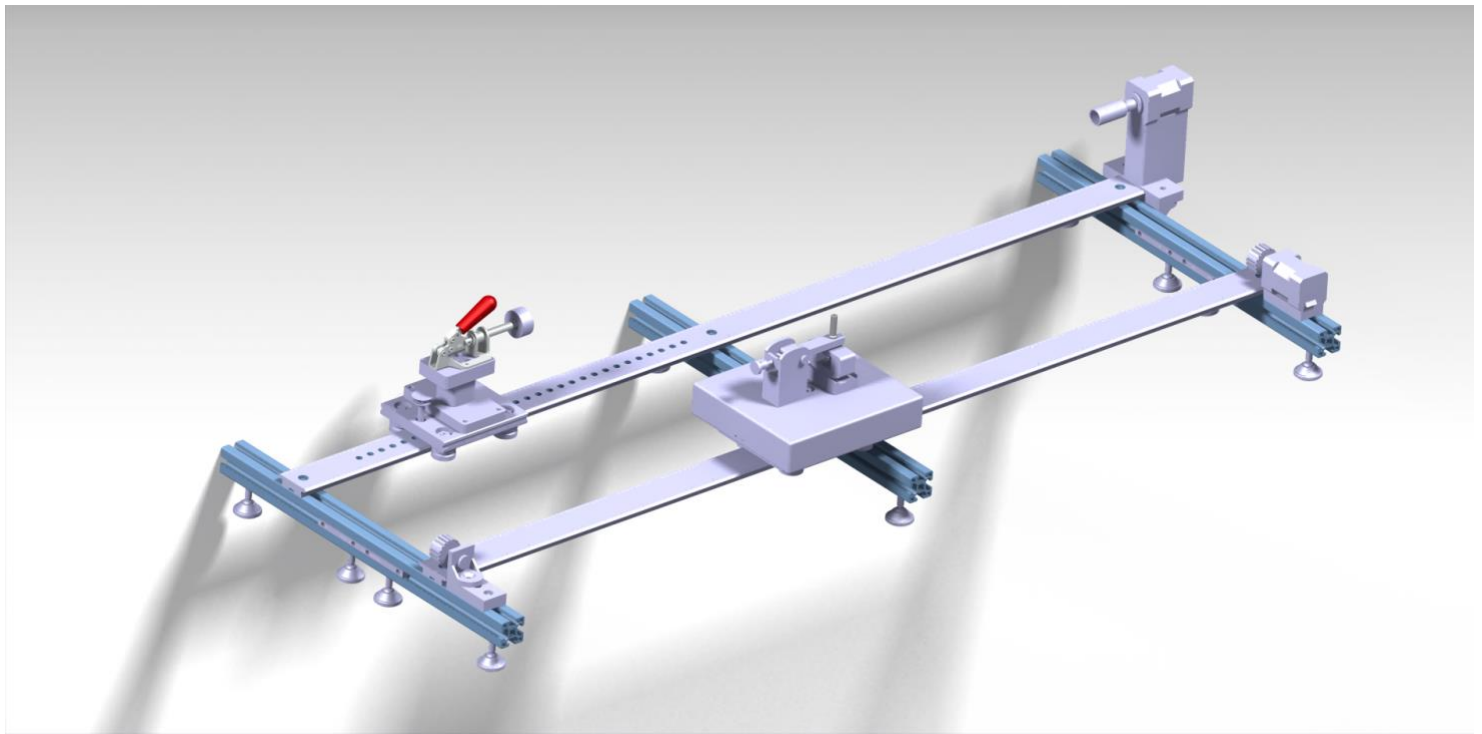




CHALMERS



# Konstruktion av lindningsmaskin

För lindning av innebandyklubbor

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Johan Arvidsson  
Jesper Penndal

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)

## Förord

Detta examensarbete är utfört hos Habo Plast för varumärket Jolly och avhandlas i denna rapport. Arbetet är utfört under våren 2021 av Johan Arvidsson och Jesper Penndal. Totalt omfattas examensarbetet av 15 högskolepoäng per person för högskoleingenjörsexamen (180 högskolepoäng) som en avslutande del av Maskiningenjörsprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola under institutionen Industri- och materialvetenskap.

Vi vill först rikta ett tack till vår handledare Andreas Grennvall tillsammans med medarbetare från Jolly för att vi fått denna chans och för all hjälp och vägledning vi fått under arbetets gång. Ett tack riktas även till vår handledare Kjell Melkersson, Tekniklektor vid institutionen Industri- och Materialvetenskap. Kjell har bidragit med engagemang och rådgivning under arbetet. Slutligen ett tack till Göran Stigler, Forskningsingenjör vid Industri- och materialvetenskap, som tillhandahållit med expertis kring och tillverkning av 3D-printing.

## Sammanfattning

Rapporten är en sammanställning av de resultat som framkommit under utvecklingen av en ny lindningsmaskinen för att linda innebandyklubbor. Arbetet är utfört hos varumärket Jolly, som tillhör Habo Plast Aktiebolag. Målet för Habo Plast är att öka försäljningen av Jollys innebandyklubbor och därmed också utveckla en ny och tidseffektiv produktionslina. Den maskin som används idag för att linda innebandyklubbor har brister och en ny maskin behöver konstrueras för att kunna bli en del av den nya produktionslinan.

Arbetet startades med att genomföra en grundlig analys av den befintliga maskinen, vilket genererade en förståelse för vad som krävs av den nya maskinen. Med hjälp av detta underlag kunde flera koncept genereras och ett slutgiltigt koncept konstrueras.

Det valda konceptet består till stor del av standardkomponenter, samt en del unika detaljer som utvecklats under arbetets gång. Konceptet fungerar genom att klubbskäftet spänns fast manuellt i anslutning till en elmotor, vilket möjliggör en rotation av klubbskäftet. Efter klubbskäftet fixerats i maskinen krävs det att operatören lindar knoppen av innebandyskäftet manuellt. Därefter fästs innebandylindan i en lindhållare som ser till att lindan appliceras på innebandyskäftet med specifik dragspänning samt stigningsvinkel. När lindan är fastspänd i maskinen sker lindningsprocessen automatiskt tack vare att lindhållaren är kopplad till en kuggrem som drivs av en elmotor. Då klubbskäftet har roterat ett specifikt antal varv stannar maskinen och lindningsprocessen är färdig.

Det konstruerade konceptet lindar innebandyklubbor mer tidseffektivt och med bättre kvalitet. Det blir också säkrare för operatören att linda innebandyklubbor. Det slutgiltiga konceptet har visualiserats med en CAD-modell och för att realisera konceptet krävs ytterligare vidareutveckling.

## Abstract

The report is a compilation of the results that emerged during the development of a new winding machine for winding grip tape on floorball sticks. The work was carried out in cooperation with the brand Jolly, which belongs to Habo Plast AB. The goal for Habo Plast is to increase sales of Jolly's floorball sticks and thereby also develop a new and time-efficient production line. The machine used today for wrapping floorball sticks has deficiencies and a new machine needs to be designed to be well suited with the new production line.

The work started with a thorough analysis of the existing machine, which generated an understanding of which requirements are needed for the new machine. With the results from this analysis, several concepts could be generated, and a final concept was constructed.

The chosen concept largely consists of standard components, as well as some unique details that have been developed during the development process. The concept works by manually fixate the club shaft in the machine. The club shaft is connected to an electric motor, which enables a rotation of the club shaft. After the club shaft is fixed in the machine, the operator is required to manually wrap the knob of the floorball shaft with the grip tape. The grip tape is then attached to a tape holder which ensures that the grip tape is applied to the floorball stick with a specific tensile force and a pitch angle. When the grip tape is clamped in the machine, the winding process takes place automatically thanks to the tape holder being connected to a drive belt driven by an electric motor. When the club shaft has rotated a specific number of rotations, the machine comes to a halt and the winding process is completed.

The constructed concept wraps floorball sticks more time-efficiently and with higher quality. It will also be safer for the operator to wrap floorball sticks with the chosen concept. The final concept has been visualized with a CAD-model and further development is required before the machine can be manufactured and assembled.

## Ordlista

Linda – Grepplinda som används på innebandyskaft för att ge konsumenten ett bättre grepp vid användning av innebandyklubba.

Lindningsmaskin – Maskin som applicerar linda på innebandyskaft.

Lindningsprocess – Processen då lindan appliceras på innebandyskaftet.

Knopp – Toppen på innebandyskaft, motstående sida från innebandybladet.

Lindhållare – Den modul av maskinen som upprättar en dragkraft på lindan vid montering.

Originallinda – Den grepplinda som sitter monterad på innebandyklubban vid inköp av konsument.

# Innehållsförteckning

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Inledning</b>                                            | <b>1</b>  |
| 1.1 Bakgrund                                                   | 1         |
| 1.2 Syfte                                                      | 2         |
| 1.3 Avgränsningar                                              | 2         |
| 1.4 Precisering av frågeställning                              | 2         |
| <b>2. Teoretisk referensram</b>                                | <b>3</b>  |
| 2.1 Friktionskrafter                                           | 3         |
| 2.2 Stick-slip fenomenet                                       | 3         |
| 2.3 Flödesschema                                               | 4         |
| 2.4 Kraft och momentjämvikt                                    | 4         |
| <b>3. Metod</b>                                                | <b>5</b>  |
| 3.1 Analys av befintlig maskin                                 | 5         |
| 3.2 Funktionsstruktur                                          | 5         |
| 3.3 Kundbehovsanalys                                           | 5         |
| 3.4 Analys av marknaden                                        | 5         |
| 3.5 Initial & slutgiltig kravspecifikation                     | 5         |
| 3.6 Konceptgenerering                                          | 6         |
| 3.7 Konceptval                                                 | 6         |
| 3.8 Flödesschema                                               | 6         |
| 3.9 CAD-modell                                                 | 6         |
| 3.10 Prototyper                                                | 6         |
| <b>4. Resultat från förstudier och analyser</b>                | <b>7</b>  |
| 4.1 Analys av befintlig maskin                                 | 7         |
| 4.2 Analys av marknaden                                        | 8         |
| <b>5. Presentation av slutgiltigt koncept</b>                  | <b>9</b>  |
| 5.1 Fullständig CAD-modell                                     | 9         |
| 5.1.1 Presentation av Maskinramen                              | 11        |
| 5.1.2 Presentation av Rotationssystemet                        | 13        |
| 5.1.3 Presentation av Translationssystemet                     | 15        |
| <b>6. Funktion och processbeskrivning av utvecklat koncept</b> | <b>18</b> |
| Funktionsstruktur                                              | 18        |
| Flödesschema                                                   | 19        |
| <b>7. Slutsatser</b>                                           | <b>21</b> |
| <b>8. Diskussion</b>                                           | <b>22</b> |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Referenser.....</b>                                               | <b>23</b> |
| <b>Bilagor.....</b>                                                  | <b>A1</b> |
| <i>Bilaga A – Analys av befintlig maskin .....</i>                   | <i>A1</i> |
| Processbeskrivning befintlig maskin .....                            | A1        |
| Tidmätning av processen .....                                        | A5        |
| Funktionsstruktur av befintlig maskin .....                          | A6        |
| <i>Bilaga B – Marknadsanalys .....</i>                               | <i>B1</i> |
| Kundbehovsanalys .....                                               | B1        |
| Analys av marknaden.....                                             | B5        |
| <i>Bilaga C – Sammanställning av Kravspecifikation.....</i>          | <i>C1</i> |
| Initial Kravspecifikation .....                                      | C1        |
| Uppdatering av Kravspecifikationen .....                             | C3        |
| <i>Bilaga D – Koncept.....</i>                                       | <i>D1</i> |
| Konceptgenerering.....                                               | D1        |
| Sammansättning av delkoncept .....                                   | D16       |
| Konceptval.....                                                      | D17       |
| Vidareutveckling av slutgiltigt koncept.....                         | D18       |
| <i>Bilaga E – Tester av prototyper och beräkningar.....</i>          | <i>E1</i> |
| Analys av linda .....                                                | E1        |
| Framtagning av prototyper.....                                       | E2        |
| Tester av prototyper .....                                           | E3        |
| Beräkning av translationshastighet relativt rotationshastighet ..... | E9        |
| <i>Bilaga F – Figurer och ritningar av slutkonceptet .....</i>       | <i>F1</i> |
| Fullständig sammansättning av koncept .....                          | F1        |
| Maskinramen .....                                                    | F2        |
| Rotationssystem .....                                                | F3        |
| Translationssystem.....                                              | F9        |
| <i>Bilaga G – Standardkomponenter.....</i>                           | <i>G1</i> |
| HepcoMotion .....                                                    | G1        |
| Destaco.....                                                         | G5        |
| Norelem .....                                                        | G6        |
| Sodemann.....                                                        | G8        |

# 1. Inledning

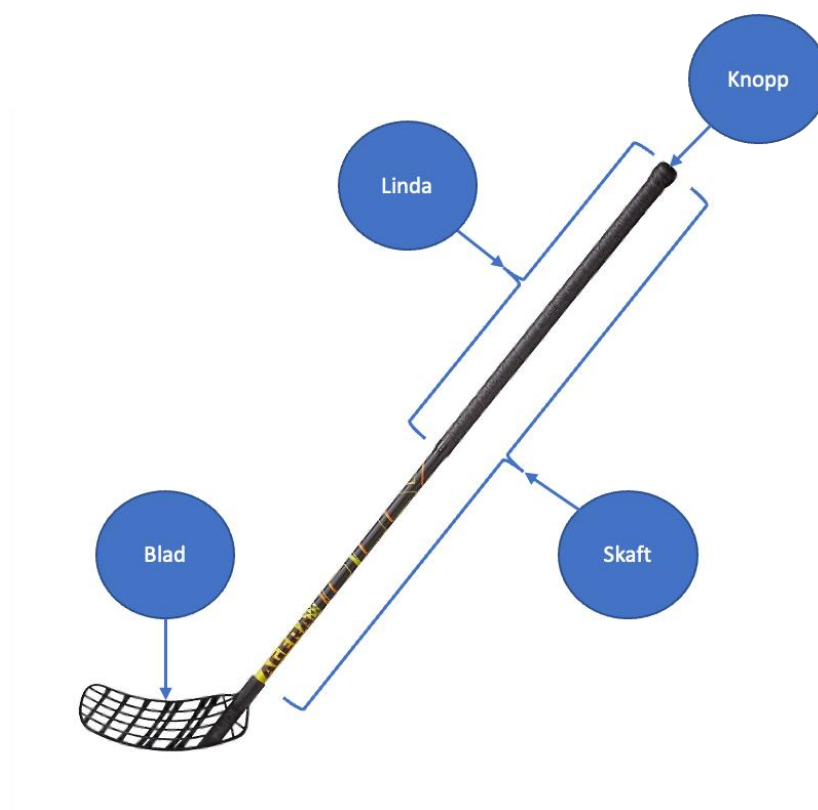
Som inledande del till detta projekt presenteras en bakgrund för att ge en helhetsbild, syfte, avgränsningar samt precisering av frågeställningar.

## 1.1 Bakgrund

Jolly är ett välkänt innebandymärke och sedan februari 2020 har företaget tagits över av nya ägare som vill göra en ny satsning på Jolly. Om företaget skall öka sin försäljning av innebandyklubbor måste också tillverkningsprocessen effektiviseras. Därmed vill företaget lägga fokus på att utveckla en ny effektiv produktionslina. En viktig del i detta blir att utveckla en ny maskin som lindar innebandyklubborna med en grepplinda. Maskinen som används i dagsläget fungerar väl och lindar klubban med en acceptabel kvalitet. Däremot är maskinen föråldrad då den är onödigt stor och tar för mycket plats i produktionen samt att maskinen inte är användarvänlig för operatören.

Maskinen är i dagsläget också helt beroende av det manuella arbetet som utförs av operatören samt att kvalitén på den lindade innebandyklubban kan variera beroende på vem som sköter lindningsprocessen och hur noggrann operatören applicerar lindan på klubban.

För att ge en förståelse kring hur Jollys grepplinda och innebandyklubba ser ut visualiseras detta i figur 1 nedan, med positionsballonger som visar innebandyklubbans olika delar.



Figur 1 Innebandyklubba från Jolly med positionsballonger  
Hämtad från <https://jollyfloorball.com/product/agera/> (2021)

Innebandyklubban från Jolly består av fyra olika delar, knopp, linda, skaft och blad. Knoppen på innebandyklubban består av en plastdetalj som är monterad längst upp på skaftet. Lindan appliceras runt knoppen och skaftet på innebandyklubban en viss längd. I änden på skaftet placeras innebandyklubbans blad.

Grepplindor för innebandyklubbor köps in i färdigkapade längder om 215 cm. Bredden på grepplindorna är 25 mm och ovansidan består av en gummiblandning som skall ge användaren ett ökat grepp. På undersidan av lindan sitter skyddstejp som avlägsnas när grepplindan skall fästas på skaftet. Grepplindan fixeras på skaftet med hjälp av ett klister som sitter på grepplindans undersida. Då skaftet på innebandyklubban är koniskt krävs det att grepplindan läggs an mot skaftet med en stigningsvinkel.

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att generera ett bättre koncept på en maskin som skall kunna ersätta den nuvarande lindningsmaskinen. Därmed bör processen för att linda en innebandyklubba bli mer tidseffektiv och säkrare för maskinoperatören.

Framförallt skall resultatet av en lindad innebandyklubba vara identisk för varje klubba. Det betyder att längden linda som appliceras på klubban bör vara identiska för givna längdintervall på innebandyskaften. För att uppnå detta krävs det en maskin som har delvis automatiserade funktioner. Det finns dock inget behov av att sammanställa en maskin som är helt automatiserad då resterande del av dagens produktionslina inte är detta.

För att maskinen ska passa in i nästa generations produktionslinje skall den även ha en tilltalande design. Därmed kommer projektets fokus ligga på att ta fram en maskin som är mer kompakt än dagens maskin och inte tar upp lika mycket plats i en produktionslina.

## 1.3 Avgränsningar

- Då arbetet genomförs under en begränsad tid har fokus legat på att skapa en helhetslösning på konceptnivå.
- Det slutgiltiga koncept som skapats är en maskin som kräver en operatörs manuella arbete, det vill säga en maskin som har automatiska funktioner men som inte är helt automatiserad.
- Det slutgiltiga konceptet kommer att kräva el- och reglerkomponenter som idag finns att köpa på marknaden. Dessa komponenter har diskuterats men specifika varumärken och modeller har ej valts. Vad som krävs av de tilltänka komponenterna har avhandlats.

## 1.4 Precisering av frågeställning

Frågeställningen för detta examensarbete är enligt följande:

- Varför är dagens maskin inte tillräckligt effektiv sett till produktionen?
- Vilka funktioner måste uppfyllas för att konceptet skall vara genomförbart och generera en bättre maskin, än den som finns idag?
- Vilka parametrar tycker innebandyspelare är viktiga sätt till applicering av linda på innebandyklubba?
- Vilka krav och önskemål ställs på den nya maskinen?
- Vad talar för/emot ett bra eller dåligt koncept?
- Hur skall dessa funktioner realiseras?
- Hur ska designen på maskinen se ut?
- Kommer det slutgiltiga konceptet minska processtiden för att linda en innebandyklubba?

## 2. Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras de teorier som använts i samband med utvecklingen av den nya lindningsmaskinen.

### 2.1 Friktionskrafter

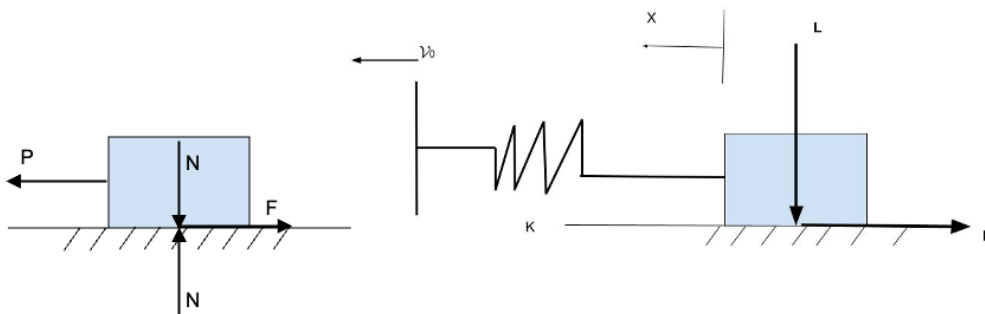
Den statiska friktionskraften kan uppstå mellan ett plan och ett block, enligt figur 2a, där normala kraften  $N$ , dragkraften  $P$  och friktionskoefficienten  $\mu$  resulterar i en statisk friktionskraft när systemet är i vila. Det innebär att dragkraften och friktionskraften är lika stora. Vid gränsen till begynnande glidning blir friktionskraften,

$$F_s = \mu_s * N$$

där  $\mu_s$  är den statiska friktionskoefficienten och  $N$  är normalkraften. Den dynamiska friktionskraften genereras när systemet istället börjar röra på sig. Den dynamiska friktionskraften kan då beräknas med hjälp av formeln,

$$F_f = \mu_k * N$$

där  $\mu_k$  är glidfriktionskoefficienten (Jansson, Grahn, & Enelund, 2018).



Figur 2a Modell som visualiserar Friktionskrafter, Figur 2b Modell som visualiserar Stick-slip-fenomenet

### 2.2 Stick-slip fenomenet

Stick-slip fenomenet uppstår när två solida kroppar glider mot varandra där friktionstalet är hastighetsberoende. För att schematiskt visa hur stick-slip fenomenet fungerar används ofta en modell med en fjäder och ett block, detta kan ses i figur 2b. I modellen drar fjädern i blocket med en hastighet  $v_0$ , då fjädern har en fjäderkonstant  $K$ . Blocket utsätts för en last  $L$  vilket leder till att friktionskraften  $F$  uppstår.

I första stadiet när blocket utsätts för en dragkraft ifrån fjädern kommer blocket att stå stilla ”stick”, det leder till att fjädern dras ut och lagrar energi. När dragkraften sedan överstiger den statiska friktionskraften kommer ett plötsligt ”slip” uppstå då kommer fjädern kontrahera, vilket innebär att en del av den lagrade kraften i fjädern frigges. Det är detta som ger upphov till stick-slip fenomenet.

För att studera stick-slip fenomenet teoretiskt, så kan det antas att det bara existerar två friktionskrafter, statisk friktionskraft  $F_s$  och en längre dynamisk friktionskraft  $F_f$  (Li, Zhong, Lin, & Klaus, 2008).

## 2.3 Flödesschema

Ett flödesschema är ett grafiskt verktyg som används för att dokumentera en rad operationer, exempelvis händelser och funktioner. Flödesscheman används för att kommunicera från en person till en annan, tidsföljden för olika händelser och funktioner. Sådana sekvenser omfattar en process som tar indata och producerar utdata. För att koppla samman flödet av de olika operationerna används pilar och konturer.

Flödesscheman kan beskriva olika processer och användas för olika syften. Exempelvis kan flödesscheman användas för att beskriva datorprocesser, där en dator omvandlar ett inputvärde och genererar ett outputvärde. Därmed kan flödesschema också användas för att generera koncept för olika algoritmer som används i datorprocesser. Ett flödesschema kan också beskriva hur ett beslut hos en organisation eller företag skall genomföras. Om ett problem uppstår kan flödesschemat visualisera vilket beslut som ska tas för att åtgärda problemet på bästa sätt.

Eftersom flödesschemat visualiserar alla operationer och hur det påverkar utdata, kan det användas för att hitta brister och flaskhalsar inom specifika processer (Chapin, 2003).

## 2.4 Kraft och momentjämnvikt

Om ett föremål skall vara i jämnvikt krävs det att summan av alla kraftmoment kring en vald axel är lika med noll. Kraftmomenten  $M$  bestäms av formeln:

$$M = F * l$$

där  $F$  är den anbringade kraften och  $l$  är vinkelräta avståndet från kraften till axeln. Kraftmomentets riktning är antingen positiv eller negativ beroende på om det medför en med- eller moturs rotation kring rotationspunkten.

Newtons första lag kan användas i samband med flera krafter då ett föremål har en konstant hastighet eller står stilla. Det medför att summan av alla krafter i x, y eller z led alltid är lika med noll. Därmed går det att räkna ut värdet på en okänd kraft med hjälp av Newtons första lag (Jansson, Grahn, & Enelund, 2018).

## 3. Metod

I detta kapitel redovisas hur projektet har genomförts och vilka metoder som har använts. Detta sammanställs för att få en överblick hur produktutvecklingen har genomförts och dess sammankopplingar.

### 3.1 Analys av befintlig maskin

Som uppstart av projektet behövdes information om hur dagens maskin fungerar för att finna dess för och nackdelar. Därför genomfördes en grundlig analys av maskinen. Analysen genomfördes på plats hos Jolly där maskinen provkördes samt analyser av dess funktioner sammanställdes. Testerna som genomfördes var en komplett lindning av innebandyklubbor samt test av olika delfunktioner på maskinen för att få en bild av maskinens styrsystem. Information kring hur kvaliteten kan variera på en lindningsprocess samt hur lång tid en cykel tar att genomföra sammanställdes.

### 3.2 Funktionsstruktur

Eftersom en analys av den befintliga maskinen genomfördes, sammanställdes maskinens funktioner i en funktionsstruktur. Detta gjordes för att få en överblick kring hur funktionerna är sammankopplade med in- och utflöden. Funktionsstrukturen användes i projektet för att verifiera vad som fungerar bra med den befintliga maskinen och vad som behöver förbättras.

Efter att det slutgiltiga konceptet genererades sammanställdes en funktionsstruktur över denna. Funktionsstrukturen för det slutgiltiga konceptet kunde sedan analyseras och jämföras med funktionsstrukturen för den befintliga maskinen. För att validera att det slutgiltiga konceptet fungerar bättre och löser de funktioner som saknades hos den befintliga maskinen.

### 3.3 Kundbehovsanalys

För att få en överblick hur innebandyspelare vill ha sin innebandyklubba lindad genomfördes en kundbehovsanalys med hjälp av en digital enkät. Den digitala enkäten skickades ut till innebandyspelare som utövar sporten på olika nivåer.

Med hjälp av enkäten inkom information kring vilka parametrar en innebandyspelare tycker är viktiga vid lindning av innebandyklubbor. Detta applicerades sedan vid konstruktion av den nya lindningsmaskinen.

### 3.4 Analys av marknaden

En marknadsundersökning genomfördes för att få inspiration från marknaden. Genom att söka efter konkurrenters samt andra marknaders lösningar skapades en helhetsbild av beprövade metoder för att genomföra lindningar av olika typer. Även en patentsökning genomfördes för att ta reda på om det finns lösningar på marknaden idag som skyddas av patentlagen.

### 3.5 Initial & slutgiltig kravspecifikation

Med hjälp från Jolly skapades en initial kravspecifikation där krav och önskemål sammanställdes för den nya maskinen. Resultat från tidigare genomförda metoder; Analys av befintlig maskin, Funktionsstruktur av befintlig maskin och Kundbehovsanalys användes också som underlag för den initiala kravspecifikationen. Den initiala kravspecifikationen skapades för att verifiera och godkänna framtagna koncept. Under projektets genomförande korrigerades den initiala kravspecifikationen efter att fler tester och beräkningar genomförts. Detta resulterade i en slutgiltig kravspecifikation vars krav måste uppfyllas av den utvecklade lindningsmaskinen.

### 3.6 Konceptgenerering

Konceptgenerering genomfördes och målet var att generera varierande koncept. Under konceptgenereringen hölls kontinuerlig kontakt med handledare på Chalmers och Jolly, där koncepten diskuterades och nya idéer skapades. Till en början skapades generella koncept och helhetslösningar som fokuserar på att alla funktioner skall uppfyllas. Därefter studerades olika moduler och fler koncept skapades för varje individuell funktion. Alla koncept som genererades skissades upp med papper och penna samt förklarades med tydliga beskrivningar. För att enklare förstå hur koncepten skall fungera.

### 3.7 Konceptval

För att säkerställa att det valda konceptet var det absolut bästa konceptet att vidareutveckla sammanställdes alla koncept i en Kesselringmatris, där alla koncept jämfördes mot en ideal lösning. Genom denna metod erhöles ett slutgiltigt koncept där Jolly fick vara högst delaktiga i viktiga beslut som togs. Genom diskussion och analyser av det presenterade konceptet beslutades en vidareutveckling av konceptet. Diskussion och analys kring konceptet genomfördes noggrant för att inte gå miste om viktiga detaljer.

### 3.8 Flödesschema

När ett slutgiltigt koncept hade valts skapades ett flödesschema över alla operationer som krävs för att kraven från kravspecifikationen skall uppfyllas. I detta stadiet av projektet beslutades hur ett regelsystem ska styra och reglera den nya lindningsmaskinen.

### 3.9 CAD-modell

Det slutgiltiga konceptet konstruerades i CAD-programmet CATIA V5 för att visualisera och presentera den utvecklade lindningsmaskinen. Med hjälp av detta verktyg kunde en 3D-modell konstrueras av det slutgiltiga konceptet med specifika och betydelsefulla mått. Ritningar sammanställdes över de delar som är unika alltså inte de standardkomponenter som hämtats från leverantörer.

Med hjälp av CATIA V5 genomfördes enkla simulationer för att validera att maskinens olika delar uppfyllde specifika funktioner som krävs för att linda en innebandyklubba.

### 3.10 Prototyper

När ett specifikt delkoncept valts skapades prototyper, vilket användes för att validera att konceptet var realiserbart eller om det krävdes ytterligare vidareutveckling. Prototyperna konstruerades som CAD-modeller i CATIA V5, därefter användes 3D Printing för att skapa en fysisk prototyp.

Prototyperna genomgick tester för att validera konceptens prestanda. Testerna analyserades och slutsatserna sammanställdes som underlag för konceptutvärdering.

## 4. Resultat från förstudier och analyser

I detta kapitel presenteras resultat som framkommit efter att den befintliga lindningsmaskinen har analyserats och en marknadsanalys har genomförts. En kundbehovsanalys genomfördes, där en enkät skapades för att analysera hur innebandyspelare föredrar att linda en innebandyklubba. Resultatet från kundbehovsanalysen är sammanställt och kan ses i bilaga B.

### 4.1 Analys av befintlig maskin

I figur 3 nedan syns en bild på den befintliga maskinen som idag används för att linda innebandyklubbor hos Jolly. Lindningsprocessen sker manuellt av operatören. Processen startar med att operatören hakar fast klubbans blad i den högra änden av maskinen. Efter det slås tryckluft på vilket låser den andra änden av klubban, då är klubban helt låst och redo att lindas. Operatören styr rotationen och translationen med hjälp av pedalen som är placerad på golvet. Samtidigt håller operatören innebandylindan spänd med rätt stigningsvinkel medan lindan läggs an mot klubbans skaft. När lindan har applicerats på klubban klipper operatören av den resterande biten av lindan. Slutligen fästs lindan manuellt på nedre delen av klubb skaftet med eltejp. En mer noggrann beskrivning av lindningsprocessen och en funktionsstruktur av den befintliga maskinen kan ses i bilaga A.



*Figur 3 Bild på maskinen som används av Jolly för att linda innebandyklubbor*

Efter noggrant genomförda analyser och diskussioner med Jolly av den befintliga maskinen uppmärksammades en del problem som den nya maskinen måste eliminera. Ett av problemen är att dagens maskin drivs av en stor tre-fasmotor vilket är onödigt då det inte krävs den mängd energi som genereras i en tre-fasmotor för att linda en innebandyklubba. Ett till behov som Jolly har är att det skall gå att linda innebandyklubbor utan att bladet är monterat på skaftet, vilket inte fungerar i dagens maskin.

När operatören lindar innebandyklubbarna i dagens maskin måste operatören hålla lindan spänd med egen handkraft, ta bort skyddstejpen från lindan och samtidigt lägga an lindan med rätt stigningsvinkel. Detta kan vara svårt att göra samtidigt, samt att det sliter på operatörens händer. Därmed måste det existera en lösning för detta hos den nya maskinen.

När innebandyklubban är färdiglindad slutar klubban att translatera, men det finns inget som indikerar hur långt lindan har applicerats på skaftet vilket medför att klubbor med samma längd kan ha olika längd på lindningen. Det tar också lång tid för operatören att klippa av den sista delen på lindan när skaftet är färdiglindat. Dessa två problem bör den nya maskinen också kunna eliminera.

En fullständig kravspecifikation på vad den nya maskinen skall uppfylla för funktioner kan ses i bilaga C.

## 4.2 Analys av marknaden

En marknadsanalys genomfördes för att hitta inspiration till nya koncept. Eftersom innebandy globalt sett är en liten sport, är det svårt att hitta information kring hur andra företag lindar sina innebandyklubbor. Dock finns det andra tillverkningsprocesser där de funktioner som krävs för att linda en innebandyklubba används för andra typer av ändamål.

En process som undersöks är lindningen av badminton- och tennisracketar. Denna process liknar processen för den befintliga maskinen som används av Jolly idag. Dock är det en betydligt enklare lindningsprocess då badminton och tennisrackets inte lindas lika långt som en innebandyklubba (HOWit'sMADE, 2019) (How Its Made, 2020).

Lindning av basebollträn undersöks då denna process också kan likna processen för att linda innebandyklubbor. För att linda basebollträn placeras skaftet på ett par rullar som ger stöd åt skaftet samtidigt som det kan rotera och lindan kan appliceras. Denna applikation skulle kunna användas för att linda innebandyklubbor, dock finns det en risk att rullarna som håller upp innebandyklubban också kan skada klubb skaftet (DSC Documentaries, 2012).

Tillverkning av kolfiberrör består oftast av en process där kolfibertråd lindas runt plaströr. Denna process liknar lindningsprocessen av en innebandyklubba och det finns många avancerade maskiner som kan tillverka kolfiberrör på detta sätt. Efter att en analys av denna marknad genomförts hittades en intressant maskin som konstruerats av en privatperson. Maskinen är konstruerad av Bryan Kevan och uppfyller samma funktioner som krävs för att linda en innebandyklubba (Kevan, 2018).

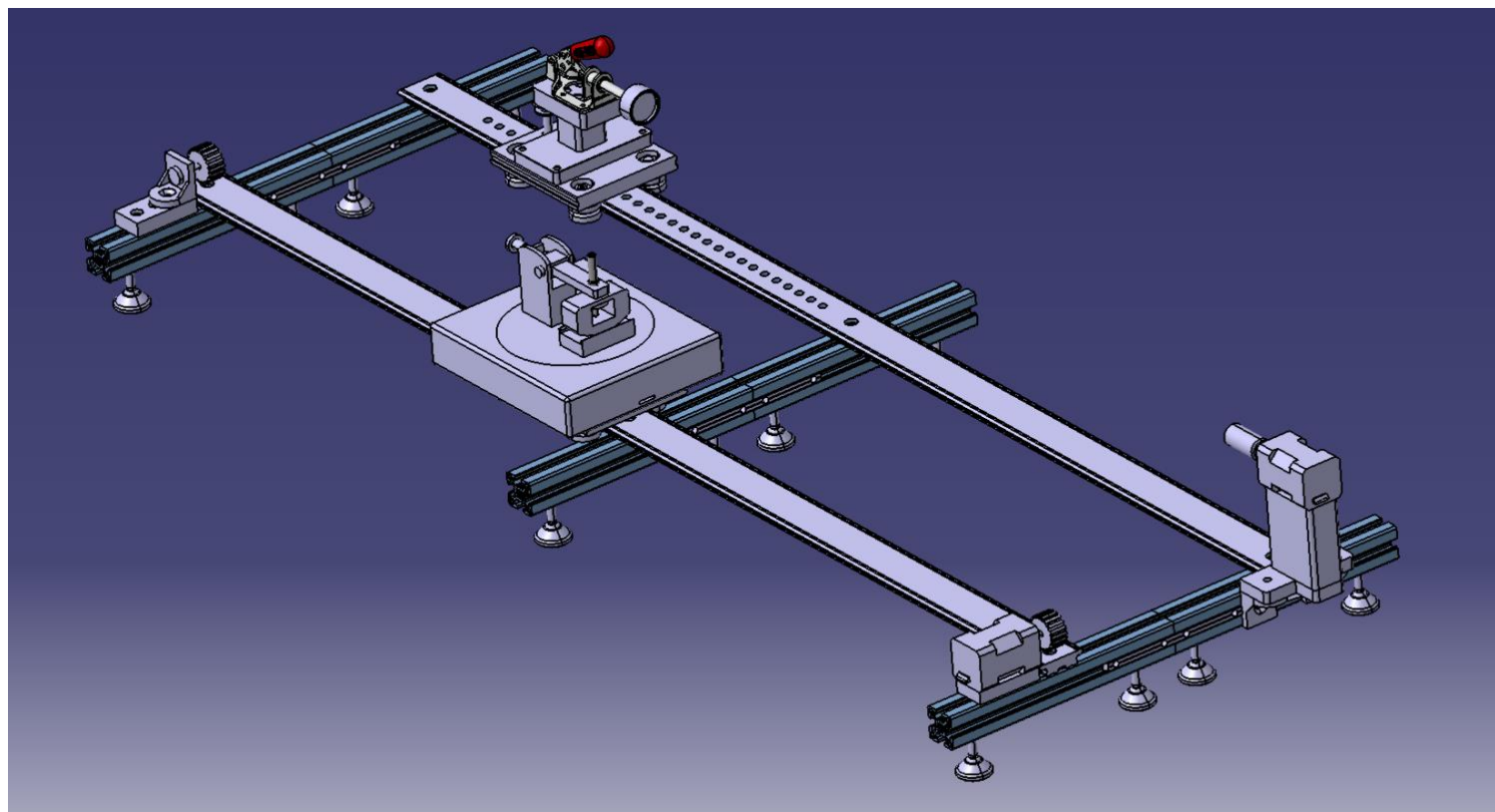
Ytterligare förklaringar och resultat av marknadsanalysen kan ses i bilaga B.

## 5. Presentation av slutgiltigt koncept

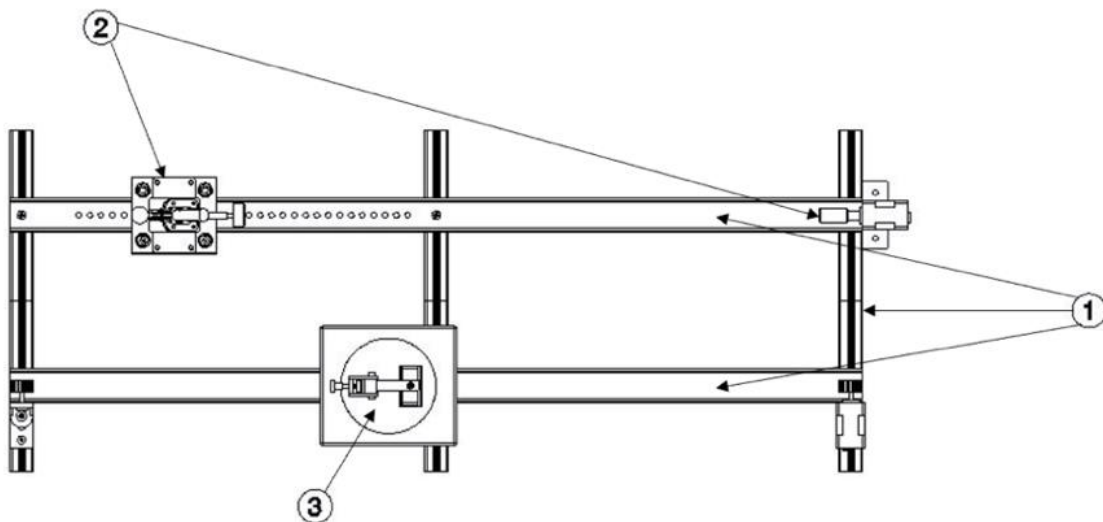
I detta kapitel presenteras det slutgiltiga konceptet och visualiserar uppbyggnaden av den nya lindningsmaskinen. För att skapa det slutgiltiga konceptet genomfördes en konceptgenerering och ett konceptval. Detta presenteras i bilaga D. Den nya maskinens olika funktioner och hur den kommer styras i praktiken har sammanställts.

### 5.1 Fullständig CAD-modell

En bild på den fullständiga CAD-modellen över den nya lindningsmaskinen kan ses i figur 4 och 5 nedan. CAD-modellen är uppbyggd i tre olika segment, maskinram 1, rotationssystem 2 och translationssystem 3. Detta visualiseras i ritningen med positionsballonger vilken indikerar vilka delar som tillhör vilket segment.



*Figur 4 CAD-modell på slutgiltigt koncept*



| Position nr. | Assembly          | Number of parts. |
|--------------|-------------------|------------------|
| 1.           | Maskinram         | 15st             |
| 2.           | Rotationsystem    | 9st              |
| 3.           | Translationsystem | 12st             |

|                                    |           |          |
|------------------------------------|-----------|----------|
| Sammansättning                     | [mm]      | 21-05-09 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Pennäl | Skala 1:9 | A4       |

Figur 5 Ritning av slutgiltigt koncept med positionsballonger

Hela maskinen är uppbyggd på en ram som består av standardkomponenter. På maskinramen är rotationssystemet placerat som används för att fixera klubbkraftet och rotera det. På maskinramen är också translationssystemet placerat som spänner fast lindan och translaterar lindan under lindningsprocessen.

Lindningsprocessen startar med att operatören fäster innebandyskaftets smalare ände i ett interface, vilket är placerat till höger på maskinen och kopplad till en elmotor. För att fixera klubban i knappens ände, förflyttar operatören vagnen som rotationsmodulen är fixerad på, fram till knoppen på innebandyskaftet. Därefter kan operatören fixera innebandyskaftet helt genom att dra åt skjutstångspännaren som är placerad på vagnen.

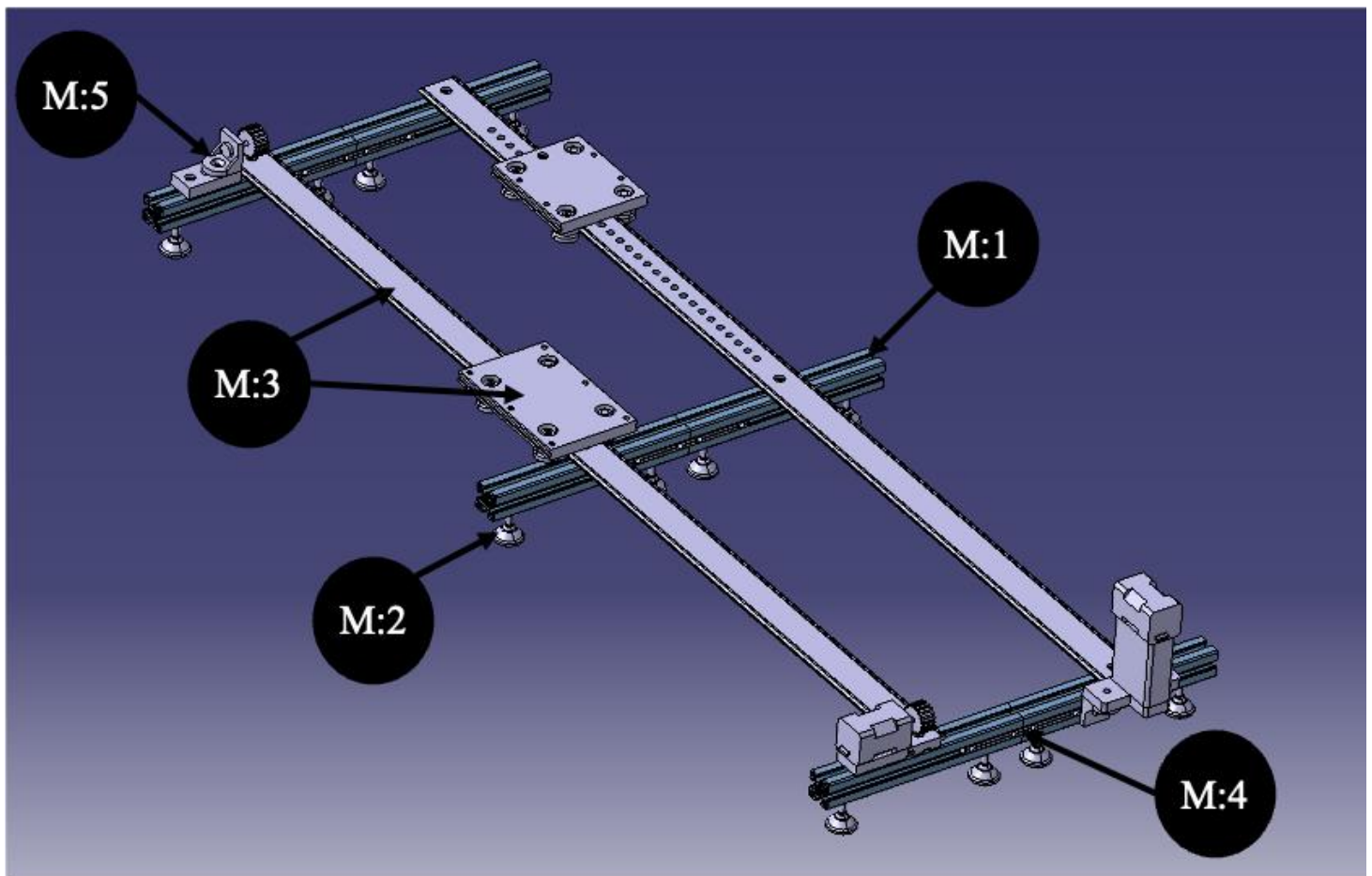
Operatören startar maskinen genom att trycka på en knapp som startar lindningsprocessen av knoppen på skaftet. Då roterar elmotorn klubbkraftet två varv i låg hastighet medan operatören lägger an lindan mot knoppen på skaftet. Därefter låser operatören fast lindan i translationssystemet, som sitter på en motstående skena och vagn. När knoppen är lindad och lindan har spänts fast i translationssystemet startar operatören det automatiska momentet av lindningsprocessen. Denna process startas när operatören har fyllt i hur långt på skaftet som lindan skall läggas an, samt trycker på en startknapp. Då börjar motorn rotera klubbkraftet medan lindan samtidigt börjar flytta sig horisontellt utmed skaftet. Detta genom den andra motorn vilken är kopplad till en kuggrem som i sin tur är kopplad till translationssystemet där lindhållaren är placerad. När motorn då roterar förflyttar sig kuggremmen och drar vagnen som lindhållaren är fixerad på. Då appliceras lindan automatiskt och när maskinen stannar är lindningsprocessen färdig och operatören lossar skaftet från maskinen manuellt.

För att möjliggöra att maskinen delvis skall vara portabel används T-profiler för ramen som sätts ihop med anslutningslänkar. Det innebär att man kan ta loss anslutningsvinklarna från T-profilerna och sedan flytta på den delen som håller och roterar klubbkraftet. Alltså går det att flytta en del av maskinen och linda ett innebandyskaft på annan plats än i produktionen. Dock skulle det bli svårt att få med sig hela maskinen utan större besvär. Därför måste lindan läggas an mot innebandyskaftet manuellt om lindningsprocessen skall genomföras utanför den tänkta produktionslinan.

Alla standardkomponenter och deras dimensioner kan ses i bilaga G.

#### 5.1.1 Presentation av Maskinramen

Maskinramen som maskinen är uppbyggd på, se figur 6, är sammansatt av standardkomponenter och består av sex T-profiler i aluminium M:1, tolv fötter M:2, två linjärskenor med vagnar på M:3, sex anslutningslänkar för att fixera aluminiumprofilerna M:4 samt tre vinkelfästen M:5. Ytterligare bilder på maskinramen kan ses i bilaga F. Alla standardkomponenter för maskinramen är importerade CAD-modeller från företaget HepcoMotion (<https://www.hepcotion.com/>).



Figur 6 CAD-modell av maskinramen med positionsbällor

Maskinramen är uppbyggd av sex fastskruvade T-profiler. Eftersom det är enkelt att fästa olika moduler och delar med T-profiler samt att det finns att köpa in som standardkomponenter, valdes dessa för att bygga maskinen. T-profiler finns i många olika material men eftersom det finns ett önskemål att maskinen delvis ska vara portabel, valdes T-profiler i aluminium som både är lätta och robusta.

Det krävs att maskinen har en stabil grund att stå på, därför importeras fötter från HepcoMotion. Dessa fötter är kompatibla med T-profilerna och justerbara, vilket innebär att de kan placeras varsomhelst på T-profilerna. För att det skall vara fullständigt säkert att maskinen är stabil och inga skenor eller delar böjer sig under drift används två fötter per T-profil. Alltså står maskinen på sammanlagt tolv fötter.

På maskinramen sitter även två elmotorer, vilka är konstruerade endast för att visualisera hur elmotorerna ska placeras på maskinen. Elmotorerna kan alltså komma att se annorlunda ut och ha en annan infästning, då elmotorer skiljer sig åt mellan olika modeller och leverantörer. På elmotorn som är kopplad till kuggremmen sitter ett kuggremshjul som skall överföra vridmoment från motorn till kuggremmen och på motstående sida av maskinen sitter ytterligare ett kuggremshjul som kuggremmen är i ingrepp med. Kuggremmen är monterad i urgröpningar på translationssystemet. Då motorn och kuggremmen inte har dimensionerats har kuggremshjulen konstruerats med preliminära dimensioner för en visualisering av maskinens funktioner.

För att fästa elmotorn som roterar skaftet och drivremmen i maskinramen, används tre vinkelfästen. Vinkelfästena är importerade CAD-modeller från HepcoMotion och är anpassade för att fixeras på dem valda T-profilerna.

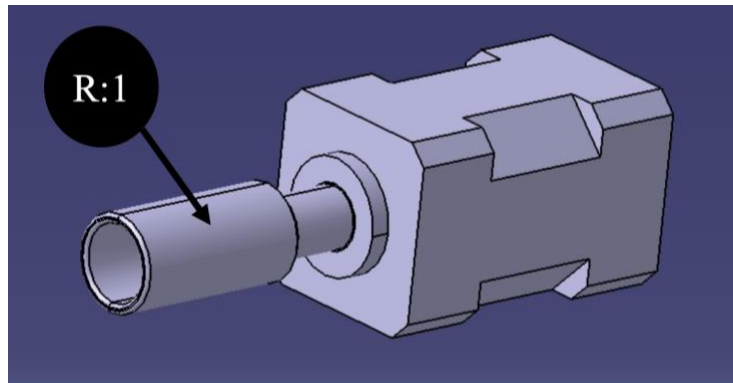
För att maskinen skall kunna klara av att linda innebandyklubbor med olika längder krävs det en fastlåsningsmodul som är justerbar i klubbkraftets riktning. Därför används en linjärstyrskena med tillhörande vagn för att enkelt förflytta fastlåsningsmodulen. Vagnen som rör sig linjärt på skenan kan fixeras i en specifik position på skenan, med hjälp av en sprint och fjäder. I vagnen och skenan är det genomgående hål, sprinten sitter i vagnens hål och trycks nedåt med hjälp av tryckkraften från en fjäder. När hålet på vagnen är centrerat med ett av hålen i skenan kommer sprinten tryckas ner genom skenans hål och på det viset låsa vagnen på skenan i ett fixerat läge. Om operatören lyfter på sprinten kan vagnen justeras och flyttas närmre eller längre ifrån klubbkraftet för att antingen fästa eller lossa klubbkraftet.

Den andra styrskenan ser ut på liknande vis då vagnen skall kunna flytta modulen som spänner lindan. Denna modul ska inte kunna fixeras i ett specifikt läge på skenan varmed inga genomgående hål i skenan eller vagnen finns. Däremot är vagnen längre än den vagn som används för att fixera klubbkraftet, eftersom modulen som används för att spänna lindan är betydligt större.

För att fästa de båda linjärstyrskena med T-profilerna, görs ett genomgående försänkt hål i mitten och på ändarna av skenorna. Bägge linjärstyrskenor är importerade CAD-modeller från HepcoMotion. Varefter hålen har skapats. När maskinen skall konstrueras går det att antingen beställa färdiga skenor med färdig borrade hål, eller så bearbetas hålen i efterhand.

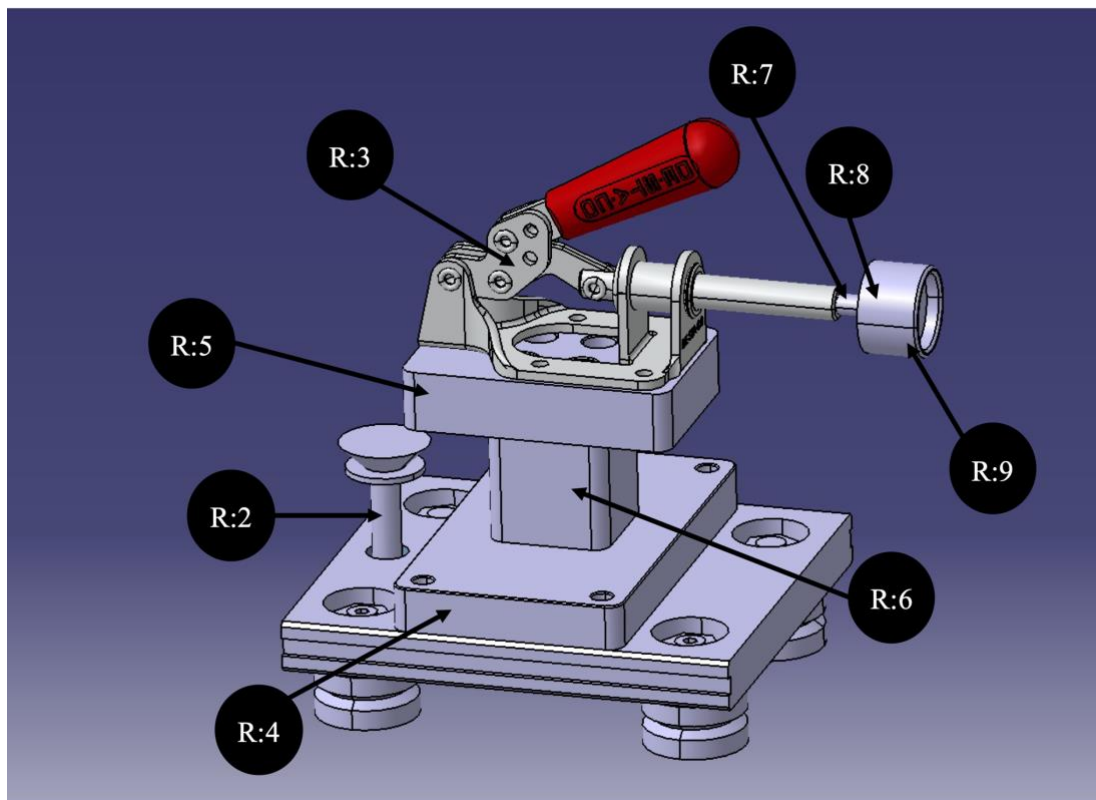
### 5.1.2 Presentation av Rotationssystemet

Rotationssystemet består av två specialkonstruerade delar. En del fixerar innebandyskaftets ände där bladet skall sitta och den andra delen spänner fast innebandyskaftets ände där knoppen sitter. Konstruktionen av delen som skall låsa fast innebandyklubban ände är konstruerade efter ett interface R:1 på innebandyskaftet som har fastställts av Jolly, se figur 7. Därmed konstruerades en interfacelåsning som matchar tvärsnittet på innebandyklubban ände. Interfacelåsningen är konstruerad och vidare beskrivning av konceptet kan ses i bilaga D. Interfacelåsningen har en axel kopplad direkt till en elmotor. Därmed kommer interfacelåsningen och klubban att börja rotera samtidigt och med samma hastighet som elmotorn.



Figur 7 CAD-modell över interface i rotationssystemet

Den delen av konstruktionen som låser fast innebandyklubban knopp kan ses i figur 8 nedan.



Figur 8 CAD-modell av rotationssystemet med positionsballonger

För att fixera innebandyskaftets ände vid knoppen, måste först vagnen låsas fast på styrskenan vilket görs med hjälp av en sprint R:2. Därefter kan klubban spännas fast med hjälp av en skjutstångspännare R:3, vilken skapar en axial tryckkraft och då låser fast klubbans skaft. Skjutstångspännaren i CAD-modellen är en importerad CAD-modell från företaget Destaco (<https://destaco.se/>).

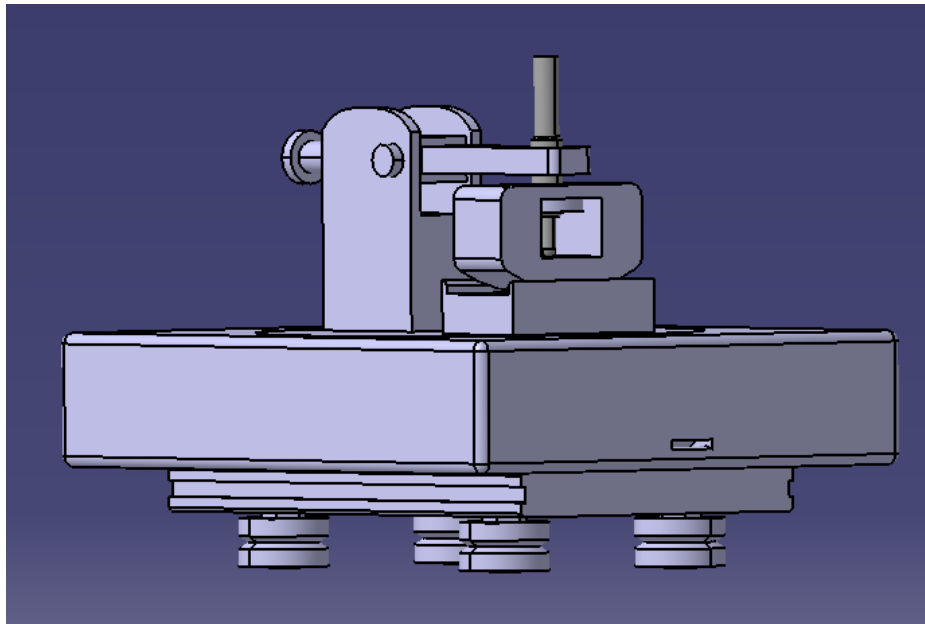
Två klossar har konstruerats för att fästa skjutstångspännaren på vagnen. En kloss R:4 är anpassad för att fästas på styrskenans vagn och den andra klossen R:5 är anpassad för att den valda skjutstångspännaren skall få plats samt ej begränsa maskinens funktionalitet. Mellan dessa klossar sitter ytterligare en kloss R:6 vars funktion är att höja upp skjutstångspännaren för att klubb skaftet inte ska riskera att skrapas mot något under lindningsprocessen.

Till skjutstångspännaren finns en stång R:7 som är dimensionerad efter kolven som löper längs skaftet vid uppspanning av spännaren. Stången har en yttergånga i ena änden för att kunna fästas i spännarens kolv. I den andra änden på stången fixeras ett axiallager R:8 vilket krävs för att skaftet på klubban skall kunna rotera kring sin egen axel.

Runt axiallagret placeras en knopphållare R:9 vilket är den delen på maskinen som ligger an mot innebandyskaftets knopp då skaftet har fixerats i maskinen. Knopphållaren är dimensionerad för att passa på axiallagret samt klubb skaftet knopp. För att klubb skaftet inte ska riskera att lossna under lindningsprocessen är knopphållaren konstruerad med en liten upphöjd kant, vilket liknar knopphållaren som finns hos den befintliga lindningsmaskinen. Ytterligare bilder och ritningar på de delar som tillhör rotationssystemet och inte är standardkomponenter kan ses i bilaga F.

### 5.1.3 Presentation av Translationssystemet

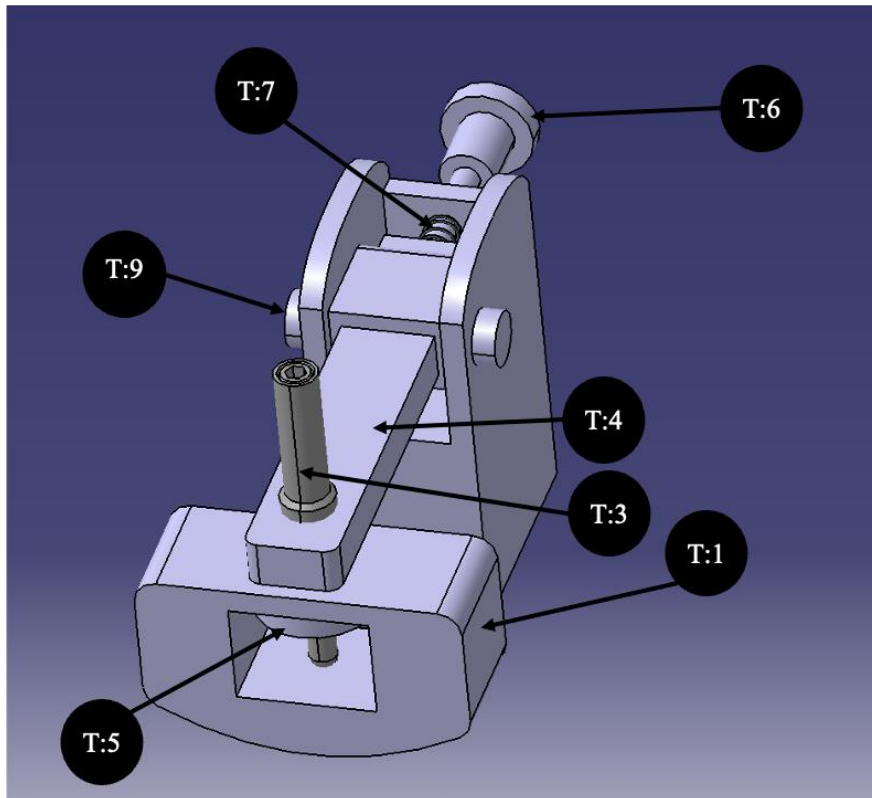
Translationssystemet består till större del av specialkonstruerade delar. Dess funktion är att hålla lindan spänd med specifik stigningsvinkel under lindningsprocessen samtidigt som lindan skall translatera från knoppen längs med skaftet mot andra änden av skaftet. Därmed har en modul konstruerats som skall uppfylla dessa funktioner och denna modul är fixerad på en vagn som kan förflytta sig på en styrskena. I botten på figur 9 ses vagnen till styrskenan, ovanpå vagnen fixeras ett schakt där resterande del av translationssystemet monteras. Modulen är dimensionerad efter Jollys innebandylinda, samt designad och konstruerad efter en prototyp vid namnet Bertil. Modulen kan ses nedan i figur 9 och figurer på prototypen Bertil och resultat från tester som genomförts på Bertil kan ses i bilaga E.



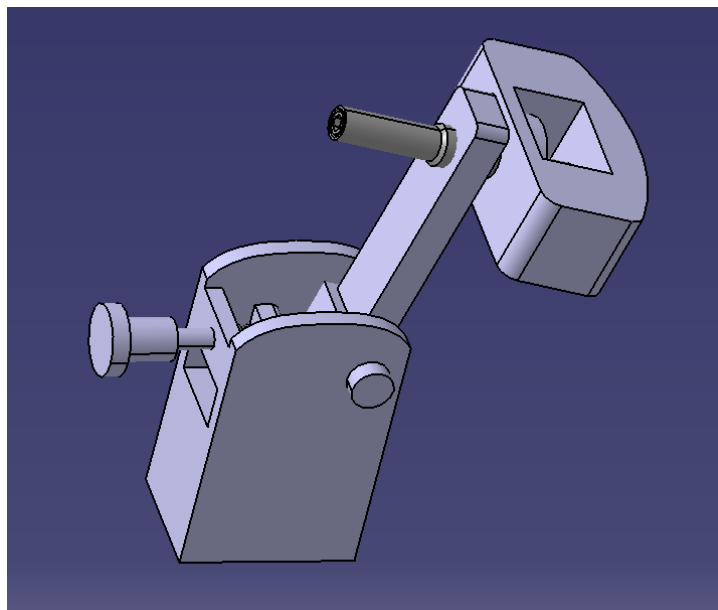
*Figur 9 CAD-modell av translationssystemet*

Den del av modulen som skall bromsa lindan under lindningsprocessen kan ses i figur 10 nedan, där positionsballonger är placerade för att indikera de olika delarna som modulen är uppbyggd av. För att lindan skall kunna läggas an mot innebandyskaftet med en specifik spännkraft placeras lindan i en underdel där den sedan trycks nedåt av en överdel T:1. Överdelen har en rundad kant för att lindan inte skall fastna i spännanordningen. Underdelen T:2 är fäst i en rotationsplatta T:8 som kan ses i figur 12. Tryckkraften som appliceras på lindan justeras med hjälp av ett fjädrande tryckstycke T:3. Denna CAD-modell har importerats från företaget Norelem (<https://norelem.se/>). Tryckstycket är fastskruvat i en arm T:4 och i ett gängat bläck T:5. Mellan armen och bläcket placeras överdelen med hjälp av ett fritt genomgående hål. Tryckstyckets höjd kan justeras vilket i sin tur justerar tryckkraftens storlek på lindan. Vid användning av denna konstruktion kommer överdelen att tryckas mot armen samtidigt som tryckfjädern kan fjädra mot överdelens insida. Med anledning av det fjädrande tryckstycket, kommer överdelen tryckas upp och låta lindan passera spåret utan att fastna i spännanordningen, om det förekommer ojämnheter på lindan. Tryckkraften på överdelen kan varieras mellan 29 N och 58 N, vilket anses tillräckligt för att ge önskad bromskraft på lindan. Det fjädrande tryckstyckets dimensioner kan ses i bilaga G och analys av den önskade bromskraften på lindan kan ses i bilaga E.

Det fjädrande tryckstycket och överdelen är sammansatt med armen T:4 som är låst med hjälp av en sprint T:6 och tryckfjäder T:7. Tryckfjädern är en standardkomponent som har importerats från företaget Sodemann (<https://www.fjadrar.se/>). För att fästa lindan i spännanordningen dras sprinten ut och armen lyfts och roteras runt axeln T:9 vilket kan ses i figur 11. När lindan sedan skall spännas fast i modulen trycks armen ner och låser denna, varvid sprinten trycks in i armen med hjälp av tryckfjädern.

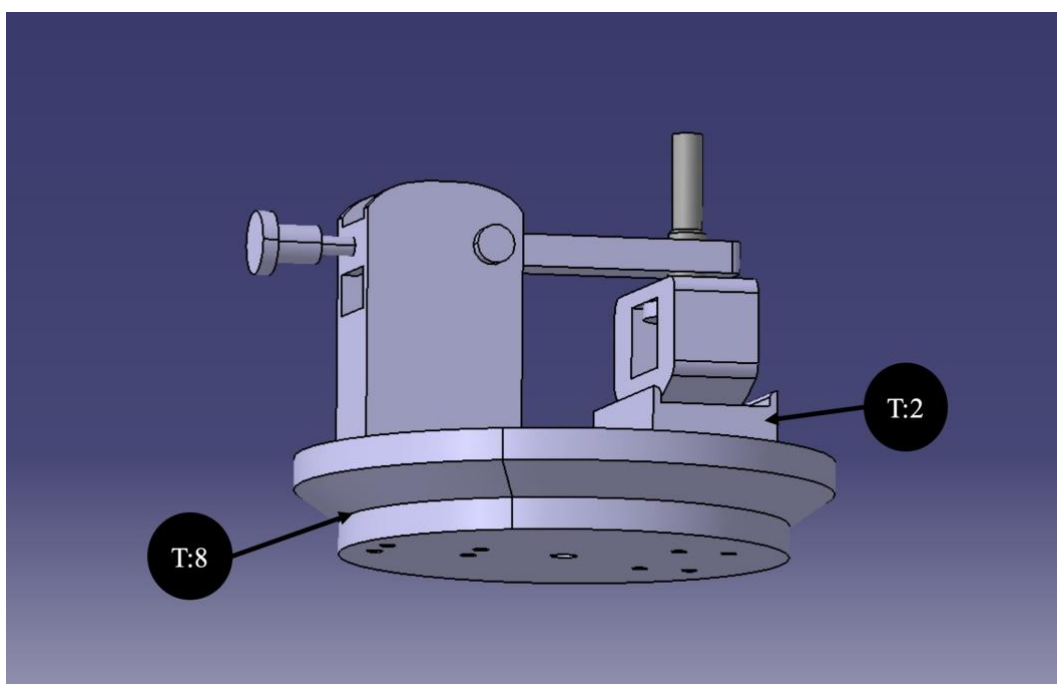


Figur 10 CAD-modell över delen som spänner åt lindan, med positionsballonger



*Figur 11 CAD-modell med uppfälld arm*

Spännanordningen är fixerad på en cirkulär platta T:8 enligt figur 12 vilken sedan är fastspänd i ett schakt med hjälp av en mutter. Detta tillåter spännanordningen att vinklas med en vinkel mot innebandyskaftet, vilket medför att lindan läggs an med en stigning mot klubb skaftet.



*Figur 12 CAD-modell över den cirkulära plattan med fastspänningsanordning*

I schaktet där den cirkulära plattan spänns fast, finns det skruvhål som är dimensionerade efter hålen på vagnen. På det viset fixeras hela translationssystemet på styrskenan och medför att lindan kan flyttas längs med klubb skaftet. I schaktet är det två urgröpta spår där kuggremmen skall fästas och dra vagnen ut med styrskenan, kan ses i figur 9.

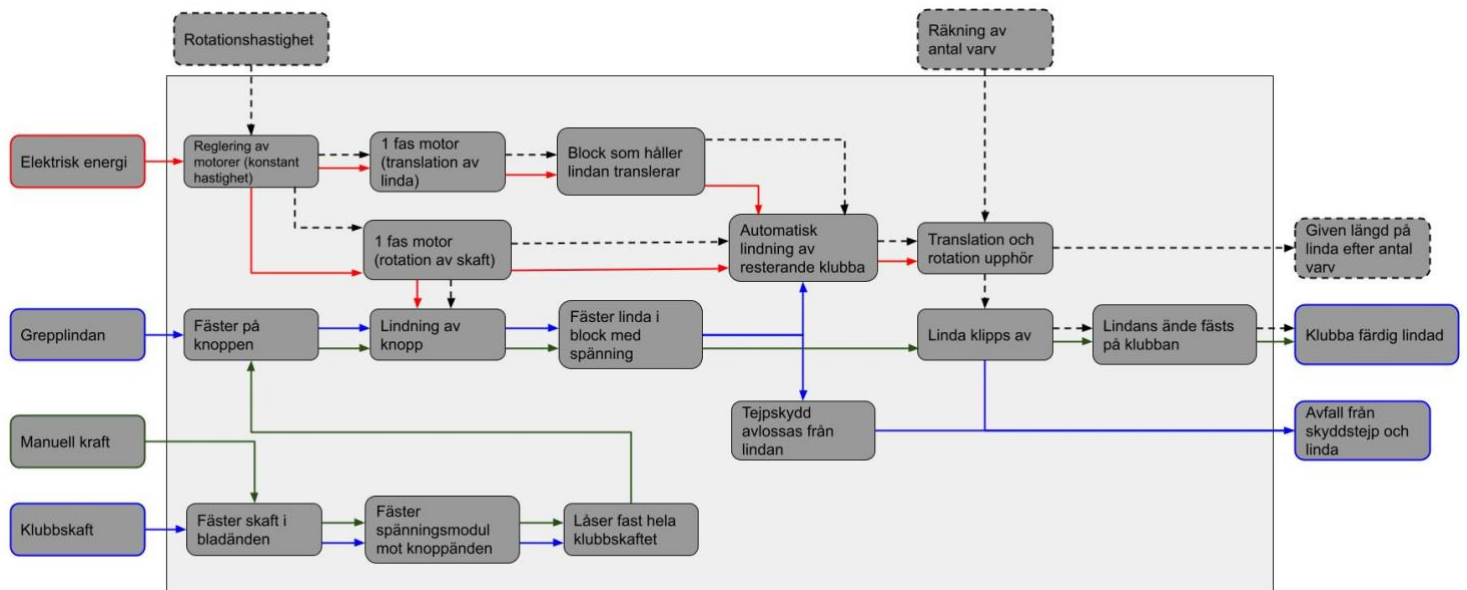
Ytterligare bilder och ritningar på translationssystemet kan ses i bilaga F.

## 6. Funktion och processbeskrivning av utvecklat koncept

### Funktionsstruktur

När det slutgiltiga konceptet valdes sammanställdes en funktionsstruktur för att generera en förståelse hur funktionerna förhåller sig till varandra. Funktionsstrukturen för det slutgiltiga konceptet kan ses nedan i figur 13. Likt funktionsstrukturen för den befintliga maskinen, vilken kan ses i bilaga A. Beskriver pilarna och dess färg vilket typ av flöde som påverkar maskinens funktioner. Där röda pilar visualiserar flödet för elektrisk energi, blåa pilar visualiserar flödet av material som används, gröna pilar visualiserar flödet för manuell kraft och de streckade pilarna visualiserar flödet som reglerar maskinen eller information.

Funktionsstrukturen för det slutgiltiga konceptet visar på tydliga förbättringar i jämförelse med funktionsstrukturen för den befintliga maskinen. Ett stort plus för det slutgiltiga konceptet är att det finns en funktion för att bestämma hur långt lindan skall appliceras på klubbskäftet. Detta genomförs med hjälp av ett regelsystem (streckade pilar) som räknar antal roterande varv på skaftet och sedan stoppar lindningsprocessen när önskad längd är uppnådd. I funktionsstrukturen visualiseras också att en modul existerar som skall hålla lindan spänd under lindningsprocessen, vilket medför att processen blir mer automatiserad.



Figur 13 Funktionsstruktur av slutkoncept

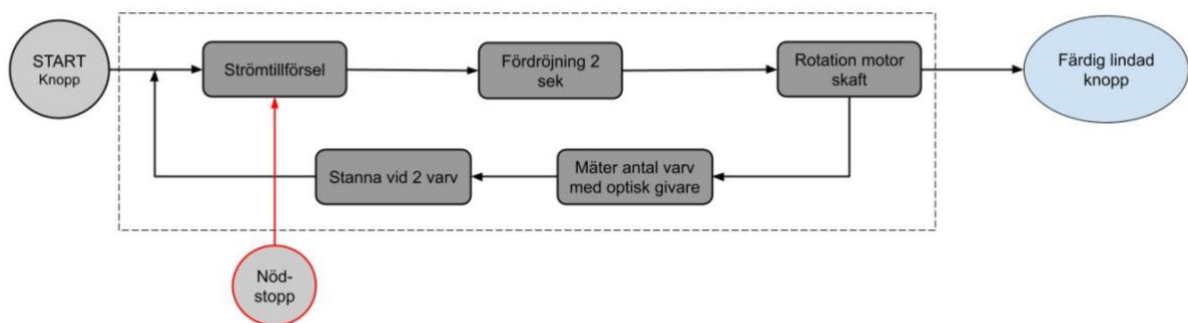
## Flödesschema

Två flödesscheman skapas för att visualisera hur ett reglersystem skall styra och reglera det utvecklade konceptet. Det första flödesschemat visualiserar processen för hur maskinen skall regleras när operatören manuellt skall linda knoppen på innebandyklubban. Det andra flödesschemat visualiserar hur maskinen skall styra den automatiska delen av lindningsprocessen.

Flödesschemat är ett bra verktyg för att kommunicera tidsföljden för olika händelser och funktioner, enligt kapitel 2.2.

Flödesschema: Lindning av knapp, figur 14

Input värdet anges av att operatören startar processen genom att klicka på en knapp. När detta sker slår maskinen på strömmen. Innan strömmen överförs till motorn så sker det en fördröjning på två sekunder. Under de två sekunderna hinner operatören ta upp lindan och sikta in sig med rätt vinkel för att linda knoppen på klubban. Efter fördröjningen startar rotationsmotorn rotera klubban med en låg hastighet och operatören kan då linda knoppen på klubban. En optisk mätare anger hur många varv rotationsmotorn har roterat. Denna information används för att reglera maskinen då maskinen bryter strömtillförseln när klubban har roterat två varv. Då två varv är så många varv som krävs för att linda knoppen på klubban enligt bilaga A. Kopplat till reglersystem finns också en nödstoppknapp som är kopplad till strömtillförseln. Nödstoppet används av operatören om något skulle gå fel och operatören direkt skulle behöva avsluta processen. Om operatören trycker på knappen bryts strömtillförseln direkt och rotationsmotorn slutar att rotera.



Figur 14 Flödesschema lindning av knapp

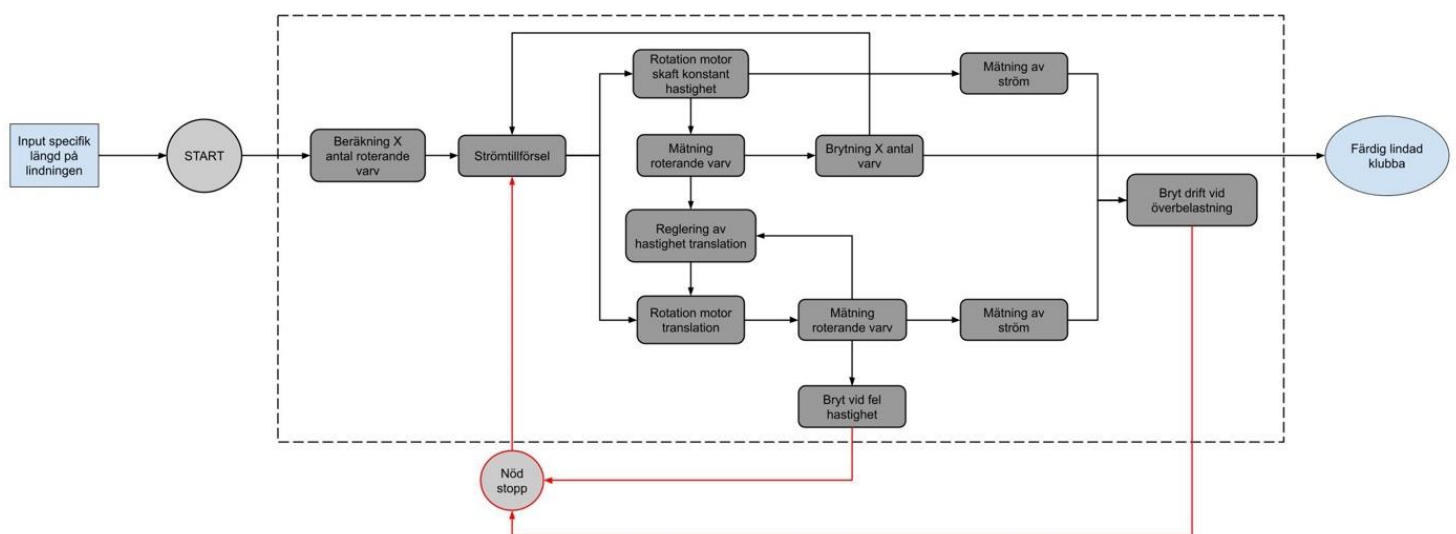
### Flödesschema: Automatisklindningsprocess, figur 15

Denna process börjar med att operatören anger ett inputvärde vilket är den specifika längd på hur långt skaftet skall lindas. Operatören spänner sedan fast lindan i en modul som håller i lindan under lindningsprocessen. Efter detta moment kan operatören starta den automatiska lindningsprocessen genom att klicka på startknappen.

Det första maskinen gör är att transformera inputvärdet till hur många varv klubb skaftet skall rotera om en specifik längd är angiven. Efter detta aktiveras strömtillförseln som sedan startar två motorer, motorn som används för att rotera skaftet och motorn som translaterar lindan ut med klubb skaftet. De båda motorerna måste accelereras lugnt upp till konstant varvtal synkroniserat så att lindans stigning blir konstant. Därefter går båda motorerna stationärt. Motorn som roterar skaftet skall sluta rotera efter ett specifikt antal varv. Därmed används en optisk mätare som räknar antal varv på motoraxeln. När motorn har roterat de specifika varven skickas en signal som bryter strömtillförseln för hela maskinen och då har klubban lindats färdigt. Motorn som styr translationen på lindan måste hålla en beräknad hastighet relativt till motorn som roterar klubb skaftet. Därför används den optiska mätaren för motorn som roterar skaftet för att mäta dess hastighet i antal varv per sekund. Denna hastighet används sedan för att reglera translationsmotorns hastighet. För att vara säkra på att translationsmotorn håller rätt hastighet relativt rotationsmotorn, placeras en till optisk mätare som också mäter hastigheten på translationsmotorn. Om hastigheten för translationsmotorn inte kan regleras korrekt så kommer en signal skickas till nödstoppet vilket betyder att maskinen bryter strömtillförseln för maskinen och lindningsprocessen avbryts.

Om det av någon anledning skulle uppstå en situation där lindan, klubban eller operatören på något sätt fastnar i maskinen så måste lindningsprocessen avbrytas direkt. Om detta skulle ske kommer motorerna behöva ett mycket större vridmoment för att fortsätta rotera, och det skulle i sin tur kräva en större strömtillförsel. Därför används säkringar som är kopplade till respektive motorer. Säkringarna är också kopplade till nödstoppet och om motorerna skulle överstiga en viss strömnivå går säkringarna och stannar hela maskinen.

Om något oförutsägbart skulle hända under den automatiserade lindningsprocessen så finns det också en nödstoppsknapp som operatören kan trycka på för att direkt stänga av maskinen och dess motorer.



Figur 15 Flödesschema automatisklindningsprocess

## 7. Slutsatser

Arbetet fastställer att det slutgiltiga konceptet är realiserbart och om maskinen hade konstruerats hade den effektiviserat Jollys produktion av innebandyklubbor. Därmed kan följande slutsatser presenteras.

- Lindningsprocessen är mer tidseffektiv för det utvecklade konceptet jämfört med den befintliga maskinen.
- Det utvecklade konceptet genomför en lindningsprocess som är säkrare för operatören jämfört med den befintliga maskinen.
- Det utvecklade konceptet lindar innebandyklubbor med lika resultat för varje individuell lindningsprocess.
- Den utvecklade lindningsmaskinen har liten storlek och tar därmed upp mindre plats i produktionen. Maskinen kan även placeras på ett bord, vilket är en önskvärd funktion.

## 8. Diskussion

Det presenterade slutkonceptet är ett förslag till hur en ny lindningsmaskin skulle kunna se ut och fungera. Men det krävs ytterligare analyser och utvecklingsarbete kring slutkonceptet innan maskinen kan byggas och användas för att linda innebandyklubbor på ett effektivt och säkert sätt.

Några funktioner som det slutgiltiga konceptet inte uppfyller är att automatiskt avlägsna skyddstejpen på lindan samt skära av den sista delen av grepplindan som inte skall fästas på innebandyskaftet. För att maskinen skall linda innebandyklubbor mer tidseffektivt krävs det att den också klarar av att genomföra dessa funktioner automatiskt.

För att styra maskinen krävs en dator med reglersystem som kan reglera hastigheten på de två olika motorerna. En beskrivning i form av flödesschema har sammanställts som beskriver vilka processer som krävs för att maskinen skall styras korrekt. Därmed måste en programkod utvecklas som kan styra maskinen. Dessutom krävs ytterligare undersökning av vad för reglersystem som krävs för att maskinen skall styras enligt de flödesschema som har sammanställts.

Det är viktigt att grepplindan lindas lika långt ner på skaftet för olika klubbor som har samma längd. Därmed måste det finnas ett reglersystem som kan avgöra när maskinen skall avsluta lindningsprocessen. Detta reglersystem måste konstrueras, samt att data krävs för hur långt lindan skall appliceras om en specifik klubblängd är angiven.

Något som inte undersökts i arbetet är vilka motorer som bör användas för att rotera klubb skaftet och translatera lindan. Eftersom krafterna och hastigheterna som krävs för att linda innebandyklubban är relativt låga, bör det räcka med två enkla elmotorer. När en elmotor valts för att rotera klubb skaftet krävs det att interfacet som låser skaftet omkonstrueras så att det passar med den valda elmotorn. I samband med att en elmotor väljs för att translatera lindan krävs det också att en kuggrem och kuggremshjul dimensioneras efter motorns dimensioner.

I konstruktionen av slutkonceptet har inga materialval gjorts. Detta måste undersökas innan maskinen konstrueras i verkligheten. Det viktigaste att undersöka när materialvalet skall göras är att analysera inspänningsmodulen för lindan. De två delar som lindan skall spännas mellan måste klara av den tryckkraft som skall anbringas för att lindan skall bromsas under lindningsprocessen.

När maskinen har konstruerats krävs det att den kalibreras och testas. Lindan måste läggas an med en vinkel mot klubb skaftet och därmed måste inspänningsmodulen justeras till en specifik vinkel. Det existerar inte någon förutsägbar vinkel som lindan skall läggas an med, alltså är det enklast att inspänningsmodulen justeras och testas några iterationer innan den fullskaliga lindningsprocessen kan starta. Det krävs också att tryckkraften som bromsar lindan kalibreras så önskad spännkraft i lindan genereras. Detta genom att fjädern i tryckstycket ställs in till önskad kraft.

Med det utvecklade konceptet går det inte att fastställa den tidsåtgång som krävs för att linda en innebandyklubba. Därmed går det inte att verifiera att den utvecklade maskinen är mer tidseffektiv jämfört med den befintliga maskinen som används idag. Dock är vi som konstruktörer säkra på att med en korrekt och noggrann vidareutveckling av det presenterade konceptet kommer det leda till en maskin som lindar innebandyklubbor betydligt snabbare än den befintliga maskinen.

## Referenser

- Chapin, N. (2003). Encyclopedia of Computer Science. Baffins Lane Chichester West Sussex PO19 1UD: John Wiley and Sons Ltd. Hämtat från <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1074100.1074406>
- DSCDocumentries. (den 17 augusti 2012). How to make Carbon Fiber Baseball Bats {www downloadshiva com} [Video]. Hämtat från [https://www.youtube.com/watch?v=XzSxaY4nOls&ab\\_channel=DSCDocumentries](https://www.youtube.com/watch?v=XzSxaY4nOls&ab_channel=DSCDocumentries)
- How Its Made. (den 14 september 2020). How It's Made Badminton Rackets [Video]. Hämtat från [https://www.youtube.com/watch?v=8dlR7QfaInY&ab\\_channel=HowItsMade](https://www.youtube.com/watch?v=8dlR7QfaInY&ab_channel=HowItsMade)
- HOWit'sMADE. (den 25 September 2019). How they make Tennis rackets [Video]. Hämtat från [https://www.youtube.com/watch?v=NITjegUk4tU&ab\\_channel=HOWit%27sMADE](https://www.youtube.com/watch?v=NITjegUk4tU&ab_channel=HOWit%27sMADE)
- Jansson, P.-Å., Grahn, R., & Enelund, M. (2018). *Mekanik statik och dynamik*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Kevan, B. (den 16 december 2018). Carbon Framebuilding: Die Faserwickelmaschine. Bryan Kevan's Ventures and Adventures. Hämtat från <https://bryanmkevan.bike/2018/12/16/carbon-framebuilding-das-faserwickelmaschine/>
- Li, C., Zhong, Z., Lin, Y., & Klaus, F. (2008). Tribology and Interface Engineering Series. Elsevier. Hämtat från <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572336408550038?via%3Dihub>

## Bilagor

### Bilaga A – Analys av befintlig maskin

Projektet startade med en introduktion från Andreas på Jolly av maskinen och dess funktioner. Maskinen provkördes och ett antal innebandyklubbor lindades. För att få en förståelse för lindningsprocessen. Under provkörningarna analyserades maskinens olika delar och dess reglersystem. I detta tidiga skede skapades en förståelse om att det krävs noggrannhet och träning hos operatören för att genomföra denna process.

#### Processbeskrivning befintlig maskin

En sammanställning av processen för att linda en innebandyklubba skapades för att kunna ta med processen i åtanke vid skapandet av nya koncept. Processen beskrivs i totalt sex steg nedan samt visualiseras i figurer.

**Steg 1:** Det första steget är att fästa skaftet med monterat blad i maskinen. Änden på skaftet där bladet är monterat hakas fast i en hållare. Det innebär att i första steget är det endast bladändan på skaftet i maskinen som monteras. Se figur 16 för visualisering av steg 1.



*Figur 16 Steg 1 av processbeskrivning för befintlig maskin*

**Steg 2:** Därefter monteras den andra änden på skaftet, genom att operatören drar i en spak för att aktivera en kolv som styrs av tryckluft. När operatören drar i spaken matas en kolv ut mot skaftets fria ände och låser fast klubban i maskinen. Det innebär att operatören måste hålla i skaftet samtidigt som lufttryckskolven aktiveras för att skaftet skall låsas fast i rätt läge. Därmed är skaftet fastlåst i maskinen och kan endast roteras kring sin egen axel. Se figur 17 för visualisering av steg 2.



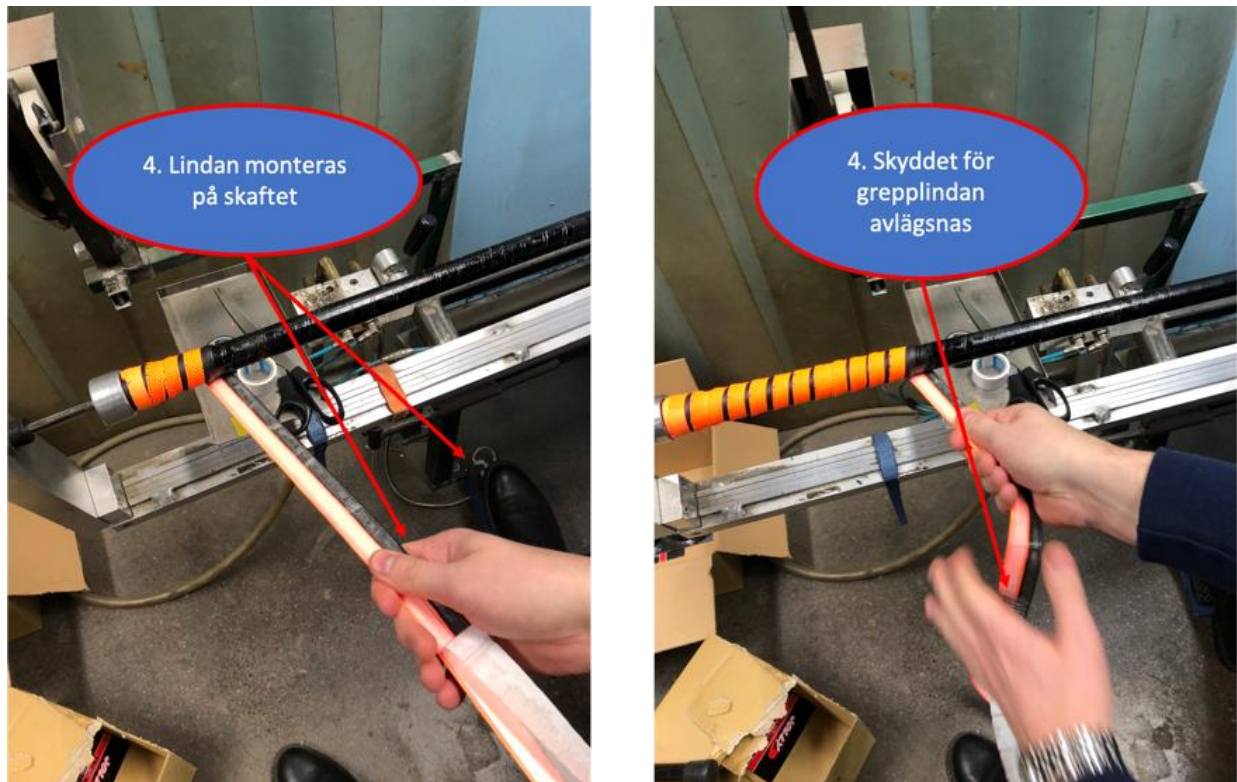
*Figur 17 Steg 2 av processbeskrivning för befintlig maskin*

**Steg 3:** När skaftet är fastmonterat i maskinen påbörjas lindningen. Först monteras lindan längst ut på skaftet, på innebandyklubban knopp. Där bestämmer operatören var på knoppen lindan skall börja. När lindan är monterad på knoppen börjar operatören rotera på skaftet långsamt för att fästa lindan runt resterande del av knoppen. För att manövrera rotationen på skaftet trycker operatören med höger fot på en pedal som reglerar motorn på maskinen. Motorn på maskinen är en trefasmotor som driver både rotationen på skaftet samt translationen av skaftet genom kugg- och remdrift. När operatören trycker ned pedalen roterar motorns axel steglöst som i sin tur driver rotationen och translationen samtidigt. För att montera lindan kring knoppen krävs två rotationsvarv av skaftet. Se figur 18 för visualisering av steg 3.



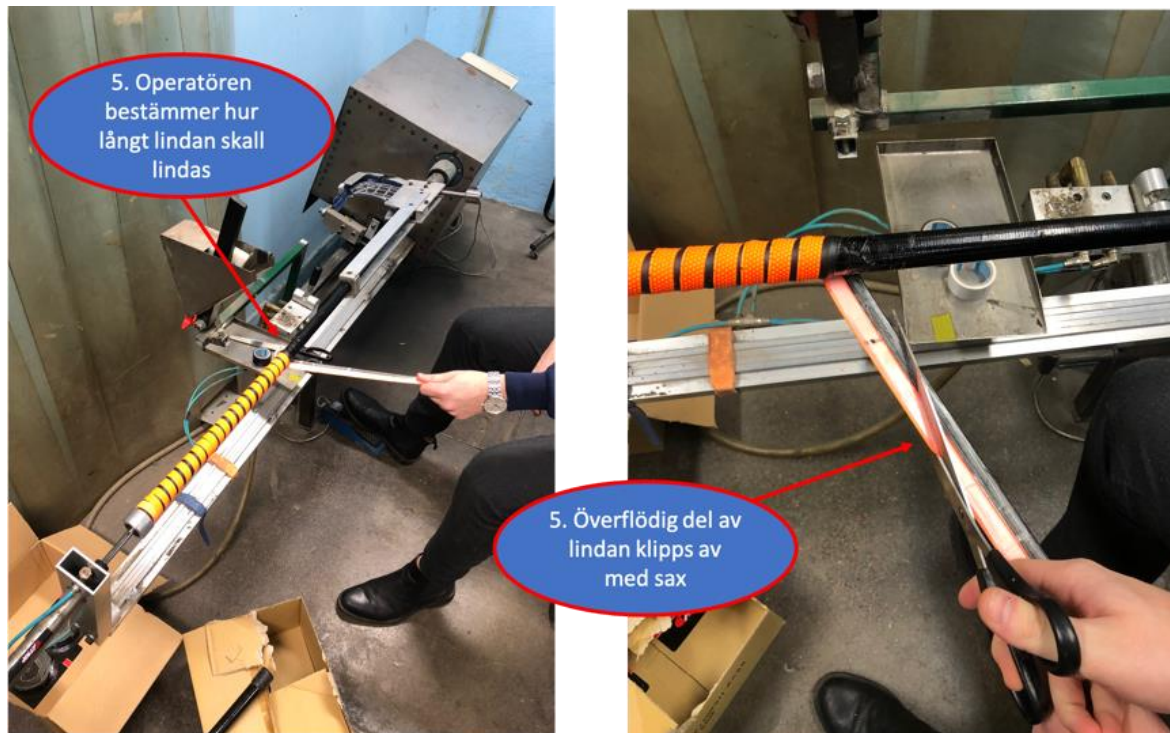
*Figur 18 Steg 3 av processbeskrivning för befintlig maskin*

**Steg 4:** Efter att lindan har monterats fint kring knoppen och samtidigt skapat en stigningsvinkel på lindan mot skaftet ökas hastigheten på maskinen. Då håller operatören lindan i ett fixt läge med händerna med en vinkel mot skaftet. När lindan hålls mot skaftet hålls den med en lagom dragkraft för att skapa en spänning i lindan varvid lindan inte monteras för löst. För operatören gäller det nu att hålla lindan i detta läge samtidigt som maskinen genomför rotation och translation. På så sätt rullas lindan upp på skaftet. Operatören behöver samtidigt som lindan hålls spänd och motorn arbetar avlägsna tejpskyddet från lindan. Se figur 19 för visualisering av steg 4.



*Figur 19 Steg 4 av processbeskrivning för befintlig maskin*

**Steg 5:** Lindan monteras nu på skaftet och operatören väljer själv hur långt lindan skall gå på skaftet. Efter att maskinen körts från start med rotation och translation stoppas automatiskt translationen efter 22 roterande varv. Därefter genomförs endast rotation på skaftet när operatören trycker med foten på pedalen. Vid uppnådd längd på lindningen stoppar operatören matningen på maskinen och klipper av resterande del av lindan med en sax. Lindan klipps av vinkelrätt mot skaftet för att få ett jämnt avslutande varv på lindningen. Slutligen tejpas ändbiten på lindan fast med eltejp. Se figur 20 för visualisering av steg 5.



*Figur 20 Steg 5 av processbeskrivning för befintlig maskin*

**Steg 6:** Klubban är nu färdiglindad och monteras ur maskinen genom att operatören drar tillbaka spaken för tryckluften. Då åker kolven tillbaka och släpper loss skaftet samtidigt som maskinen återgår till sitt ursprungliga läge. Därefter behöver operatören ta loss bladet från fasthakningen och en ny klubba kan börja lindas.

## Tidmätning av processen

För att få en uppskattning av tiden det tar att linda en innebandyklubba genomfördes en tidmätning på de olika delprocesserna. Den totala processen delades in i fyra delar; Montering av skaft i maskinen, Lindning av skaft, Avklippning och tejping av linda samt Demontering av skaft i maskinen.

Delprocess ett, tre och fyra är en generell tid för alla typer av klubbor medan den andra delen varierar i tid beroende på längden av skaftet. Under mätningen användes ett skaft med en längd på 100 cm. Då lindningsprocessen kan ske med längder på skaft som varierar från 101–80 cm och det inte finns en ideal för längd på skaftet då konsumenterna önskar olika längder bör därför denna tid ses som relativ sett till längden på skaftet. Resultatet från tidmätningen kan ses i tabell 1, nedan.

*Tabell 1 Tidmätning för en lindningsprocess*

| Arbetsmoment                     | Tid (s) |
|----------------------------------|---------|
| Montering av skaft i maskinen    | 14      |
| Lindning av skaft                | 11      |
| Avklippning och tejping av linda | 34      |
| Demontering av skaft i maskinen  | 5       |
| Total tid                        | 64      |

Under delprocess ett mättes en totalt tid på 14 sekunder, under denna tid monteras skaftet tillsammans med bladet fast helt i maskinen. Under denna process är två faktorer avgörande för tiden. Den första är bladets infästning, då bladet skall passas in mot fästet. Vid denna del är risken stor att bladet fastnar/ tar emot och kan dra ut på tiden. Den andra delen är låsningen mot knoppen, när den luftdrivna kolven fäster mot knoppen låses skaftet omedelbart fast. Det förutsätter att skaftet hålls i rätt position när kolven förs mot knoppen. Skulle skaftet inte hållas i rätt position passerar kolven knoppen utan att låsa fast skaftet. Det innebär att kolven måste föras tillbaka och startas om, varmed monterings tiden blir längre. Dessutom är det en säkerhetsrisk med den automatiska kolven, då den pressas med en kraft som kan innebära att den klämmer fast operatören i maskinen.

När det gäller delprocess två krävs det erfarenhet av operatören för att effektivisera lindnings tiden. Genomförs lindningen av en oerfaren operatör tar det längre tid då operatören bestämmer hastigheten på maskinen. För att fästa lindan i knoppen krävs noggrannhet då det annars är stor risk att lindan blir ojämn samt att den överlappas för mycket och blir för tjock. Efter fästningen av lindan på knoppen finns möjlighet för operatören att snabbt fästa resterande del av lindan på skaftet. Då krävs det att lindan hålls i ett fixerat läge med rätt stigning. Uppfylls detta gäller det endast för operatören att hålla lindan kvar och samtidigt mata på maskinens rotation samt translation. En tydlig nackdel med detta är att det krävs erfarenhet av operatören för att genomföra denna process snabbt och effektivt. Hamnar lindan lite fel i början på skaftet påverkar detta resterande del av lindningen och risken är att hela processen behövs göras om igen. Ytterligare en faktor som påverkar lindan när den skall lindas på skaftet är när operatören håller i lindan med händerna. Blir trycket på lindan för ojämnt resulterar det i att lindan blir för ojämnt spänd på skaftet. Vilket inte är acceptabelt. Även vart lindningen skall sluta påverkar tiden av lindningen. Då det inte finns ett tydligt slut på lindningen kan operatören välja själv hur långt lindan skall lindas på skaftet.

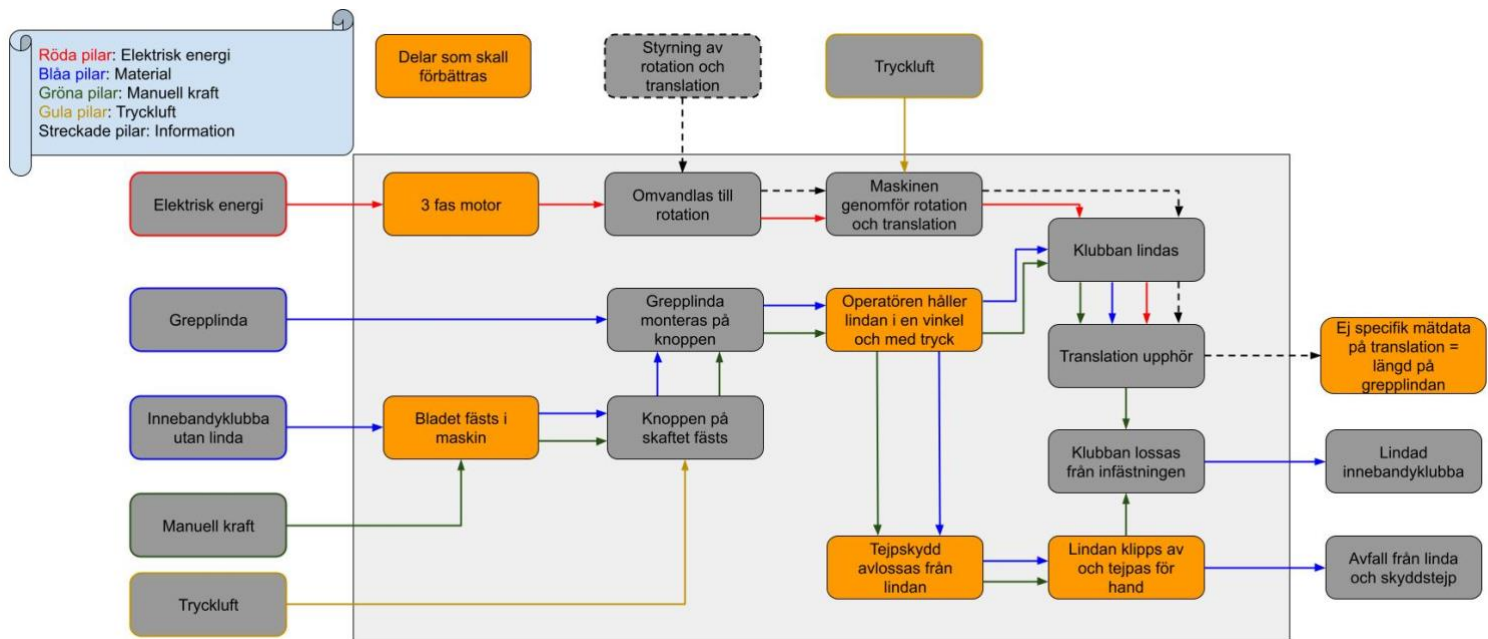
Operatören behöver dessutom på ett effektivt sätt separera lindan från dess skyddstejp innan den fästs på skaftet. Detta måste genomföras samtidigt som lindan hålls i ett fixt läge. Alla dessa faktorer tillsammans har stor inverkan på den totala tiden för delprocess två.

Delprocess tre var den del som tog längst tid att genomföra. Under denna del skall operatören släppa lindan och ta fram en sax, hålla lindan i ett bra läge för att sedan klippa av resterande del på lindan som inte skall användas, samt ta fram en tejprulle och tejpa fast ändbiten. Dessa moment kräver att sax och tejp finns lätt tillgängligt. På den nuvarande maskinen finns en lösning med en nedfällbar kniv för att skära av lindan. Denna modul används dock ej då den inte anses tillräckligt effektiv, dels för att den är fastmonterad på maskinen och kräver att lindan avslutas precis under kniven. Habo Plast anser att det är effektivare att använda en sax för att klippa av lindan. Efter att lindan har klippts av skall saxen läggas undan och tejprullen skall plockas upp. Änden skall lossas på tejprullen och sedan skall lindan placeras korrekt på skaftet för att sedan kunna tejpas fast ett par varv runt skaftet för att säkerställa att lindan är komplett monterad.

Den fjärde delprocessen demontering av skaft i maskinen, sker i omvänd ordning jämfört med den första. Denna process är den enklaste och går även därför snabbast att genomföra. Klubban lossas från den luftdrivna kolven samt hakas ur skafthållaren. Under denna process finns inga anmärkningsvärda delar som kan försvåra processen som leder till ökad processtid.

### Funktionsstruktur av befintlig maskin

Efter att den befintliga maskinen hos Jolly hade analyserats och testats kunde en funktionsstruktur enligt figur 21 skapas. Funktionsstrukturen visar vilka fem olika inflöden som används för att linda en innebandyklubba i maskinen. Dessa inflöden visualiseras med hjälp av pilar i olika färger beroende på vad det är för typ av inflöde. De röda pilarna visualiserar den elektriska energin som tillförs till en 3-fasmotor och därefter omvandlas till rotation för att rotera innebandyskaftet under lindningsprocessen. Materialet som används för att genomföra lindningen är ett innebandyskaft med ett fastmonterat blad och en grepplinda, detta beskrivs med blåa pilar i funktionsstrukturen och används genom hela lindningsprocessen. För att fästa innebandyskaftet i maskinen och grepplindan på skaftet krävs en manuell kraft som kommer ifrån operatören, detta inflöde beskrivs med gröna pilar. Ett ytterligare inflöde som används är tryckluft och dessa funktioner beskrivs med gula pilar i funktionsstrukturen. När operatören aktiverar tryckluften till maskinen fästs skaftets knopp på innebandyklubban med maskinen vilket låser skaftet så att det endast kan rotera kring sin egen axel. Vid detta läge kan maskinen förflytta det låsta klubbkskaftet horisontalt under lindningsprocessen. Information är ett inflöde som reglerar motorn under lindningsprocessen. Operatören kan med sin fot själv reglera rotationshastigheten och translationshastigheten med hjälp av en pedal. Informationen beskrivs i funktionsstrukturen med hjälp av streckade pilar. När lindningen av innebandyklubban är genomförd återstår två materialutflöden, dessa består av den färdiglindade innebandyklubban och restavfall från lindan inklusive skyddstejpen.



Figur 21 Funktionsstruktur av befintlig maskin

I funktionsstrukturen är ett antal funktioner markerade orange, detta framhäver kritiska funktioner hos den befintliga maskinen. I samband med Jolly kunde det verifieras att det var just dessa specifika funktioner som måste förbättras för att skapa en effektivare och säkrare maskin.

En funktion som måste förbättras är rotationen som genereras med en tre-fasmotor. För att rotera och linda ett innebandyskaft krävs inte mycket energi varmed det anses onödigt att använda sig av en stor och klumpig tre-fasmotor.

Det går bara att linda innebandyklubbor i den befintliga maskinen om innebandybladet sitter fastmonterat på innebandyskaftet. Detta är inte optimalt då bladet måste ha en specifik geometri för att kunna fästas i maskinen. Därmed önskar Jolly att en innebandyklubba borde kunna lindas utan att bladet är fastmonterat på skaftet.

Under lindningsprocessen är operatören tvungen att hålla i lindan med händerna och samtidigt hålla emot under matningen av lindan för att applicera en spänd linda på skaftet. Detta är obekvämt då det sliter på operatörens händer när det uppstår friktion mellan lindan och händerna. Operatören måste också anlägga lindan med en stigningsvinkel under processen. Detta kan vara svårt för en oerfaren operatör samtidigt som det blir svårt att hålla en jämn stigning under hela lindningsprocessen och samma kvalitet för alla klubbor som lindas.

Det krävs också att operatören drar bort tejpskyddet som sitter på lindan medan lindan appliceras på innebandyskaftet. Detta är krångligt för operatören då man samtidigt måste hålla koll på andra parametrar under lindningsprocessen. När translationen på skaftet upphör är appliceringen av lindan genomförd men det finns inget som indikerar hur långt lindan ska appliceras och därmed kan lindan appliceras olika långt för samma klubblängd. När klubban är färdiglindad måste operatören klippa av resterande linda för hand. Sedan behöver operatören också fästa den sista biten av lindan på skaftet med eltejp. Denna process är väldigt tidskrävande och bör effektiviseras.

## Bilaga B – Marknadsanalys

### Kundbehovsanalys

Den digitala enkäten skapades med hjälp av verktyget Google Forms. Efter att frågorna var sammanställda godkändes dem av Jolly för att sedan skickas ut online till olika innebandyspelare. Det var 40 olika innebandyspelare inom olika lag som svarade på enkäten. Specifika frågor och svar som sammanställts i enkäten kan ses i nedanstående segment och frågorna som ställs besvaras med svarsalternativ eller egen svarstext.

#### Fråga 1:

- Vilket lag spelar du i?

Resultatet från fråga 1 kan ses i tabell 2 nedan.

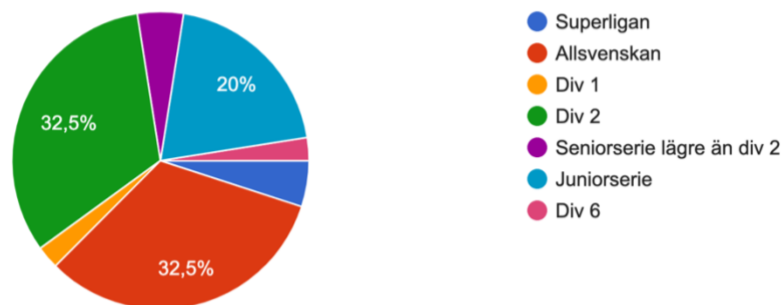
*Tabell 2 Svar från enkät på fråga 1*

| <b>Svarsalternativ</b> | <b>Antal svar</b> |
|------------------------|-------------------|
| Västerås IBS Ungdom    | 3st               |
| Tranemo IBK            | 5st               |
| Trosa Edanö IBK        | 2st               |
| Gjelleråsen GIF        | 2st               |
| Tyresö Trollbäcken IBK | 2st               |
| Fagerhult Habo IB      | 13st              |
| Lagan IBK              | 2st               |
| Jönköpings IK          | 3st               |
| Sandared IBS           | 1st               |
| Hagunda IF             | 1st               |
| Strängnäs IBK          | 1st               |
| Fullersta IBK          | 1st               |
| SK Vide                | 1st               |
| Aneby SK               | 1st               |
| Onyx IBK               | 1st               |
| Utbynäs SK             | 1st               |

### Fråga 2:

- Vilken division spelar du i?

Resultatet från fråga två kan ses i diagram 1 nedan.



*Diagram 1 Svar från enkät på fråga 2*

### Fråga 3:

- När du har köpt en ny innebandyklubba, använder du orginallindan eller byter du ut den?

På fråga tre svarar 72,5% att dem byter ut orginallindan på nya innebandyklubbor medan 27,5% svarar att dem behåller orginallindan på.

### Fråga 4:

- Varför byter du ut/behåller orginallindan?

Denna fråga besvarades med individuella textsvar där 29 personer berättade kort varför dem byter ut orginallindan medan elva personer berättar varför de behåller orginallindan på innebandyklubban.

De flesta som svarar att de byter ut orginallindan tycker den är för dålig och det beror på att lindan har dåligt grepp, är oskön eller slits ut väldigt snabbt. Det är också en del personer som svarar att dem själva har eller köper en linda av ett specifikt märke som dom tycker om och alltid använder sig av.

De elva personer som svarar att dem behåller orginallindan på svarar också att man inte ser någon anledning till att byta ut orginallindan förrän den har slitits ut och förlorat kvalité.

### Fråga 5:

- Vad är viktigast för dig kring montering av lindan?

Denna fråga besvarades genom att personerna kunde kryssa i flera svarsalternativ. Dessa svarsalternativ och hur många som kryssat i svarsalternativet kan ses i tabell 3 nedan.

*Tabell 3 Svar från enkät på fråga 5*

| <b>Svarsalternativ</b>                                                                                                               | <b>Antal svar</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Att den sitter stramt åt                                                                                                             | 28st (70%)        |
| Att den är monterad med jämn stigning                                                                                                | 21st (52,5%)      |
| Att den sitter löst monterad så att den upplevs mjukare                                                                              | 4st (10%)         |
| Jag tycker det är jobbigt, därmed bryr jag mig inte så mycket bara det går snabbt                                                    | 3st (7,5%)        |
| Att toppen på skaftet inte blir för tjockt lindat                                                                                    | 12st (30%)        |
| Jag föredrar att lindan sitter tajt lindat mellan varje varv                                                                         | 20st (50%)        |
| Jag föredrar att lindan sitter glest lindat mellan varje varv                                                                        | 2st (5%)          |
| Jag gillar den lindad kort och tjockt                                                                                                | 3st (7,5%)        |
| Den ska sitta bra, men det får gärna vara lite överlapp för att skapa bättre känsla i greppet och "kanaler" där fingrarna ligger bra | 1st (2,5%)        |

Ifrån tabellen går det att avläsa att 70% av personerna som fyllde i enkäten tycker att det är viktigt att lindan sitter stramt åt när innebandyklubban har lindats. Samtidigt tycker 52,5% av personerna som svarade på enkäten att det är viktigt att lindan är monterad med jämnstigning. Att toppen på skaftet inte blir för tjockt lindat tycker 30% är viktigt och hälften av innebandyspelarna föredrar att lindan sitter tajt lindat mellan varje varv.

### Fråga 6:

- Hur mycket skulle du säga att du spänner lindan när du monterar den på en skala 1–10 (1-löst, 10-väldigt spänt)?

Svaren från fråga sex sammanställs i ett stapeldiagram som kan ses i diagram 2. I detta stapeldiagram svarar majoriteten att de spänner åt lindan väldigt mycket när de monterar lindan på innebandyskaftet, 28 personer svarar med en siffra mellan åtta och tio. Medan nio personer svarar med en siffra mellan fem och sju. Sedan är det tre enskilda personer som svarar med siffran tre, vilket betyder att de inte spänner lindan hårt alls under monteringen.

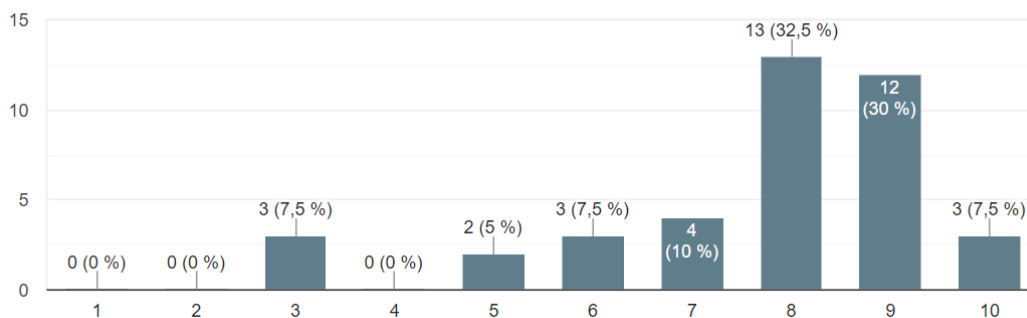


Diagram 2 Svar från enkät på fråga 6

### Fråga 7:

- Hur krävande anser du att det är att linda din/dina innebandyklubbor på en skala 1–10 (1-inte jobbigt alls, 10-alldeles för jobbigt)?

Personerna som svarade på enkäten gav väldigt olika svar på fråga sju. Svaren presenteras i ett stapeldiagram som kan ses i diagram 3. I stapeldiagrammet syns det att det är splittrade svar och medelvärdet av alla svar blev 5,5 på en skala mellan ett och tio. Därmed konstaterades det att vad personerna svarar är väldigt individuellt.

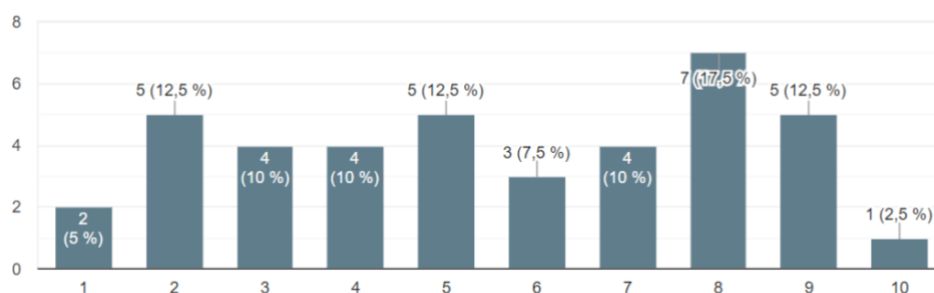


Diagram 3 Svar från enkät på fråga 7

På enkätens svar från de första två frågorna syns det att svaren kommer ifrån innebandyspelare från olika lag och som spelar på olika nivåer. Detta är fördelaktigt då lindningsmaskinen skall kunna linda olika innebandyklubbor för både junior, senior och elitnivå.

Efter att ha analyserat svaren från enkäten kan en del intressanta punkter nämnas. Majoriteten av innebandyspelarna nämnde i enkäten att dem alltid bytte ut orginallindan men ingen av dessa personer nämnde att det berodde på att lindan var dåligt monterad.

De flesta påpekade att man bytte ut lindan på grund av dålig prestanda hos lindan. Detta är inget som påverkar utvecklingen av lindningsmaskinen då maskinen bara styr monteringen av lindan och kan inte påverka lindans prestanda.

Svaren från fråga fem kan användas som hjälp vid utvecklingen av den nya lindningsmaskinen då det handlar om monteringen av lindan. Svaren från fråga fem är relativt splittrade och många personer som svarat på enkäten tycker olika. Dock ser man att majoriteten av personerna som svarat tycker att det är viktigt att lindan sitter stramt åt under lindningsprocessen, att lindan är monterad med jämn stigning och att lindan sitter tajt lindat mellan varje varv. Detta resultat kan användas vid skapandet av kravspecifikationen då maskinen bör kunna spänna åt lindan med en relativt hög kraft under monteringsprocessen, samt att man bör kunna korrigera vinkeln på lindans stigning innan monteringsstart.

## Analys av marknaden

Innebandy är inte en sport som utövas globalt och har inte en stor spridning över världen. Därav finns det inte mycket information kring konkurrenters lösningar på dessa typer av maskiner. I Sverige finns olika tillverkare av innebandyklubbor men dessa delar inte med sig av sina produktionsmetoder. En sökning genomfördes hos konkurrenter men utan något resultat. Istället hamnade fokus på att finna produktionsmetoder för liknande produkter. Sökningen resulterade i intressanta metoder, bland annat industrin för lindning av tennisrack, badmintonrack, basebollträn och kolfiberrör.

### *Tennis- & Badmintonrackets*

Tennisrack och badmintonrack är två produkter som liknar varandra och av den information som framkom i sökningen visade det sig att metoden för att montera grepplinda på vardera produkter ser liknande ut. Båda dessa produkter är uppbyggda av ett skaft som användaren håller i, en hals och slutligen ett huvud där strängarna monteras. Vid lindning av dessa produkter monteras huvudet i fästen och änden på skaftet låses fast genom att en kolv pressas mot ytan. Därefter roteras produkten genom att en motor kopplas med fästena till huvudet. Operatören som genomför lindningen fäster änden av lindan längst ner på skaftet, därefter roteras racket och operatören translaterar sedan lindan utmed skaftet manuellt. Det innebär att dessa maskiner inte har en funktion med automatiserad translation. Utan det är operatörens uppgift att följa efter och translatera lindan utmed skaftet.

Industrierna för tennisracket och badmintonracket är stora och volymerna är betydligt större än för innebandyklubbor. En tydlig skillnad är tempot på lindningen av dessa racket jämfört med innebandyskaft. I Jollys fall sker inte en massproduktion på samma sätt. En annan faktor är att längden som skall lindas på ett racket är inte lika långt som på ett innebandyskaft. Av denna anledning är det därför möjligt att operatören själv translaterar lindan utmed skaftet på racket.

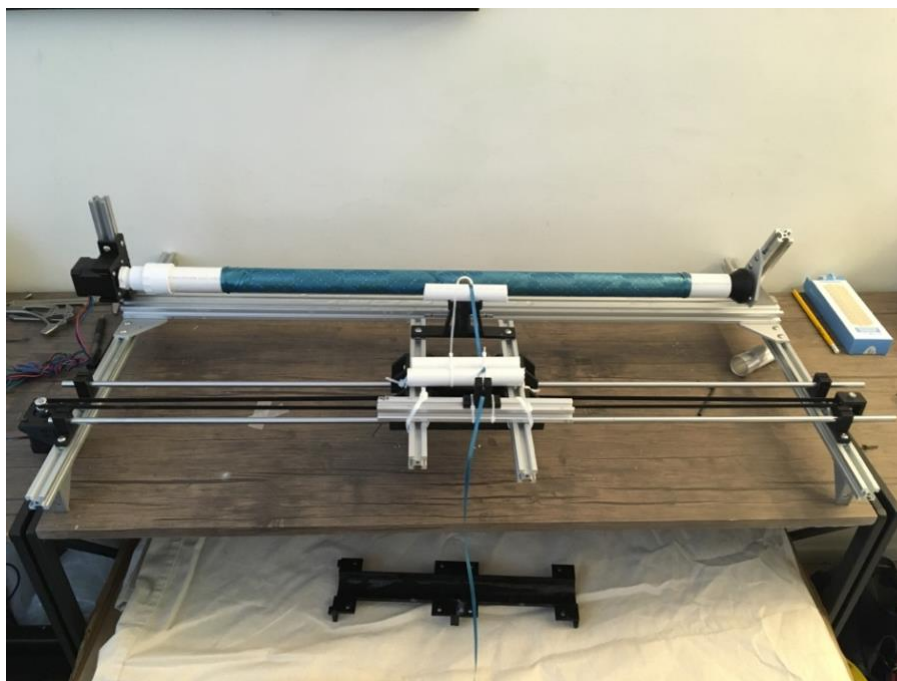
### *Basebollträn*

Nästa produkt som hittades på marknaden var basebollträ. Dessa kan ha en grepplinda monterad på skaftet, vanligtvis de som är tillverkade av metall eller kompositmaterial. Ett basebollträ har en cylindrisk geometri med en avsmalning vid skaftet. För att linda denna produkt används en maskin som liknar maskinen för tennis- och badmintonracket. Den största likheten är att den ena änden av produkten låses fast i ett fäste där en motor kopplas in och skapar en rotation på produkten. En skillnad mellan maskinerna är att skaftet för basebollträ låses inte fast utan istället läggs an mot två

hjul. Hjulen är frigående och roterar runt när skaftet roteras med hjälp av motorn. På så sätt behövs ingen infästning av skaftet.

### *Kolfiberrör*

Vid tillverkning av kolfiberrör är en tillverkningsmetod att linda en sträckt kolfibertråd runt ett plaströr som sedan täcks helt av kolfiber, en typ av vävning. För denna tillverkningsmetod krävs en maskin som roterar röret som kolfiber skall lindas runt samt en förflyttning av antingen röret eller kolfibertrådsmatningen så att tråden fördelas jämnt över röret. Idag finns det storskaliga maskiner som kan tillverka stora längder på dessa rör, men det finns även möjligheter för privatpersoner att bygga dessa maskiner hemma för eget bruk. Efter genomförd analys av denna marknad hittades en intressant maskin. En maskin som är tillverkad för just hemmabruk av Bryan Kevan. Kevan har byggt en maskin som han själv använder för att tillverka kolfiberrör till cykelramar. Uppbyggnaden av maskinen genomfördes bland annat med standardelement såsom aluminiumprofiler samt 3D-printade delar för att passa med just denna maskin se figur 22. Maskinen har liknande funktioner med vad som krävs av en maskin för att kunna linda ett innebandyskaft.



*Figur 22 Maskin för lindning av kolfiberrör*

Hämtad från <https://bryanmkevan.bike/2018/12/16/carbon-framebuilding-das-faserwickelmaschine/> (2021)

Maskinen består av att ett rör som spänns fast mellan två fästen och en motor roterar röret. Samtidigt som röret roteras fästs kolfibertråden fast i det och börjas lindas på runt. Samtidigt sker då en förflyttning av tråden utmed röret för att få en jämn fördelning av tråden. Delen på maskinen som genomför förflyttningen translaterar utmed röret i en jämn hastighet med hjälp av en drivrem som kopplats ihop med en motor.

## Bilaga C – Sammanställning av Kravspecifikation

### Initial Kravspecifikation

Den initiala kravspecifikationen skapades tidigt under projektet för att kunna bekräfta om idéer och koncept är genomförbara eller intressanta att gå vidare med i projektet. Kravspecifikationen skapades också i samråd med Jolly för att få en förståelse angående vilka kriterier maskinen kräver för att fungera effektivt i deras produktionslinje.

Kravspecifikationen sammanställs med krav inom fem olika segment. Dessa segment är **Drivning, Säkerhet, Reglersystem, Montering av linda** samt **Konstruktion**.

För varje kriterium som sammanställs tillkommer också en kontrollmetod. För att kontrollera om ett krav uppfylls eller inte används kontrollmetoder inom projektet så som beräkningar, komponentval, funktionskontroll och annat. Dessa kontroller måste uppnå ett målvärde som också sammanställs i kravspecifikationen.

Den initiala kravspecifikationen kan ses i tabell 4 där alla kriterier är sammanställda och i sista kolumnen står det antingen ett K eller Ö, vilket indikerar om det är ett krav eller önskemål.

Några kriterier som sammanställs i samråd med Jolly är att: maskinen skall drivas med en enfas motor, mätverktyg för translation, maskinen skall klara av att köra olika klubblängder och montering av linda utan att skaftet repas.

Den befintliga maskinen som används idag driver lindningsprocessen med hjälp av en trefasmotor vilket Jolly inte ser som en nödvändighet då det bör räcka med en enfasmotor för att driva lindningsprocessen. Detta är också fördelaktigt då maskinen inte blir beroende av trefassystem utan kan placeras där det finns tillgång till strömförsel från ett vanligt eluttag. En trefasmotor är också generellt större i förhållande till en enfasmotor vilket är fördelaktigt då maskinen blir mindre och inte tar upp lika mycket plats i produktionen.

Något som påpekades av Jolly under framtagningen av kravspecifikationen var att då operatören lindar klubbor med maskinen som används idag saknas det en indikation på hur långt ner grepplindan har lindats på skaftet. Det innebär att längden på klubborna grepplinda kan variera mellan varje montering trots att klubborna som lindas har samma längd. Därmed ställs ett krav på den nya maskinen att det ska finnas ett mätverktyg för translationen, så att operatören kan se hur långt ner grepplindan går på skaftet och linda alla klubbor lika lång sträcka.

Ett viktigt krav som ställs upp i kravspecifikationen är att den nya maskinen skall klara av att linda klubbor med olika klubblängd. Eftersom ett målvärde behövs inför konstruktionen av den nya maskinen bestäms i samråd med Jolly att maskinen skall kunna linda klubbor med en klubblängd på 104 till 80 centimeter.

Jolly påpekar också under skapandet av kravspecifikationen att det är viktigt att klubbskaftet inte riskeras att repas under monteringen av lindan. Därmed ställs detta upp som ett krav i kravspecifikationen.

I kravspecifikationen sammanställs också en del önskemål och ett önskemål som Jolly har är att lindningsmaskinen skall vara portabel. Detta för att kunna ta med sig lindningsmaskinen till idrottshallar eller innebandyevent för att visa upp och linda klubbor. Dock är det störst fokus på att bygga en lindningsmaskin som skall användas i produktionen och som skall vara tidseffektiv. Därför sätts kriteriet att lindningsmaskinen skall vara portabel som ett önskemål. Den initiala kravspecifikationen korrigeras och justeras medan projektet pågår. Då beräkningar och tester genomfördes genererades fler specifika mätvärden. Samt idéer och koncept ledde till att justeringar skedde på kravspecifikationen.

Tabell 4 Initial Kravspecifikation

| Chalmers Tekniska Högskola                 |                                                      | Initial Kravspecifikation     |                                                       |     |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|
| Utförare: Johan Arvidsson & Jesper Penndal |                                                      | Datum: 25/1-21                |                                                       |     |
| Intressent                                 | Kriterium                                            | Kontrollmetod                 | Målvärde                                              | K/Ö |
| <b>Drivning</b>                            |                                                      |                               |                                                       |     |
| Produktion                                 | Rotation av skaft/linda                              | Beräkningar                   | Lindans passning                                      | K   |
| Produktion                                 | Translation av skaft/linda                           | Beräkningar                   | Lindans passning                                      | K   |
| Produktion                                 | Elmotor som klarar translation/rotation              | Komponentval                  | Drivs av enfas 220 volt                               | K   |
| Produktion                                 | Batteridriven                                        | Komponentval                  | Löstagbart och uppladningsbart batteri                | Ö   |
| <b>Säkerhet</b>                            |                                                      |                               |                                                       |     |
| Operatör                                   | Inga strömförande delar                              | Komponentval                  | Isolerade elkomponenter                               | K   |
| Operatör                                   | Inga rörliga delar som kan skada operatören          | Catia V5                      | Skydd för rörliga delar vid användning                | K   |
| <b>Reglersystem</b>                        |                                                      |                               |                                                       |     |
| Produktion                                 | Mätverktyg för translation                           | Beräkningar på längd av skaft | Alla lindningar ska gå lika långt på varje klubbserie | K   |
| Produktion                                 | Reglersystem för translation relativt rotation       | Beräkningsunderlag            | RPM/Meter                                             | K   |
| Operatör                                   | Steglös reglering av hastighet                       | Komponentval                  | Justerbar hastighet av operatör vid användning        | K   |
| <b>Montering av linda</b>                  |                                                      |                               |                                                       |     |
| Konsument                                  | Stabil infästning av skaft                           | Beräkning på dragkraft        | 200 Newton                                            | K   |
| Produktion                                 | Effektiv infästning av skaft                         | Funktionskontroll             | 20 sekunder                                           | Ö   |
| Produktion                                 | Funktionell avklippning av grepplinda                | Funktionskontroll             | Modul konstruerad i Catia V5                          | K   |
| Produktion                                 | Möjliggör att justera lindans stigningsvinkel        | Funktionskontroll             | Modul konstruerad i Catia V5                          | K   |
| Operatör                                   | Modul för att hålla grepplindan under montering      | Funktionskontroll             | Modul konstruerad i Catia V5                          | K   |
| Produktion                                 | Effektiv applicering av linda i lindhållare          | Funktionskontroll             | 5 sekunder                                            | Ö   |
| Försäljning                                | Maskinen skall klara av att köra olika klubb längder | Funktionskontroll             | 104-80 centimeter                                     | K   |
| Produktion                                 | Maxtid av montering av grepplinda                    | Funktionskontroll             | 60 sekunder                                           | K   |
| Produktion                                 | Maxtid av montering av grepplinda                    | Funktionskontroll             | 30 sekunder                                           | Ö   |
| Försäljning                                | Montering av linda utan att skaftet repas            | Funktionskontroll             | Inga delar eller infästningar som kan leda till repor | K   |
| <b>Konstruktion</b>                        |                                                      |                               |                                                       |     |
| Produktion                                 | Låg tillverkningskostnad                             | Komponentval                  | 50 000 kr                                             | Ö   |
| Produktion                                 | Portabel                                             | Konstruktionsunderlag         | Möjlighet att förflytta maskinen                      | Ö   |
| Produktion                                 | Kompakt konstruktion (liten symmetri)                | Konstruktionsunderlag         | Maskinen skall ta upp så lite yta som möjligt         | Ö   |
| Produktion                                 | Operatören skall stå upp vid användning              | Konstruktionsunderlag         | Placeras på bord eller på en viss höjd med ställning  | Ö   |

## Uppdatering av Kravspecifikationen

En slutgiltig kravspecifikation skapades och är en uppdaterad version av den initiala kravspecifikationen. I den slutgiltiga kravspecifikationen har en del krav bytts ut och uppdaterats samt att en del målvärden har uppdaterats efter genomförda tester och beräkningar. Förändringarna som har skett i den slutgiltiga kravspecifikationen är enligt följande:

Kravet om att maskinen skall ha en elmotor som klarar translation/rotation uppdateras till två elmotorer. Det anses mer passande att använda två elmotorer för de två segmenten, rotation och translation till konstruktionen av maskinen.

Ett krav som byts ut från den initiala kravspecifikationen är. ”Inga rörliga delar som kan skada operatören”. Eftersom den nya maskinen skall sköta den större delen av lindningsprocessen automatiskt, kommer inte operatören behöva vara i närheten av några rörliga delar när lindningsprocessen genomförs. Därmed krävs istället någon typ av säkring som gör att maskinen skall stanna om operatören eller ett annat föremål fastnar i maskinen. Därför genereras det nya kravet till den slutgiltiga kravspecifikationen, ”Processen avbryts om något/någon fastnar i maskinen”. Där kontrollmetoden blir ”Reglering av maskinen” då det krävs ett reglersystem för att uppnå kravet. Samt att målvärdet blir att strömmen kommer brytas vid specifik överbelastning.

Ett ytterligare krav som elimineras i den slutgiltiga kravspecifikationen är. ”Steglös reglering av hastighet”. Eftersom processen till större del skall vara automatiserad kommer inte operatören behöva styra hastigheten för motorerna på maskinen, utan hastigheten skall regleras automatiskt av maskinen.

Nytt krav som tillkommer till den slutgiltiga kravspecifikationen är att lindan skall kunna läggas an mot skaftet med en dragkraft mellan 29 N och 58 N. Kontrollmetoden för detta krav grundas på analys av lindan som genomfördes i bilaga E.

## Bilaga D – Koncept

### Konceptgenerering

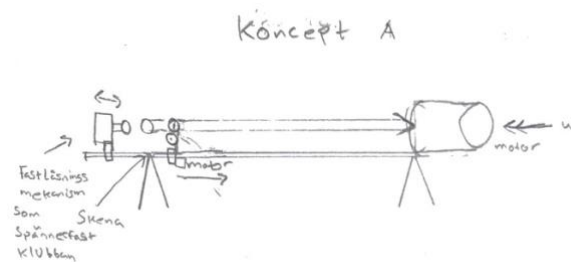
Konceptgenereringen genomförs i tre olika steg med metoden brainstorming. I det första steget genereras och presenteras koncept som fokuserar på en helhetslösning för lindningsmaskinen. Därefter delas maskinen upp i olika moduler som skall uppfylla alla funktioner vilka krävs för att linda en innebandyklubba, dessa moduler blir delkoncept. När modulerna har sammanställts som delkoncept, skapas ett fullständigt koncept med de moduler som kommer fungera bäst för att linda innebandyklubbor hos Jolly.

#### Helhetskoncept

I detta segment presenteras de allra första helhetskoncept som genereras under projektet. Det är åtta helhetskoncept som presenteras med olika funktioner och koncepten är namngivna med bokstäverna A till H.

#### Koncept A:

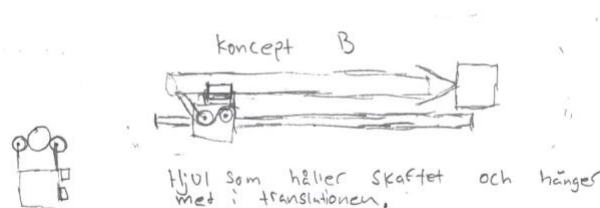
Det första konceptet i figur 23, har en liknande design som den befintliga maskinen som används idag. Dock finns det lite andra funktioner för koncept A som kan vara fördelaktiga. I koncept A används en mekanisk fastlåsningsmekanism för att låsa fast klubb skaftet istället för att använda tryckluft. Det går också en lindhållare på en skena under skaftet, som skall användas för att applicera lindan på skaftet. Lindhållaren drivs med hjälp av en elmotor som translateras utmed klubb skaftet.



Figur 23 Skiss av koncept A

#### Koncept B:

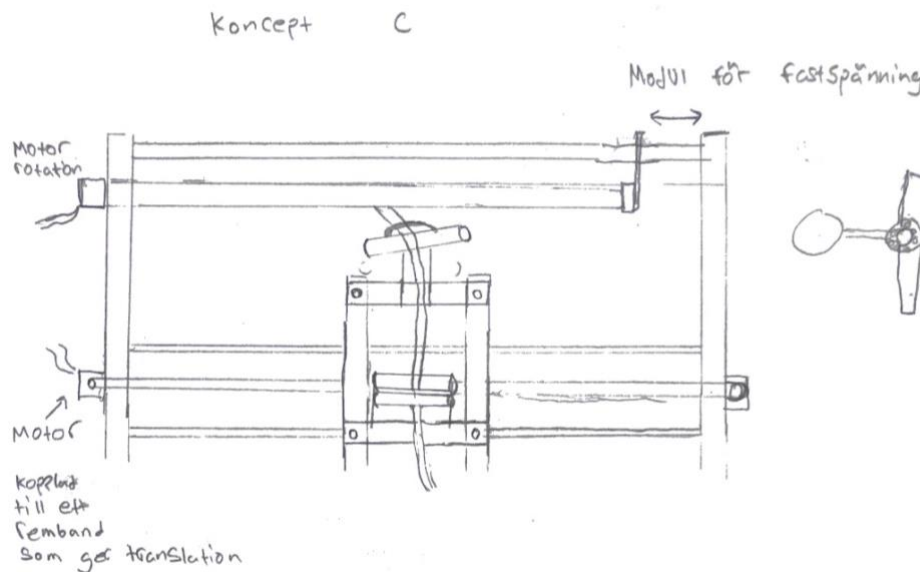
Koncept B i figur 24, har precis som koncept A en lindhållare som skall translatera ut med klubb skaftet och lägga an lindan. I detta koncept sitter klubb skaftets ena ända fast med hjälp av två rullar som håller upp klubb skaftet under lindningsprocessen. Dessa två rullar skall också kunna rotera så att klubban kan snurra runt i dem utan att det uppstår friktion mellan rullarna och skaftet. Rullarna som håller upp skaftet sitter också fast i motorn som translaterar lindan, vilket betyder att rullarna förflyttar sig axiellt längs klubb skaftet under lindningsprocessen.



Figur 24 Skiss av koncept B

### Koncept C:

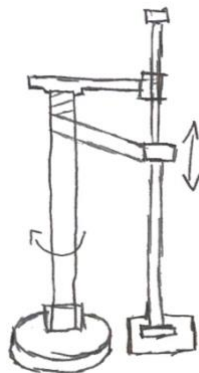
Detta koncept i figur 25 skapades med inspiration från marknadsanalysen där en maskin som lindar kolfiberrör (bilaga B) hittades, där ändringar gjorts för att anpassa maskinen till att linda inbandyklubbor. I koncept C finns det två elmotorer. En motor är kopplad till skaftet som roterar detta under lindningsprocessen. Den andra motorn är kopplad till en kuggrem som i sin tur sitter fast på en vagn, vilket medför att vagnen kan förflytta sig längs med skaftet när motorn roterar. På vagnen sitter det rullar som skall hålla lindan och se till att lindan spänns åt under lindningsprocessen. Koncept C är uppbyggt av aluminiumprofiler och det är tänkt att maskinen kan placeras på ett vanligt skrivbord.



Figur 25 Skiss av koncept C

### Koncept D:

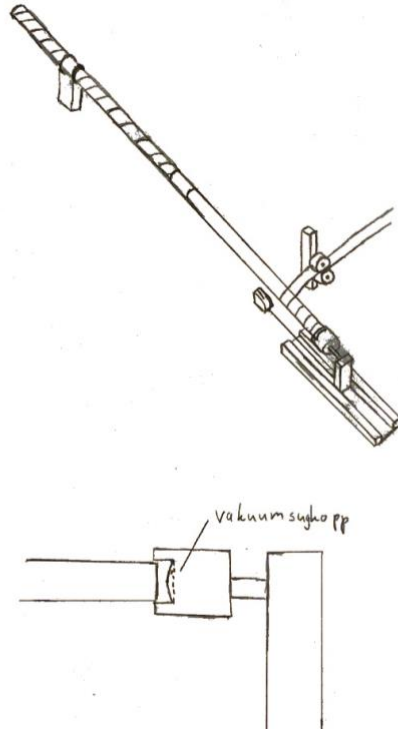
Detta koncept i figur 26 påminner om en plastmaskin som används på industrier och lager för att plasta in lastpallar med gods. Lindningsprocessen fungerar genom att skaftet fästs vertikalt mot en bottenplatta där en motor sitter och driver rotationen på skaftet. Till höger om skaftet sitter en pelare som både har en inspänningsmekanism för knoppen på skaftet och en lindhållare. När lindningsprocessen är igång förflyttar sig lindhållaren uppifrån och ned för att lägga an lindan på skaftet.



Figur 26 Skiss av koncept D

### Koncept E:

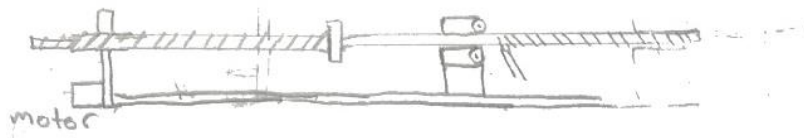
Koncept E i figur 27 består av en gängad stång som klubb skaftet skall fästas med. Det innebär att när man kopplar en motor till den gängade stången kommer klubbens skaft både rotera och translatera. I skaftets ände på knoppen sitter en fastspänningsmekanism som måste kunna förflytta sig med skaftet när skaftet börjar rotera och translatera. Fastspänningsmekanismen har också en inbyggd sugkopp som använder vakuum för att låsa fast knoppen på skaftet. Hos koncept E finns också en lindhållare som består av rullar, lindhållaren behöver då inte translatera då skaftet roterar och translaterar samtidigt.



Figur 27 Skiss av koncept E

### Koncept F:

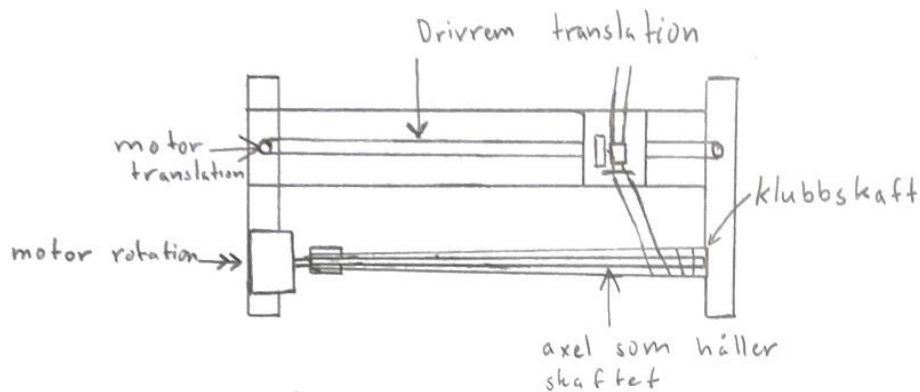
Detta koncept i figur 28, fungerar på liknande vis som föregående koncept E. Skaftet är fastspänt i en gängad stång. Skillnaden är att i koncept F så hålls skaftet upp med två rullar som kan rotera, vilket innebär att skaftet inte behöver spännas fast med ett axiellt tryck för att montera lindan.



Figur 28 Skiss av koncept F

### Koncept G:

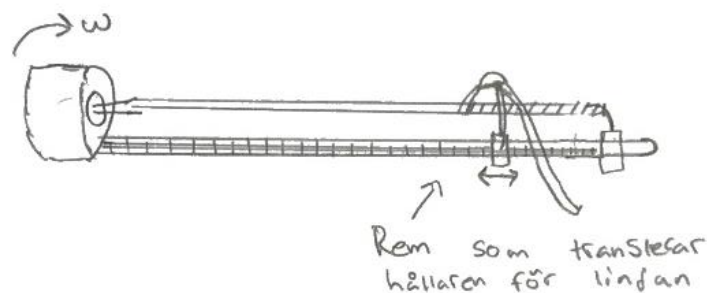
I detta koncept har man en vagn där lindhållaren sitter vilket kan ses i figur 29. Denna vagn drivs av en rem och motor precis som i koncept C. Det som skiljer detta koncept från de föregående är att skaftet ligger an mot en smal stång som går igenom skaftet. Stången är sedan kopplad till en motor som medför rotation så att skaftet i sin tur roterar. Därmed behöver operatören inte spänna fast skaftet i änden där knoppen sitter.



Figur 29 Skiss av koncept G

### Koncept H:

Detta koncept i figur 30, är en variant på koncept D, men istället för att linda klubban vertikalt så sker lindningsprocessen horisontellt. Lindhållaren translaterar genom sammankoppling till en rem som sedan är kopplad till en motor. I detta koncept skulle man också kunna koppla remmen till samma motor som roterar skaftet vilket är fördelaktigt om Jolly bara vill använda sig av en elmotor.



Figur 30 Skiss av koncept H

### *Delkoncept*

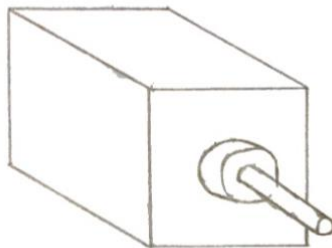
Dessa delkoncept delas upp i olika segment, där varje segment är en funktion som krävs för att maskinen skall kunna linda innebandyklubbor efter de krav som har ställts upp i kravspecifikationen. De segment som presenteras är Rotation, Translation, Infästning av skaft. Infästning av knopp, Lindning av knopp och Lindning av skaft. Sedan tillkommer ytterligare ett segment, Verktyg som operatören använder under lindningsprocessen. Detta segment genererades då det finns ett intresse från Jollys sida att kolla på om det går att underlätta för operatören att linda innebandyklubbor manuellt med hjälp av ett verktyg. Detta verktyg är tänkt att främst hjälpa operatören att hålla lindan spänd under lindningsprocessen utan att friktionen som uppstår mellan lindan och händerna skall skada operatörens händer.

### **Rotation**

En funktion som krävs för att linda innebandyklubbor är att maskinen måste kunna rotera. Antingen måste innebandyskaftet kunna rotera eller så måste maskinen klara av att rotera en linda runt skaftet. Därmed skapas tre delkoncept som medför en rotation av eller runt innebandyskaftet.

### Enfasmotor:

Genom att ansluta en enfasmotor till anslutningen av skafthållaren fås rotation av skaftet, se figur 31. Motorn kan anslutas direkt till skaftet eller genom en rem som överför rotationen till skaftet. Enfasmotorn köps in från leverantörer som standardkomponent.



*Figur 31 Skiss av delkoncept Enfasmotor*

### Roterande rullar:

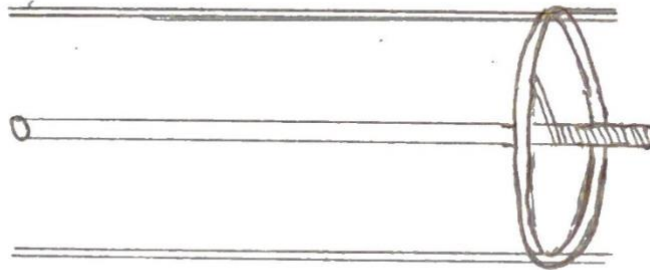
Roteras inte skaftet kan istället modulen med lindan roteras runt skaftet. Genom detta koncept se figur 32, hålls två rullar upp av två stänger, en i vardera ända av skaftet. Rullarna bromsar lindan mellan varandra. Ett problem med detta koncept är translationen. Antingen behöver skaftet genomföra en translation eller lindan.



*Figur 32 Skiss av delkoncept Roterande rullar*

### Cirkel lindan:

Denna modul, visas som en simpelskiss i figur 33, men kräver mycket vidareutveckling om konceptet ska vara genomförbart. Idén består av att det är en cirkelform som klubban kan gå igenom. I cirkelformen sitter en komponent som snurrar runt och lägger an lindan mot skaftet.



*Figur 33 Skiss av delkoncept Cirkel lindan*

### **Translation**

En ytterligare funktion som krävs är att lindan eller klubban kan translatera under lindningsprocessen. Därmed skapas sex olika delkoncept som beskriver och visualiserar hur maskinen ska vara uppbyggd för att antingen translatera klubb skaftet eller lindan.

#### Translation av skaft, motor och fastlåsning:

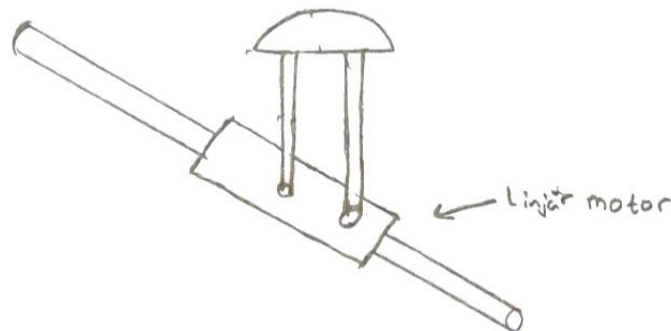
Denna modul, se figur 34, fungerar på liknande sätt som den befintliga maskinen. Här drivs rotation och translation av klubban med hjälp av en enfasmotor. Här sitter både elmotor och inspänningsmekanismerna på två skenor. Elmotorn börjar rotera en axel som i sin tur är kopplad till en rem. Remmen är i sin tur kopplad till en axel med ett koniskt kugghjul. Detta leder till att den initiala rotationen överförs till ett kugghjul som sitter emot de två skenor som hela maskinen är placerad på. Därmed kommer klubban, motorn och inspänningsmekanismerna förflytta sig horisontellt samtidigt som klubban roterar.



*Figur 34 Skiss av delkoncept Translation av skaft, motor och fastlåsning*

### Linjärmotor:

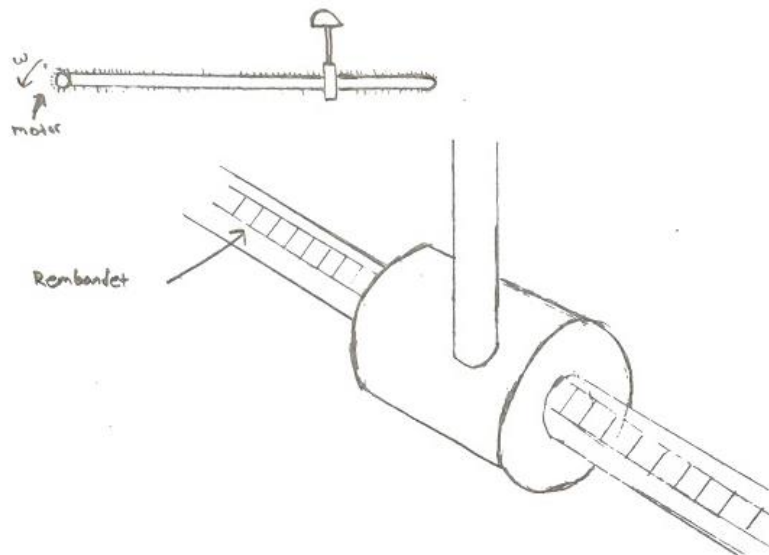
Detta är en modul, se figur 35, som translaterar lindan horisontellt vid lindning. Det genomförs med hjälp av en linjärmotor som sitter på en stång. På denna linjärmotor sitter sedan ett system som håller upp lindan. Denna modul skulle kunna modifieras och istället kunna använda sig av en kulskruv och motor med mutter i. Motorn roterar muttern vilket leder till att motorn translaterar ut med ledskruven. Linjärmotorer finns att köpa hos leverantörer som standardkomponenter, dock är linjärmotorer dyra.



Figur 35 Skiss av delkoncept Linjärmotor

### Translation med kuggrem:

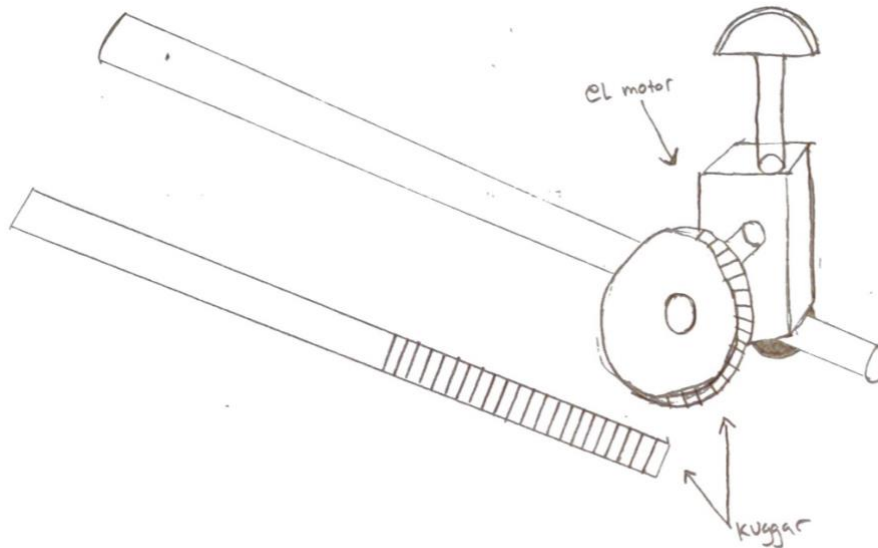
Detta koncept se figur 36, fungerar på följande vis. Runt en lång axel sitter en rem som drivs av en motor i ena ändan. På denna axel sitter också en komponent som håller modulen som skall placera lindan på klubban. Denna komponent är också fastspänd i drivremmen vilket medföljer att när motorn roterar kommer lindan kunna translatera utmed klubban.



Figur 36 Skiss av delkoncept Translation med kuggrem

### Translation med kuggstångsdrift:

I figur 37 syns en modul som förflyttar lindan under processen. Modulen består av en elmotor som sitter på en skena och på motoraxeln sitter ett kugghjul förbundet. Under kugghjulet sitter en kuggstång vilket innebär att när motorn börjar rotera på axeln kommer kuggen rotera i kuggstången och förflytta motorn ut med skenan. Ovanpå motorn placeras en modul som håller fast lindan under lindningsprocessen.



*Figur 37 Skiss av delkoncept Translation med kuggstångsdrift*

### Manuell translation av lindan:

Istället för att en motor utför translationsrörelsen är ett koncept att operatören genomför en translation och på så sätt förflyttar lindan utmed skaftet med manuell kraft. Denna lösning kan kompletteras med att operatören använder sig av en modul för att hålla i lindan, för att på så sätt kunna fokusera på att translationen sker i jämn och stabil hastighet. Det krävs precision av operatören i detta koncept då det är viktigt att lindan monteras med en jämn stigning.

### **Infästning av skaft**

Det är viktigt att skaftets ände där innebandyskaftet blad kommer sitta fast innan monteringsprocessen börjar. Denna funktion måste uppfyllas eftersom man vill lägga an lindan med en specifik dragspänning och då får inte innebandyskaftet böjas ut eller flytta på sig. För att uppfylla denna funktion skapas två olika delkoncept.

### Modul med givet interface:

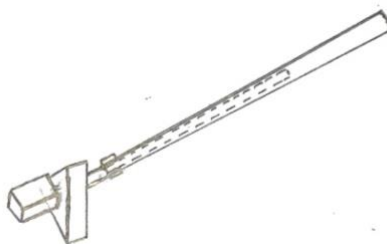
Denna modul (figur 38) är baserad på tvärsnittet av innebandyklubban och fäster innebandyklubban i änden där bladet sedan skall placeras. Modulen består av en cylinder med hål i som skall matcha diametern på innebandyklubban skaft. I hålet på modulen sitter två sprintar som matchar innebandyklubban tvärsnitt. Om innebandyklubban monteras i denna modul så låser den sig för rotation.



*Figur 38 Skiss av delkoncept Modul med givet interface*

### Stång som går igenom skaftet:

För att hålla uppe skaftet i maskinen träs det på en stång (figur 39). Stången har en längd under 80 cm som gör att skaft som är 80 till 104 cm långa går att använda i maskinen. Då stången inte kan ha en diameter större än den fria änden på skaftet där bladet skall appliceras för att skaftet skall kunna träs på, innebär det att ett spelrum mellan stången och skaftet existerar som ökar linjärt över längden på skaftet. När lindan spänns på kommer en utböjning i skaftet ske och tryckas mot den invändiga stången. Vid infästningen på stången hålls skaftet fast med interfacemodulen som gör att det roterar med i rotationen.



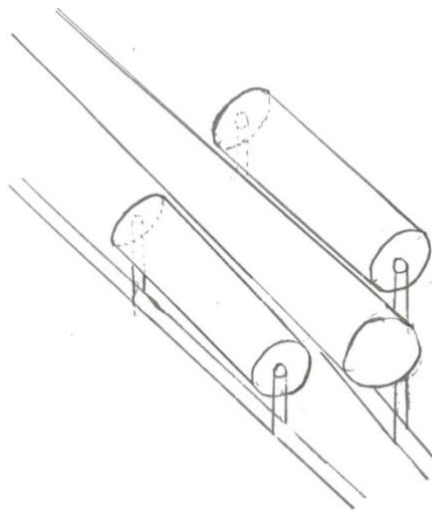
*Figur 39 Skiss av delkoncept Stång som går igenom skaftet*

## **Infästning av knopp**

Vid knoppen på innebandyskaftet måste en fastlåsningsmekanism existera. Detta måste finnas för att skaftet skall ligga stilla under lindningsprocessen då lindan läggs an med en specifik dragspänning. Det är också viktigt att denna fastlåsningsmekanism är ställbar för att maskinen skall kunna linda innebandyklubbor med olika längd. För att uppfylla denna funktion skapas fyra olika delkoncept.

### Rullar som håller upp skaftet:

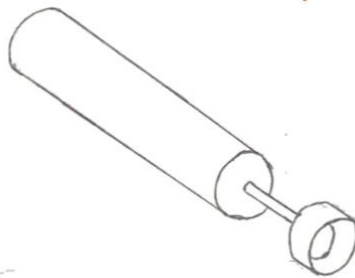
Denna modul (figur 40) håller klubban på plats under lindningsprocessen. Genom att placera två rullar vid sidan av klubbans ände kan skaftet roteras och lindan läggas an utan att klubban flyttar sig från den initiala positionen. Viktigt att tänka på vid konstruktion av denna modul är att rullarna måste bestå av ett material som är lite mjukare så att klubbans yta inte skadas under lindningsprocessen. Det är också viktigt att rullarna inte kräver mycket underhåll då det finns risk att skräp fastnar i rullarna och kan stoppa lindningsprocessen.



*Figur 40 Skiss av delkoncept Rullar som håller upp skaftet*

### Elektriskt ställdon/Pneumatiskt ställdon:

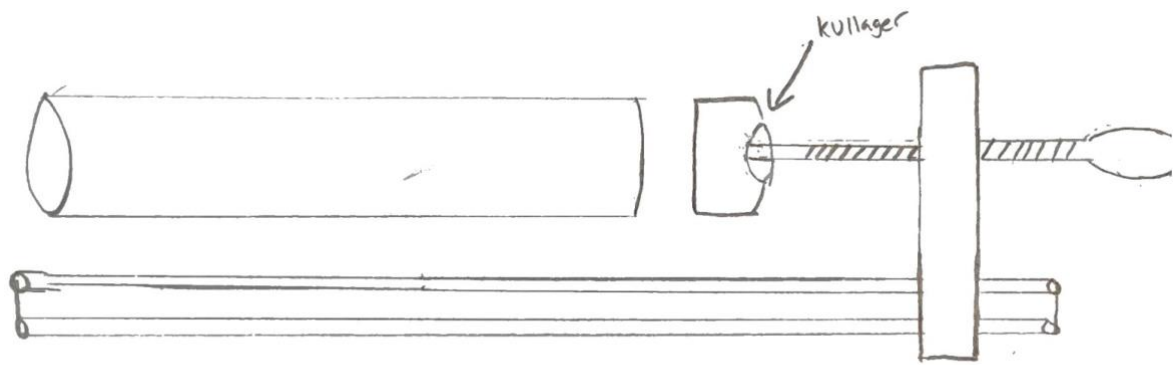
För att låsa fast änden på skaftet med knoppen kan en lösning vara att ett ställdon används (figur 41). Ställdonet skjuter ut en knopp som omfamnar knoppen och låser fast skaftet i maskinen. Knoppen är monterad på ställdonet med ett axiallager vilket innebär att knoppen med skaftet roterar med i rotationen när den är fastlåst mot skaftet. Ställdonet är steglöst och kan på så sätt användas till alla längder på skaft mellan 80–104 cm.



*Figur 41 Skiss av delkoncept Elektroniskt ställdon/Pneumatiskt ställdon*

### Låsning med tving:

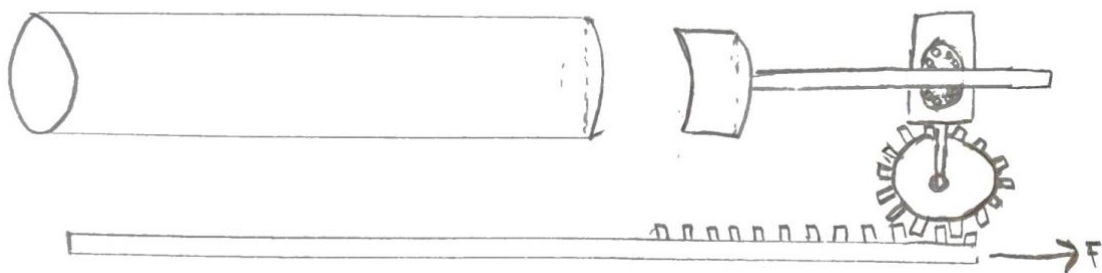
Denna modul (figur 42) låser knoppen på innebandyklubban på liknande vis som man låser fast något med en tving. Modulen kan förflyttas horisontellt ut med skenan men om modulen vinklas åt höger/medurs så är den låst i denna riktning. Det betyder att operatören kan skjuta fram modulen till knoppen av innebandyklubban därefter för hand skruva åt och fästa klubban helt. Komponenten som spänns åt mot klubban har ett axiallager inuti för att hela klubban skall kunna rotera kring sin egen axel.



Figur 42 Skiss av delkoncept Låsning med tving

### Låsning med kuggar:

Denna modul (figur 43) består av ett kugghjul som sitter fast i en komponent med ett axiallager och stång. Kugghjulet sitter på en kuggstång därmed kommer kugghjulet och i sin tur stången röra sig emot klubbans skaft när kuggstången utsätts för en kraft åt höger. Det betyder att knopphållaren fixerar knoppen på klubban och tillåter bara klubban att rotera med hjälp av ett axiallager som sitter i modulen.



Figur 43 Skiss av delkoncept Låsning med kuggar

## Lindning av knapp

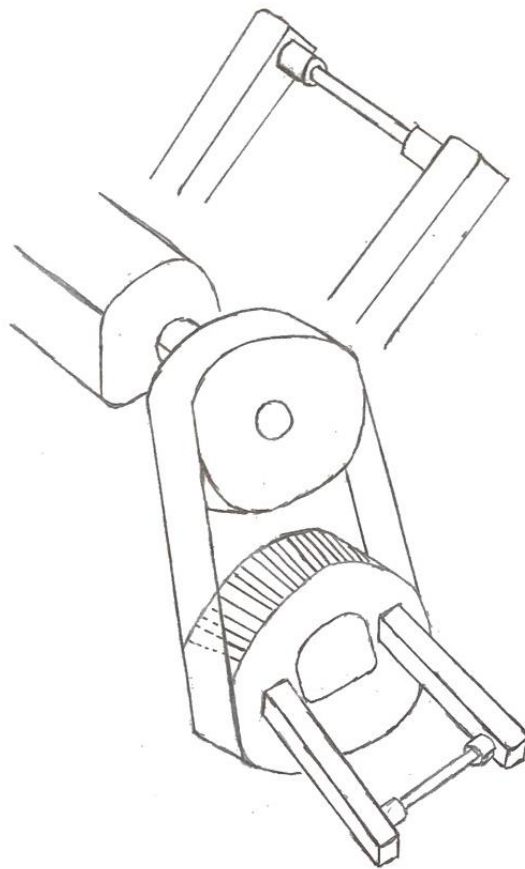
Ett svårt och delikat moment som genomförs under lindningsprocessen är när knoppen på skaftet ska lindas. Då måste nämligen lindan fästas på skaftet samt att lindningen av knoppen sker utan att lindan läggs an med en stigningsvinkel. Efter detta sker resterande lindning med en specifik stigningsvinkel. Därmed skapas två delkoncept kring hur knoppen ska lindas.

### Lindas manuellt:

Då det kan vara svårt att konstruera en kostnadseffektiv maskin som genomför hela processen automatiskt för att lindningen vid knoppen blir tillfredställande. Istället är en lösning att operatören lindar knoppen manuellt. Lindningen av knoppen är en avgörande del av processen. Det krävs att denna del blir korrekt annars får det konsekvenser för hela lindningen samt användaren av klubban kommer bli missnöjd med lindningen om den inte sitter bra vid knoppen då den övre handen hålls vid knoppen. Genom den manuella lösningen fäster operatören ändan på lindan mot knoppen, skaftet roteras runt samtidigt som operatören förflyttar lindan så att överlappet blir önskvärt.

### Lindas automatiskt:

En helhetslösning för att linda hela skaftet är att ha en modul som är ställbar och kan vridas för att anläggningen av lindan skall bli korrekt (figur 44). Vid start av lindningen lindas knoppen och då appliceras lindan rakt mot skaftet, alltså utan stigningsvinkel. När knoppen sedan lindats behöver lindan läggas an med en vinkel för att lindan skall få en stigning på skaftet. Vinkeln uppnås genom att hållaren till lindan roteras med hjälp av en elmotor.



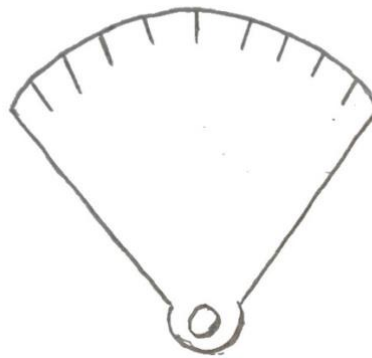
Figur 44 Skiss av delkoncept Lindas automatiskt

## Lindning av skaftet

En viktig funktion för maskinen är att lindan läggs an mot skaftet med en specifik spännkraft men det måste också vara möjligt att lindan läggs an med en specifik stigningsvinkel. Detta kan göras manuellt eller automatiskt och det skapas fyra olika delkoncept som skall klara av att genomföra dessa två funktioner.

### Lindas manuellt medan operatören följer en gradskiva som visar stigningsvinkeln:

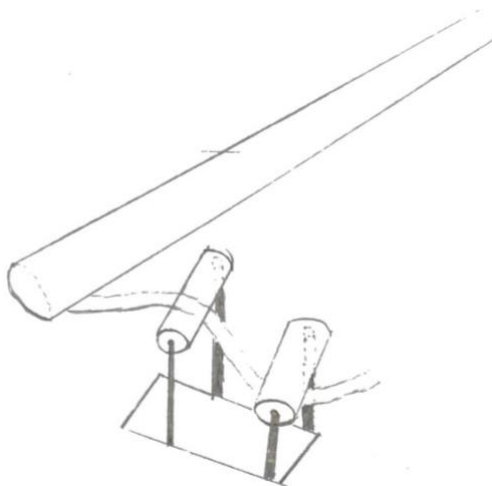
Denna modul (figur 45) består av en gradskiva som kan användas som ett verktyg för att placera lindan i rätt vinkel under lindningsprocessen. På gradskivan är det markerat olika vinklar där antingen operatören själv väljer specifik anläggningsvinkel som lindan skall hållas i eller så används en modul som spänner fast lindan i en specifik vinkel med hjälp av gradskivan.



*Figur 45 Skiss av delkoncept Lindas manuellt medan operatören följer en gradskiva som visar stigningsvinkeln*

### Rullar med spänning:

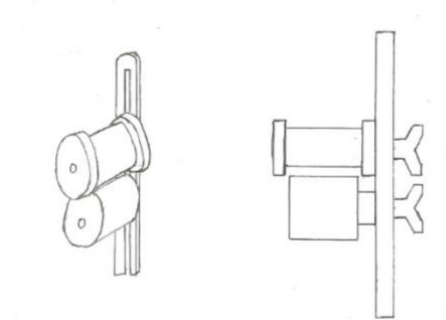
För att operatören inte skall behöva hålla i lindan med händerna vid lindning av skaftet kan en modul som håller upp lindan användas (figur 46). Tanken med denna modul är att operatören lindar på lindan manuellt vid knoppen, därefter träs lindan fast i modulen och resten av lindningen sker automatiskt. Två tänkta lösningar för denna modul är att rullar spänner lindan och på så sätt rullas lindan mot dessa hjul. Detta delkoncept består av två rullar som är uppställda med mellanrum, lindan träs över första rullen och under den andra rullen. För att uppnå maximal spänning av lindan kan en tredje rulle behövas, vidare undersökningar krävs av detta.



*Figur 46 Skiss av delkoncept Rullar med spänning*

### Rullar med tryck:

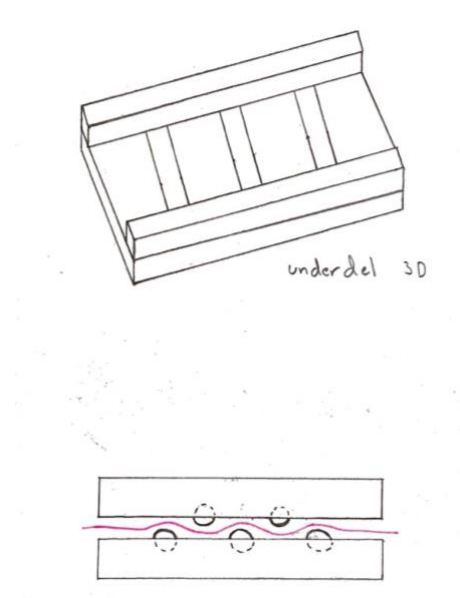
Detta delkoncept (figur 47) är en lösning där två rullar trycks mot varandra med lindan placerad mellan dessa rullar. Då fås den önskade sträckkraften i lindan. Den ena rullen är urfräst med en nedsänkning där lindan passar mellan. Den andra rullen har en kortare längd så den passar mellan nedsänkningen på den andra rullen. Dessa rullar trycks ihop med antingen fjäderkraft eller en mekanisk lösning där rullarnas läge ställs med skruvar.



Figur 47 Skiss av delkoncept Rullar med tryck

### Blockrullar:

Ett övre och undre block pressas mot varandra för att hålla lindan i sitt stabila läge. På det övre blocket sitter två rullar och på det nedre sitter tre rullar (figur 48). När blocken trycks mot varandra skapas kontaktytor mellan lindan och rullarna. Lindan rullas fram på rullarna samtidigt som det hålls emot mot motsvarande yta på blocket över/under. Nedre blocket hålls i ett fast läge och det övre fixeras med hjälp av ett snabbspänne för att uppnå önskat tryck vid drift.



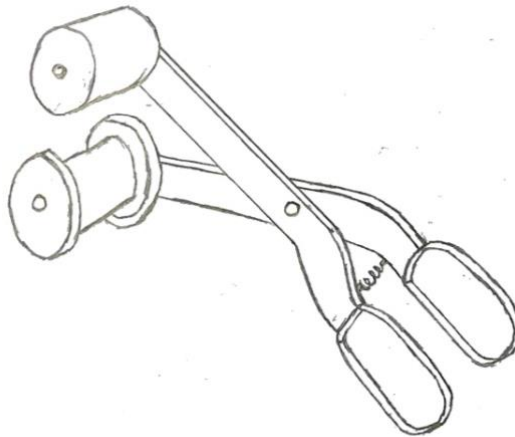
Figur 48 Skiss av delkoncept Blockrullar

### **Verktyg som operatören håller i för manuell lindning av klubba**

Dessa delkoncept är tänkt att kunna användas av operatören för att hålla i innebandylindan under lindningsprocessen. Operatören skall också kunna använda verktyget för att spänna åt lindan utan att anstränga sina händer under lindningsprocessen. Det skapas tre olika delkoncept som skall kunna uppfylla denna funktion.

### Saxen:

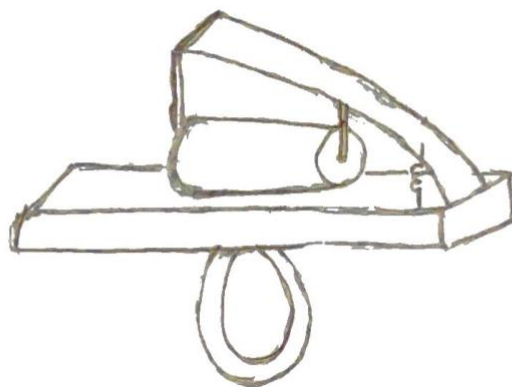
Ett verktyg för att operatören skall kunna linda skaftet manuellt samtidigt som den inte behöver överanstränga fingrar och händer när lindan skall spännas, är en lösning som liknar en sax (figur 49). Saxen i detta fall har ingen klippande funktion utan istället sitter en rulle monterade på vardera hävarm. Genom rullarna bromsas lindan och på så sätt fås en spänning i lindan. Mellan hävarmarna sitter en dragfjäder som drar ihop rullarna mot varandra och på så sätt behöver inte operatören stå för all hävkraft. Operatören behöver tillsätta en kraft för att separera rullarna och placera lindan mellan dem. Därefter när operatören släpper kraften kommer rullarna med hjälp av dragfjäderskraften dras ihop.



Figur 49 Skiss av delkoncept Saxen

### Ringklämman:

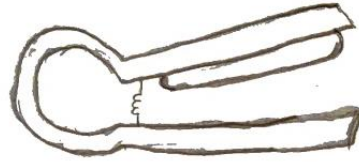
Detta är ett verktyg som operatören skall kunna använda under lindningsprocessen med avsikt att ta bort belastning från operatörens händer under lindningsprocessen (figur 50). Modulen fungerar genom att operatören trär på verktyget på ett finger. Därefter lyfts hävarmen och rullen som är fastspänd med en fjäder och placerar lindan mellan rullen och plattan. När lindan är fastspänd i klubban kan operatören nu istället hålla i lindan med ett motstånd med hjälp ut av verktyget.



Figur 50 Skiss av delkoncept Ringklämman

### Klämman:

Detta är en simpel modul (figur 51) där operatören kan klämma åt lindan under lindningsprocessen och hålla emot för att spänna åt lindan. Detta verktyg avlastar operatörens händer då operatören istället kan låta lindan gå igenom klämman.



Figur 51 Skiss av delkoncept Klämman

### Sammansättning av delkoncept

I detta segment presenteras ett helhetskoncept som är sammansatt med hjälp av de delkoncept som skapades i föregående kapitel. Ett delkoncept valdes ut från varje segment: rotation, translation, infästning av skaft, infästning av knapp, lindning av knapp och lindning av skaft. För att skapa ett sammansatt koncept gjordes en analys av varje delkoncept för att kunna välja de bäst lämpade delkoncepten. Det sammansatta konceptet resulterade i att nedanstående delkoncept valdes.

#### Rotation:

Enfasmotor valdes med anledning av att det anses enklare att kunna rotera och styra rotationshastigheten av skaftet i jämförelse med att hålla skaftet i ett fast läge och rotera lindan runt skaftet. Det krävs stora resurser för att utveckla en modul som kan rotera lindan runt skaftet.

#### Translation:

Translation av skaft valdes inte då det krävs betydligt mer utrymme när skaftet skall translatera jämfört med att translatera lindan utmed skaftet. Linjärmotorn är ett möjligt alternativ men detta delkoncept faller bort då linjärmotorer är dyrare. Att translatera lindan med hjälp av kugghjul valdes bort då det krävs att motorn sitter monterad på modulen som håller lindan, vilket i sin tur tar upp onödigt mycket plats. Att translatera lindan manuellt valdes också bort då det krävs mycket precision av operatören för att få en jämn hastighet på translationen. Därav valdes delkonceptet translation med drivrem då detta koncept anses vara bäst lämpat för det sammansatta konceptet.

#### Infästning av skaft:

Med anledning av konisk geometri på innebandyskaftet valdes stång som går igenom skaftet bort. Då kommer skaftet böjas ut för mycket när lindan monteras på klubban. Därmed valdes delkonceptet modul med givet interface för att säkerställa att skaftet hålls på plats vid montering av lina.

#### Infästning av knapp:

Låsning med tving valdes för att inte behöva komplettera med tryckluft och inte använda sig av rullar där det finns en risk att lindan fastnar. Samt eftersom låsning med kuggar inte är en steglös låsning utan blir beroende av kuggarna.

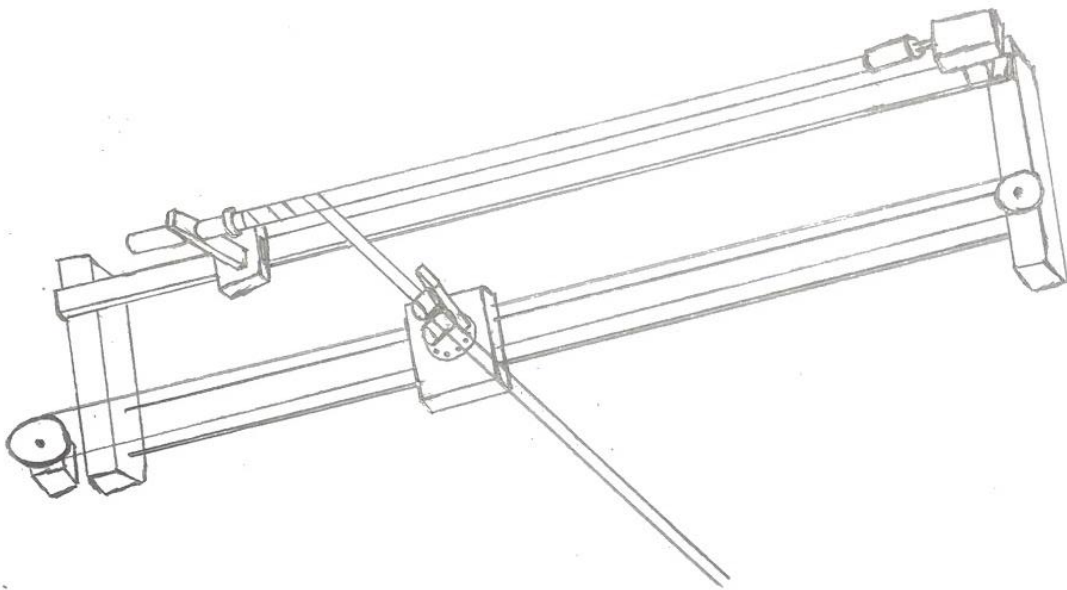
#### Lindning av knapp:

Det är svårt att automatisera denna process, därför valdes en manuell lindning av knoppen. Dock är det möjligt att automatisera processen men då krävs ytterligare motorer samt en mer komplex lösning som kostar mer pengar för att uppnå ett önskvärt resultat.

### Lindning av skaftet:

Att linda skaftet manuellt är en möjlig lösning, dock skulle det ge påfrestningar på operatörens händer. Varmed en automatiserad lindning av skaftet önskas. Rullar som spänner upp lindan är en krånglig lösning då det krävs att lindan träs mellan rullarna vilket är tidskrävande. Därför väljs rullar med tryck till det sammansatta konceptet, då det är enkelt att lägga an lindan mellan rullarna och sedan starta en automatiserad lindning av skaftet.

I figur 52 nedan presenteras det sammansatta konceptet som består av de valda delkoncepten. Modulerna är ihopsatta med aluminiumprofiler, vilket medför att maskinen är mer kompakt och lätt samt tar upp mindre plats i förhållande till dagens maskin.



*Figur 52 Sammansättning av delkoncept*

### Konceptval

För att verifiera vilket koncept som är bäst att gå vidare med genereras en Kessleringmatris med helhetskoncepten A-H samt det sammansatta konceptet som benämns S i matrisen. Efter att koncepten genomgått Kessleringmatrisen valdes det koncept som presterat bäst. Detta koncept presenterades för handledare på Jolly, där diskussioner och analyser togs kring vad som skulle vidareutvecklas på det valda konceptet.

### *Kessleringmatris*

Kesslering matrisen verifierar hur bra koncepten uppfyller önskemålen som har sammanställts i den initiala kravspecifikationen. Önskemålen är viktade med en siffra mellan 1–5, där 1 betyder att önskemålet inte är så viktigt medan 5 betyder att önskemålet är mycket viktigt. Därefter får varje koncept en siffra mellan 1–5 som indikerar hur bra konceptet uppfyller önskemålen. Dessa två siffror multipliceras med varandra och genererar ett uppfyllelsevärde. Dessa uppfyllelsevärden summeras och för samtliga koncept ges ett totalvärde. Totalvärdet för ett koncept blir alltså högre desto bättre det uppfyller önskemålen.

Kesselringmatrisen och resultatet för dem olika koncepten kan ses i tabell 5 nedan.

Enligt resultatet från Kesselringmatrisen är det sammansatta konceptet S det som presterar bäst och blir rankat som etta. Koncept S har det högsta totalvärdet på 95 och koncept F har lägsta totalvärdet på 43. Det är bara två koncept som har ett totalvärde närmare koncept S, det är koncept C med ett totalvärde på 80 och koncept G med ett totalvärde på 77. En anledning till varför koncept S, C och G har ett högre totalvärde kan vara på grund av att alla dessa tre koncept har en liknande design och är uppbyggda på liknande grund. Därför kan en slutsats vara att denna design troligen passar bäst för att gå vidare med i vidareutvecklingen.

Eftersom koncept S har ett högre total värde i förhållande till koncept C och G väljs just det koncept S att jobba vidare med och fortsätta utveckla.

Tabell 5 Kesselringmatris för val av koncept

| Chalmers                                   |   |   |    | Kesselringmatris   |      |       |     |         |      |             |       |       |     |         |         |         |         |       |      |       |        |   |   |
|--------------------------------------------|---|---|----|--------------------|------|-------|-----|---------|------|-------------|-------|-------|-----|---------|---------|---------|---------|-------|------|-------|--------|---|---|
| Utfärdare: J.Arvidsson & J.Pennal          |   |   |    | Skapad: 2021-03-18 |      |       |     |         |      | Modifierad: |       |       |     |         |         |         |         |       |      |       |        |   |   |
| Kriterier                                  |   |   |    | Alternativ         |      | A     |     | B       |      | C           |       | D     |     | E       |         | F       |         | G     |      | H     |        | S |   |
| Namn                                       | w | v | t  | v                  | t    | v     | t   | v       | t    | v           | t     | v     | t   | v       | t       | v       | t       | v     | t    | v     | t      | v | t |
| Batteridrivna                              | 1 | 2 | 2  | 2                  | 2    | 4     | 4   | 1       | 1    | 0           | 0     | 0     | 0   | 4       | 4       | 2       | 2       | 4     | 4    |       |        |   |   |
| Effektiv infästning av skaft               | 5 | 3 | 15 | 4                  | 20   | 3     | 15  | 3       | 15   | 3           | 15    | 4     | 20  | 3       | 15      | 2       | 10      | 4     | 20   |       |        |   |   |
| Effektiv applicering av lina i lindhållare | 5 | 3 | 15 | 1                  | 5    | 1     | 5   | 1       | 5    | 2           | 10    | 0     | 0   | 2       | 10      | 3       | 15      | 3     | 15   |       |        |   |   |
| Maxtid montering av grepplinda             | 4 | 3 | 12 | 3                  | 12   | 3     | 12  | 3       | 12   | 3           | 12    | 2     | 8   | 3       | 12      | 3       | 12      | 3     | 12   |       |        |   |   |
| Låg tillverkningskostnad                   | 3 | 2 | 6  | 1                  | 3    | 4     | 12  | 2       | 6    | 1           | 3     | 1     | 3   | 2       | 6       | 3       | 9       | 4     | 12   |       |        |   |   |
| Portabel                                   | 2 | 0 | 0  | 2                  | 4    | 4     | 8   | 1       | 2    | 0           | 0     | 0     | 0   | 3       | 6       | 1       | 2       | 4     | 8    |       |        |   |   |
| Kompakt konstruktion (liten symmetri)      | 3 | 1 | 3  | 3                  | 9    | 4     | 12  | 2       | 6    | 1           | 3     | 1     | 3   | 4       | 12      | 3       | 9       | 4     | 12   |       |        |   |   |
| Operatören skall stå upp vid användning    | 3 | 1 | 3  | 3                  | 9    | 4     | 12  | 1       | 3    | 3           | 9     | 3     | 9   | 4       | 12      | 3       | 9       | 4     | 12   |       |        |   |   |
| T (Totalt viktat värde)                    |   |   |    | 15                 | 56   | 19    | 64  | 27      | 80   | 14          | 50    | 13    | 52  | 11      | 43      | 25      | 77      | 20    | 68   | 30    | 95     |   |   |
| Medel                                      |   |   |    | 1,875              | 7    | 2,375 | 8   | 3,375   | 10   | 1,75        | 6,25  | 1,625 | 6,5 | 1,375   | 5,375   | 3,125   | 9,625   | 2,5   | 8,5  | 3,75  | 11,875 |   |   |
| Standardavvikelse                          |   |   |    | 0,90625            | 5,25 | 0,875 | 4,5 | 0,78125 | 3,25 | 0,75        | 3,625 | 1,125 | 5   | 1,21875 | 5,21875 | 0,65625 | 3,21875 | 0,625 | 3,25 | 0,375 | 2,9375 |   |   |
| Median                                     |   |   |    | 2                  | 4,5  | 2,5   | 7   | 4       | 12   | 1,5         | 5,5   | 1,5   | 6   | 1       | 3       | 3       | 11      | 3     | 9    | 4     | 12     |   |   |
| Antal svaga punkter                        |   |   |    | 3                  |      | 2     |     | 1       |      | 4           |       | 4     |     | 5       |         | 0       |         | 1     |      | 0     |        |   |   |
| Rangordning                                |   |   |    | 6                  |      | 5     |     | 2       |      | 8           |       | 7     |     | 9       |         | 3       |         | 4     |      | 1     |        |   |   |

## Vidareutveckling av slutgiltigt koncept

Efter att koncepten hade granskats i Kesselringmatrisen beslutades att det sammanställda konceptet blir det slutgiltiga konceptet som skall vidareutvecklas. I detta stadiet av projektet sker först diskussioner med Jolly kring det slutgiltiga konceptet, om vilka delar som måste specificeras ytterligare och eventuellt testas. I diskussionerna beslutas att maskinen till större del skall vara uppbyggd av standardkomponenter, för att minimera antalet delar som behöver tas fram genom specialtillverkning. Därmed beslutas att en skjutstångspännare skall användas för att låsa inbandyklubbans knapp inför lindningsprocessen.

För att möjliggöra fastspänning av ett klubbkraft och translation av lindan. Krävs det att dessa moduler kan flyttas i horisontellt led. Därmed beslutades att maskinen skall byggas med linjärskenor, vilket också finns att köpa som standardkomponenter.

Efter ytterligare diskussioner med handledare på Chalmers och Jolly, tas också beslutet att mer noggrant utveckla den modul som skall hålla lindan spänd och translatera den under lindningsprocessen. I detta stadiet av projektet har det fortfarande inte tagits ett beslut kring hur denna modul skall se ut och fungera. Därmed genereras mer underlag för att kunna verifiera modulens design och prestanda.

## Bilaga E – Tester av prototyper och beräkningar

### Analys av linda

För att applicera lindan på skaftet krävs att lindan läggs an med en dragkraft, för att den inte skall sitta för löst monterat. Samtidigt får inte dragkraften vara för hög eftersom lindan då kan deformeras. Sett till vad innebandyspelare önskade kring lindning av innebandyskaft (Kundbehovsanalys bilaga B) skall lindan hellre sitta hårt monterad än löst. För att finna ett lämpligt intervall av dragkraften genomfördes tester av lindan där dragkraften mättes med hjälp av en dynamometer som klarar en dragkraft upp till 20 kg. Lindan fästes på dynamometern och kontrollerades så att den inte skulle kunna lossna enligt figur 53 nedan.



*Figur 53 Fästning av linda i dynamometern*

Därefter applicerades en dragkraft i dynamometern samtidigt som den fria änden på lindan hölls i ett fixt läge. Samtidigt som dragkraften applicerades på dynamometern läses värdet av dragkraften av på dynamometern. Värdet på dynamometern angavs i kilogram vilket sedan omvandlats till Newton.

Totalt testades två lindor, vid det första testet konstaterades det att dragkraften inte bör vara under 29,4 N (3 kg) för att uppnå en tillräckligt spänd linda monterad på skaftet. Dragkraften får dock inte överstiga 68,7 N (7 kg). Vid denna dragkraft får lindan en tydlig deformation och är inte längre brukbar. När dragkraften 68,7 N applicerades deformationerades lindan enligt figur 54.

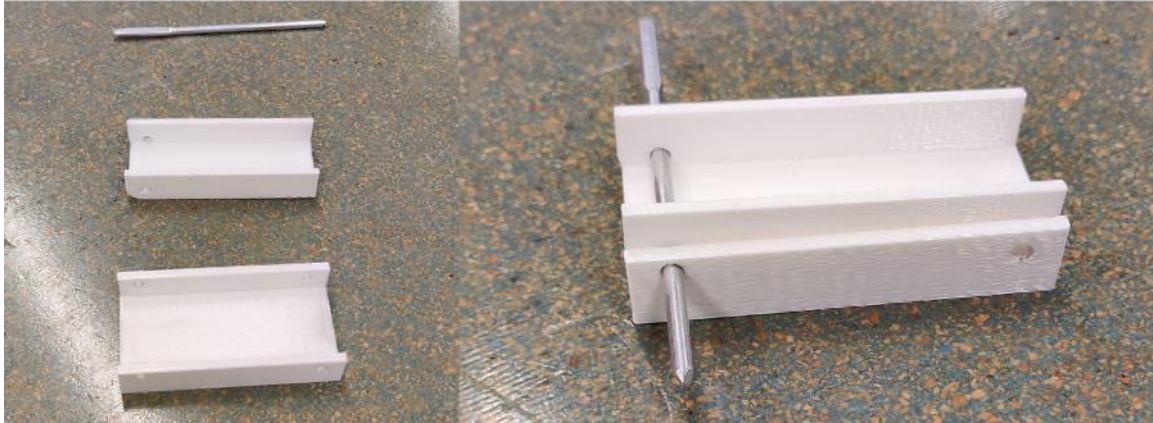


*Figur 54 Deformation av linda vid en dragkraft på 68,7 N*

Vid det andra testet som genomfördes med en ny linda, avbröts dragkraften vid 58,9 N (6 kg). Även vid detta test analyserades lindan och det konstaterades att ingen deformation uppkommit. Slutsatsen av testet blev således att ett godtagbart intervall av dragkraften för lindan ligger mellan 29 N och 58 N.

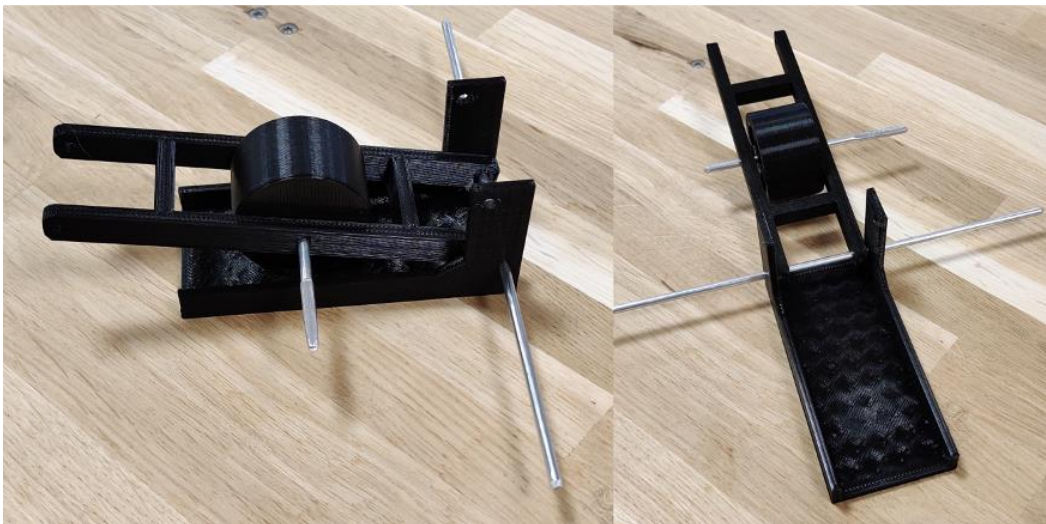
## Framtagning av prototyper

För att konstruera en lämplig lindhållare med bromsfunktion tillverkades prototyper. Fokus hamnade på lindhållarens broms då den lösningen saknade underlag för att kunna verifieras. Först skapades cad-modeller av prototyperna i Catia V5 därefter 3D-printades prototyperna för att sedan kunna genomföra tester med dem. Den första prototypen som tillverkades inspirerades från delkonceptet "Blockrullar". Skillnaden blev att rullarna togs bort och istället användes två platta skivor mot varandra och prototypen kom kallas för "Bertil", se figur 55. Bertil byggdes upp av totalt tre delar, en nedre platta, en övre platta och en stång som användes som ett gångjärn för att hålla samman övre och nedre platta. Funktionen av Bertil är tänkt som så att de två plattorna skall bromsa upp lindan mellan sig. För att justera bromsningen av lindan kan olika vikter placeras på den övre plattan.



Figur 55 3D-printad prototyp Bertil

Den andra prototypen som tillverkades var en vidareutveckling av Bertil. Skillnaden var att istället för att två skivor bromsade lindan så användes ett hjul och en skiva. Denna prototyp kom att kallas för Vera, se figur 56. Vera består av en basdel där lindan transporteras genom och mot lindan ovanifrån placeras ett hjul med hjälp av en hävarm. Hävarmens tryck justeras med hjälp av vikter och på så sätt bromsas lindan. De ingående delarna för Vera är en basdel, en hävarm, ett hjul och två stänger. De två stängerna är till för att hålla hävarmen och hjulet på plats.



Figur 56 3D-printad prototyp Vera

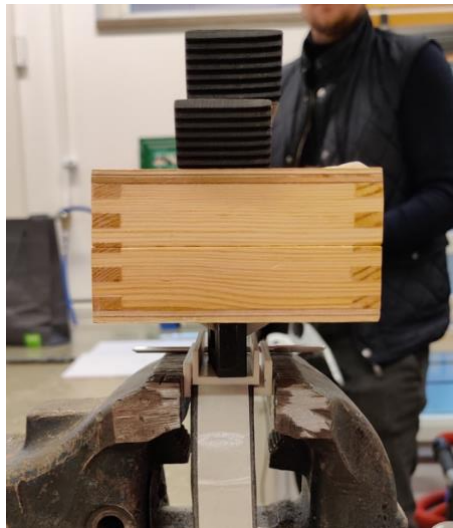
## Tester av prototyper

Efter att prototyperna hade tillverkats genomfördes tester med dem för att analysera dess funktioner och prestanda. Lindhållarna monterades i ett fixt läge i ett skruvstöd varefter lindan placeras i sitt rätta läge i prototypen. Lindans fria ände monterades ihop med dynamometer. På så sätt kunde lindan dras igenom lindhållaren med hjälp av dynamometern, samtidigt som ett värde angavs i dragkraften. För att testa vilka olika dragkrafter som kunde uppnås lades olika vikter på lindhållarna. Dessa vikter mättes upp med hjälp av en våg. Vikten som applicerades på lindhållarna omvandlas till normalkraft  $N$ . Med hjälp av normalkraften och dragkraften  $F$  beräknades glidfriktionskoefficienten  $\mu_K$  enligt kapitel 2.1:

$$\mu_K = \frac{F}{N}$$

### *Test av Bertil*

Det första testet som genomfördes var med prototypen Bertil. Totalt testades åtta olika belastningar  $N$  för att jämföra vad dragkraften  $F$  blev på lindan. De olika belastningarna applicerades genom att sätta samman olika objekt till uppnådd vikt. Figur 57 visar hur vikterna placerades på Bertil.



*Figur 57 Belastning av Bertil vid test*

Resultatet från testet av Bertil är sammanställt i tabell 6 och diagram 4. De olika belastningarna som användes under testet var mellan 19,3 N och 52 N. Sett till testet av lindan önskades en dragkraft mellan 29 N och 58 N. Denna dragkraft uppnåddes vid en normalkraft från 24,6 N till 47 N. Vid testet av Bertil konstaterades det att skyddstejpen till lindan kan komma till skada då trycket blir för högt men det sågs inte som ett problem då lindan endast skall transporteras en gång genom lindhållaren. Ytan där grepplindan sitter kontrollerades också för att säkerställa att lindan inte kommit till skada, något som inte framkom under testerna. Slutsatsen blev att lindan och skyddstejpen löper risk för att bli försämrade om den transporteras genom lindhållaren flera gånger. Dock inget anmärkningsvärt om lindan transporteras endast en gång genom lindhållaren. För att undvika risken av att lindan skall ta skada under denna process bör därför kontaktytan mellan övre och undre platta inte vara för liten, då trycket kan bli för stort. Vid testet av Bertil var kontaktytan begränsad med anledning av låsningen för den övre plattan. Det leder till att ytan blir mindre mot grepplindan samtidigt som lindan bromsas lika mycket dock med ett högre tryck. Geometrin kan förslagsvis ändras från en rektangulär platta till en platta med en radie på. Det innebär att det inte blir en vass kant precis där lindan går in och ut genom lindhållaren vilket minskar risken för att lindan skall fastna under lindningsprocessen. Då krävs det dock att kontaktytan inte blir liten.

Tabell 6 Numeriskt resultat från test av Bertil

| Normalkraft (N) | Dragkraft (N) | $\mu_K$ |
|-----------------|---------------|---------|
| 19,4            | 21,6          | 1,1     |
| 24,5            | 29,4          | 1,2     |
| 29,2            | 36,3          | 1,2     |
| 34,9            | 44,2          | 1,3     |
| 41,4            | 49,1          | 1,2     |
| 47,0            | 58,9          | 1,3     |
| 49,5            | 63,8          | 1,3     |
| 52,0            | 68,7          | 1,3     |

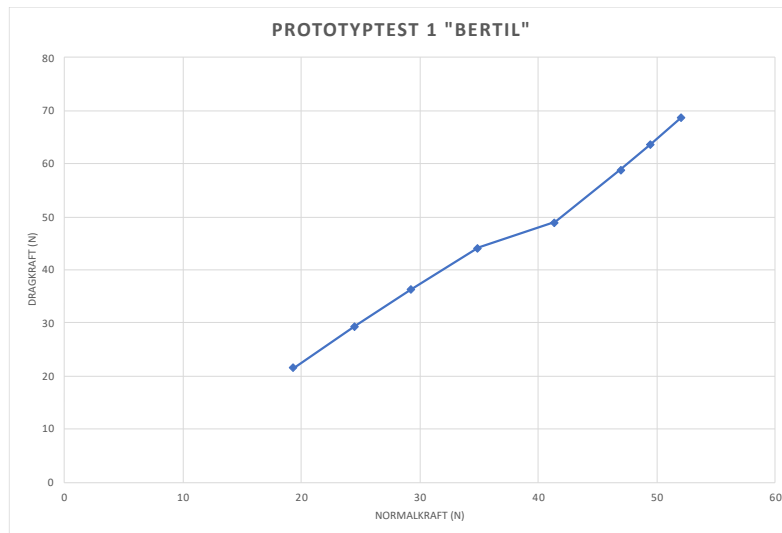


Diagram 4 Resultatkurva från test av Bertil

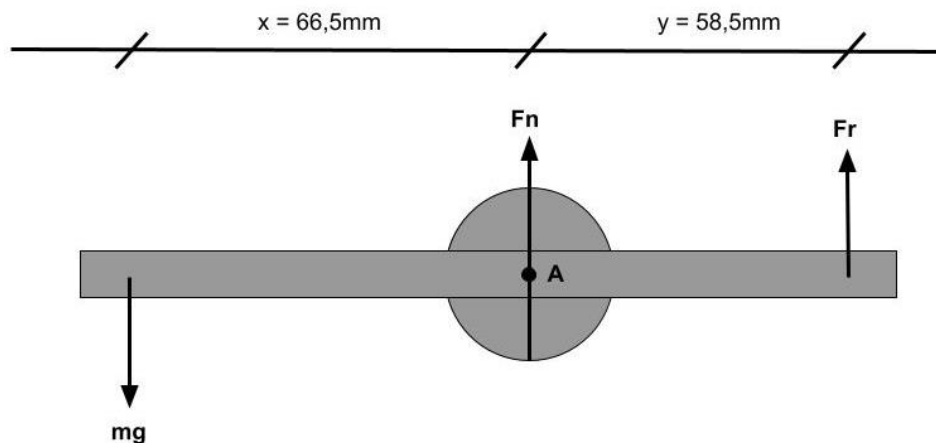
Två observationer som gjordes under test var att om det existerar ojämnheter mellan skyddstejpen och lindan finns det risk för att lindan och tejen hakas fast mellan övre och undre platta samt att stick slip fenomenet uppstår. Vid risken för att lindan skall hakas fast mellan plattorna uppstår det ett problem då plattorna sitter i ett fixt läge mot varandra. För att undvika detta problem är en lösning att tillsätta en fjäder vid den övre plattan som ger den en viss rörlighet i vertikalled. Det innebär att plattan kan till en viss mån förflyttas om det uppstår ojämnheter i lindan. Vid testet användes vikter för att uppnå en önskad normalkraft, vilket inte är tillräckligt effektivt vid lindning av innebandyskaft. Istället bör en skruvanordning användas vilket ger möjlighet att justera bromskraften sett till hur hårt skruven dras.

När lindan dras genom den övre och undre delen med en konstant hastighet fastnar lindan under en kort period men fortsätter sedan färdas genom delarna med en konstant hastighet. Därmed dras en slutsats att stick-slip uppstår. Det beror troligen på att lindan är så pass elastisk att när den spänns åt mellan delarna beter sig lindan som en fjäder, likt den modell som visas i den teoretiska referensramen (avsnitt 2.2). Dock fastnar lindan under en så pass kort tid att det inte borde ha en större påverkan på lindningsprocessen. Stick-slipfenomenet är inte möjligt att utesluta då lindans elasticitet inte går att påverka.

### Test av Vera

För att testa om det skulle vara möjligt med ett hjul som bromsade lindan testades prototypen Vera. Vid testet av den andra prototypen Vera genomfördes totalt tre olika tester. Det första testet gjordes med vikt på hävarmen, det andra med tyngd på hjul och det tredje med tyngd på hävarmen med fastmonterat hjul. Prototypen monterades i ett skruvstöd på samma sätt som tidigare och modifierades därefter till önskad utformning, sett till vilket test som genomfördes.

När vikten placeras på hävarmen verkar en tyngdkraft  $mg$  vertikalt nedåt, enligt figur 58. Eftersom vikten inte är placerad på samma ställe som hjulet innebär det att tyngdkraften inte är den samma som normalkraften  $F_n$ . En viss del av tyngdkraften tas även upp i den andra änden av hävarmen där en stång sitter för att hålla upp armen. För att beräkna normalkraften ställs ett moment- och jämvikts-samband upp enligt kapitel 2.4.



Figur 58 Friläggning av krafter på hävarmen

Momentjämvikt kring punkten A i centrum av axeln för hjulet:

$$\begin{aligned} A^{\circ}: mg * x + Fr * y &= 0 \\ \Rightarrow Fr &= -\frac{mg * x}{y} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

Kraftjämvikt (Newton 1:a) för hela systemet:

$$\begin{aligned} \uparrow: Fn + Fr - mg &= 0 \\ \Rightarrow Fn &= mg - Fr \\ \Rightarrow (1) \Rightarrow Fn &= mg + \frac{mg * x}{y} \\ \Rightarrow Fn &= mg \left( 1 + \frac{x}{y} \right) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

Detta samband användes för testerna vid test ett och tre, vid test två placerades tyngdkraften direkt vid hjulet vilket innebär att den blir lika med normalkraften.

### Test 1 av Vera – Tyngd på hävarm

Vid testet av tyngd på hävarmen monterades prototypen enligt följande i skruvstället, se figur 59. För att fästa tyngden på hävarmen drogs en tråd genom två hål på hävarmen och tråden monterades fast i en hink där tyngderna kunde placeras. Vid detta test testades totalt fem olika belastningar på prototypen, från 9,8 N till 49 N. Sammanställt resultat från testet visas i tabell 7 och diagram 5. Tyngdkraften  $mg$  medgav beräkning av normalkraften  $F_n$  enligt ekvation 2. I detta test beräknades inte det dynamiska friktionstalet då det inte gick att avgöra för hjulet som låg mot lindan roterade.



Figur 59 Montering av Vera vid test 1

Tabell 7 Numeriskt resultat från test 1 av Vera

| Tyngdkraft (N) | Normalkraft (N) | Dragkraft (N) |
|----------------|-----------------|---------------|
| 9,8            | 21,0            | 0,0           |
| 19,6           | 41,9            | 4,9           |
| 29,4           | 62,9            | 8,8           |
| 39,2           | 83,8            | 11,8          |
| 49,1           | 104,8           | 19,6          |

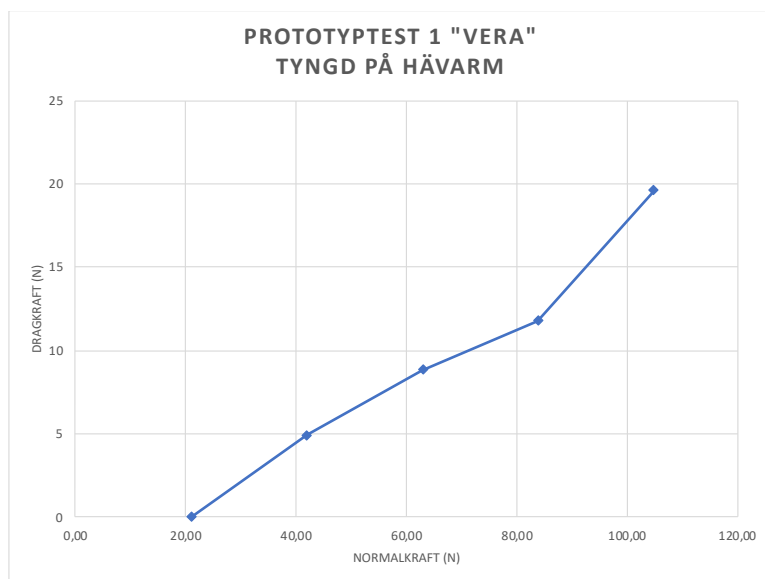
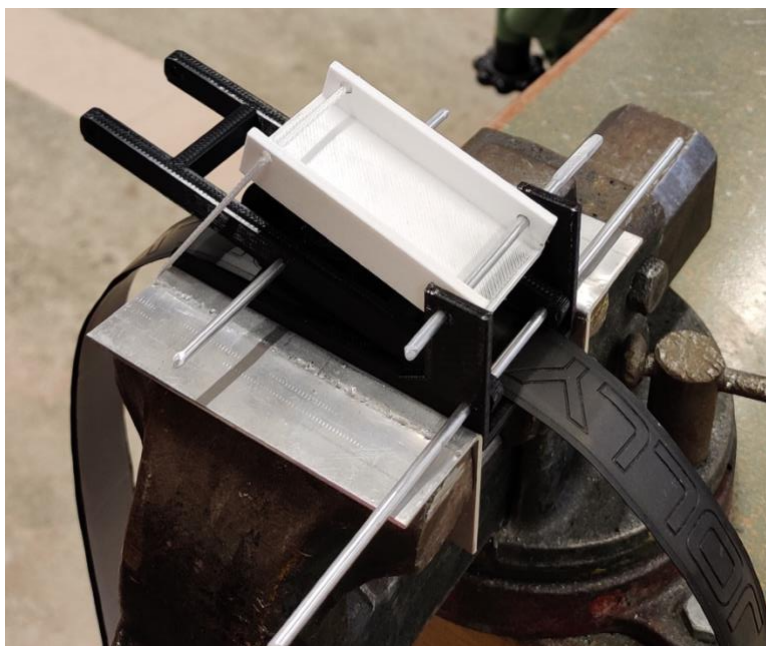


Diagram 5 Resultatkurva från test 1 av Vera

Analysen av detta test blev att det krävs betydligt högre tyngdkraft jämfört med Bertil för att nå samma dragkraft. Testet avbröts vid en normalkraft på 104,8 N och då uppmättes en dragkraft på endast 19,6 N. Då den önskade dragkraften skall vara mellan 29 N och 58 N ansågs det inte nödvändigt att fortsätta testet. Förklaringen till att det krävs högre normalkraft för att nå den önskade dragkraften är att hjulet roterar och därav uppnås inte en högre dragkraft.

### **Test 2 av Vera – Tyngd på broms**

Det andra testet genomfördes genom att en platta från prototypen Bertil monterades ovanför hjulet med hjälp av en stång, se figur 60. Tyngder placerades ovanpå plattan från Bertil på samma sätt som vid testet av Bertil. Tyngdkraften som applicerades på plattan i detta test placerades rakt ovanifrån på hjulet vilket innebär att den blev detsamma som normalkraften. Då hjulet också roterar vid detta test beräknas inte det dynamiska friktionstalet.

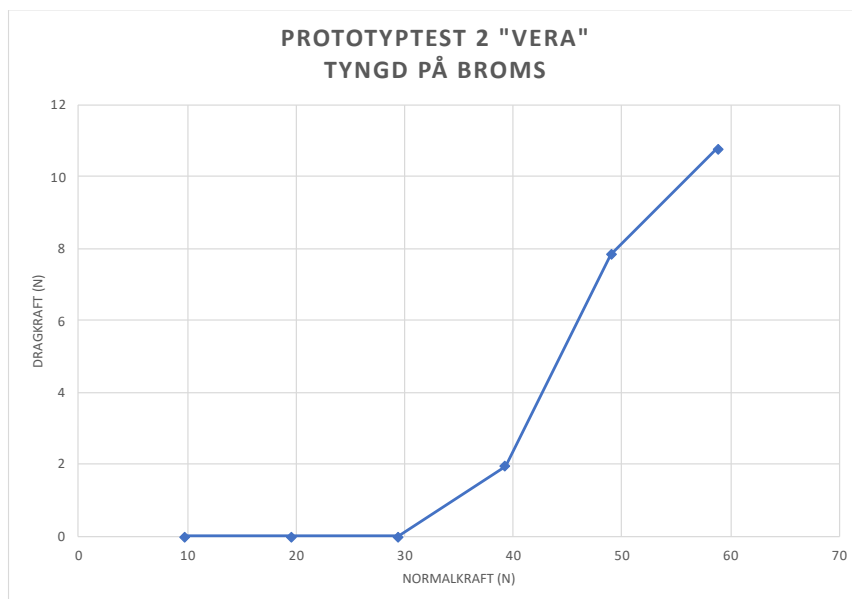


*Figur 60 Montering av Vera vid test 2*

Totalt genomfördes sex omgångar med olika normalkrafter, från 9,81 N till 58,86 N. Resultatet är sammanställt i tabell 8 och diagram 6. Vid de tre första omgångarna gav ingen dragkraft alls enligt dynamometern, hjulet lyckades inte bromsa upp lindan tillräckligt. Vid de tre sista omgångarna uppmättes dragkrafter. Vid testet med en normalkraft på 58,86 N uppmättes dragkraften till 10,8 N. Detta är för lågt och jämfört med Bertil då en normalkraft vid likvärdig normalkraft uppmättes till över 60 N. Slutsatsen av detta test blev, att spänna åt lindan med ett frilöpande hjul inte anses vara tillräckligt effektivt.

*Tabell 8 Numeriskt resultat från test 2 av Vera*

| Normalkraft (N) | Dragkraft (N) |
|-----------------|---------------|
| 9,8             | 0,0           |
| 19,6            | 0,0           |
| 29,4            | 0,0           |
| 39,2            | 2,0           |
| 49,1            | 7,9           |
| 58,9            | 10,8          |



*Diagram 6 Resultatkurva från test 2 av Vera*

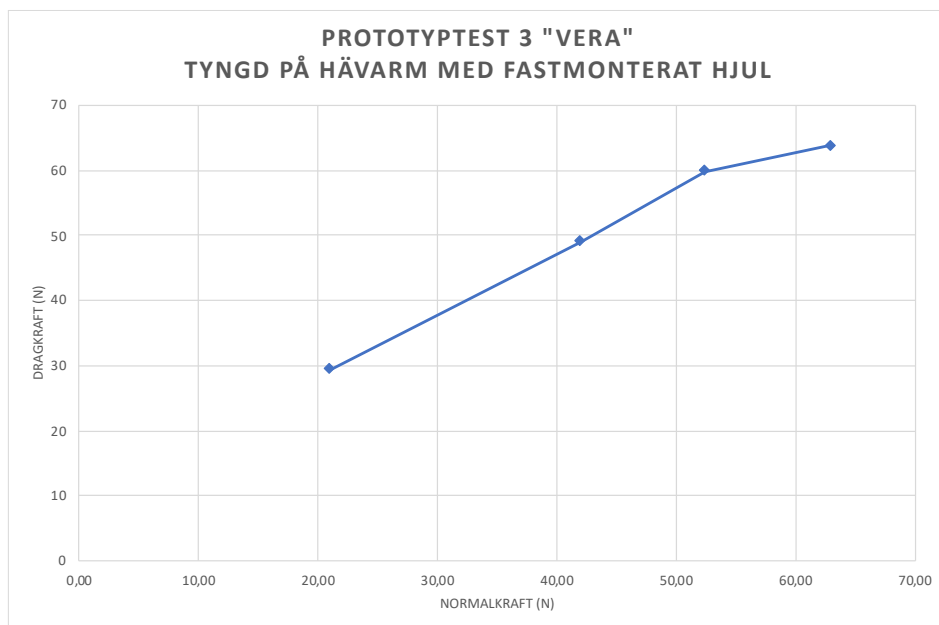
### **Test 3 av Vera – Tyngd på hävarm med fastmonterat hjul**

Då Vera inte ansågs ge tillräckligt hög dragkraft när hjulet roterade valdes ett sista test med prototypen där hjulet var fastmonterat. Test tre är därav samma som test ett men med den skillnad att hjulet är fastmonterat. Hjulet monterades fast med lim från en limpistol, med den anledningen av att prototypen skulle vara brukbar efter testet med ett roterande hjul.

Endast fyra omgångar genomfördes av test tre då limmet började ge med sig efter det fjärde omgången. Resultatet är sammanställt i tabell 9 och diagram 7. Normalkraften under testet var mellan 21 N och 63,8 N. Fördelaktigt med detta test var att dragkraften blev betydligt högre än de två tidigare testerna med Vera. Dragkraften är inte helt densamma som vid testet med Bertil men ändå ett liknande resultat. Sett till förutsättningarna finns det rimliga anledningar för att resultatet inte är helt detsamma, bland annat fel vid avläsning av dynamometer och vid invägning av vikterna. Analysen av det tredje testet med Vera gav att en konstruktion där lindan kläms mellan en platta och ett hjul i fixt läge funkar lika bra som prototypen Bertil.

*Tabell 9 Numeriskt resultat från test 3 av Vera*

| Tyngdkraft (N) | Normalkraft (N) | Dragkraft (N) | $\mu_K$ |
|----------------|-----------------|---------------|---------|
| 9,8            | 21,0            | 29,4          | 1,4     |
| 19,6           | 41,9            | 49,1          | 1,2     |
| 24,5           | 52,4            | 59,9          | 1,1     |
| 29,4           | 62,9            | 63,8          | 1,0     |

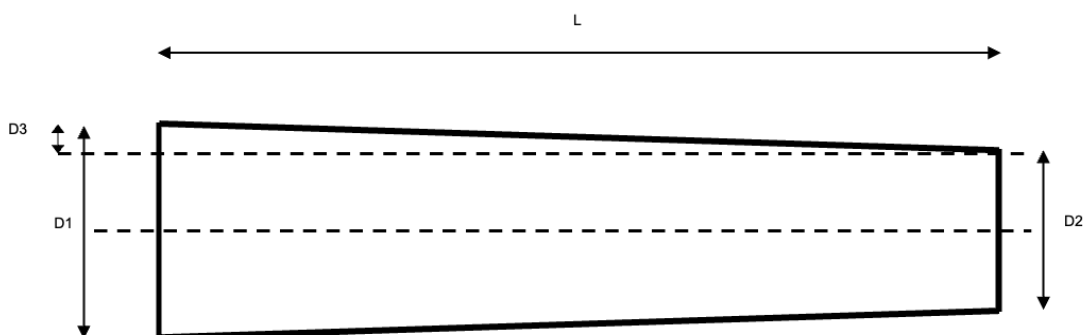


*Diagram 7 Resultatkurva från test 3 av Vera*

### Beräkning av translationshastighet relativt rotationshastighet

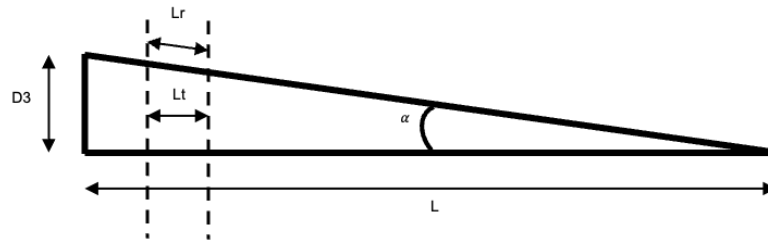
För att styra maskinen behövs ett samband mellan rotationen på skaftet och translationshastigheten av vagnen i translationssystemet. Lindan som används av Jolly idag har en bredd på 25 mm. Då lindan skall överlappas under varje varv för att skapa en bra greppyta för användaren antas att den totala överlappningen vara 2,5 mm/varv. Det innebär att varje varv av linda på skaftet har en translationsförflyttning på 22,5 mm vilket leder till att vagnen behöver röra sig med denna förflyttning.

Då skaftet har en konformad geometri sker en linjär förändring av diametern på skaftet från änden där knoppen monteras D1 ner till änden där skaftet monteras D2. En grov skiss av ett skaft visas i figur 61. En triangel kan utläsas i figuren där motstående sida skapas av D3 och närliggande sida av totala längden L av skaftet.



*Figur 61 Skiss av innebandyskaft*

För att ta reda på hur långt translationen behöver röra sig relativt till lindans anläggning mot skaftet beräknas den med hjälp av triangeln som skapats. Figur 62 visar triangeln där de streckade linjerna visualiserar lindans icke överlappande längd.



Figur 62 Visualisering av triangeln från skaftets konformning

Lr motsvarar lindans givna icke överlappande längd på skaftet vid varje rotationsvarv. Lt motsvarar längden som translationssystemet måste translatera för varje varv som skaftet roterar. För att beräkna Lt används ett specifikt exempel på skaft som tillhandhållits från Jolly, se tabell 10.

Tabell 10 Given data från Jolly

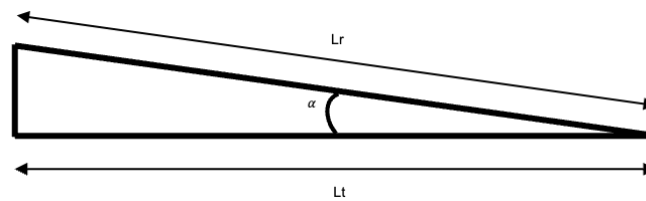
| Given data [mm] |      |
|-----------------|------|
| D1              | 28   |
| D2              | 18   |
| L               | 1000 |
| Lr              | 22,5 |

$$D3 = \frac{D1 - D2}{2} = \frac{28 - 18}{2} = 5 \text{ mm}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{D3}{L}$$

$$\Rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{D3}{L}\right) \approx 0,29^\circ$$

Med hjälp av vinkeln  $\alpha$  kan nu  $L_t$  beräknas då sambandet för triangeln i figur 62 är det samma som för  $L_t$  relativt  $L_r$  som visas i figur 63.



Figur 63 Visualisering av triangeln som bildas av  $L_t$  och  $L_r$

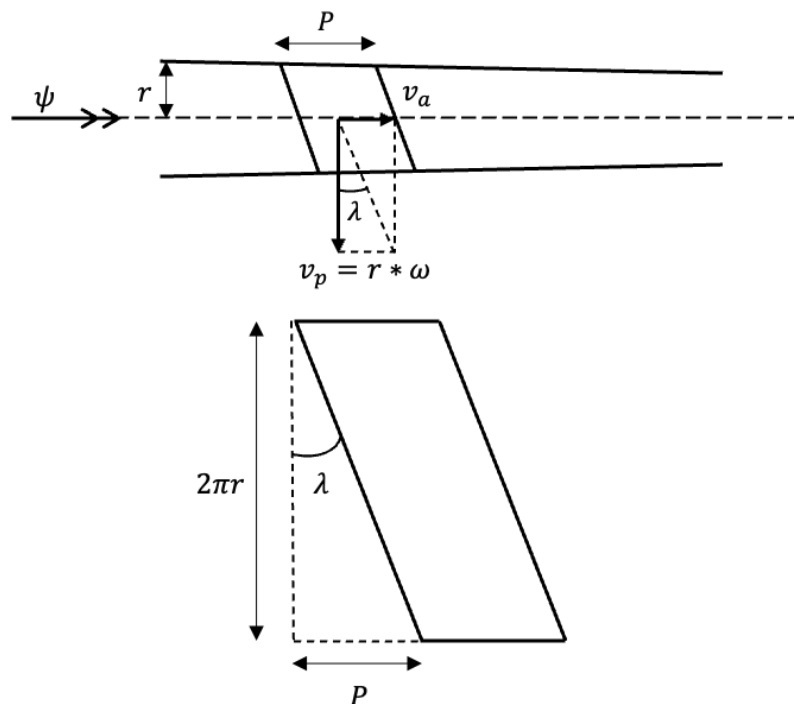
$$\cos(\alpha) = \frac{L_t}{L_r}$$

$$\Rightarrow L_t = \cos(\alpha) * L_r = 22,4997 \text{ mm} \approx 22,5 \text{ mm}$$

Resultatet visar att längden som translationssystemet måste translatera relativt rotationen av skaftet per varv är i stort sett det samma som lindan anläggs med i längden per varv. Slutsatsen blir att translationssystemet kommer att behöva translatera med 22,5 mm sett till varje varv för att lindan skall kunna lindas på skaftet med en jämn överlappning. Roterar skaftet med en rotationshastighet på 1 varv/s måste således translationssystemet translatera med en hastighet på 22,5 mm/s. Roterar skaftet med 2 varv/s måste translationssystemet translatera med en hastighet på 45 mm/s. Relationen mellan rotationshastigheten och translationshastigheten är på så sätt ett linjärt samband där rotationshastigheten multipliceras med en faktor 22,5 för att finna den sökta translationshastigheten.

Vid analys av dagens befintliga maskin uppmättes en rotationshastighet till 1,4 varv/s. Vilket innebär att translationshastigheten skall vara 31,5 mm/s sett till dagens maskin.

För att verifiera att radieförändringen på skaftet inte påverkar translationshastigheten kontrolleras detta med hjälp av figur 64. Figuren visar skaftet med ett varv av lindning. Lindningsprocessen betraktas som en gänga hos en skruv.



Figur 64 Lindning betraktas som en gänga hos en skruv

$$\begin{aligned}\delta &= P * \frac{\psi}{360^\circ} \\ \Rightarrow \dot{\delta} &= P * \frac{\dot{\psi}}{2\pi} \\ \Rightarrow \{\dot{\delta} = v_a, \dot{\psi} = \omega\} \\ \Rightarrow v_a &= P * \frac{\omega}{2\pi}\end{aligned}$$

Genom derivering av förflyttningen  $\delta$  fås ett samband för translationshastigheten sett till vinkelhastigheten  $\omega$  och delningen P per varv. Skaftets radieändring försummas, det vill säga att skaftet kan betraktas som en cylinder med radie r. Med uttrycket  $\lambda$  kan sambandet för de två hastigheterna  $v_a$  och  $v_p$  ställas upp.

$$\begin{aligned}\tan(\lambda) &= \frac{v_a}{v_p} \\ \Rightarrow v_p &= \frac{v_a}{\tan(\lambda)} \quad (1) \\ \tan(\lambda) &= \frac{P}{2\pi * r} \dots (2) \\ v_p &= r * \omega \dots (3) \\ (1), (2), (3) &\Rightarrow r * \omega = \frac{v_a * 2\pi * r}{P} \\ \Rightarrow \omega &= \frac{2\pi}{P} * v_a \\ \Rightarrow v_a &= P * \frac{\omega}{2\pi}\end{aligned}$$

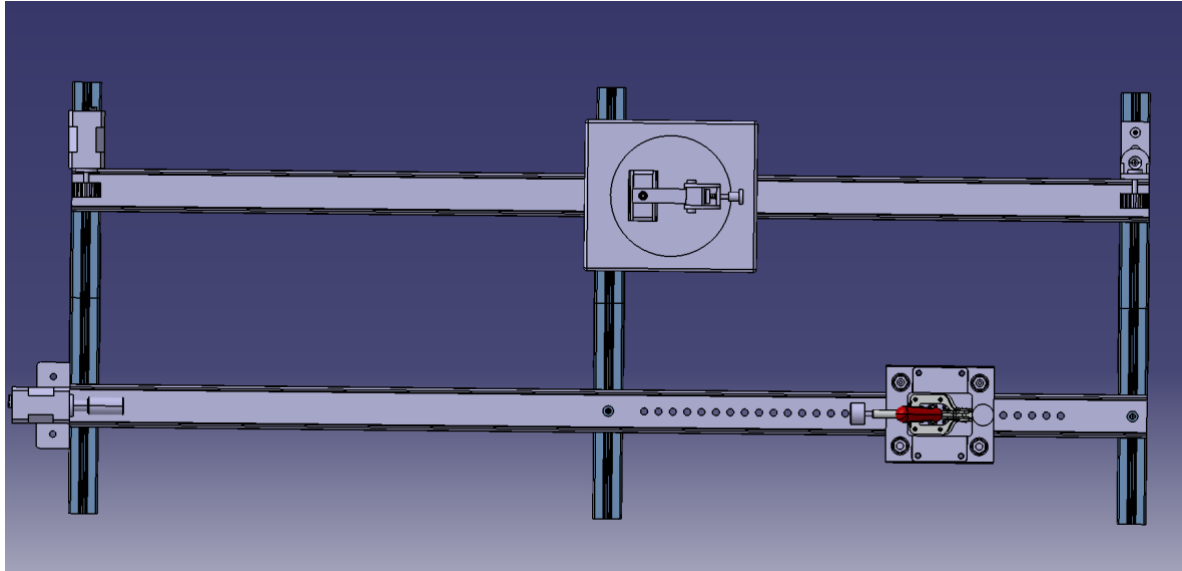
Dessa samband säkerställer att radieförändringen inte påverkar translationshastigheten. Vilket betyder att vid en delning P på 22,5 mm och en rotationshastighet på 1,4 varv/s fås  $v_a$  enligt följande:

$$v_a = 22,5 * 1,4 = 31,5 \text{ mm/s}$$

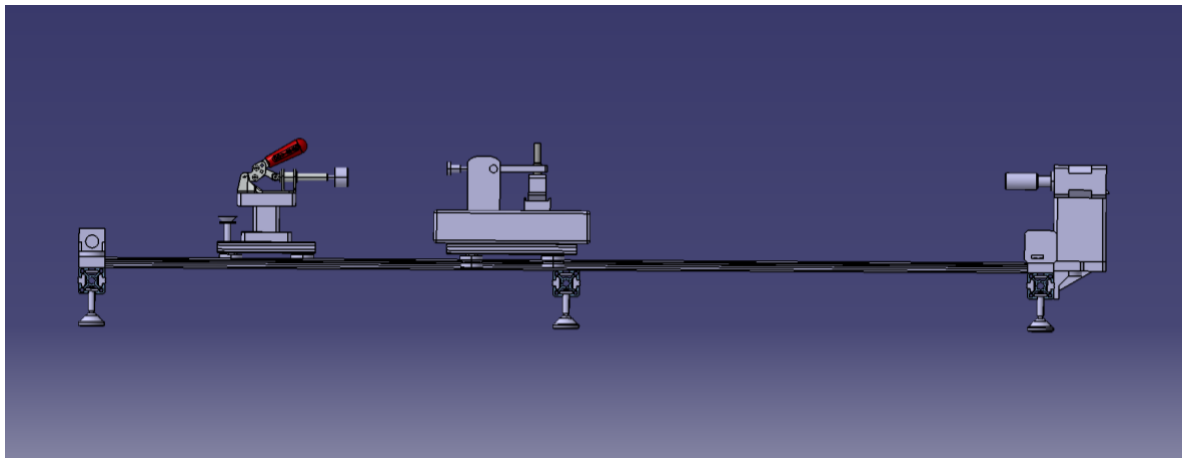
## Bilaga F – Figurer och ritningar av slutkonceptet

I denna bilaga ses mer detaljerade bilder och ritningar av slutkonceptet. Det existerar endast ritningar på unika detaljer.

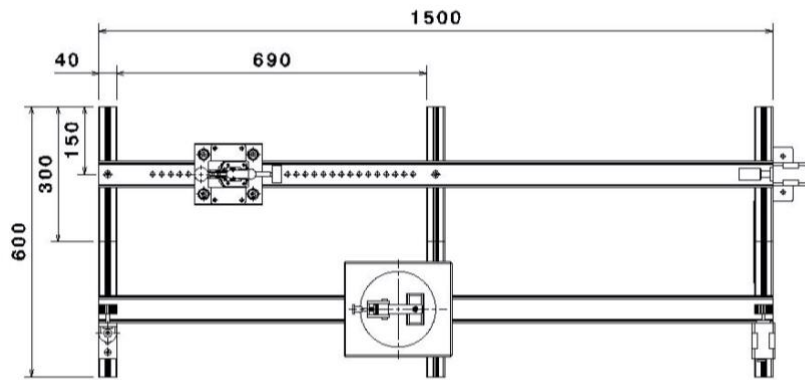
### Fullständig sammansättning av koncept



*Figur 65 CAD-modell fullständig sammansättning av koncept, toppvy*



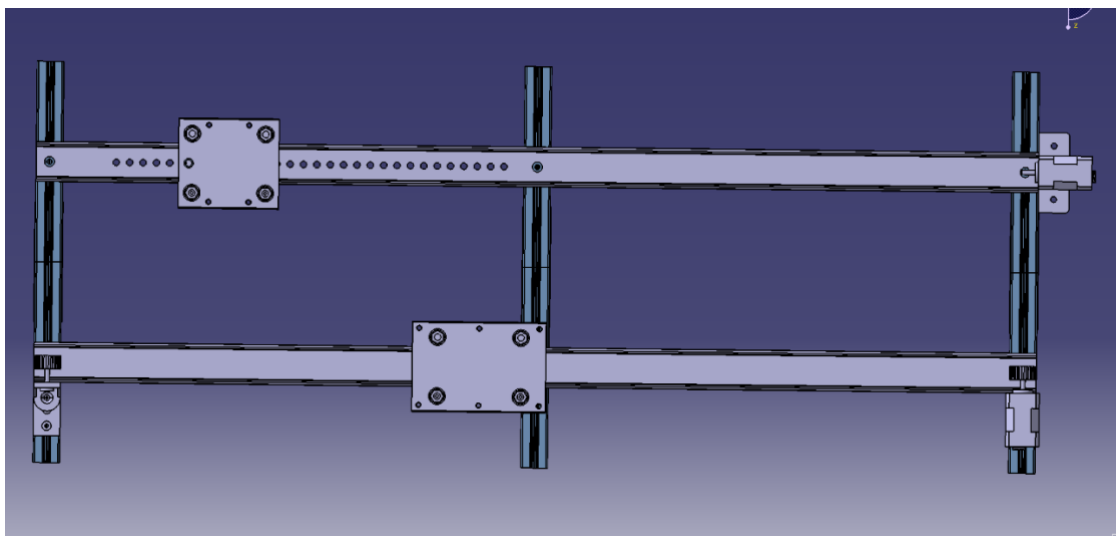
*Figur 66 CAD-modell fullständig sammansättning av koncept, vy från sidan*



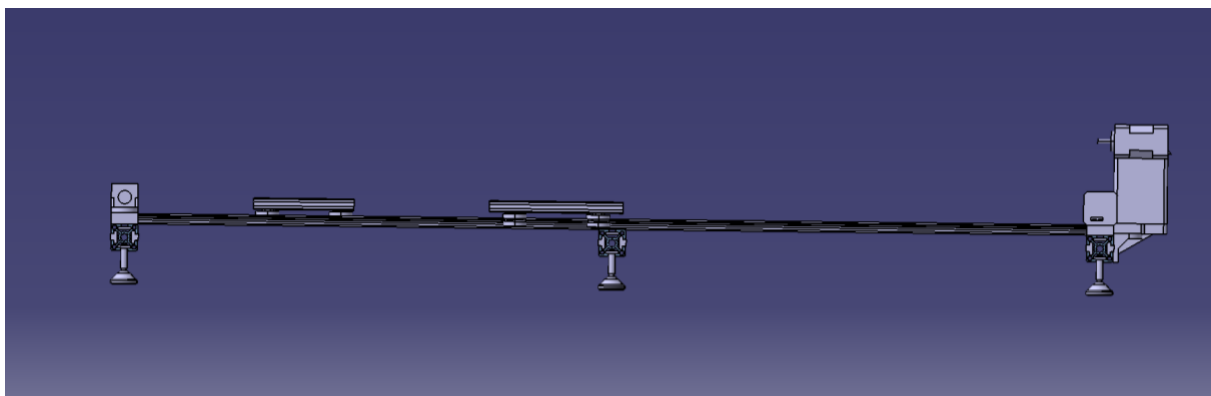
|                                     |           |          |
|-------------------------------------|-----------|----------|
| Sammansättning                      | [mm]      | 21-05-09 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Penndal | Skala 1:8 | A4       |

Figur 67 Ritning fullständig sammansättning av koncept

## Maskinramen

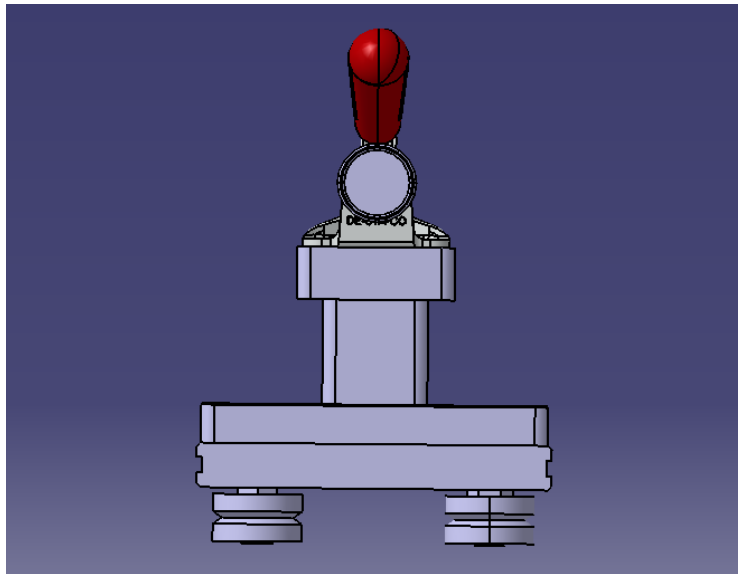


Figur 68 CAD-modell maskinramen, topp vy

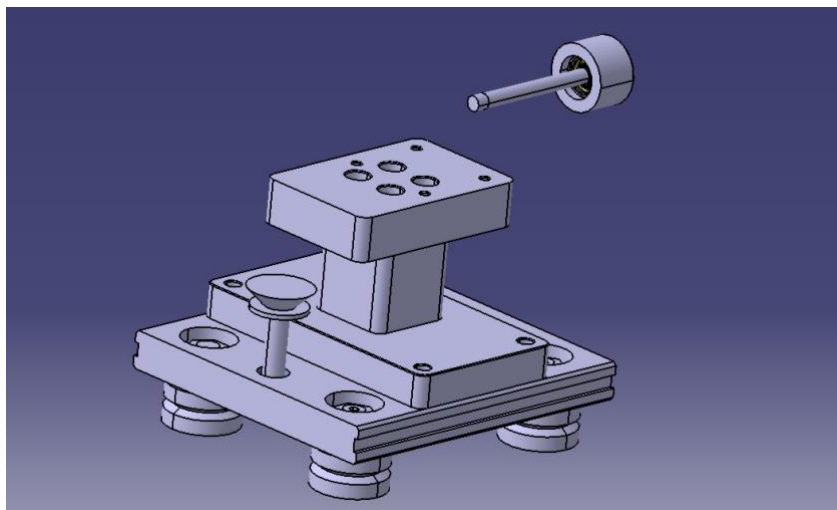


Figur 69 CAD-modell maskinramen, vy från sidan

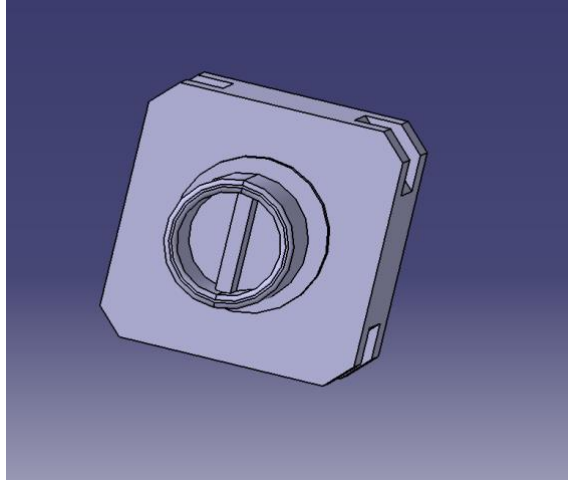
## Rotationssystem



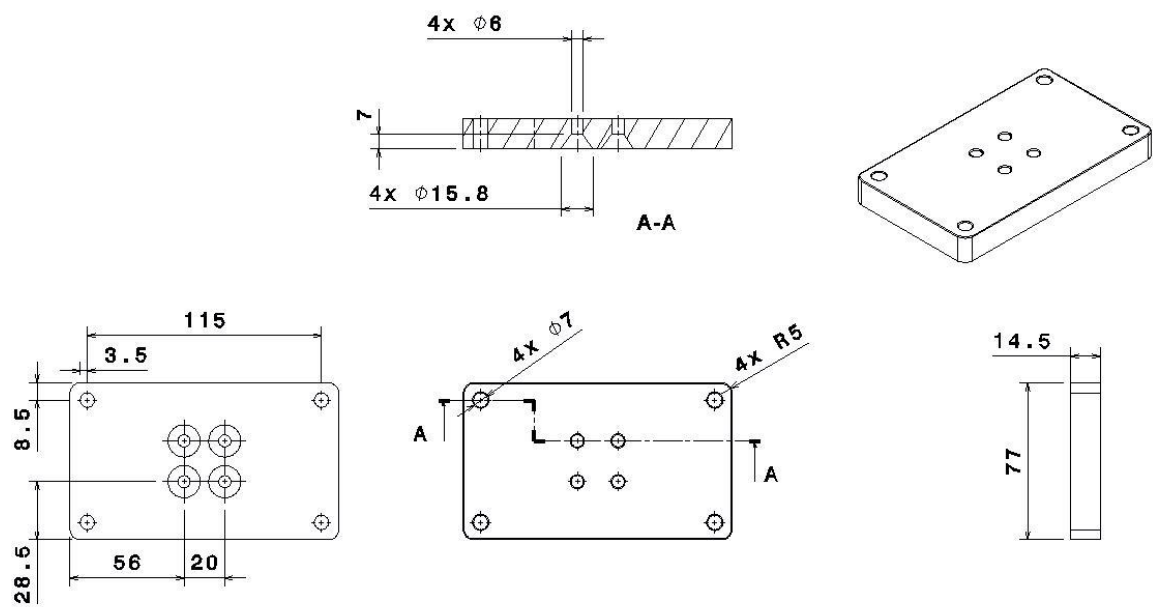
*Figur 70 CAD-modell rotationssystem, framifrån*



*Figur 71 CAD-modell rotationssystem, utan skjutstångspännare*

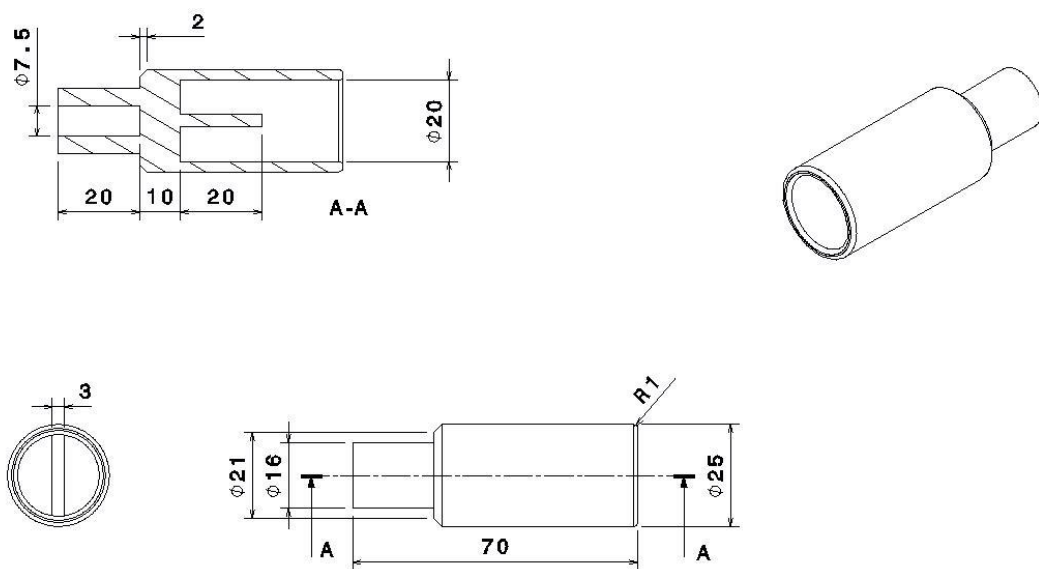


*Figur 72 CAD-modell rotationssystem, interface med motor*



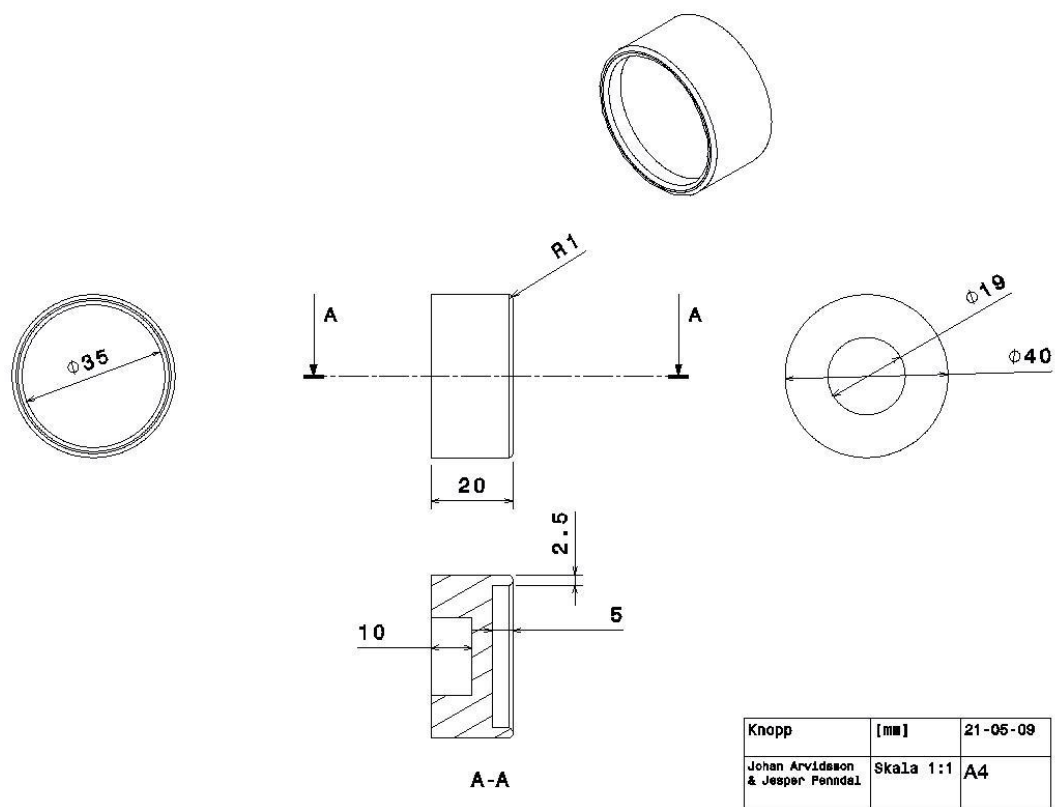
|                                     |           |          |
|-------------------------------------|-----------|----------|
| Block Vagn                          | [mm]      | 21-06-09 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Penndal | Skala 1:2 | A4       |

Figur 73 Ritning Block Vagn, R:4

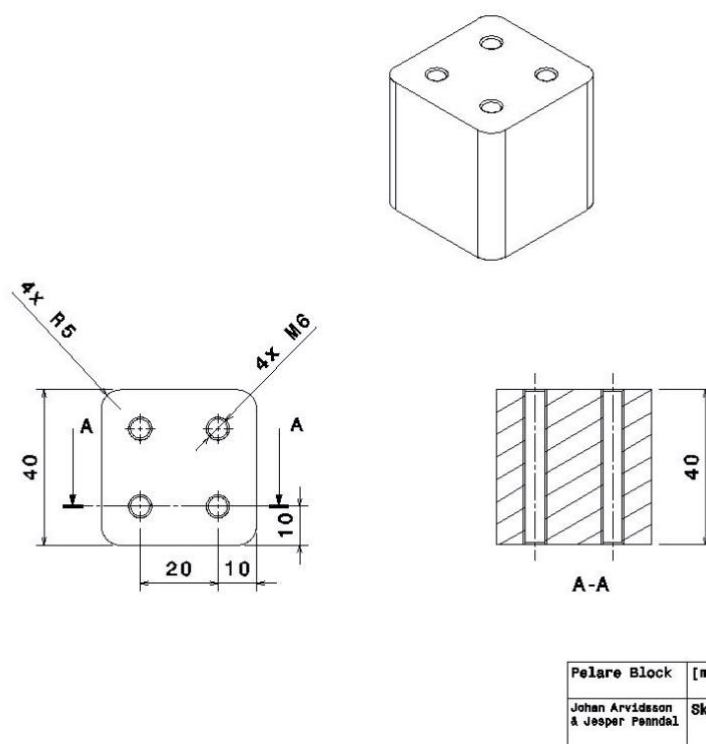


|                                     |           |          |
|-------------------------------------|-----------|----------|
| Interface                           | [mm]      | 21-06-09 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Penndal | Skala 1:1 | A4       |

Figur 74 Ritning Interface, R:1

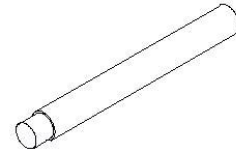
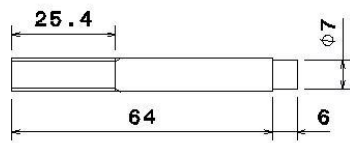


Figur 75 Ritning Knoppållare, R:9



Figur 76 Ritning Pelare Block, R:6

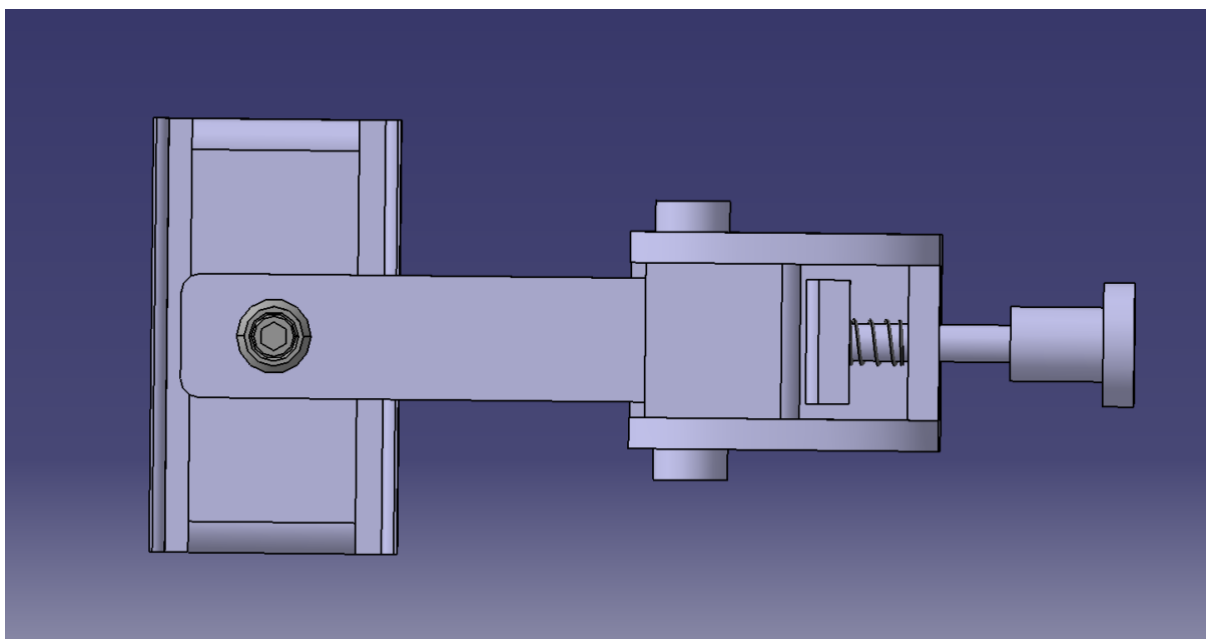




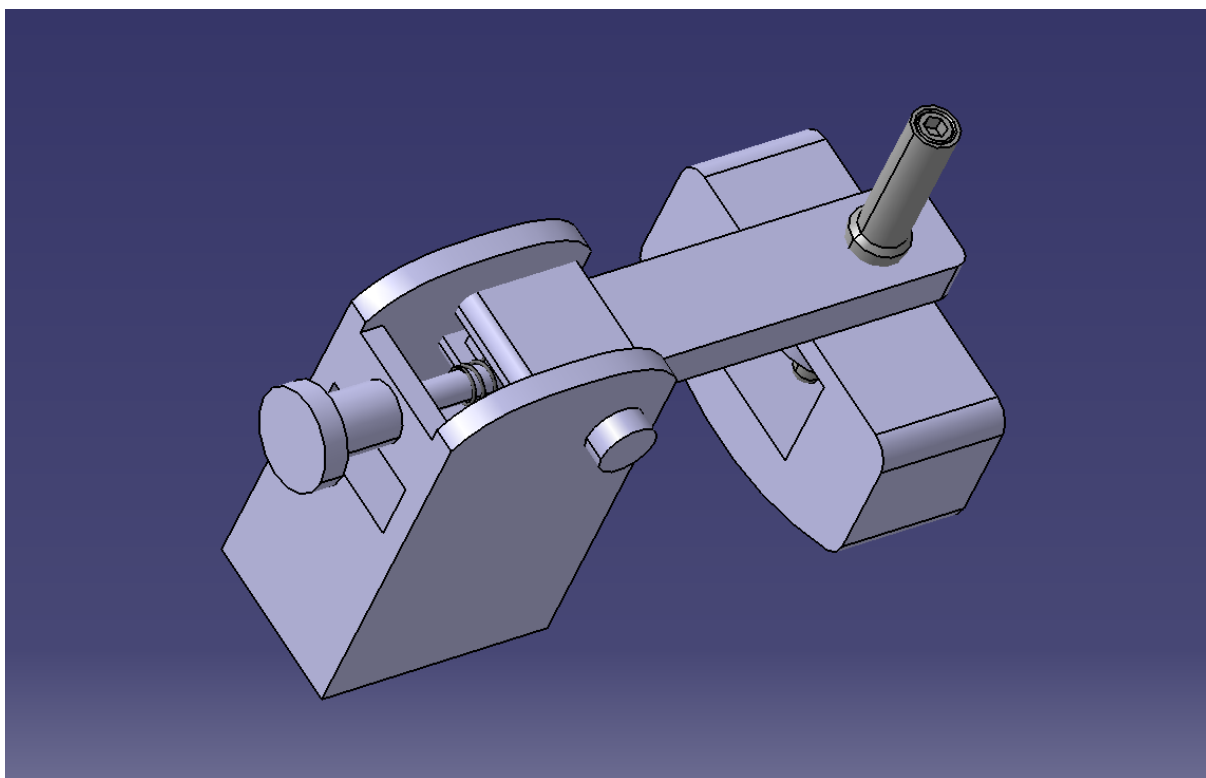
|                                    |           |          |
|------------------------------------|-----------|----------|
| Stång plunger                      | [mm]      | 21-05-00 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Pennal | Skala 1:1 | A4       |

Figur 79 Ritning Stång Plunger, R:7

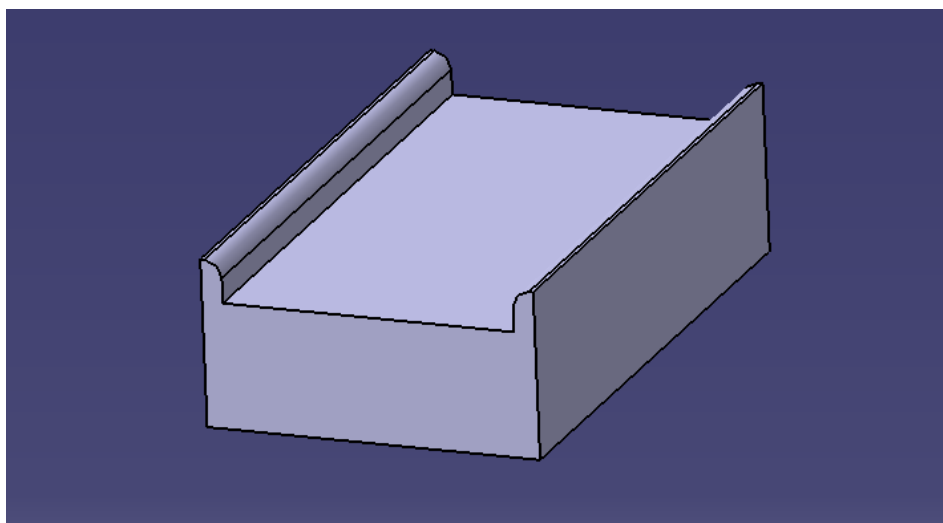
## Translationssystem



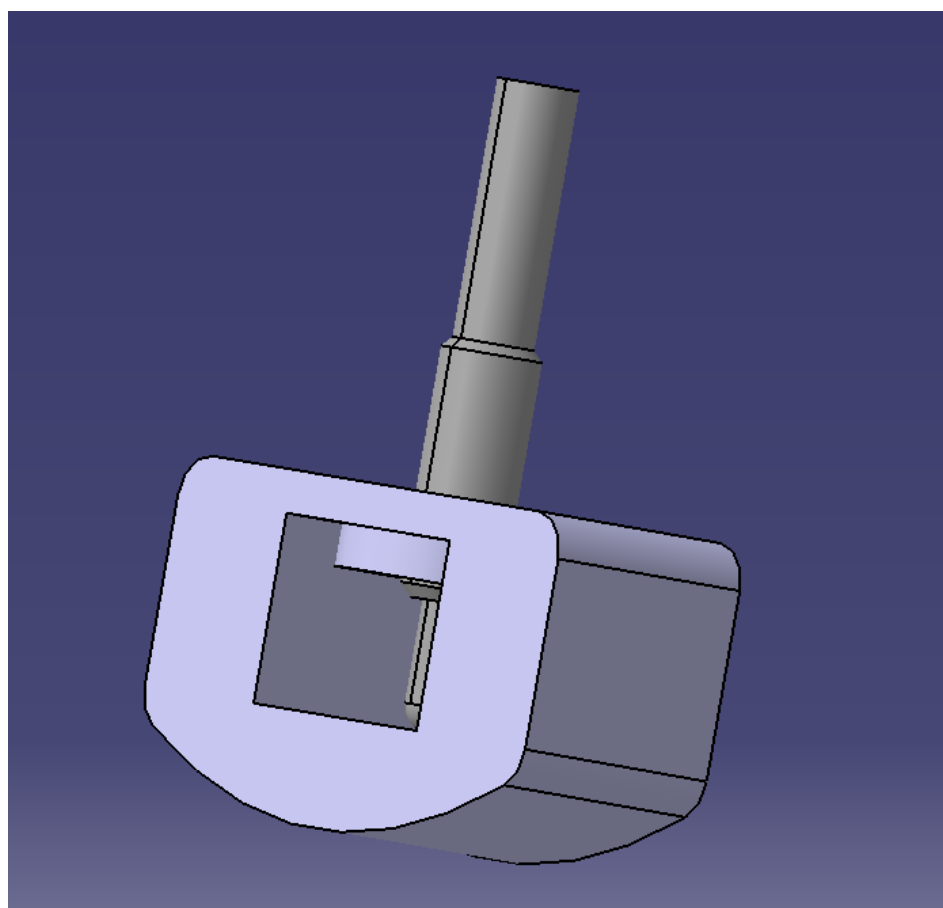
*Figur 80 CAD-modell translationssystem, topp vy*



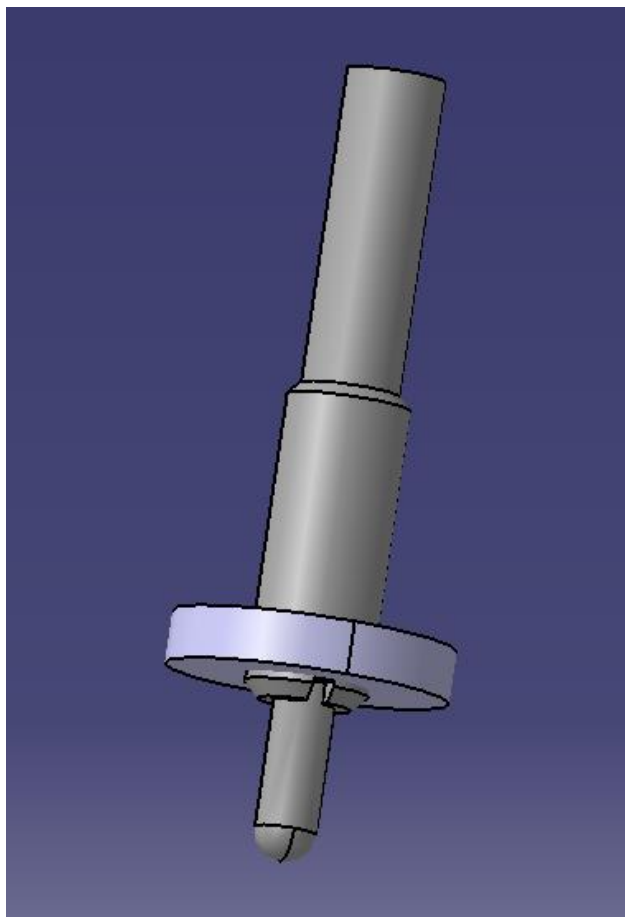
*Figur 81 CAD-modell translationssystem, 3D-vy*



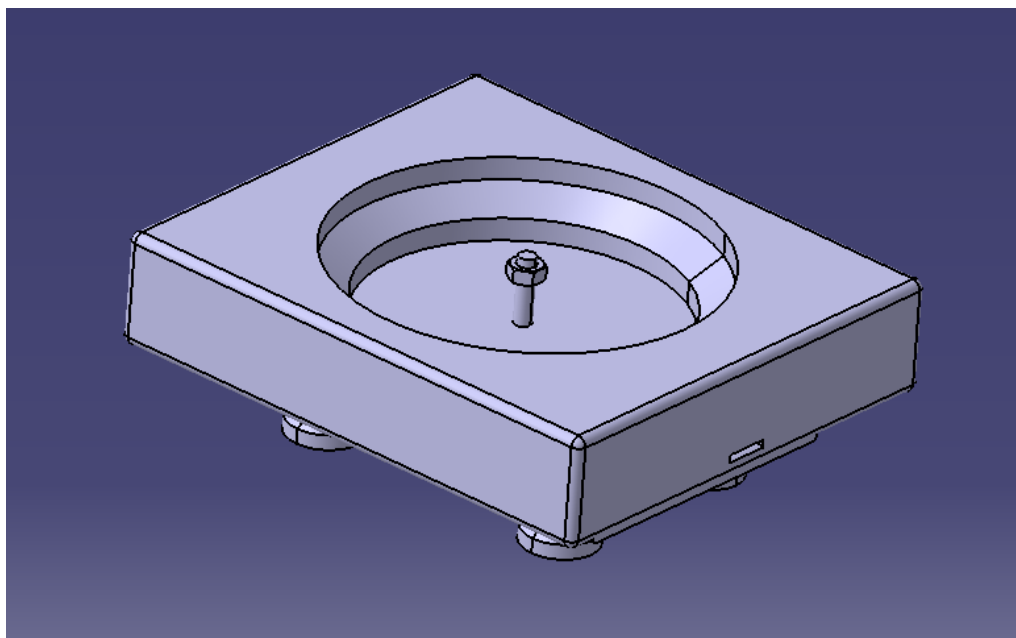
*Figur 82 CAD-modell translationssystem, Underdel T:2*



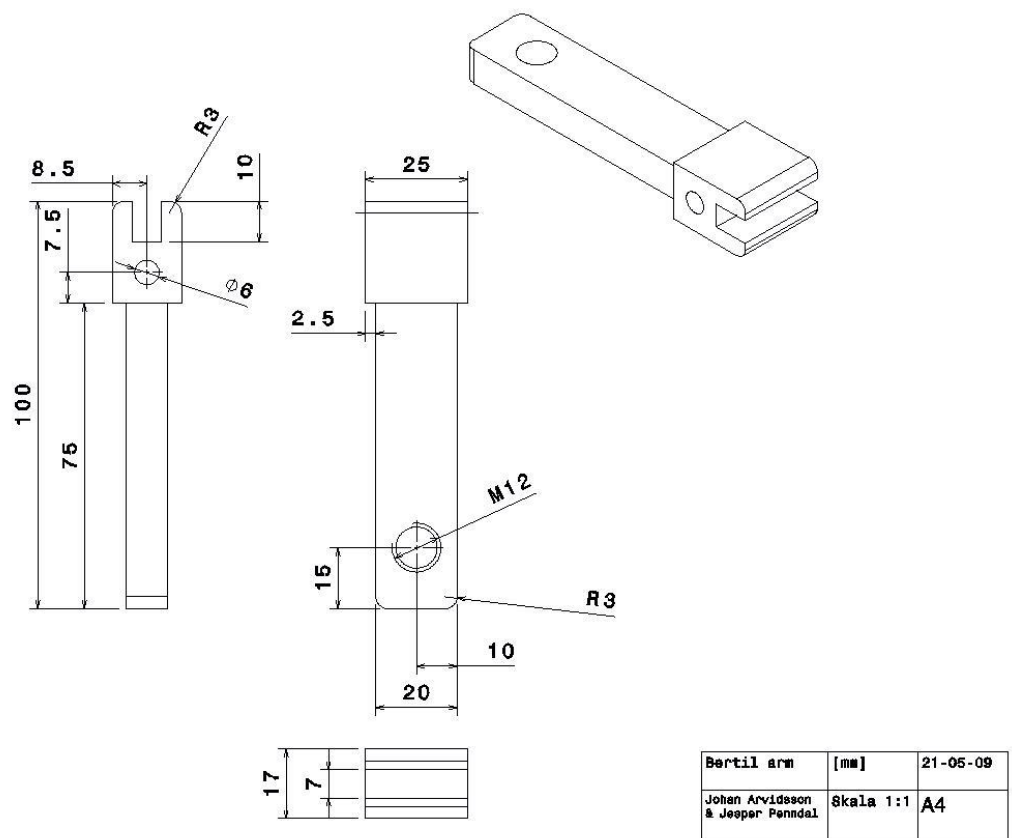
*Figur 83 CAD-modell translationssystem, Överdel (T:1), Gångat bläck (T:5) & Fjädrande tryckstykke (T:3)*



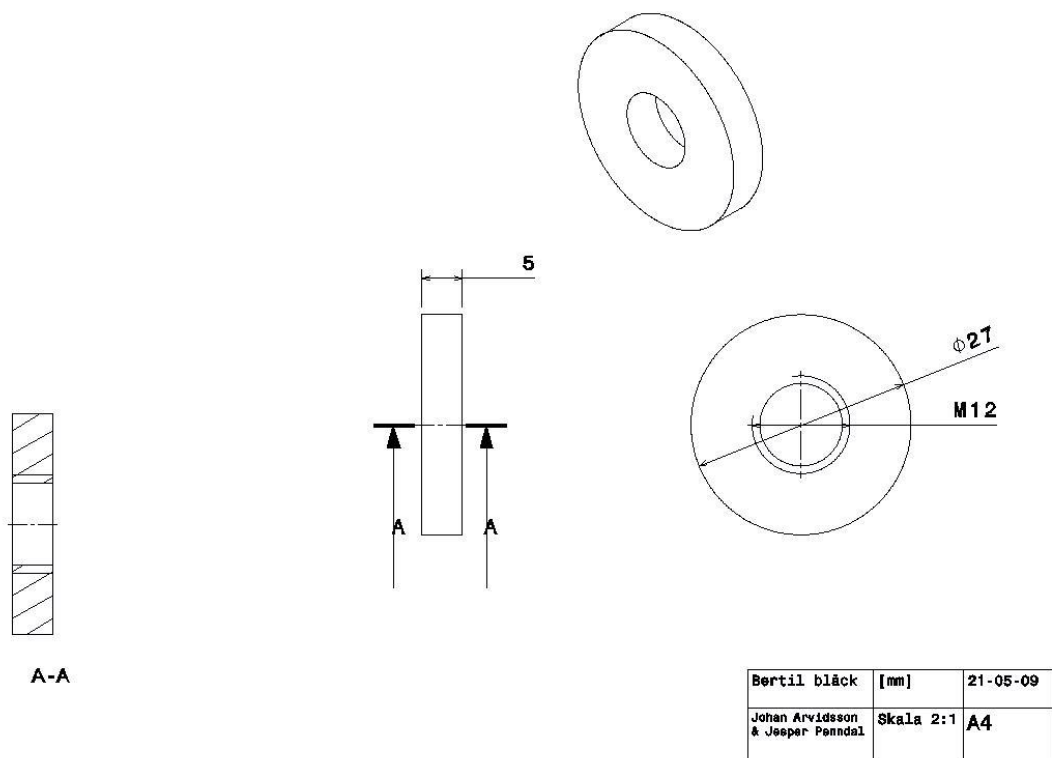
*Figur 84 CAD-modell translationssystem, Gängat bläck (T:5) & Fjädrande tryckstycke (T:3)*



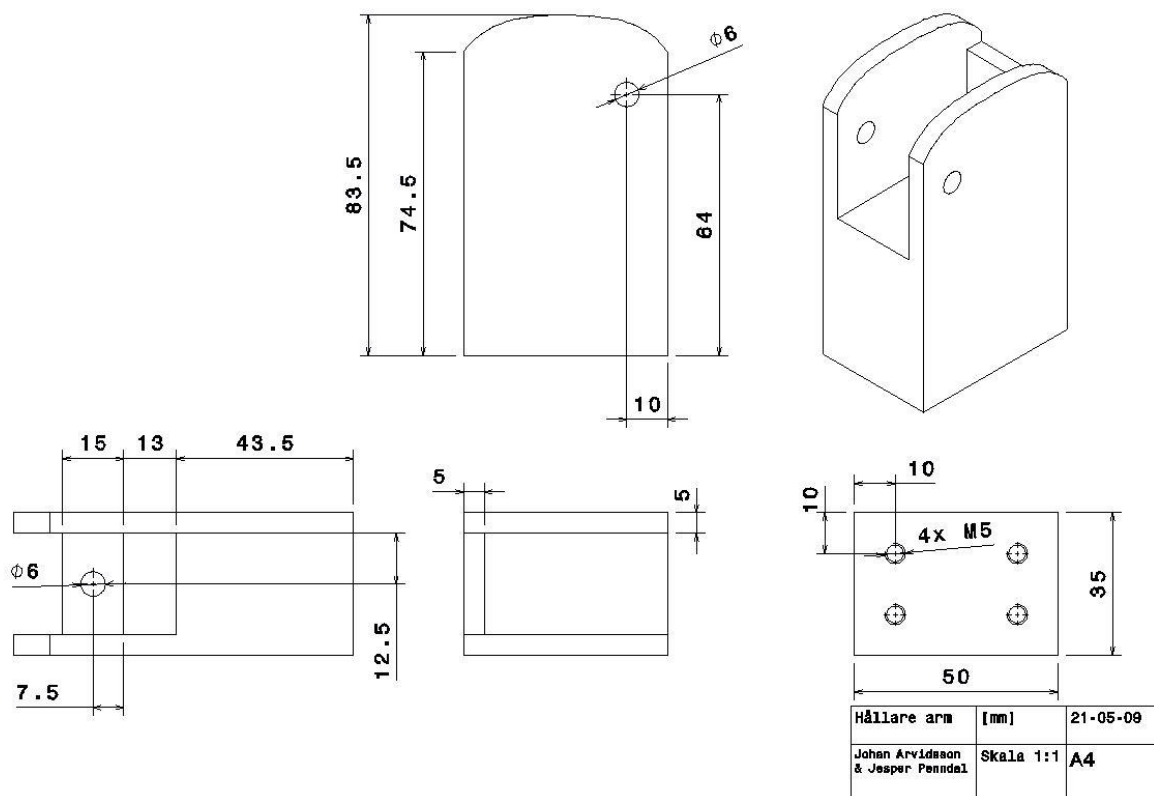
*Figur 85 CAD-modell translationssystem, Schaktet*



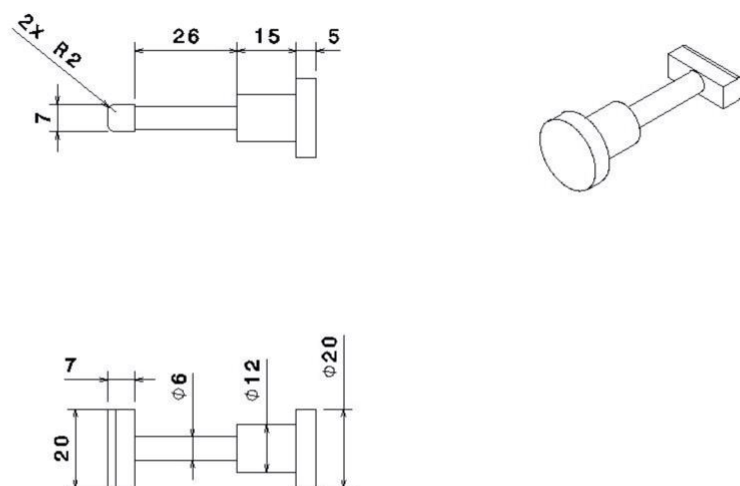
Figur 86 Ritning Bertil Arm, T:4



Figur 87 Ritning Gångat Bläck, T:5



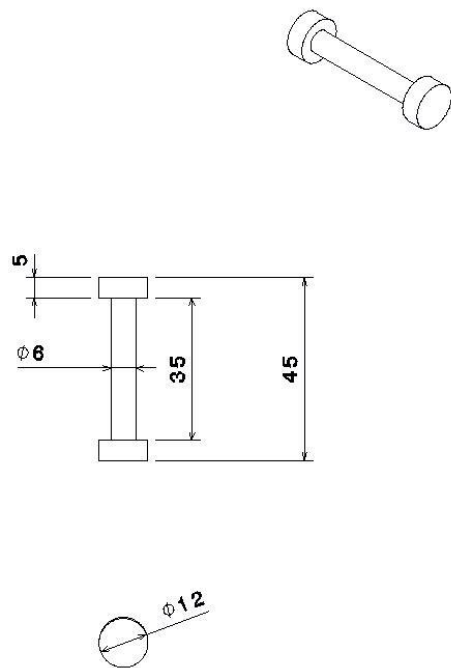
Figur 88 Ritning Hållare arm



|                                     |           |          |
|-------------------------------------|-----------|----------|
| Låsning arm                         | [mm]      | 21-05-09 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Pennäsl | Skala 1:1 | A4       |

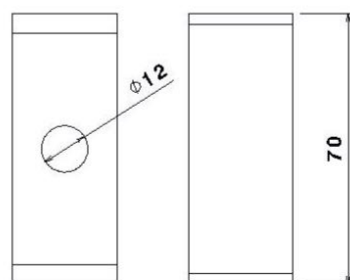
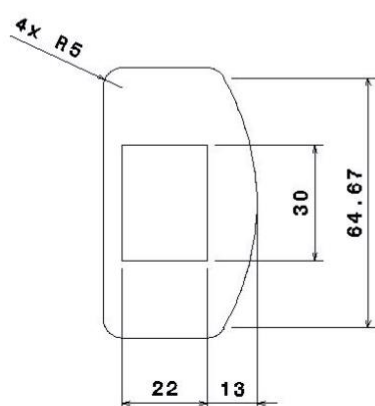
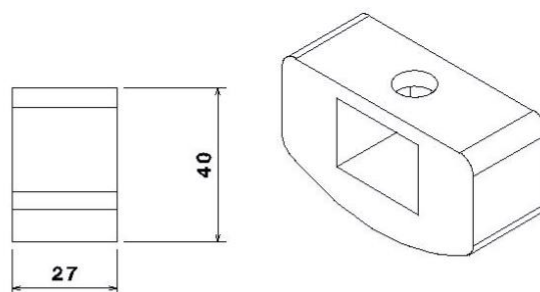
Figur 89 Ritning Sprint, T:6





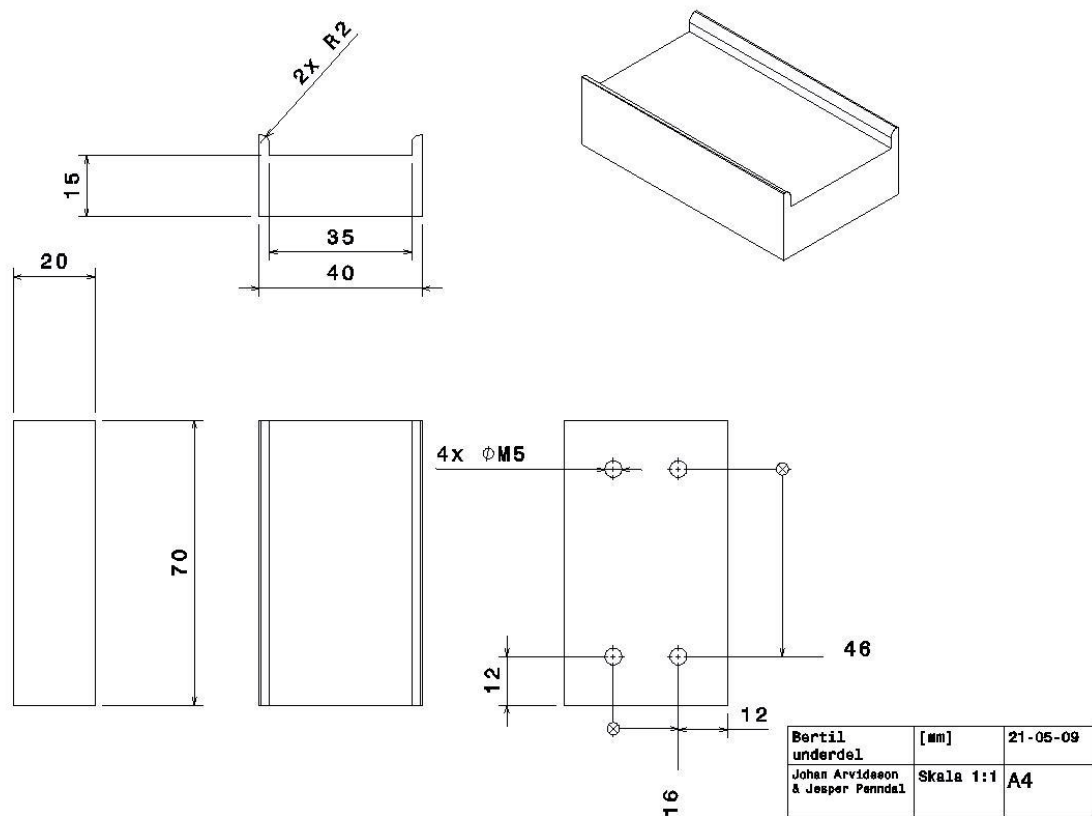
|                                    |           |          |
|------------------------------------|-----------|----------|
| Sprint arm                         | [mm]      | 21-05-08 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Pennel | Skala 1:1 | A4       |

Figur 92 Ritning Axel, T:9



|                                    |           |          |
|------------------------------------|-----------|----------|
| Bertil<br>Överdel                  | [mm]      | 21-05-08 |
| Johan Arvidsson<br>& Jesper Pennel | Skala 1:1 | A4       |

Figur 93 Ritning Överdel, T:1



Figur 94 Ritning Underdel, T:2

## Bilaga G – Standardkomponenter

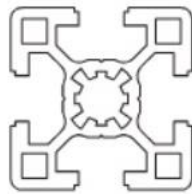
I denna bilaga presenteras de standardkomponenter som används till konceptet. Totalt används komponenter från fyra olika återförsäljare. Dessa komponenter är standardkomponenter hos återförsäljarna och finns tillgängliga för leverans omgående. Återförsäljarna valdes ut sett till funktionen som söktes och i samråd med Jolly och examinator. De komponenter som presenteras är godkända att publiceras i denna rapport av varje enskilt företag.

### HepcoMotion

Från HepcoMotion valdes komponenter ut för maskinramen. Dessa är aluminiumprofilerna för ramen, fötterna till grunden, styrskenorna för rotationen och translationen samt detaljer för infästningar.

#### Aluminiumprofil

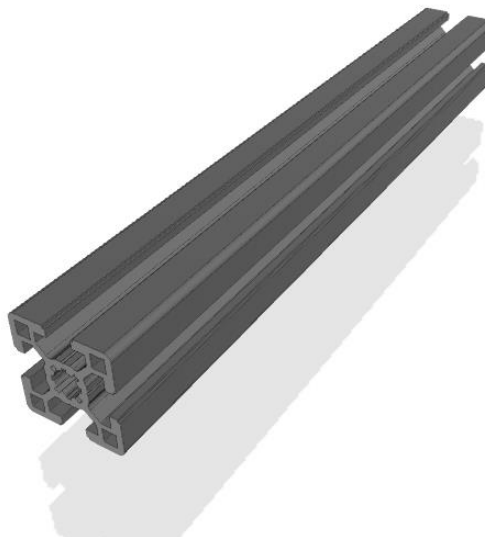
Till maskinramen användes aluminiumprofiler med ett tvärsnitt av T-profil med måtten 40x40 mm, se figur 95 och 96. Längden på varje profil är 300 mm. Totalt används sex aluminiumprofiler för att skapa grunden till maskinen.



40 x 40

Figur 95 Tvärsnitt T-profil

Hämtad från <https://www.hepcotion.com/wp-content/uploads/2015/04/UK-MCS-Catalogue-05-04-17.pdf> (2021)

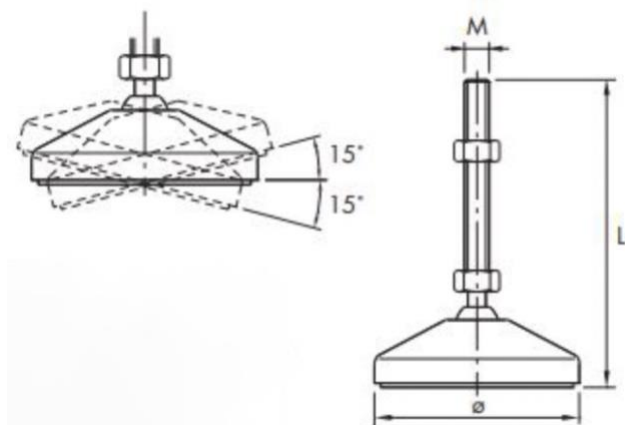


Figur 96 3D-vy T-profil

Hämtad från [https://www.traceparts.com/els/hepcotion/en/product/hepcotion-structural-sections-aluminium-profiles-40-x-40-length-100-mm?CatalogPath=HEPCO\\_MOTION%3AHEPCO\\_MOTION.050.010.010&Product=10-02052019-128768&PartNumber=0-132-4040](https://www.traceparts.com/els/hepcotion/en/product/hepcotion-structural-sections-aluminium-profiles-40-x-40-length-100-mm?CatalogPath=HEPCO_MOTION%3AHEPCO_MOTION.050.010.010&Product=10-02052019-128768&PartNumber=0-132-4040) (2021)

### Fötter till maskinramen

Då konstruktionen kräver en stabil grund att stå på valdes det att montera fötter på aluminiumprofilerna, se figur 97. Dessa kommer från HepcoMotion då de är kompatibla med resterande standardkomponenter. Fötterna är uppbyggda av en stålprofil tillsammans med en cirkulär plastprofil i botten som blir kontaktytan med underlaget. Fötterna är gängade med M8 (M) vilket leder till att dessa kan skruvas fast i aluminiumprofilen med hjälp av en T-mutter. Längden (L) är 60 mm och diametern ( $\varnothing$ ) 40 mm.

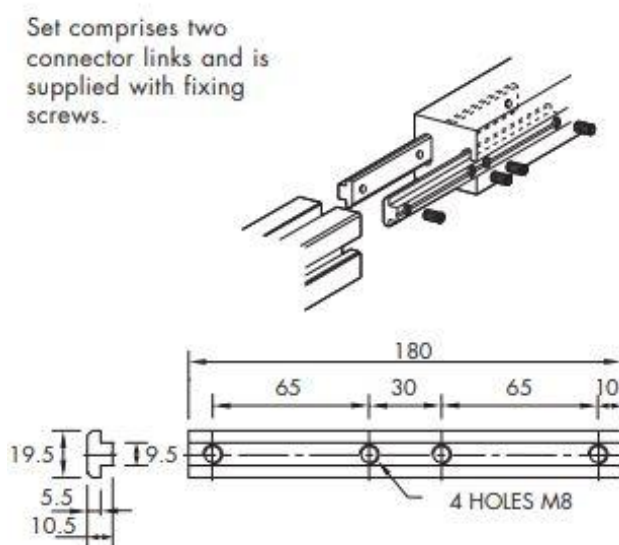


Figur 97 Ritning fot

Hämtad från <https://www.hepcomotion.com/wp-content/uploads/2015/04/UK-MCS-Catalogue-05-04-17.pdf> (2021)

### Anslutningslänkar för aluminiumprofilerna

För att sammankoppla aluminiumprofilerna kompletterades dessa med sex anslutningslänkar tillverkade i stål, figur 98. Dessa är kompatibla med T-profilerna och passar i spåren. Två ändar av T-profiler ansluts mot varandra och anslutningslänkarna fästs på två motsatta sidor och monteras med fyra M8 skruvar i vardera länkar.



Figur 98 Ritning anslutningslänk

Hämtad från <https://www.hepcomotion.com/wp-content/uploads/2015/04/UK-MCS-Catalogue-05-04-17.pdf> (2021)

## Linjära styrskenor

Till konceptet används två linjära styrskenor. De båda skenor är 1500 mm långa och är av modellen AU 60 34R. Vid slutgiltig framställning av maskinen kan det finnas marginal för att dessa kan vara kortare. Dessa skenor är tillverkade av högkvalitativt stål. HepcoMotion har ett stort utbud av styrskenor och det finns många olika varianter att välja på i deras produktbibliotek. Till rotationssystemet valdes den korta vagnen och till translationssystemet den medellånga enligt produktdatabladet, figur 99. Då delarna för translationen kräver mer utrymme och inte fick plats på den korta vagnen valdes den medellånga. Figur 100 visar en närbild på styrskenan från leverantören.

### Removable Carriages

Hepco Removable Carriages are available to suit all sizes of Double Edge Slides <sup>(1)</sup>, in all grades of precision. Carriage Plates are precision machined from aluminium alloy and are supplied clear anodised. Carriages may be specified as **Assembled Units (AU Type)**, either factory set to the chosen Slide, or without Slide for self-adjustment.

The key feature of Removable Carriages is the incorporation of Double Eccentric Bearings <sup>(2)</sup>. By slackening the Bearing axle fixing nuts and rotating the eccentric using the adjusting spanner, the Carriage can be disengaged from the Slide [see GV3 catalogue (3)]. This can be a considerable advantage over Standard <sup>(1)</sup> and Slimline <sup>(1)</sup> Carriages, which must either be run off the end of the Slide, or be disassembled to allow removal.

The following types of Bearing and lubrication device <sup>(4)</sup> may be specified (refer also to availability table below right).

**The Twin Bearing type** which is the default choice, comprises two individual Bearings on a common axle. This offers some compliance, with smoother running, easy adjustment and greater tolerance of misalignment.

**The Double Row Bearing (DR) type (DR)** incorporates a one piece Bearing with two ball tracks. This offers higher load capacity, especially in the radial direction and is less susceptible to entrapment of debris.

**The Nitrile Sealed Bearing option (NS)** provides a higher degree of sealing against ingress of water or debris than does the default metal shielded type. A small increase in friction may result.

**The Controlled Height Bearing option (CHK)** minimises variation between Bearings in respect of the important 'K' dimension. This is desirable in high precision applications<sup>(5)</sup>.

**The Lubricator (L) option (LB)** applies oil to the 'V' contact surfaces by means of lightly sprung felt pads which are charged with oil to give long intervals between re-lubrication. The Lubricator option is useful where the advantages of increased load and life are required but with lower friction compared to the Cap Seal <sup>(6)</sup>.

Lubricators are fixed with screws through the Carriage <sup>(7)</sup>, so that they can be detached easily in the event of Carriage removal from the Slide <sup>(8)</sup>.

See Application Example on <sup>(9)</sup> 10 of the GV3 catalogue <sup>(3)</sup>.

**Example: Short Removable Carriage with Lubricators on a Flat Slide**

**Example: Medium Removable Carriage on a Spacer Slide**

| Part Number | Use With     | A   | B  | C   | E     | F   | G <sup>(1)</sup> | J     | K    | N <sup>(2)</sup> | P <sup>(2,3)</sup> | Q   | R    | Short Carriage |      |     |     | Medium Carriage |     |     |     | Long Carriage |     |     |       | T                 |                   |                     |                     | Max Load Capacity (N) <sup>(4)</sup> |  |  |  |
|-------------|--------------|-----|----|-----|-------|-----|------------------|-------|------|------------------|--------------------|-----|------|----------------|------|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|--|
|             |              |     |    |     |       |     |                  |       |      |                  |                    |     |      | L              | D    | S   | L   | D               | S   | L   | D   | S             | L   | D   | S     | DR L <sub>1</sub> | DR L <sub>2</sub> | Twin L <sub>1</sub> | Twin L <sub>2</sub> |                                      |  |  |  |
| AU 12 13 R  | NMS 12 MS 12 | 12  | 13 | 40  | 23.3  | 30  | 19               | 19.2  | 10.1 | 5.46             | 1.49               | 1.6 | 2.8  | 12.5 x 4.8     | 7.34 | 50  | 25  | 17              | 75  | 60  | 25  | 100           | 85  | 50  | 4xM4  |                   |                   |                     | 240                 | 240                                  |  |  |  |
| AU 20 18 R  | NV 20 V 20   | 20  | 18 | 64  | 35.9  | 50  | 24.75            | 24.95 | 12.4 | 6.75             | 2.1                | 2.2 | 4.5  | 16 x 7         | 10   | 65  | 43  | 20              | 100 | 55  | 88  | 140           | 95  | 124 | 4xM5  | 760               | 1200              | 500                 | 400                 |                                      |  |  |  |
| AU 28 18 R  | NV 28 V 28   | 28  |    | 72  | 43.9  | 58  | 25.75            | 25.95 |      |                  |                    |     | 5.5  | 16 x 8         | 11   | 75  | 52  | 25              | 125 | 80  | 110 | 175           | 130 | 160 |       |                   |                   |                     |                     |                                      |  |  |  |
| AU 25 25 R  | NS 25 S 25   | 25  |    | 80  | 48.3  | 65  | 30.5             | 30.7  |      |                  |                    |     |      | 22 x 8.4       | 11.5 | 80  | 51  | 24              | 135 | 74  | 120 | 180           | 120 | 164 |       |                   |                   |                     |                     |                                      |  |  |  |
| AU 35 25 R  | NS 35 S 35   | 35  | 25 | 95  | 58.3  | 80  | 31.5             | 31.7  | 16.6 | 9                | 2.36               | 2.5 | 6.5  | 22 x 9.4       | 12.5 | 100 | 70  | 40              | 150 | 90  | 130 | 200           | 140 | 180 | 4xM6  | 1600              | 3000              | 1280                | 1200                |                                      |  |  |  |
| AU 50 25 R  | NS 50 S 50   | 50  |    | 112 | 73.3  | 95  | 33               | 33.2  |      |                  | 2.34               |     |      | 22 x 10.9      | 14   | 110 | 80  | 50              | 160 | 100 | 140 | 220           | 160 | 200 |       |                   |                   |                     |                     |                                      |  |  |  |
| AU 60 34 R  | NM 60 M 60   | 60  | 34 | 135 | 90.8  | 115 | 41               | 41.2  | 21.3 | 11.5             | 2.2                | 2.2 | 8.3  | 25 x 11        | 17   | 125 | 88  | 50              | 180 | 100 | 160 | 225           | 150 | 206 | 4xM8  | 3600              | 6000              | 3200                | 2800                |                                      |  |  |  |
| AU 76 34 R  | NM 76 M 76   | 76  |    | 150 | 105.8 | 130 | 42               | 42.4  |      |                  |                    |     |      | 25 x 12.5      | 18   | 150 | 130 | 80              | 240 | 165 | 220 | 340           | 265 | 320 |       |                   |                   |                     |                     |                                      |  |  |  |
| AU 76 54 R  | NL 76 L 76   | 76  |    | 185 | 123.0 | 160 | 58.5             | 58.7  | 34.7 | 19               | 4.56               | 4.7 | 14.3 | 32 x 13.5      | 20   | 200 | 140 | 90              | 300 | 198 | 270 | 400           | 298 | 370 | 4xM10 | 10000             | 10000             | 7200                | 6400                |                                      |  |  |  |
| AU 120 54 R | NL 120 L 120 | 120 |    | 240 | 167.0 | 210 | 62.5             | 62.7  |      |                  |                    |     |      | 32 x 17.5      | 24   | 240 | 180 | 120             | 360 | 258 | 330 | 480           | 378 | 450 |       |                   |                   |                     |                     |                                      |  |  |  |

**Notes:**

- Maximum loads quoted assume lubrication at the interface of Bearings <sup>(2)</sup> and Slide <sup>(1)</sup>. This can best be achieved by using Cap Seals <sup>(6)</sup> or Lubricators <sup>(7)</sup>. It is strongly recommended that load and life are determined using the methods shown in the Load/Life Calculators <sup>(1)</sup> section of the GV3 catalogue. The Bearing static and dynamic load capacities (C & C<sub>d</sub>) often quoted by manufacturers are not the best basis for practical life calculations. C & C<sub>d</sub> figures are included on the Bearing pages for comparison.
- Some dimensions will vary by the amount of the grinding allowance according to which grade of Slide is selected. All Carriages <sup>(1)</sup> are compatible with all grades of Slide.
- Carriage size AU 28 18 R incorporates a recess in the underside for fixing screw clearance when used with size V28 Flat Slide. The P dimension in the table includes this recess.
- Controlled Height (CHK) Bearings are available in five bands, grouped in steps of 0.020mm from 81-0.050mm to 81+0.050mm, in respect of the B1 dimension given in the Standard Bearings section of the main GV3 catalogue. They are supplied in sets of up to 30 parts as standard, with larger sets on request. Customers requiring CHK Bearings within the same tolerance band, in respect of a number of Carriages, should state this on their order.
- The datum mark identifies the reference edge used in manufacture. The concentric Bearings are always marked on this side.

**Ordering Details**

2 x AU4434 L180 R (LB) (DR) (NS) (CHK) + Slide Part Number

Number of Carriages <sup>(1)</sup> set to specified Slide <sup>(1)</sup>

AU... = Part Number

Carriage length L = 180mm

R = Removable Type Carriage

Lubrication Option - LB = Lubricators <sup>(7)</sup> leave blank if not required.

**Availability of Carriage Options**

| Part Number  | NS | LB | CHK | DR |
|--------------|----|----|-----|----|
| AU 12 13 R   | ✓  | ✓  | ✓   | ✓  |
| AU 20 18 R   | ✓  | ✓  | ✓   | ✓  |
| AU 28 18 R   | ✓  | ✓  | ✓   | ✓  |
| Longer sizes | ✓  | ✓  | ✓   | ✓  |

Figur 99 Produktdatablad, röd markering för vald styrskena  
Hämtad från <https://www.hepcotion.com/wp-content/uploads/2020/03/GV3-12-UK-Updated-22.11.18.pdf#page=25> (2021)

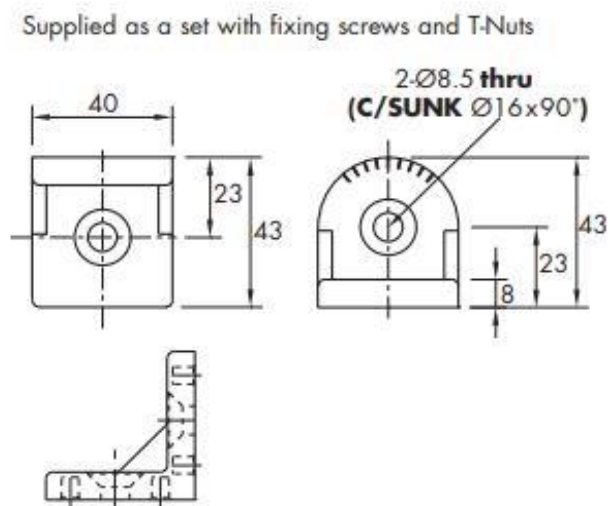


Figur 100 Bild av vald styrskena med vagn

Hämtad från [https://www.traceparts.com/els/hepcotion/en/product/hepcotion-qv3-configurator-assembly?CatalogPath=HEPCO\\_MOTION%3AHEPCO\\_MOTION.010.010&Product=10-17052019-083715](https://www.traceparts.com/els/hepcotion/en/product/hepcotion-qv3-configurator-assembly?CatalogPath=HEPCO_MOTION%3AHEPCO_MOTION.010.010&Product=10-17052019-083715)  
(2021)

### Vinkeljärn

Vinkeljärn, se figur 101, används till maskinramen för att hålla uppe de olika infästningar som monterats på maskinen, bland annat för kuggremshjul och motor. De monteras enkelt i anslutning till T-profilen med hjälp av en skruv och T-mutter. I vinkeljärnet finns två genomgående hål med en diameter på 8,5 mm.



Figur 101 Ritning av Vinkeljärn

Hämtad från <https://www.hepcotion.com/wp-content/uploads/2015/04/UK-MCS-Catalogue-05-04-17.pdf>  
(2021)

## Destaco

### Skjutstångspännare

Till infästningen av innebandyskaftet valdes en skjutstångspännare från företaget Destaco. Detta företag har ett brett sortiment med olika varianter av klämmor och fastläsningsmoduler. Produkten som valdes har betäckningen 605-M och har en maximal tryckkapacitet på 1330 N. Då kravet enligt kravspecifikationen var att klara av minst 200 N i tryckkapacitet valdes denna produkt med god marginal. Dimensionerna för den valda skjutstångspännaren definieras i produktdatabladet som är hämtat från Destaco, se figur 102. Tryckkolven på spännaren har en rörelsevidd på 31,8 mm, vilket leder till att den translaterar längre än centrum mellan hålen på styrskenan. Detta är viktigt för att det skall vara möjligt att låsa fast innebandyskaft med olika längder.

## 605 SERIES

### Straight Line Action Clamps | Product Overview

#### Features:

- For push/pull clamping
- Allow handle to rotate and fall below mounting plane to lock in retracted position

#### Applications:

- Assembly & test
- Woodworking
- Tensioning devices

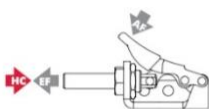
#### Also Available:

See page MC-ACC-1 for accessories  
Reverse action version Model 615/615-M

605  
605-M

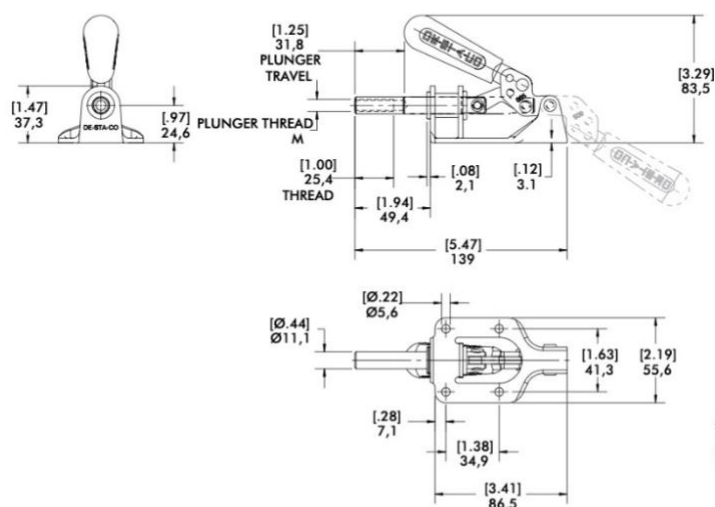


### Technical Information | Holding Capacities | Dimensions



| Model | Max. Holding Capacity | Weight               | EF:AF (pushing/pulling) | Plunger Travel | (M) Plunger Thread | Recommended Spindle (Not Supplied) |
|-------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|--------------------|------------------------------------|
| 605   | [300 lbf]<br>1330 N   | [0.69 lb]<br>0,31 kg | 45:1/40:1               | [1.25]<br>31,8 | 5/16-18            | 207203                             |
| 605-M |                       |                      |                         |                | M8                 | 207203-M                           |

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



MC-SLA | 7

Dimensions and technical information are subject to change without notice

Figur 102 Produktdatablad Destaco, Skjutstångspännare  
Hämtad från <https://media.destaco.com/assetbank-destaco/assetfile/2805.pdf> (2021)

## Norelem

### Fjädrande tryckstycke

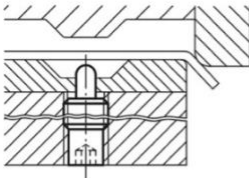
För att kontrollera att överdelen som spänner lindan mot underdelen i translationssystemet uppnår önskad tryckkraft, applicerades ett fjädrande tryckstycke. Det fjädrande tryckstycket är av modellen 03040-612X60, tillverkat av stål och köps via Norelem. Den totala längden (L) är 60 mm och den gängade delen (D) är M12. Den fjädrande kraften kan variera mellan 25 – 76 N, vilket räcker då den önskade kraften bör vara mellan 29 – 58 N. Se figur 103 och 104 för mer tekniska specifikationer.

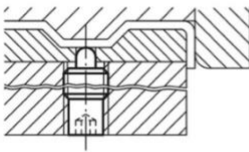
**03040 Fjädrande tryckstycken med insexkant och tryckstift, långt utförande** **norelem**

Artikelbeskrivning/produktbilder



**Beskrivning**  
**Material:**  
Hylsa i stål hållfasthetsklass 5.8.  
Tryckstift i stål.  
Fjäder i fjäderstål kl. D.  
**Utförande:**  
Brunerat. Tryckstift hårdat.  
**Anmärkning:**  
Detta tryckstycke används oftast som avtrycksstift och som fjädrande anslag i verktygsbygge.  
**Ritningsinformation:**  
1) Gängstift limmat

**Böjning av skänklarna**  


**Eftertrycka**  


© norelem [www.norelem.com](http://www.norelem.com) 1/2

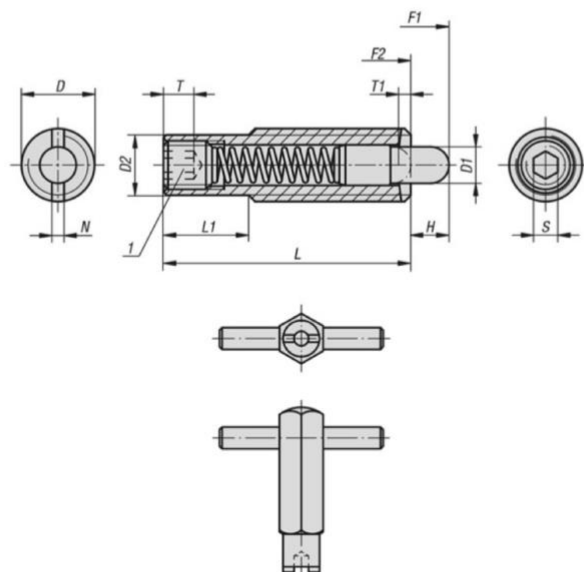
Figur 103 Produktdatablad del 1, Fjädrande tryckstycke

Hämtad från <https://norelem.se/medias/03040-Datasheet-2422-Fj-drande-tryckstycken-med-insexkant-och-tryckstift-l-ngt-utf-rande-sv.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8Mjc0NzM4fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxxb3R8Mjc0NzUvaDk0Lzg4NDI5NzQyOTg4NDIucGRmfDdiMTg1MzhkOGVIYzE0ZDNIbTYxM2EwZjMwZTQ4OTg1MGE2MTQzMzkxYmYyZWZiMTA1NzU3MjEwOTQzYTY0M2Q> (2021)

# 03040 Fjädrande tryckstycken med insexkant och tryckstift, långt utförande

norelem

## Ritningar



| Beställningsnr. | D   | D1  | D2   | L   | L1 | H  | T | T1  | N   | S   | Fjäderkraft<br>början<br>F1 ca N | Fjäderkraft<br>slut<br>F2 ca N | Beställningsnr.<br>monteringsnyckel |
|-----------------|-----|-----|------|-----|----|----|---|-----|-----|-----|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 03040-608X30    | M8  | 3,5 | 6,2  | 30  | 10 | 6  | 2 | 1,4 | 1,2 | 2,5 | 8                                | 20                             | 03040-908                           |
| 03040-608X40    | M8  | 3,5 | 6,2  | 40  | 20 | 8  | 2 | 1,4 | 1,2 | 2,5 | 10                               | 28                             | 03040-908                           |
| 03040-608X50    | M8  | 3,5 | 6,2  | 50  | 30 | 10 | 2 | 1,4 | 1,2 | 2,5 | 12                               | 38                             | 03040-908                           |
| 03040-608X60    | M8  | 3,5 | 6,2  | 60  | 40 | 15 | 2 | 1,4 | 1,2 | 2,5 | 15                               | 45                             | 03040-908                           |
| 03040-610X40    | M10 | 4   | 8    | 40  | 10 | 8  | 2 | 1,4 | 1,6 | 3   | 12                               | 30                             | 03040-910                           |
| 03040-610X50    | M10 | 4   | 8    | 50  | 20 | 10 | 2 | 1,4 | 1,6 | 3   | 16                               | 46                             | 03040-910                           |
| 03040-610X60    | M10 | 4   | 8    | 60  | 30 | 15 | 2 | 1,4 | 1,6 | 3   | 20                               | 55                             | 03040-910                           |
| 03040-610X80    | M10 | 4   | 8    | 80  | 50 | 20 | 2 | 1,4 | 1,6 | 3   | 25                               | 65                             | 03040-910                           |
| 03040-612X50    | M12 | 6   | 9,6  | 50  | 20 | 10 | 3 | 2   | 2   | 4   | 20                               | 50                             | 03040-912                           |
| 03040-612X60    | M12 | 6   | 9,6  | 60  | 30 | 15 | 3 | 2   | 2   | 4   | 25                               | 76                             | 03040-912                           |
| 03040-612X80    | M12 | 6   | 9,6  | 80  | 40 | 20 | 3 | 2   | 2   | 4   | 30                               | 102                            | 03040-912                           |
| 03040-612X100   | M12 | 6   | 9,6  | 100 | 70 | 25 | 3 | 2   | 2   | 4   | 40                               | 102                            | 03040-912                           |
| 03040-616X60    | M16 | 7,5 | 13,4 | 60  | 30 | 12 | 6 | 2,5 | 2,5 | 5   | 30                               | 64                             | 03040-916                           |
| 03040-616X80    | M16 | 7,5 | 13,4 | 80  | 50 | 20 | 6 | 2,5 | 2,5 | 5   | 30                               | 110                            | 03040-916                           |
| 03040-616X100   | M16 | 7,5 | 13,4 | 100 | 70 | 30 | 6 | 2,5 | 2,5 | 5   | 30                               | 120                            | 03040-916                           |
| 03040-616X120   | M16 | 7,5 | 13,4 | 120 | 90 | 40 | 6 | 2,5 | 2,5 | 5   | 20                               | 130                            | 03040-916                           |

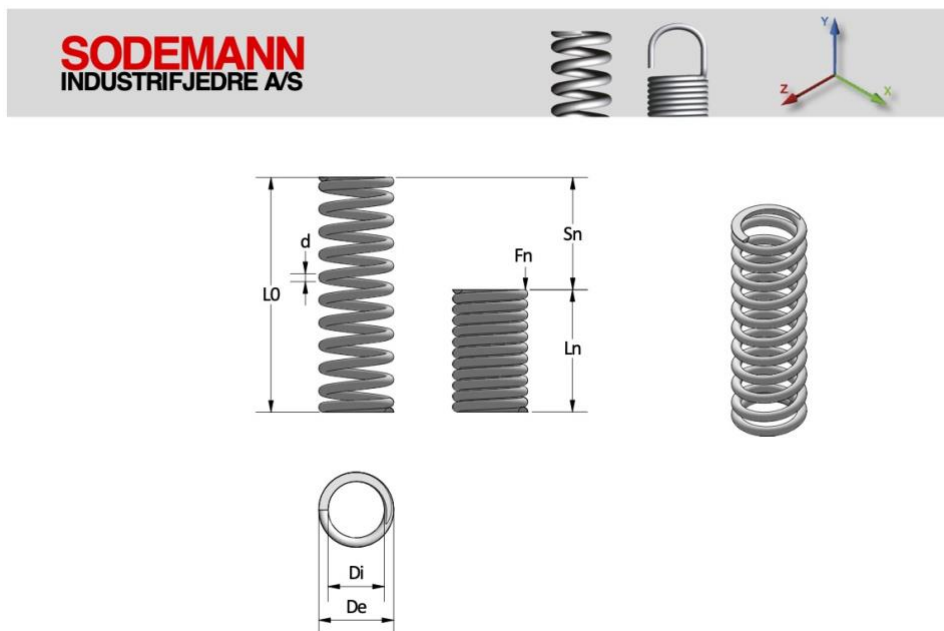
Figur 104 Produktdatablad del 2, Fjädrande tryckstycke, röd markering för vald komponent  
Hämtad från <https://norelem.se/medias/03040-Datasheet-2422-Fj-drande-tryckstycken-med-insexkant-och-tryckstift-l-ngt-utf-rande->

[sv.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8Mjc0NzY2fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxxoNzUvaDk0Lzq4NDI5NzQyOTg1NDIucGRmfDdiMTg1MzhkOGVIYzE0ZDNiNTYxM2EwZjMwZTQ0OTg1MGE2MTQzMzkxYmYyZWZiMTA1NzU3MjEwOTQyYTY0M2Q](https://norelem.se/medias/03040-Datasheet-2422-Fj-drande-tryckstycken-med-insexkant-och-tryckstift-l-ngt-utf-rande-sv.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8Mjc0NzY2fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxxoNzUvaDk0Lzq4NDI5NzQyOTg1NDIucGRmfDdiMTg1MzhkOGVIYzE0ZDNiNTYxM2EwZjMwZTQ0OTg1MGE2MTQzMzkxYmYyZWZiMTA1NzU3MjEwOTQyYTY0M2Q) (2021)

## Sodemann

### Tryckfjäder

En tryckfjäder från företaget, se figur 105, Sodemann rekommenderas till sprinten som låser armen till rotationssystemet. Tryckfjädern är tillverkad av pianotråd (kolstål) och har beteckningen C03000260810M. Vid obelastad längd ( $L_0$ ) har fjädern en längd på 20,57 mm och vid denna längd trycks sprinten in tillräckligt långt i armen för att låsa den i ett fixt läge. Vid maximal belastad längd ( $L_n$ ) har fjädern en längd på 8,69 mm, vilket är tillräckligt kort för att hela sprinten skall kunna dras ut ur armen och armen kan fällas upp till ett vertikalt läge. Den invändiga diametern ( $D_i$ ) är 6,3 mm vilket är tillräckligt för att sprintens axel skall passa inuti fjädern.



C03000260810M

| Produktattribut                    | Värde                     |
|------------------------------------|---------------------------|
| Fjädrar typ                        | Tryckfjäder               |
| Typ                                | Pianotråd                 |
| d - Tråd (mm)                      | 0,66                      |
| De - Utvändig diameter (mm)        | 7,62                      |
| Di - Invändig diameter (mm)        | 6,30                      |
| L0 - Obelastad längd (mm)          | 20,57                     |
| Ln - Max belastad längd (mm)       | 8,69                      |
| Sn - Maximal fjädringslängd (mm)   | 11,88                     |
| Fn - Maximal belastning vid Ln (N) | 13,88                     |
| R - Fjäderkonstant (N/mm)          | 1,17                      |
| Änder                              | Nedlagde med planslipning |
| Vikt (g)                           | 0,4359                    |
| HS-kod                             | 7320208100                |
| Ursprungsland                      | UK                        |

Detta är en standardvara. Alla dimensioner är vägledande.

Upprättad: 06/05/2021

Adress: Sodemann Industrifjedere A/S  
Gamma 5, 8382 Hinnerup - Denmark

Telefonnummer: 45 86 72 00 99  
E-post: sif@fjedre.dk  
Hemsida: www.fjadrar.se

Figur 105 Produktdatablad fjäder

Hämtad från <https://www.fjadrar.se/produkter/tryckfjadrar/pianotråd> (2021)



**CHALMERS**