

# Automatiserad sjunkspärr för lyftbord av saxliftsprincip

Sebastian Anderson

DIVISION OF PRODUCT DEVELOPMENT | DEPARTMENT OF DESIGN SCIENCES  
FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY  
2016

EXAMENSARBETE



# Automatiserad sjunkspärr för lyftbord av saxliftsprincip

Produktutvecklingsprojekt

Sebastian Anderson



**LUNDS**  
UNIVERSITET

# Automatiserad sjunkspärr för lyftbord av saxliftsprincip

Copyright © 2016 Sebastian Anderson

*Publicerad av*

Institutionen för designvetenskaper  
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet  
Box 118, 221 00 Lund

Ämne:	Maskinkonstruktion (MMK820)
Avdelning:	Produktutveckling
Huvudhandledare:	Giorgos Nikoleris
Bitr. handledare:	
Handledare på företag:	Carl-Johan Fogelberg
Examinator:	Damien Motte

# Abstract

The most common types of lift tables in the industry is structured with a scissor lift that gets its vertical movement by means of hydraulic cylinders. According to the standard SS-EN 1570-1, some situations demand that a mechanical lock must be provided to prevent the table from sinking. Existing products that the company Marco AB have developed and are selling are available, but either require a surrounding shaft or they are expensive relative to the price of the lift table. The project has been carried out for the company Marco AB so that it shall have the ability to offer its customers an alternative solution to lock the lifting table at a certain lifting height. A major advantage of locking a lift table at a certain lifting height is the ability to load and unload from the tables load surface with a hand truck without the loading surface moving up and down too much. If the lift table deforms too much vertical when loading or unloading, there are difficulties in using a hand truck since a hand truck has relatively small wheels.

In the project, a prototype of a mechanical lock that is intended to compete with the existing products have been developed and tested. The largest advantage of the prototype developed is its simplicity with the mechanical steering which is performed using a gas spring. A further advantage of the developed prototype is that it can be produced in the company's existing production plant, which makes it very cheap to manufacture. Strength calculations have been carried out with the program Ansys Workbench 16.0 to ensure that the prototype will withstand the loads it is subjected to during use.

# Sammanfattning

Den vanligaste typen av lyftbord inom industrin är uppbyggda med en saxlift som får sin vertikala rörelse med hjälp av hydraulcylindrar. Enligt standard SS-EN 1570-1 finns det i vissa situationer krav på att en mekaniskspärr ska finnas som förhindrar lyftbordet från att sjunka. Existerande produkter som företaget Marco AB utvecklat och säljer finns, men antingen kräver de ett omkringliggande schakt eller så är de dyra relativt till lyftbordets pris. Projektet har utförts för att företaget Marco AB ska ha möjligheten att erbjuda sina kunder en alternativ lösning för att låsa lyftbordet vid en viss lyfthöjd. En stor fördel med att låsa ett lyftbord mekaniskt vid en viss lyfthöjd är möjligheten till att lasta av och på från ovanplanet med en handtruck utan att ovanplanet fjädrar upp och ner för mycket. Om lyftbordet deformeras för mycket i vertikalled vid av- eller pålastning så finns svårigheter med att använda en handtruck som har relativt små hjul.

I projektet har en prototyp till en sjunkspärr som är avsedd för att kunna konkurrera med de existerande produkterna utvecklats och testats. Den absolut största fördelen med prototypen som utvecklats är dess enkelhet med den mekaniskstyrningen som utförs med hjälp av en gasfjäder. Ytterligare fördel med den utvecklade prototypen är att den i stor utsträckning kan produceras i företagets befintliga produktionsanläggning, vilket gör den väldigt billig i tillverkningskostnad. Hållfasthetsberäkningar har utförts med programmet Ansys Workbench 16.0 för att försäkra att prototypen ska klara av de laster den utsätts för vid användning.

# Förord

Ett stort tack till Marco AB och framförallt Carl-Johan Fogelberg för all hjälp som de bistått med under projektet. Även tack till Giorgos Nikoleris och Damien Motte för all hjälp under projektet.

Lund, juni 2016

Sebastian Anderson

# Innehållsförteckning

1 Inledning av arbetet	12
1.1 Presentation av företaget	12
1.2 Metodik för utförandet av arbetet	13
1.3 Disposition av rapport	14
2 Identifikation av möjligheter och behov	15
2.1 Metod för att utreda möjligheter och behov	15
2.2 Introduktion lyftbord	15
2.2.1 Bottenram	16
2.2.2 Saxarmar	17
2.2.3 Ovanplan	17
2.2.4 Hydraulcylindrar och hydraulaggregat	18
2.2.5 Shotbolts	18
2.2.6 Befintlig sjunkspärr	19
2.3 Intervju anställda	19
2.3.1 Intervju/diskussion med anställda på Marco AB:	20
2.4 Specifikation för dagens lösning	21
2.5 Slutsats möjligheter, behov och specifikationer för dagens lösning	23
3 Studerande av nuvarande produkt	24
3.1 Introduktion till förstudie	24
3.2 Allokera resurser	25
3.2.1 Vilka tillverkningsmöjligheter finns inom företaget	25
3.3 Fullständig förstudieplanering	26
3.3.1 Utförande av förstudie	27

3.4 Sammanfattning av antaganden och begränsningar	27
3.5 Förstudie i Ansys Workbench	28
3.5.1 Geometri	28
3.5.2 Kontaktytor	29
3.5.3 Axelfästning	29
3.5.4 Randvillkor	29
3.5.5 Förfining av analys	31
3.5.6 Resultat med cylinder slaglängd konstant vilket motsvarar lyfthöjd 3300mm	31
3.5.7 Analys av potentiella regioner för låsning av saxen med hydraulcylinder	33
3.5.8 Analys av potentiella regioner för låsning av saxen utan hydraulcylinder	35
3.5.9 Sammanställning	37
4 Produktspecifikation	40
4.1 Beaktande vid produktspecifikation	40
4.2 Etablera målspecifikation	41
4.3 Bestämma kravspecifikation	42
4.4 Bedömningskriterier vid bedömning av koncept	43
4.5 Slutsats	44
5 Konceptgenerering	46
5.1 Presentation av koncept	46
5.2 Val av koncept	59
5.2.1 Konceptvalsmatris	59
6 Vidareutveckling och val av koncept	60
6.1 Presentation av vidareutveckling	61
6.2 Utvärdering av vidareutvecklade koncept	63
6.3 Konceptval	65
6.3.1 Presentation av koncept	65
6.3.2 Sammanfattning om konceptvalet	70
7 Tillverkningsanpassad konstruktion	72



7.1 Inledande anpassning för produktionen	72
7.1.1 Krokarna	72
7.1.2 Plattjärnsförstyvningen	73
7.1.3 Sprintarmarna	73
7.2 Hållfasthetsberäkning i Ansys Workbench	74
7.2.1 Metodik för beräkning	74
7.2.2 Resultat och slutsats	75
7.3 Vidareoptimering	77
7.3.1 Delkomponenten krokarna	78
7.3.2 Delkomponenten plattjärnsförstyvningen	79
7.3.3 Hållfasthetsanalys av vidareoptimering med Ansys Workbench	79
7.3.4 Gasfjäder införande	82
7.3.5 Anpassning till montering i ovanplan	83
8 Tillverkande och test av prototyp	85
8.1 Tillverkning av prototyp	85
8.2 Test av prototyp	86
8.2.1 Resultat från test	87
8.2.2 Diskussion om test	87
9 Vidareutveckling och slutsats	89
9.1 Vidareutveckling med avseende på anpassning till andra standardmodeller av lyftbord	89
9.2 Slutsats och diskussion	91
Referenslista	93
Appendix A Tidsplan	94
A.1 Projektplan och faktiskt utfall	94
A.2 Förklaring till utfall	95
Appendix B Ritningar	96
Appendix C Marco Education	108
Appendix D Marco Stansinstruktion	109
Appendix E Marco Instruktion för Bockningsradier	111



# Ordlista

Stannplan	Den avsats där ovanplanet är i samma höjd vid lyfthöjd.
Lyfthöjd	Den övre lyfthöjd som lyftbordet är ställt till att lyfta upp till.
Nedre gränsläge	Lyftbordet befinner sig i sitt ihopfällda läge.
Ovanplan	Den del i ett lyftbord som rör sig vertikalt och kan lastas.
Hjulsida	Den saxarmsände som har ett hjul monterat för att rulla längs bottenramen.
Fästsida	Den saxarmsände som sitter monterad till ett fäste som är svetsat i bottenramen.
Cylinder at top	Fullt utvecklade slaglängd för hydraulcylinder.

# 1 Inledning av arbetet

*Det inledande kapitlet presenterar ursprunget till projektets uppkomst och metodiken kring hur arbetet har utförts*

## 1.1 Presentation av företaget

Företaget som det här produktutvecklingsprojektet utförs för är marknadsledande i Europa för tillverkning av kundanpassade lyftbordslösningar. Genom ett tidigare samarbete mellan studenten Sebastian Anderson och företaget fanns ett intresse från båda parter att påbörja ett utvecklingsarbete av ett tillbehör för företagets produkter. Studenten arbetade med orderkonstruktion på företaget under hösten 2015 och var där med välinsatt i företagskulturen och de system företaget använder, vilket var en förutsättning som gjorde projektet möjligt att genomföra inom de tidsramar som fanns tillgängliga för projektet.

Marco AB har sitt huvudkontor beläget i Ängelholm och även sin produktion belägen där, vilket är en stor styrka för företagets möjligheter att leverera kundanpassade lyftbord med relativt korta leveranstider. Även för studentens examenarbete kom närheten till produktionen som en stor fördel för att utveckla och tillverka prototypen till produkten som examenarbetet mynnade ut i.

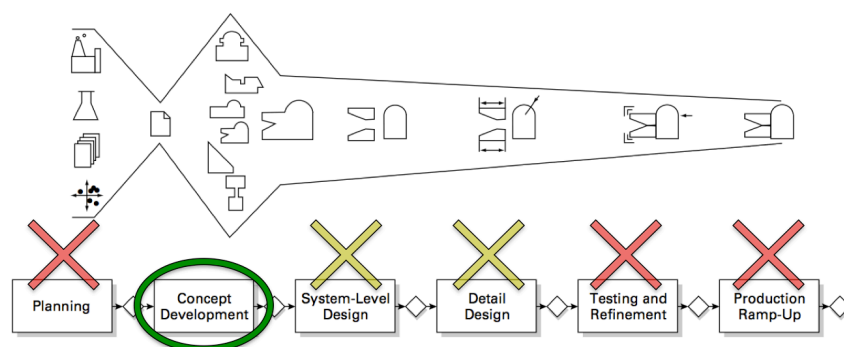
Under hösten 2015 då studenten arbetade som orderkonstruktör på Marco AB kom idén till projektet. Då hydraulcylindern i ett lyftbord av saxliftsprincip sitter monterad mellan saxarmarna så uppstår inga större belastningar i varken ovanplan eller bottenram förutom den belastning som egenvikten av komponenter och last bidrar med. Eftersom hydraulcylindern är komponenten i ett lyftbord som förhindrar lyftbordet från att sjunka så ställs det ibland krav från kunder på att ett kompletterande system ska kunna aktiveras vilket förhindrar lyftbordet från att sjunka vid ett haveri i hydraulcylindern. Den vanligaste lösningen för problemet idag kräver ett omkringliggande schakt vilket måste klara av belastningen från lasten som då överförs från ovanplanet i lyftbordet till schaktet via shotbolts. Ett system som inte kräver schakt finns, men systemet är otympligt och används därför sällan då det är dyrt att producera. Att ersätta det senare systemet med en alternativ lösning var det som studenten fick i uppdrag att utveckla.

Systemet med shotbolts beskrivs i avsnitt: 2.2.5 *Shotbolts* och en beskrivning av systemet som inte kräver ett omkringliggande schakt beskrivs i avsnitt: 2.2.6 *Befintlig sjunkspärr*. Den befintliga sjunkspärren som beskrivs i avsnitt 2.2.6 *Befintlig sjunkspärr* är inte fullständigt förklarad då delar av informationen om systemet är sekretessbelagda.

## 1.2 Metodik för utförandet av arbetet

Metodiken för hur examensarbetet skulle utföras var i det tidiga skedet av arbetet svår att utforma. Det fanns oklarheter till vad som ville uppnås med utvecklingsarbetet och vilka behov som skulle uppfyllas. Av den anledningen valdes det från studentens sida, med samtycke från handledaren på företaget, att examensarbetet skulle använda sig av Ulrich and Eppingers produktutvecklingsmetodik [UE] [1; 2].

Att använda UE produktutvecklingsmetodik skulle möjliggöra att behoven och möjligheterna för projektet kartlades och därav skulle en produkt utvecklas som inte bara uppfyllde det aktuella behovet av en ny sorts sjunkspärr utan även ur ett långsiktigt perspektiv. På grund av tidsbrist och problematik med att göra kundundersökningar så valdes att endast använda de delar av UE produktutvecklingsmetodik som ansågs nödvändiga för att projektet skulle kunna fortgå. Av UE produktutvecklingsmetodik har framförallt *Concept Development* delen varit den del som använts, vilket illustreras i figur 1.1 nedan.



**Figur 1.1, Ulrich & Eppingers Produktutvecklingsprocess illustrerad. Grön ring indikerar vilka moment som varit fokuserade på i projektet och gula kryss vilka delar som delvis arbetats med.**

## 1.3 Disposition av rapport

Inledningsvis valdes att en identifikation av möjligheter och behov skulle göras tillsammans med en bedömning av den sedan tidigare existerande sjunkspärren i avsnitt 2.

En förstudie av de lyftbord Marco AB producerar och säljer utfördes i avsnitt 3 för att utreda vilka möjligheter som faktiskt var möjliga. För att förenkla och avgränsa arbetet så att examensarbetet skulle hålla sig inom rimliga tidsramar, så valdes en standardmodell av lyftbord som Marco AB tillverkar för att utredas i förstudien. Valet av standardmodell gjordes med hjälp av säljavdelningens expertis.

Därefter etablerades en mål- och kravspecifikation i avsnitt 4, för att möjliggöra rättvis och objektiv bedömning av de koncept som skulle komma att genereras.

Då mål- och kravspecifikation stod klara påbörjades en konceptgenerering, vilket innefattas i avsnitt 5. Efter det att konceptgenerering utförts så valdes det mest lämpade konceptet och tillsammans med en iterativ vidareutvecklingsprocess så kunde ett val av koncept presenteras, se avsnitt 6.

Då konceptet som skulle utvecklas valts så övergick processen till del 7 Tillverkningsanpassad Konstruktion. Den tillverkningsanpassade konstruktionen hade som mål att anpassa konstruktionen av det utvecklade konceptet så att det med så stor enkelhet som möjligt är möjligt att producera i den produktionsanläggning som Marco AB har i Ängelholm. Genom att förenkla och produktionsanpassa konceptet så mycket som möjligt så görs också konceptet så billigt som möjligt.

Slutligen så tillverkades och testades prototypen följt av en utvärdering av testets utfall och en diskussion om hur konceptet bör vidareutvecklas ytterligare för att bli en färdig produkt som Marco AB kan erbjuda sina kunder.

## 2 Identifikation av möjligheter och behov

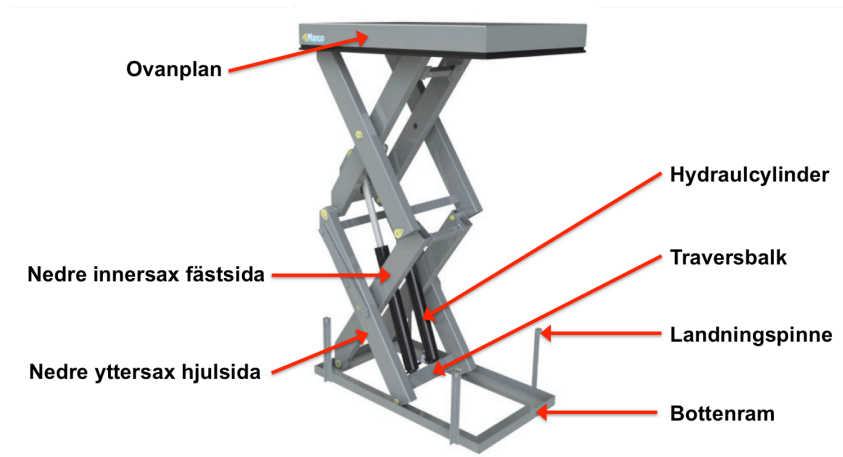
*Identifikation av möjligheter och behov är en undersökande del av rapporten som till viss del följer Ulrich and Eppingers Produktutvecklingsmetodik och själva syftet med kapitlet är att utreda vad för sorts produkt som kan utvecklas och varför den ska utvecklas. En introduktion av hur lyftbord är konstruerade är tänkt att ge läsaren bättre förståelse.*

### 2.1 Metod för att utreda möjligheter och behov

Genom att intervjua säljare på Marco AB och studera de befintliga lösningarna för hur problemet löses så var tanken att en insikt skulle fås i vilka möjligheter som fanns vid utvecklandet av en ny produkt. Även vilka behov företagets kunder har var intressanta att utreda. Intervjuer och samtal ute i produktionen var en värdefull källa till att få förståelse för behovet och möjligheterna, inför utvecklandet av en ny sorts sjunkspärr.

### 2.2 Introduktion lyftbord

För att ge läsaren bättre förståelse så ges här en introduktion till hur ett lyftbord fungerar och en förklaring till vad de ingående komponenterna benämns som. Ett lyftbord av saxliftsprincip består av följande huvudkomponenter: Bottenram, saxarmar, ovanplan, hydraulcylindrar och hydraulaggregat. Mer om respektive ingående komponent beskrivs mer ingående nedan. Kunskaper om lyftbord av saxliftsprincip som företaget tillverkar har studenten lärt sig under sin tid som konstruktör på företaget. För en utförligare förklaring om företagets lyftbord se Marco Education i appendix C.



Figur 2.1, figur av ett lyftbord av modell dubbelsax.

### 2.2.1 Bottenram

Bottenramen på ett lyftbord är den del av lyftbordet som förankras till golvet som lyftbordet står på med betongexpanders, nedre delen av figur 2.1. Det är bottenramen som tar all last av lyftbordet och för den ner i golvet. Bottenramen är en väldigt enkel konstruktion som består av plåtbitar som stansats, bockats och därefter svetsats samman till en ram. Till ramen är även saxarmsfästen och landningspinnar svetsade. Fästena är de delarna som får saxarmarna på fästsidan, vänster sida av figur 2.1 ovan, att bibehålla sin position i horisontalplanet och som därmed tvingar hjulsidan, höger sida av figur 2.1, av saxarmen att röra sig mot resp. från fästena vid drift av lyftbord. Eftersom all last från lyftbordet tas upp av hydraulcylindrarna så utsätts fästena och bottenramen endast för vertikala krafter.

Landningspinnarna är svetsade till ramkanten av bottenramen. När lyftbordet är i sitt ihopfällda läge ligger ovanplanet vilandes mot landningspinnarna för att saxarmarna inte ska uppta någon last vid ihopfällt läge om hydraulcylindrarna inte är trycksatta.

Bottenramen är den del av lyftbordet som är absolut enklast att tillverka och förändras minst i utformande vid kundanpassning av ett lyftbord, vilket studenten har erfarenhet av från sin tid som orderkonstruktör på företaget.



### 2.2.2 Saxarmar

Saxarmarna är de komponenter av lyftbordet som utgör själva saxen. Saxarmar är en generell beteckning och det finns olika sorters saxarmar. De särskiljs genom att benämnas som yttre- och inresaxarmar för en enkelsax med bara ett saxarmspar. För lyftbord som har ett saxpaket, saxpaketet är benämningen för de ingående saxarmarna i ett lyftbord, bestående av flera saxarmspar så benämns de med övre, mellersta eller nedre för t.ex. en trippelsax med tre saxarmspar. Lyftbordet som illustreras i figur 2.1 är en dubbelsax.

En saxarm består utav två balkar som är förenade med något slags stag mellan dem, beroende på vilken sorts lyftbord det är varierar utförandet av staget. Det stag som överför kraften från hydraulcylindrarna till den övre saxarmen kallas för okbalken med tillhörande oköron. Oköronen är de delar som hydraulcilindern sitter monterad till med en axel. Det nedre stag som sitter monterat mellan saxarmsbalkar och tar lasten av hydraulcilinderns bottendel heter traversen. Även traversen har oköron svetsade till sig i en trippelsax, men inte i en enkel- eller dubbelsax.

Saxarmarna är antingen förbundna till bottenramen och ovanplanet med fästena, som beskrivits i avsnitt 2.1.1 *Bottenramen*, eller med hjul som rullar mot balkarna i ovanplanet och hjul som rullar mot plåten i bottenramen.

### 2.2.3 Ovanplan

Ovanplanet är den del av lyftbordet som en last kan placeras på och som rör sig i vertikalled. Ovanplanet består av en ovanplansplåt med en balkkonstruktion undertill. Balkkonstruktionen är framförallt den bärande del som får ovanplanet till att inte bågna av lasten som lastas. Även ovanplanssidorna och ovanplansgavlarna ger ett visst stöd till konstruktionen. De hjul som sitter monterade till saxarmen som ligger an på hjulsidan av ovanplanet rullar mot vars en balk där de balkarna är en del av balkkonstruktionen på undersidan av ovanplanet. Det finns även mindre lyftbord där hjulen rullar direkt mot undersidan av ovanplansplåten.

Ovanplanen som konstrueras av konstruktören och tillverkas i produktionen på Marco AB varierar ofta i utformande och är den framförallt vanligaste delen av ett lyftbord som kundanpassas. Eftersom likadana saxpaket med bottenram kan användas för många olika storlekar på ovanplan så är det framförallt ovanplanet som förändras i utformning vid konstruerandet.

### 2.2.4 Hydraulcylindrar och hydraulaggregat

Hydraulcylindrarna i ett saxpaket för ett lyftbord kan variera i antal men oftast är de två stycken monterade på traversen med bottendelen av cylindern och monterade till okörnen på okbalken med kolvstångshuvudet.

Det är hydraulcylindrarna som får lyftbordet att röra sig genom att hydraulolja pumpas in i botten av hydraulcylindern med hjälp av ett hydraulaggregat.

### 2.2.5 Shotbolts

Shotbolts består i regel av fyra hydraulcylindrar som arbetar i horisontalplanet inuti ovanplanet. De fyra cylindrarna ligger inbyggda inuti ovanplanet och vardera en trycker ut vars en stor bult/sprint vid aktivering i närheten av varje hörn av ovanplanet. Bultarna trycks ut utanför sidorna av ovanplanet genom hål på ovanplanets sidor. Vid aktiverat läge ligger bultarna vilandes mot urtag som finns i det omkringliggande schaktet. Problematiken med shotbolts är att de tar upp mycket plats inuti ovanplanet och kräver därmed mycket extra konstruktionstid för konstruktören. Ytterligare så behövs även ett omkringliggande schakt.



Figur 2.2, illustration av hur shotbolts fungerar

### 2.2.6 Befintlig sjunkspärr

Den befintliga sjunkspärren kräver en gemensam axel mellan hjulsidorna på undersidan av ovanplanet. Mittemellan saxarmarna på den genomgående axeln sitter en komponent monterad som kan rotera kring axeln. Komponenten består utav en hylsa som roterar kring axeln mellan saxarmarna. På hylsans yttre mantelyta är en stång svetsad till vilken även en kuggstång är monterad. En matchande kuggstång är svetsad till undersidan av ovanplanet. På den andra sidan av hylsans mantelyta är en motvikt svetsad till.

Vid aktivering av sjunkspärren tvingar gravitationen av motvikten den sida av komponenten med kuggsegmentet uppåt så att det möter kuggsegmentet svetsat till undersidan av ovanplanet. När kuggsegmenten greppat varandra så låses hjulsidan av saxarmen mot ovanplanet. För att avaktivera sjunkspärren aktiveras en solenoid som får hylsan att rotera så att kuggsegmenten inte kan komma i kontakt med varandra (det läge som illustreras i figur 2.3 nedan).



Figur 2.3, befintlig sjunkspärr med kuggsegment som sitter monterad på undersidan av ovanplanet för ett lyftbord. Ett matchande kuggsegment tar upp all last från lyftbordet.

## 2.3 Intervju anställda

Den ursprungliga avsikten var att intervjua anställda på företaget som på något sätt arbetat med den befintliga sjunkspärren. Tidsbrist och svårighet med att boka in möten resulterade i att inga konkreta intervjuer utfördes. Istället diskuterade studenten med olika kollegor på företaget från konstruktionsavdelningen, produktionen och säljavdelningen, vilket resulterade i en generell uppfattning om vad som ansågs om behovet och möjligheterna med en sjunkspärr. Från intervjuerna med anställda på Marco AB fick således följande kommentarer.

### 2.3.1 Intervju/diskussion med anställda på Marco AB:

Joakim Paulsson som är en av säljarna av Marco ABs produkter berättar att den stora vinningen i att tillverka ett sjunkspärrtillbehör som inte kräver ett schakt är vid tillämpningar som vid t.ex. lastkajsbord där ett schakt varken är vanligt att ha eller möjligt, och då en shotboltslösning är för dyr. Problematiken är att oljekvalitén i hydraulcylindrarna kan vara relativt dålig med avseende på kompression. Med vilket menas att kolven i hydraulcylindern rör sig något på grund av kompression i oljan vid lastning av last på ovanplanet. När personal som nyttjar bordet ska rulla av en tungt lastad lastpall med en handtruck så rör sig lyftbordet i vertikalled efter det att lasten rullats av och det kan därmed vara svårt att rulla på med en handtruck igen eftersom lyftbordets ovanplan höjts upp en bit. Detta fenomen beror även på fjädring i konstruktionen. Hade en bättre oljekvalité använts så hade kompressionen av oljan beroende på storlek av last inte bidragit med lika stora rörelser för ovanplanet. Rörelsen av kolvstången beror även på expansion av slangar och rör som hydrauloljan leds genom. Att förhindra expansionen av slangar och rör är svårt och dyrt och anses därför inte som rätt väg att gå för att lösa problemet.

En automatiserad regleringsteknik hade kunnat implementeras som automatiskt såg till att antingen öka trycket i hydraulcylindern om ovanplanet är för lågt placerat. Eller släppa av tryck från hydraulcylindern då ovanplanet ligger för högt. Dessvärre har företaget undersökt möjligheterna tidigare men då ansett att en sådan lösning inte skulle vara lika driftsäker som till exempel shotbolts men ändå förmodligen lika dyr som shotbolts.

Även för bilborden, vilka är de lyftbord som ingår i en egen produktkategori designade för att lyfta bilar, vore det intressant att ha en sjunkspärrlösning som inte kräver shotbolts. Vilket beror på att shotbolts väger mycket och just bilborden är designade för att vara så lätta som möjligt.

Det är även intressant för dubbel- och trippelsaxar, förutsatt att deformationen vid lastning som orsakas av böjmoment i saxarmar inte är stor. Shotbolts är den standardlösning som annars används i Europa för att förhindra lyftbord från att sjunka.

I USA och Australien används inte en mekanisk spärr för att överkomma höjdskillnaden vid av- och pålastning. En annan lösning används istället då ett stopp på stannplan gör så att ovanplanet inte kan färdas högre upp än en viss höjd. Då trycksätts cylindern som lyfter saxen så pass mycket så att oavsett om bordet är lastat eller ej så ligger ovanplanet an mot stoppet. Problematik med den här lösningen är att lyftbordet utsätts för högre slitage och får därmed en kortare livslängd. Stoppet får ta upp krafterna från det övertryck som sätts på cylindern i olastat läge blir belastat och ställer krav på stoppets förankring till stannplan.

De erfarna kollegorna på Marco AB nämner att förutom att utveckla en produkt som kan förminska deformationen som uppstår vid på- och avlastning för ovanplanet så är det även intressant om produkten som utvecklas även uppfyller den standard som lyftborden som Marco AB tillverkar och säljer krävs uppfylla, standard SS-EN 1570-1 [3]. Enligt den tekniska chefen, Carl-Johan Fogelberg, så är det inte helt orimligt att kravet från standarden i framtiden även kan komma att gälla ett större omfång av lyftbord än vad den gör idag. En ny sorts sjunkspärr som är billig och möjlig att montera in i majoriteten av de standardmodeller av lyftbord som säljs, hade förberett företaget inför en eventuell förändring av standarden i framtiden.

## 2.4 Specifikation för dagens lösning

### **Funktion:**

Den funktion som den befintliga sjunkspärren uppfyller är inte riktigt densamma som den funktion designen var avsedd för vid utvecklingen av konceptet. Ursprungligen var sjunkspärren designad för att gripa tag i lyftbordet om lyftbordet skulle sjunka oavsiktligt. Sjunkspärren var alltså inte designad för att aktiveras vid varje cykel som den befintliga sjunkspärren används idag, dvs. av- och pålastning.

### **Maxlast:**

Möjlig maxlast beror på vilken saxarmsvinkel, desto lägre saxarmsvinkel desto mer last. Dock endast möjlig att aktivera i ett litet spann av lyfthöjder. Saxarmsvinkel är den vinkel som återfinns mellan inre och yttre saxarmspar. En typisk saxarmsvinkel vid övre gränsläge för ett lyftbord är  $<45^\circ$ . Det antas att den befintliga sjunkspärren klarar av maxlast för lyftbordet vid ordinarie lyfthöjd.

### **Kostnad:**

Dagens sjunkspärr är oerhört dyr och kräver stora resurser i produktionen, hur pass mycket den verkliga kostnaden är, är det ingen som riktigt vet. Varför ingen vet det är något konstigt men det beror på att sjunkspärren endast används till lyftbord som säljs till en speciell kund som kräver att de finns. Eftersom den här kunden köper lyftbord som är de absolut mest kundanpassade lyftborden Marco AB säljer idag så är det svårt att uttyda hur mycket sjunkspärren som tillhör bekostas kunden.

Vid jämförelse med shotbolts som är den alternativa lösningen kunder annars köper så uppskattar säljarna på Marco AB att kostnaden för dem börjar kring 40'000 SEK men i vissa fall kan kosta uppemot flera hundra tusentals kronor beroende på hur stor maxlast och hur pass komplicerat det är att konstruera för konstruktören.

### **Utrymme upptaget:**

Väldigt mycket utrymme i ovanplan, då den låser båda saxarmar och är förenad med en genomgående axel mellan hjulsidorna på undersida ovanplan. Även shotbolts kräver mycket plats i ovanplan. Ovanplanet får i princip specialkonstrueras för att shotbolts ska få plats och för att ovanplanet ska fördela lasten jämt på bultarna.

### **Tid för att producera:**

Tar i regel relativt lång tid i förhållande till andra tillbehör för standardlyftbord som tillverkas. Mycket svetsande för svetsare, mycket tid i slutmontering också.

**Manuell, automatisk:** Dagens sjunkspärr var ursprungligen tänkt till att endast användas enligt specifikationerna för standarden:

*" 5.8.10 Where descent due to hydraulic leak could produce a hazard for persons, e.g. where the elevated platform forms part of a floor, safety devices (e.g. mechanical locking bolts or a pawl device) shall be fitted to prevent uncontrolled descent." [3]*

Vad standarden ovan menar i enklare termer är att om ovanplanets lastyta kan uppfattas som en del av ett golv på en ovanvåning, då ska mekaniska spärrar installeras i lyftbordet så att lyftbordet inte kan sjunka okontrollerat vid t.ex. ett läckage i hydrauliksystemet.

### **Vad tillför sjunkspärr kunder?**

1.

Då lyftbordets lastyta kan uppfattas som en del av ett golv krävs att en mekanisk spärr finns till som försäkrar lyftbordet från att inte sjunka då hydrauliskt läckage skulle uppstå.

2.

Då lyftbordet av- eller på-lastas i lyfthöjd är det väldigt vanligt att lyftbordet åker upp en bit ovanför stannplanet då trycket i cylindern är oförändrat men dekompression av hydraulolja uppkommer. Därmed är avlastning svårt med t.ex. handtruckar som har små hjul. Desto längre slaglängden för hydraulcylindern är desto längre sträcka färdas kolvstången på grund av kompression av hydraulolja och expansion i rör och slangar.

3.

Den kund som köper flest lyftbord med sjunkspärr som tillbehör idag använder sjunkspärren vid varje cykel som lyftbordet körs. Vilket den ursprungliga sjunkspärren inte är designad för.

### **Kan lyftborden uppfylla en högre klassning vid applicerande av sjunkspärr?**

Ja och nej, sjunkspärren behövs för att uppfylla standard SS-EN 1570-1 som Marco AB följer idag om ovanplanet upplevs som en del av ett golv.

### **Kan sjunkspärren ställas på unika höjder?**

Den befintliga sjunkspärren kan aktiveras på olika höjder men spektret av höjder är litet och därmed är det inget krav för utvecklingen av den nya sjunkspärren men en absolut fördel om möjligt.

## **2.5 Slutsats möjligheter, behov och specifikationer för dagens lösning**

Specifikationerna för den befintliga sjunkspärren antas ej vara omöjliga att uppfylla vid utvecklandet av en ny sjunkspärr.

Det absolut mest intressanta är att utveckla en sjunkspärr som uppfyller både standarden och som kan användas vid varje cykel som lyftbordet körs. Genom att vara möjlig att aktivera vid varje cykel som lyftbordet körs så kan, om spärren är tillräckligt bra, de deformationer som får ovanplanet att röra sig vid av- och pålastning förhindras.

För att utreda hur stor den vertikala förflyttningen är vid av- och pålastning så väljs det att en förstudie utförs för ett lyftbord med en trippelsax.

## 3 Studerande av nuvarande produkt

*Studerandet av den nuvarande produkten i avsnitt 3 hade som fokus att utreda vilka låsningsmöjligheter som finns för en saxlift och hur pass bra de låser ovanplanet med avseende på deformation i vertikalled.*

### 3.1 Introduktion till förstudie

Syftet med att studera den befintliga sjunkspärren har till avsikt att utreda hur pass väl den motverkar deformation i vertikalled för ovanplanet. Eftersom den befintliga sjunkspärren låser hjulsidan i ovanplan i förhållande till fästet i ovanplanet så behövdes inte själva 3D-modellen av sjunkspärren för att återskapa lastfallet.

En förstudie i Ansys Workbench 16.0 gjordes för ett lyftbord för att ta reda på vad de vertikala deformationerna uppgår till för ovanplanet. Trippelsaxar av standardmodell 860180 valdes att studera i förstudien av följande anledningar:

- Den mekaniska deformationen för ovanplan i jämförelse med stannplan i en trippelsax p.g.a. böjmoment i saxarmar är absolut störst i en trippelsax jämfört med en dubbel- eller enkelsax.
- Om en sjunkspärr kan konstrueras till en trippelsax så kan samma lösning förmodligen antas användas för dubbel- och enkelsaxar också förutsatt att sjunkspärren får plats i de senare två.
- Den trippelsax som är vanligast på Marco är artikelnummer 860180, därav har den standardmodellen valts att studeras och därefter utveckla en sjunkspärr till.



## 3.2 Allokerar resurser

Om produkten kan tillverkas på ett sådant sätt så att den kan lagerhållas i så stor utsträckning som möjligt så kan i princip samtliga avdelningar inom produktionen på Marco AB vara inblandade vid tillverkning av en sjunkspärr.

De avdelningar som annars är rimliga att aktivera vid tillverkning är svets, plåt, kap och montering. Stora kostnader kan undvikas om alla komponenter till produkten kan produceras i Marco ABs befintliga produktion och inte behöver köpas in av en underleverantör.

Den sektor som kanske är mest trång är fräsen på Marco, om de delar som ska fräsas kan lagerhållas så kan dock även fräsen vara aktiverad vid tillverkning av en sjunkspärr.

### 3.2.1 Vilka tillverkningsmöjligheter finns inom företaget

De tillverkningsmöjligheter som finns är främst med plåt som kan stansas och bockas. Plåttjocklekar upp till 8mm kan stansas, tjocklek över det kan skärbrännas ut eller kapas om råämnen med rätt dimensioner finns tillgängligt. Svetsarna kan svetsa de flesta olika sorters delar som kan ingå, begränsning är dock att så lite som möjligt ska svetsas fast till själva lyftbordet. Sjunkspärren ska vara så liten som möjligt och så separat modul som möjligt. Absolut bäst är om ett lagerbord kan plockas ur lager och sjunkspärren som utvecklas endast behöver skruvas fast till lagerbordet. På så sätt kan sjunkspärrar produceras, ligga på lager och snabbt monteras in i ett lagerbord utan att det behövs svetsas något i själva lagerbordet. Varför det är fördelaktigt att undvika svetsoperationer i ett lagerbord beror på att ett lagerbord från lagret är lackerat sedan tidigare och om det behöver svetsas ytterligare i det så måste lackering utföras ytterligare en gång vilket är dyrt och tidskrävande.

Materialiet som majoriteten av komponenterna för ett lyftbord produceras av är standard konstruktionsstål. Balkarna benämns S355J2H, EN10219 och plåtarna är varmvalsade S355 MC. Vilket av enkelhet är de materialparametrar som användes vid förstudien och vidareutvecklingen av koncepten.

### 3.3 Fullständig förstudieplanering

Förstudien gick först och främst ut på att ta reda på vad ett vanligt lagerbords mätbara intressanta egenskaper erhåller. Vilka är: skillnaden i deformation i förhållande till stannplan vid maxlast och utan last.

Den befintliga lösningen som Marco AB har för en sjunkspärr är att låsa övre hjulsida i förhållande till fästet för saxarm på undersida ovanplan. Genom att studera ett liknande lastfall i förstudien så fås en uppfattning om hur pass bra dagens sjunkspärr är för att förhindra deformationer i vertikalled med avseende på av- och pålastning av lyftbordet.

Eftersom ett lyftbord med saxliftsprincip går att låsa på olika sätt så avgränsades arbetet något.

Enligt motiveringen att tillbehöret ska vara:

- Vara relativt litet.
- Inte inverka på invärtes mekanisk konstruktion i lyftbord för mycket.
- Inte kosta för mycket, ty för mycket material och tillverkningstid kan ej användas.

Av de anledningarna var inledningsvis de intressanta fallen som studerades att låsa de mekaniska komponenter i saxen som rör sig i förhållande till varandra vid operation av lyftbordet.

Det var primärt 11st (+2st eventuella) regioner som var intressanta att undersöka.

Varför just de här regionerna var intressanta beror på att i de 11st relativt små regionerna av saxen så återfinns mekaniska komponenter med möjlighet till hög hållfasthet. Exempel saxarm mot saxarm. Till skillnad från om regionen gjorts större, vilket leder till att mer material skulle behöva användas för den nya sjunkspärren.

Inte bara egenvikten av tillbehöret skulle blivit hög och påverka maxlasten för lyftbordet, även tillverkningstid, materialkostnad och försvårandet av handhavande av tillbehör i montering skulle bli höga.

### 3.3.1 Utförande av förstudie

*Utförandet av förstudien gick till enligt följande:*

1. Förberedande av material för analys, ta hänsyn till svetsfogar i cad-modeller som inte finns med i Marcos originalmodeller.
2. Med Ansys Workbench 16.0 utfördes en deformations- och spänningsanalys.
3. En mindre förstudierapport presenterades för teknisk chef på Marco för att få feedback på resultaten.
4. Fastställande om förstudiens resultat är rimliga och tillräckligt tillförlitliga.

## 3.4 Sammanfattning av antaganden och begränsningar

Om en sjunkspärr kan utvecklas för en trippelsax så kommer samma sjunkspärrslösning att kunna användas även på dubbel och enkelsaxar förutsatt att lösningen får plats.

Om sjunkspärrens utförande ser annorlunda ut beroende på antal saxarmar, t.ex. enkel-, dubbel- eller trippelsax, så antas dess slutliga utförande vara modifierbart utan större problematik för att kunna användas för alla varianter av lyftbordssaxar.

Eftersom det skulle vara oerhört tidskrävande att utveckla en sjunkspärr som passar i samtliga modeller av lyftbord från början så har det antagits att projektet ska mynna ut i en sjunkspärr som fungerar för standardmodell 860180. Först när en sjunkspärr för modell 860180 har skapats så ska möjligheterna för att anpassa den för andra standardmodeller av lyftbord undersökas.

De deformationer i vertikalled som antas acceptabla för ovanplanet i förhållande till stannplan med respektive utan last antogs ligga kring 10-20mm. En större höjdskillnad än 20mm mellan ovanplan och stannplan vid användande av en handtruck antogs för stora.

## 3.5 Förstudie i Ansys Workbench

Förstudie av en trippelsax av standardmodell 860180.

Specifikationer för trippelsaxen enligt grundprislista:

Beteckning:	M2-010330-D23H
Kapacitet:	1000kg
Plattform:	1650x1200mm
Lyfthöjd:	3300mm
Egenhöjd:	530mm

### 3.5.1 Geometri

Eftersom CAD modellerna Marco AB använder ej innehåller några modellerade svetsfogar så fanns därmed kontaktytor mellan parts som var oerhört ofördelaktiga för att köra en FEM-analys med. Av den anledningen har subassemblies av mindre parts sparats om till parts som därefter har modifierats för att efterlikna hur de färdigsvetsade delarna för ett lyftbord ser ut i verkligheten. Därefter har en ny assembly sammanställts med de modifierade partsen, filformatet som använts i Ansys Workbench 16.0 är STEP-filer. Materialparametrar som använts för förstudien har varit standard konstruktionsstål med en sträckgräns på 355MPa.

*Hydraulcylindrarna* har ersatts med remote displacement som motsvarar ett konstant avstånd mellan infästningspunkterna för hydraulcylindern där mantelytorna för axelinfästningen i okörönen är referenser.

*Bottenramen* har tagits bort i analysen då den ej ansågs påverka analysens utfall. De huvudsakliga lasterna som bottenramen utsätts för är i Y-led (vertikalled) och deformationen av höjden på bottenramen antogs vara obefintlig vid last jämfört med utan last.

*Hjulen* som rullar längs med ramen och undersidan av ovanplanet har tagits bort då de antas deformeras marginellt lite. De 2st hjulen som är infästa i nedre yttersaxen har ersatts med 2st remote displacement randvillkor, ett för vardera saxarm. Remote displacement villkoren är konstanta i Y-led och fria i X- och Z-led, samt fria att rotera kring alla axlar, på så sätt återskapas funktionen av att ha hjul placerade där. X-led innebär i riktningen som bredden är i bottenramen och Y-led innebär längs med längden på bottenramen i vilken riktning hjulen rullar längs med. De 2st hjulen som är placerade i övre innersaxen har ersatts med 2st slot-joint randvillkor, ett för vardera saxarm. Slot-joint villkoren har mantelytan av axelinfästningen för saxarmen satt till referens och balkytan som hjulet annars rullar ut med som mobil-referens. Y-led, X-led och Z-led i rummet är fria men avståndet till balkytan är konstant och rotation tillåts i alla leder.

Därmed skapades ett villkor som håller ett konstant avstånd mellan hjulaxelns centrumaxel och ytan hjulet rullar längs med, vilket efterliknar ett hjul.

### 3.5.2 **Kontaktytor**

Samtliga kontaktytor som inte angetts har valts till frictionless. Då vi är intresserade av deformation i Y-led för hela assemblyn så bör användandet av frictionless ge resultat som tyder på mer deformation än i verkligheten. Möjligtvis spänningar som är annorlunda jämfört med verkligheten men då deformation är det primära att undersöka i förstudien så antas det som okej.

### 3.5.3 **Axelfästning**

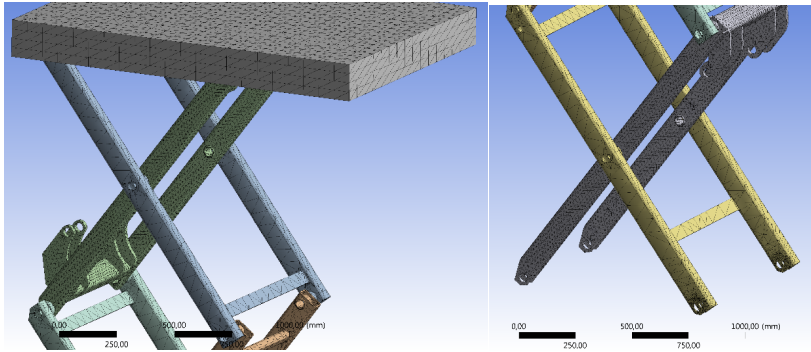
Modellerade axlar har inte använts i analysen. Istället har frictionless cylindrical joints använts. Anledningen beror på att om 11st olika modellerade axlar skulle delta i analysen så skulle antalet noder inte räcka till för en enskild analys med relativt rimliga resultat. Analysen hade istället fått delats upp i en analys av varje saxarmspar var för sig. Vilket hade tagit avsevärt längre tid än vad den här analysen tagit. Tid som inte fanns tillgängligt för projektet.

Förmodligen hade resultaten blivit något annorlunda, men i sammanhanget endast marginellt.

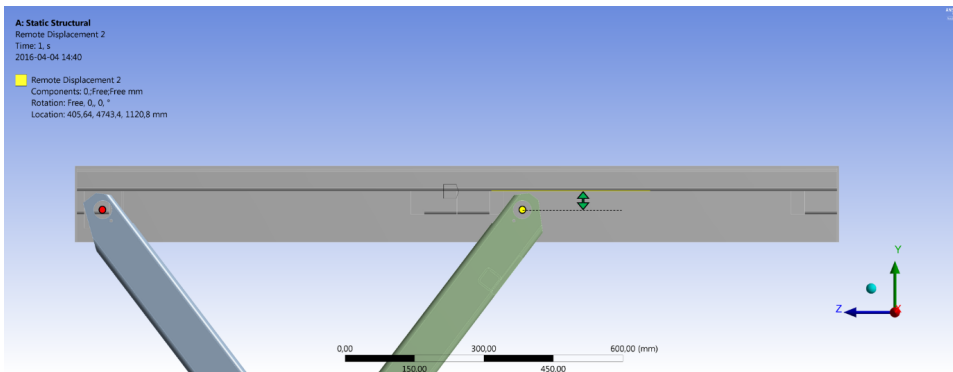
### 3.5.4 **Randvillkor**

De randvillkor som använts utöver ovannämnda är:

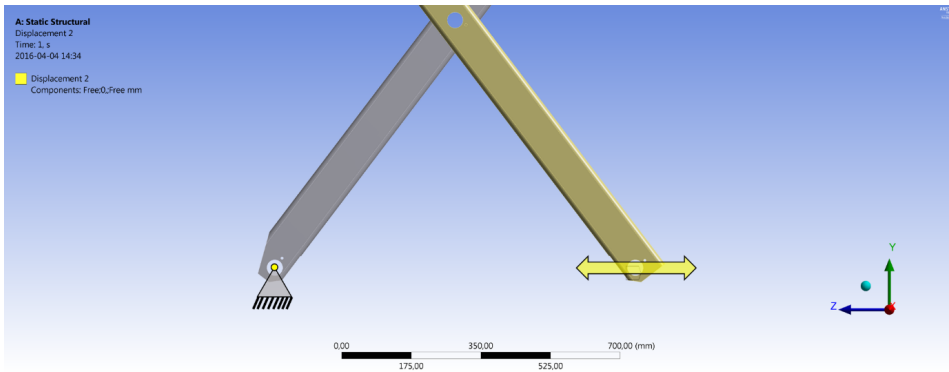
- Gravitation i negativ Y-led.
- En force på ovanplanet i negativ Y-led med 9810N vilket motsvarar en utbredd last på 1000kg.
- Cylindrical support vid fästsida i bottenram.



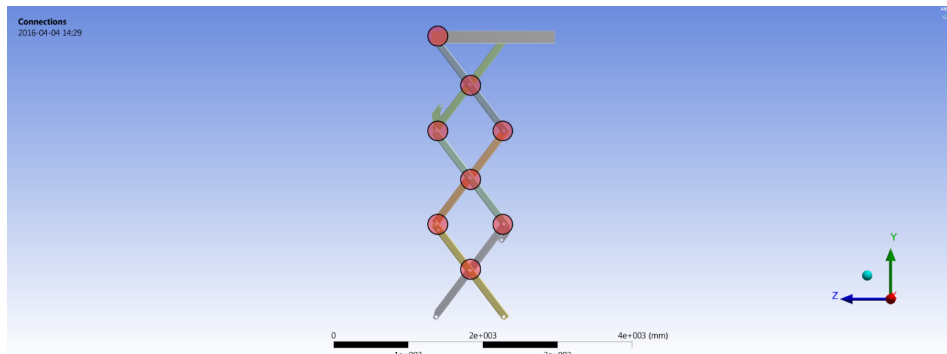
Figur 3.1, mesh som används



Figur 3.2, randvillkor hjul ovanplan avståndet som symboliseras av grön pil är konstant



Figur 3.3, randvillkor hjul och infästning bottenram högersidan kan röra sig i Z-led. Vänstersidan kan rotera runt x-led men inte flytta sig i rummet



**Figur 3.4, randvillkor joints som är friktionslösa.**

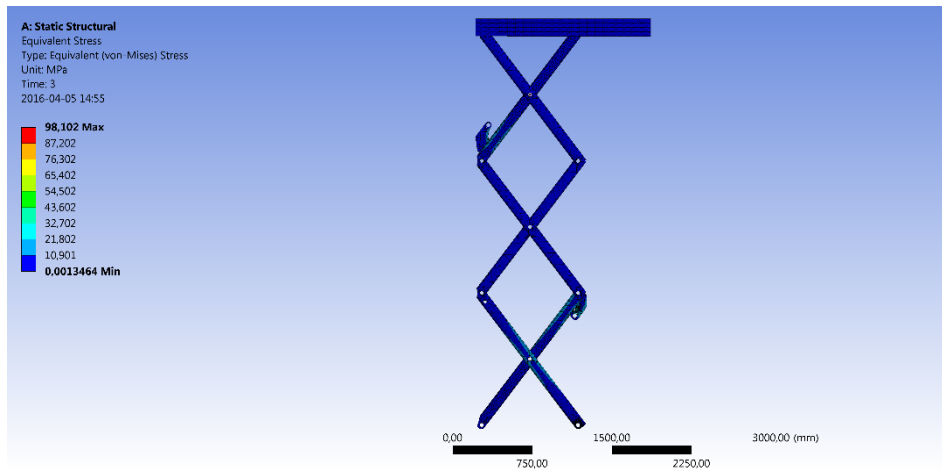
### 3.5.5 Förfining av analys

De inledande resultaten visade på spänningskoncentrationer i vissa regioner av geometrin, främst vid axelinfästning för saxarmar till hjul och fästen till ovanplan och bottenram. Meshen förfinades i de regioner som ansågs ha orimliga resultat.

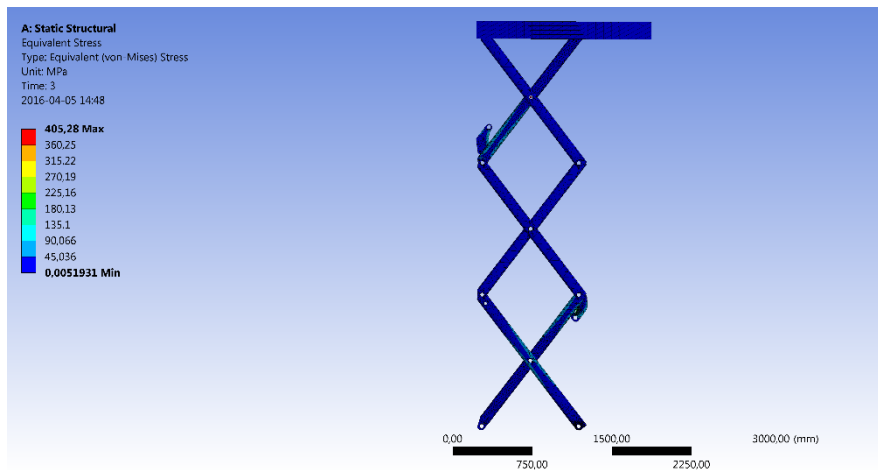
Förfiningen av mesh gjordes med face mesh för ovanplanet. Även sphere of influence användes i de små regioner där spänningskoncentrationer visades ursprungligen höga. Förfining av mesh med body sizing gjordes också för övre innersaxarm och nedre innersaxarm.

### 3.5.6 Resultat med cylinder slaglängd konstant vilket motsvarar lyfthöjd 3300mm

De resultat som inledningsvis var intressanta var hur höga von-mises spänningarna kom att bli då analysen kan anses tillförlitlig för deformationer om även spänningarna är rimliga, därför redovisas även de.



Figur 3.5, Von-mises ekvivalent spänning utan last

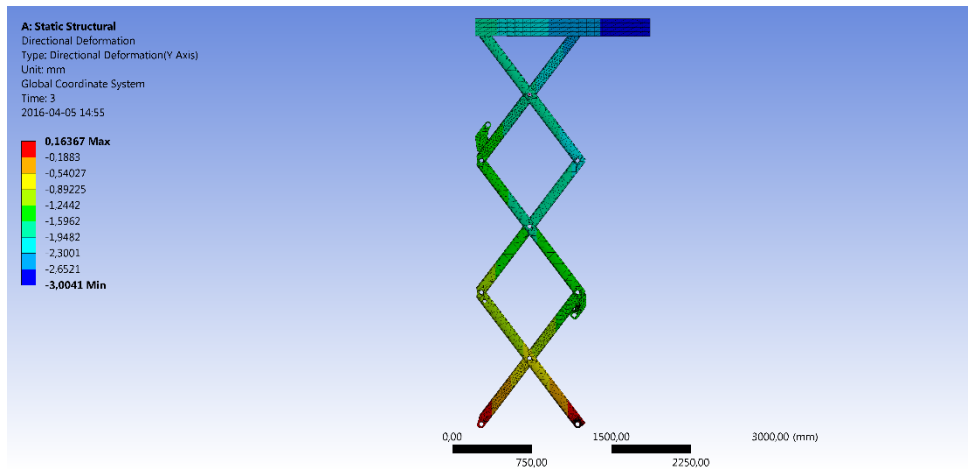


Figur 3.6, Von-mises ekvivalent spänning med last

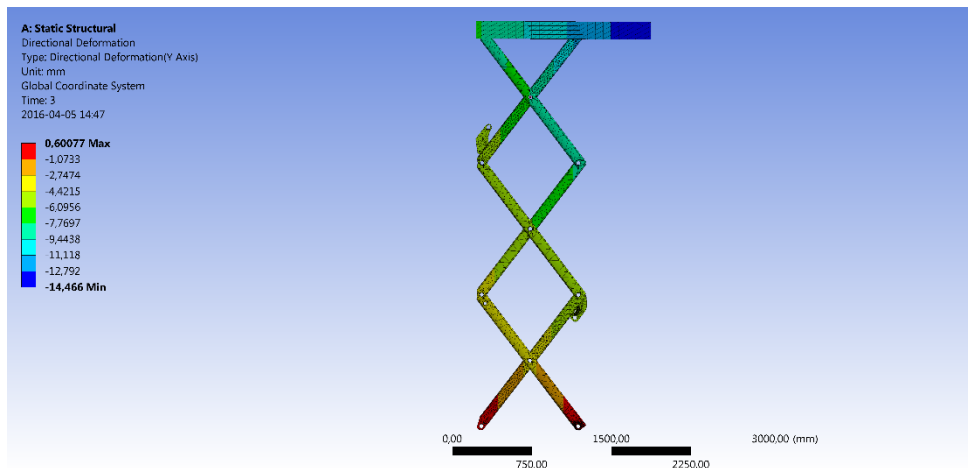
Figur 3.5 och figur 3.6 ovan visas spänningar som för figur 3.6 är alldeles för höga. Vid utredning av område och uppkomst av spänningarna så blev det självklart att det här endast var en spänningskoncentration som inte påverkade resultaten för deformation avsevärt.

Deformationer som redovisas i figur 3.7 och 3.8, visar på vad ett lyftbord av modell 860180 deformeras om hydraulcylindern är helt stel och inte komprimeras något p.g.a. t.ex.: dålig kvalitet på oljan, expansion av rör/slangar etc.





Figur 3.7, deformation i Y-led utan last



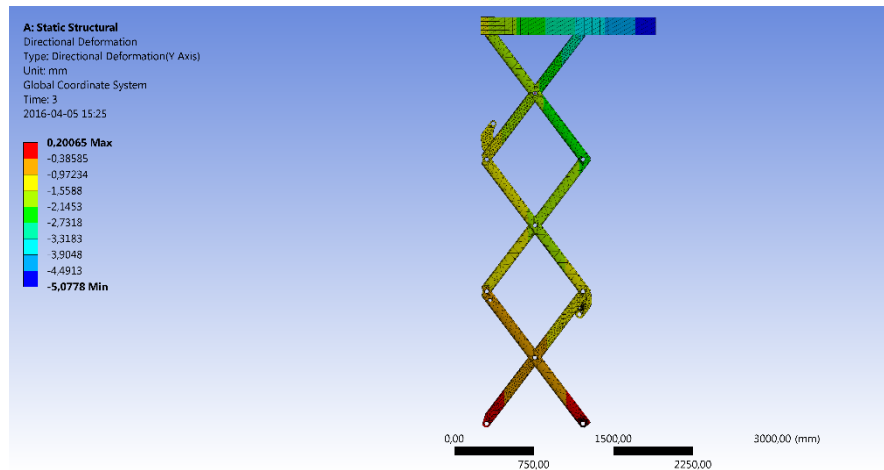
Figur 3.8, deformation i Y-led med last

### 3.5.7 Analys av potentiella regioner för låsning av saxen med hydraulcylinder

Efter det att standardmodellen av lyftbordet hade analyserats och resultaten från lastfallen hade antagits stämma överens med verkligheten så påbörjades analysen av hur lyftbordet beter sig vid mekanisklåsning av vissa specifika regioner. Hur regionerna är låsta rent mekaniskt är inte specificerat. Eftersom resultaten som erhöles antas vara de optimala så är det intressant att utveckla koncept som låser i de här regionerna. De regioner som analyserats är centrumaxlar, övre hjulsida och nedre hjulsida.

### 3.5.7.1 Centrumaxlar

Innersaxar till yttersaxar vid centrumaxlar i saxarmar låses. Joints vid centrumaxlar ändras från cylindrical till fixed, vilket motsvarar att centrumaxeln vore svetsad till inner- och yttersax. Se figur 3.9 nedan.

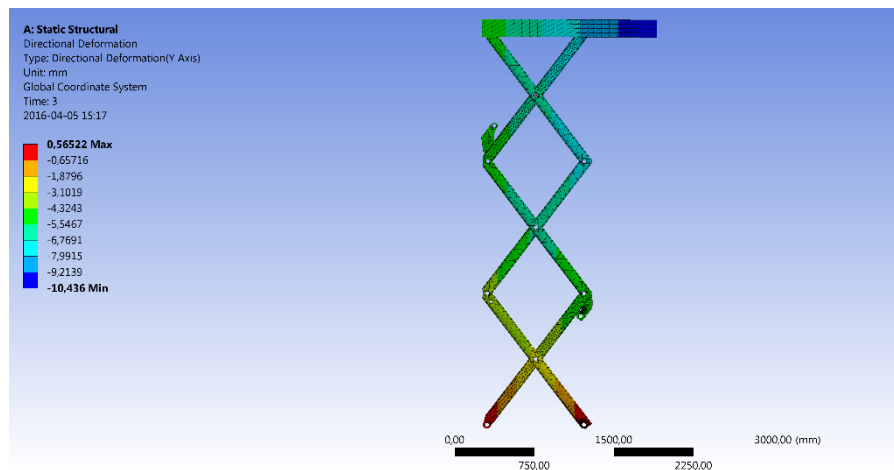


Figur 3.9, deformation i Y-led med låsta centrum axlar mellan saxarmar

Resultaten för deformation i Y-led när samtliga 6st centrumaxlar är låsta visar på mycket låga deformationer, vilket inte är helt orimligt med tanke på att låsningen av centrumaxlarna skulle motsvara att saxarmarna är svetsade i just det läget.

### 3.5.7.2 Hjulsida övre

Hjulsida övre innersaxarm låst i förhållande till ovanplan. Ytterligare ett remote displacement läggs till som låser avståndet från mantelytorna för axlarna till hjulen i övre innersax till fästena i ovanplanet som konstant.

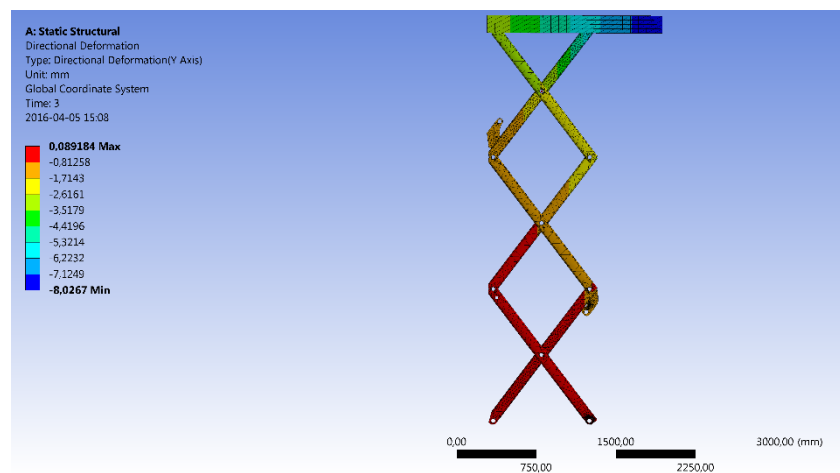


Figur 3.10, deformation i Y-led med hjulsida övre innersax låst till ovanplanet

Resultaten i figur 3.10 ovan visar att deformationen för ovanplanet i Y-led är relativt låga, så låga som cirka 10mm längst ut på ovanplanets högra sida.

### 3.5.7.3 Hjulsida nedre

Hjulsida nedre yttersax låses i förhållande till bottenram. Displacement randvillkoret vid nedre hjulsida yttersax ersätts med cylindrical support vilket motsvarar som att infästningen till hjulet kan rotera runt centrumaxeln för hjulet men att centrumaxel är fixerad i förhållande till infästningen till bottenramen.



Figur 3.11, deformation i Y-led med hjulsida nedre yttersax låst till bottenramen

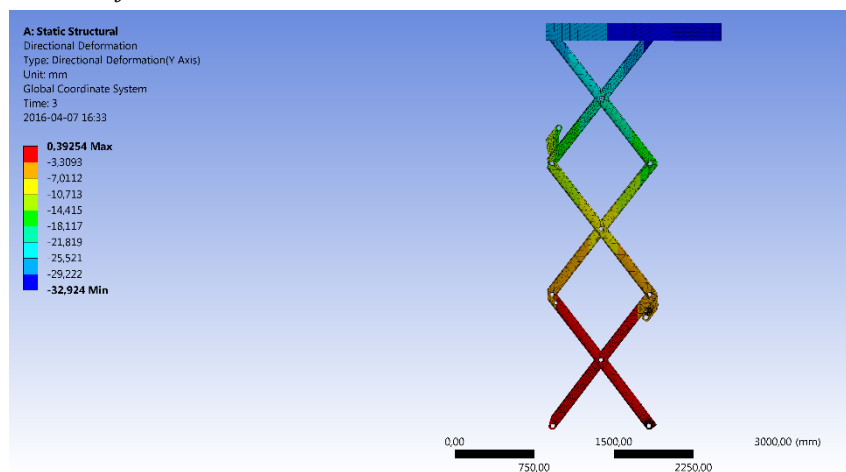
Liknande deformationer i Y-led som för lastfallet före, 3.5.7.2 Hjulsida övre, så låga resultat som 8mm längst ut till höger av ovanplanet, se figur 3.11 ovan.

### 3.5.8 Analys av potentiella regioner för låsning av saxen utan hydraulcylindrar

En mycket intressant del av förstudien var att ta reda på hur lyftbordet deformeras utan det att hydraulcylindern hjälper till. Vilket faktiskt skulle motsvara det lastfall som beskrivs av standarden, att sjunkspärren förhindrar lyftbordet från att sjunka vid ett hydraulkläckage. Därför undersöks deformation av lyftbordet då hydraulcylinder inte är med som randvillkor men istället så har en av de 3st olika ”låsningsarna” använts för att få ett lastfall som går att lösa.

I figurerna 3.12 – 3.14 nedan redovisas resultaten från de 3st olika lastfallen.

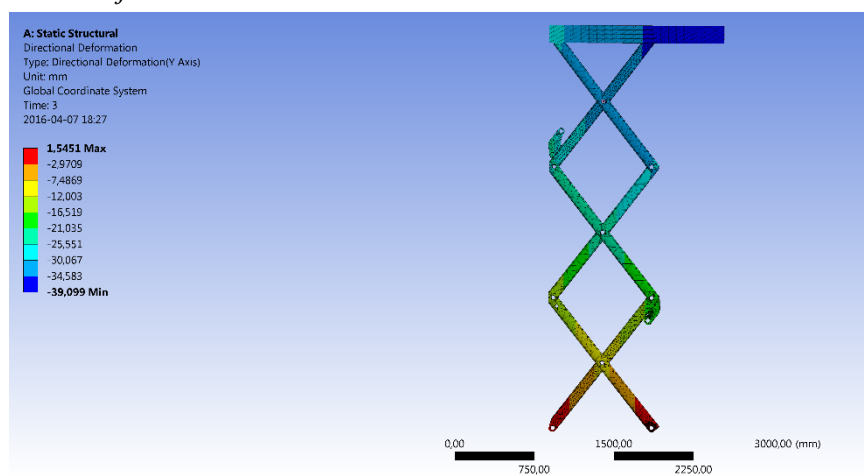
### 3.5.8.1 Hjulside nedre



Figur 3.12, deformation i y-led med hjulsida nedre yttersax låst till bottenramen utan hydraulcylinder

Inte helt oväntat så blev deformationerna i Y-led betydligt högre när hydraulcylindrarna inte längre tar någon last.

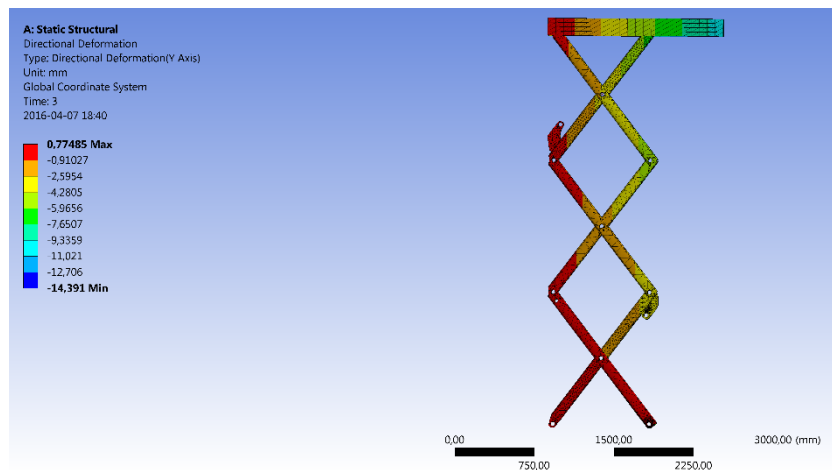
### 3.5.8.2 Hjulside övre



Figur 3.13, deformation i y-led med hjulsida övre innersax låst till ovanplan utan hydraulcylinder

Precis som för lastfallen då hydraulcylindern är närvarande så blev deformationerna i Y-led för låst hjulsida övre något högre än för lastfallet då hjulsida nedre är låst mot bottenram.

### 3.5.8.3 Centrumaxlar låsta



Figur 3.14, deformation i y-led med centrumaxlar låsta utan hydraulcylinder

De absolut bästa resultaten för deformationer i Y-led fås för lastfallet då samtliga centrumaxlar är låsta i förhållande till varandra. Dessvärre så insågs det under utförandet av studien att det skulle uppkomma svårigheter med att designa ett koncept som var enkelt och billigt men samtidigt låste alla 6st centrumaxlar. Resultaten har presenterats ändå för att visa på processen under förstudien.

### 3.5.9 Sammanställning

I tabellen nedan, tabell 3.1, redovisas de resultaten som tagits fram från förstudien. Eftersom ovanplanet bärs upp av saxpaketet på ett sådant sätt så att saxarmarna hamnar något mer förskjutna till den ena sidan av ovanplanet än den andra, så böjs ovanplanet ner något mer på högersidan än vänster med avseende på Y-led. Av den anledningen har det valts att ta fram resultat och redovisa dem nedan för vad deformationen blir där den blir som minst för ovanplanet i Y-led.

Tabell 3.1, resultat från förstudien i Ansys Workbench. Ekvivalent deformation i kolumn 3 och 5 är resultatet av vilken höjdskillnad som upplevs för ovanplanet med resp. utan last.

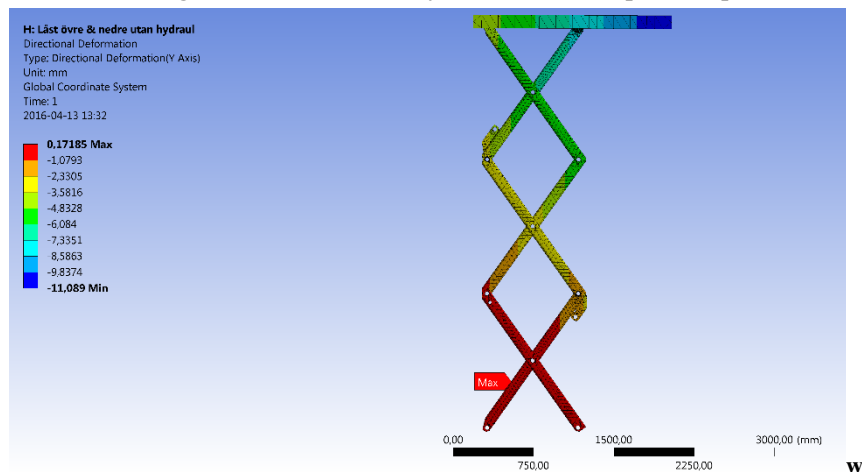
<i>Lastfall</i>	<i>Deformation Y-led vänstersida ovanplan</i>	<i>Ekvivalent deformation vänstersida av ovanplan</i>	<i>Deformation Y-led max</i>	<i>Ekvivalent deformation Y-led max</i>
Utan last	- 1,8379		- 3,0041	
Med last	- 7,768	- 5,9301	- 14,466	- 11,4619
Med last låst övre hjul	- 4,7418	- 2,9039	- 10,436	- 7,4319
Med last låst nedre hjul	- 2,8187	- 0,9808	- 8,0267	- 5,0226
Med last låst centrumaxlar	- 1,6186	0,2193	- 5,0778	- 2,0737

*Lastfallen nedan är utan hydraulcylinder som randvillkor.*

<i>Lastfall</i>	<i>Deformation Y-led vänstersida ovanplan</i>	<i>Ekvivalent deformation vänstersida av ovanplan</i>	<i>Deformation Y-led max</i>	<i>Ekvivalent deformation Y-led max</i>
Med last låst övre hjul ingen hydr.		- 29,404		- 39,099
Med last låst nedre hjul ingen hydr.		- 27,322		- 32,924
Med last låst centrumaxlar ingen hydr.		- 3,4141		- 14,391
Med last låst övre och nedre hjul ingen hydr.		- 3,8100		- 11,089

Av förstudien kan vi se att bortfallet av hydraulcylindrar i de tre sista lastfallen är oerhört avgörande för deformationen. Utifrån de här resultaten valdes det därför att utföra ett lastfall med både övre och nedre hjulsida låst till ovanplan respektive bottenram. Resultatet från lastfallet med både övre och nedre hjulsida låst presenteras nedan i figur 3.15 och på sista raden i tabell 3.1.

### 3.5.9.1 Låsning av övre och nedre hjulsida mot ovanplan resp. bottenram



**Figur 3.15, deformation i y-led med övre och nedre hjulsida låsta till ovanplan resp. bottenram - utan hydraulcylindrar**

Precis som misstankarna visade från den inledande delen av förstudien så var lastfallet då både övre och nedre hjulsidor är låsta mot ovanplan respektive bottenram mycket fördelaktigt med avseende på deformationer i Y-led.

Så låga deformationer som -11mm i Y-led fick från lastfallet. Trots att lastfallet uppfyller kravet på maximalt 10-20mm deformationer i Y-led så måste det betonas att lastfallen utförda i Ansys Workbench 16.0 är kraftigt förenklade. Framförallt med avseende på böjmoment i axlar som förenar saxarmar. Det är därför tveksamt till om en verklig sjunkspärr verkligen kan uppfylla de krav som ställts just med avseende på användandet av en handtruck.

## 4 Produktspecifikation

### 4.1 Beaktande vid produktspecifikation

Den mest uppenbara problematiken med att utveckla en sjunkspärr för lyftbord är det trånga utrymmet och den varierande geometrin för olika modeller.

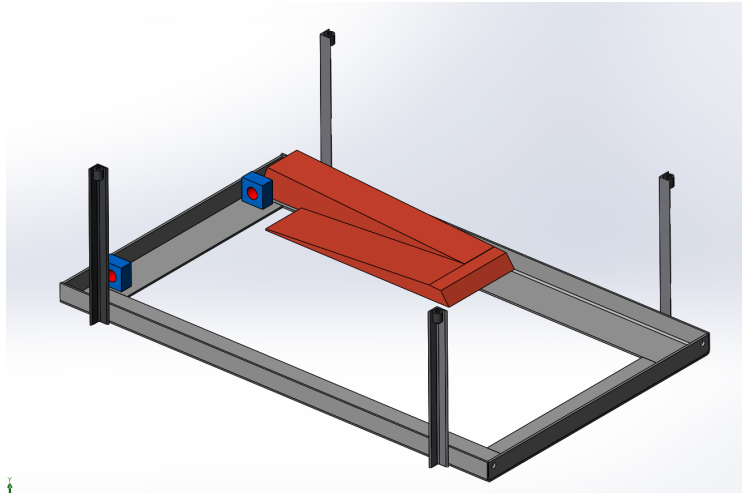
När lyftbordet är i ihopfällt läge finns det väldigt lite utrymme både mellan saxarmar och mellan ovanplan och bottenram. Utöver lite utrymme så går det tvärgående balkar och stag mellan saxarmarna som ger stabilitet och styrka till saxarmarna.

Genom att utveckla en sjunkspärr som kräver så små förändringar som möjligt på den befintliga geometrin i lyftbordet, så möjliggörs en flexiblare produkt som vinner större säljfördelar.

För att få en bättre uppfattning om hur stor sjunkspärren kunde komma att göras och vilken omgivningsrymd som kunde användas så utfördes en illustration med hjälp av Solidworks 2016. Illustreringen visar det rödmarkerade området som är den geometri inuti det befintliga lyftbordet i bottenramen som är möjligt att montera sjunkspärrelsrelaterade delar inom. Se figur 4.1 nedan.

Illustreringen har gjorts genom att skapa en solid-part som ej kolliderar med lyftbordets saxarmskonstruktion i varken det övre läget för lyftbordet eller för det nedre läget.





Figur 4.1, utrymme markerat som rött färgat i bilden är utrymme som är möjligt att installera delar till.

## 4.2 Etablera målspecifikation

De absolut mest intressanta resultaten som togs fram från förstudien var hur deformationerna blev mellan ovanplan och stannplan då hydraulcylindrar inte medverkade som stöd i konstruktionen. Istället för hydraulcylindrar som förhindrar sjunkning av saxen så ersattes dessa med randvillkor som låser olika delar av saxens mekaniska komponenter till varandra.

Ett av lastfallen som var intressant att studera var det lastfall som hade hjulsida i ovanplanet låst i förhållande till fästsidan i ovanplanet, vilket var det lastfall som liknade hur den befintliga sjunkspärren låser lyfthöjden.

Med dessa randvillkor insatta i analysen av trippelsaxen standardmodell: 860180, så visades resultat på hög deformation. Så pass hög deformation (-29,4 mm) så att även om en sjunkspärr kunde utvecklas som förhindrar sjunkning av lyftbordet så skulle höjdskillnaden mellan stannplan och ovanplanet vid av- och pålastning bli för stor. Däremot var lastfallet då både hjulsida ovanplan och hjulsida i bottenram är låsta i förhållande till fästena, intressant att studera. Låga deformationer visade sig och endast en höjdskillnad på cirka -3,8mm uppkom. Om så små deformationer kan uppnås på riktigt också så kan sjunkspärren anses uppnå kraven för att kunna köra med en handtruck av och på ovanplanet med last.

## 4.3 Bestämna kravspecifikation

Den tillåtna deformation som får utvecklas när saxen är låst är: 10-20mm. Om sjunkspärren inte kan uppfylla dessa krav kan den bli svår att sälja till kunder som ett tillbehör som försäkrar en konstant höjd vid avlastning och pålastning.

Sjunkspärren ska kunna låsa lyftbordets ovanplan i en specifik lyfthöjd, själva lyfthöjden ska kunna ställas in i slutmontage i ett intervall av 100mm (+50, -50)mm, ansåg teknisk chef Carl-Johan Fogelberg.

Eftersom förhållandet mellan lyfthöjd och hur långt hjulsidan färdas i förhållande till bottenramen beror på saxarmsvinkel, så valdes det att mäta gränsvärden och redovisa dem i en tabell, se tabell 4.1 nedan. Som vi ser från resultaten så räcker det med en justeringsmån av 44mm (+22, -22)mm för var hjulsidan är låst i förhållande till bottenramen för att uppnå en varierande lyfthöjd på 100mm (+50, -50)mm.

**Tabell 4.1, avståndsskillnad mellan axel hjulsida och axel vid fäste vid varierande lyfthöjd, där 3300mm lyfthöjd är standard lyfthöjd.**

<i>Lyfthöjd (mm)</i>	3250	3260	3270	3280	3290	3300	3310	3320	3330	3340	3350
<i>Avståndsskillnad mellan fäste och hjulsida (mm)</i>	-21,9	-17,5	-13,3	-8,8	-4,5	0	4,5	8,9	13,5	18,1	22,7

Ytterligare så pekade Carl-Johan Fogelberg på att med avseende på resultaten från förstudien för projektet så var det intressantaste i det här läget för projektet att utveckla ett koncept som låser för hjulsidan i bottenramen, eftersom förstudien i Ansys Workbench 16.0 pekar på att deformationerna då blir något lägre jämfört med en låsning av hjulsida i ovanplan.

Eftersom ovanplan byggs om efter kundönskemål i betydligt högre grad än vad bottenramar görs så är en lösning som bara inverkar på bottenramen av stort intresse att implementera i Marco ABs produktsortiment, om någon komponent måste modifieras för att få lösningen att fungera.

Förstudien i Ansys Workbench 16.0 visade också på betydligt bättre resultat i fråga om både deformation och jämna spänningsfördelningar när både hjulsida i ovanplan och i bottenram låses, av den anledningen så vore det oerhört fördelaktigt om en sjunkspärr som ser likadan ut men med mindre modifikation kan användas både för låsning i ovanplan så som i bottenram. De krav och önskemål som skulle beaktas vid utvecklingen av en ny sjunkspärr presenteras nedan.

- Produkten ska förhindra lyftbordet från att sjunka då produkten aktiveras.
- Produkten ska kunna monteras på ett lyftbord utan att inverka alltför mycket på befintlig konstruktion.
- Produkten ska inte kräva någon omkringliggande konstruktion sidan om lyftbordet som t.ex.: ett schakt eller en ram.
- Produkten ska kunna ställas in så att den aktiveras automatiskt vid fel på hydraulik.
- Ett visst intervall av lyfthöjder ska kunna ställas in med en och samma produkt monterad utan allt för stor inverkan av personal.
- Produkten ska klara av de laster som den utsätts för då lyftbordet är i drift med maxlast.
- Produkten ska ha en beräknad livslängd som motsvarar de krav som ställs på komponenter i ett standarlyftbord som företaget producerar.
- Produkten ska kunna opereras manuellt

## 4.4 Bedömningskriterier vid bedömning av koncept

Bedömningskriterier etablerades för att bedömningen av de olika koncepten skulle göras rättvist. Det är också med bedömningskriterierna i åtanke som vidareutvecklingen och vidareoptimeringen utfördes.

Modifikationsmån - Med hur pass små förändringar kan konceptet implementeras i ett lyftbord vid konstruerandet som konstruktör.

Monterbarhet - Hur pass många och hur pass komplicerade ingrepp måste produktionen utföra för att implementera konceptet i ett lyftbord.

Produktionsmöjligheter - Hur stor del av konceptet kan produceras i den befintliga produktionen på Marco AB, lagringsbarhet vid batch-tillverkning.

Modellanpassning - Hur många olika modeller av lyftbord med avseende på utförande och storlek kan samma storlek på komponenter i konceptet användas till.

Materielmängd - Kostnad av material och komponenter.

Justeringsmöjligheter med avseende på lyfthöjd - Vid montering så bör först en grov installation ske därefter ska där finnas möjlighet till finjustering för att uppnå en önskad lyfthöjd.

Flexibilitet med avseende på installation i ovanplan resp. bottenram - Hur pass stora möjligheter finns det för konceptet att utvecklas till ett koncept i ovanplan

Tillförlitlighet - Hur tillförlitligt kan konceptet anses vara då fullt utvecklat.

## 4.5 Slutsats

Utifrån förstudien valdes därför att konceptgenereringen främst ska riktas mot att utveckla koncept som låser någon av hjulsidorna i förhållande till fästsidan. Men även andra koncept utvecklades. För att göra sjunkspärren så attraktiv som möjlig för att tillämpa på olika sorters modeller av lyftbord så bör ingen ytterligare svetsning vara nödvändig på saxarmar eller andra komponenter i ett lyftbord. Av den anledningen så måste de olika anläggningsytorna för mekanismen som låser saxen utforskas.

De delar av en saxarm som kan stoppas och därmed låsas bör ligga nära den förankringspunkt i ovanplan eller bottenram som den ska fästas till.

Saxarmens geometri vid axelfästning för hjulsidan är liknande för samtliga modeller av saxarmar. Att just saxarmsändan undersöks och betänks beror på att det är från resultaten i förstudien den del av saxarmen som bör låsas. De ytor på saxarmsändan som kan utsättas för krafter i horisontalplanet anses därför vara:

- Axeln som fäster hjulet – genom att förlänga axeln så bör krafter kunna tas upp av denna och överföra de horisontella krafterna till ovanplan eller bottenram. Axlarna som används för standardmodellen 860180 har en diameter av 40mm och är något överdimensionerade för lyftbordet och bör därför inte ha några problem med att ta hand om de ytterligare krafter som den kan komma att utsättas för vid införandet av en sjunkspärr som använder axeln som anläggningsyta.

- Hjulet – Hjulet är designat för att stå emot krafterna som uppstår från lyftbordet. Genom att använda det vanliga hjulet med den vanliga axeln så behöver inga ytterligare delar bytas ut. Förutsatt att en ”stoppkloss” kan konstrueras som inte riskerar att förstöra hjulets mantelyta eller rullbana.
- Saxarmsbalkens ände – genom att konstruera en platta som kan skruvas fast till saxarmens ände och även få stöd av hjulaxeln så bör en anläggningsyta kunna skapas. Problematik uppstår om plattan blir för bulkig och tar för stor plats.

# 5 Konceptgenerering

Vid konceptgenereringen så delades konceptgenereringen in i två delar. Den inledande delen fokuserade på att utforska möjligheter för att låsa de olika regionerna som provade att låsas under förstudien. Framförallt var det koncept för att låsa någon av de olika hjulsidorna i ovanplan eller bottenram.

Del två av konceptgenereringen var inriktad på att hitta koncept som inte nödvändigtvis utgick från att låsa någon av regionerna som identifierades i förstudien dessvärre var projektet redan vid stadiet av konceptgenereringen något försenat och relativt få koncept genererades som inte fokuserade på att låsa någon av hjulsidorna.

## 5.1 Presentation av koncept

### **Koncept 1 – Horisontell Vippan**

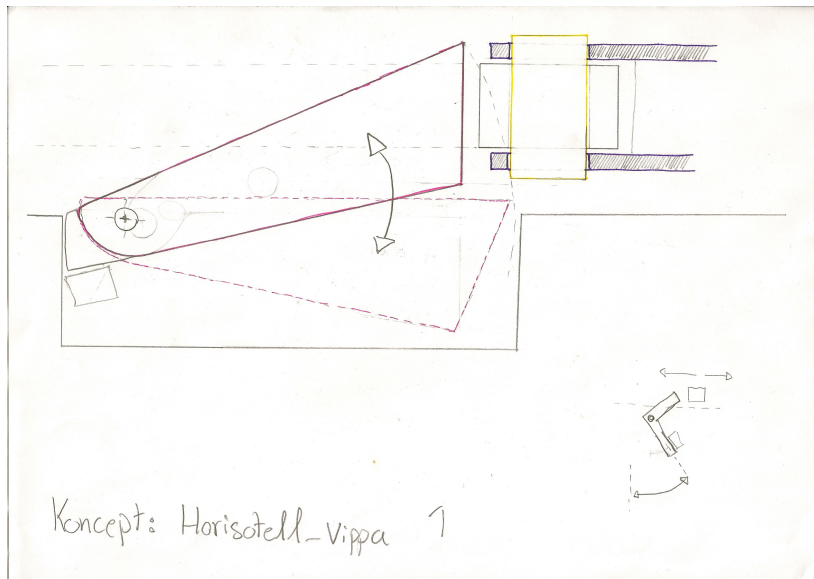
Konceptet horisontell vippan grundar sig i idén om att låsa hjulsidan av antingen yttersaxen i bottenramen eller innersaxen i ovanplanet.

Konceptet har en svängarm som roterar i horisontalplanet, svängarmen aktiveras antingen mekaniskt eller med en solenoid när saxarmen passerat vippan.

Vippan i sig roterar kring en axel som är fast förankrad i bottenramen eller ovanplanet.

Antingen är vippans anläggningsyta mot saxarmen utformad för att ta upp kraften genom hjulet eller mot själva saxarmens ände.

Koncept 1.1 är ett möjligt komplement till vippan som gör att anläggningsytan på saxarmen är mer tillgänglig.



**Figur 5.1, horisontell vippa**

Negativt:

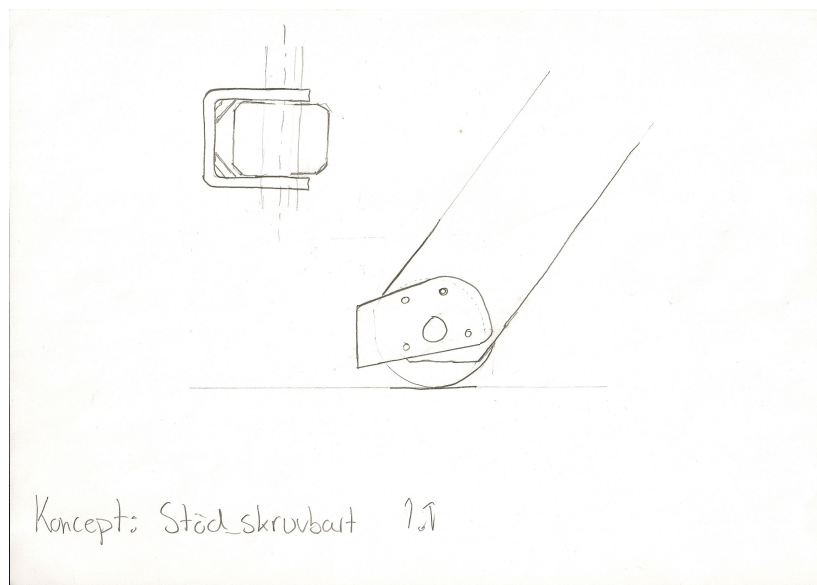
Den horisontella vippan kräver en svängradie som gör att beroende på dess längd så måste lyftbordet färdas över sin lyfthöjd för att vippan ska ha plats att svänga in. Även om lyftbordet har lite extra marginal för att kunna lyfta högre än sin lyfthöjd så var det tveksamt om den marginalen skulle räcka.

I den horisontella vippan så är en negativ aspekt också att kraften från saxarmen tas upp av en axel som med stor sannolikhet skulle behöva vara förankrad till bottenramen eller ovanplanet vilken i sig skulle behöva förstärkas. Att förstärka bottenramen i sig antogs inte vara det största bekymret, utan snarare att i en bottenram för lagersaxar så finns ingen plåt placerad på den plats som vippan skulle behöva vara monterad. Kraftflödet från vippan till fästsidan blir heller inte optimalt.

### Koncept 1.1 – Stöd skruvbart

Det skruvbara stödet uppkom som ett delkoncept till koncept 1, den horisontella vippan, eftersom det var osäkert hur vippans anläggningsyta mot saxarmen skulle vara utformad för att ta upp krafterna från saxarmen och föra dem ner i bottenramen eller upp i ovanplanet. Konceptet skulle även fungera som förstärkning till saxarmen.

Det skruvbara stödet skulle även komma att kunna bli ett delkoncept som skulle kunna användas i andra koncept.



Figur 5.2, skruvbart stöd

Negativt:

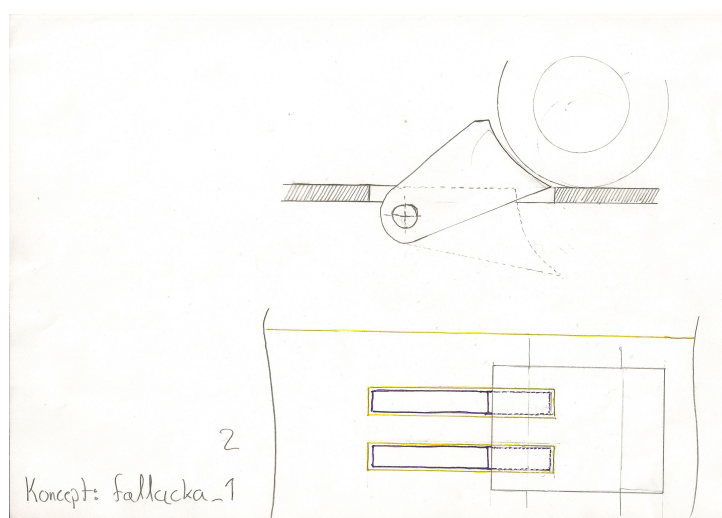
Stödet är en extra detalj som kan komma att vara i vägen när lyftbordet är i nedfällt läge. Eftersom lyftborden är konstruerade för att ha så hög lyfthöjd som möjligt med avseende på ovanplanets storlek så är det ofta så att saxarmarna är väldigt nära insidan av gaveln på ovanplanet i ihopfällt läge. Därav skulle det komma vara ett problem att få plats med ett stöd också.



## Koncept 2 – Fallucka

Falluckan är ett koncept som grundar sig i tanken att så lite delar som möjligt av konceptet ska vara placerade i det som utseendemässigt är lagerbordet. Istället skulle antingen bottenramen bytas ut till en liknande men något högre bottenram eller så skulle en modul skruvas fast till undersidan av den vanliga bottenramen och ”slots” för stoppet skäras upp i bottenramen.

Falluckan skulle innebära att när hjulet på hjulsidan av bottenramen nått sin lyfthöjd så skulle en eller två små stoppklossar vikas upp underifrån som greppade hjulet och därmed såg till att det inte kunde rulla tillbaka. Kraften som stoppet eller stoppen tar upp skulle ledas genom den ombyggda ramen bort till fästsidan.

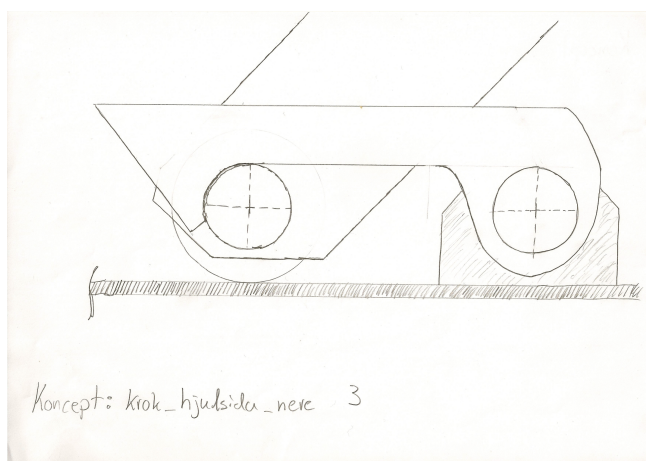


**Figur 5.3, fallucka**

Negativt: Egenhöjden för lyftbordet hade ökats och därmed varit en klar försämring för lyftbordets egenskaper. Bottenramen skulle behöva byggas om relativt omfattande. Därtill skulle konceptet vara svårt att införa för att låsa hjulsidan i ovanplanet.

### Koncept 3 – Krok hjulsida nere

Konceptet går ut på att en krok monterad i bottenramen ska hakas fast i axeln för hjulet på hjulsidan i saxarmen vid lyftbordets lyfthöjd. Konceptet är enkelt och tydligt, men det antogs ta upp för mycket utrymme inuti lyftbordet. En fördel med konceptet är att det tar nytta av axeln för hjulen och därmed skulle inte ett delkoncept som koncept 1.1 vara nödvändigt att implementera i koncept 3. Idéer som kom i samband med uppkomsten av koncept 3 var att istället för att kroken skulle vara fäst till bottenramen via ett fäste beläget nära hjulet – så skulle istället kroken vara så lång så att den sträckte sig ända från fästet för fästsidan av saxarmen. I med en sådan lösning så skulle inga krafter i horisontalplanet behöva tas upp av bottenramen. Varför den lösningen avskrevs berodde på att den hade varit svår att använda som lösning för att låsa hjulsidan i ovanplanet.



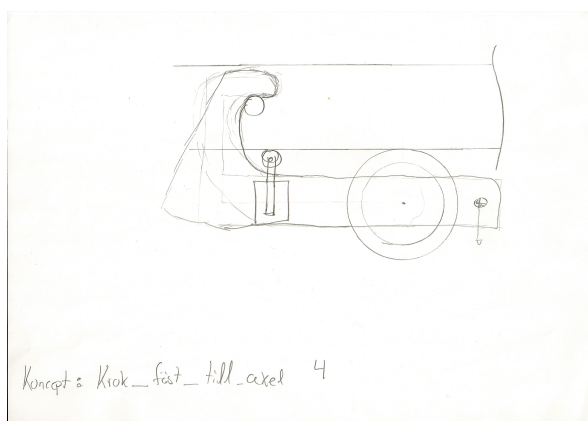
Figur 5.4, krok hjulsida nere

Negativt: En problematik med lösningen är att anläggningsytan på kroken som greppar om axeln runt hjulet skulle åtminstone behöva vara 40mm i diameter eftersom den vanligaste axeldiametern för axlar i lyftborden är 40mm. Därmed skulle kroken behöva vara relativt stor och med stor sannolikhet inte få plats. Se figur 4.1 tidigare i avsnitt 4.1.

#### Koncept 4 – Krok fäst till axel

Koncept 4, krok fäst till axel, föddes ur koncept 3. Det största problemet med koncept 3 var att det var ont om plats. Den plats i lyftbordet där det är relativt gott om plats är breddvid saxarmen vid hjulsidorna. Genom att låta kroken sitta orienterad kring axeln för hjulet och därmed följa med hjulsidan vid körning av bordet så sparas en hel del utrymme. En ytterligare fördel med konceptet var att anläggningsytan kring var kroken sitter fast med bottenramen eller ovanplanet, kunde göras avsevärt mindre än 40mm i diameter, jämfört med koncept 3.

Koncept 4 var tänkt att ha en solenoid som aktiverades för att både kroka i kroken och kroka ur kroken. Ett fäste som illustreras i delkoncept 4.1 skulle vara justerbart att fästa in i bottenramen eller ovanplanet.



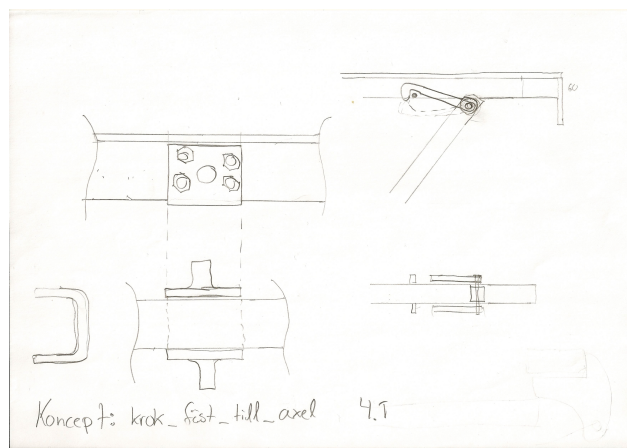
Figur 5.5, krok fäst till axel

Negativt:

Solenoider är dyra att köpa in och därför kan konceptet bli dyrare än tänkt att tillverka.

### Koncept 4.1 – Krokfäste ovanplan

Delkoncept 4.1 är ett fäste med en tapp som kroken i koncept 4 skulle haka fast i. Delkonceptet är utformat för att användas på undersidan av ovanplanet och är tänkt att kunna skruvas fast till balken som hjulsidan av saxarmen rullar mot vid körning av bordet.



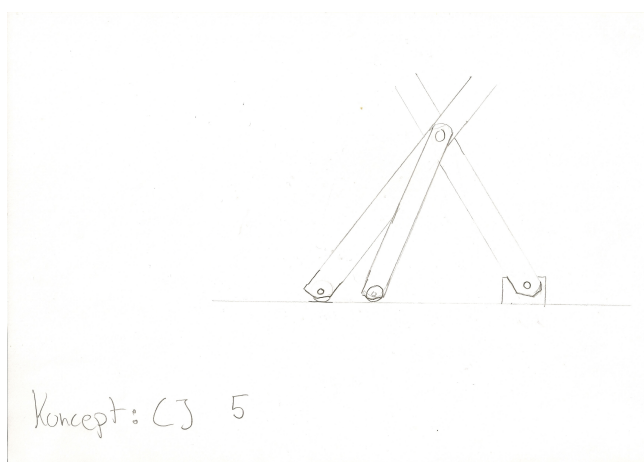
Figur 5.6, krokfäste i ovanplan

### Koncept 5 – CJ

Koncept 5 är ett koncept som presenterades av Marco ABs tekniska chef Carl-Johan Fogelberg. Konceptet är därför inte påkommet av studenten men ansågs intressant att titta närmare på för att utvärdera konceptet närmre.

Tanken med konceptet är att en extra arm skulle monteras vid den lägsta centrumaxeln av lyftbordet. Den extra armen skulle precis som saxarmens hjulsida ha ett hjul som armen rullade längs med bottenramen. Vid lyftbordets lyfthöjd skulle armen låsas mot bottenramen med hjälp av en mindre stoppkloss. Eftersom den extra armen skulle ha en betydligt brantare vinkel ner mot bottenramen än vad saxarmarna har vid lyfthöjd, så skulle krafter i horisontalplanet som tas upp av stoppklossen vara relativt små. Och merparten av krafterna som annars tas upp av hydraulcylindrarna skulle gå rakt ner i bottenramen i vertikalled. Vid en vinkel av armen på 10 grader i förhållande till vertikalled så skulle kraften som stoppet skulle behöva ta upp uppgå till 17,3% av den totala lasten.

Konceptet kräver dels två stabila extraarmar, en på vardera sida om saxen och två stoppklossar som kan aktiveras och avaktiveras när hjulet på extraarmen passerar stoppklossen.



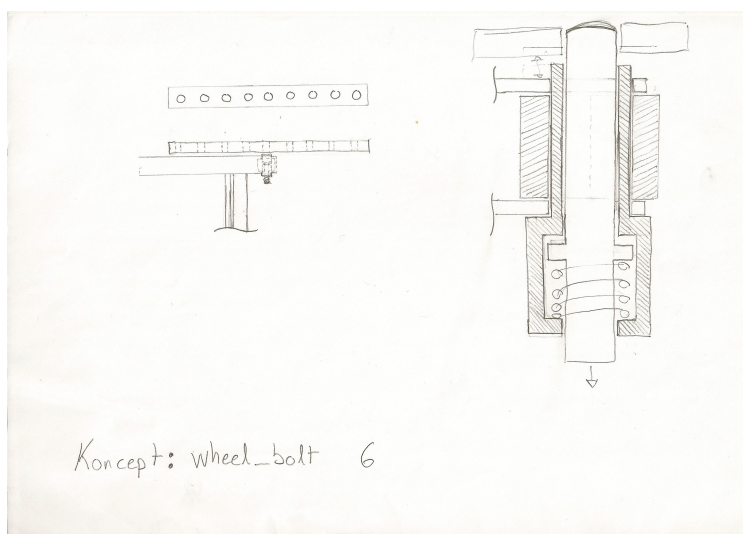
Figur 5.7, CJ

Negativt:

Även om konceptet känns möjligt att konstruera och påminner om servicespärrens som Marco AB använder i sina lyftbord, så ansågs konceptet något klumpigt och olämpligt att införa i ovanplanet. Stoppklossen skulle inte behöva vara särskilt stor eller ta upp särskilt mycket krafter, men det är ändå en extra komponent som måste tillverkas och därmed kunde konceptet komma att behöva många komponenter vilket skulle vara dyrt och komplicerat. Konceptet kan även vara svårt att reglera till en specifik lyfthöjd eftersom extra armen förmodligen skulle vara konstruerad av en stel balk.

### Koncept 6 – Hjulbolt

Konceptet går ut på att axeln som hjulet på hjulsidan i saxarmen ligger an mot ska bytas ut mot ett rör med en inbyggd mekanism. Mekanismen är tänkt att skjuta ut en sprint som går in i ett hål i ett plattjärn vid lyfthöjd. Konceptet är minimalistiskt och tar upp oerhört lite plats. Förutom att ett plattjärn måste svetsas in i bottenramen och/eller ovanplanet så måste bottenramen förstärkas bort till fästsidan för att kunna ta upp krafterna i horisontalplanet.



Figur 5.8, hjulbolt

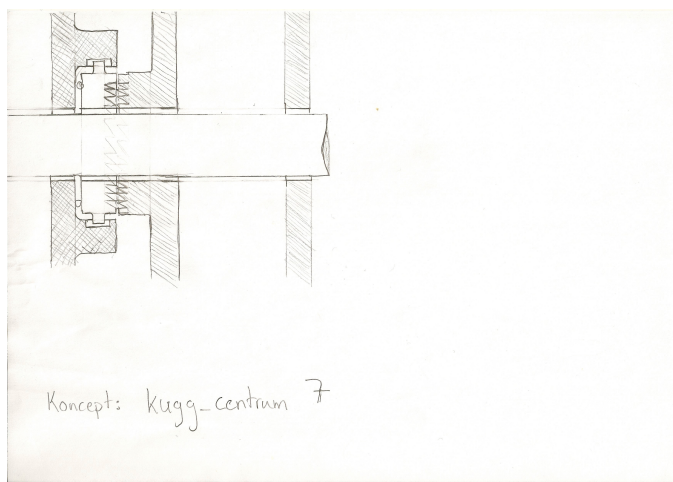
Negativt:

Konceptet kan vara svårt att förverkliga med de material och tillverkningsmetoder som Marco använder. Den nya axeln skulle behöva specielltillverkas vilket skulle komma att kosta alldeles för mycket. Vid aktivering av spärren, då sprinten skjuts in i hålet på plattjärnet, så skulle det också vara svårt att garantera att sprinten hinner röra sig hela vägen in i hålet innan dess att bordet börjar sjunka om till exempel ett läckage i hydrauliken redan hade uppkommit.

### Koncept 7 – Kugg centrumaxlar

Koncept 7 liknar en koppling som används i växellådor i bilar. Genom att kunna låsa centrumaxlarna så uppnås väldigt låga deformationer i lyftförelseriktningen av lyftbordet. Tanken är att en del skruvas eller svetsas fast till yttersaxen och en ytterligare del skruvas eller svetsas till innersaxen. Den ena delen är helt statisk och har kuggar/tänder riktade mot den andra delen. Och den andra delen som inte är statisk har en skiva som kan röra sig mot den statiska delen med en liknande yta av kuggar eller tänder som grepar in i den statiska delens yta.

Genom att ha en solenoid som drar ur den rörliga delen så kan låsningen låsas ur.



Figur 5.9, kugg centrumaxlar

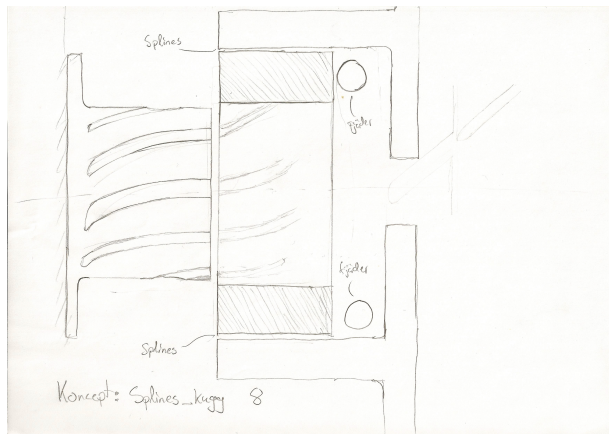
Negativt:

Ett väldigt högt moment ska tas upp av komponenter som måste vara relativt små för att få plats mellan saxarmarna. Därav måste konceptet vara konstruerat av material med hög kvalité vilket kan vara dyrt och svårt att tillverka med Marcos befintliga tillverkningstekniker. Svetsning mot saxarmar är nödvändig för att uppnå hög hållfasthet.

Mycket lite plats finns vid ihopfällt läge av lyftbordet mellan saxarmarna och konceptet behöver göras oerhört litet för att få plats.

### Koncept 8 – Splines kugg

Konceptet är mycket likt koncept 7 men istället för att det är tänder/kuggar som greppar in så är det splines i den ena delen och motsvarande urfräsningar i den andra delen som greppar in i varandra.



**Figur 5.10, Splines kugg**

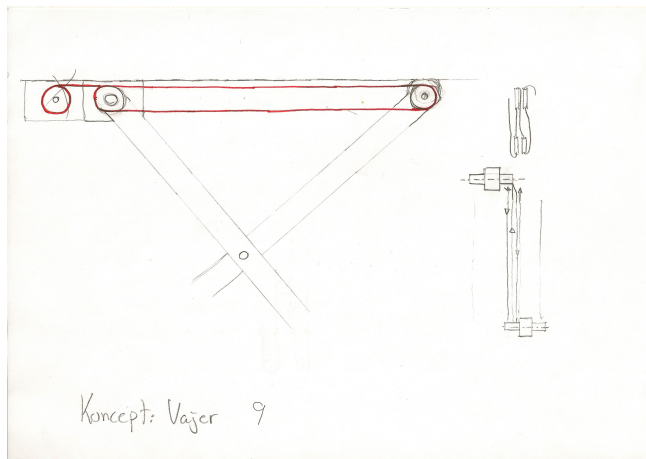
Negativt:

Koncept 8 kräver förmodligen mer utrymme än vad koncept 7 kräver och anses därför som oerhört svårt att få plats med.



### Koncept 9 – Vajer

Koncept 9 går ut på att en vajer ska löpa mellan axeln på hjulsidan och axeln på fästsidan. Genom att ha flera taljor som vajern löper igenom mellan axlarna så reduceras kraften som vajerns ände måste ta upp. Eftersom det skulle vara rätt så mycket vajer som måste samlas upp någonstans vid lyfthöjd av lyftbordet i förhållande till nedreläge för lyftbordet så krävs en vinschrulle som vajern samlas upp på. Det skulle vara kring axeln på den här trumman som en broms skulle vara inkopplad som gjorde att vajern inte skulle kunna rullas av trumman och lyftbordet därmed bibehöll sin lyfthöjd vid avlastning från hydraulcylindrar.



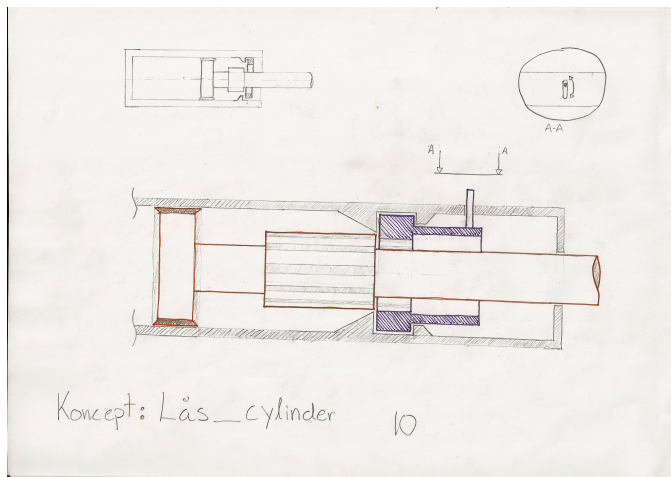
Figur 5.11, vajer

Negativt:

Stora ingrepp på den befintliga saxen skulle behövas för att taljorna kring vajern löper skulle kunna fästas. En vinschtrumma med broms skulle behöva vara belägen i antingen ovanplan eller i bottenram, vilket skulle vara otympligt och ta mycket plats. Inte minst så skulle en vajer lösning förmodligen vara väldigt dyr då det är många komponenter t.ex. vajer och taljor som Marco AB idag sällan köper in. Om vajern skulle klara av att bibehålla lyfthöjden för lyftbordet bättre än hydraulcylindrarna vid av- och pålastning är också tveksamt.

### Koncept 10 – Lås-Cylinder

Lås-cylinder konceptet är det snyggaste konceptet som skapades. Grundidén utgår ifrån tanken om att ersätta hydraulcylindern med en stel balk precis som i den inledande delen av förstudien. Genom att ersätta trycket av oljan med en låsning som låser kolvstången mot cylindern så skulle lyftbordet bibehålla sin lyfthöjd vid önskad lyfthöjd. Vilket motsvarar lastfall 2.3.6-4 i förstudien då en ekvivalent deformation i vertikalled uppgick till -5,9mm. Dessvärre utvärderades inte konceptet vidare eftersom konstruktionsavdelningen på Marco AB vid tidigare skedde redan hade utvärderat idén och då kom fram till att cylindern skulle uppleva knäckning. Eftersom inget hydraultryck ligger an mot kolvens botten så skulle väggarna på cylindern vara relativt sköra och inte kunna stå emot lasten från lyftbordet. Dessvärre skulle inbyggnadsmåttet för cylindern bli längre vilket skulle innebära en reducerad lyfthöjd för lyftbordet jämfört med standard.



Figur 5.12, lås cylinder

## 5.2 Val av koncept

Det koncept som valdes utifrån de 10st första koncepten var koncept nummer fyra. Konceptvalet gjordes till stor del i samverkan med den tekniska chefen på Marco AB, en oviktad konceptvalsmatrix har också gjorts i ett försök att studera koncepten i relation till den befintliga lösningen.

### 5.2.1 Konceptvalsmatrix

En utvärderingsmatrix skapades för att utvärdera konceptförslagen i jämförelse med den befintliga lösningen med avseende på bedömningskriterierna som presenterades i avsnitt 4.4 *Bedömningskriterier*. Poängsättningen valdes från 1-5 där 5 är det bästa betyget och 1 det sämsta. Bedömningskriterierna som valdes var något generella och poängsättningen av de respektive koncepten med avseende på kriterierna blev därmed svårt att utföra då koncepten skilde sig åt i konstruktionsutförande. Någon viktning av kriterierna gjordes inte då det skulle bli missvisande för vissa förslag, vilket innebar att den oviktade summan metoden användes, vilket inte är en metod från UE.

**Tabell 5.1, utvärderingsmatrisen för de inledande 10st koncepten där poäng satt med 1 poäng är det sämsta betyget och 5 poäng det bästa betyget. Referens är den befintliga sjunkspärren.**

<i>Bedömningskriterier</i> Från avsnitt 2.4.4	<i>Koncept</i>										<i>Befintlig lösning</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modifikationsmån	3	4	3	3	2	2	4	4	1	1	1
Monterbarhet	2	3	2	3	2	3	1	1	1	5	1
Produktionsmöjligheter	4	3	4	4	4	1	2	2	1	1	3
Modellanpassning	3	4	3	3	5	5	3	<u>3</u>	3	<u>3</u>	2
Materialmängd	3	2	3	3	1	5	1	1	1	<u>3</u>	3
Justeringsmöjligheter lyfthöjd	1	1	2	3	1	4	4	4	5	1	4
Flexibilitet	4	1	4	4	1	5	3	3	1	3	1
Tillförlitlighet	4	3	4	4	4	2	2	2	1	4	4
<b>Summa</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>19</b>

Utvärderingsmatrisen visar resultat som pekar på att konceptförslag 4 är det bästa konceptet att vidareutveckla. De celler i utvärderingsmatrisen som är markerade med fetstil understruket indikerar att egenskapen inte gick att bedömas rättvist för konceptet. Istället har ett betyg på 3 poäng givits för konceptet vilket antagits som en kompensation för att egenskapen inte behövs för konceptet.

## 6 Vidareutveckling och val av koncept

Koncepten som hade genererats i den inledande konceptgenereringen presenterades för den tekniska chefen på Marco AB, Carl-Johan Fogelberg. Tillsammans med Carl-Johan Fogelbergs erfarenhet och utfallet av den inledande utvärderingen av koncepten så valdes därefter att koncept 4 skulle vidareutvecklas. Utvärderingsmatrisen visade på att koncept 4 fick bäst resultat och därmed skulle vara bäst lämpad för att vidareutvecklas, dock var det inte underlagen från utvärderingsmatrisen som låg till grund för beslutet att välja koncept 4. Koncept 4 var utvecklat för att låsa hjulsidan i ovanplan men konceptet vidareutvecklades för att låsa hjulsidan i bottenramen istället eftersom förstudien visade på bättre resultat med avseende på deformationer i vertikalled i det fallet. Även för att C.J. Fogelberg tidigare ansåg att en sjunkspärr för låsning av hjulsida i bottenram var intressant att utveckla.

De främsta fördelarna med konceptet presenteras nedan:

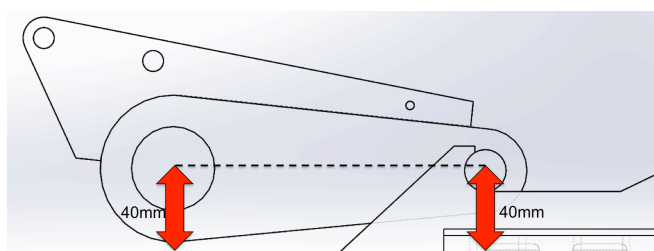
- Konceptet kan utformas på ett sådant sätt så att det tar upp lite utrymme och utnyttjar det lediga utrymmet i lyftbordet till sitt fullo. T.ex. att kroken följer med saxarmen då lyftbordet rör sig.
- Genom att kroken ersätts med en liten axel och små krokar ersätter fästet i bottenramen eller ovanplanet så görs konceptet mindre.

Två olika koncept skapades vid vidareutvecklingen. Båda koncepten har som förutsättning att när lyftbordet körs upp i sin lyfthöjd körs det först upp en liten bit ovanför lyfthöjden, vilket ger sjunkspärren möjlighet till att åka in i sitt aktiveringsläge. Därefter sjunker lyftbordet till dess att sprinten i sprintarmen hakar i krokarna. När sprinten hakat i krokarna så är lyftbordet låst och i sin bestämda lyfthöjd.

För att sänka lyftbordet så måste lyftbordet först köras upp en liten bit ovanför sin lyfthöjd. Därefter måste sprintarmen på något sätt flyttas så att den inte hakar i krokarna igen på vägen ner. Det är där de två olika vidareutvecklade koncepten skiljer sig åt.

Målsättningen för båda koncepten var att försöka få höjden från bottenramen till axeln där sprintarmen låser i krokarna till densamma som för höjden mellan bottenramen och axeln för hjulen på hjulsidan av saxarmen, se figur 6.1 nedan.

Varför detta var målsättning var att då skulle så få resultantkrafter som möjligt uppstå som skulle försöka få sprinten i krokarna att hoppa ur krokarna. Alternativet var att, i mån om plats, ha centrum för krokarna belägen något ovanför centrum för axeln till hjulsidan.



**Figur 6.1, avstånd mellan axlar och bottenram i det slutligen vidareutvecklade konceptet.**

Ytterligare förutsättning för båda koncepten var att krokarna var förenade med axeln för fästsidan av lyftbordet med hjälp av en lastbärande konstruktion. Genom att leda de horisontella krafterna mellan axlarna i hjulsidan och fästsidan av saxarmarna istället för genom bottenramen så behövdes inga förstärkningar av bottenramen göras. Därmed skulle något av koncepten kunna monteras till ett lagerbord utan att några svetsningsoperationer var nödvändiga i lagerbordet.

## 6.1 Presentation av vidareutveckling

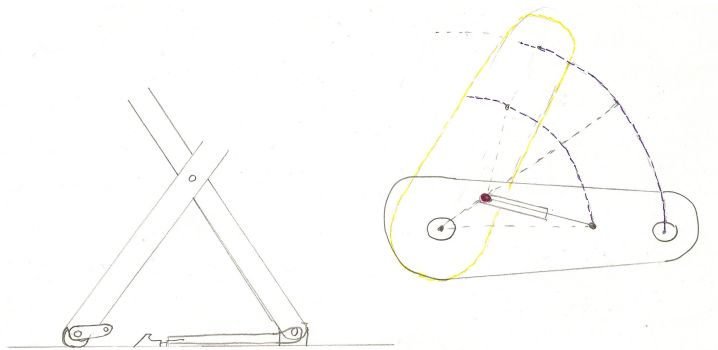
### 1. Gasfjäder med styrningstapp

Konceptet med gasfjäder och styrningstapp har som grundidé att sprintarmen måste lyftas bort från krokarna. För att hålla sprintarmen ovanför krokarna tillräckligt länge för att den ska hinna passera aktiveringsläget så är det en gasfjäder som trycker upp den. Inledningsvis så trycker gasfjädern sprintarmen neråt mot bottenramen. Då lyftbordet körs upp från sitt låsta läge i lyfthöjd så kommer en styrningstapp i kontakt med en brant backe. Den branta backen får sprintarmen att tvingas uppåt samtidigt som gasfjädern trycks ihop.

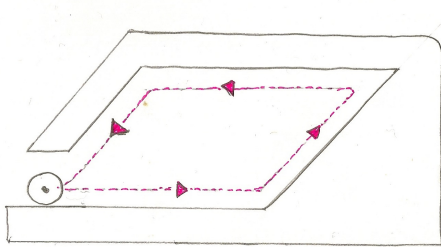
För att säkerställa att gasfjädern trycker sprintarmen uppåt istället för nedåt så fortsätter styrningstappen att glida mot den branta backen en liten bit, tills det att gasfjädern når sitt kortaste läge och därefter börjar bli längre igen och trycker sprintarmen uppåt istället. Se figur 6.2 och figur 6.3, nedan.

Det är först när det kan säkerställas att sprintarmen är i uppfällt läge som lyftbordet kan börja köras nedåt. När lyftbordet har körts nedåt en viss sträcka och garanterat är förbi aktiveringsläget, då möter styrningstappen en ytterligare brant backe som tvingar sprintarmen att börja rotera nedåt igen. Under rörelsen av sprintarmen nedåt så trycks gasfjädern ihop till sin kortaste längd ännu en gång.

När gasfjädern passerat sin kortaste längd och istället börjar bli längre igen så slår den om till att trycka sprintarmen nedåt istället. Den rosa axeln som gasfjäders botten kan rotera kring är fixerad i förhållande till den stora axeln som sprintarmen roterar kring. Med detta menas att de har samma avstånd till varandra med avseende på radie och vinkel i förhållande till horisontalplanet. Hur detta ska uppnås rent konstruktionsmässigt var ännu inte fastställt.



**Figur 6.2, gasfjäder med styrningstapp. Figuren visar hur sprintarmen rör sig med hjälp av styrningen från styrningstappen och gasfjäders.**

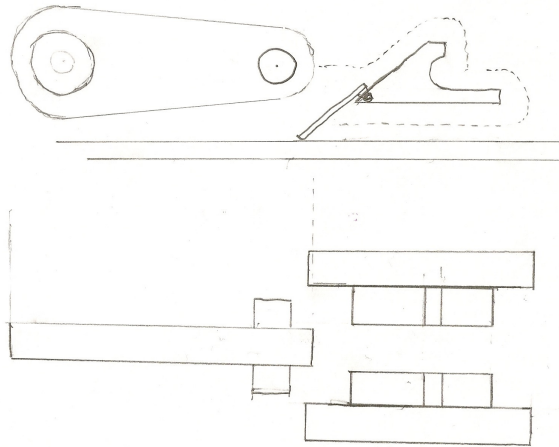


**Figur 6.3, gasfjäder med styrningstapp. Figuren illustrerar hur styrningstappen rör sig under en cykel.**

## 2. Falluckan

Konceptet med falluckan är något enklare än konceptet med gasfjäders. Cykeln ser densamma ut fram till dess att sprintarmen ska lyftas ur. Istället för att sprintarmen lyfts ur aktiveringsläget så faller den ner då lyftbordet körts tillräckligt långt upp ovanför sin lyfthöjd.

Det är först när det kan säkerställas att sprintarmen garanterat ramlat ner i den nedre gången som lyftbordet kan börja köras nedåt. Sprintarmen följer då efter i den nedre gången till dess att den passerat falluckan. Falluckan ramlar ner igen efter det att sprintarmen passerat den och lyftbordet kan köras upp igen först när falluckan garanterat har ramlat ner så att den vid nästa låsningscykel kan tvinga upp sprintarmen till krokarna. Konceptet illustreras i figur 6.4 nedan.



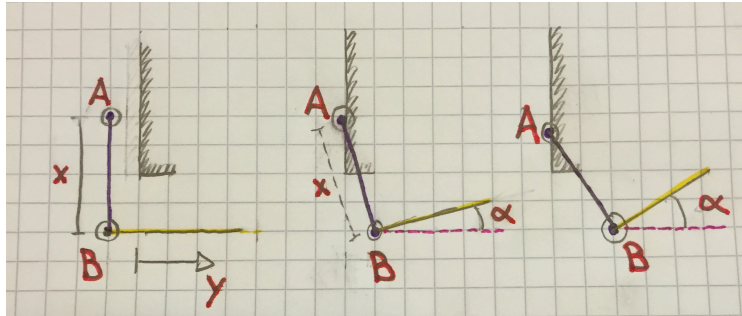
**Figur 6.4, falluckan**

## 6.2 Utvärdering av vidareutvecklade koncept

Koncepten med falluckan och gasfjädern är båda väldigt eleganta lösningar dessvärre visade det sig att konceptet med falluckan krävde en något högre belägen höjd för krokarna i förhållande till bottenramen vilket resulterade i att krokarna inte fick plats mellan bottenramen och saxarmarna vid nedre gränsläge för lyftbordet.

Ett ytterligare problem med falluckkonceptet var att vid eventuell implementering av konceptet i ovanplan så skulle en otymplig motvikt vara tvungen läggas till på sprintarmens vänstra sida.

Den slutliga spiken i kistan för falluckkonceptet var att den extra sträcka som lyftbordet skulle vara tvungen att röra sig uppåt från sin lyfthöjd skulle förmodligen bli för lång för att innefatta både aktiveringsläget och läget då sprintarmen ramlade ner i den nedre gången. För lång extra sträcka innebär att hydraulcylindern hinner nå sin max slaglängd, cylinder at top, innan dess att sprintarmen garanterat är avaktiverad. För gasfjäderkonceptet räckte det med att sprintarmarna rörde sig en betydligt kortare sträcka. Detta beror på att en utväxling finns med hjälp av styrningstappen. Se figur 6.5, nedan.



Figur 6.5, förklaring till variabler sträckan som sprintarmen måste färdas är kortare för gasfjäderkonceptet.

Punkten A symboliserar var styrningstappen är belägen i förhållande till punkt B, där punkt B är centrumaxeln för axeln som sprintarmen roterar kring. Den branta backen illustreras i figur 6.5 ovan av en helt vertikal vägg som är statisk i rummet tillskillnad från sprintarmen. Förhållandet mellan avståndet  $x$  och sträckan  $y$  som sprintarmen måste färdas ger vinkeln  $\alpha$  enligt:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{y}{x} \right)$$

Genom att välja sträckan  $x$  till så liten som möjligt så uppnås ett lyft av sprintarmen på en kort sträcka i det som figur 6.5 ovan benämns som  $y$ -led, vilket i verkligheten motsvarar sträckan som saxarmen måste röra sig mot fästsidan av bottenramen.

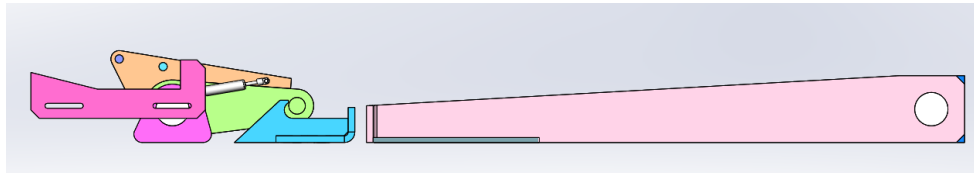


## 6.3 Konceptval

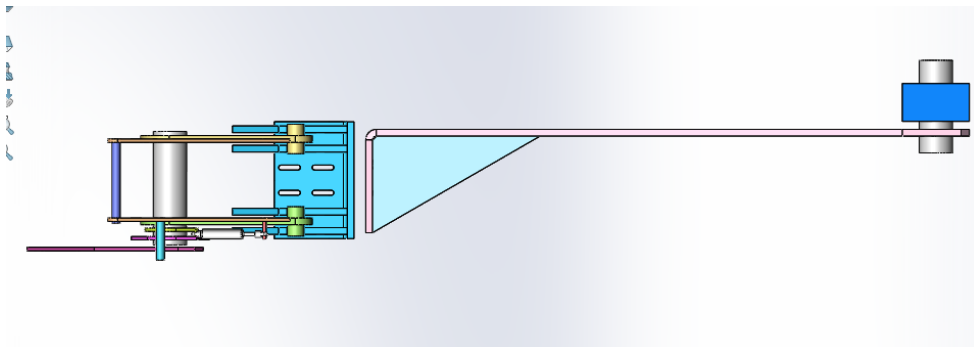
Konceptet som valdes att vidareutvecklas och konstrueras med hänsyn till tillverkning i Marco ABs tillverkningstekniker är koncept 4 med vidareutvecklingen av gasfjäderkonceptet och styrningstappen.

### 6.3.1 Presentation av koncept

Koncept 4 med gasfjäderkonceptet och styrningstappen illustreras i figurer nedan tillsammans med förklaringar för hur konstruktionen är tänkt att fungera.



Figur 6.6, koncept 4 med gasfjäderkonceptet och styrningstappen illustrerad från sidan



Figur 6.7, koncept 4 med gasfjäderkonceptet och styrningstappen illustrerad ovanifrån

Konceptet är uppdelat i 4st olika delkomponenter. Krokarna, plattjärnsförstyningen, sprintarmarna och styrningsmekanismen.

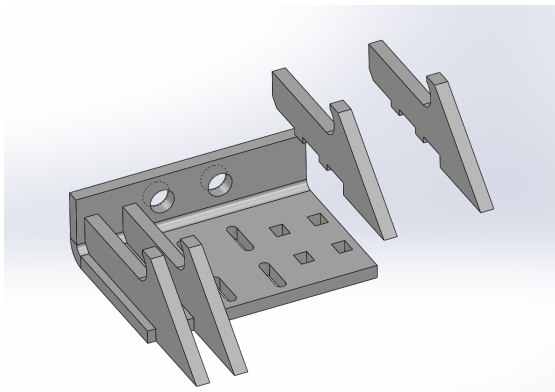
#### 6.3.1.1 Krokarna

Krokarna är de delarna som överför kraften från sprintarmarna till de delar i sjunkspärren som är statiska vid körning av lyftbordet. Krokarna är utformade på ett sådant sätt så att sprintarna i sprintarmarna kan fångas upp och hållas kvar i låst läge vid belastning.

Eftersom det är viktigt att de 4st krokarnas urgröpta greppytor ligger parallella med varandra så har stansade tappar lagts till i geometrin som passar i de urstansade hålen i bottenplattan som håller ihop krokarna. Den främsta anledningen är att underlätta arbetet för den svetsare som svetsar ihop delarna men också för att minimera risken för att de urgröpta anläggningsytorna inte skulle ligga parallella med varandra. Samtliga fem delar i den delkomponent som kallas krokarna svetsas ihop till varandra. I bottenplattan av delkomponenten krokarna finns 4st utstansade långhål. I de här långhålen är det tänkt att M6 skruvar ska skruvas fast ner i bottenramen av lagersaxen. M6 skruvarna fungerar som styrning för att delkomponenten inte ska kunna hamna snett, vilket skulle leda till att sprintarna i sprintarmarna inte hamnar rätt vid anläggningen i de urgröpta anläggningsytorna.

De 4st M6 skruvarna ska också ta upp de sidokrafter som uppstår på grund av den osymmetriska geometrin mellan sprintarmarna och saxarmsfästet i bottenramen.

Bottenplattan har också 2st hål som är gängade M16 via vilka plattjärnsförstyvningen är monterad till. Valet av M16 i storlek beror på standardisering i montering. Genom att schimsa med material mellan anläggningsytorna mellan plattjärnsförstyvningen och krokarna så kan en efterjustering av lyfthöjden vid låst läge ställas in för lyftbordet. Vilket uppfyller kravet på justering i montering med ett spektra av 100mm.



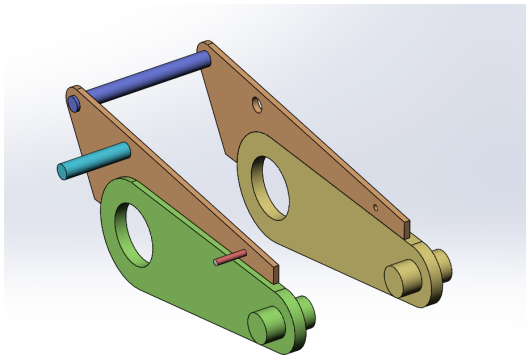
**Figur 6.8, delkomponenten krokarna, som består av 4st likadana krokor och en stansad och bockad bottenplatta.**

#### *6.3.1.2 Sprintarmarna*

Sprintarmarna består av två större dimensionerade armar som är tänkta att överföra den horisontella kraften från axeln för hjulen i saxarmen till delkomponenten krokarna. Det större hålet har en diameter på 40mm precis som ytterdiametern på de standardaxlar som används för lyftbordet av modell 860180. I andra änden av armen är ett mindre hål på 20mm i diameter i vilket en sprint är fastsvetsad. Det är själva sprinten som överför krafterna från sprintarmen till krokarna. Sprintarmarna är likadana på båda sidor om saxarmen och stansas ur 8mm tjock plåt.

Fastsvetsat på armarna sitter vardera en 4mm tjockplåt som har framförallt 3st olika funktioner. Först och främst så är det via de 4mm tjocka plåtbitarna som de båda armarna på varje sida om saxarmen är förenade med en M10 skruv. Genom att förena båda armarna och därmed tvinga dem till att utföra samma rörelse så behövs endast en styrning för den ena armen, medan den andra armen, den på insidan av saxarmen, blir slav som följer efter.

Den andra funktionen som den styrande sprintarmens 4mm plåt har är att fästa fast gasfjäders kolvstångshuvud med en M6 skruv. Den tredje funktionen för 4mm plåten är infästningen till den styrtapp som tvingar sprintarmarna till att resa sig upp vid avlåsning från krokarna.



**Figur 6.9, sprintarmarna som sitter belägna på vardera sida om saxarmen. Ljusblå axel i bild är styrtappen, röd axel är infästning för gasfjädern.**

#### *6.3.1.3 Plattjärnsförstyvningen*

Plattjärnsförstyvningen är den del av sjunkspärren som överför horisontalkrafterna från krokarna bort till axeln för saxarmen som sitter vid fästet i bottenramen. Plattjärnsförstyvningen har 1st 40mm i diameter stort hål i ena änden som är monterat kring axeln för saxarmen vid fästet i bottenramen.

I andra änden är 2st hål med 17mm i diameter utstansade vilka skruvarna som förenar plattjärnsförstyvningen med krokarna är monterade igenom.

Plattjärnsförstyvningen är tillverkad av 2st komponenter, båda av stansad 8mm plåt, var av den ena biten är bockad 90 grader. Fjäderstödet som utgör den ena biten är svetsat till den bockade biten.

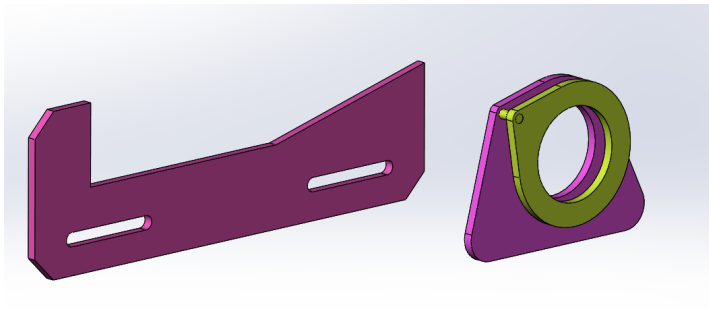
Plattjärnsförstyvningen är den komponent som är illustrerad till höger i bild i figur 6.11.

#### *6.3.1.4 Styrningsmekanismen*

Styrningsmekanismen består framförallt av 3st delar utöver de två 4mm tjocka plåtarna som sitter fastsvetsade till vardera sprintarm. En del är den styrskena som

monteras med M6 skruv till kanten av bottenramen av lyftbordet. De andra två delarna utgör tillsammans med en M6 skruv den monteringsyta till vilken bottenändan av gasfjäders är monterad till.

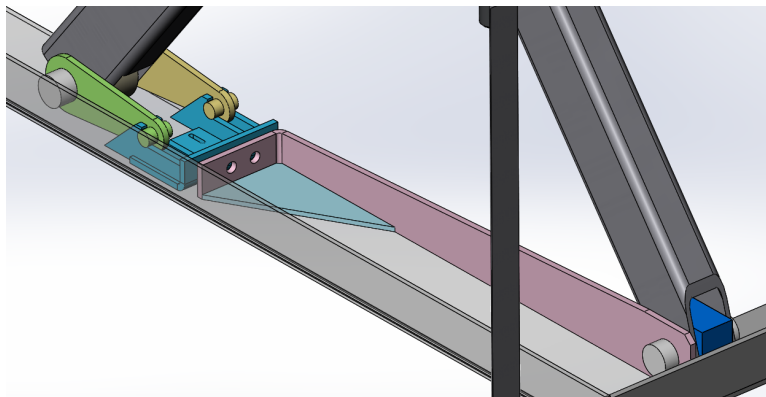
För att axeln till vilken gasfjäders är monterad till inte ska kunna rotera kring axeln för hjulet så har den ena plåten en plan yta som är tänkt att glida mot bottenramen. På så sätt uppnås det konstanta avståndet och vinkeln för gasfjäders infästning i förhållande till bottenramen.



**Figur 6.10, Styrningen av sjunkspärren, till vänster i bild syns styrskenan. Till höger i bild syns monteringsdetaljerna till gasfjäders.**

#### 6.3.1.5 Konceptets funktion

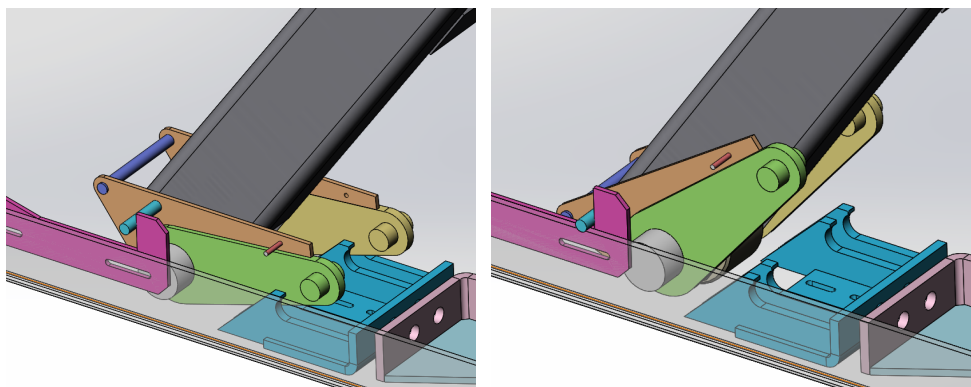
De 3st lastbärande delarna är illustrerade i figur 6.11, nedan där de komponenter i sjunkspärren som inte bär någon betydande last är gömda.



**Figur 6.11, de lastbärande delarna illustrerade som monterade i lyftbordet vid lyfthöjd**

Från det läget som presenteras i figur 6.11 ovan så beskrivs avlåsningen från sjunkspärren steg för steg nedan.

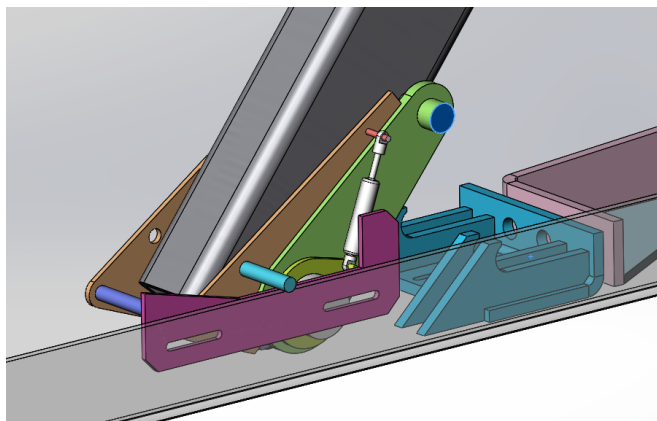
Genom att lyftbordet lyfter uppåt en liten bit så kommer först sprintarna i sprintarmarna att lämna krokarna. Efterhand som lyftbordet rör sig uppåt och saxarmen med sprintarmarna rör sig mot fästsidan så kommer styrtappen i sprintarmarna att tillslut nå styrskenans skarpa kant. Då styrtappen når styrskenan så kommer sprintarmarna att tvingas rotera uppåt. Se figur 6.12A och figur 6.12B nedan.



**Figur 6.12A och figur 6.12B, styrtapp illustrerad som ljusblå/turkos till vänster i bild.**

För att sprintarmarna ska vara möjliga att hållas uppfällda för att förhindra dem från att inte fastna i krokarna igen så har gasfjädersnåren lagts till. Det är när gasfjädersnårens kortaste längd har passerats som den växlar om till att trycka sprintarmarna uppåt istället för att trycka ner dem mot bottenramen.

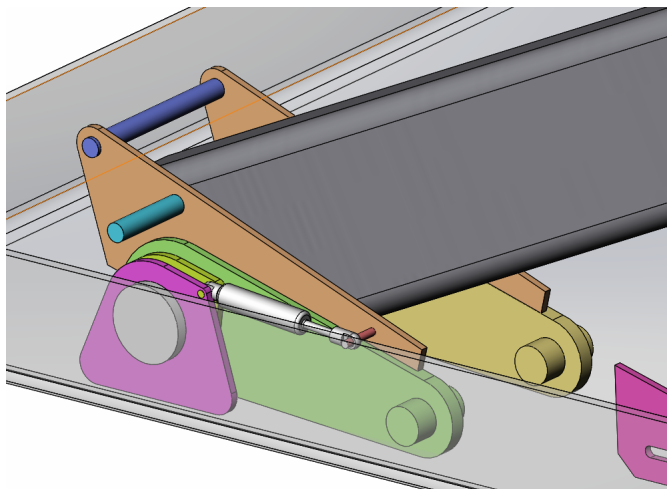
Figur 6.13 nedan illustrerar när sprintarmarna är uppfällda med hjälp av gasfjädersnåren och då lyftbordet är på väg att röra sig nedåt.



**Figur 6.13 sprintarmarna är uppfällda med hjälp av gasfjädersnåren och lyftbordet håller på att röra sig nedåt.**

När lyftbordet har körts tillräckligt långt ner så når styrtappen tillslut styrskenans returbacke som är den sneda delen av styrskenan som syns vänster i bild i figur 6.13 ovan.

Returbacken tvingar sprintarmarna att rotera tillbaka ned mot bottenramen och när gasfjäders kortaste läge har passerats så slår den om och trycker sprintarmarna nedåt istället för uppåt. Figur 6.14 nedan illustrerar när gasfjädern har slått om och sprintarmarna istället ligger mot bottenramen. En låsningscykel är nu över och lyftbordet kan åter låsas till sjunkspärren om lyftbordet körs upp i sin lyfthöjd igen.



Figur 6.14 och styrtappen har slått emot styrskenans returbacke

### 6.3.2 Sammanfattning om konceptvalet

Konceptet som valts och vidareutvecklats är i grunden inte likt något av de 10st koncepten som genererades i den inledande konceptgenereringen. Från de ursprungliga koncepten har via en iterativ process ett specialanpassat koncept utvecklats som är tänkt att både kunna monteras till bottenramen såväl som på undersidan av ovanplanet.

Från förstudien som utfördes på en standardmodell av Marco ABs lyftbord, standardmodell 860180, framgick det att en produkt som kan låsa hjulsidorna i både ovanplan och i bottenram vore intressant att utveckla och det är det som det presenterade konceptet kan göra. Vid jämförelse av kraven som specificerades i avsnitt 4.3 *Kravspecifikation* fås följande:

- Konceptet kan förhindra lyftbordet från att sjunka då konceptet är aktiverad.
- Konceptet kan monteras till ett lagerbord utan omfattande åtgärder på lagerbordet.
- Konceptet kräver inget schakt eller liknande.

- Konceptet är alltid aktiverat vid sin lyfthöjd, dock förhindrar den inte vertikalförändring av ovanplanet vid hydraulläckage som uppstår då lyftbordet inte är i sin specifika lyfthöjd.
- Intervallet på 100mm (+50, -50)mm kan ställas in med enkelhet av personal genom schimsning.
- Konceptet har möjlighet efter vidareutveckling att klara av maxlasten för lyftbordet.
- Livslängden för konceptet är inte beräknad
- Konceptet kan avaktiveras av personal förutsatt att hydraulsystemet är fungerande. Dock kan avaktivering för koncept monterat i ovanplan kräva en vidareutvecklad version med vajer eller liknande som leds ner till operatören.

Av kraven som ställdes upp i kravspecifikationen är det två krav som inte utretts fullständigt, hållfastheten och livslängden. Hur pass bra konceptet klarar av lasterna följer i nästa vidareutveckling, *del 7. Tillverkningsanpassad konstruktion*. Livslängden har inte beräknats något på för konceptet och det kommer det heller inte att utföras några beräkningar på grund av tidsbrist i projektet.

Vidare har det inte heller diskuterats om hur den elektroniska styrningen av sjunkspärren är tänkt att fungera vid drift. Eftersom sjunkspärren styr sig själv rent mekaniskt med hjälp av styrtappen så behövs endast gränslägen som ser till att lyftbordet inte kan köra sönder sjunkspärren. Ett fall då lyftbordet skulle kunna köra sönder sig självt vore om marginalen till cylinder at top från övre gränsläge är så pass stor så att hjulsidan av saxarmen kan röra sig så långt mot krokarna så att de krockar.

Genom att införa en standard mellangränsläges-ellåda med 2st gränslägen så förhindras det att lyftbordet kan köra sönder sjunkspärren. Ett gränsläge stoppar då lyftbordet från att röra sig när sprintarmarna har hamnat i aktiveringsläge. Ett övre gränsläge som meddelar när sprintarmarna är uppfällda förhindrar lyftbordet från att köra längre upp när väl sprintarmarna är uppfällda.

Ett mellangränsläge stoppar endast driften av lyftbordet, om operatören släpper knappen på tryckknappslådan och trycker in den igen så kan lyftbordet fortsätta köras. När operatören håller in upp-knappen så körs lyftbordet tills det att sprintarmarna ramlar ner i aktiveringsläge. Då stannar bordet p.g.a. mellangränsläget, då vet operatören att om denne trycker på ner-knappen så kommer sprintarmarna att lägga sig i krokarna och lyftbordet är låst. Vid avaktivering så kör operatören lyftbordet uppåt med upp-knappen till dess att mellangränsläge aktiveras igen och lyftbordet stannar. Om operatören trycker på upp-knappen igen så kommer lyftbordet att köras uppåt till dess att övre gränsläge är aktiverat. Övregränsläge förhindrar all drift av lyftbordet uppåt och tillåter endast att lyftbordet kan köras nedåt.

## 7 Tillverkningsanpassad konstruktion

*Tillverkningsanpassad konstruktion är den del av projektet som har till avseende att optimera konstruktionen för företagets tillverkningsprocesser och därmed även sänka kostnaderna för att tillverka en produkt. Det är även under tillverkningsanpassningen som hållfasthetsberäkningar utförs för att säkerställa att konstruktionen klarar av de laster som den utsätts för.*

### 7.1 Inledande anpassning för produktionen

För att tillverka delar såsom sprintarmarna och krokarna är den mest lämpade tillverkningsmetoden på Marco AB stansen eller fräsen. Fördelen med stansen är att den är snabb och med hjälp av det urvalet av stansdynor som Marco AB har så går det att få till relativt komplexa former. I appendix D redovisas det dokument som redogör för vilka stansdynor som kan stansas med i stansmaskinen som finns på Marco AB. Inledningsvis har det därför valts att designa så många delar som möjligt så att de är möjliga att tillverka med stansmaskinen. Med avseende på bockningsradier vid bockning så har radierna ingen nämnvärd påverkan för konceptet. Bockningsradien som använts för plattjärnsförstyvningens bockade plåtbit är 4,6mm enligt Marco ABs standard för bockningsradier. I appendix E redovisas det dokument som redogör för vilka standard bockningsradier som används i produktionen på Marco AB. I samråd med kunniga ute i produktionen har förändringar tagits fram som underlättar vid tillverkning av konceptet.

#### 7.1.1 Krokarna

De 4st krokarna och bottenplattan valdes inledningsvis att stansas ur 8mm tjock plåt. För att underlätta för svetsaren och få till fler svetsfogar så valdes det att lägga in de tidigare nämnda hålen i bottenplattan och de tapparna som sticker ner från krokarna ner i bottenplattan. Där tapparna som är en utstickande del av krokarna är utformade för att passa in i hålen i bottenplattan. Eftersom bottenplattan tillverkas av 8mm tjock plåt så görs tapparna hälften så djupa, vilket är 4mm. På så sätt kan svetsfogar läggas in från undersidan av bottenplattan och inget svetsmaterial läggs till på undersidan som gör att bottenplattan är ojämn mot bottenramen.



Toleranserna är varierande över tiden vid stansning och för att därmed försäkra sig om att krokarnas tappor passar i hålen i bottenplattan så gjordes hålen i bottenplattan 2mm längre respektive bredare än vad tapparna är. Hålens storlek har ur ett hållfasthetsperspektiv mindre betydelse men har anpassats för att endast behöva slås ut med ett slag i stansen med en dyna som mäter 10x26mm.

De avlånga hålen som tidigare hade utformats med radier i ändarna ändrades till fyrkantiga hål i vilka M6 skruvar fortfarande fick plats i, vilket gjordes för att hålen skulle kunna slås ut med samma stansdyna utan att behöva byta dyna mellan slagen i stansen.

### 7.1.2 Plattjärnsförstyvningen

Plattjärnsförstyvningen valdes att utformas av huvudsakligen två delar som stansas ur 6mm tjockplåt. En längre bit med 2st slätborrade hål som M16 skruvar kan träs igenom, 1st slätborrat hål 40mm i diameter som träs runt axeln i fästet vid saxarmen och en bockning. Den andra delen var ett fjäderstöd som lagts till för att stödja den bockade änden av plattjärnsförstyvningen.

Stansmaskinen har dynor för att stansa ut lämpliga hål för M16 skruvarna men det 40mm i diameter stora hålet finns det dessvärre ingen lämplig dyna till. Eftersom stansmaskinen därmed gör hålet med flera slag så blir hålet dessvärre något taggigt. Vilket måste åtgärdas med en slipmaskin efteråt av svetsaren som ska svetsa dit fjäderstödet.

För att möjliggöra bättre tillgänglighet för svetsfogar så fasas kanterna där fjäderstödet och den längre biten ligger an mot varandra på båda delarna. På så sätt möjliggörs bättre svetsfogar.

### 7.1.3 Sprintarmarna

Precis som för plattjärnsförstyvningen så fick det 40mm i diameter stora hålet en taggig yta eftersom ingen lämplig dyna finns tillgänglig till stansmaskinen. Precis som för plattjärnsförstyvningen så kräver taggigheten att svetsaren får slipa jämnt hålet med en slipmaskin. Hålet som har 20mm i diameter finns det en lämplig dyna för. Den 4mm tjocka plåten som är svetsad till den lastbärande delen av sprintarmen stansades.

Sprinten i sprintarmarna valdes att vid framtagning av prototypen tillverkas av en rundstång som passas in i hålet med 20mm i diameter i sprintarmen med värmepassning. Sprintarmen värmdes upp så att hålet blev större och sprinten kylde ned för att krympa, därefter trycktes sprinten in och vid avkyllning respektive upphettning så uppstår ett hållfast förband mellan delarna utan att någon svetsfog var nödvändig.

## 7.2 Hållfasthetsberäkning i Ansys Workbench

Hållfasthetsberäkningar för hela konceptet utförs med hjälp av Ansys Workbench 16.0 för att säkerställa att konstruktionen klarar av de laster som den utsätts för vid användning.

### 7.2.1 Metodik för beräkning

För samtliga lastbärande komponenter utfördes först en inledande analys. Den inledande analysen är till skillnad från förstudien avsevärt mer inriktad på att åskådliggöra vad spänningarna uppgår till vid belastning av sjunkspärren.

#### 7.2.1.1 Förenkling av lastfall

För att tillgängliggöra fler noder och element och därmed bättre resultat i analysen så valdes det att endast utföra hållfasthetsberäkningen på de lastbärande delarna i konceptet. Eftersom en sjunkspärr placerad på ena sidan av bottenramen bör, av säkerhetsskäl, kunna bära hela lasten, så utfördes analysen för endast en uppsättning av delarna men med en last som motsvarar att den bär upp hela lyftbordet.

Axlarna som förbinder delkomponenterna med saxarmarna har antagits hålla för de krafter som de kommer att utsättas för trots att de utsätts för ett något högre böjmoment på grund av att sprintarmarna är belägna en liten bit utanför saxarmarna.

#### 7.2.1.2 Randvillkor

För att ersätta lyftbordets egenvikt och maxlasten på lyftbordet med en last som ger samma belastning på de lastbärande delarna i konceptet så infördes två krafter, forces, på tillsammans 11100N, som drog ytorna av sprintarmarna som ligger an mot axeln för hjulet bort från sjunkspärren i den riktning som hjulet rullar då lyftbordet sjunker. Eftersom lyftbordet väger cirka 600kg och maxlasten uppgår till 1000kg så motsvarar det en last på 1600kg. Vilket motsvarar ungefär 15700N. Vid en saxarmsvinkel på 45 grader ger en kraft som måste tas upp i horisontalplanet på cirka 11100N enligt uttrycket nedan.

$$15700 * \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 11100N$$

I verkligheten är saxarmsvinkeln mindre, närmre 35-40grader, vid lyfthöjd 3300mm vilket ger lägre krafter i horisontalplanet. Den ena sprintarmen kommer att ligga an mot inre sidan av delkomponenten krokarna med en högre kraft än den andra vilket beror på det osymmetriska förhållandet mellan krokarna och 40mm i diameter hålet där plattjärnsförstyvningen ligger an mot axeln vid fästet i bottenramen.

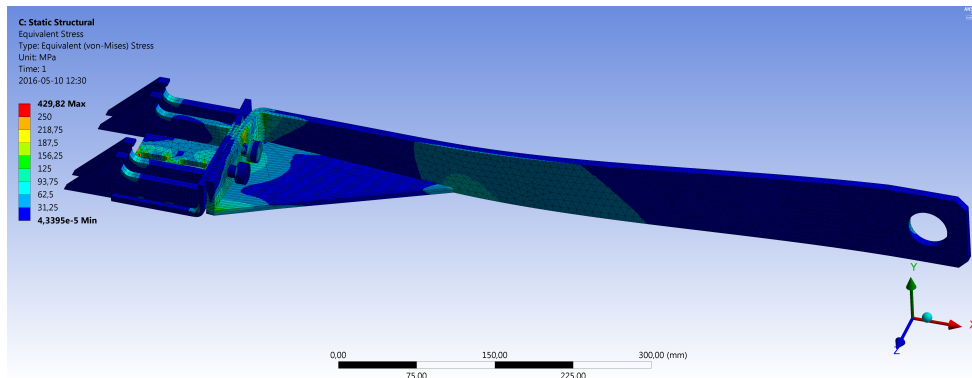
Sprinten i sprintarmarna läggs in som en contact yta mot krokarna. Vidare så har M16 skruvar lagts till som illustrerar det skruvförband som håller ihop krokarna med plattjärnsförstyvningen.

Ett displacement villkor som förhindrar bottenplattan i delkomponenten krokarna från att röra sig i sidled har lagts till på långsidorna i de avlånga hålen där M6 skruvar ska sitta monterade mot bottenramen. En probe i resultatdelen har lagts till för att mäta hur stora krafter M6 skruvarna måste ta upp i horisontalplanet. Displacement villkoret förhindrar ytorna från att röra sig i Z-led och Y-led. Frictionless villkor lades in på undersidan av krokarna vilket inte är helt korrekt men som bör vara ett relativt försumbart antagande förutsatt att centrumaxeln från sprintarna i sprintarmarna har samma avstånd till bottenramen som centrumaxeln för hjulet i hjulsidan.

Slutligen användes även ett cylindrical support villkor på ytorna där plattjärnsförstyvningen sitter monterad kring axeln vid fästsidan.

### 7.2.2 Resultat och slutsats

Resultaten från analysen visade på ett problem med det osymmetriska förhållandet mellan infästningen vid fästsidan och belastningen av krokarna. Att så höga spänningar uppstår på ytan av plattjärnsförstyvningens långa slanka del beror just på att konstruktionen vill deformera sig för att låta kraftflödet från sprintarmarna färdas igenom konstruktionen bort mot fästsidan. Den här deformationen behöver inte nödvändigtvis vara negativ med avseende på hållfasthet, men då lyftbordet avlastats från sjunkspärren och åter ska aktiveras igen så finns där en överhängande risk för att delkomponenten krokarna har flyttat sig för mycket vilket skulle kunna resultera i att sprintarmarna inte hittar rätt in i krokarna vid nästa lastcykel och därmed riskerar komponenten att förstöras istället. Det är av ovannämnd anledning som det har valts att lägga till M6 skruvar som skruvas fast i bottenramen av lyftbordet som därmed får delkomponenten krokarna till att bibehålla sin position vid varje lastcykel.

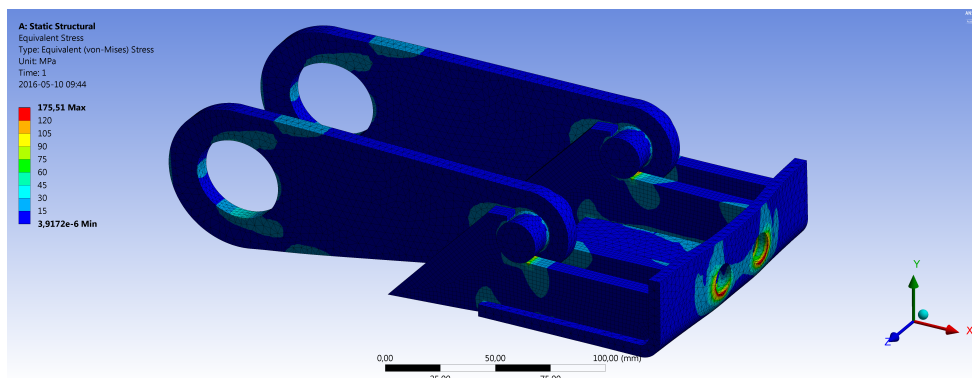


Figur 7.1, ekvivalent von mises stress lastbärande komponenter

Varje delkomponent väljs även att studeras var för sig.

### 7.2.2.1 Sprintarmar och krokarna

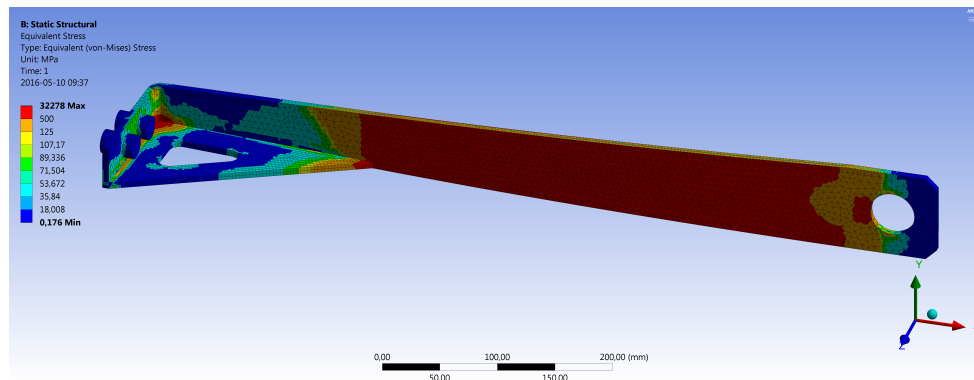
Resultaten från analysen av lastfallet med krokarna och sprintarmarna visar att de två komponenterna inte kommer att ha några problem med att tåla de laster som de utsätts för. Där det upplevs vara större problem i analysen är vid skruvförbandet mellan delkomponenten krokarna och plattjärnsförstyvningen. Eftersom det finns brist på utrymme för att få plats med M16 skruvar mellan krokarna i delkomponenten krokarna så bör det vara av intresse att istället gänga godset. Den generella riktlinjen på Marco AB är att vid gängning av hål för att montera skruvar så bör godstjockleken åtminstone vara 10-16mm tjockt för en M16 skruv. Av den anledningen så måste även delkomponenten krokarna omarbetas även om resultaten från Ansys Workbench 16.0 visar på att konstruktionen bör hålla. En annan aspekt som är viktigt att betänka är att i analysen i Ansys Workbench 16.0 så antas delarna vara bonded mellan kontaktytorna, vilket motsvarar att dess material har sammanfogats till en solid del. I verkligheten så kommer svetsarna att ha problem med att uppnå så pass bra svetsfogar. Av den anledningen så bör även delkomponenten krokarna omarbetas något.



Figur 7.2, ekvivalent von mises stress för lastfallet med krokarna och sprintarmarna

### 7.2.2.2 Plattjärnsförstyvningen

Resultaten från lastfallet med bara plattjärnsförstyvningen visar på att höga spänningar uppstår. Det kan argumenteras att något för höga spänningar kan vara tillåtna i några av regionerna. Det som då skulle ske är att de regionerna deformeras plastiskt vilket framförallt är negativt om det uppstår i svetsfogar, men då det sker över yttre ytan av det längre plattjärnet så kan det antas acceptabelt. Dock är spänningarnas storleksordning alldeles för höga för att kunna antas acceptabla. De något extrema spänningarna som uppkommer med 33000MPa beror på spänningskoncentrationer som vi kan bortse från.



Figur 7.3, ekvivalent von mises stress i lastfallet med bara plattjärnsförstyvningen

### 7.2.2.3 Slutsats

Från analysen framgår det tydligt att plattjärnsförstyvningen måste förstärkas för att klara av de höga lasterna. Eftersom det dessutom förekommer antaganden och förenklingar vid analysen som kan göra att analysen är för skonsam mot komponenterna så bör analysens resultat tydligt visa på att konstruktionen håller för att det ska antas säkert i verkligheten.

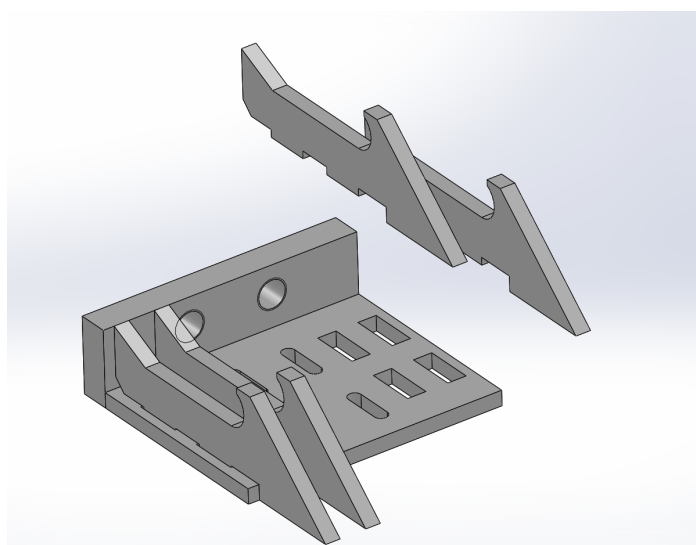
Även delkomponenten krokarna måste förstärkas och omarbetas något för att kunna anses vara driftsäker, dels för att följa de riktlinjer som Marco AB har med avseende på godstjocklek för att gänga hål till skruvförband.

## 7.3 Vidareoptimering

Den fortsatta optimeringen hade till avsikt att förbättra de delar av konstruktionen som visade sig inte klara av de kraven som ställdes på konstruktionen. Framförallt så framkom det från analysen i Ansys Workbench 16.0 att plattjärnsförstyvningen borde förstärkas och att krokarna också borde förstärkas i viss utsträckning. Ytterligare för samtliga komponenter som förenas med svetsfogar så infördes fasningar av kanter vid de ytor där delarna i varje komponent ligger an mot varandra.

### 7.3.1 Delkomponenten krokarna

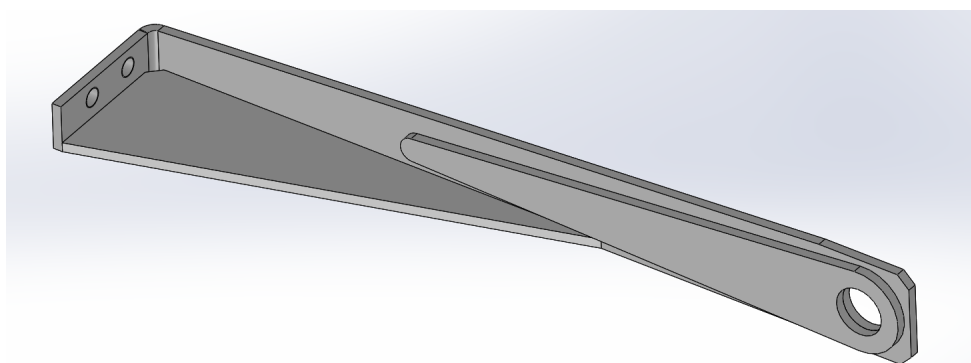
Den främsta anledningen till varför delkomponenten krokarna förstärktes berodde på skruvförbandet. Eftersom riktlinjerna på Marco AB är att godstjockleken på det gods som ska gängas åtminstone borde vara i samma storleksordning som skruvens diameter så behövde den sida av delkomponenten där godset är gängat förstärkas. Inledningsvis var det tänkt att skruvförbandet som förenar plattjärnsförstyvningen med krokarna skulle bestå av skruv med mutter. Problemet med att ha mutter eller skruvskalle placerad på den sida som är riktad mot krokarna i delkomponenten krokarna var att varken en mutter eller skruvskalle skulle få plats. Och om skruvskallen skulle få plats så skulle det vara mycket svårt att spänna skruvförbandet med skiftnyckel eller hylsnyckel på grund av brist av plats. Av den anledningen valdes det att övergå till att ha ett gängat gods. Eftersom godset av ovannämnd anledning behövde vara gängat så innebar det att den bockade bottenplattan av delkomponenten inte räckte med att vara 8mm tjock. Eftersom sidan av skruvförbandet som har de gängade hålen behövde vara tjockare i godstjocklek så fanns där ingen poäng i att ha den sidan bockad och förenad med bottenplattan. Bocken valdes därmed att ersättas med en 15mm tjock plattjärnsbit som svetsas till bottenplattan. Bottenplattan behölls som stansad i 8mm tjock plåt. Plattjärnsbiten kapas, borrar och gängas dessförinnan den svetsas till bottenplattan och krokarna.



Figur 7.4, delkomponent krokarna vidareutvecklade

### 7.3.2 Delkomponenten plattjärnsförstyvningen

Det stora problemet med plattjärnsförstyvningen är att den vill deformera sig i en s-liknande kurva för att stå emot de horisontella krafterna som uppkommer på grund av det osymmetriska förhållandet mellan var krafterna ligger an mot krokarna från sprintarmarna och var plattjärnsförstyvningen är infäst i fästsidan. Genom att öka godstjockleken av samtliga delar i delkomponenten till 8mm, förlänga fjäderstödet och införa en ytterligare förstärkning som är svetsad till den långa bockade biten så var målet att styva upp delkomponenten och därmed bättre ta hand om kraftflödet.



Figur 7.5, plattjärnsförstyvning förstärkt

Samtliga delar kan fortfarande stansas ur 8mm tjock plåt och den extra förstärkningen som införs kan även den stansas ur 8mm tjock plåt. Vilket är en fördel och bör inte öka på kostnaderna för sjunkspärren särskilt mycket då inga ytterligare moment under produktionen behöver läggas till eftersom både stansning och svetsning var nödvändiga även då förstärkningen inte var införd.

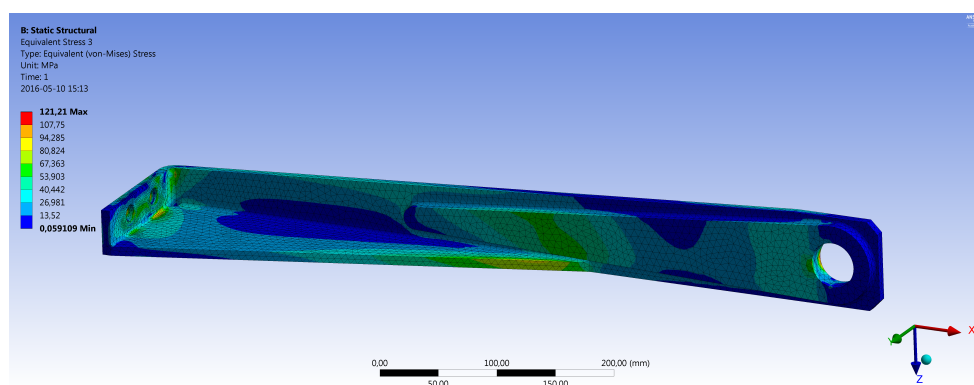
### 7.3.3 Hållfasthetsanalys av vidareoptimering med Ansys Workbench

Från den vidareoptimering av delkomponenterna plattjärnsförstyvningen och krokarna så gjordes en ytterligare analys för att försäkra att delkomponenterna är tillräckligt styva och klarar av maxlasten för lyftbordet.

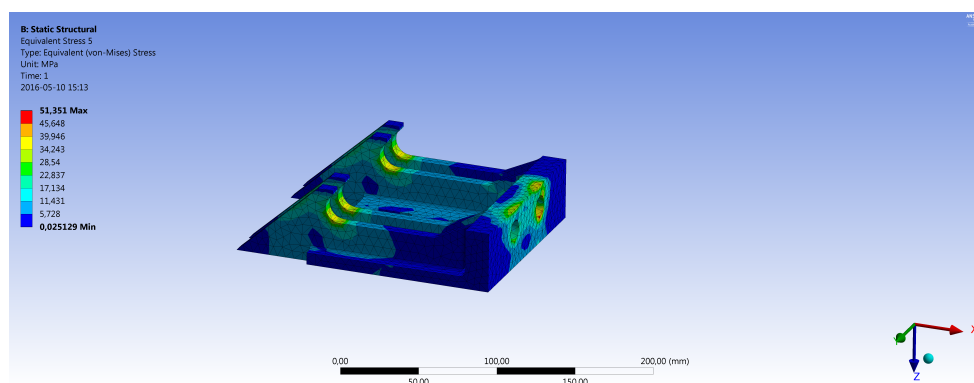
Vid konstruerandet av förstärkningar har många olika varianter av förstärkningar provats genom en iterativ process. De resultat som presenteras nedan är för den slutgiltiga lösningen som antogs uppfylla kraven för vad delkomponenterna ska klara av.

### 7.3.3.1 Resultat

Resultaten visar att relativt låga spänningar uppkommer jämfört med tidigare. Om även den maximala principiella spänningen undersöks så uppkommer den endast till 152MPa.



Figur 7.6, ekvivalent von-mises stress för plattjärnsförstyvning



Figur 7.7, ekvivalent von-mises stress för delkomponenten krokarna

För delkomponenten krokarna åskådliggörs resultat som visar på att vidareoptimeringen av delkomponenten har gett goda resultat med avseende på hållfasthet.

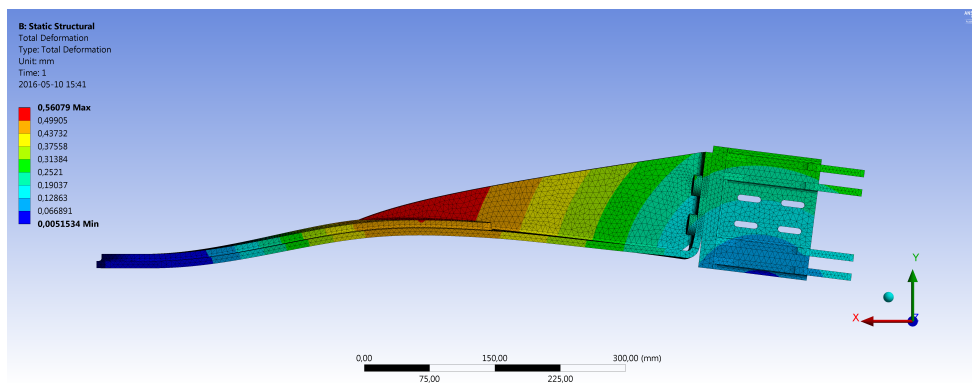
### 7.3.3.2 Slutsats

Från resultaten för analysen av de två vidareoptimerade komponenterna åskådliggörs det hur de båda uppfyller rimliga hållfasthetsnivåer för att kunna antas säkra.



Randvillkoret som förhindrar delkomponenten krokarna från att röra sig i sidled probeades i Ansys Workbench för att få fram i vilkens storleksordning krafterna på M6 skruvarna kan komma att uppgå till. Resultaten visar att krafterna utsatta på krokarna i sidled endast uppgår till cirka 1000N, vilket skulle motsvara lite mindre än 100kg.

En viktig aspekt som nämnts tidigare är att vid kraftpåläggning på krokarna så kommer de inre krokarna att ta upp desto större krafter eftersom alla komponenter kommer att deformeras något även om M6 skruvarna som är tänkta att ta upp krafterna medverkar. I figur 7.8, nedan illustreras hur komponenterna beter sig då lika stor kraft läggs på båda sidor av delkomponenten krokarnas krok, vilket inte är korrekt med verkligheten. Av den här anledningen var det även intressant att ta reda på om den inre sidan av krokarna skulle klara av att ta upp hela lastpåläggningen, de som syns i nedre delen i figur 7.8. Resultaten från den analysen visar på att så var fallet, det skulle rent teoretiskt räcka med att den ena sprintarmen endast hakar i de inre krokarna.



**Figur 7.8, uppskalad deformation för plattjärnsförstyvning med krokarna och skruvförband**

Ingen analys med avseende på utmattning och där med även livslängd har utförts. Anledningen beror främst på tidsbrist, men om en utmattningsanalys skulle utföras så bör det vara dels för skruvförbandet och för axlarna som utsätts för både drag och tryck vid belastning och avlastning.

### 7.3.4 Gasfjäder införande

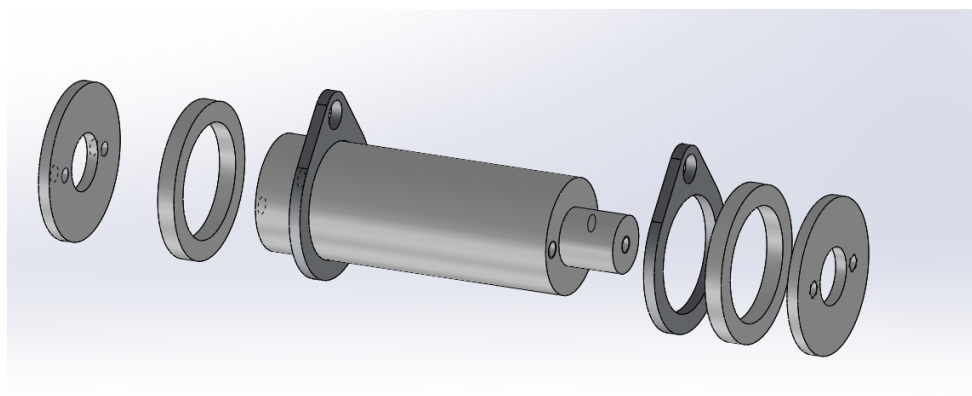
I konceptvalsdelen infördes gasfjädern som en lösning för att lyfta ur sprintarmarna ur krokarna vid drift av sjunkspärren. Det nämndes däremot aldrig vilken sorts gasfjäder som skulle användas, hur stor den skulle vara eller vilken sorts kraft den behövde trycka med. Vilket istället tas upp i det här stycket.

Utformningen av gasfjäderstöden och den 4mm tjocka plåten som är punktsvetsad till sprintarmarna var under konceptvalet vald till en generell utformning som inte krockade med några andra komponenter i lyftbordet eller sjunkspärren. För att kunna utforma dem desto mer detaljerat så krävdes det att valet av gasfjäder var gjort. Vid valet av gasfjäder så var det främsta problemet att lyckas få tag i en gasfjäder som hade ett inbyggnadsmått som var ungefär 90-110mm med en slaglängd på 10-30mm och som hade en leveranstid på inte mer än en månad.

Att hitta en gasfjäder som uppfyllde nödvändig IP-klassning var även det ett problem. Efter en lång process med telefonsamtal till olika leverantörer så blev slutsatsen att en gasfjäder som passar in geometriskt skulle kunna köpas in för att testa prototypen men som inte skulle kunna användas i den slutliga produkten om Marco AB valde att införa sjunkspärren som ett tillbehör till sina lyftbord.

Gasfjädern som valdes att användas till prototypen av konceptet var en gasfjäder levererad från Sodemann. Beteckningen för gasfjädern var BE-6-20-200, vilken har svetsade öglor, en slaglängd på 20mm, kolvstångsdiameter på 6mm och kraft på 200N. [4;5]

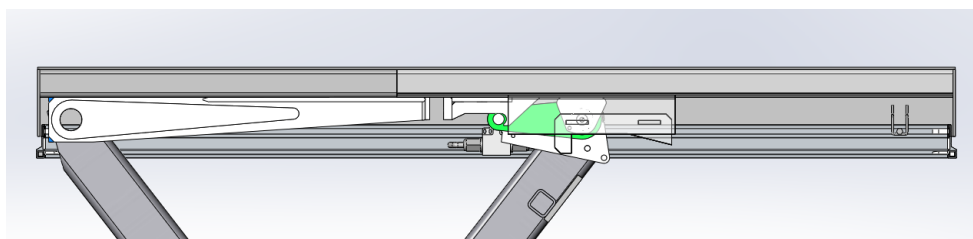
Axeln som sprintarmarna och gasfjäderupphängningen roterar kring har modifierats för att komponenterna ska ta mindre plats. Se figur 7.9 nedan.



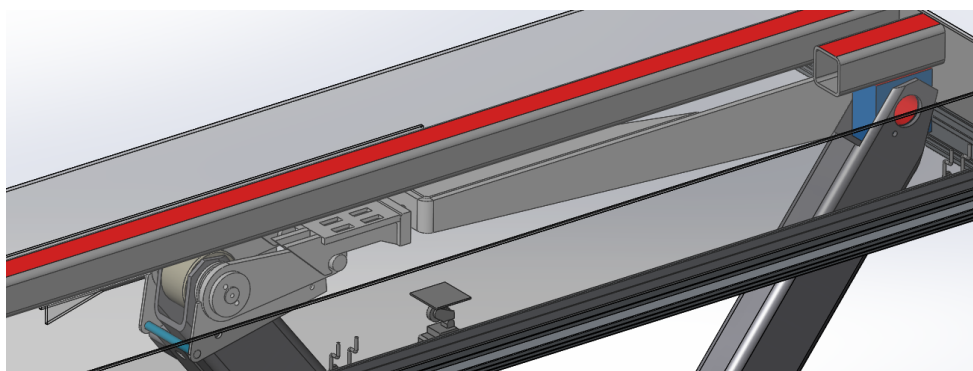
Figur 7.9, axel för hjulsidan av lyftbordet

### 7.3.5 Anpassning till montering i ovanplan

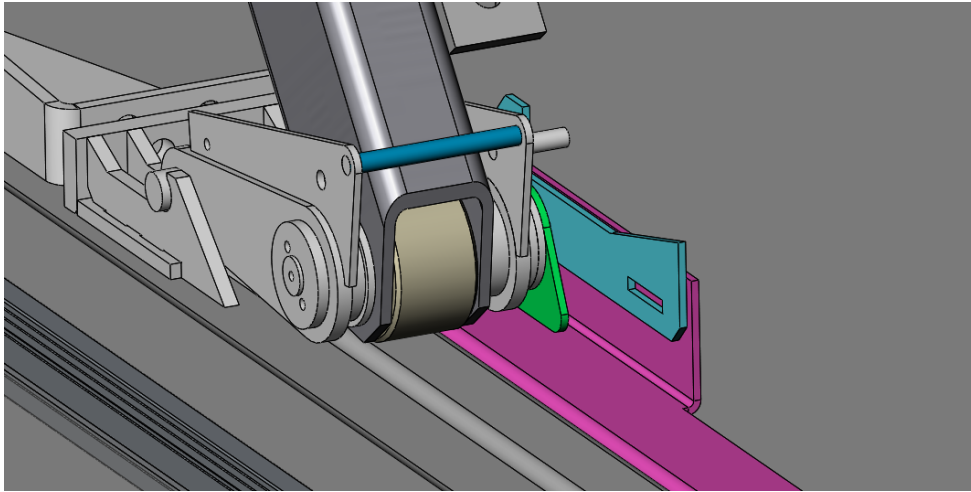
Eftersom det vidareutvecklade konceptet till viss del har vidareutvecklats med avseende på att även kunna få plats på undersidan av ovanplanet så var där inte större modifikationer som var tvungna att utföras för att den skulle få plats. En stödplåt skapades som sprintarmarna glider mot för att vara i samma höjd som delkomponent krokarna. Eftersom sjunkspärren sitter monterad på undersidan av en löpbalk i ovanplanet så finns ingen yta på samma sätt bredvid sjunkspärren som det gör vid montering i bottenramen. Av den anledningen har stödplåten skapats. I figur 7.10 till 7.13 nedan illustreras hur det ser ut när sjunkspärren är monterad på undersidan av ovanplanet. 4mm tjocka plåtbiten som sitter svetsad till varje sprintarm har också modifierats för att få plats på undersidan av ovanplanet, vilket illustreras i figur 7.13 nedan.



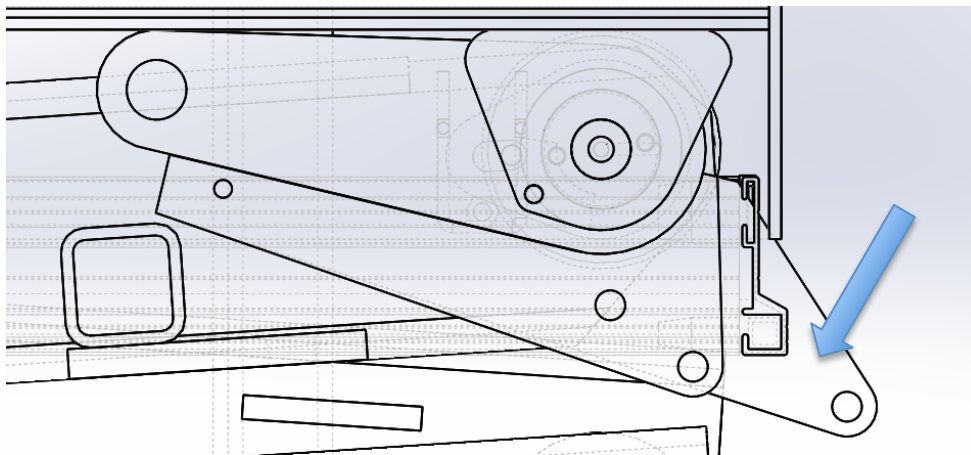
Figur 7.10, sjunkspärren monterad till undersidan av ovanplanet



Figur 7.11, sjunkspärren monterad till undersidan av ovanplanet



**Figur 7.12, stödplåt illustrerad i rosa som låter sprintarmarna glida så att de hittar delkomponent krokarnas uppförsbacke och för att montera fast styrskenan.**



**Figur 7.13, illustration av hur 4mm plåten som sitter svetsad till sprintarmarna är förminskad för att få plats vid montering av sjunkspärren i ovanplanet. Storleken för plåten illustreras också i figuren och är den som blå pil i figur pekar på som går utanför ovanplanet.**

## 8 Tillverkande och test av prototyp

*I kapitlet om tillverkande av prototyp så illustreras processen för hur prototypen tillverkas i företagets produktion och testresultaten presenteras och utvärderas.*

### 8.1 Tillverkning av prototyp

Tillverkningen av prototypen inleddes med att ritningar skapades för samtliga komponenter, både på komponentnivå och assembleringsnivå. För de komponenter som skulle stansas skapades även DXF-filer som var refererade till i ritningarna för respektive komponent. Assembleringsritningarna innehöll till viss del även svetsbeteckningar för hur delkomponenterna skulle svetsas samman. Ritningarna skapades endast för skapandet av prototyperna och följde därför inte ritningsstandarder, detsamma gällde även för assembleringsritningarna.

En ordermapp skapades med ett unikt ordernummer, från ordermappen blev det då möjligt för samtliga avdelningar på Marco AB att nå produktionsunderlagen för ordern. Därefter skickades en tillverkningsorder ut som startade arbetet på de olika avdelningarna.

Eftersom studenten arbetat som konstruktör på Marco AB tidigare och därmed har erfarenhet av att arbeta med orderkonstruktion, så lyckades tillverkningsprocessen avslutas utan problem. Inledningsvis tillverkades ett exemplar av prototypen som provade att monteras i bottenramen för ett lyftbord av standardmodell 860180, vilket gjordes utan problem. Därefter gjordes en tillverkningsorder på ytterligare 3st prototyper varav 2st var spegelvända för montering på motstående sida i bottenram och ovanplan.

Implementerandet av gränslägen som försäkrar säker drift vid användning av lyftbordet beskrevs tidigare i avsnitt 6.3.2. Hur de här gränslägena skulle monteras in i sjunkspärren var då ännu inte fastställt men ansågs inte vara något större bekymmer. Nedan i figur 8.1 och 8.2 illustreras hur gränslägena är tänkta att sitta monterade till sjunkspärren och saxarmen.



**Figur 8.1, mellangränsläge monterats till bottenramen för att känna av aktiveringsläget**



**Figur 8.2, övre gränsläge monterat till saxarmen för att känna av när sprintarmar är uppfällda.**

## 8.2 Test av prototyp

En testsekvens innebar att lyftbordet lastades med maxlast och kördes därefter upp till lyfthöjden som sjunkspärrarna var inställda på, ca 3300mm. Sjunkspärrarna aktiverades och oljetrycket i hydraulcylindrarna släpptes av för att låta sjunkspärrarna ta upp den fulla lasten. Därefter mättes höjden från bottenram upp till ovanplanet och antecknades i ett testprotokoll följt av att lyftbordet sänktes ner och maxlasten lyftes av. Därefter utfördes en likadan sekvens men utan maxlasten lastad på ovanplanet. Därefter kunde skillnaden i deformation i höjdlid räknas ut med respektive utan maxlast.

Tre olika sorters lastsekvenser utfördes, en med endast sjunkspärrar i bottenram aktiverade, en med endast sjunkspärrar i ovanplan aktiverade och slutligen en med sjunkspärrar aktiverade både i bottenram och ovanplan samtidigt.

### 8.2.1 Resultat från test



Figur 8.3, förklaring av vilket hörn som benämns med vilken bokstav

Tabell 8.1, Deformationsskillnad i höjdlid vid mätt i de fyra olika hörnen av ovanplanet i förhållande till bottenram. Där B symboliserar vänster fästsida och bokstäverna följer A, E och F motsols.

	<i>Spärr i ovanplan</i>		<i>Spärr i bottenram</i>		<i>Spärr i bottenram och ovanplan</i>	
<i>Utan last</i>	F=3819	E=3818	F=3818	E=3819	F=3827	E=3827
	B=3820	A=3823	B=3821	A=3822	B=3826	A=3832
<i>Med last (1000kg)</i>	F=3787	E=3789	F=3790	E=3792	F=3816	E=3817
	B=3795	A=3801	B=3800	A=3802	B=3819	A=3824
<i>Skillnad</i>	<b>F=32</b>	<b>E=29</b>	<b>F=28</b>	<b>E=27</b>	<b>F=11</b>	<b>E=10</b>
	<b>B=25</b>	<b>A=22</b>	<b>B=21</b>	<b>A=20</b>	<b>B=7</b>	<b>A=8</b>

Resultaten från testet visar på att deformationerna i höjdlid vid jämförelse med och utan last är som lägst när sjunkspärrar är aktiverade i både ovanplan och bottenram. Så låga deformationer som ungefär 9mm i genomsnitt.

### 8.2.2 Diskussion om test

Testen som utfördes visade på resultat som gick i linje med hur deformationsskillnaden blev vid förstudieanalysen vilket absolut är goda besked. Dock måste det betonas att testerna borde återupprepas flera gånger om för att antas vara konsekventa. Testen visar tydligt att om så låga deformationer som möjligt i vertikalled ska uppnås så är det en spärr för hjulsida både i ovanplan och i bottenram som krävs.





## 9 Vidareutveckling och slutsats

*Trots att prototypen vidareutvecklats och arbetats om under produktutvecklingsprocessens gång så fanns där vid projektets slut en stor mängd justeringar och förändringar som skulle vara aktuella för att kunna presentera prototypen som en komplett produkt för företagets kunder. I det här kapitlet belyses de vidareutvecklingar som skulle vara intressanta att utföra för att sjunkspärren skulle kunna bli en färdig produkt.*

### 9.1 Vidareutveckling med avseende på anpassning till andra standardmodeller av lyftbord

Det främsta problemet med prototypen som tagits fram i projektet är att den endast fungerar i sitt nuvarande utförande för trippelsaxar när den ska monteras både på undersida ovanplan och i bottenramen för ett lyftbord. Prototypens geometriska utförande får plats på undersidan av ovanplanen för de flesta lyftbordsmodellerna. Men dessvärre så får den inte plats vid montering i bottenramen för enkel och dubbelsaxar. I figur 9.1 illustreras ett lyftbord med dubbelsax som saxpaket. Anledningen beror på att traversbalken som ger stöd åt hydraulcylindrarnas bottendel sitter belägen för lågt ner på nedre saxarm hjulsida i enkel- och dubbelsaxar. Därmed får inte den inre sprintarmen plats nog till att rotera.



**Figur 9.1, dubbelsax av standardmodell 860123 med traversen placerad i vägen för en sprintarm.**

Att det här problemet upptäcktes så pass sent i projektet är något bekymrande eftersom den stora vinningen i att ha låsning för hjulsidorna både i ovanplan och i bottenramen var att deformationerna i vertikalled blev låga vid av- och pålastning.

Den alternativa lösningen för problemet är att plocka bort den inre sprintarmen, bygga om delkomponent krokarna och förstärka den yttre sprintarmen. En lösning som absolut känns möjlig att vidareutveckla. Eftersom den inre sprintarmen endast var slav till den yttre så påverkas inte styrningsmekanismen vid bortfallet av den inre sprintarmen. Dock så måste plattjärnförstyvningen förstärkas avsevärt.

En ytterligare vidareutveckling som vore intressant att utforska vore att ersätta de 4st M6 skruvarna som fixerar delkomponent krokarnas placering i förhållande till bottenramen. Skruvarna skulle ersättas med en skruv som gick från ramkanten i bottenramen till ett gängat öra fastsvetsat i delkomponent krokarna. På så sätt skulle placeringen av krokarna kunna finjusteras enklare och med bättre toleranser. Eftersom krafterna som måste tas upp av de 4st M6 skruvarna var marginellt liten så vore en last som drar i ramkanten med 1000N försumbar. En vidareutveckling som vore intressant att införa även på det utvecklade konceptet som testades.

Utöver de ovannämnda vidareutvecklingsmöjligheterna så finns det måttjusteringar som skulle kunna utföras för att göra sjunkspärren så kompakt som möjlig. Geometrin skulle bibehålla sin form men vissa delar skulle kunna göras mindre och andra större.

Eftersom den existerande mellangränsläges-ellådan finns sats-packad på Marco AB och används relativt frekvent så är den en praktisk lösning som är felsäker. En specialbyggd låda som är desto mer användarvänlig skulle kunna tillverkas men konceptet skulle då komma att kosta mer.

## 9.2 Slutsats och diskussion

Projektet var från start inriktat på att utveckla en sjunkspärr som skulle ersätta den befintliga sjunkspärren som tillverkas men som inte skulle kräva ett schakt såsom shotbolts gör. Efterhand som den inledande fasen av projektet fortskred så framkom möjligheten till att lösa problematiken med på- och avrullning av tungt lastade handtruckar också. (Prototypen som skapades kunde både uppfylla standarden och lösa problematiken med av- och pålastning med handtruck.) Dessvärre var prototypen som skapades endast anpassad för trippelsaxar och optimerad för att klara av maxlasten 1000kg vid lyfthöjden 3300mm för lyftbordet. Prototypen klarar av kraven som ställts på den, men en vidareutveckling som gör den möjlig att använda till fler sorters modeller av lyftbord och lägre lyfthöjder är minst sagt intressant att utforska. En stor vinning i den prototyp som tagits fram är att den är förhållandevis billig. Enligt tabell 9.1 nedan illustreras vad de totala kostnaderna blir för tillverkningen av 1st eller 4st sjunkspärrar. Där 4st innebär att samtliga hjulsidor låses i ett lyftbord.

**Tabell 9.1, kostnader för tillverkningen av ett komplett kit av 4st sjunkspärrar för ett lyftbord. Tider för tillverkningskostnader har antagits vid produktion av 10-20st per batch åt gången.**

	<i>Kostnad för 1st</i>	<i>Kostnad för 4st</i>
<i>Råmaterial</i>	189	756
<i>Gasfjäder styckpris vid inköp av 50st</i>	104,05	418
<i>Tillverkningskostnader plåt 290kr/h</i>	$290 * 0,5 = 145$	580
<i>Tillverkningskostnader svets 290kr/h</i>	$290 * 1 = 290$	1 160
<i>Tillverkningskostnader svarv &amp; kap 290kr/h</i>	$290 * 1,6 = 465,6$	1 862,4
<i>Tillverkningskostnader montering 290kr/h</i>	$290 * 1 = 290$	1 160
<b><i>Totala kostnader</i></b>	<b>1 484,10 kr</b>	<b>5 936,40 kr</b>

Som illustrerat i tabell 9.1 ovan så är kostnaderna för sjunkspärren relativt låga. Vilket är den stora framgången för projektet, att en prototyp varit möjlig att ta fram som är driftsäker och billig. Se Appendix F.

Utifrån resultaten från testet av sjunkspärren och när kostnaderna summerats så är det möjligt att sammanfatta projektet som lyckat. Den utvecklade sjunkspärren jämförd med den befintliga lösningen är billigare, flexiblare vid implementering i kundorder, möjlig att standardisera i större utsträckning och kräver inga svetsoperationer i saxpaket för montering. Att inte behöva svetsa något extra i saxpaket är en stor fördel då en lagersax kan användas direkt från lagret, vilket gör tillbehöret billigare och enklare att implementera. Den befintliga sjunkspärren som finns kräver att samtliga delar i lyftbordet tillverkas enligt special, vilket är dyrare.

För att göra konceptet till en färdig produkt krävs en del ytterligare arbete. Gasfjädern som ska användas i den slutliga produkten måste uppfylla krävd IP-klassning. Styrningen för gasfjädern som glider mot ovansidan av bottenramen måste vidareutvecklas så att smuts som hamnar i bottenramen inte riskerar att förstöra styrningen.

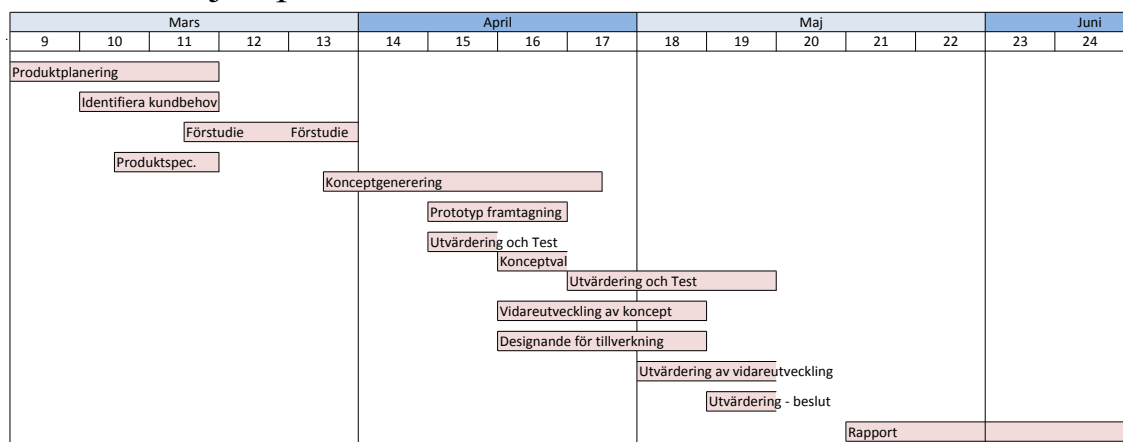
Om det finns någon vidareutveckling som vore intressant att utforska inför skapandet av en färdig produkt så vore det att ta bort den inre sprintarmen och ersätta den yttre med en styvare. Vidareutveckla krokarna och förstyva plattjärnsförstyvningen. De främsta fördelarna med en sådan vidareutveckling av konceptet vore att då skulle konceptet få plats att monteras i majoriteten av de sorters lyftbord som Marco AB säljer.

# Referenslista

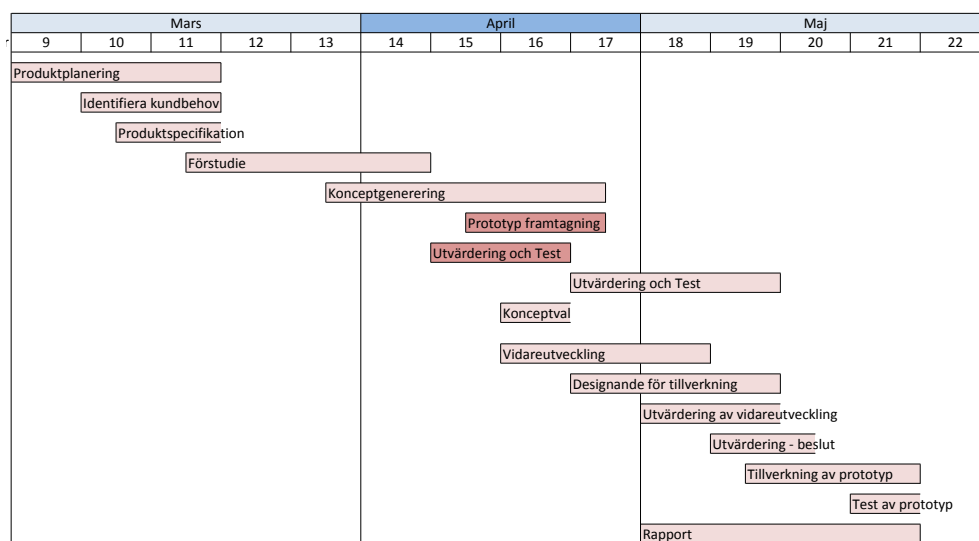
- [1] Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2012). *Product Design and Development* (5. uppl.). London, Storbritannien: McGraw-Hill.
- [2] Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2014). *Produktutveckling – Konstruktion och design* (S. Bengtsson, övers.). Lund, Sverige: Studentlitteratur.
- [3] SIS, Swedish Standard Institute. Björkander S. (2014). *Svensk Standard SS-EN 1570-1:2011+A1:2014*. Stockholm, Sverige: Swedish Standard Institute.
- [4] Gasfjäder beteckning "BE-6-20-200" hämtad 27 juni 2016  
<http://www.fjadrar.se/online-butik/gasfjaedrar/svejste-oejer/be6>
- [5] Gasfjäder datablad, beteckning "BE-6-20-200" hämtad 27 juni 2016  
<http://www.fjadrar.se/online-butik/teknisk-information/gasfjaedrar-svetsade-oglar>

# Appendix A Tidsplan

## A.1 Projektplan och faktiskt utfall



Figur A.1.1, den tidsplan som sattes upp i början av projektet.



Figur A.1.2, utfallet för tidsplanen för projektet. "Prototyp framtagning" och det första planerade "utvärdering och test" utfördes aldrig istället innefattades båda delmoment i vidareutvecklingen.

## A.2 Förklaring till utfall

Den planerade tidsplanen åskådliggörs i figur A.1.1 och det verkliga utfallet i figur A.1.2 i avsnitt A.1.

Förstudien tog en vecka längre än beräknat på grund av licensproblem med beräkningsprogrammet Ansys Workbench 16.0.

”Prototypframtagning” och det första delmomentet ”utvärdering och test” utfördes aldrig, istället innefattades båda moment i ”vidareutveckling”.

Efterhand som projektet fortskred relativt väl enligt plan och då möjlighet för tillverkning av prototyp blev aktuellt så infördes ”tillverkning av prototyp” och ”test av prototyp”.

Planerat avslut för projektet tidigare lades för att möjliggöra presentation av projektet innan sommaruppehållet.

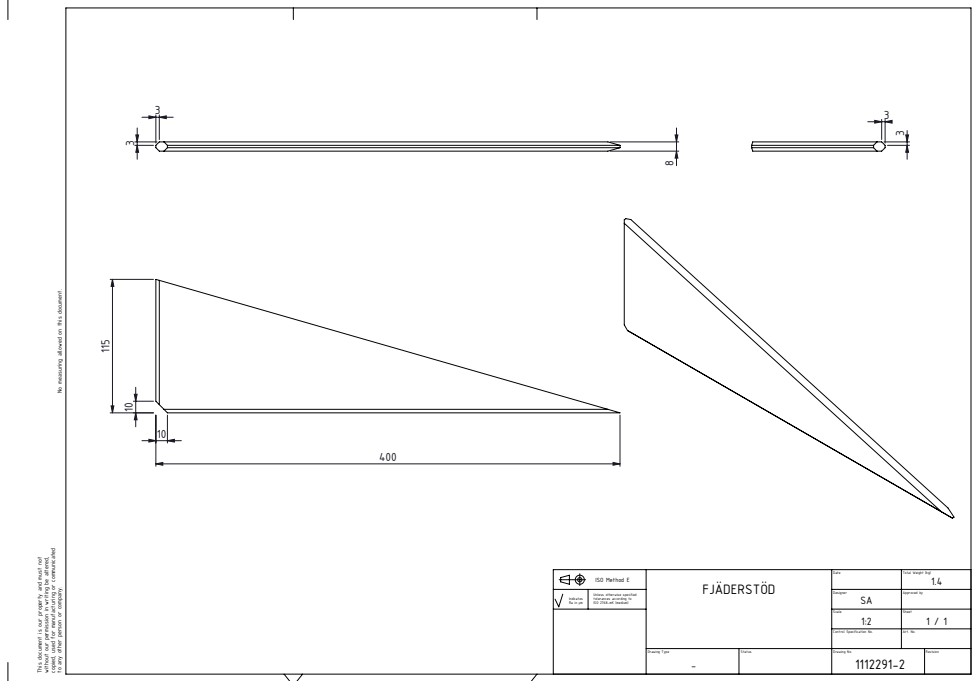
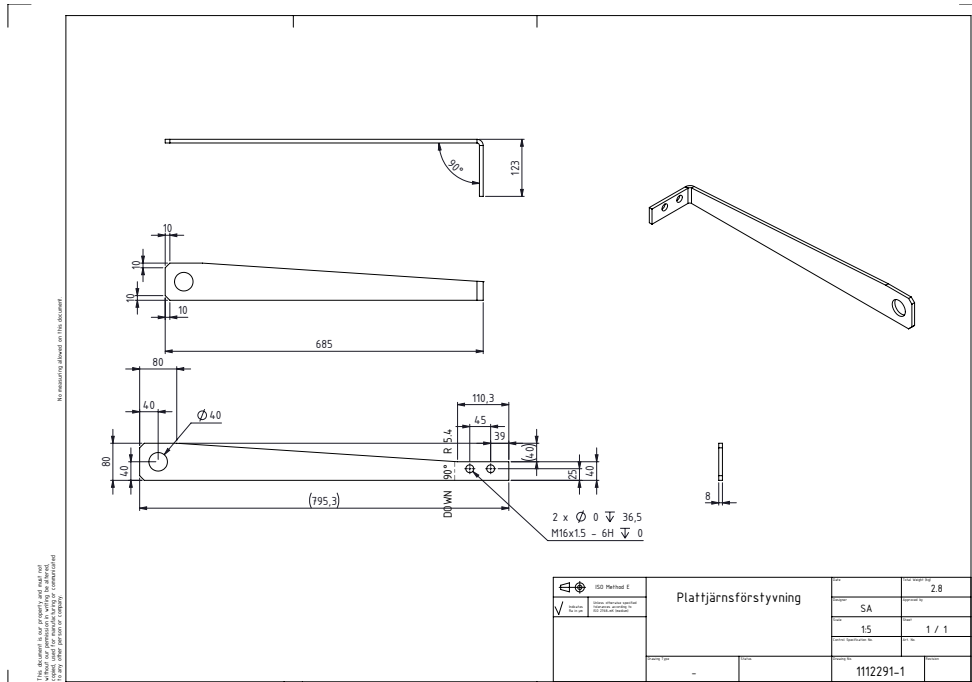
# Appendix B Ritningar

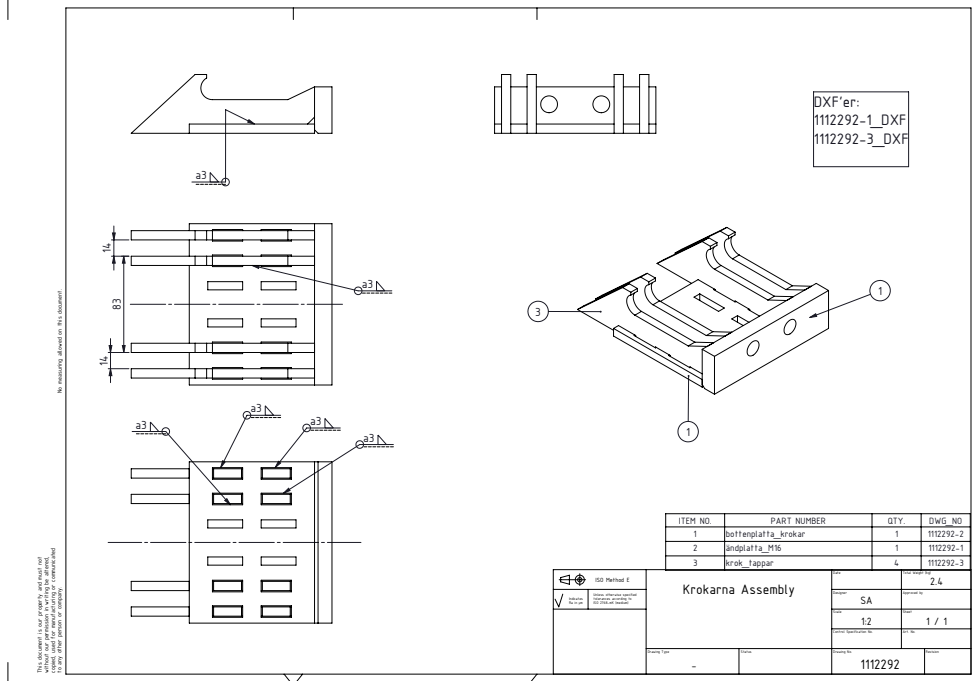
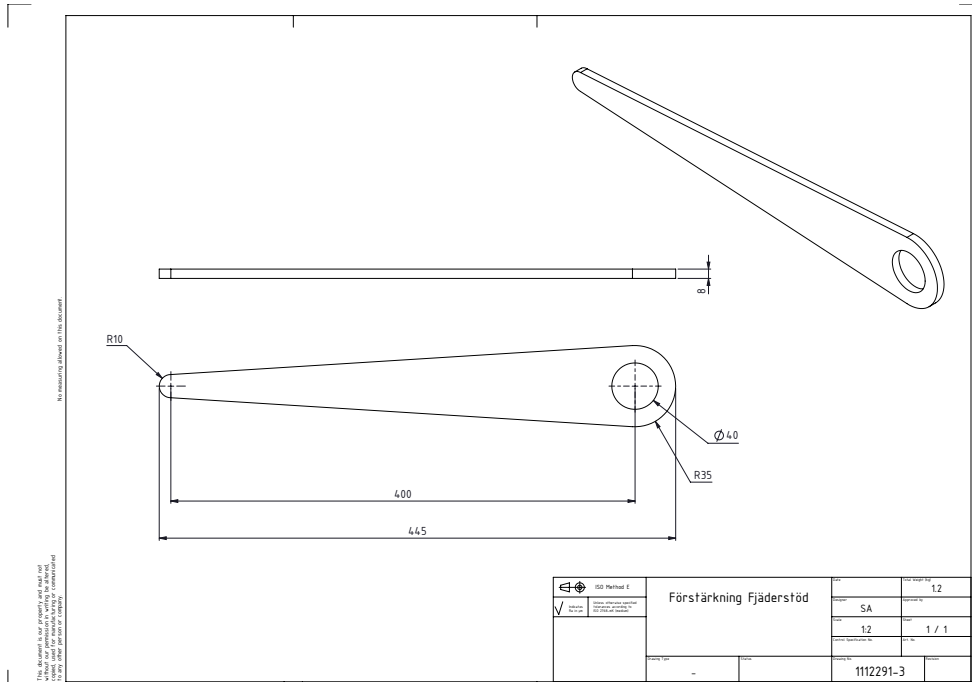
Ritningar som gjorts för tillverkningen av prototyp är en måttsatta enligt någon ritningsstandard. De delar som stansats har fullständig information bifogat till DXF-filer och svetsritningar har ej haft svetsbeteckningar då de montageanpassats vid svetsning.

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.	DWG. NO.
1	Hjädersfod	1	1112291-2
2	Plattjärnsförtjuning_1	1	1112291-1
3	Förslutnings_bli	1	1112291-3

<input checked="" type="checkbox"/> ISO Method E <small>Standard for ISO Method E</small>		<small>SA</small>	
<small>14</small>		<small>1 / 1</small>	
<small>1112291</small>		<small>Plattjärnsförstärkning Assembly</small>	





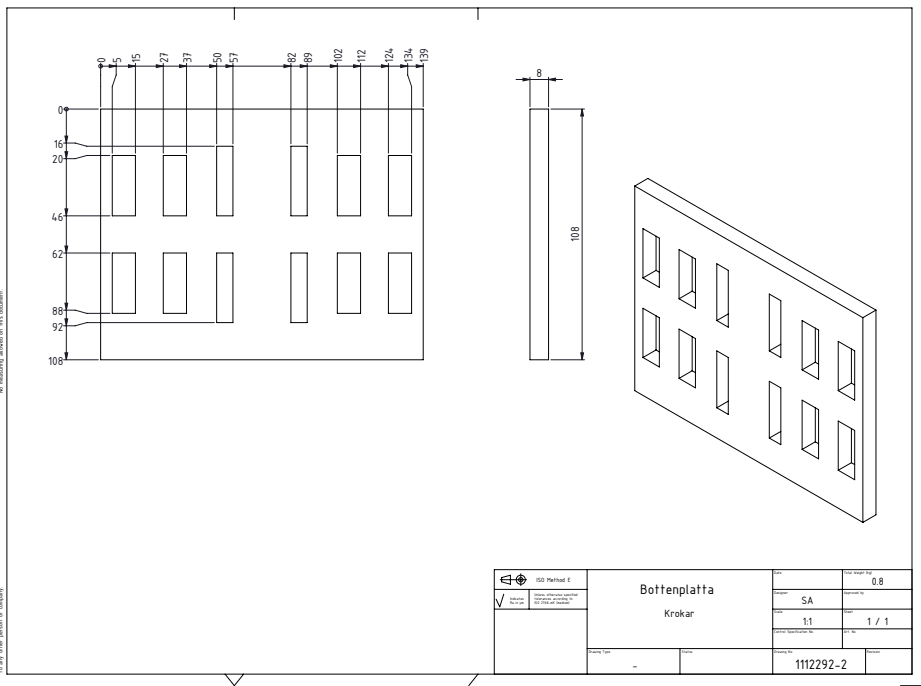
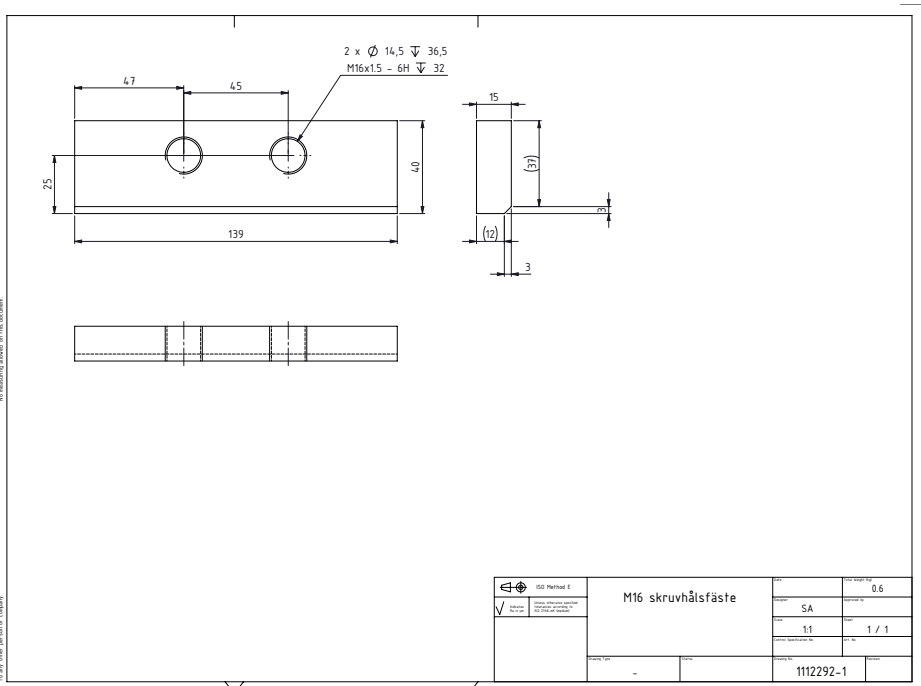


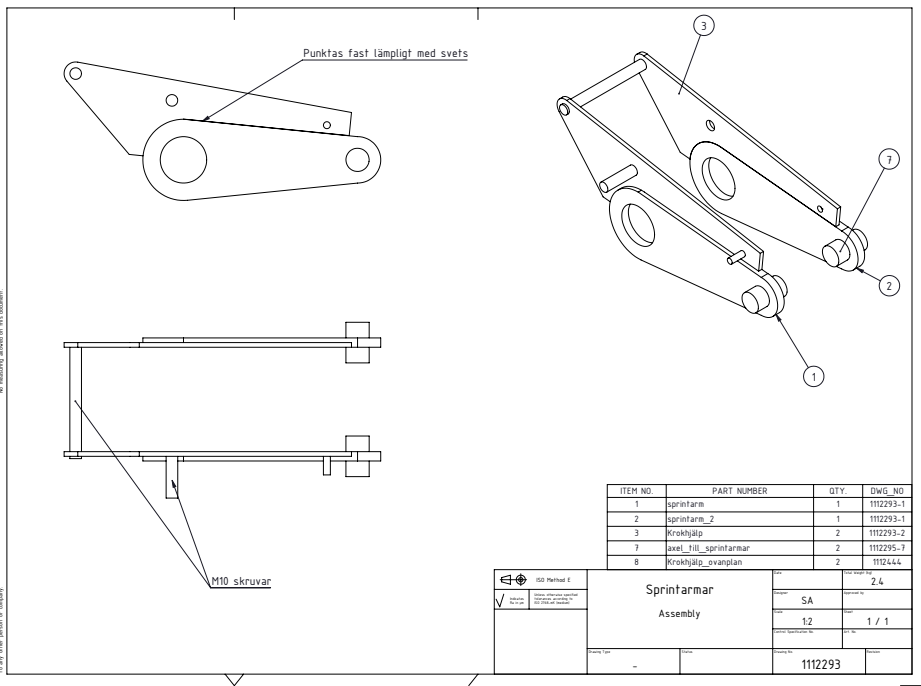
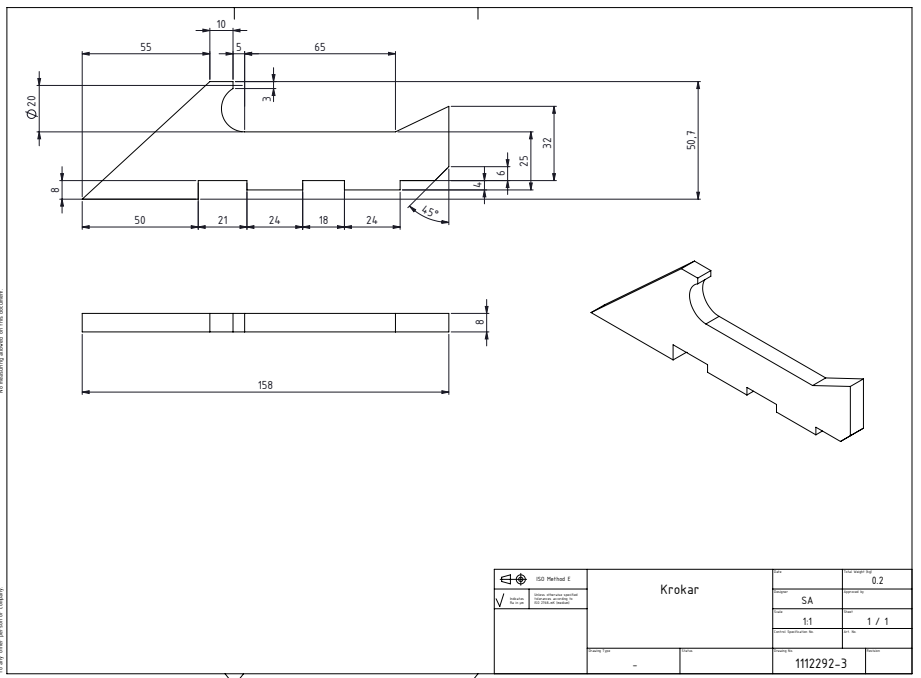
No warranty is given on this document.

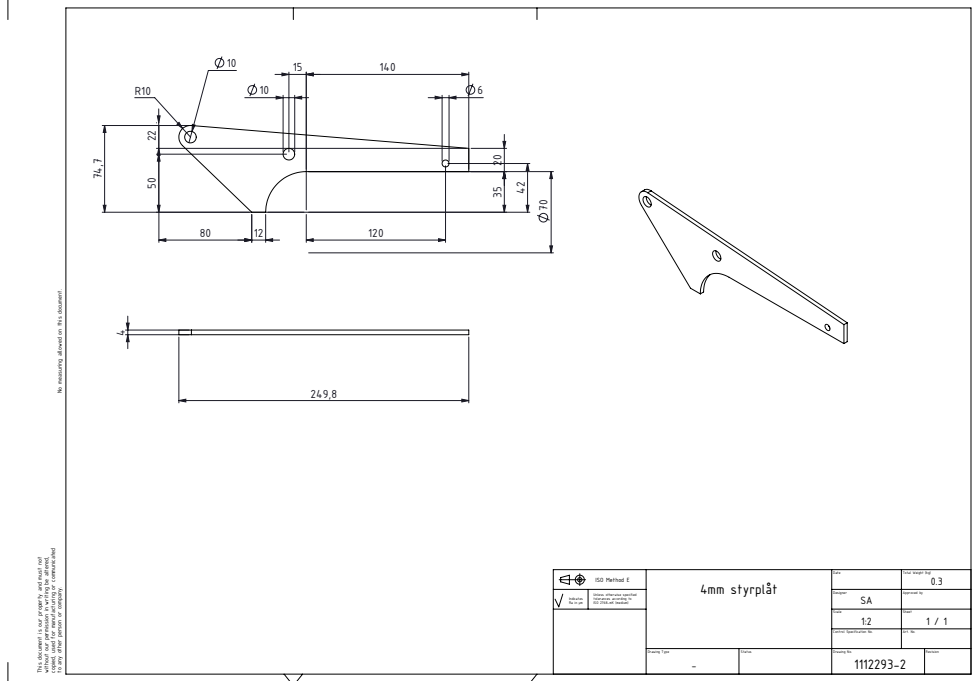
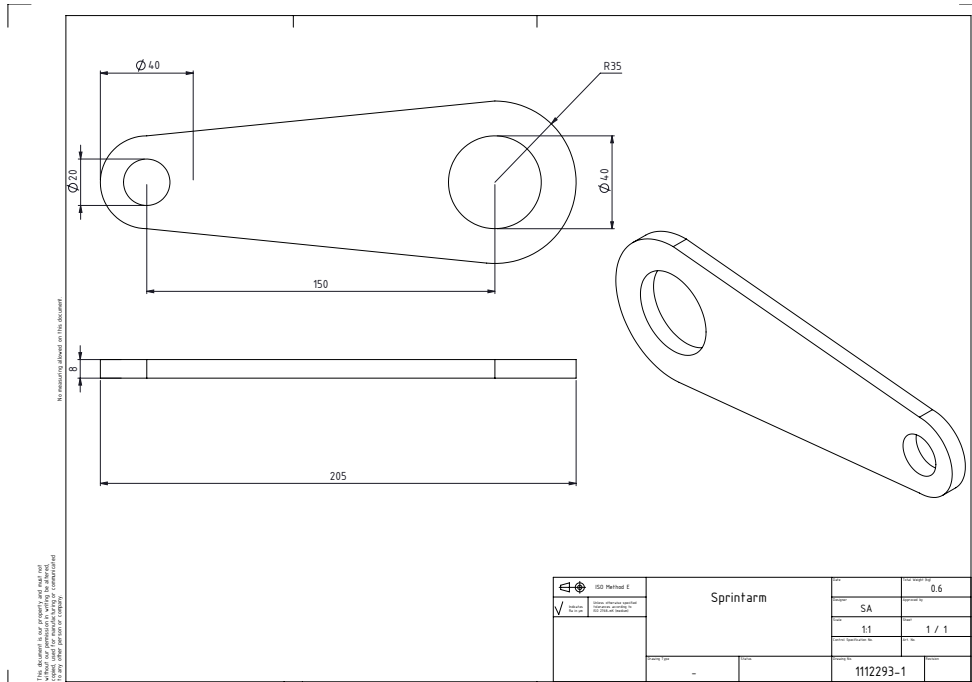
This document is for information only. It is not intended for use as a technical specification. It is not intended for use as a technical specification. It is not intended for use as a technical specification.

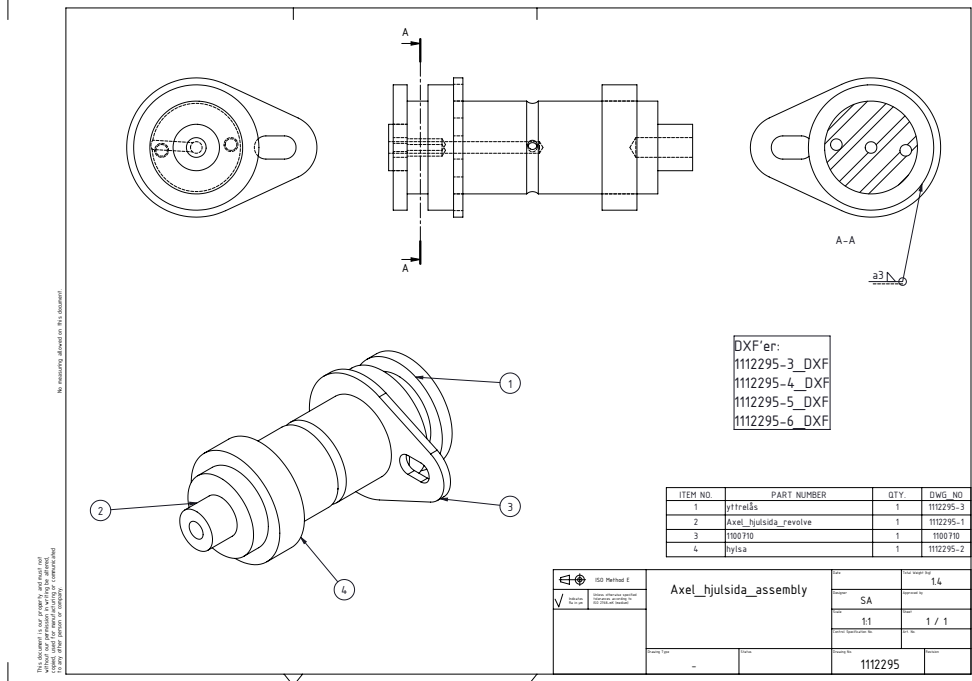
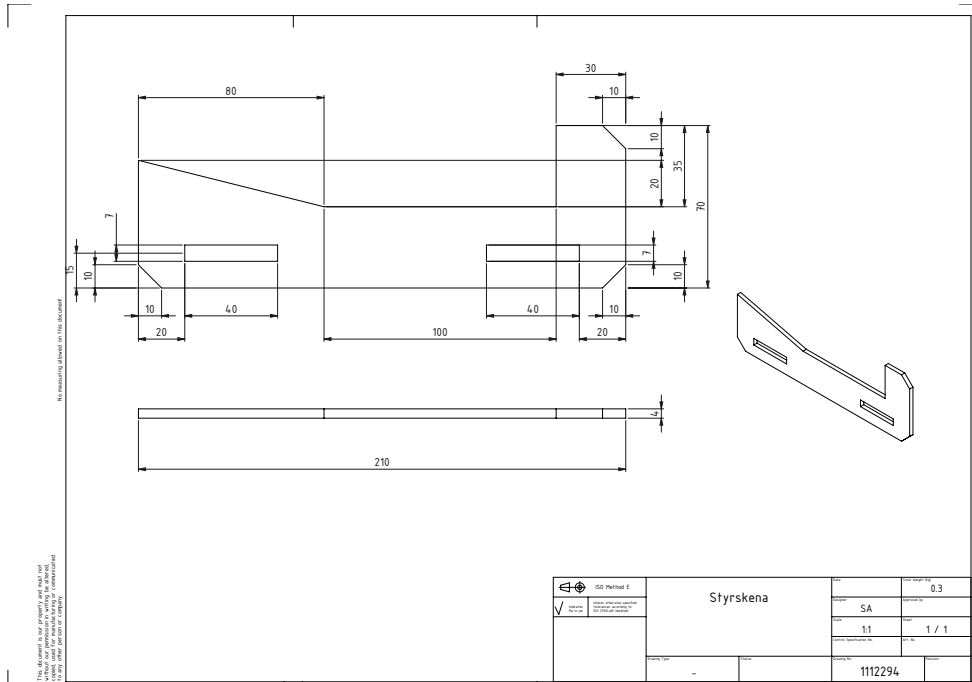
No warranty is given on this document.

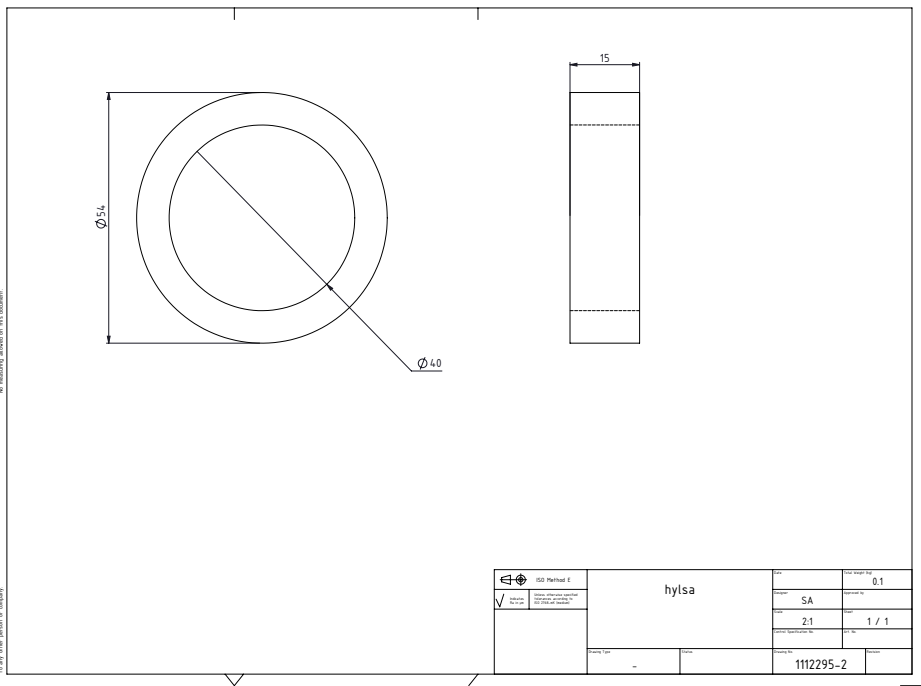
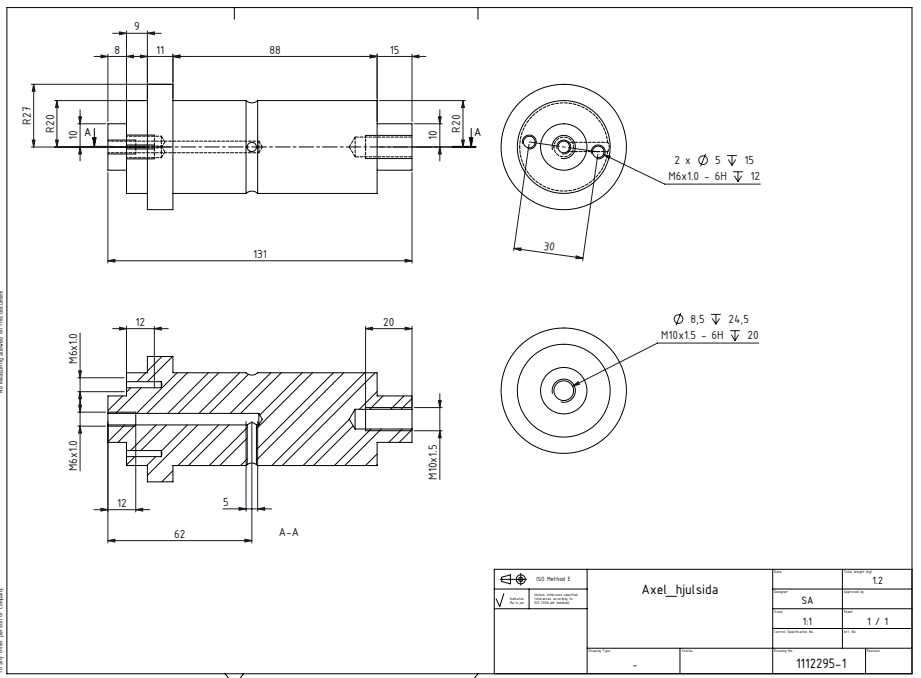
This document is for information only. It is not intended for use as a technical specification. It is not intended for use as a technical specification. It is not intended for use as a technical specification.

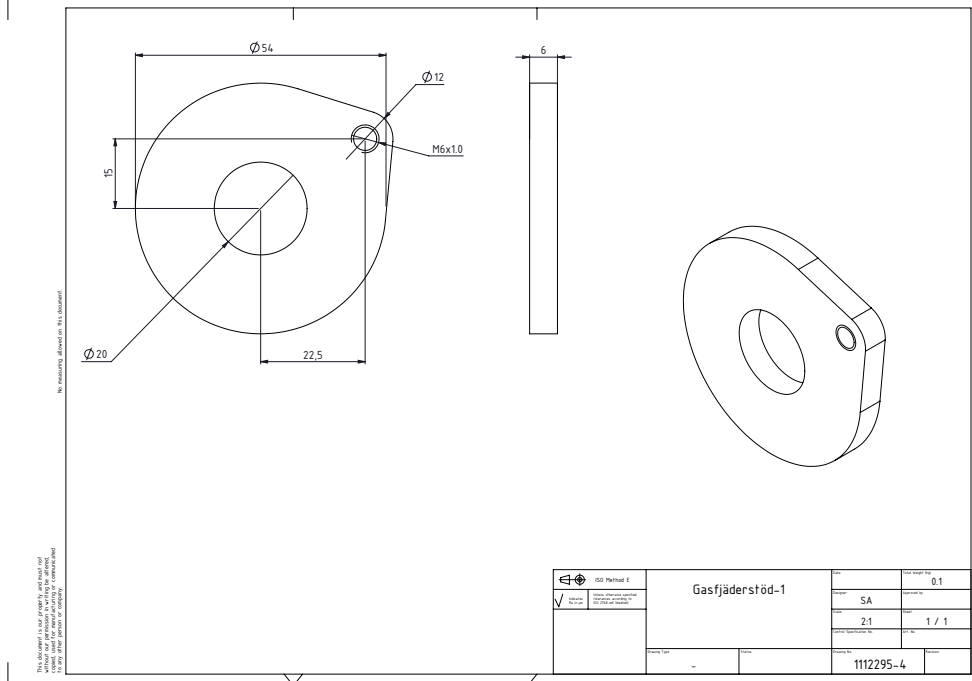
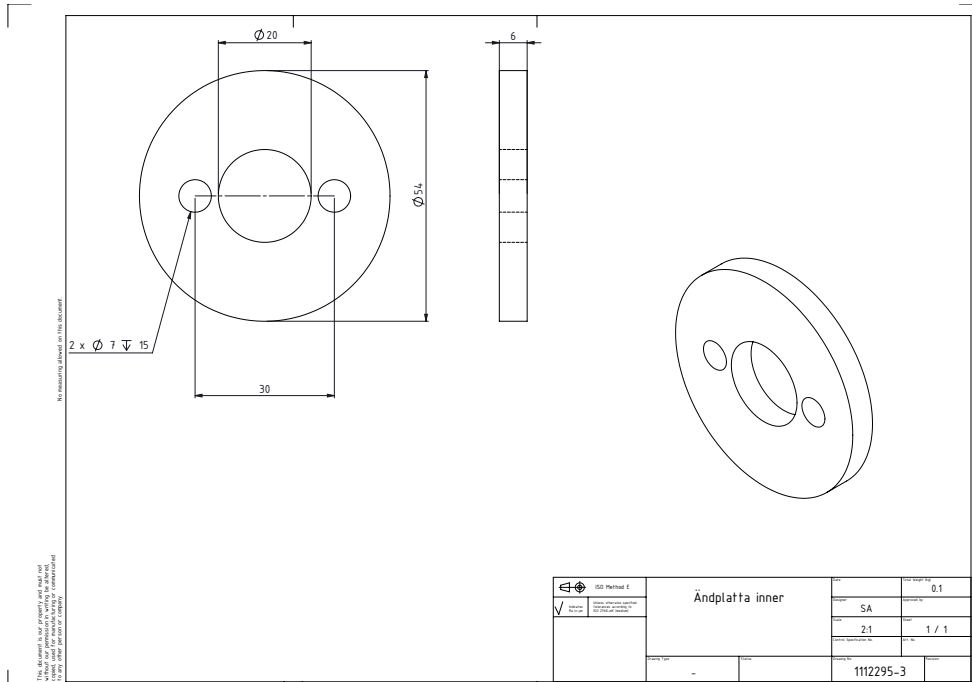




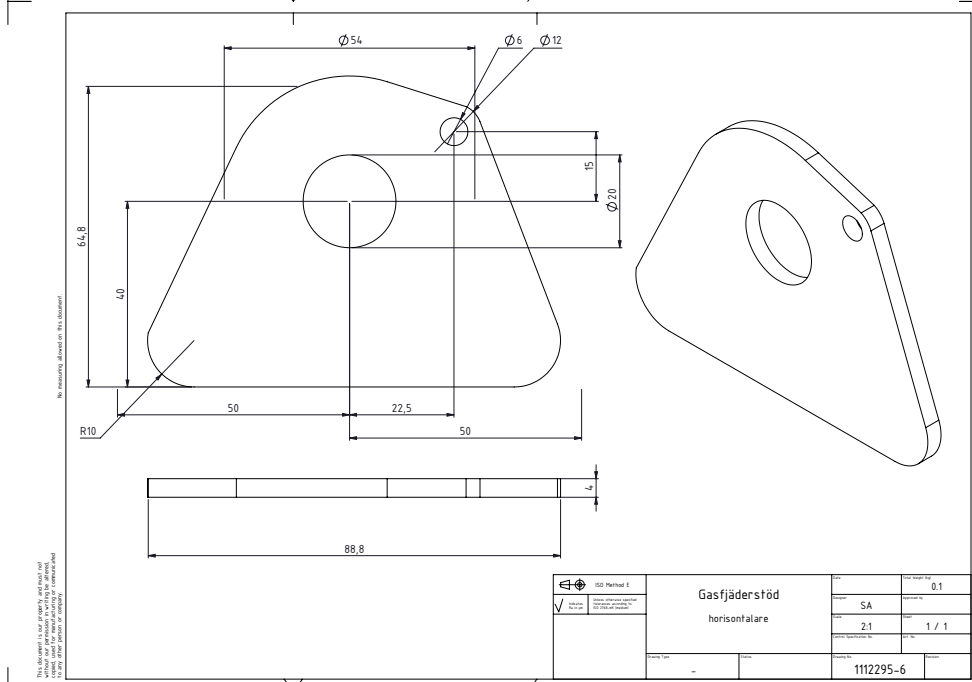
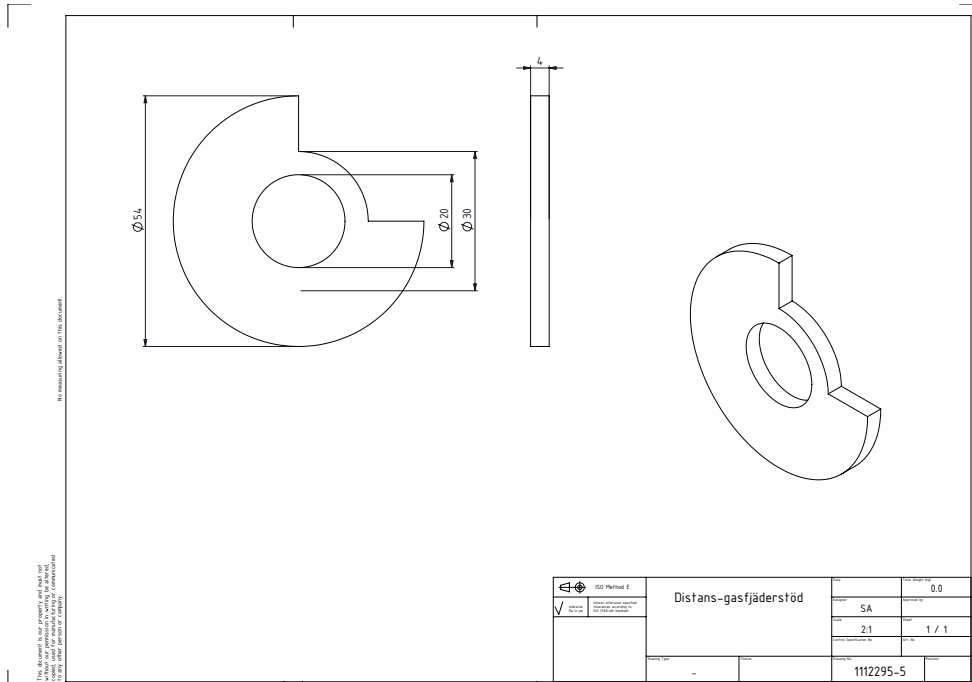


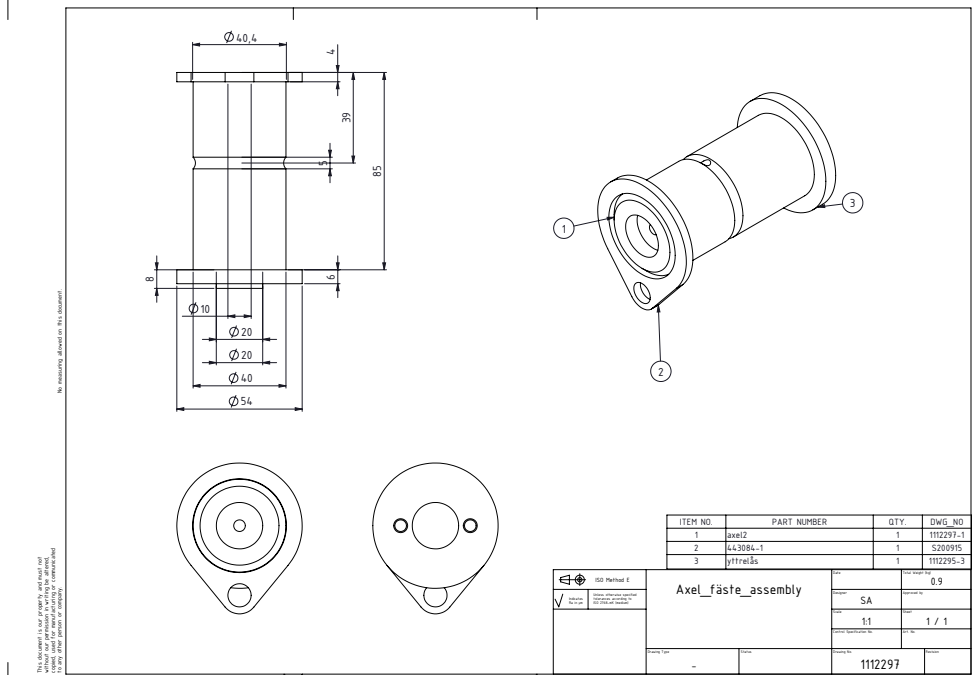
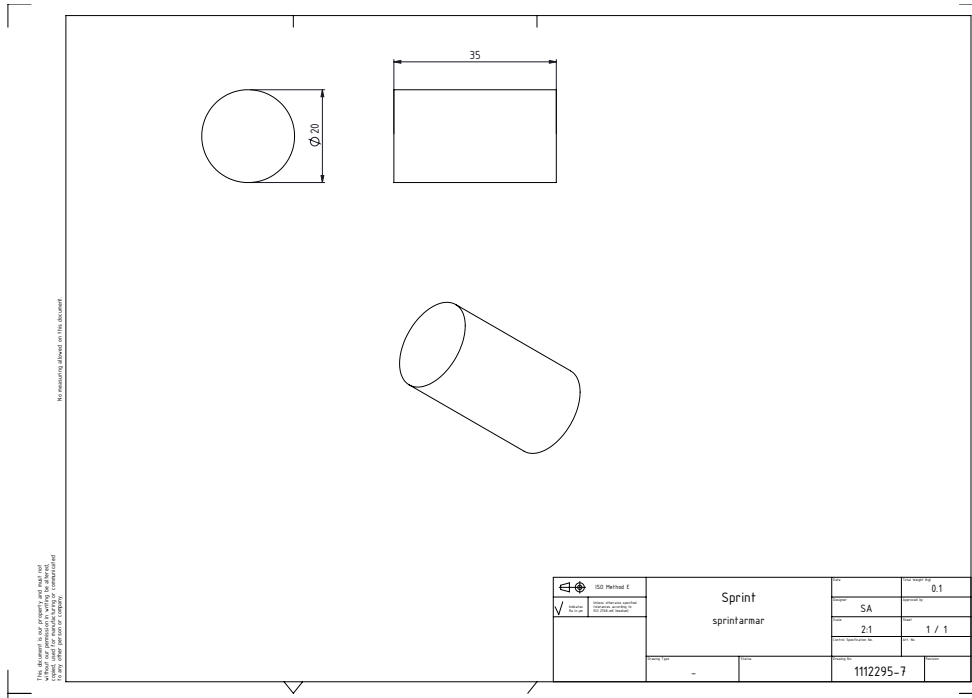


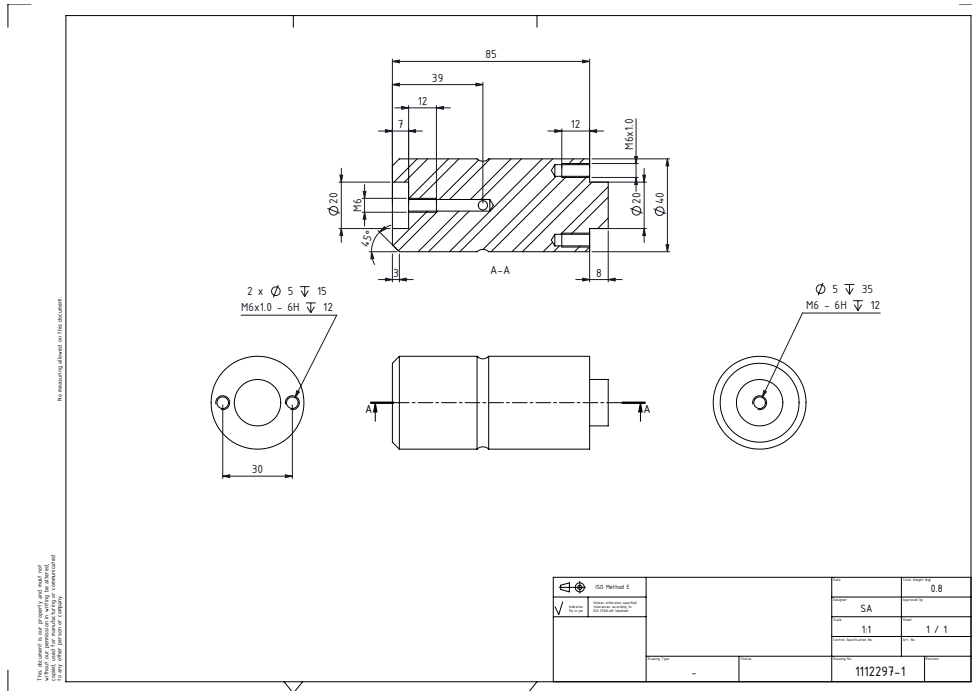












This document is the property of the company. It is not to be distributed outside the company. It is not to be used for any other purpose.

<input checked="" type="checkbox"/> ISO Method 1 <input checked="" type="checkbox"/> ISO Method 2	SA	0.8
		1 / 1
1112297-1		

## Appendix C Marco Education

*Marco Education är ett introduktionsdokument som används av företaget för att beskriva de ingående komponenterna i ett lyftbord.*

Om läsaren har intresse av att studera dokumentet Marco Education så finns det möjlighet att vända sig till företaget Marco AB för att få en kopia. Dokumentet har inte tagits med som bilaga I rapporten då dokumentet är omfattande.

Kontaktuppgifter Marco AB:

*Marco AB*

*P.O.Box 1080*

*Besök: Helsingborgsvägen 52*

*SE-262 21 Ängelholm*

*Tel +46 (0)431 44 93 00*

*Fax +46 (0)431 830 42*

*E-post: [info@marco.se](mailto:info@marco.se)*

## Appendix D Marco Stansinstruktion

Marco ABs stansmaskin har en uppsättning stansdynor som tillverkningen av konceptet fått anpassats efter. I Appendix D redovisas den instruktion som Marco AB har sammanställt för att underlätta konstruktörens arbete. Instruktionen användes som underlag för att välja lämpliga dynor till stansningen av komponenterna i prototypen.

### Rektangulära stansar

Rektangulär Stans	Plåttjocklek som vi har dynor till						
	1,5	2	3	4	5	6	8
10 x 2	X	X	X				
10 x 7	X	X	X	X	X	X	X
20 x 4	X	X	X	X	X		
30 x 4	X	X	X	X	X	X	
20 x 13,4	X	X	X	X	X	X	X
22 x 12	X	X	X	X	X	X	X
26 x 10	X	X	X	X	X	X	X
28 x 24,5	X	X	X	X	X	X	
(R = ca 8)							
40 x 6,5	X	X	X	X	X	X	
40 x 8	X	X	X	X	X	X	X

X = Använd bara till luckor  
X = Möjligt men ej att rekommendera

Figur D.1, rektangulära stansdynor som finns tillgängliga på Marco AB

## Runda stansar

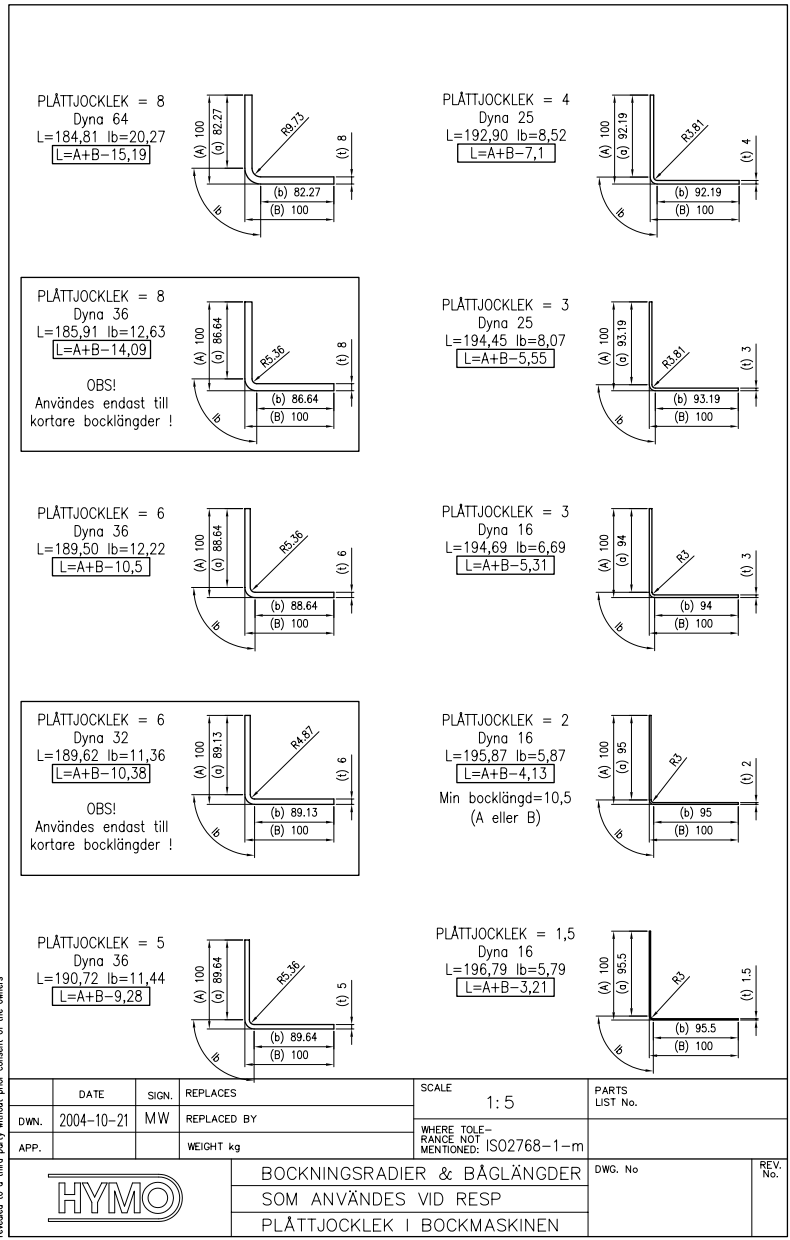
Rund Stans Ø	Plåttjocklek som vi har dynor till						
	1,5	2	3	4	5	6	8
3	X	X	X				
3,5	X	X	X				
3,7 (M4)		X	X	X			
4	X	X	X	X	X		
4,2	X	X	X	X	X		
4,5	X	X	X	X	X		
4,7 (M5)		X	X	X	X	X	
5	X	X	X	X	X	X	
5,2	X	X	X	X	X	X	
5,5 (M6)		X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X
6,5	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X
7,2	X	X	X	X	X	X	X
7,4 (M8)			X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X
8,5	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X
9,3 (M10)			X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X
10,5	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X
12,5	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X	X	X
14,5	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X
15,5	X	X	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X
16,5	X	X	X	X	X	X	X
17	X	X	X	X	X	X	X
18	X	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X	X	X
22	X	X	X	X	X	X	X
23	X	X	X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X
25,2	X	X	X	X	X	X	X
26	X	X	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X	X	X
31	X	X	X	X	X	X	X
35	X	X	X	X	X	X	X
36	X	X	X	X	X	X	X
40	X	X	X	X	X	X	X
44	X	X	X	X	X	X	X
46	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X

X = Möjligt men ej att rekommendera

Figur D.2, runda stansdynor som finns tillgängliga på Marco AB

# Appendix E Marco Instruktion för Bockningsradier

*Vid bockning av plåtar används olika bockningsradier för olika sorters tjocklek på plåtar. Som konstruktör på Marco finns ett hjälp dokument tillgängligt som även använts vid tillverkandet av prototypen. Dokumentet redovisas i appendix E.*



Figur E.1, instruktionsdokument som Marco AB använder för bockningsradier.



# Appendix F Tillverkningskostnader

*I Appendix F redovisas ett utdrag från affärssystemet iScala som Marco AB använder för vad en sjunkspärr kostar.*

Köpartiklar	ARTIKEL	BESKRIVNING	ANTAL	ENHET	STD.KOST	SUM	PÅLÄGG	INKÖPSKOSTNAD	LEVERANTÖR
	121012	Rundstång Ø20	0,0750	M	18,86 *	1,41		17,96	08-7024000
	121022	Rundstång Ø60	0,2470	M	170,63 *	42,14		162,50	08-7024000
	141062	Plattstång 40x15	0,1490	M	29,38 *	4,38		27,98	08-7024000
	164006	Ämnesör 56x40 Anv. EJ !!	0,0160	M	331,80 *	5,31		316,00	
	443084-1	Fästöra axel Ø40	1,0000	ST	4,53 *	4,53		4,32	85685023
	82715	PLÅT 6 MM. DOMEX 240 YP	0,0100	m²	338,58 *	3,39		257,97	08-7024000
	83858	Plåt 4,00x3000x1500	0,0600	m²	235,20 *	14,11		179,20	08-7024000
	87562	Plåt 8,00x3000x1500	0,2200	m²	485,52 *	106,81		369,92	08-7024000
	PL40	Plåt Dummy T=4,0	1,0000	m²	0,00 *	0,00		0,00	
	PL60	Plåt Dummy T=6,0	1,0000	m²	0,00 *	0,00		0,00	
	PL80	Plåt Dummy T=8,0	1,0000	m²	0,00 *	0,00		0,00	

						MK :	182,09		
82715		PLÅT 6 MM. DOMEX 240 YP	0,0100	m²	338,58 *	3,39	0,07	257,97	08-7024000
							3,39	0,07	
								3,45	

INGÅENDE HALVFABRIKAT	ARTIKEL	BESKRIVNING	ANTAL	ENHET	STD.KOST	SUMMA
	1100710	Bracket for shaft	1,0000	ST	6,35	6,35
						6,35

OPERATIONSLISTA										
OP	PRGRP	BEG.KVT	TID	STÄLLKOST	STÄLLPÅLÄGG	KÖRTID	KÖRKOST	KÖRPÅLÄGG	LEGGKOST	
1112299										
				PROTOTYP SJUNKSPÄRR						
010	10	0,00	0,00	0,00		0,1000	29,00		0,00	
011	11	0,00	0,00	0,00		1,5000	435,00		0,00	
020	20	0,00	0,00	0,00		0,3000	87,00		0,00	
021	21	0,00	0,00	0,00		0,1000	29,00		0,00	
022	22	0,00	0,00	0,00		0,1000	29,00		0,00	
030	30	0,00	0,00	0,00		1,0000	290,00		0,00	
061	61	0,00	0,00	0,00		1,0000	290,00		0,00	
				SK :	0,00		AK :	1.189,00	LE :	0,00
1100710						0,00		0,00		
				Bracket for shaft						
021	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0100	2,90	0,00	0,00	
				0,00	0,00	4,1100	2,90	0,00	0,00	
				SL :	0,00		RL :	2,90	VL :	

Maskinkostnader									
PRDGRP	BESKRIVNING	STÄLLBEG.KVT	STÄLLTID	KÖR-TID	FASTKOST	PÅLÄGG	VARIABELKOST	PÅLÄGG	
10	Käpning	0,00	0,00	0,1000	0,00		0,00		
11	Borr/Svarv	0,00	0,00	1,5000	0,00		0,00		
20	Klipp/Bock	0,00	0,00	0,3000	0,00		0,00		
21	Stans	0,00	0,00	0,1000	0,00		0,00		
22	Bock från Stans	0,00	0,00	0,1000	0,00		0,00		
30	Svets	0,00	0,00	1,0000	0,00		0,00		
61	Montering	0,00	0,00	1,0000	0,00		0,00		
					WF :	0,00	WV :	0,00	
21	Stans	0,00	0,00	0,0100	0,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	0,00	4,1100	0,00	0,00	0,00	0,00	
								WL :	0,00

Verktyg									
VERKTYG	BESKRIVNING	STÄLLBEG.KVT	STÄLLTID	KÖR-TID	FASTKOST	PÅLÄGG	VARIABELKOST	PÅLÄGG	
<INGET VERKTYG>		0,00	0,00	4,1000	0,00		0,00		
					TF :	0,00	TV :	0,00	
<INGET VERKTYG>		0,00	0,00	0,0100	0,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	0,00	4,1100	0,00	0,00	0,00	0,00	
								TL :	0,00