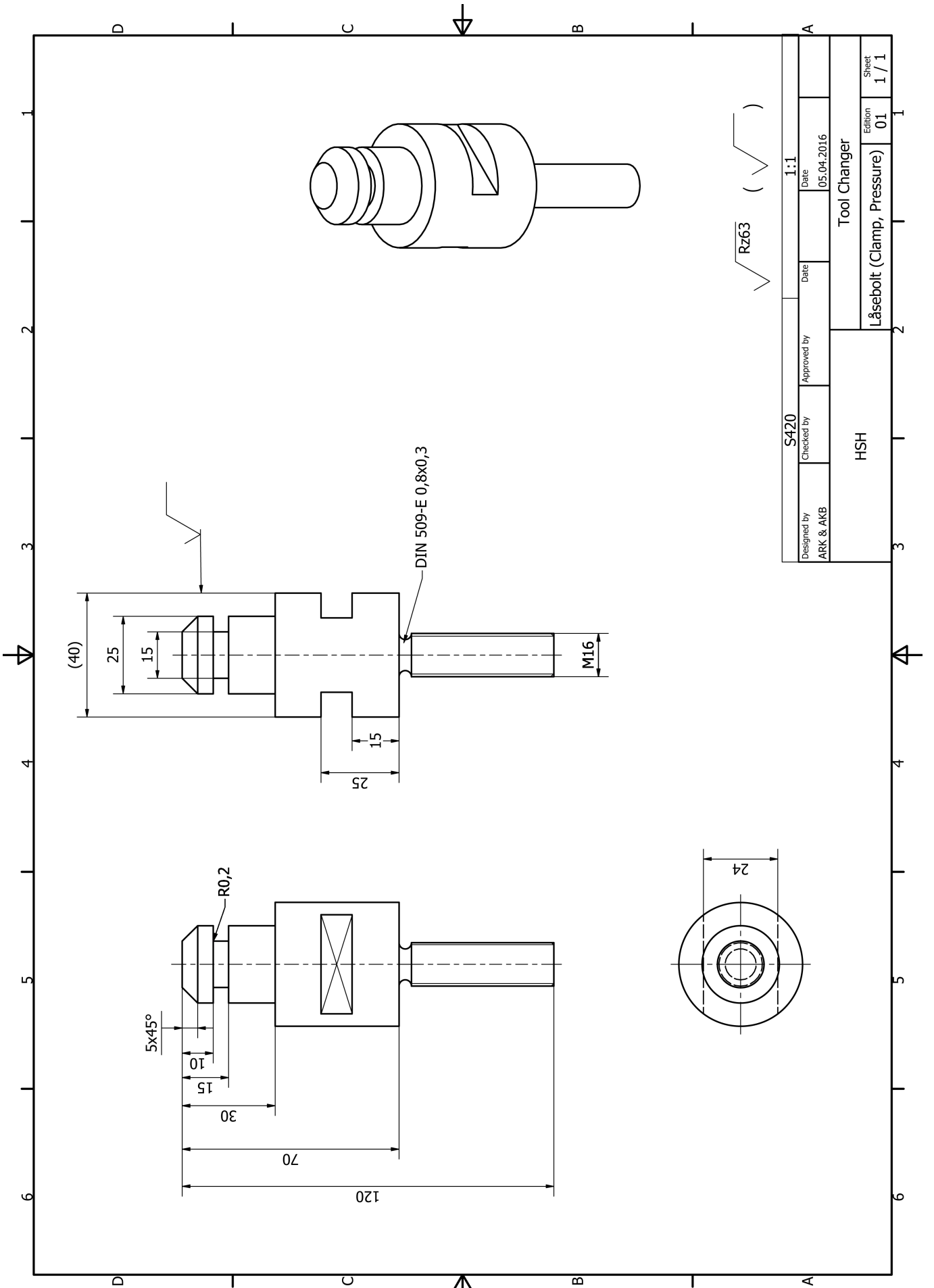
S355		1:5	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
ARK & AKB			12.04.2016
HSH		Tool Changer	
Sideplate 1		Edition	Sheet
		01	1 / 1





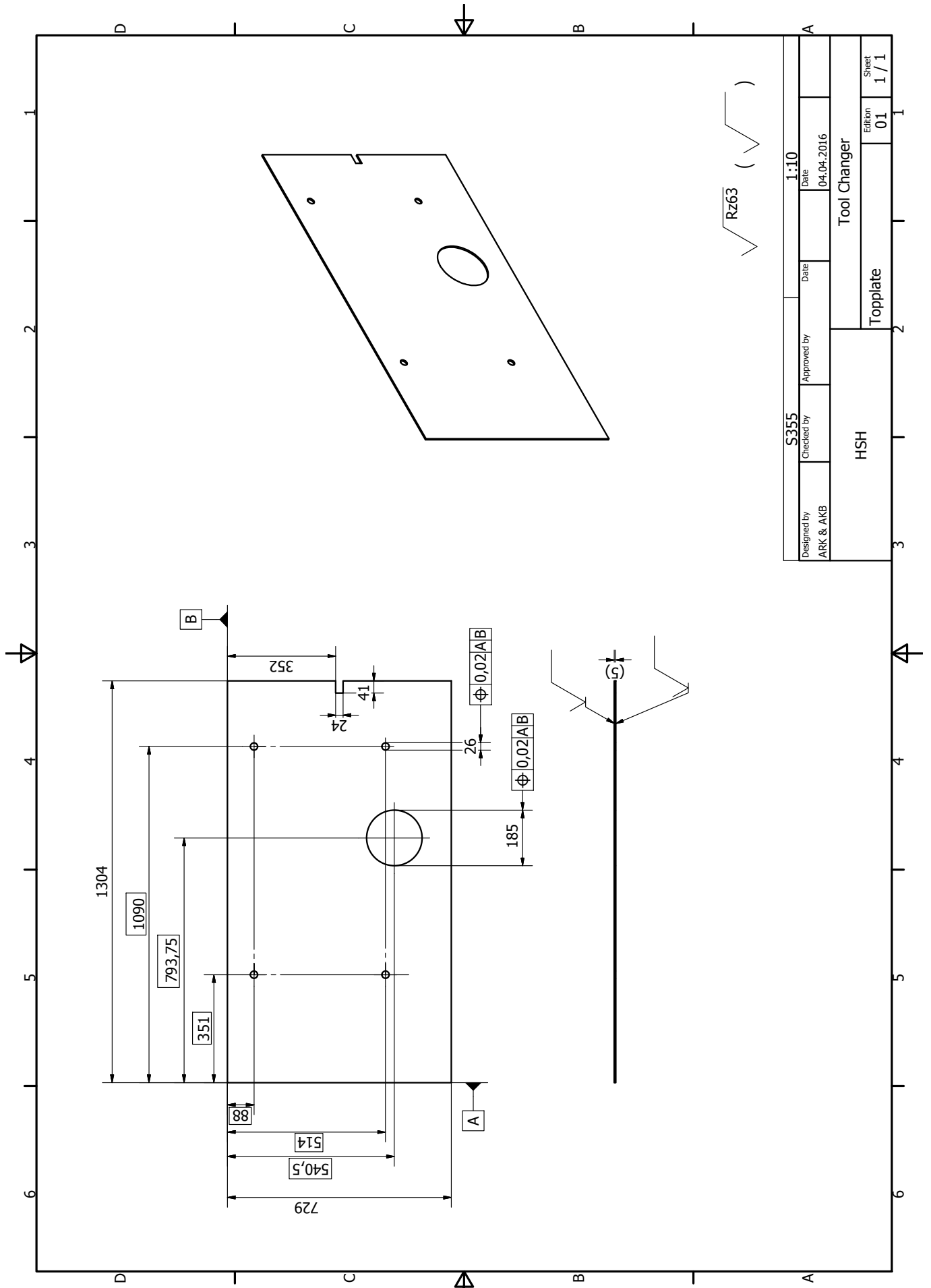


S420		1:1	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
ARK & AKB		HSH	04.04.2016
Låsebolt (Bend Die)		Tool Changer	
Edition		Sheet	
01		1 / 1	



S420		1:1	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
ARK & AKB		HSB	05.04.2016
Låsebolt (Clamp, Pressure)		Tool Changer	
Edition		Sheet	
01		1 / 1	





S355		1:10	
Designed by ARK & AKB	Checked by	Approved by	Date 04.04.2016
HSH		Tool Changer	
Topplate		Edition 01	Sheet 1 / 1

## 9 Modell

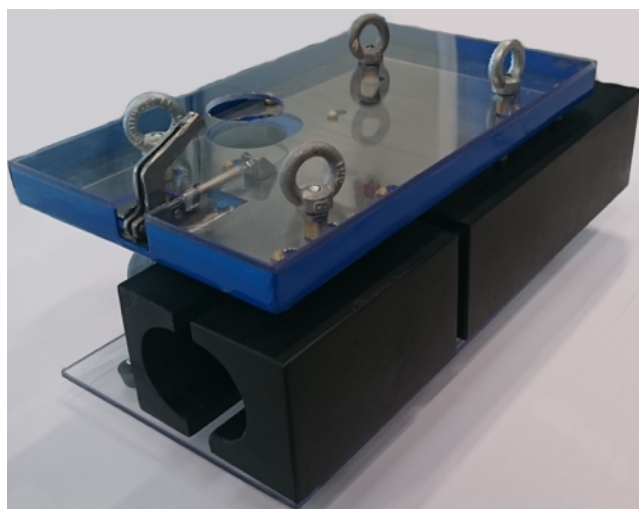
Det har blitt produsert en modell ut i fra produksjonstegningene, for å vise det endelige produktet og alle dens funksjoner. Modellen er laget i rustfritt stål, messing, pleksiglass og tre, i en skala 1:3,5. Topplaten ble laget av pleksiglass for lett å kunne vise hvordan låsmekanismen fungerer i praksis.

Verktøysettet til bøyemaskinen er også laget for å vise størrelsesforhold på plata, samt hvor låseboltene er montert. Verktøysettet er produsert i tre, og låseboltene i messing.

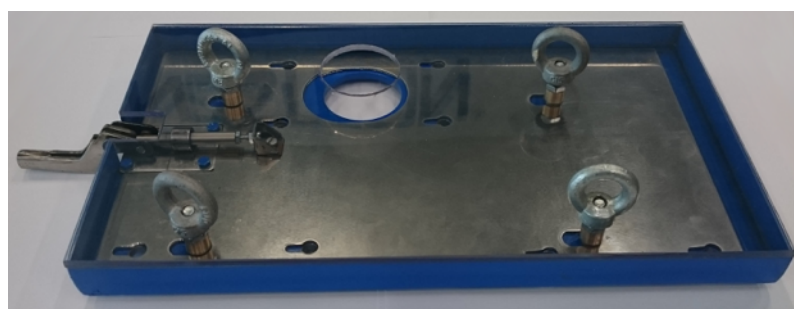
Hjelpemiddel for produksjonen av modellen var dreiebenk, vinkelsliper, sveiseapparat og boremaskin. Alle delene ble maskinert utenom løfteørene. Produksjonstiden var ca. hundre timer.



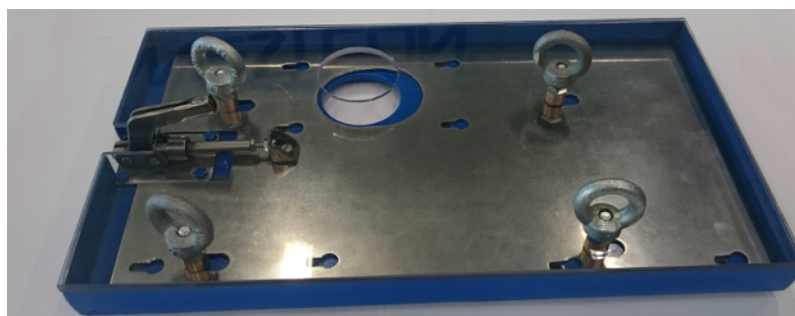
Bilde 9. 1: Modell av verktøysettet



Bilde 9. 2: Modell sammensatt i låst posisjon



Bilde 9. 3: "Tool Changer" i åpen stilling



Bilde 9. 4: "Tool Changer" i låst stilling

## 10 Andre tidsbesparende tiltak

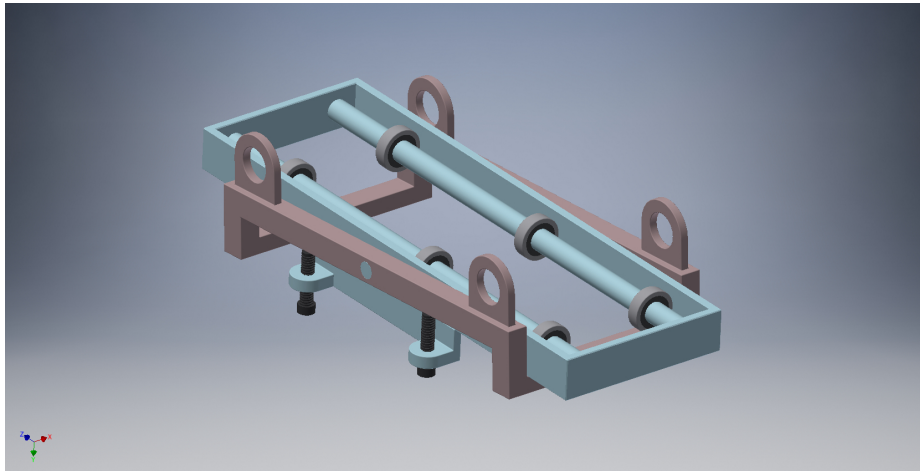
### 10.1 Skifte av dor

Utfordringer:

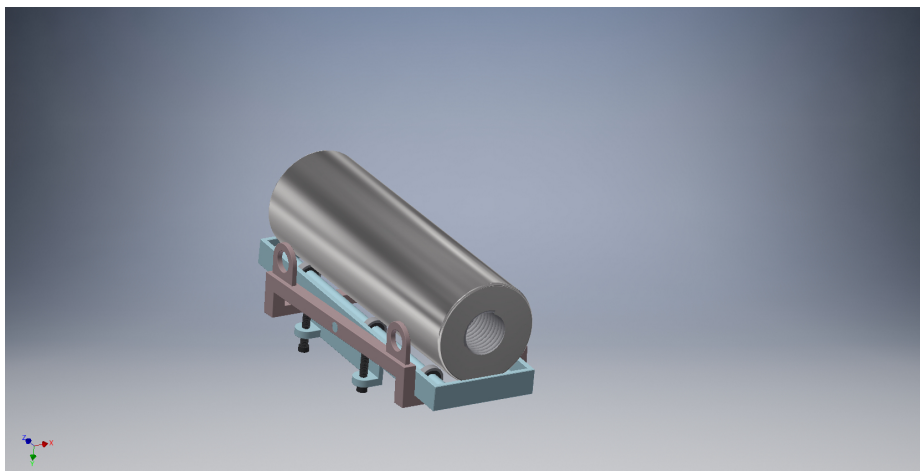
- Doren er for tung til å løfte for hånd, noe som gjør at det må brukes en kran for å flytte den.
- Det er stor sjanse for kiling, fordi det er gjengeforbindelse mellom doren og dorstangen.

Dagens metode er å løfte doren med kran ved hjelp av stropper, dette gjør at riktig vinkel for å treffe gjengene er vanskelig å opprettholde. Samtidig må man rotere doren som sitter fast i stropene for å skru den fast i dorstangen.

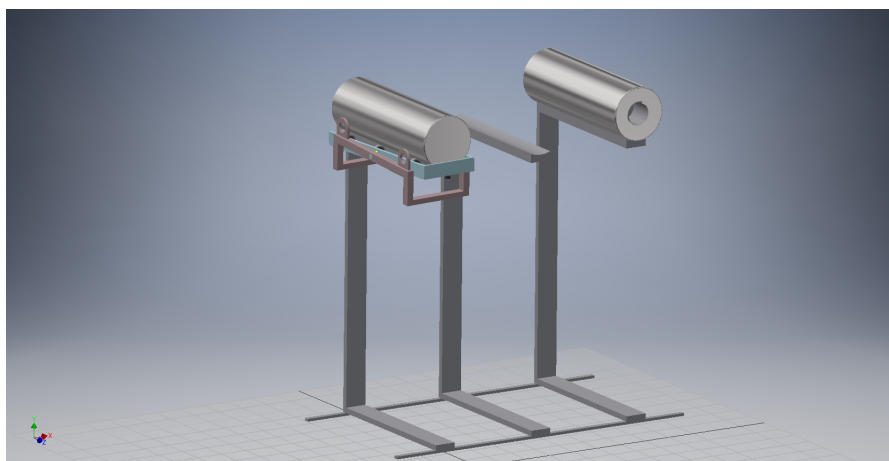
En mulig løsning kan være å bruke en ”vogn” som doren kan ligge på som løftes ved hjelp av kran. Figur 10.1.1 viser første utkast av en vogn som har mulighet for å justere vinkel med to bolter. Vognen er utstyrt med seks lager for å rotere doren når den skal skrues inn på dorstangen.



Figur 10.1. 1: Løftevogn for dor med justeringsmuligheter.



Figur 10.1. 2: Løftevogn med dor.



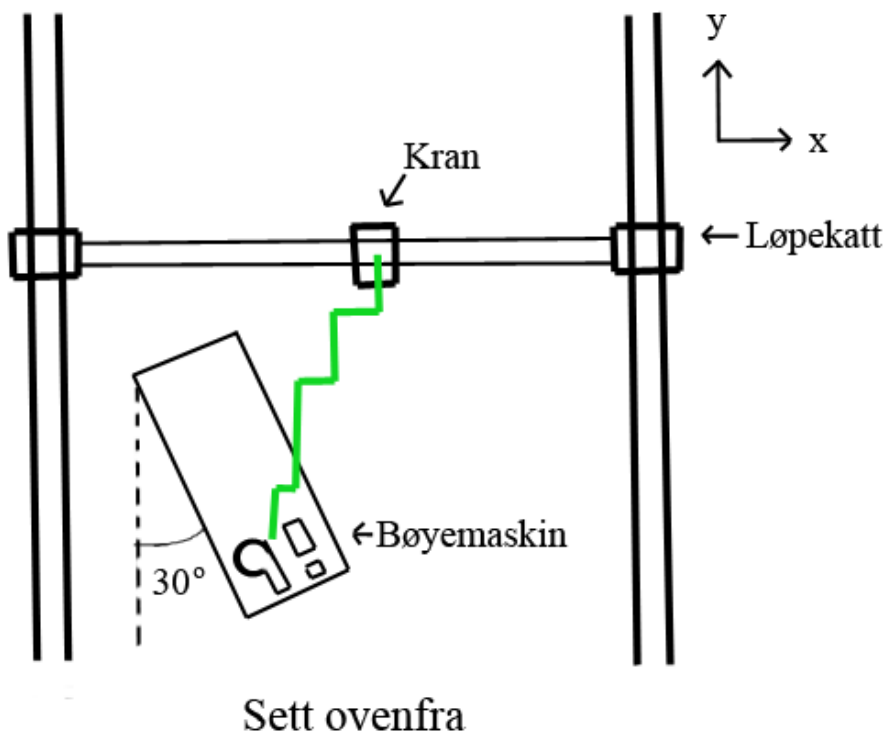
*Figur 10.1. 3. Mulig lagringssystem for dor*

Det ble også sett på lagringmuligheten for dorer, hvor man effektivt skal kunne plukke opp doren (se figur 10.1.3). Det vil ikke trengs noe ekstra løft for å få doren opp på vognen med denne løsning.

## 10.2. Manøvrering av kran og plassering av bøyemaskinen

Kranen som brukes i dag er en traverskran med SWL 5000 kg. Denne har kun mulighet til å forflytte seg i x og y retning (se figur 10.2.1). Man ser på figuren at Westcons bøyemaskin står ca. 30 grader fra løpekattens bane, noe som gjør manøvrering vanskelig.

Kranen kjøres i en sikksakk-bevegelse når verktøyene skal på plass, vist som grønn strek på figur 10.2.2. Dette på grunn av at det er objekter i veien som hindrer en kortere bane.



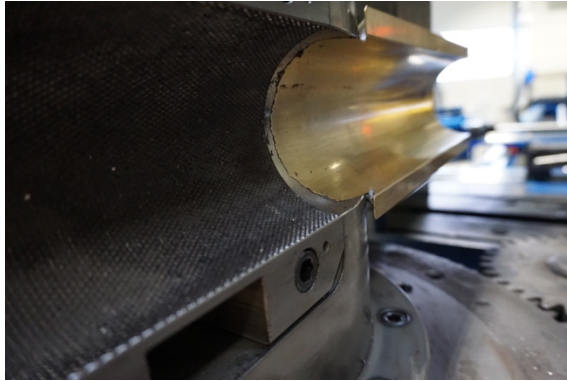
Figur 10.2. 1: Forflytning av verktøysett

### Mulig løsning på utfordringene kan være:

- Rette opp bøyemaskinen slik at den står parallelt med løpekatten. Dette vil gjøre at forflytningen kan skje i to bevegelser.
- Bytte ut traverskranen med en som kan gå diagonalt.
- Oppgradere med en søylekran som kun har som formål å brukes til verktøybytte.

### 10.3 Innstilling av "Viper Die"

Som forklart i kapittel 3.5, må "Viper Die" stilles nøyaktig inntil "Bend Die" ved å sku på to hjul med trippteller. Siden dette gjøres manuelt er det en utfordring å gjøre det effektivt og samtidig få innstillingen nøyaktig nok.



Bilde 10.3. 1: "Viper Die" plassert på "Bend Die"

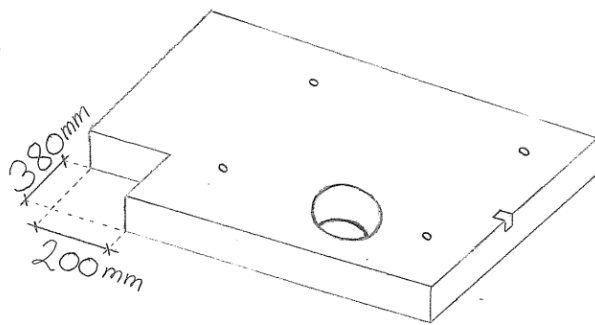
#### Mulig løsning:

- Automatisere prosessen med laser og sensorer slik at den stiller seg inn selv.

## 11 Konklusjon

Etter å ha sett nærmere på ulike metoder for å løfte "Clamp Die", "Pressure Die" og "Bend Die" i ett løft, ble det kommet frem til et rektangulært produkt med en låsemekanisme som muliggjør rask montering og demontering. Designet oppfyller alle krav fra mål- og kravanalysen. I følge utregninger gjort i Inventor har konstruksjonen en materialsikkerhetsfaktor som ligger over fem for alle komponenter. Designet er brukervennlig og vil redusere faren for klemskader på personell.

På slutten av prosjektet dukket det opp en geometrisk forstyrrelse. Det viste seg at det ene hjørnet av "Tool Changeren" ville komme i konflikt med utstyr på bøyemaskinen. Dette gjør at det må fortas en justering på designet for at det skal kunne fungere i praksis. Løsningen kan være å modifisere geometrien på bunnplaten, låseplaten og topplaten (se figur 11.1).



Figur 11. 1: Modifikasjon på "Tool Changer"

Det må kuttes bort ca. 200x380 mm, noe som vil redusere massen til designet med ca. 14 kg. Dette utgjør en svært liten del av den totale massen til "Tool Changeren" og verktøysettet, som er 1500 kg. Det er derfor ikke sikkert at løftepunktene trenger å justeres for å holde verktøysettet balansert.

Westcon kan ta utgangspunkt i produksjonstegningene og gjøre de modifikasjoner som trengs, for å få produsert "Tool Changeren" i full skala.

For å effektivisere verktøybyttet ytterligere, burde Westcon se nærmere på løsningene som ble presentert rundt utfordringene ved dorbyttet og plasseringen av bøyemaskinen.

## Referanser

- Autodesk Licensing.* (2016). Hentet 2016 04 fra Autodesk:  
<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=18270111>
- 2.2 - *Dislocation coin.* (u.d.). Hentet 04 2016 fra Déformation plastique et dislocations : <http://deuns.chez.com/sciences/matiere/disloc22.html>
- Christensen, N. (2009, 02 14). *Fastning.* Hentet 2016 fra Store Norske Leksikon:  
<https://snl.no/fastning>
- Dislokasjon – fysikk og metallurgi.* (2009, 02 14). Hentet 03 2016 fra Store Norske Leksikon: [https://snl.no/dislokasjon%2Ffysikk\\_og\\_metallurgi](https://snl.no/dislokasjon%2Ffysikk_og_metallurgi)
- Forenklet rørbøying skjema.* (u.d.). Hentet fra Westcon:  
<http://inside.westcon.no/static/images/revolusjonerer-kaldboying-avror/Forenklet-rorboying-skjema---NO.jpg>
- Historie.* (u.d.). Hentet 02 01, 2016 fra Westcon: <http://westcon.no/om-oss/historie/>
- Husø, Ø. (2012). *Materialer. Teknologi og anvendelser.* HiOA.
- Løft og lastesikring.* (2013, 04). Hentet 04 2016 fra Gigant:  
[http://www.gigant.no/wp-content/uploads/2013/04/Gigant-Lyftkat-Norsk\\_2014\\_LOW.pdf](http://www.gigant.no/wp-content/uploads/2013/04/Gigant-Lyftkat-Norsk_2014_LOW.pdf)
- Mandrel Bending.* (u.d.). Hentet 03 2016 fra Trick-Tools: <http://www.trick-tools.com/what-is-mandrel-bending>
- Mandrel Bent.* (2016). Hentet 03 2016 fra TTB: <http://ttb.com/bending-process/mandrel-bent/>
- Mandrel Nose Placement.* (2008). Hentet 02 2016 fra Bend Tooling Inc.:  
[http://www.bendtooling.com/step\\_one.htm](http://www.bendtooling.com/step_one.htm)
- Straight Line Action Clamps.* (u.d.). Hentet 04 2016 fra Destaco:  
<http://www.destaco.com/straight-line-action-clamps/603-R?unit=metric>
- Straight Line Action Clamps.* (u.d.). Hentet 03 2016 fra Destaco:  
<http://www.destaco.com/straight-line-action-clamps.html>
- Tapper, J. (2001, 12 13). *Bending tube with an all-electric machine.* Hentet 03 2016 fra The Fabricator:  
<http://www.thefabricator.com/article/tubepipefabrication/bending-tube-with-an-all-electric-machine>



# Vedlegg

## Vedlegg A: UNISON datablad bøyemaskin



### UNISON BREEZE "ALL ELECTRIC" 220mm SINGEL STACK TUBE BENDING MACHINE

#### QUOTATION

- ✓ 220mm Collet Capacity
- ✓ CW – Clockwise (Right Hand) Bend Arm Rotation
- ✓ 6,200mm Tube Length (Stopped Collet), 9,100mm Tube Length (Hitch Feed)
- ✓ Servo Driven Platen Return
- ✓ Servo Driven Carriage & Full Plane of Bend Capability
- ✓ Servo Driven Precision Ballscrew, Carriage Boost for Roll Forming
- ✓ Servo Driven Pressure Die Assist
- ✓ Servo Driven Mandrel Retraction Including Mandrel Anticipation
- ✓ Wiper Die Mounting Assembly
- ✓ 1 Master Collet and 1 Mandrel Rod included
- ✓ 4 X Tie Bars
- ✓ Automatic Laser Springback Correction
- ✓ Automatic Wiper Die & Mandrel Lubrication
- ✓ Automatic Machine Lubrication
- ✓ Unison "Unibend" Control Software (Windows 7), including 3D simulator
- ✓ Perimeter Safety Fence & LASER Scanner
- ✓ Unison "Black Box" Diagnostic and Data Capture Tools
- ✓ Internet & Camera Offsite Support
- ✓ Test Bends & Run-Off in UK
- ✓ Installation and On Site Commissioning
- ✓ Comprehensive Training Program
- ✓ Bar Code Reading for Tooling
- ✓ Extra Mandrel Rods, 3 Off
- ✓ Additional Collet Inserts, 3 Off

#### **Special Discounted Price**

**Delivery lead time 35-40 weeks from receipt of order and deposit**  
**Additions highlighted in YELLOW**

#### Options (not included)

- ✓ Tooling Fast Load Plates (set of 5)

Faroe House, Thornburgh Road, Eastfield, Scarborough, North Yorkshire,  
United Kingdom. YO11 3UY (Company Reg: 1105991)

Tel: +44 (0) 1723 582868 Fax: +44 (0) 1723 582379 Email: sales@unisonltd.com

[www.unisonltd.com](http://www.unisonltd.com)





## UNISON BREEZE “ALL ELECTRIC” 220mm TUBE BENDING MACHINE

### SPECIFICATION

#### CAPACITY

Bend Torque TBC

#### TUBE LENGTH

Stopped collet 6200mm  
Through collet (hitch feed) 9100mm

#### SIZE

Length (Long Nose) 11650mm  
Width 4160mm  
Working Height 1524mm (60")

#### ACCURACY & REPEATABILITY

Distance Between Bends 0.1mm / 0.05mm  
Plane Of Bend 0.1 deg / 0.05deg  
Degree Of Bend 0.1 deg / 0.05/deg

#### MAX SPEED

Distance Between Bends 600mm/sec  
Plane Of Bend 14 deg/sec  
Degree Of Bend 8.0 deg/sec

#### ENVIRONMENTAL ISSUES

Power Consumption  
Idle 1.5 Amp/Phase  
Noise (Voice Level) 55-60db

Faroe House, Thornburgh Road, Eastfield, Scarborough, North Yorkshire,  
United Kingdom. YO11 3UY (Company Reg: 1105991)

Tel: +44 (0) 1723 582868 Fax: +44 (0) 1723 582379 Email: sales@unisonltd.com

[www.unisonltd.com](http://www.unisonltd.com)



## Vedlegg B: Forflytningsspake

# 603, 608 SERIES

### Straightline Action Clamps | Product Overview

#### Features:

- Allow handle to rotate and fall below mounting plane to lock in retracted position
- Large holding capacities for their size
- Available with DESTACO® Toggle Lock Plus

#### Applications:

- Assembly & test
- Checking fixtures
- Welding fixtures
- Tensioning devices

#### Also Available:

See page MC-ACC-1 for accessories

803 Pneumatic Toggle Clamp  
See page MC-PTC-27

803-ME Pneumatic Toggle Clamp  
See page MC-PTC-27

Covered under one or more U.S./International Patents

603  
603-M



603-SS  
603-MSS  
Stainless  
Steel



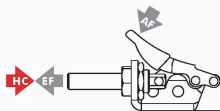
603-R  
603-MR  
with  
DESTACO®  
Toggle Lock  
Plus



608  
608-M



### Technical Information, Holding Capacities



Model	Max. Holding Capacity	Weight	EF:AF (pushing/pulling)	Plunger Travel	(M) Plunger Thread	Recommended Spindle (Not Supplied)
603	[600 lbf] 2670 N				5/16-18	207203
603-M					M8	207203-M
603-SS	[840 lbf] 3740 N	[0.83lb] 0,38kg	23:1/34:1	[1.25] 31,8	5/16-18	207943
603-MSS					M8	207943-M (supplied)
603-R	[600 lbf] 2670 N				5/16-18	207203
603-MR					M8	207203-M
608	[850 lbf] 3780 N	[1.25lb] 0,57kg	44:1/50:1	[1.63] 41,3	3/8-16	210203
608-M					M10	210203-M

HC = Holding Capacity, EF = Exerting Force, AF = Applied Force



MC-SLA-7

Dimensions and technical information are subject to change without notice

## Vedlegg C: Løfteøye

### Løftebøyer RUD – Løftfester og sjakler

#### LØFTEBØYLER RUD

##### RUD RM øyemutter

RUD øyemutter. Grade 80 med sikkerhetsfaktor 4:1. WLL oppgitt i den mest ugunstige løfteposisjon, men kan brukes opptil 4 ganger større WLL i rett strekk, se tabell for mer informasjon. Sprekkestet høykvalitets materiale i henhold til EN-1677-1. Må brukes på min. 8.8 kvalitetsbolter. Kan leveres med test- og materialsertifikat på forespørsel. (Må oppgis ved bestilling). Kan leveres med fingjenger eller UNC.

##### Tekniske data RM M6-M18

Arter	19267-0107	19267-0206	19267-0305	19267-0404	19267-0503	19267-0602	19267-0701
Type	RM-M6	RM-M8	RM-M10	RM-M12	RM-M14	RM-M16	RM-M18
Maks. last	0.1 tonn	0.2 tonn	0.25 tonn	0.4 tonn	0.75 tonn	0.8 tonn	1.2 tonn
A	12 mm	12 mm	12 mm	14 mm	16 mm	16 mm	18 mm
B	11 mm	11 mm	11 mm	13 mm	15 mm	15 mm	17 mm
C	10 mm	10 mm	10 mm	12 mm	14 mm	14 mm	16 mm
D	25 mm	25 mm	25 mm	30 mm	35 mm	35 mm	40 mm
E	25 mm	25 mm	25 mm	30 mm	35 mm	35 mm	40 mm
F	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm
T	34 mm	34 mm	34 mm	41 mm	48 mm	48 mm	55 mm
Vekt	0.1 kg	0.1 kg	0.1 kg	0.2 kg	0.3 kg	0.3 kg	0.4 kg

##### Tekniske data RM M20-M48

Arter	19267-0800	19267-0909	19267-1006	19267-1105	19267-1204	19267-1402	19267-1501	19267-1600
Type	RM-M20	RM-M22	RM-M24	RM-M27	RM-M30	RM-M36	RM-M42	RM-M48
Maks. last	1.5 tonn	1.5 tonn	2 tonn	2 tonn	3 tonn	4 tonn	6 tonn	8 tonn
A	18 mm	22 mm	22 mm	28 mm	28 mm	40 mm	40 mm	40 mm
B	17 mm	21 mm	21 mm	26 mm	26 mm	43 mm	43 mm	43 mm
C	16 mm	20 mm	20 mm	24 mm	24 mm	38 mm	38 mm	38 mm
D	40 mm	50 mm	50 mm	60 mm	60 mm	90 mm	90 mm	90 mm
E	40 mm	50 mm	50 mm	60 mm	60 mm	100 mm	100 mm	100 mm
F	20 mm	22 mm	24 mm	27 mm	30 mm	36 mm	42 mm	48 mm
T	55 mm	70 mm	70 mm	85 mm	85 mm	13 mm	13 mm	13 mm
Vekt	0.35 kg	0.65 kg	0.6 kg	1.4 kg	1.3 kg	5.5 kg	5.4 kg	5.3 kg



LØFT OG LASTESIKRING