



EXAMENSARBETE I
FLYGTEKNIK
15 HP, GRUNDNIVÅ 300

**Framtagning av portabel
patientlyft**

SAMMANFATTNING

Micusbåren togs fram som en del i det Svenska Nationella Ambulansflyget (SNAM). SNAM är en resurs som kan användas vid större katastrofer när samhällets ordinarie resurser inte räcker till. När en sådan katastrof sker så kan ett större passagerarflygplan möbleras om till ett ambulansflygplan, där båren har en viktig roll.

Idag används båren även för transporter i Sverige. Den är anpassad för ambulansflygets Learjet 45. Ett problem som uppstår vid dessa transporter är när båren ska lastas av och på flygplanet. Ingången till flygplanet sitter så pass högt upp att det blir problematiskt för personalen att lyfta in eller lyfta ut båren utan hjälpmedel. Det finns stationära lyftar placerade på ett antal flygplatser. För att underlätta användandet och ge ett mer mobilt ambulansflyg, som kan hantera bårar oavsett tillgänglighet av stationära lyftar, har en portabel lyft tagits fram.

Det har visats att det är möjligt (med vissa svårigheter) att konstruera en lyft som är relativt lätt och som med viss hjälp kan lyfta båren. Den har en storlek som gör att den får plats i lastutrymmet vilket gör den transportabel, till följd av det är det möjligt att utgå från flygplatser utan stationära lyftar.

ABSTRACT

The Micus stretcher was developed as a part of the Swedish National Air Medevac (SNAM). SNAM is a resource that can be used when catastrophes occur and the society's ordinary resources are not sufficient. When such a catastrophe occur a larger passenger airplane can be reconfigured to house medical equipment, where the stretcher place an important role.

Today the stretcher is also used for transportation within Sweden. It is configured to be used with Learjet 45. A problem that occurs during the transport is when the stretcher is being loaded and unloaded onto the airplane. The height of the entrance makes it problematic for the personnel to carry the stretcher onto the airplane without assistance. There are stationary lifts placed at a few airports. To make it easier and to make a more mobile air medevac airplane, whether there are available stationary lifts or not, a portable lift has been developed.

It has been shown that it is possible (with some difficulties) to design a lift that is relatively light and that with some assistance can lift the stretcher. The size of the lift makes it possible to place it in the hold which makes it portable. This makes it possible to travel to airports that do not have stationary lifts.

Datum: 19 oktober 2014

Utfört vid: Cidema AB

Handledare vid MDH: Lars Bark

Handledare vid Cidema AB: Markus Hamreby

Examinator: Per Schlund

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 PROBLEMSTÄLLNING	1
1.3 SYFTE	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR	1
1.5 KRAVSPECIFIKATIONER.....	2
1.5.1 Storlek/Förpackning i lastutrymme Learjet 45.....	2
1.5.2 Utformning	2
1.5.3 Drivning.....	2
2 ANALYS	3
2.1 ANALYS AV BEFINTLIG LYFT	3
2.2 LYFTAR TILLGÄNGLIGA PÅ MARKNADEN.....	3
2.2.1 AEA Strecher Loader.....	3
2.2.2 Spectrum-Aeromed Patient Loading System	3
3 METOD	4
4 LYFTPRINCIPER	4
4.1 VAL AV LYFTPRINCIPER	4
4.2 UTVÄRDERING LYFTPRINCIPER	5
4.3 SIMULERING KRAFT FÖR STÄLLDON	6
5 STÄLLDON	6
5.1 VERIFIERING BERÄKNADE KRAFTER	6
5.2 OPTIMERING PLACERING AV STÄLLDON.....	6
5.2 VAL AV STÄLLDON	7
6 KONCEPT	7
7 HÅLLFASTHET/DIMENSIONERING	8
7.1 MATERIALDATA	8
7.2 DIMENSIONERING ARMAR.....	9
7.3 LASTYTA.....	10
7.4 HJUL	10
7.5 HJULFÄSTE	11
7.6 INFÄSTNING STÄLLDON	11
8 RESULTAT	12
9 SLUTSATS	13
10 DISKUSSION	13
11 REKOMMENDATIONER	13
REFERENSER	15
BILAGA A - LYFTPRINCIPER	16
BILAGA B - OPTIMERING AV PLACERING FÖR STÄLLDON	27

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Micusbåren togs fram som en del i det Svenska Nationella Ambulansflyget (SNAM). SNAM är en resurs som kan användas vid större katastrofer när samhällets ordinarie resurser inte räcker till. När en sådan katastrof sker så kan ett större passagerarflygplan möbleras om till ett ambulansflygplan, där båren har en viktig roll. Båren är en intensivvårdsbår som är utrustad med ett flertal nödvändiga hjälpmedel som t.ex. defibrillator, övervakningsenhet och ventilator för andningshjälp. Den är också utrustad med syrgas och egen strömförsörjning och är även anpassad för vägambulans vilket gör det möjligt att undvika förflyttning av patienten mellan bårar under transporten till sjukhus.

1.2 Problemställning

Efter att båren blivit framtagen har den nu blivit efterfrågad för användning inom andra områden än SNAM och har bl.a. implementerats i ambulansflyget för Akademiska sjukhuset i Uppsala. Vid användning av båren i mindre flygplanstyper som t.ex. ambulansflygets Learjet 45 så krävs en fysisk ansträngning för att lyfta patienten på båren in i flygplanet. För att underlätta överföringen så krävs en patientlyft som kan hissa upp båren i rätt höjd så att båren lätt kan tas ombord på flygplanet. Patientlyften ska också garantera patientens säkerhet i detta moment. Lyften måste vara kompakt så att den kan tas med i lastutrymmet och lätt så att den kan hanteras av en person. En portabel lyft ger också en större frihet i valet av flygplatser, då inte alla flygplatser är utrustade med en stationär lyft.

1.3 Syfte

Efter en utvärdering av den tillgängliga modellen av patientlyften för Learjet 45, ska en ny modell tas fram. Den nya modellen ska tillfredsställa alla uppsatta specifikationer. De uppsatta specifikationerna som tagits fram i samförstånd med Cidema berör lyfthöjd, lastvikt, storlek i infällt läge, fastlåsning av bår, höjning och sänkning via flygplanets strömförsörjning samt låg vikt.

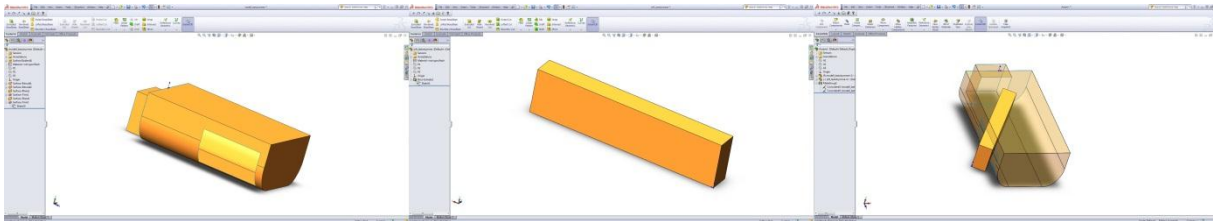
1.4 Avgränsningar

Ingen prototyp kommer att tillverkas, utan projektet avslutas med en fullgod CAD modell. Beslut om prototypframtagning ligger utanför ramen för projektet och kommer att hanteras av Cidema. Säkerhet och redundans är viktigt. Det ska t.ex. gå att köra lyften ensam med bibehållen säkerhet. Lyften ska även kunna sänkas vid icke fungerande strömförsörjning. Detta, tillsammans med kontroll av styrning till ställdon, kommer dock inte innefattas i detta projekt. Någon certifiering av lyften kommer därför heller inte att göras.

1.5 Kravspecifikationer

1.5.1 Storlek/Förpackning i lastutrymme Learjet 45

Storleken på lyften ska vara sådan att den får plats i lastutrymmet i Learjet 45. På grund av att det som ska placeras i lastutrymmet måste vridas när det ska placeras där, så medför det att längden på lastutrymmet inte kan användas som utgångspunkt vid dimensionering av lyften. Den maximala storleken på lyften som går in i lastutrymmet är därför inte entydig, d.v.s. att ändras ett mått kan det vara möjligt att ändra andra mått som gör att lyften ändå får plats. En första uppskattad storleksbegränsning, som erhöles av Cidema, var en maximal längd på ca 1700 mm, bredd på 450 mm och en höjd på 180 mm. För att säkerställa att baren uppfyller kravet att få plats i lastutrymmet gjordes en modell av lastutrymmet, se Figur 1. Måtten på lastutrymmet hade tagits sedan tidigare och ger en ungefärlig bild hur lastutrymmet ser ut. Denna modell är också viktig under utvecklingsfasen för att kunna kontrollera lyftens positionering i lastutrymmet.



Figur 1. Modell av lastutrymme på Learjet 45

1.5.2 Utformning

Lastrampen som sticker ut från flygplanet har en höjd på 1400 mm. När dockning mellan lyft och flygplan sker ska lyftens lastyta överlappa lastrampens lastyta. Detta medför att en lyfthöjd på 1500 mm måste uppnås. Bären ska efter dockning kunna skjutas över från lyften till flygplanet och lyftens lastyta måste därför kunna fungera som ett glidplan. De två infästningspunkter som bären har för fastsättning i flyg och ambulans skall även användas på lyften. Avståndet mellan infästningspunkterna är 1331 mm vilket ger en lägre gräns på hur lång lastytan måste vara. För att lyften ska vara kompatibel mot vägambulansen måste lyften vara sänkbar till en höjd av 500 mm, vilket är den höjd som bären kommer ut från vägambulansen.

1.5.3 Drivning

När bären är placerad i flygplanet drivs dess instrument av enheten LifePort PLUS. Denna enhet står även för strömförsörjningen till lyften för höjning och sänkning. Kopplingen sker via en sladd som når ut från flygplanet till marken där lyften positioneras innan lyft. Enheten distribuerar en spänning på 230 V och har en maximal strömstyrka på 3,6 A. Detta ger en begränsning gällande den effekt som kan erbjudas. Den maximala vikten som lyften måste klara av är 200 kg. Denna vikt innefattar bären samt patient.

2 Analys

2.1 Analys av befintlig lyft

Det finns idag en lyft som tagits fram för användning som mobil lyft. Denna lyft är en tredelad lyft vilket gör det möjligt att placera den i lastutrymmet. Lyftens delar består av en bottendel där lyftens hjul är monterade, en drivenhet och en lastyta. Den totala vikten på lyften är 44 kg där den tyngsta delen (drivenheten) väger 20 kg. Då drivenheten på lyften är av typen teleskoplyft så begränsas lyftintervallet. Det finns olika versioner av lyften som har olika intervall på lyfthöjd. Den version som har en lyfthöjd på 1470 mm har en lägre gräns på 870 mm. Lyftens maximala last är 200 kg och den kan drivas med hjälp av flygplanets strömförsörjning. Då denna lyft är framtagen för båren så uppfyller den kraven gällande lyftvikt, lyfthöjd samt att den kan drivas med hjälp av flygplanets strömförsörjning. Nackdelen med denna konstruktion är att lyften består av tre delar vilket gör att lyften måste demonteras innan den kan placeras i lastutrymmet. Ett annat problem är att drivenheten som är av typen teleskoplyft inte kan sänkas ner till det önskade 500 mm för att enkelt kunna användas mot vägambulans. [1]

2.2 Lyftar tillgängliga på marknaden

2.2.1 AEA Strecher Loader

AEA Strecher Loader är en annan mobil lyft som finns på marknaden. Denna lyft monteras direkt i flygplanet och behöver således inte demonteras och placeras i lastutrymmet för transport. Detta gör dock att den tar upp nödvändig plats i flygplanet och kräver modifiering av flygplanet. Lyftens har en hög lyftkapacitet på 320 kg och drivs av flygplanets strömförsörjning. Den kan manövreras med hjälp av endast en person och den har en dator som ser till att båren alltid är i ett stabilt läge. Den kan även lyfta från låg höjd men då lyften sitter fastmonterad i flygplanet så måste vägambulansen köra hela vägen fram till lyften för att båren ska kunna lastas direkt. För att vara kompatibel med vägambulansen, om vägambulansen inte kan användas nära flygplanet, så måste således ett extra mellanliggande steg användas. [2]

2.2.2 Spectrum-Aeromed Patient Loading System

Spectrum-Aeromed har en lyft liknande AEA. De har två versioner där den ena drivs av en motor och där den andra manövreras manuellt. Även fast de två versionerna inte är helt lika varandra så monteras båda lyftarna fast i flygplanet och kräver således en fast struktur i flygplanet. De har även en del som demonteras efter att lyft genomförts. Likt AEA så kräver denna lyft ett mellanliggande steg om den ska kunna användas mot vägambulans. Den elektriskt drivna klarar av att lyfta över 200 kg. [3]

3 Metod

Utifrån de uppsatta kravspecifikationerna har marknaden granskats på lyftar för att se om det finns de som uppfyller kraven. Därefter har ett antal lyftprinciper undersökts. Lyftprinciperna har kontrollerats för hur väl de kan lyfta sett till den kraft som behövs. För att kontrollera detta har en statisk kraftbalansberäkning gjorts där lasten har varit den maximala (200 kg). För att sedan fastställa den lyft som är mest lämpad rankades de olika lyftprinciperna beroende på hur stor kraft som erfordras, komplexitet på konstruktionen, hur många delar den består av, huruvida demontering krävs för transport, storlek och hur stabil den är. Ytterligare beräkningar gjordes sedan på den lyft som valts från den rangordning som gjorts. Detta gjordes i SolidWorks efter att en enklare modell ritats upp. Detta gjordes för att bekräfta de tidigare gjorda beräkningarna på kraftbalansen. Efter att detta gjorts utfördes en numerisk optimering av placeringen av ställdonet. När optimering av ställdonet gjorts för att minimera den kraft som krävs erhöles även information om hur lång slaglängd som krävs. Från denna information valdes ett ställdon. Därefter ritades ett antal olika konceptuella modeller med det valda ställdonet och dess placering. Detta gjordes för att enklare se svårigheter i konstruktionen och hur väl den uppfyller de uppsatta kraven. För att bestämma dimensioner på den slutgiltiga konstruktionen så gjordes hållfasthetsberäkningar. På de mer avancerade komponenterna i strukturen så användes SolidWorks. På de enklare komponenterna, som t.ex armarna i saxlyften, så verifierades dessa beräkningar med beräkningar gjorda för hand.

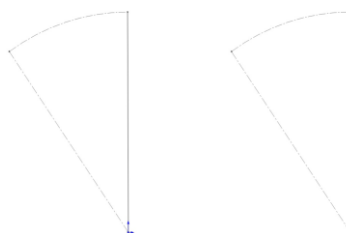
4 Lyftprinciper

4.1 Val av lyftprinciper

Det finns ett flertal olika typer av lyftar som kan användas. Den raka lyften lyfter rakt upp, se Figur 2. Med en teleskopyft så nås det översta läget. Denna variant är den konstruktion som valts för den redan framtagna lyften. Problemet med denna lyft är nå det nedersta läget som är specificerat. Då teleskopyften måste klara av nå det översta läget måste drivenheten vara hög, vilket medför att lyftens lägsta höjd begränsas av sig själv. Denna metod kräver demontering av delar för transport. Lastytan, teleskopyften och bottenställningen är de delar som kräver demontering.

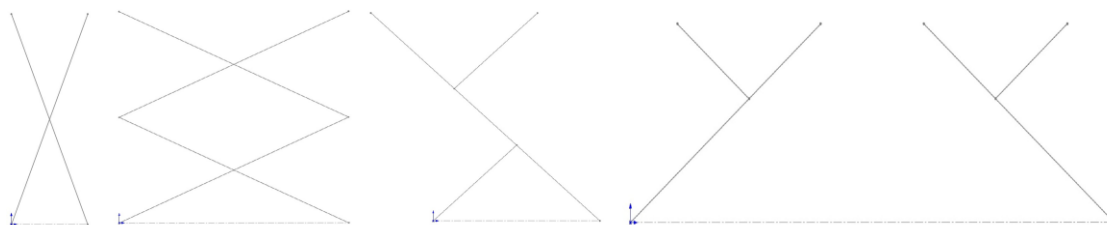


Figur 2. Rak lyft



Figur 3. Tiltlyft

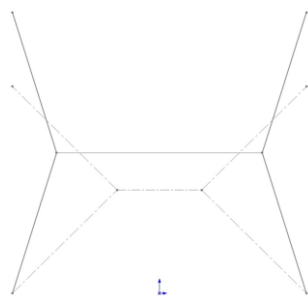
Tiltlyften är en enkel konstruktion med få delar, se Figur 3. Lyftprincipen är att den tiltas i sidled och kan därför sänkas hela vägen till marknivå. Demontering för transport krävs för denna typ av lyft då den i nedfällt läge är väldigt skrymmande. Tyngdpunkten ligger inte centrerad under lyftfasen vilket kan medföra problem. Förflyttning av lyften på marken medför även det problem.



Figur 4. Saxlyftar

En saxlyft kan konstrueras på flera olika sätt, se Figur 4. Den kan ha flera steg vilket ger en utväxling så att en högre höjd kan nås med en kortare slaglängd på ställdon. Fördelen med en saxlyft är att den kan arbeta genom ett stort område av höjder och är i sitt nedersta läge väldigt kompakt. En nackdel med saxlyften är att tyngdpunkten på lasten inte ligger centrerad på lyften vid lyft. Detta kan motverkas genom att dela på lyften i två delar. Detta medför dock att lyften blir mer komplex och kräver demontering för transport.

En variant på den delade saxlyften är den separerade saxlyften, se Figur 5. Den fungerar likt en saxdomkraft men är omvänd för att infästningspunkterna ska vara mer utspridda för att ge en stabilare plattform. Den är inte helt delad utan sitter ihop med drivningen, som på denna modell sitter mellan vridpunkterna för armarna. Nackdelen med denna konstruktion är extra stabilitet måste byggas in för att få armarna att röra sig synkroniserat vid lyft. Detta medför extra komplexitet i konstruktionen.



Figur 5. Separerad saxlyft

4.2 Utvärdering Lyftprinciper

Utifrån de uppslag som tagits fram gjordes en utvärdering av de olika lyftarna för att bestämma vilken lyftprincip som är mest lämpad för den givna uppgiften. Utvärderingen gjordes med hjälp av rangordning, se Figur 6. Lyftprinciperna rangordnades mot varandra i olika kategorier. Kategorierna valdes utifrån de krav som ansågs vara viktigast. Dessa gällde tyngdpunktsförflyttning, huruvida demontering krävs, slaglängd på ställdon, storlek i övre och nedre läge samt stabilitet. Beräkningar gällande deras storlek kan ses i Bilaga A.1. Den lyft som erhöll det bästa resultat vid den första utvärderingen var den separerade saxlyften. Något som inte förutsetts och analyserats, och som visade sig vid en vidare utvärdering, var att denna lyft inte är tillräckligt stabil. De extra ställdon som måste användas gör att konstruktionen blir för komplex. Fortsatt modellframtagning med denna metod gjordes därför inte. De lyftar som placerade sig högt efter den separerade saxlyften var den enkla och den dubbla saxlyften. För att säkerställa att den rätta metoden väljs togs båda lyftprinciper med för vidare utvärdering.

Lyftprincip	Stabilitet	Tyngdpunktsförflyttning	b max	b min	h min	Antal delar	Demontering	Slaglängd drivenhet	Totalt	Placering
Saxlyft, enkel	6	1	3	3	6	6	6	4	35	2
Saxlyft, dubbel	7	3	5	5	2	2	4	7	35	3
Saxlyft, enkel delad	2	2	4	2	4	3	5	5	27	7
Saxlyft, tvådelad enkel	3	5	1	4	3	1	1	6	24	6
Tiltlyft	4	4	2	6	7	4	2	1	30	5
Rak lyft	5	7	7	1	1	7	3	3	34	4
Saxlyft, separerad	1	6	6	7	5	5	7	2	39	1

Rangordning (1-7)
7 - bäst
1 - sämst

Figur 6. Utvärdering lyftprinciper

4.3 Simulering kraft för ställdon

En kategori som inte var med i den första utvärderingsfasen var hur mycket kraft som krävs för att klara av att lyfta lasten. Då en begränsning finns gällande den effekt som kan tillhandahållas var denna kategori en viktig del. För att urskilja de två lyftprinciper som var bäst, gjordes simuleringar i SolidWorks. Det gjordes för att få en uppskattning av den kraft som krävs för att köra lyften, se Bilaga A.2. Olika placeringar på ställdon prövades och simuleringar gjordes genom hela lyftproceduren, från lägsta till högsta höjd. Genom att simulera hela lyftprocessen så framgick det även hur lång slaglängd som krävs. Detta är viktigt då slaglängden har en begränsning beroende på hur stort ställdon som används. I en saxlyft krävs mest kraft i lyftens nedersta läge då ställdonet har en vinkel så att mycket av dess kraft inte är riktad i lyftriktningen. Från de gjorda simuleringarna var det möjligt att bestämma vilken typ av lyft som kräver minst kraft. Valet blev att gå vidare med den dubbla saxlyften. De bidragande orsakerna till valet av denna lyftprincip var att den kraft som krävs för lyft är minimal, att slaglängden gör det möjligt att lyften kan nå alla specificerade höjder samt att inpassningsmättet för ställdonet gör det möjligt att saxlyften kan köras i bottenläge.

5 Ställdon

5.1 Verifiering beräknade krafter

För att säkerställa att simuleringarna hade gjorts med rätt villkor i SolidWorks, verifierades beräkningarna manuellt, se Bilaga A.3. Beräkningarna gjordes för lyften i statiskt läge i sitt nedersta läge och visade sig överensstämma väl med de beräkningar som tidigare gjorts.

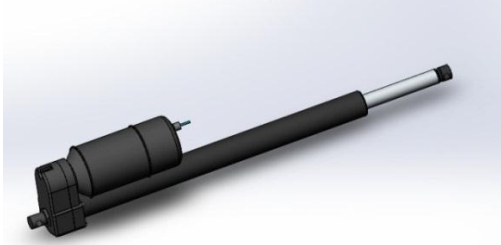
5.2 Optimering placering av ställdon

För att minimera den kraften som krävs i det nedersta läget gjordes en optimering av placeringen på ställdonet. Placeringen av ställdonet har en stor påverkan på den kraft som krävs som krävs för att lyfta. Optimeringen gjordes numeriskt, se Bilaga B, med hjälp av de beräkningar som tidigare gjorts. Detta var möjligt då tidigare beräkningar på kraften var som funktion av höjden och placering av ställdonet. Metoden som användes vid optimering var att beräkna alla möjliga placeringar av ställdonets infästningspunkter med en millimeters förflyttning. Detta gjordes för både övre och nedre infästningspunkt av ställdonet. Randvillkor användes också vid dessa beräkningar för att urskilja möjliga lösningar från lösningar som inte gav någon realistisk modell. Randvillkoren som användes berörde ställdonets längd i inskjutet läge och slaglängden. Ställdonets längd i inskjutet läge ska vara sådan att lyften går

att sänka ner i bottenläge. Slaglängden på ställdonet måste vara kortare än längden på ställdonet då en slaglängd som är längre än ställdonet inte är fysiskt möjligt. Från dessa beräkningar togs de bästa placeringarna av ställdonet fram.

5.2 Val av ställdon

Valet av ställdon gjordes sedan från den optimeringsmodell som gjorts, se Figur 7. Den korrekta slaglängden, inpassningsmått i kompakt läge, slagkraft och drivning var de utgångspunkter som användes. Data gällande vikt och prestanda ses i Tabell 1.



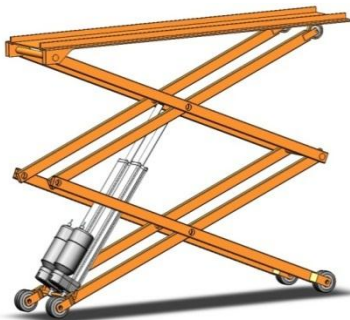
Figur 7. Electrack LA-5

Vikt: 7,9 kg
Max statisk last: 18 000 N
Max dynamisk last: 6 800 N
Ström vid max last (230 VAC): 1,25 A

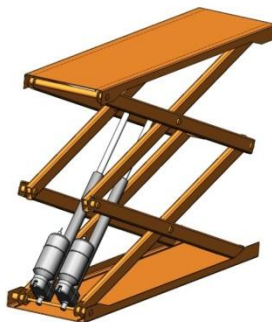
Tabell 1. Data Electrack LA-5 [4]

6 Koncept

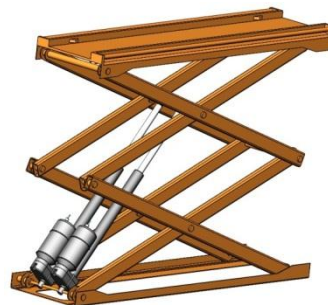
Efter att lyftprincip med specifikationer bestämts så gjordes ett par olika modeller. De olika konceptmodellerna gjordes för att hitta den modell som var mest praktiskt lämpad. Då vissa egenskaper och utformningar är svåra att förutspå så är detta ett viktigt steg. Olika utformningar på lastytan samt den nedre ramen testades. Även lyftens vikt togs i beaktning i denna process då det är en viktig detalj.



Figur 8. Koncept 1

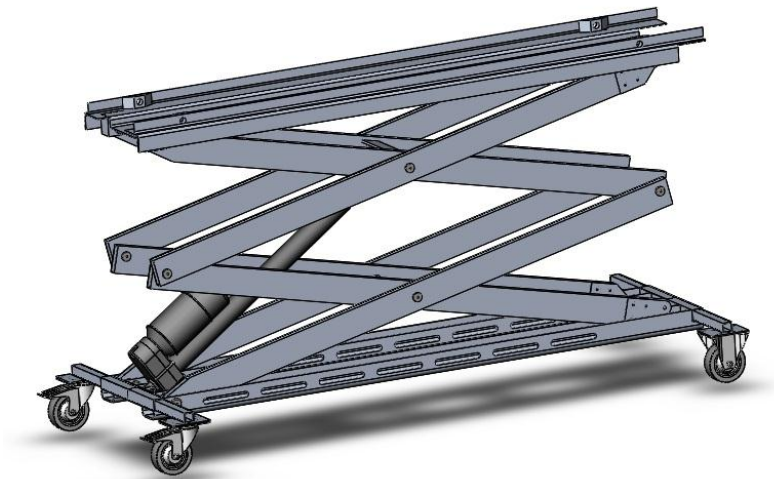


Figur 9. Koncept 2



Figur 10. Koncept 3

Figur 8 visar en tidig konceptmodell som inte hade någon nedre ram utan hade integrerade hjul för manövrering på marken samt för höjning och sänkning. Denna modell har låg vikt men är svårmanövrerad på marken då hjulen inte är möjliga att rotera. Därefter ritades en lyft med en nedre ram. Den första modellen med bottenplatta medförde en stor vikt, se Figur 9. Urskärning av onödigt material gjordes för att minimera vikten, se Figur 10. Svårigheter med infästningar för ställdon, armar och hjul kvarstod dock.



Figur 11. Slutgiltig modell

I den slutgiltiga modellen, se Figur 11, hade en övergång gjorts från en bottenplatta till balkar. Balkarna, som utformats likt u-plåtar, underlättar infästningarna för armarna och utgör även spår för saxlyftens hjul att gå i. Den nedre ram med balkar fästes ihop med rör. Dessa rör fungerar även som fäste för hjulupphängningen. I tidigare modeller hade lastytan gjorts i flera delar vilket medförde en stor vikt samt ökad problematik med fastsättning av de olika delarna. Valet gjordes att istället utforma lastytan av en del. Denna del formas genom bockningar. Bockningarna förenklar konstruktionen av lastytan, samtidigt som den gör den lättare och starkare.

7 Hållfasthet/Dimensionering

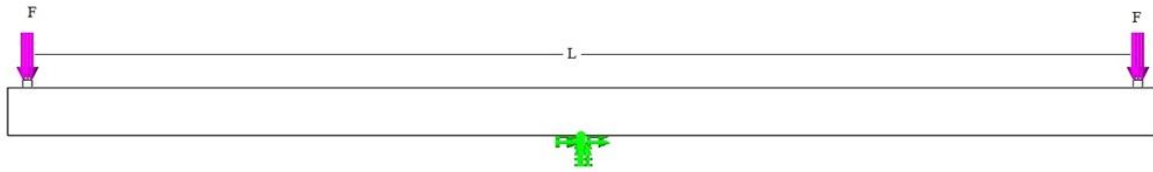
7.1 Materialdata

För att hålla vikten nere gjordes valet att använda aluminium i konstruktionen. De två legeringar som valdes att användas var 6060-T6 för extruderade profiler och 7075-T651 för plåtar, se Tabell 2 för materialegenskaper. 6000 serien är en serie av legeringar som är lämpad för extrudering. En nackdel med denna legering är att den har lägre sträckgräns än aluminium i 7000 serien, som är en väldigt stark legering. Då den extruderade profilen med lätthet kan utformas med ett högt tröghetsmoment i flera riktningar är den att föredra framför andra material som har högre sträckgräns men som har svårigheter att utformas efter önskemål. De extruderade profilerna används därför till armarna samt hjulupphängning då dessa delar kräver en mer komplicerad konstruktion samt styvhet i flera riktningar. Plåt användes till lastytan och bottenbalkarna. Dessa delar är av sådan karaktär att de lätt kan bearbetas genom bockning. Detta gjorde det fördelaktigt att använda den legering med högst hållfasthet.

Legering	Sträckgräns
6060-T6	150 N/mm ²
7075-T651	460 N/mm ² (tjocklek 1,5 - 12,5 mm)

Tabell 2. Materialegenskaper [5][6]

7.2 Dimensionering armar



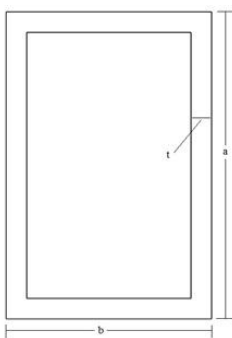
Figur 12. Balkböjning

Den maximala påfrestningen för hela strukturen är när lastningen av baren sker i bottenläget. Kraften från ställdonet är där som störst och armarnas positionering är sådan att tyngden från baren leder till ett stort böjande moment. Att hitta en dimension på armarna som håller är inte det huvudsakliga problemet. Det är även viktigt att hitta en profil som gör att förlängningen är minimal. Detta är för att lyften ska vara styv samt att lyften ska ge ett stabilt intryck. Den maximala spänningen, σ , beräknades enligt ekvation (1) och förlängningen, δ , i ändpunkterna med ekvation (2) [7, s.465-475]. Spänningskomponenten som uppstår genom kompression var försumbar och togs inte med i beräkningarna. Den pålagda kraften, F , erhöles från de tidigare beräkningar som gjorts vid optimering av placeringen för ställdonet.

$$\sigma = \frac{FLy}{I} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \quad (2)$$

Alla profiler som beräkningar gjordes på klarar av den maximala spänningen som uppstår, se Tabell 3. Valet av profil gjordes istället med avseende på storleken på förlängningen samt vikten på profilen. Den profil som valdes var av typen ihålig profil likt Figur 13. Den var av dimensionen 70 mm x 20 mm med en godstjocklek på 2 mm.



Figur 13. Aluminiumprofil

a	b	t	Vikt kg/m	Max spänning (N/mm ²)	Max spänning handberäknat (N/mm ²)	Förskjutning ändpunkter(mm)	Förskjutning ändpunkter handberäknat (mm)
60	20	2	0,83	98,6	103,5	8,6	8,2
60	30	3	1,36	55,7	57,9	4,8	4,6
60	40	3	1,6	46,7	47,6	4,1	3,8
60	40	4	1,99	37,1	37,7	3,2	3,0
70	20	2	0,92	77,7	80,7	5,8	5,5

Tabell 3. Spänning och förlängning aluminiumprofil

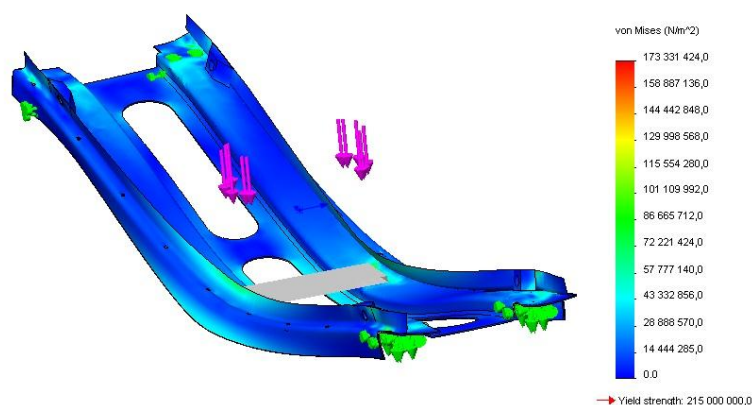
Beräkningar gjordes även för solida tunna platta stänger, se Tabell 4. För dessa beräkningar användes legeringen 7075-T651. De ger en något större förlängning än ihåliga profiler av samma vikt. En annan nackdel är att styvheten i sidled är betydligt mindre för de platta profilerna än de ihåliga. Detta bekräftar att valet av den extruderade profilen är att föredra

a	b	t	Vikt kg/m	Max spänning (N/mm ²)	Max spänning handberäknat (N/mm ²)	Förskjutning ändpunkter(mm)	Förskjutning ändpunkter handberäknat (mm)
60	8	-	1,34	84,8	90,4	7,1	6,8
60	10	-	1,68	68,1	72,3	5,7	5,5
60	12	-	2,02	58	60,3	4,8	4,6
70	8	-	1,57	62,9	66,4	4,5	4,3
70	10	-	1,96	50,4	53,1	3,6	3,4
70	12	-	2,35	42,7	44,3	3,0	2,9

Tabell 4. Spänning och förlängning solid aluminiumprofil.

7.3 Lastyta

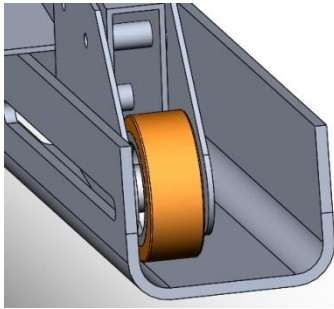
Lastytan hålls upp av saxlyftens armar. Dessa armar är infästa i lastytans yttre delar. Det lastfall som lastytan testades för var om halva bårens tyngd skulle placeras mitt på lastytan, se Figur 14. Detta lastfall kan uppstå vid av- och pålastning och bidrar till ett böjande moment. Denna beräkning gjordes med en säkerhetsfaktor på två. Det kan ses att även med en säkerhetsfaktor så klarar lastytan den pålagda lasten med god marginal. Den maximala spänningen som uppstår är 173 N/mm², vilket är långt ifrån sträckgränsen för det valda materialet.



Figur 14. Hållfasthet lastyta

7.4 Hjul

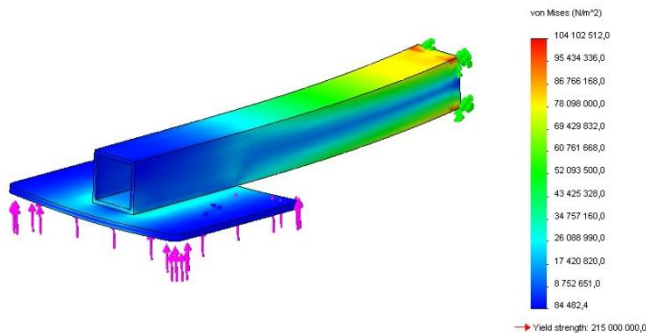
Alla de hjul som valts klarar av 80 kg belastning vardera [8]. Den maximala belastningen är 200 kg plus vikt för lyften. Hjulen klarar av en tyngd på 320 kg totalt vid normal belastning och klarar därför av den maximala påfrestningen som kan uppstå, om än med en liten säkerhetsmarginal. Lyften i sig ska vara stabil, och lyftens nedsänkning och upphöjning måste vara övervakad och ske utan någon förflyttning. Därför ska inte någon snedbelastning ske, vilket innebär att den låga marginalen anses vara okej. De mindre styrhjulerna som används i saxlyften är också enligt specifikation klassade för 80 kg [9], se Figur 15.



Figur 15. Styrhjul saxlyft

7.5 Hjulfäste

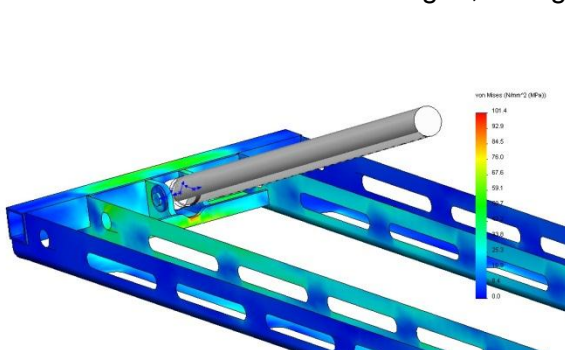
Hjulfästena har ett utskjut från botten för att ge en ökad stabilitet. Detta medför en ökad belastning när hjulfästet är i sitt yttersta läge. Vid maximal belastning ger detta en spänning på 104 N/mm^2 vid infästningen, se Figur 16. Med detta erhålls en säkerhetsfaktor på 1,5. Då lyften måste vara övervakad vid lyft, så anses den beräknade säkerhetsmarginalen vara tillräcklig, precis som för hjulen.



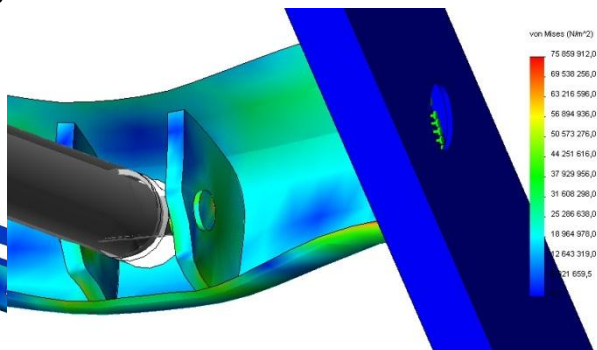
Figur 16. Hållfasthet hjulfäste

7.6 Infästning ställdon

Konstruktionen för det övre och nedre fästet för ställdonet itererades fram för att erhålla sin maximala styrka. För att ställdonet ska rymmas i sin infällda position så gjordes en försänkning i det nedre fästet. Det är också där den maximala spänningen uppstår. Fästet klarar av den maximala belastningen, se Figur 17.



Figur 17. Nedre fäste för ställdon



Figur 18. Övre fäste för ställdon

I det övre fästet finner sig den maximala spänningen i infästningen med saxlyftens armar, se Figur 18. Även detta fäste klarar av den maximala belastningen som uppstår.

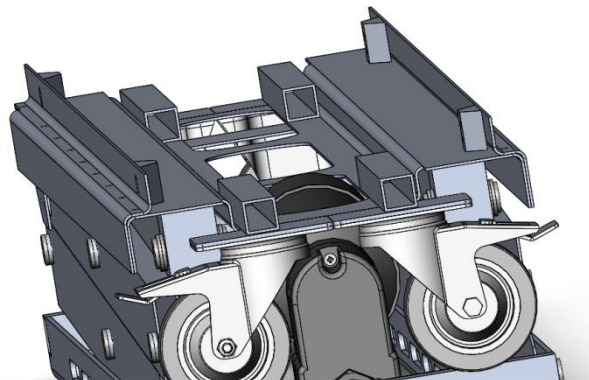
8 Resultat

Den slutgiltiga modellen kan ses i Figur 19. Den totala vikten på lyften är ca 33 kg. Då valet gjordes att använda endast ett ställdon, för att reducera storleken på lyften samt för hålla vikten nere, kommer lyften inte klara av att lyfta den maximala lasten när lyften är i sitt nedersta läge. I det nedersta läget behöver därför lyften assistans av minst två personer som manövrerar lyften. Denna assistans behövs endast de första 300 mm och den vikt som initialt behövs lyftas är total 125 kg som fördelas på de minst två personerna som manövrerar lyften. Vikten minskar gradvis tills lyften klarar av att lyfta själv. Ställdonet, som kan drivas via flygplanets strömförsörjning, har en hastighet som är begränsat till 10 mm/s vilket gör att tiden för lyft är 45 sekunder.

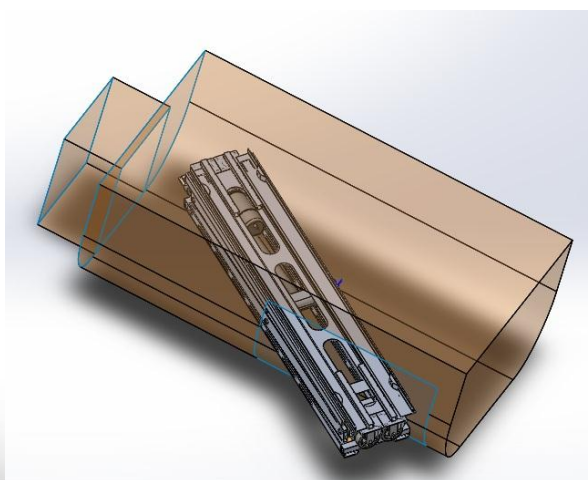


Figur 19. Patientlyft i nedre läge

Figur 20 visar hur lastytans bockningar ger utrymme för hjulen när lyften är i sitt demonterade läge och kan placeras i lastutrymmet. De hål som gjorts för att minimera vikten ger även utrymme för ställdonet då lyften är i sitt nedersta läge. På lastytan kan även de fyra klackar som fäster fast baren ses.



Figur 20. Lastyta



Figur 21. Placering av lyft i lastutrymme

Lyftens storlek i demonterat läge, 1630 mm x 335 mm x 240 mm, gör det möjligt att placera den i lastutrymmet på Learjet 45, se Figur 21.

9 Slutsats

Det har visat sig vara svårt att tillmötesgå alla uppsatta krav. Det huvudsakliga problemet är att klara av att lyfta den maximala lasten när lyften är i sitt nedersta läge. Här behöver lyften assistans av personalen som manövrerar lyften. Även fast lyften ska ses som ett hjälpmedel så anses kravet på den initiala assistansen, som krävs för att lyften ska klara av att lyfta, vara för stor. Detta problem uppstår när de andra specifikationerna ska uppfyllas. Genom att använda en saxlyft med dubbla steg medför det att den kraft som behövs ökar, vilket beror på den utväxling som sker. En annan orsak är att den vinkel som ställdonet får i det nedersta läget med den dubbla saxlyften är mindre än för den med endast ett steg

Om det bortses från problemet med lyft i det nedersta läget, så uppfylls de andra satta kraven. Lyften är utformad så att den når väl över lastrampen vilket gör att det är möjligt att överlappa lyftens lastyta med lastrampens lastyta. Lyften är även utformad så att båren kan låsas fast. Drivningen av ställdonet har också valts så att det kan drivas via flygplanets strömförsörjning. Den effekt som erbjuds är inte hög vilket medför att tiden för lyft är hög. Tiden för lyft anses dock vara inom ramen för vad som kan tyckas vara godkänt. Både den låga vikten och storleken för lastning av lyften i lastutrymmet har uppfyllts. Det ska vara möjligt att som ensam klara av att utföra det. Det kan eventuellt uppstå problem vid lastning, även fast lyften har en låg vikt, då den relativt långa lyften kan uppfattas som otymplig.

10 Diskussion

Utifrån det resultat som uppnåtts kan det frågas hur bra lyften är jämfört med den redan framtagna och de andra tillgängliga på marknaden. Kollar man på de lyftar som finns på marknaden så ser man att dessa i viss utsträckning kräver modifiering av flygplanet då de fästs i kabinen. Detta är inte önskvärt då det både tar upp utrymme men också kan komma att kräva certifieringar. Då dessa lyftar är fastmonterade så krävs även någon form av transport mellan vägambulans och flygplan. Den redan framtagna lyften har dock inte detta problem. Istället kräver den att personalen lyfter upp båren från vägambulans på lyften då den inte går att sänka hela vägen ner. När detta är gjort är det möjligt att rulla fram lyften till flygplanet för att sedan koppla in strömmen och utföra lyftet. Saxlyften som tagits fram i detta projekt klarar att sänka sig ner till höjden för vägambulansen vilket gör det möjligt att enkelt låta båren glida över på lastytan på lyften. Då lyften inte klarar av lyfta med sin egen kraft från bottenläge så kan den likställas med den redan framtagna båren som kräver att lyft görs för att få upp båren på lyften. Jämförs konstruktionen så går det även att se att saxlyften har en något mer komplex konstruktion än den redan framtagna lyften. Den kräver dock demontering för transport. Beroende på hur lång tid det tar för demontering av dessa delar så kan det vara mer önskvärt att ha en enklare konstruktion.

11 Rekommendationer

Syftet med detta projekt var att undersöka huruvida det är möjligt att konstruera en lyft som klarar att lyfta en bår med patient. Lyften ska samtidigt vara av låg vikt så att den utan någon större demontering kan placeras i lastutrymmet på flygplanet. Då det har visat sig vara svårt

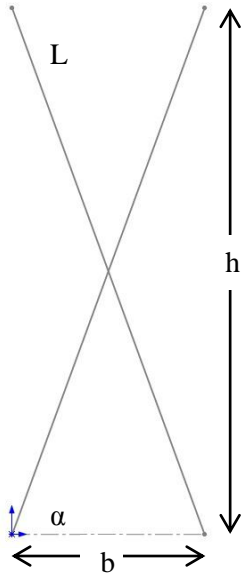
att uppfylla alla specifikationer kan det vara intressant att utvärdera om det är bättre att använda sig av en mindre komplicerad lyft men som har fler delar att demontera. Den eventuellt extra tid som det kan ta behöver nödvändigtvis inte vara någon större nackdel. Den redan konstruerade lyften kan vara mer anpassad för funktionen. Det kan även vara intressant att göra en mer djupgående analys på hur en saxlyft med endast ett steg presterar.

Referenser

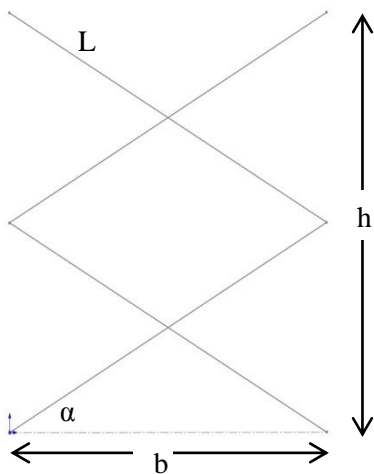
- [1] <http://amtsolutions.se/products-and-services/mobile-lifting-aid/> 2014-10-19
- [2] http://www.aeroengaus.com.au/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=184 2014-10-19
- [3] <http://spectrum-aeromed.com/spectrum%20aeromed/patient-loading-system/> 2014-10-19
- [4] http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/actuators/electrak_5.php
2014-01-20
- [5] <http://www.alumeco.se/Default.aspx?ID=1202> 2014-01-20
- [6] http://www.alumeco.se/Tekniska_upplysningar/Mekaniska_v%C3%A4rden/PI%C3%A5t.aspx 2014-01-20
- [7] T.H.G. Megson, Aircraft Structures for Engineering Students, 4:e upplaga, 2007, Butterworth-Heinemann, ISBN 978-0-7506-6739-5
- [8] http://hjulex.se/se/soek/showproduct/?type_ref_id=35 2014-01-20
- [9] http://hjulex.se/se/soek/showproduct/?type_ref_id=213 2014-01-20

Bilaga A - Lyftprinciper

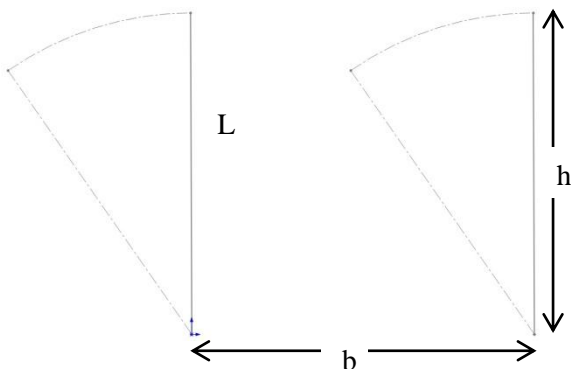
A.1 Data



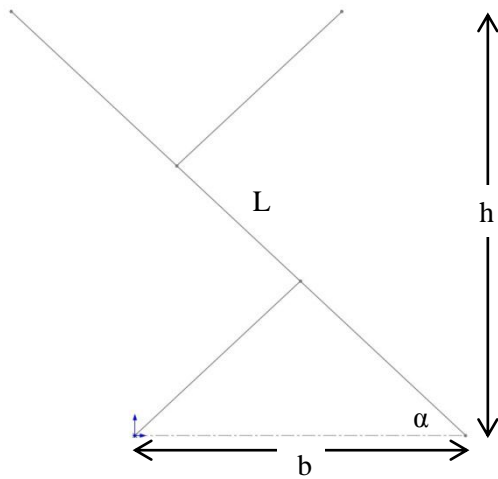
Saxlyft, enkel, lyfthöjd h=1500 mm			
α (grader)	b min (mm)	b max (mm)	L (mm)
60	866	1732	1732
70	546	1596	1596



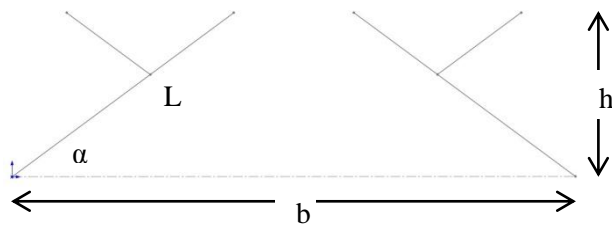
Saxlyft, dubbel, lyfthöjd h=1500 mm			
α (grader)	b min (mm)	b max (mm)	L (mm)
25	1608	1775	1775
30	1300	1500	1500
45	750	1061	1061



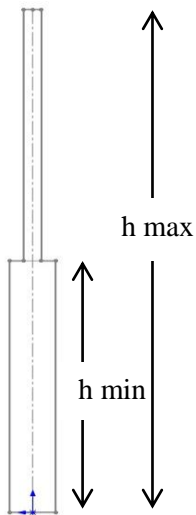
Tiltlyft, lyfthöjd h=1500 mm		
b min (mm)	b max (mm)	L (mm)
1500	3000	1500



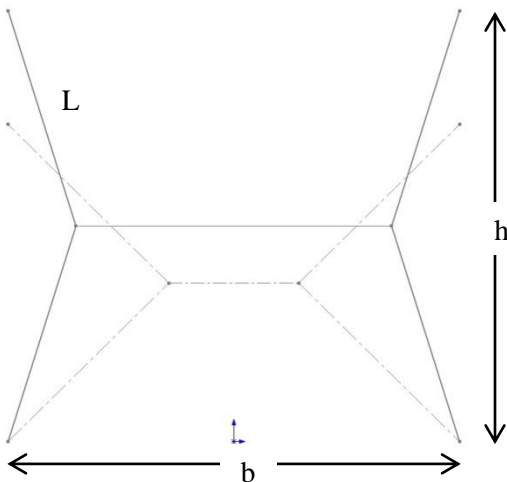
Saxlyft, enkel delad, lyfthöjd h=1500 mm			
α (grader)	b min (mm)	b max (mm)	L (mm)
60	-	1732	1732
65	-	1655	1655
70	-	1596	1596



Saxlyft, tvådelad enkel, lyfthöjd h=1500 mm			
α (grader)	b min (mm)	b max (mm)	L (mm)
50	3916	3916	1958
60	3464	3464	1732
70	3193	3193	1596

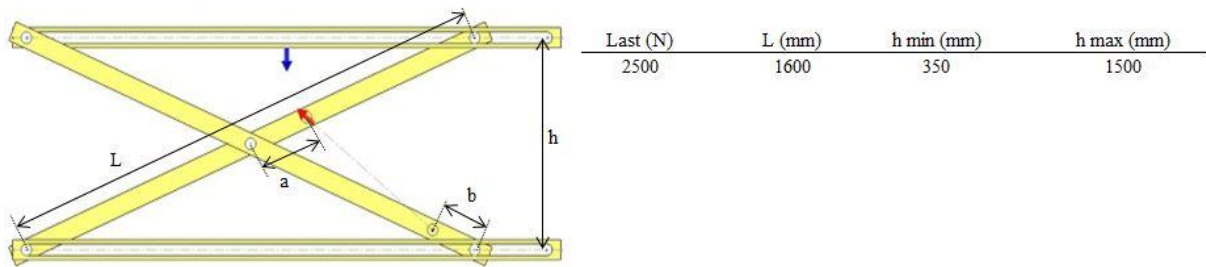


Lyft, rak	
h min (mm)	h max (mm)
-	1500



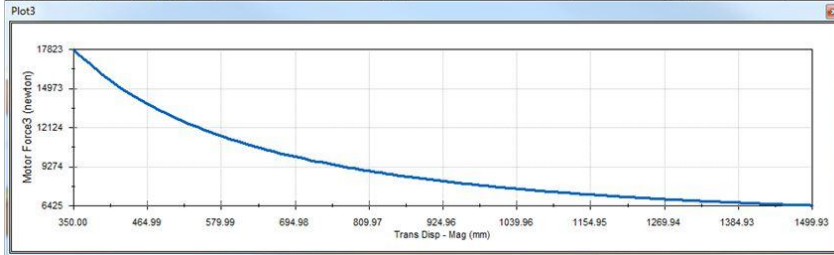
Saxlyft, separerad, lyfthöjd h=1500 mm		
b min (mm)	b max (mm)	L (mm)
1500	1500	750

A.2 Krafterdiagram

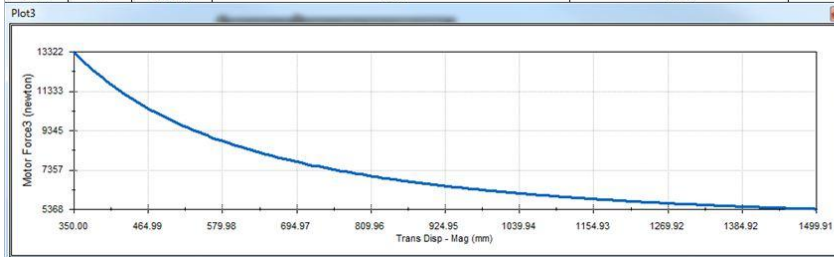


Last (N)	L (mm)	h min (mm)	h max (mm)
2500	1600	350	1500

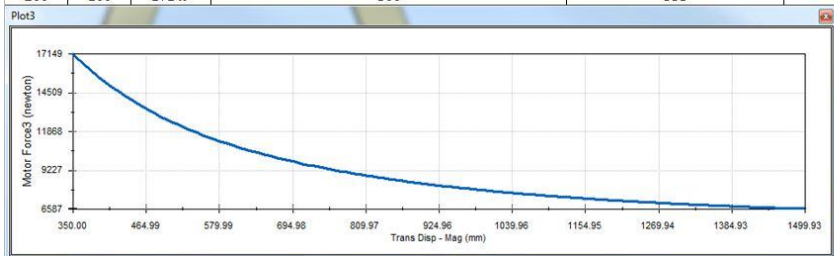
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
200	0	17823	600	336	56



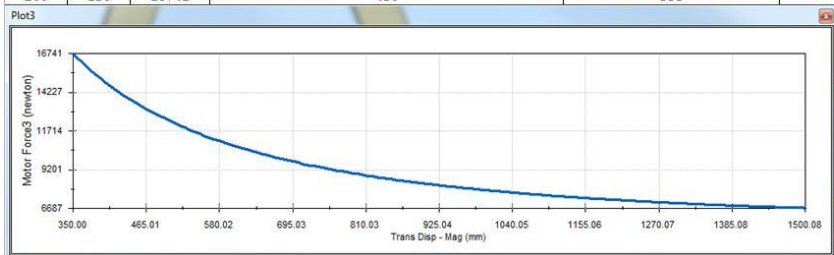
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
250	0	13322	550	419	76

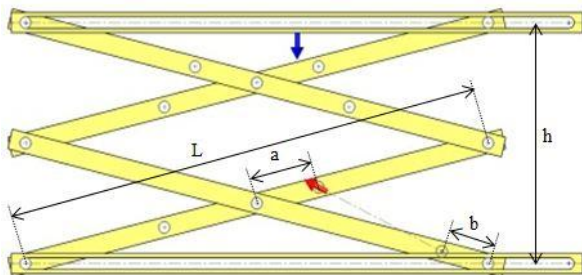


a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
200	100	17149	500	335	67



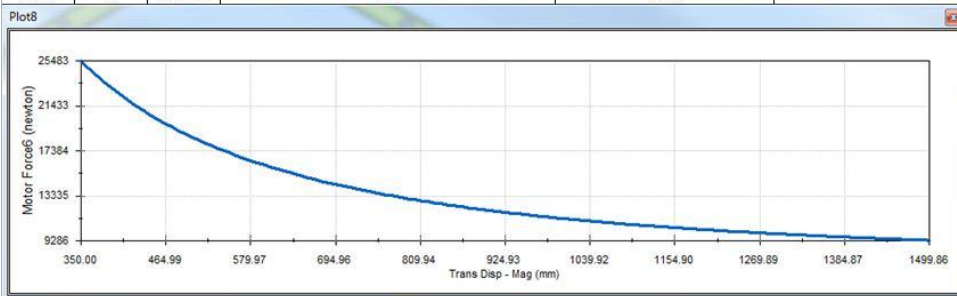
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
200	150	16741	450	335	74



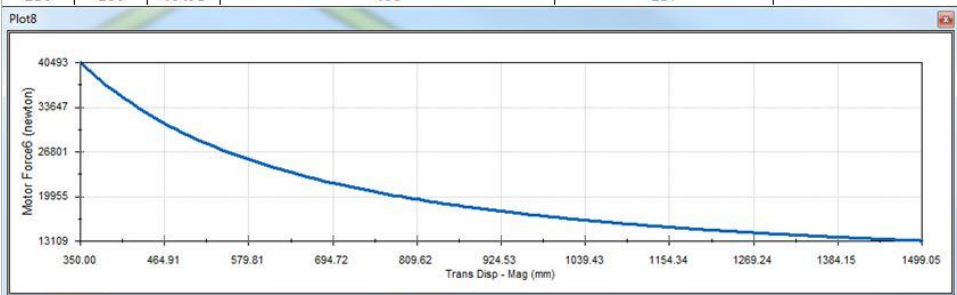


Last (N)	L (mm)	h min (mm)	h max (mm)
2500	1500	350	1500

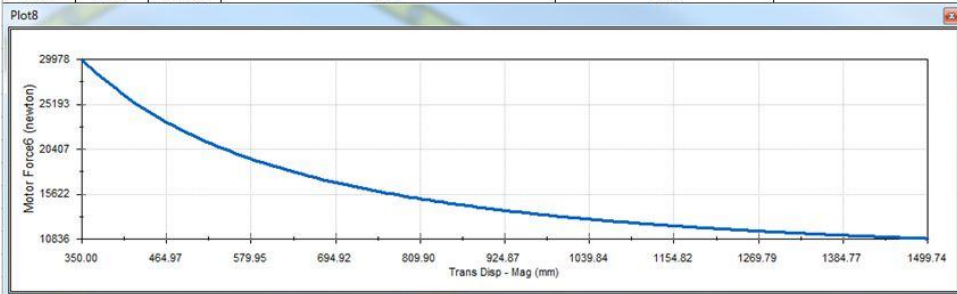
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
350	0	25483	400	233	58



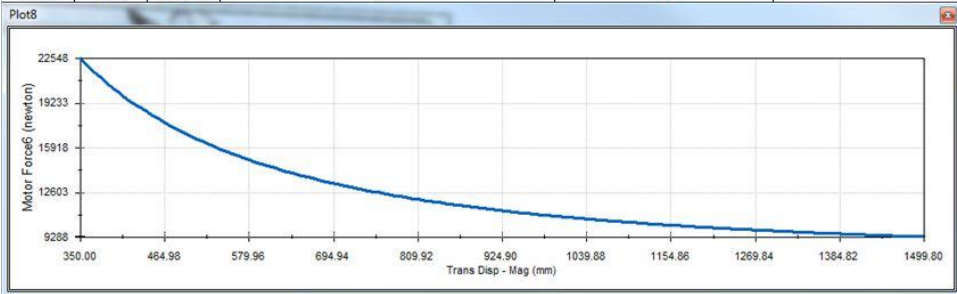
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
250	100	40493	400	157	39



a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
300	100	29978	350	199	57



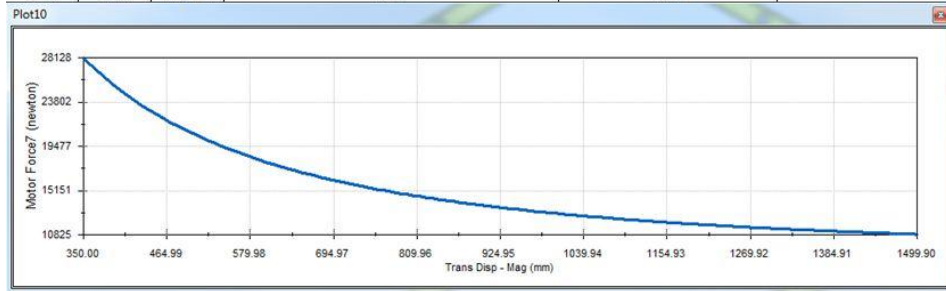
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
350	100	22548	300	244	81



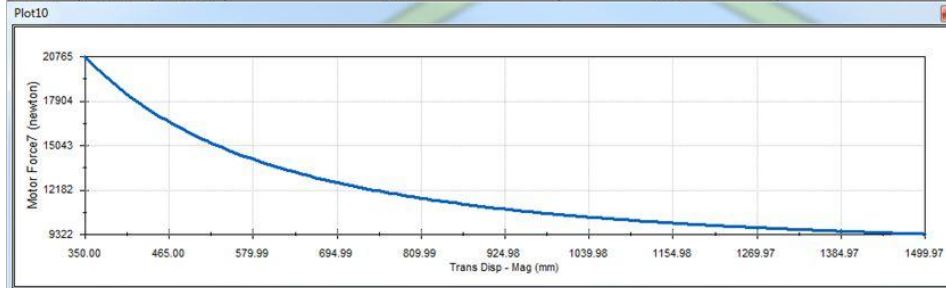
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
250	150	38599	350	161	46



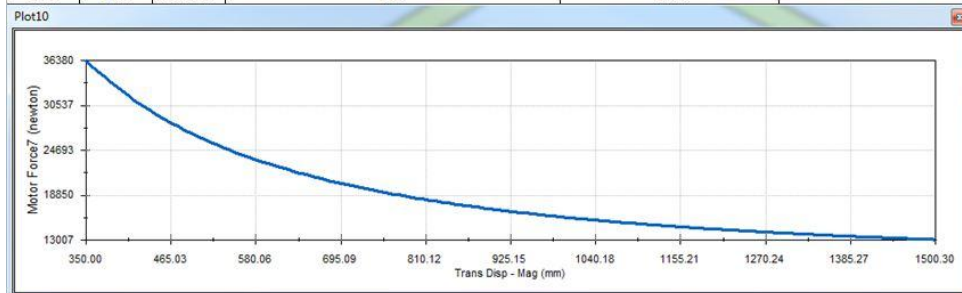
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
300	150	28128	300	204	68

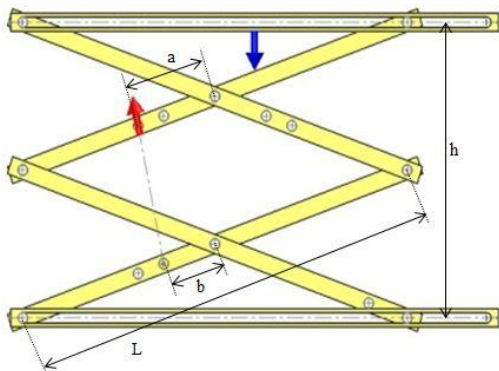


a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
350	150	20765	250	250	100



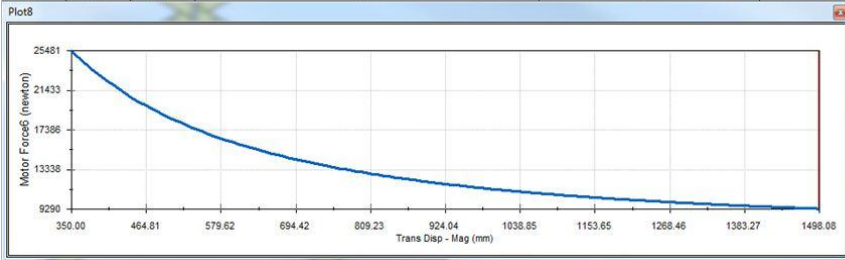
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
250	200	36380	300	165	55





Last (N)	L (mm)	h min (mm)	h max (mm)
2500	1500	350	1500

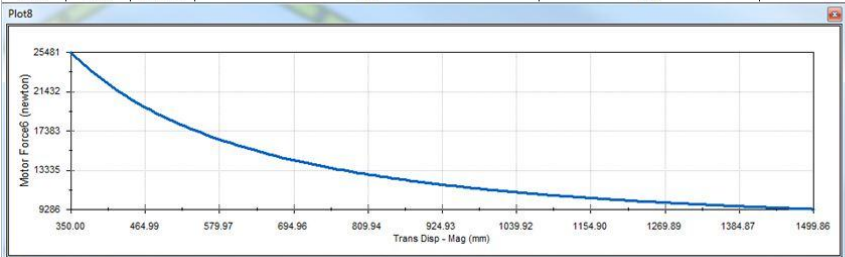
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
500	100	25481	400	233	58

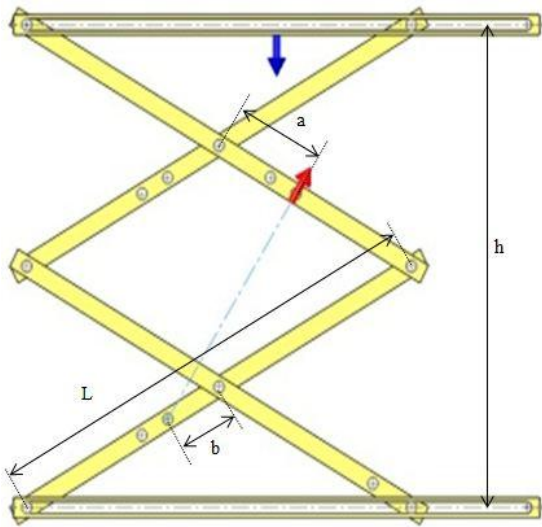


a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
500	150	19913	350	268	77



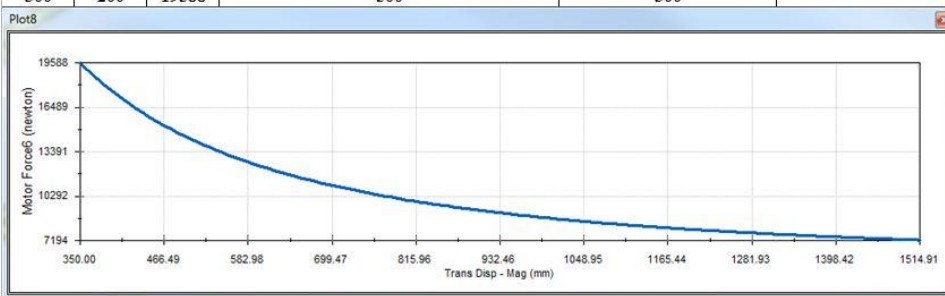
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
550	150	25481	400	233	58



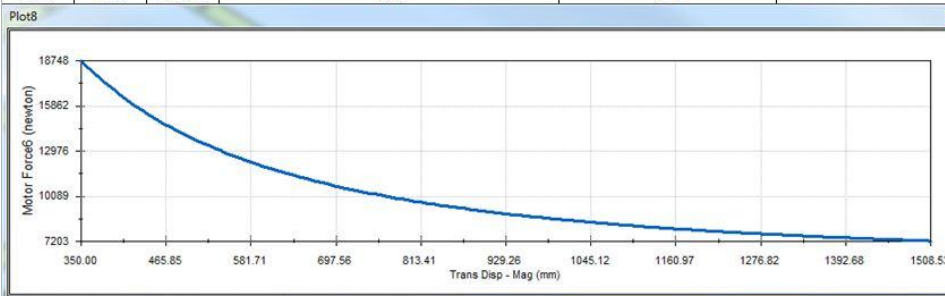


Last (N)	L (mm)	h min (mm)	h max (mm)
2500	1500	350	1500

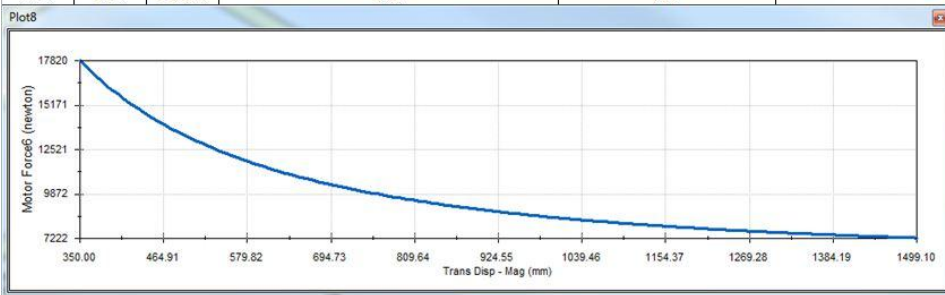
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
300	200	19588	500	300	60

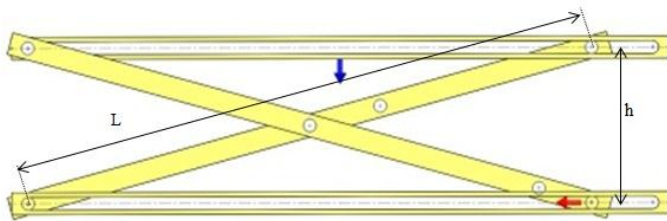


a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
300	150	18748	450	306	68



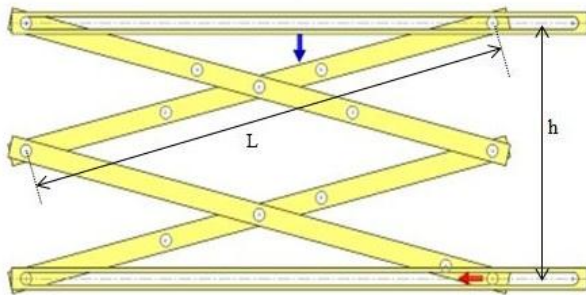
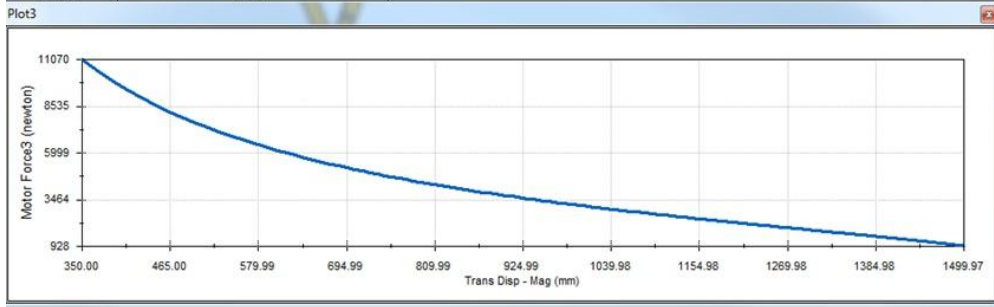
a (mm)	b (mm)	Kraft (N)	Längd drivenhet bottenläge inkl. axlar (mm)	Slaglängd för h max (mm)	Förhållande slaglängd, längd på drivenhet inkl axlar (%)
300	100	17820	400	311	78





Last (N)	L (mm)	h min (mm)	h max (mm)
2500	1600	350	1500

Kraft (N)	Slaglängd för h max (mm)
11070	1004

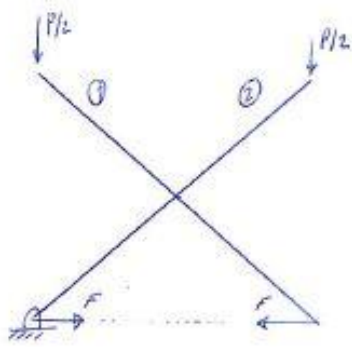


Last (N)	L (mm)	h min (mm)	h max (mm)
2500	1500	350	1500

Kraft (N)	Slaglängd för h max (mm)
42301	191

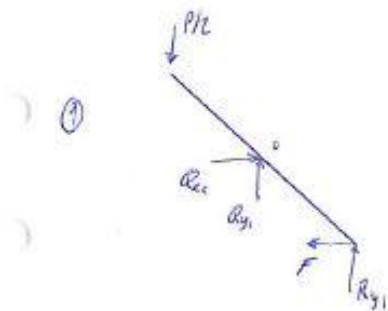
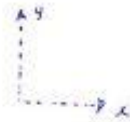


A.3 Kraftberäkning



$$P = 2500 \text{ N}$$

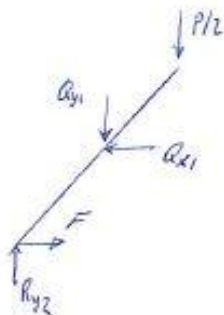
$$\theta = 12.6^\circ$$



$$(\sum F_x = 0) \quad Q_{x1} - F = 0$$

$$(\sum F_y = 0) \quad R_{y1} + Q_{y1} - P/2 = 0$$

$$(\sum \vec{M}_o = 0) \quad R_{y1} \cos \theta - F \sin \theta + P/2 \cos \theta = 0$$



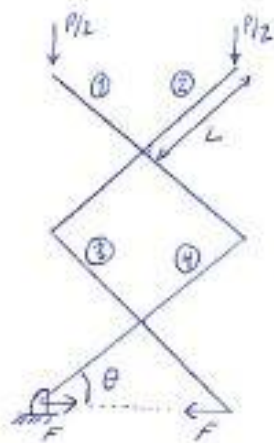
$$(\sum F_x = 0) \quad F - Q_{x1} = 0$$

$$(\sum F_y = 0) \quad R_{y2} - Q_{y1} - P/2 = 0$$

$$(\sum \vec{M}_o = 0) \quad F \sin \theta - R_{y2} \cos \theta - P/2 \cos \theta = 0$$

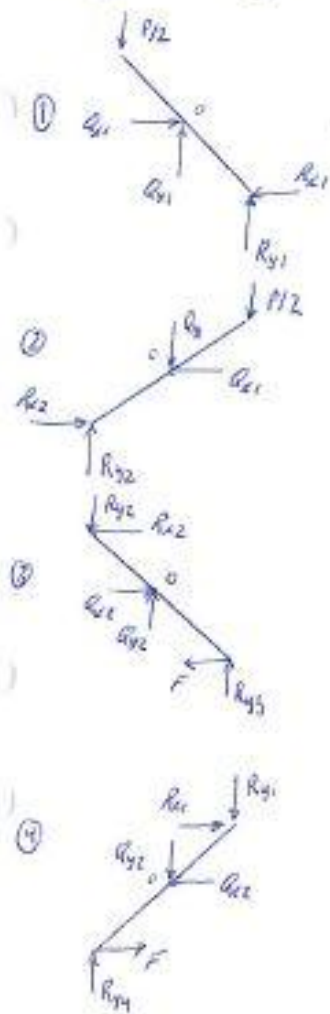
$$F = 11184 \text{ N}$$

$$\text{SolidWorks } F = 11070 \text{ N}$$



$$P = 2500 \text{ N}$$

$$\theta = 67^\circ$$



$$(\sum F_x = 0) \quad Q_{x1} - R_{x1} = 0$$

$$(\sum F_y = 0) \quad R_{y1} + Q_{y1} - P/2 = 0$$

$$(\sum \vec{M}_o = 0) \quad R_{y1} \cos \theta - R_{x1} \sin \theta + P/2 \cos \theta = 0$$

$$(\sum F_x = 0) \quad R_{x2} - Q_{x1} = 0$$

$$(\sum F_y = 0) \quad R_{y2} - Q_{y1} - P/2 = 0$$

$$(\sum \vec{M}_o = 0) \quad R_{x2} \sin \theta - R_{y2} \cos \theta - P/2 \cos \theta = 0$$

$$(\sum F_x = 0) \quad Q_{x2} - R_{x2} - F = 0$$

$$(\sum F_y = 0) \quad R_{y3} + Q_{y2} - R_{y2} = 0$$

$$(\sum \vec{M}_o = 0) \quad R_{x2} \sin \theta + R_{y2} \cos \theta + R_{y3} \cos \theta - F \sin \theta = 0$$

$$(\sum F_x = 0) \quad F + R_{x1} - Q_{x2} = 0$$

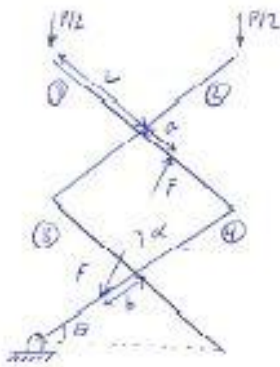
$$(\sum F_y = 0) \quad R_{y4} - Q_{y2} - R_{y1} = 0$$

$$(\sum \vec{M}_o = 0) \quad F \sin \theta - R_{x1} \sin \theta - R_{y1} \cos \theta - R_{y4} \cos \theta = 0$$

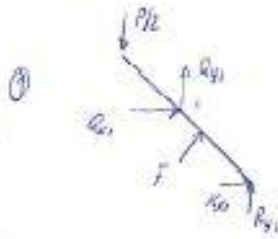
$$\vdots$$

$$F = 42563 \text{ N}$$

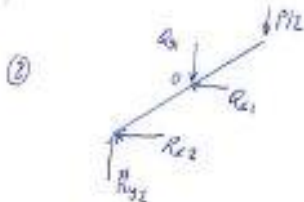
Schiedwerks $F = 42301 \text{ N}$



$P = 2500 \text{ N}$
 $L = 0.95 \text{ m}$
 $a = 0.3 \text{ m}$
 $b = 0.2 \text{ m}$
 $\theta = 67^\circ$
 $\alpha = 18.2^\circ$



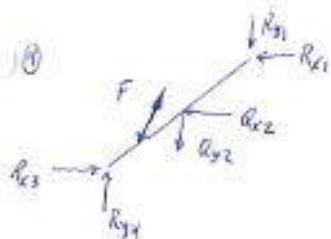
$$\begin{aligned}
 (\sum F_x = 0) \quad R_{1x} + F \sin \alpha + R_{2x} - P/2 &= 0 \\
 (\sum F_y = 0) \quad R_{1y} + F \sin \alpha + R_{2y} - P/2 &= 0 \\
 (\sum M_o = 0) \quad R_{1x} L \sin \theta + R_{1y} L \cos \theta + F \cos \alpha \cdot a \sin \theta + F \sin \alpha \cdot a \cos \theta \\
 &\quad - P/2 \cdot L \cos \theta = 0
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 (\sum F_x = 0) \quad R_{2x} + R_{3x} &= 0 \\
 (\sum F_y = 0) \quad R_{2y} - R_{3y} - P/2 &= 0 \\
 (\sum M_o = 0) \quad -R_{2x} \sin \theta - R_{2y} \cos \theta - P/2 \cos \theta &= 0
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 (\sum F_x = 0) \quad R_{2x} + R_{4x} &= 0 \\
 (\sum F_y = 0) \quad R_{3y} + R_{4y} - R_{3y} &= 0 \\
 (\sum M_o = 0) \quad R_{3x} \cos \theta + R_{3y} \sin \theta - R_{4x} \sin \theta &= 0
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 (\sum F_x = 0) \quad R_{4x} + F \cos \alpha - R_{1x} - R_{1x} &= 0 \\
 (\sum F_y = 0) \quad R_{4y} - F \sin \alpha - R_{1y} - R_{1y} &= 0 \\
 (\sum M_o = 0) \quad R_{4x} L \sin \theta - R_{4y} L \cos \theta - F \cos \alpha \cdot b \sin \theta + F \sin \alpha \cdot b \cos \theta \\
 &\quad + R_{1x} L \sin \theta - R_{1y} L \cos \theta = 0
 \end{aligned}$$

$F = 19661 \text{ N}$

SolidWorks $F = 19588 \text{ N}$

Bilaga B - Optimering av placering för ställdon

B.1 Kod Matlab

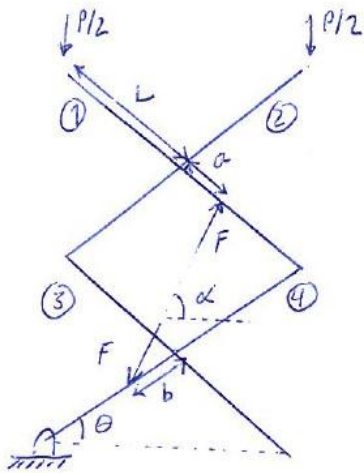
```
L=0.7;
P=2500;
h_min=0.35;
h_max=1.35;
theta=asin(h_min/(4*L));
beta=asin(h_max/(4*L));
F=zeros(L*1000,L*1000);
for i=1:L*1000
    a=i/1000;
    for j=1:L*1000
        b=j/1000;
        alfa=acos((a+b)*cos(theta)/sqrt(((a+b)*cos(theta))^2+((2*L-a+b)*sin(theta))^2));
        F(i,j)=(2*L*P*cos(theta)/(b*sin(alfa-theta)+L*sin(alfa+theta)-2*L*cos(alfa)*sin(theta)));
        if sqrt(((a+b)*cos(beta))^2+((2*L-a+b)*sin(beta))^2)-sqrt(((a+b)*cos(theta))^2+((2*L-a+b)*sin(theta))^2)>0.6*sqrt(((a+b)*cos(theta))^2+((2*L-a+b)*sin(theta))^2)
            F(i,j)=inf;
        end
        if (2*L*P*cos(theta)/(b*sin(alfa-theta)+L*sin(alfa+theta)-2*L*cos(alfa)*sin(theta)))<0
            F(i,j)=inf;
        end
        if sqrt(((a+b)*cos(beta))^2+((2*L-a+b)*sin(beta))^2)-sqrt(((a+b)*cos(theta))^2+((2*L-a+b)*sin(theta))^2)<0.100
            F(i,j)=inf;
        end
    end
end

%Utvärdering, 10 st minimum
U=F;
ab=zeros(2,10);
kraft=zeros(1,10);
for k=1:10
    [min_kolumn,m]=min(U);
    [min_rad,n]=min(min_kolumn);
    m=m(1,n);
    ab(1,k)=m;
    ab(2,k)=n;
    kraft(1,k)=min_rad;
    U(m,n)=inf;
    a=ab(1,k)/1000;
    b=ab(2,k)/1000;
    langd=sqrt(((a+b)*cos(theta))^2+((2*L-a+b)*sin(theta))^2);
    slaglangd=sqrt(((a+b)*cos(beta))^2+((2*L-a+b)*sin(beta))^2)-sqrt(((a+b)*cos(theta))^2+((2*L-a+b)*sin(theta))^2);

    fprintf('Kraft %g\n',kraft(1,k));
    fprintf('Slaglängd %g\n',slaglangd);
    fprintf('Längd drivenhet %g\n',langd);
    fprintf('Inpassningsmått %g\n',a+b);
    fprintf('Avstånd a %g\n',a);
    fprintf('Avstånd b %g\n',b);
    fprintf('-----\n\n')
```

end

B.2 Data optimering



$L=0.7\text{m}$

$P=2500\text{ N}$

$\Theta=7,2\text{ grader (}h=0,35\text{m)}$

Kraft 10583.6

Slaglängd 0.44129

Längd drivenhet 0.735569

Inpassningsmått 0.693

Avstånd a 0.001

Avstånd b 0.692

Kraft 10590

Slaglängd 0.441183

Längd drivenhet 0.736541

Inpassningsmått 0.694

Avstånd a 0.001

Avstånd b 0.693

Kraft 10596.4

Slaglängd 0.441077

Längd drivenhet 0.737513

Inpassningsmått 0.695

Avstånd a 0.001

Avstånd b 0.694
