

## Optimera sättet att föra in remsor i virkmaskin

Optimize the way to insert strips into a  
hosiery machine

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Leo Eshagi  
William Höglind



EXAMENSARBETE 2019:06

## Optimera sättet att föra in remsor i virkmaskin

Optimize the way to insert strips into a hosiery machine

Leo Eshagi  
William Höglind



EXAMENSARBETE IMSX20  
Institutionen för industri- och materialvetenskap  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2019

Optimera sättet att föra in remsor i virkmaskin  
Optimize the way to insert strips into a hosiery machine

© Leo Eshagi 2019.

© William Höglind 2019.

Handledare: Erik Myllynen

Examinator: Torbjörn Ylipää, Chalmers Tekniska Högskola

Examensarbete 2019:06

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon: +46 31 772 1000

Omslag: CAD figur på nuvarande remsträdning, se mer i avsnitt 2.3

Typeset in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Gothenburg, Sweden 2019



# Optimera sättet att föra in remsor i virkmaskin

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik*

Leo Eshagi  
William Höglind  
Institutionen för Industri- och Materialvetenskap  
Chalmers tekniska högskola

## Sammanfattning

Denna rapport syftar till att optimera virkmaskiner vid omställning av remskvalité. Metoden som används i dagsläget är både tidskrävande och oergonomisk för medarbetarna.

Arbetet utfördes hos valt företag i Kinna och Chalmers på Lindholmen och Johanneberg. Arbetet innefattar ett produktutveckling och konstruktions arbete för att framställa en bättre lösning för remsträdningen vid maskinomställning. En bättre lösning skulle innebära ett snabbare och mer ergonomiskt sätt att trä remsor på. Först analyserades dagens arbetssätt i form av studiebesök, modellbygge och tidsstudier. Med utökad kunskap och genom produktutvecklingsarbete framställdes ett antal koncept. Koncepten utvärderades med hjälp av författarna systematiskt på företaget tillsammans med personal i flera omgångar och fler koncept kom till utefter arbetets gång. Med verktyg ur ett systematiskt produktutvecklingsarbete eliminerades koncept tills ett konceptval kunde göras. Det valda konceptet analyserades och diskussioner på företaget ledde till flera olika varianter på valt koncept. För att förfina konceptet konstruerades prototyper av olika varianter för att sedan ställas mot varandra och utvärderas. Efter tester och utvärderingar på de olika varianterna skapades en slutmodell för företaget att jobba vidare med och tillämpa i praktiken.

För att avgränsa arbetet innefattas detta ej av hur konceptet ska implementeras på företaget. Detta betyder att arbetet inte heller behandlar hur tillverkning av valt koncept skulle genomföras.

Nyckelord: virkmaskin, omställning, CAD

# Optimize the way to insert strips into a hosiery machine

*Bachelor's thesis in the Engineering programme Mechanical Engineering*

Leo Eshagi  
William Höglind  
Department of Industry and Material science  
Chalmers University of Technology

## Abstract

The purpose of this report is to optimize machine tools during conversion. The method used today is both time-consuming and not ergonomical for employees.

The work was carried out for a company in Kinna and Chalmers at Lindholmen and Johanneberg. The work involves systematical product development and construction to produce a better solution for strip threading in a machine changeover. A better solution would mean a faster and more ergonomic way of threading strips. At first the method used today was analyzed in the form of study visits, model building and time studies. With increased knowledge and product development, a number of concepts were made. With the help of the authors, the concepts were systematically evaluated at the company together with staff in several rounds and more concepts were added along the way. With the systematical product development tool, concepts were eliminated until a final concept selection could be made. The chosen concept was analyzed and discussions at the company led to several different variants of the chosen concept. In order to refine the concept, prototypes of different variants were designed to be set against each other and evaluated. After testing and evaluations on the different variants, a final model was created for the company to work on and apply in practice.

To delimit the work, it doesn't include how the concept is to be implemented at the company. This means that the work also does not deal with how the production of the chosen concept would be implemented.

Keywords: Hosiery machine, conversion, CAD

## Förord

Detta examensarbetet är gjort av Leo Eshagi och William Höglind från Chalmers högskoleingenjörsprogram - maskinteknik. Detta arbete utgör 15 utav de 180 högskolepoäng som programmet motsvarar. Arbetet gjordes på institutionen för Industri och Materialvetenskap (IMS).

Vi skulle framförallt vilja tacka vår handledare Erik Myllynen på Ludvig Svensson som varit till stor hjälp under arbetets gång. Likaså de personer som hjälp oss på vägen hos Ludvig Svensson. På Chalmers skulle vi vilja tacka vår examinator Torbjörn Ylipää och även Göran Stigler som varit till stor hjälp med 3D-printning av prototyp.

Leo Eshagi & William Höglind , Gothenburg, Maj 2019



# Innehåll

<b>Figurer</b>	<b>xii</b>
<b>Tabeller</b>	<b>xiv</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund . . . . .	1
1.2 Syfte . . . . .	1
1.3 Avgränsningar . . . . .	1
1.4 Precisering av frågeställningar . . . . .	2
<b>2 Teoretisk referensram</b>	<b>3</b>
2.1 Systematisk produktutveckling . . . . .	3
2.2 Virkmaskinen . . . . .	3
2.3 Virkmaskin vid omställning . . . . .	5
<b>3 Metod</b>	<b>7</b>
3.1 Förstudie . . . . .	7
3.2 Kravspecifikation . . . . .	7
3.3 Konceptgenerering . . . . .	7
3.4 Konceptval . . . . .	8
3.4.1 Konceptutvärdering på Ludvig Svensson . . . . .	8
3.4.1.1 Konceptpresentation 1 . . . . .	8
3.4.1.2 Vidareutveckling från första presentationen . . . . .	8
3.4.1.3 Konceptpresentation 2 . . . . .	9
3.4.2 Koncepteliminering . . . . .	9
3.4.2.1 Elimineringsmatris . . . . .	10
3.4.2.2 Pugh's matris . . . . .	10
3.4.3 Färdigställning av valt koncept . . . . .	11
3.5 Konstruktion . . . . .	11
<b>4 Förstudie</b>	<b>12</b>
4.1 Studiebesök . . . . .	12
4.2 Tidsstudie . . . . .	12
4.2.1 Tidtagning 1, 25-02-2019 . . . . .	12
4.2.2 Tidtagning 2, 04-03-2019 . . . . .	13
4.2.3 Slutsats tidsstudie . . . . .	14
4.3 Modell . . . . .	15

<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>16</b>
5.1	Kravspecifikation . . . . .	16
5.2	Konceptgenerering . . . . .	16
5.3	Koncept . . . . .	16
5.3.1	Koncept A - Skena . . . . .	16
5.3.2	Koncept B - Måttband . . . . .	17
5.3.3	Koncept C - Dra ut tråd . . . . .	17
5.3.4	Koncept D - Använd tidigare remsor . . . . .	18
5.3.5	Koncept E - Horisontellt gängar hjul . . . . .	18
5.3.6	Koncept F - Förflyttande stav . . . . .	19
5.3.7	Koncept G - Tryck in tråd . . . . .	19
5.3.8	Koncept H - Trä framifrån . . . . .	20
5.3.9	Koncept I - Ersätt tråd . . . . .	21
5.3.10	Koncept J - Ta bort tråd . . . . .	21
5.4	Konceptval . . . . .	22
5.4.1	Kesselringmatris 1 . . . . .	22
5.4.2	Kesselringmatris 2 . . . . .	23
5.4.3	Eliminerings-matris . . . . .	24
5.4.4	Pugh's matris . . . . .	24
5.5	Valt koncept . . . . .	25
5.5.1	Varianter . . . . .	25
5.5.1.1	Variant 0 . . . . .	25
5.5.1.2	Variant 1 . . . . .	25
5.5.1.3	Variant 2 . . . . .	26
5.5.1.4	Variant 3 . . . . .	26
5.5.1.5	Bockad plåt . . . . .	26
5.6	Prototyp . . . . .	27
5.6.1	3D-print . . . . .	27
5.6.1.1	Version 1 . . . . .	27
5.6.1.2	Version 2 . . . . .	28
5.6.1.3	Version 3 . . . . .	30
5.6.1.4	Tester . . . . .	32
5.6.1.5	Felkällor . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>34</b>
6.1	Frågeställningar . . . . .	34
6.2	Diskussion och rekommendationer . . . . .	34
	<b>Referenser</b>	<b>36</b>
<b>A</b>	<b>Bilaga 1 - Verksamhetsstudie 2015-09-12</b>	<b>I</b>
<b>B</b>	<b>Bilaga 2 - Verksamhetsstudie 2016-02-24</b>	<b>II</b>
<b>C</b>	<b>Bilaga 3 - Kravspecifikation</b>	<b>III</b>
<b>D</b>	<b>Bilaga 4 - Betygsättnings-matris 1</b>	<b>IV</b>

E	Bilaga 5 - Betygsättnings-matris 2	V
F	Bilaga 6 - Ritning, Variant 0:3	VI
G	Bilaga 7 - Ritning, CAD-modell V.3	VII
H	Bilaga 8 - Test av 3D-utskrift V.3	VIII
I	Bilaga 9 - Ritning, Slutmodell	IX
J	Bilaga 10 - Gantt-schema	X

# Figurer

2.1	CAD prototyp . . . . .	3
2.2	Övre kam . . . . .	4
2.3	Skenor . . . . .	4
2.4	Nedre kam . . . . .	5
2.5	Sidovy av CAD prototyp . . . . .	5
2.6	CAD prototyp-Omställning . . . . .	6
2.7	CAD prototyp-Omställning nedre kam . . . . .	6
2.8	Iträdning på nedre F kam . . . . .	6
4.1	Mönster vid tidtagning 1 . . . . .	13
4.2	Mönster vid tidtagning 2 . . . . .	14
4.3	Verktyget . . . . .	15
5.1	Koncept A - Skena . . . . .	17
5.2	Koncept B - Måttband . . . . .	17
5.3	Koncept C - Dra ut tråd . . . . .	18
5.4	Koncept D - Använd tidigare remsor . . . . .	18
5.5	Koncept E - Horisontellt gängar hjul . . . . .	19
5.6	Koncept F - Förflyttande stav . . . . .	19
5.7	Koncept G - Tryck in tråd . . . . .	20
5.8	Koncept H - Trä framifrån . . . . .	20
5.9	Koncept I - Ersätt tråd . . . . .	21
5.10	Koncept J - Ta bort tråd . . . . .	22
5.11	Bockad plåt . . . . .	26
5.12	3D-vy över CAD-modell v.1 . . . . .	28
5.13	Visualisering av montering . . . . .	28
5.14	3D-vy över CAD-modell v.2 . . . . .	29
5.15	Resultat 3D-utskrift . . . . .	29
5.16	Vy ovanifrån på 3D-utskrift / CAD-modell V.2 . . . . .	30
5.17	Vy över vinklad underkant . . . . .	31
5.18	3D-vy över CAD-modell v.3 . . . . .	31
5.19	3D-utskrift av version 3 . . . . .	32
5.20	Vy ovanifrån på 3D-utskrift / CAD-modell V.3 . . . . .	33
6.1	Slutmodell av koncept i CAD . . . . .	35
F.1	Ritning, Variant 0:3 . . . . .	VI



G.1	Ritning, CAD-modell V.3 . . . . .	VII
I.1	Ritning - Slutmodell . . . . .	IX

# Tabeller

3.1	Kesselringmatris 1	8
3.2	Kesselringmatris 2	9
3.3	Elimineringsmatris	10
3.4	Pugh's matris	10
5.1	Kesselringmatris 1 oviktad	22
5.2	Kesselringmatris 1 viktad	23
5.3	Kesselringmatris 2 oviktad	23
5.4	Kesselringmatris 2 viktad	24
5.5	Elimineringsmatris	24
5.6	Pugh's matris	25
C.1	Kravspecifikation	III
D.1	Betygsättnings-matris 1 datainsamlin, 27-03-2019	IV
E.1	Betygsättnings-matris 2 datainsamling, 10-04-2019	V
H.1	Test av 3D-utskrift V.3	VIII
J.1	Gantt-schema/planerings scehma	X

# 1

## Inledning

Detta kapitel ger en introduktion med bakgrund, syfte, avgränsningar och precisering av frågeställningar för arbetet.

### 1.1 Bakgrund

AB Ludvig Svensson tillverkar klimatväv som är en väv bestående av remsor och tråd. Denna väv är väldigt användbar för stora växthus då beroende på val av remsor släpper väven igenom olika mycket ljus. På så sätt kan ljuset, med hjälp av klimatväven, anpassas perfekt för växthusets innehåll och geografiska position. Produktionsavdelningen har som mål att sänka tiden det tar att ändra från en kvalite till en annan. Genom gjorda verksamhetstudier (bilaga 1 & 2) kom man fram till att en av de mest tidskrävande och oergonomiska uppgifterna är att byta remsor i virkmaskinen. Vid ett sådant kvalitetsbyte trär man över 1000 remsor förhand genom bommar och gafflar med eventuell hänsyn till mönster i slutprodukten. Ludvig Svensson vill därför ha hjälp att hitta ett bättre sätt att utföra kvalitetsbyten på.

### 1.2 Syfte

Ludvig Svensson har svårt att hitta en bra lösning för hur de ska trä remsor vid kvalitetsbyten. Dagens lösning är tidskrävande och leder till produktionsförluster för Ludvig Svensson då maskinen står stilla vid denna omställning. Dagens arbetssätt är dessutom oergonomiskt och bidrar till ohälsa. En bättre lösning ger i första hand kortare omställningstid som i sin tur leder till kortare ergonomiskt påfrestande arbetstid för personalen. Om omställningstiden är fast men kvalitetsbytet utförs på ett mer ergonomiskt arbetssätt är detta också en bättre lösning. Projektet har getts stor frihet i att ändra de olika verktygens utformning i virkmaskinen och det finns på så sätt utrymme för en eventuella tekniska lösningar.

### 1.3 Avgränsningar

Ludvig Svensson jobbar med många olika rems-kvaliteter där flera olika storlekar av remsor och mönster förekommer. För att avgränsa arbetet väljs en sorts rems-kvalitet för att fokusera på lösningen till problemet och inte de olika kvaliteterna eftersom att principen är densamma. När arbetet är klart tros lösningen enkelt kun-

na tillämpas vidare till resten av remskvaliteterna då dessa har likvärdiga storlekar.

Arbetet avgränsas också med avseende på tillverkning och implementering av koncept. Det vill säga arbetet syftar till att ta fram ett koncept och visa att detta är genomförbart med hjälp av konstruktionsritningar och eventuellt småskaliga prototyper. Men arbetet syftar inte på att jobba med hur konceptet ska implementeras i produktionen.

## 1.4 Precisering av frågeställningar

För att uppnå syftet med arbetet preciseras följande frågeställningar:

- Hur förs remsorna in i maskinen idag?
- Vad finns det för moment och vilka av dessa är mest tidskrävande?
- Vilka moment är ergonomiskt mest krävande?
- Vilka bekymmer finns med dagens lösning?
- Vad finns det för lösningar för liknande problem inom industrin?

# 2

## Teoretisk referensram

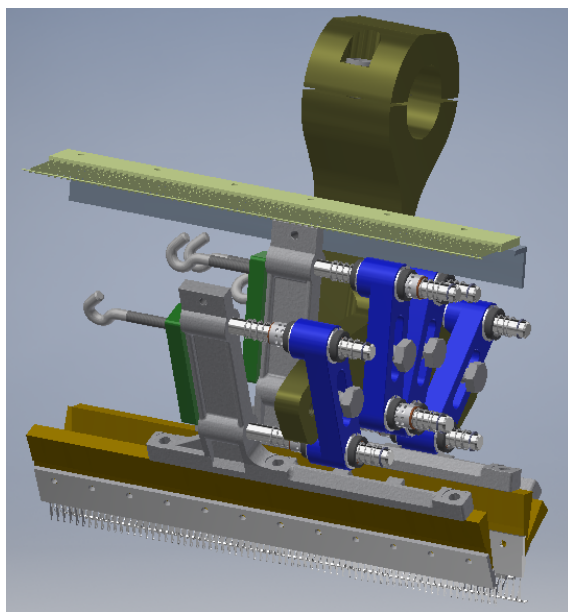
I detta kapitlet redovisas nödvändig information för att läsaren ska kunna tydligt förstå resterade del av rapporten.

### 2.1 Systematisk produktutveckling

Produktutveckling definieras som aktiviteter för att ta fram en ny produkt eller förbättra en redan existerande produkt. Med systematisk produktutveckling menas att med hjälp av systematiska metoder och arbetssätt utföra produktutveckling. De metoder och arbetssätt som används är hämtade från boken Produktutveckling. (Johannesson, Persson, Pettersson 2013)

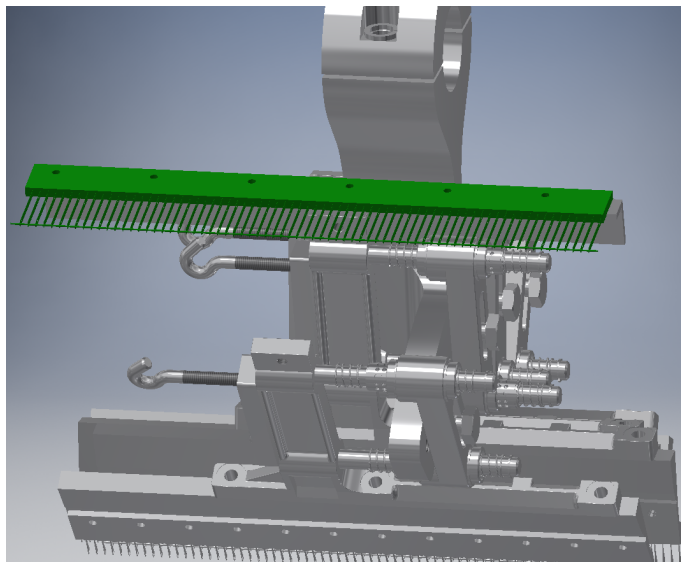
### 2.2 Virkmaskinen

I figur 2.1 kan man se en övergripande bild på de aktuella komponenterna i virkmaskinen. Detta är en mycket förenklad bild för att få en förståelse för hur maskinen är uppbyggd och därför syns inte alla detaljer i modellen.



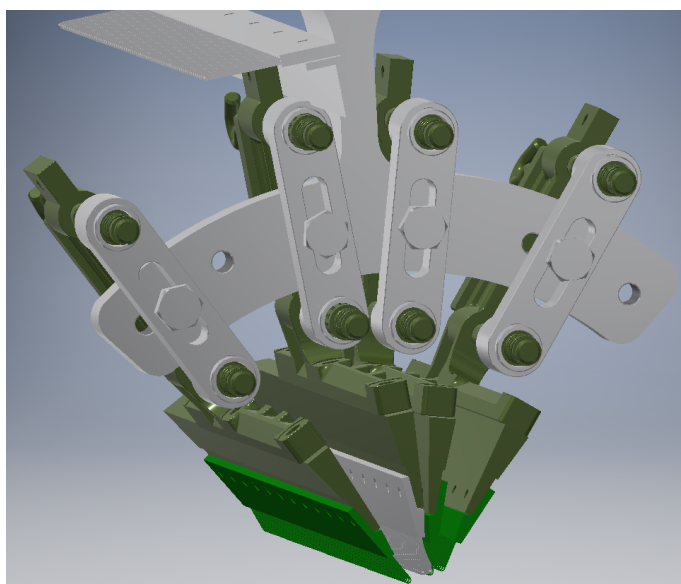
*Figur 2.1: CAD prototyp*

Ur figur 2.2 nedan är verktygets övre kam grönt markerat. I drift kommer remsorna ovanifrån och igenom kammens lamellerna och fortsätter ner i verktyget. Lammellernas funktion är att hålla remsorna på plats i rätt mönster och en tråd igenom lammellerna förhindrar remsan att ta sig ur.



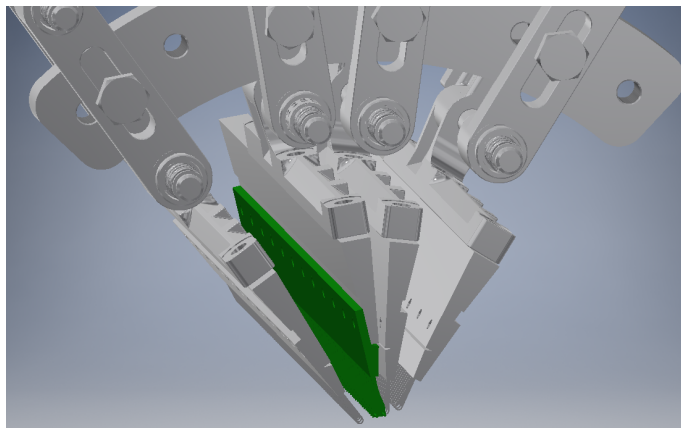
*Figur 2.2: Övre kam*

I figur 2.3 kan man se den nedre delen av verktyget. Den består av fyra stycken skenor som är avtagbara och är olivfärgade i figuren. I underkant på skenorna sitter det tre kammar som är grönmärkerade i figuren. Dessa är till för trådarna, för att virka trådarna med remsorna.



*Figur 2.3: Skenor*

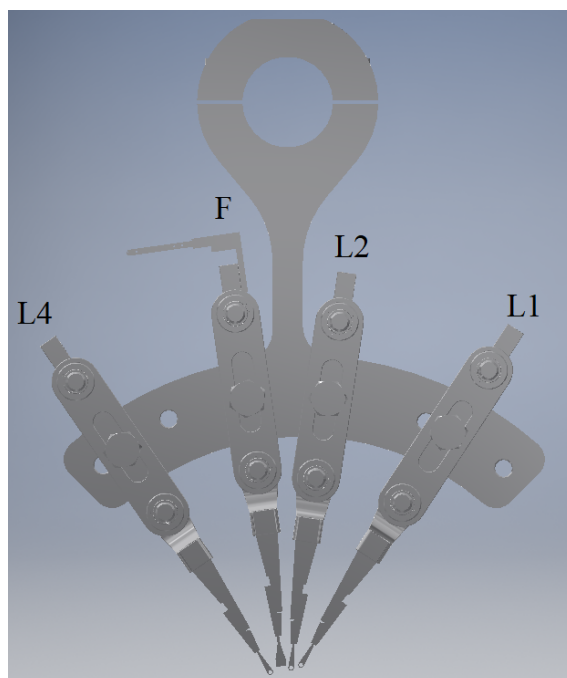
I figur 2.4 ser man den kvarvarande kammen. Denna kam är till för remsorna och det är här remsorna fortsätter från den övre kammen. De fyra kammarna ner till jobbar tillsammans för att virka remsorna med trådarna. Lamellerna på denna kam är något bredare ner till och har två trådar som passerar igenom lammellerna.



*Figur 2.4: Nedre kam*

## 2.3 Virkmaskin vid omställning

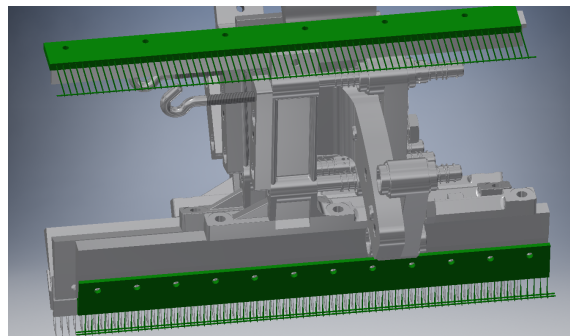
Figur 2.5 illustrerar prototypens sidovy. Där L4 är maskinens baksida och L1 maskinens framsida. Vid omställning tas L4 bort och iträdningen sker på F kammen. Remsträdningen sker alltså på baksidan.



*Figur 2.5: Sidovy av CAD prototyp*

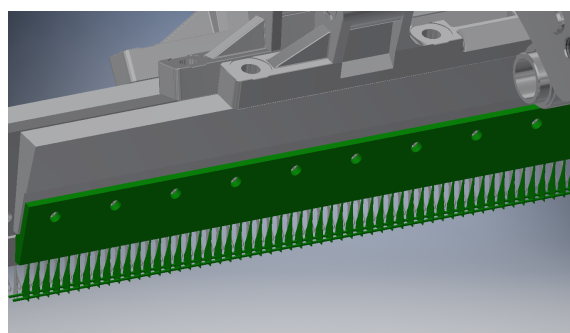
De gröna komponenterna i figur 2.6 är de som är aktuella vid remsträdningen d.v.s.

den övre kammen och den nedre kammen. När den övre kammen träs sker detta genom att tråden som är iträd genom lamellerna dras ut och remsorna kan läggas i rätt mönster. När remsorna träs i på den nedre kammen träs de med hjälp av en gaffel för att trä remsorna igenom hålen.



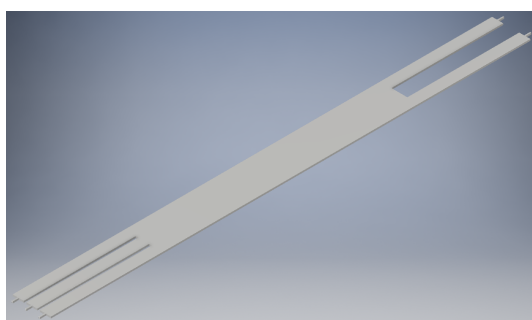
*Figur 2.6: CAD prototyp-Omställning*

I figur 2.7 syns en närmare bild av det stora problemet som skulle lösas. Iträdningen på den nedre kammen. Utrymmet som finns att arbeta med är inte stort, den vanligaste bredden mellan lammellerna som remsorna träs igenom är fyra millimeter.

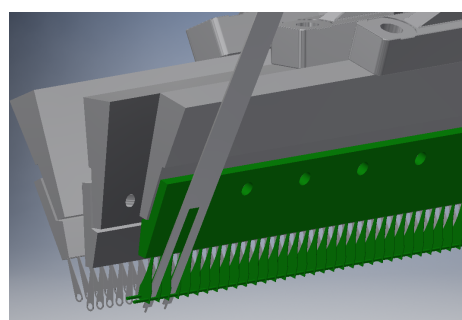


*Figur 2.7: CAD prototyp-Omställning nedre kam*

Gaffeln i figur 2.8 är det verktyg som används vid nuvarande arbetsätt, remsan träs i gaffelns ände och förs sedan igenom kams f lameller i rätt mönster. Vanligtvis så träs en till två remsor i taget.



*(a) Gaffel*



*(b) Remsträdning*

*Figur 2.8: Iträdning på nedre F kam*



# 3

## Metod

Metodavsnittet har som syfte att redovisa hur arbetet lagts upp, d.v.s. vilka metoder som använts och motivet bakom dessa.

### 3.1 Förstudie

Syftet med förstudien är att besvara de frågeställningar som är uppsatta. Till att börja med gjordes studiebesök på flera olika avdelningar inom företaget för att erhålla djupare förståelse för textilindustrin. Det gjordes även en mer noggrann undersökning på maskinen uppdraget syftar till. Detta innefattar datainsamling av olika moment och tidsstudier för nuvarande arbetssätt. Datainsamling gjordes med bland annat intervjuer och tidtagningar. Även en modell konstruerades av intressanta maskindelar för att vidare visualisera problemet.

### 3.2 Kravspecifikation

Efter förstudien konstruerades en kravspecifikation. Kriterium sattes upp och dessa delades in som önskemål eller krav. Önskemålen viktades även med avseende på hur viktiga de var för projektet. Under projektets fortlöpning ändrades både viktning och kriterium. Detta då författarnas kunskap om problemet och företaget blev bättre uteftersom projektet färdigställdes. Under kapitlet Resultat syns den färdiga kravspecifikationen.

### 3.3 Konceptgenerering

Till en början studerades tidigare lösningar på liknande problem. Det påträffades dock inga andra exempel på remsträdning i stor skala. Istället studerades hur trädningen av trådarna i samma virkmaskin fungerade. För att generera koncept användes brainstorming. Med denna genereringsmetoden gavs personer delaktiga några minuter att använda sin fantasi till att komma på några konceptidéer. Det lades fokus på att inga idéer är dåliga. Även om det ansågs finnas stora problem med konceptet dokumenterades det. Sedan bytte personerna inblandade sina konceptidéer med varandra och fick jobba vidare med varandras koncept. Sedan diskuterades varje konceptidé för att tillsammans lösa olika tekniska problem.

## 3.4 Konceptval

### 3.4.1 Konceptutvärdering på Ludvig Svensson

Förstudien hade givit en bra grund att stå på kunskapsmässigt för att skapa koncept men vid konceptvalet önskades i ett tidigt skede att ta hjälp av erfarenheten på företaget. Detta för att se till att de koncepten som senare behandlas av författarna har potential och är realiserbara. För att ta del av personalens kunskap anordnades tid för en konceptpresentation med utvärdering och diskussion tillsammans. För att utvärdera koncepten gjordes en kesselringsmatris som den medverkande personalen fick fylla i under presentationens gång. Denna visas i tabell 3.1. Strukturen av matrisen förklaras i avsnittet under och resultatet presenteras under kapitlet Resultat.

#### 3.4.1.1 Konceptpresentation 1

Kesselringmatrisen består av ett antal listade kategorier, dessa syns i tabell 3.1 till vänster. På den översta raden listas koncepten, i detta fall koncept A till och med koncept F. Alla koncept betygsätts med avseende hur de presterar i de olika kategorierna. En 1:a betyder att konceptet presterar mycket dåligt inom kategorin och en 5:a betyder att konceptet presterar mycket bra. Längst till höger i matrisen syns viktningskolumnen. I denna kolumn fick deltagarna betygsätta hur viktiga de olika kategorierna är för koncepten. Även detta gjordes med skalan 1-5.

Tabell 3.1: Kesselringmatris 1

	A	B	C	D	E	F	Viktning
Genomförbarhet							
Billig att tillverka							
Enkel att tillverka							
Robust konstruktion							
Enkel att använda							
*Trä-hastighet							
**Ergonomisk påfrestning							
Enkel att underhålla							

#### 3.4.1.2 Vidareutveckling från första presentationen

Den första konceptpresentationen hade som mål att med hjälp av datainsamling i form av ifyllda kesselringsmatriser och diskussion kunna eliminera koncept som inte var realiserbara eller saknade potential. Under diskussionen visades även ett intresse för att skapa flera nya koncept med lite annorlunda ingreppsvinkel. Detta diskuteras mer utförligt under avsnittet Resultat. Som konsekvens kändes det nödvändigt att

utföra en till konceptgenereringsrunda där nya koncept togs fram. Dessa nya koncept ställdes mot de vinnande koncepten från den första konceptpresentationen i en ny andra konceptpresentation.

### 3.4.1.3 Konceptpresentation 2

Inför denna presentation användes en ny kesselringmatrix för deltagarna att fylla i som syns i tabell 3.2. Med hjälp av feedback från tidigare presentation gjordes vissa justeringar till den nya matrisen för att bättre uppfylla syftet med den. Några kategorier som överlappade togs bort. Detta för att den nya matrisen inte skulle bli för stor och riskera att deltagarna tappade fokus under ifyllningen av matrien. Det lades även till en kategori av önskemål från deltagarna med avseende på framtida automationsmöjligheter. Den nya Kesselringmatrisen visas i tabell 3.2.

Det valdes även att modellera upp flera av de nya koncepten i CATIA och Inventor. Detta för att deltagarna på presentationen skulle få bättre möjlighet att förstå koncepten.

Tabell 3.2: Kesselringmatrix 2

	A	C	D	F	G	H	I	J	Viktning
Genomförbarhet									
Robust konstruktion									
Enkel att använda									
*Trädnings-hastighet									
**Automation									
Ergonomiskt arbetssätt									
Enkel att underhålla									

### 3.4.2 Konzepteliminering

Från den andra konceptpresentationen på Ludvig Svensson behölls de koncepten som ansågs ha potential. Sedan appliceras en utvärderingsprocess för att eliminera koncept. Först konstruerades en kravspecifikation för att stödja senare elimineringsprocesser. Sedan appliceras en elimineringsmatrix och till sist en Pugh's matrix för att välja koncept.

### 3.4.2.1 Elimineringssmatris

Från konceptutvärderingen på företaget och med hjälp av kravspecifikationen används en elimineringssmatris utformad efter Pahl och Beitz (Johannesson 2013) för att eventuellt kunna eliminera ytterligare koncept. Denna matris hade till syfte att smidigt eliminera så många koncept som möjligt inför den mer utförliga Pugh's matris i nästa avsnitt.

Tabell 3.3: Elimineringssmatris

Koncept	Elimineringssmatris							Elimineringssmatris		
	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Inom kostnadsramarna	Säker och ergonomisk	Passar företaget	Tillräcklig info	<b>Elimineringssmatris:</b> (+) Ja (-) Nej (?) Mer info krävs (!) Kontroll kravspec.		
								<b>Beslut:</b> (+) Fullfölj koncept (-) Eliminera lösning (?) Sök mer info (!) Kontroll kravspec.		
							Kommentarer	Beslut		

### 3.4.2.2 Pugh's matris

För att bestäma koncept ur de kvarvarande koncepten framställdes en Pugh matris (Johannesson 2013). Konceptet som fått högst betyg på tidigare urval sätts som referens och de andra koncepten jämförs med referenskonceptet. Utifrån Pugh's matris ska ett konceptval utföras.

Tabell 3.4: Pugh's matris

Kriterier	Referens Koncept	Koncept	Koncept	Viktning
Låg tillverkningskostnad				
Få rörliga komponenter				
Möjlighet till att testa koncept mha prototyp				
Förbättrad tränings-hastighet				
Möjlighet till alla sorters kvalitetsbyten				
Möjlighet till automation				
Slitstark				
Enkel att underhålla				
Lätt att använda				
Minskad ergonomisk påfrestning				
Låg risk för användarskador				
Summa negativt				
Summa positivt				
Summa lika med				
Summa totalt				
<b>Summa totalt (inkl. viktning)</b>				

### **3.4.3 Färdigställning av valt koncept**

För valt koncept skapas flera olika varianter. Dessa varianter ställs mot varandra med tester med hjälp av prototypkonstruktion. Därefter väljs den mest optimala varianten av det vinnande konceptet.

## **3.5 Konstruktion**

Efter konceptvalet och i samband med variantskapandet konstrueras en modell av konceptet i CATIA. När den optimala varianten är klar och konceptet är helt färdigt skapas även en konstruktionsritning med CATIA. Sen kan eventuellt en prototyp göras för att vidare testa det färdiga konceptet. Då Ludvig Svensson har tillgång till en metallverkstad finns möjligheten att tillverka en prototyp där med hjälp av konstruktionsritningen. En annan möjlighet är att 3D-printa en prototyp på Chalmers, om konceptet kan testas på det sättet.

# 4

## Förstudie

### 4.1 Studiebesök

För att få en djupare förståelse för textilindustrin och en bättre insikt för de olika processerna inom företaget gjordes det studiebesök på utvalda avdelningar. Det var tre viktiga avdelningar som studerades varp avdelningen, virkeriet och kvalitet- och korrigerings-avdelningen. Dessa studiebesök var till stor hjälp för att förstå vägen för produkten från start till slut. Vad som kunde analyseras vid omställning på virkeriet när remsomställningen görs är att det är vid den nedre remsträdningen som den påfrestande arbetsbelastningen och det mest tidskrävande momentet för operatören.

### 4.2 Tidsstudie

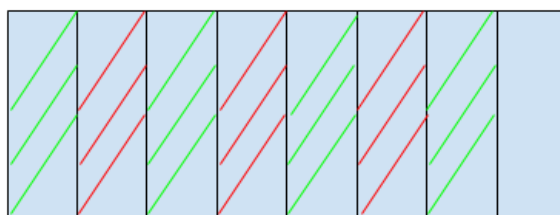
För att ta reda på hur lång tid det tar att trä maskiner vid omställning idag gjordes två olika tidtagningar som sammanställs i denna tidsstudie. Tidtagning gjordes på erfaren personal så att tiderna motsvarar det bästa nuvarande arbetssätt kan presteras. Vid diskussion och observationer stod det klart att trädningen av den nedre kammen var mest tidskrävande och tidtagningarna som följer syftar på detta moment.

#### 4.2.1 Tidtagning 1, 25-02-2019

Vid denna tidtagning togs tiden för trädning av en rulle där folien delades upp runt främre och bakre profiler, där den främre folien är grön och den bakre är röd i figur 4.1. Rullen bestod av 145 remsor och det tog 15 minuter att trä den bakre folien och sedan samma tid på 15 minuter att trä den främre folien. Virkmaskinen laddades med sex sådana rullar. Väven bestod även till en sjundedel av en annan folie, men denna togs ej tid på vid detta tillfälle. För att få en uppskattning över hur lång tid trädning tog för hela kvalitetsbytet uppskattas trädningen av denna folien att ha samma hastighet. Då blir kalkylen sju rullar där varje rulle tog 30 minuter att trä. Det vill säga tiden för trädningen vid kvalitetsbytet uppskattas till 3,5 timmar enligt beräkning (4.1). Tiden för att trä en enskild remsa uppskattas till 12,4 sekunder enligt beräkning (4.2).

$$\begin{aligned}
[\text{trädnings} \text{tid}; \text{alla rullar}] &= [\text{antal rullar}] \cdot [\text{trädnings} \text{tid}; \text{en rulle}] & (4.1) \\
&= 7 \text{ rullar} \cdot 30 \text{ min} = 210 \text{ min} = 3,5 \text{ tim}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[\text{trädnings} \text{tid}; \text{en remsa}] &= \frac{[\text{trädnings} \text{tid} \text{ för rullen}]}{[\text{antalet remсор i rullen}]} & (4.2) \\
&= \frac{30 \text{ min}}{145 \text{ remсор}} = 0,206 \text{ min/remsa} = 12,4 \text{ sek/remsa}
\end{aligned}$$



Figur 4.1: Mönster vid tidtagning 1

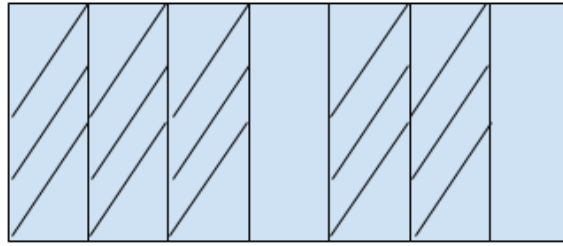
## 4.2.2 Tidtagning 2, 04-03-2019

Vid detta kvalitetsbyte var det två olika folier som skulle träs. Mönstret såg ut som figur 4.2 visar med en sekvens. Den enligt bilden mörka folien kunde med hjälp av ett verktyg träs två eller tre remсор åt gången. Däremot den ljusa folien kunde bara trädas en och en. Rullarna varierade i storlek för båda folietyperna. Tidtagning togs på en mörk rulle med 107 remсор och även på en ljus rulle med 35 remсор. Den mörka folierullen tog 24 minuter att träda och den ljusa folierullen hade en motsvarande tid på sju minuter. Detta ger en remsträdnings-hastighet för den mörka remsan på 13,5 sek/remsa enligt beräkning (4.3). Hastigheten för trädningsen av den ljusa remsan blir 12 sek/remsa enligt beräkning (4.4). Hela väven bestod av 921 mörka remсор samt 372 ljusa remсор. Med respektive remsträdnings-hastigheter fås av beräkning (4.5) en total tid för remsträdningen av kvalitetsbytet på 4 timmar och 42 minuter.

$$\begin{aligned}
[\text{trädnings} \text{tid}; \text{mörk remsa}] &= \frac{[\text{trädnings} \text{tid}; \text{mörk rulle}]}{[\text{antalet remсор}; \text{mörk rulle}]} & (4.3) \\
&= \frac{24 \text{ min}}{107 \text{ remсор}} = 0,22 \text{ min} = 13,5 \text{ sek/remsa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[\text{trädnings} \text{tid}; \text{ljusremsa}] &= \frac{[\text{trädnings} \text{tid}; \text{ljusrulle}]}{[\text{antalet remсор}; \text{ljusrulle}]} & (4.4) \\
&= \frac{7 \text{ min}}{35 \text{ remсор}} = 0,2 \text{ min} = 12 \text{ sek/remsa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&[\text{trädtid}; \text{allarems.}] = \\
&[\text{antal mörk rem.}] \cdot [\text{trädtid}; \text{mörkrem.}] + [\text{antalljusrem.}] \cdot [\text{trädtid}; \text{ljusrem.}] & (4.5) \\
&= 921 \text{ remсор} \cdot 13,5 \text{ sek/remsa} + 372 \text{ remсор} \cdot 12 \text{ sek/remsa} = 16897,5 \text{ sek} = 4 \text{ tim} 42 \text{ min}
\end{aligned}$$



Figur 4.2: Mönster vid tidtagning 2

### 4.2.3 Slutsats tidsstudie

Då det bara gjorts två separata datainsamlingar ska dessa siffror tas med viss reservation, men då verksamhetens egen uppfattning är att det tar ungefär 13 sekunder att trä en remsa stämmer siffrorna bra och bekräftar detta. Som redan nämnts så gjordes datainsamlingen på erfaren personal, vid den andra tidtagningen jobbade två personer parallellt med varsin rulle och han som datainsamlingen gjordes på var betydligt snabbare.

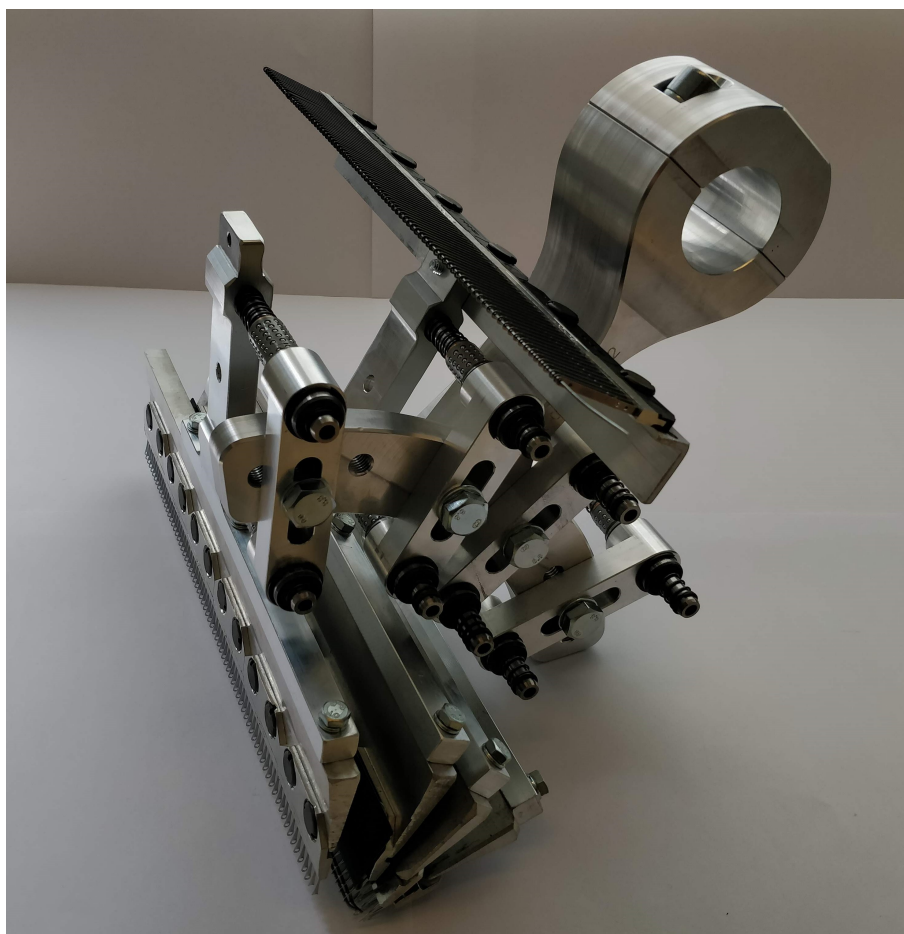
Det var något förvånande att vid den andra tidtagningen så gick remsträdningen för den ljusa remsan snabbare. Innan fanns tanken att det borde gå snabbare när möjligheten finns att trä remsorna i par eller tre åt gången men i datainsamlingen visade resultatet motsatsen. En faktor till detta kan vara att den mörka remsan trädde först. När inga remsor ligger i gafflarna behöver den som trär tänka på mönstret sin remsorna ska läggas i. Vid detta mönsterskapande kan det dessutom bli fel och remsor kan behöva träs på nytt vilket bildar en tidsförlust. Däremot vid trädningen av de ljusa remsorna syns det tydligt vilka gaffel-spår som saknar remsor och kognitiva processen för att skapa mönstret är eliminerad och det är näst intill omöjligt att göra fel. Detta kan förklara varför det gick snabbare att trä den ljusa remsan. Men tidsförlusten för tankeverksamheten och felträdning tros vara av den storleken att det förmodas ta liknande tid att trä remsor som singlar, par eller fler.

Tiderna det tog att trä hela virkmaskinen som datainsamlingen gav på 3 timmar och 30 minuter respektive 4 timmar och 42 minuter är inte realistiska. Tiderna är användbara när de i ett senare skede ska användas för att jämföra koncept med nuvarande arbetssätt. I datainsamlingen har personen tidtagningen syftat på jobbat oavbrutet med hög effektivitet. Detta är hållbart under ett mindre tidsintervall likt de tidtagningar som utförts. Men under ett längre tidsintervall som ett fullständigt kvalitetsbyte innebär kommer effektiviteten avta till viss del. Hur mycket detta påverkar finns ingen data på men det ska nämnas att den egentliga tiden det tar ligger något högre.



### 4.3 Modell

Med syfte att få djupare förståelse gjordes en modell av den mest väsentliga delen, med avseende på rapporten, i virkmaskinen. Denna del valdes att kallas verktyget. För att tillverka denna användes Ludvig Svenssons egna metallverkstad. I metallverkstaden fick författarna under intensiv handledning möjlighet att använda olika verktyg för att skapa modellen. Den färdiga modellen visas i figur 4.3. Ur denna process erhöles djupare förståelse av de olika delar som ingår i verktyget. Det erhöles även en viss förståelse för metallverkstadens funktion och möjligheter på företaget. Detta kunde vara av intresse vid eventuell konstruktion av prototyp.



*Figur 4.3: Verktyget*

# 5

## Resultat

### 5.1 Kravspecifikation

Kriterierna till kravspecifikationen inspirerades av produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design (Johannesson 2013). Krav sattes på förbättrad träningshastighet då detta var det största syftet med projektet. Krav sattes även på minskad ergonomisk påfrestning eftersom detta är ett problem för Ludvig Svensson och också en del av syftet med projektet. Till sist sattes även krav på låg risk för användarskador då säkerheten värderas högt. Som önskemål värderades högt möjligheten till att testa koncept med hjälp av prototyp eftersom det önskades. Kravspecifikationen hittas i bilaga 3.

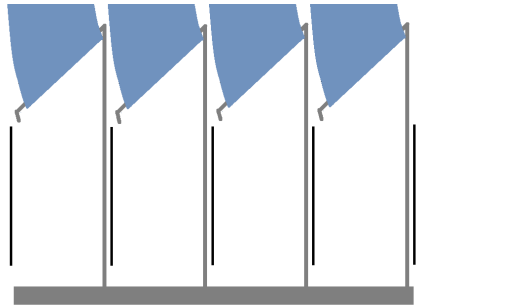
### 5.2 Konceptgenerering

Konceptgenereringen gjordes under två tillfällen. Först gjordes brainstorming som beskrivs tidigare i rapporten där koncept A till F skapades. Dessa koncept gick senare vidare till en presentation på företaget där dessa koncept diskuterades. Två koncept kunde med hjälp av erfarenheten på företaget eliminerades direkt. Ur diskussion kunde ytterligare koncept G till J genereras. För att senare diskutera och betygsätta de kvarvarande koncepten med en Kesselingsmatris som presenteras längre ner i avsnittet.

### 5.3 Koncept

#### 5.3.1 Koncept A - Skena

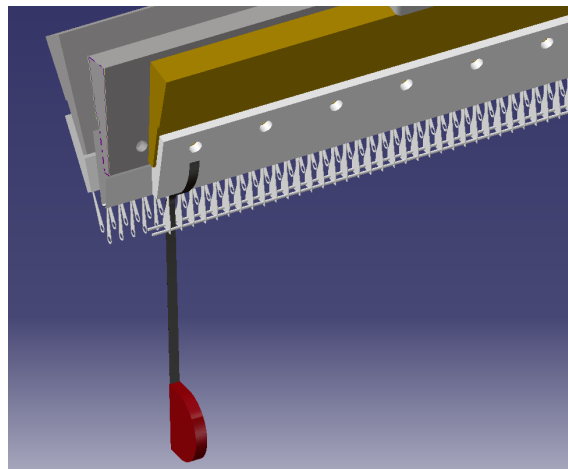
Vid trädning av trådarna för virkmaskinen används en lösning där det används en skena med krokar för att trycka upp denna underifrån igenom utrymmet där tråden ska träs igenom. Sedan fästs flera trådar i skenan innan skenan dras tillbaka ut ur träningshålen och trädningen är klar. Som figur 5.1 visar fästs den blåa remsan i skenans krokar som tryckts upp igenom verktygets spår. Nästa steg i bilden är att dra ner skenan och remsorna är därefter trädde. I figur 5.1 visas en skena med fyra krokar men konceptet kan i verkligheten få fler krokar. Kan eventuellt finnas svårigheter i att träda mönster på ett effektivt sätt med detta koncept.



*Figur 5.1: Koncept A - Skena*

### 5.3.2 Koncept B - Måttband

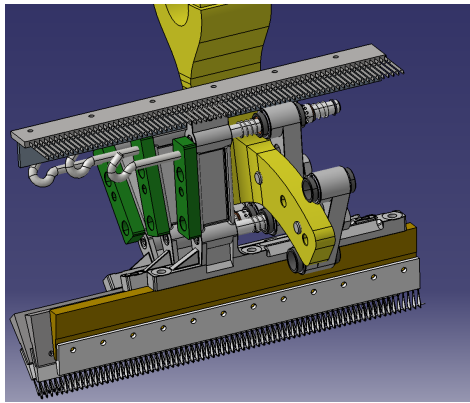
Koncept "Måttband" går ut på att det sitter en skena på delen under iträdningen på en yta under lammellerna som finns på den verkliga maskinen. På denna skena kommer det sitta måttbands liknande komponenter som ska kunna föras upp antingen mekaniskt eller elektroniskt upp genom den svårare delen av iträdningen. För att "måttbandet" ska komma ut åt rätt håll sitter det en vinklad komponent som gör att den trycks ut åt rätt håll. När den sedan kommit ut kan den därefter förbindas med remsorna. När remsorna är sammanfogade ska "måttbandet" dras tillbaka och dra igenom remsorna genom hålen. Se figur 5.2.



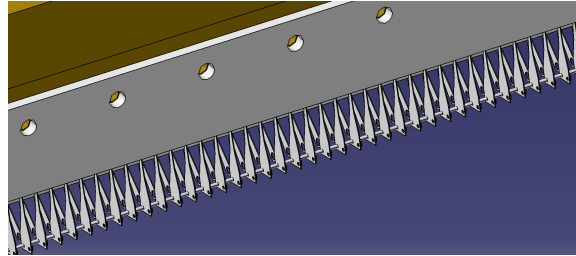
*Figur 5.2: Koncept B - Måttband*

### 5.3.3 Koncept C - Dra ut tråd

Koncept "Dra ut tråd" innefattar att använda befintliga delar men att ändra arbets-sätt. När det träs i remsor finns det en övre del och en nedre del för iträdningen. Den övre delen är lättare eftersom att tråden som håller remsorna på plats är utdragen och remsorna kan därför bara läggas i rätt plats. När den nedre kammen träs idag görs detta genom två trådar vilket är ett krävande arbete. Skulle istället den bakre tråden dras ut och remsorna bara läggs i spåren på rätt plats skulle detta gå mycket lättare och fortare. Det skulle behövas någon typ av del att spänna åt remsorna på för att säkra att remsorna stannar i spåren tills tråden är på plats. Se figur 5.3.



(a) Övergripande



(b) Nedre kam

Figur 5.3: Koncept C - Dra ut tråd

### 5.3.4 Koncept D - Använd tidigare remsor

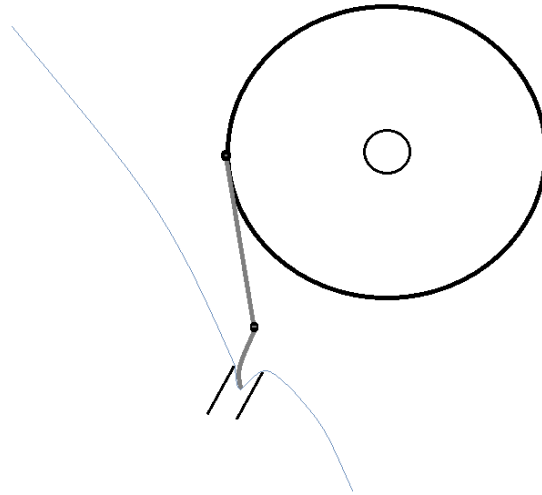
Detta koncept går ut på att använda sig av de remsor som redan är trädde från den tidigare kvaliteten på maskinen. Tanken är att den nya remsan ska på något enkelt sätt fogas med den gamla remsan så att när den gamla remsan dras ut trädes den nya remsan. Ett problem med detta är om man går från en kvalitet som ej är fullt trädde, d.v.s. det saknas remsor i vissa spår då slutprodukten ska kunna släppa igenom luft. I detta fall saknas det tidigare remsor att foga de nya remsorna med. I figur 5.4 syns remsorna som används i maskinen.



Figur 5.4: Koncept D - Använd tidigare remsor

### 5.3.5 Koncept E - Horisontellt gängar hjul

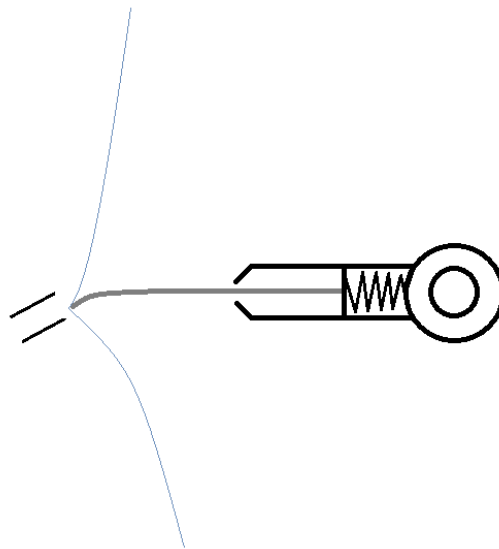
En grovt gängad stång ska placeras mittemot iträdningen horisontellt utefter verktygets nedre F kam. Sen ska ett hjul snurra runt den gängade stången och med rätt gängstigning flyttar sig hjulet en remsa bort per varv. För att kunna peta i remsan igenom lamellerna. För att detta ska fungera behöver remsorna förarbetas genom att spänna åt remsorna vid varje iträdningshål, eventuellt att operatören jobbar med maskinen och placerar remsan på rätt plats och trädningnålen sköter i petandet. Se figur 5.5.



*Figur 5.5: Koncept E - Horisontellt gängar hjul*

### 5.3.6 Koncept F - Förflyttande stav

Konceptet går ut på att det är en stång placerad mitt emot den nedre iträdningen. På denna stång är det en stav som kan röra sig horisontellt längs iträdningens hålen. Denna stång ska sedan trä genom remsorna en i taget och förflytta sig längs iträdningen. För att det ska fungera måste remsorna spännas åt och placeras framför det hål den ska träs igenom eller att operatören manuellt lägger remsan där den ska placeras och stång komponenten sköter iträdningen. Se figur 5.6.

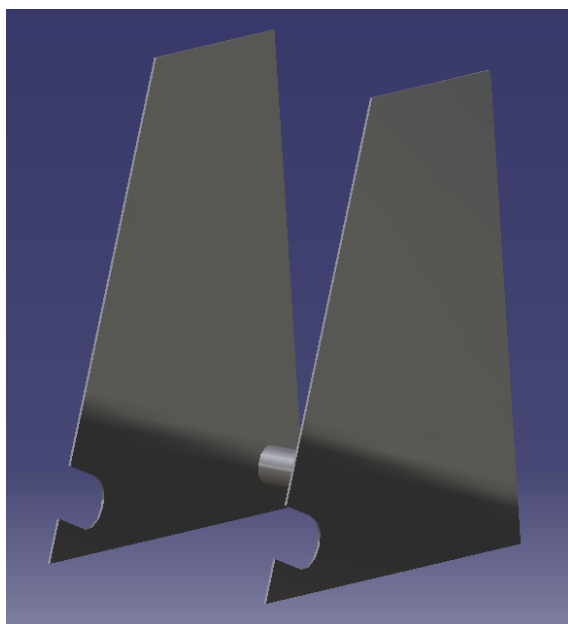


*Figur 5.6: Koncept F - Förflyttande stav*

### 5.3.7 Koncept G - Tryck in tråd

Koncept "Tryck in tråd" går ut på att tråden som sitter på maskinens nedre del på nuvarande arbetssätt ska kunna tryckas in och tryckas ut istället för att dra igenom

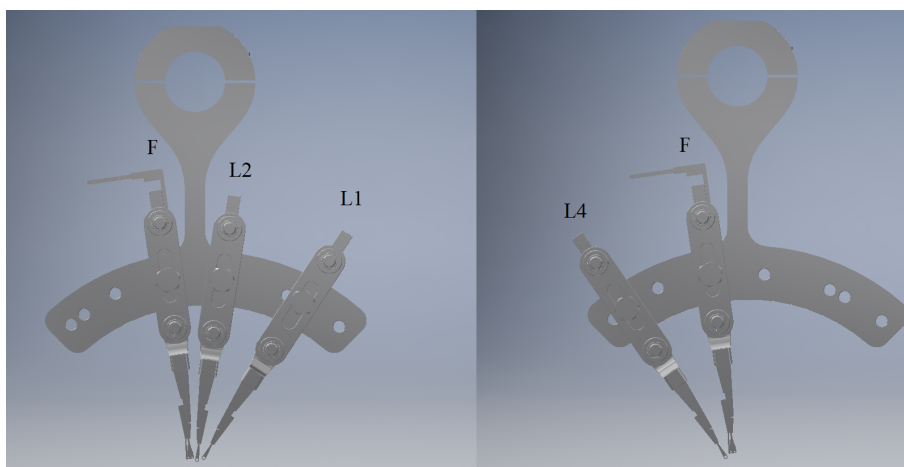
den. Remsorna behöver spännas åt i rätt läge för att inte åka ur medans tråden sätts på plats. För att detta ska gå måste gafflarnas utformning ändras. Se figur 5.7.



*Figur 5.7: Koncept G - Tryck in tråd*

### 5.3.8 Koncept H - Trä framifrån

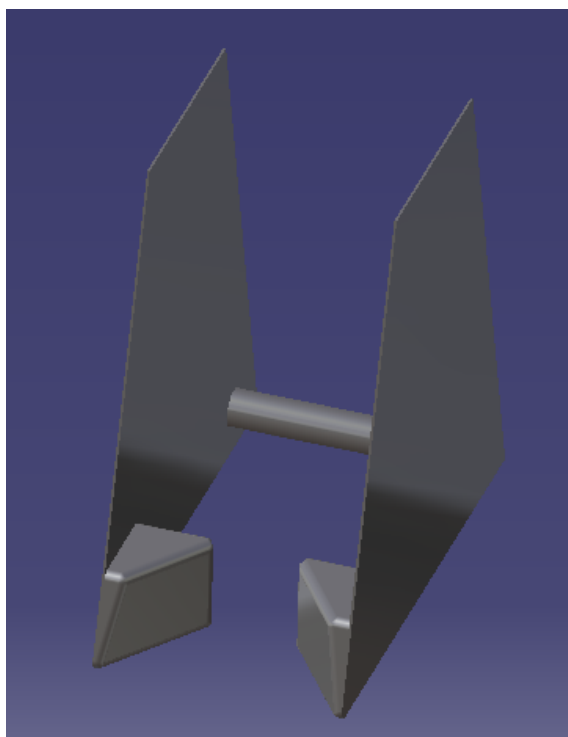
På nuvarande arbetssätt träs remsorna på baksidan eftersom att det är mest lätt åtkomligt. Koncept H går ut på att ändra arbetssätt och träs remsorna på framsidan, detta innefattar att ta bort en skena till. Fördelen med att träs framifrån är att den främre tråden som håller remsan på plats eventuellt skulle elimineras eftersom att det är på den bakre tråden spänningarna sker. I figur 5.8 visas nuvarande arbetssätt till vänster och koncept-idé till höger.



*Figur 5.8: Koncept H - Trä framifrån*

### 5.3.9 Koncept I - Ersätt tråd

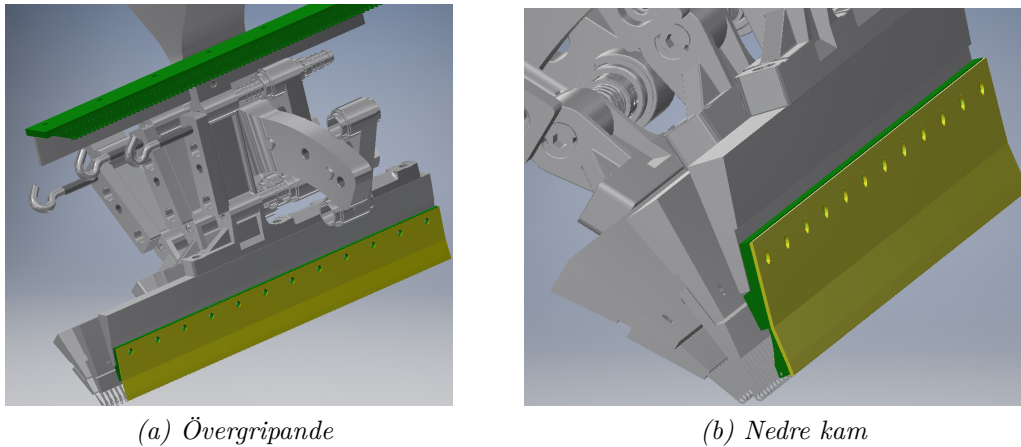
Koncept "Ersätt tråd" handlar om att använda en ny lösning för iträdningens nedre del och ta bort den bakre tråden för att ersätta denna. Den ersättande delen ska få remsan att gå i genom att bara trycka den på plats. Den ersättande lösningen ska ha en liten öppning så att remsan kommer in men inte ut. Se figur 5.9.



*Figur 5.9: Koncept I - Ersätt tråd*

### 5.3.10 Koncept J - Ta bort tråd

Koncept "Ta bort tråd" syftar på att eliminera den nedre tråden helt och hållet. För att ersätta denna med en typ av skyddsplåt som håller remsorna på plats. Denna plåt ska kunna dras ner eller monteras på efter remsorna är på plats i rätt mönster. För att detta ska gå behöver remsorna en del förarbete, åtspanning av remsor i rätt mönster. Se figur 5.10.



Figur 5.10: Koncept J - Ta bort tråd

## 5.4 Konceptval

### 5.4.1 Kesselringmatrix 1

Resultatet från kesselringmatrix 1 visas i tabell 5.1 och 5.2 och fullständig data visas i bilaga 4. Koncept A och C visades prestera bäst. Vid diskussion och utvärdering av resultatet med deltagarna föreslogs att fler koncept skulle genereras med en annorlunda angreppsvinkel till problemet. Under tidigare konceptgenerering genererades koncept med avsikt att inte ändra på verktyget märkvärdigt. Istället föreslogs vid detta tillfälle att generera ytterliggare koncept med avsikt att omarbete verktyget till viss del. Diskussionen medförde även mer information kring avgränsningar runt verktyget och lamellens samt trådarnas olika funktioner. Exempelvis utsattes inte den främre tråden för några större påfrestningar när virkmaskinen väl kommit igång och trådens huvudsakliga uppgift är att hålla remsan på plats vid iträdningen. Information liknande denna medförde att den kommande konceptgenereringprocessen kunde utföras med ytterliggare erhållen kunskap.

Tabell 5.1: Kesselringmatrix 1 oviktad

Resultat	A	B	C	D	E	F	Viktning
Genomförbarhet	4,8	2,6	3,8	2,6	1,9	2,5	3,8
Billig att tillverka	4,8	2,8	5,0	3,1	2,0	2,5	2,0
Enkel att tillverka	4,5	1,8	4,9	2,6	2,0	2,8	2,5
Robust konstruktion	2,8	2,6	3,9	2,8	2,4	3,0	3,8
Enkel att använda	3,8	2,8	4,3	3,1	2,1	3,1	3,9
Trähastighet	2,5	2,8	3,3	2,8	3,5	4,0	4,3
Ergonomisk påfrestning	2,8	3,8	3,4	3,1	3,1	3,4	4,9
Enkel att underhålla	3,8	2,4	3,5	3,3	1,1	2,8	3,4



Tabell 5.2: Kesselringmatrix 1 viktad

Resultat relativt viktning	A	B	C	D	E	F	
Genomförbarhet		17,8	9,8	14,1	9,8	7,0	9,4
Billig att tillverka		9,5	5,5	10,0	6,3	4,0	5,0
Enkel att tillverka		11,3	11,3	12,2	6,6	5,0	6,9
Robust konstruktion		10,3	10,3	14,5	10,3	8,9	11,3
Enkel att använda		14,5	14,5	16,5	12,1	8,2	12,1
Trähastighet		10,6	11,7	13,8	11,7	14,9	17,0
Ergonomisk påfrestning		13,4	18,3	16,5	15,2	15,2	16,5
Enkel att underhålla		12,7	8,0	11,8	11,0	3,8	9,3
<b>Summa</b>		<b>100,1</b>	<b>89,4</b>	<b>109,3</b>	<b>83,0</b>	<b>67,1</b>	<b>87,3</b>

## 5.4.2 Kesselringmatrix 2

Efter att nya koncept genererats gjordes processen om med en ny kesselringmatrix. Denna matrix innefattade alla de nya koncepten. Från den första processen behölls koncept A och C då dessa fick bäst resultat. Koncept D och F behölls även då de ansågs ha potential. Kategorierna "Genomförbarhet" "Billig att tillverka" och "Enkel att tillverka" ansågs flyta ihop och göra matrisen onödigt stor. Det valdes därför att enbart behålla kategorin "Genomförbarhet". Under första presentationen uppkom det önskemål om att ha en kategori gällande automation vilket lades till inför den nya processen med kesselringmatrix 2. För fullständigt resultat se bilaga 5.

Resultatet syns i tabell 5.3 och tabell 5.4. Koncept D, H och J presterade sämst och eliminerades i detta steget. Det är även därför dessa är rödmarkerade i tabell 5.4.

Koncept C, F, G och I presterade samtliga mycket bra och bedömdes självklara att behålla till författarnas egna processeliminering. Koncept H presterade klart sämst och beslutet togs att eliminera konceptet redan i detta steget. Koncept J hade författarna själva ingen tydlig bild av hur det skulle implementeras i verkligheten. Förhoppningen var inför presentationen att det under utvärderingen eller diskussionen skulle lyftas idéer eller visas ett intresse om konceptet skulle behållas. Eftersom intresset var svagt togs beslutet att eliminera konceptet redan i denna process. Koncept D bedömdes återigen ha potential under diskussionen men det bedömdes också kräva mycket nedlagd tid då maskinens det i utvärderingen inte visade sig något större intresse för konceptet

Tabell 5.3: Kesselringmatrix 2 oviktad

Resultat	A	C	D	F	G	H	I	J	Viktning	
Genomförbarhet		3,4	4,1	2,6	2,9	3,7	2,6	3,3	3,6	3,9
Robust konstruktion		2,9	3,3	2,6	3,3	2,7	2,6	3,3	3,3	3,1
Enkel att använda		3,6	3,6	2,4	2,9	4,3	2,3	4,0	2,6	3,9
Trärnings-hastighet		3,3	3,7	3,3	3,7	3,4	2,3	4,1	3,4	4,4
Automation		1,6	1,7	3,3	4,4	2,1	1,3	2,1	1,7	3,9
Ergonomiskt arbetssätt		3,4	3,9	3,6	4,4	3,9	2,0	3,9	3,4	4,6
Enkel att underhålla		4,1	4,0	3,0	2,7	3,6	2,9	3,9	3,4	3,4

Tabell 5.4: Kesselringmatris 2 viktad

Resultat relativt viktningen	A	C	D	F	G	H	I	J
Genomförbarhet	13,2	16,0	9,9	11,0	14,3	9,9	12,7	13,8
Robust konstruktion	9,0	10,3	8,1	10,3	8,5	8,1	10,3	10,3
Enkel att använda	13,8	13,8	9,4	11,0	16,5	8,8	15,4	9,9
Trädnings-hastighet	14,6	16,4	14,6	16,4	15,2	10,1	18,3	15,2
Automation	6,1	6,6	12,7	17,1	8,3	5,0	8,3	6,6
Ergonomiskt arbetssätt	15,7	17,6	16,3	20,2	17,6	9,1	17,6	15,7
Enkel att underhålla	14,2	13,7	10,3	9,3	12,2	9,8	13,2	11,8
<b>Summa</b>	<b>86,5</b>	<b>94,5</b>	<b>81,2</b>	<b>95,4</b>	<b>92,7</b>	<b>60,8</b>	<b>95,9</b>	<b>83,2</b>

### 5.4.3 Eliminering-matris

De återstående koncepten ställdes upp i en elimineringsmatris efter Pahl och Beitz (Johannesson 2013). För att stödja rubriken "Uppfyller alla krav" konstruerades även en kravspecifikation som presenteras i bilaga 3. I tabell 5.5 visas elimineringsmatrisen. De fem kvarstående koncepten fick lika mycket poäng. De två koncept som inte beslutats gå vidare är koncept A och C, detta är för att koncept A inte ansågs förättra ergonomin märkbart. Koncept C har tidigare använts på företaget med en del bekymmer och därför beslutades att eliminera dessa koncept.

Tabell 5.5: Elimineringmatris

Koncept	Elimineringsmatris							Elimineringskriterier:	
	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Inom kostnadsramarna	Säker och ergonomisk	Passar företaget	Tillräcklig info	(+) Ja	(-) Nej
								(?) Mer info krävs	(!) Kontroll kravspec.
A	+	?	+	+	-	+	+	<b>Beslut:</b> (+) Fullfölj koncept (-) Eliminera lösning (?) Sök mer info (!) Kontroll kravspec.	
C	+	+	+	+	+	?	-	Kommentarer	Beslut
F	+	+	?	+	+	+	-	Ej ergonomisk lämplig	-
G	+	+	?	+	+	+	-	Tidigare använt på företaget	-
I	+	+	?	+	+	+	-	Vidareutveckling möjlig	+
								Vidareutveckling möjlig	+

### 5.4.4 Pugh's matris

De tre kvarvarande koncepten efter samtliga elimineringssteg sattes nu emot varandra i en Pugh's matris. Koncept I valdes som referens-lösning då detta koncept presterat bäst i kesselringmatrisen och var det koncept som flest trodde mest på vid diskussion på Ludvig Svensson. Pugh's matris konstruerades med stor hjälp av kravspecifikationen och med viktning. Kraven i kravspecifikationen viktades till det högsta värdet: fem.

Eftersom alla tre koncepten bara existerade på ett koncept-stadie fylldes matrisen i med en hel del spekulation och många neutrala värden; 0:or.

Koncept I presterade återigen bäst i Pugh's matris då samtliga återstående koncept fick negativa resultatvärden där koncept I var referenslösning. Med detta resultat ihop med resultatet från den andra kesselringmatrisen gjordes konceptvalet där koncept I valdes att gå vidare med.

Tabell 5.6: Pugh's matris

Kriterier	Referens Koncept I	Koncept G	Koncept F	Viktning
Låg tillverkningskostnad		+	-	2
Få rörliga komponenter		-	-	2
Möjlighet till att testa koncept mha prototyp		0	-	4
Förbättrad tränings-hastighet		-	0	5
Möjlighet till alla sorters kvalitetsbyten		0	0	3
Möjlighet till automation		0	+	2
Slitstark		0	0	3
Enkel att underhålla		0	0	3
Lätt att använda		-	-	2
Minskad ergonomisk påfrestning		0	+	5
Låg risk för användarskador		0	0	5
Summa negativt		3	4	
Summa positivt		1	2	
Summa lika med		7	5	
Summa totalt		-2	-2	
Summa totalt (inkl. viktning)		-7	-3	

## 5.5 Valt koncept

### 5.5.1 Varianter

För koncept I skapades flera olika varianter. Då konceptet var relativt simpelt gjordes varianter med avseende på geometriska förhållanden. Ritningen i bilaga 6 visar de 4 varianter som bedömdes ha störst potential. Ritningen innefattar bara de mått som är kritiska och de mått som illustrerar skillnader varianterna emellan.

#### 5.5.1.1 Variant 0

Variant 0 representerar hur det tänktes att koncept I skulle se ut under tidigare processer. Därför är detta mer än grundläggande variant och gavs därför siffran 0. Denna variant syns längst till vänster i ritningen som presenteras i bilaga 6. Måttet mellan tråden och triangelns baksida på ">2" mm är ett kritiskt mått på så sätt att remsan måste ha utrymme att på insidan vika sig dubbelt.

#### 5.5.1.2 Variant 1

Som första variation valdes att ändra utrymmet mellan trianglarna. Som ritningen i bilaga 6 visar ändrades avståndet från 0,9 till 0,5 mm.

### 5.5.1.3 Variant 2

Vid den andra variationen ändrades trianglarnas förhållanden till varandra så att den ena blev större än den andra. Detta syns i bilaga 6. Med det nya geometriska förhållandet hamnar öppningen mer till sidan sett framifrån. Det spekulerades att detta kunde öka chansen att remsan stannade kvar vid drift.

### 5.5.1.4 Variant 3

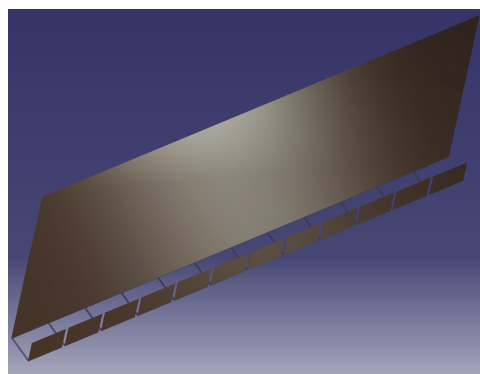
Som tredje variation ändrades öppningens storlek från tidigare variant. I bilaga 6 visas hur öppningen går från att vara 0,8 till att bli 0,6 mm.

### 5.5.1.5 Bockad plåt

Från kesselringmatrisen ur den andra presentationen kontaktades deltagare som poängsatt det vinnande konceptet högt eller visat intresse under diskussionen för idéer gällande konceptet. Ur denna process framställdes en ny variant på koncept I som fick namnet "bockad plåt". En plåt skulle skäras till vad som visas i figur 5.11 (a) och sedan skulle denna plåt bockas 90 grader vid två linjer utmed plåten för att skapa vad som visas i figur 5.11 (b). Då tillverkningen är mycket enkel skulle detta kunna testas och modifieras på plats hos Ludvig Svensson. Det största bekymret med den bockade plåten är att remsans geometri tvingar den bockade plåtens nedre balkar att ha tjockleken 0.1 mm. Detta försvårar tillverkningen då det finns risk för att utskärningarna flyter ihop vid till exempel laserskärning. Balkarnas tjocklek gör även att hållfastheten i konstruktionen kan ifrågasättas. Av dessa två skäl valdes det att inte gå vidare med denna variant av koncept I.



(a) Skuren plåt



(b) Skuren och bockad plåt

Figur 5.11: Bockad plåt

## 5.6 Prototyp

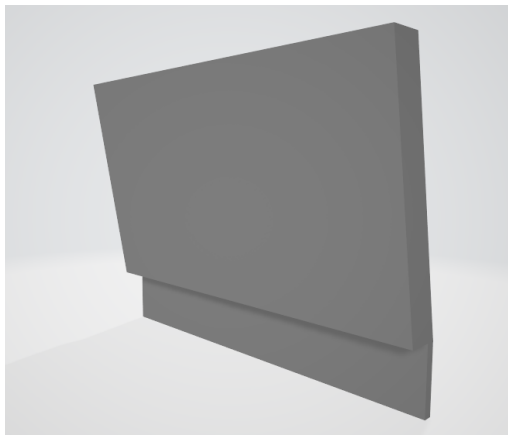
Koncept I kan konstrueras på många olika sätt med många olika geometriska förhållanden. För att skapa en uppfattning för vad som funkar bra och vad som inte funkar föreslogs konstruera en prototyp av kammen som ingår i verktyget. I och med detta skulle olika varianter av koncept I kunna testas i maskin för att utförligt kunna utvärdera huruvida konceptet är realiserbart och värt för företaget att gå vidare med.

### 5.6.1 3D-print

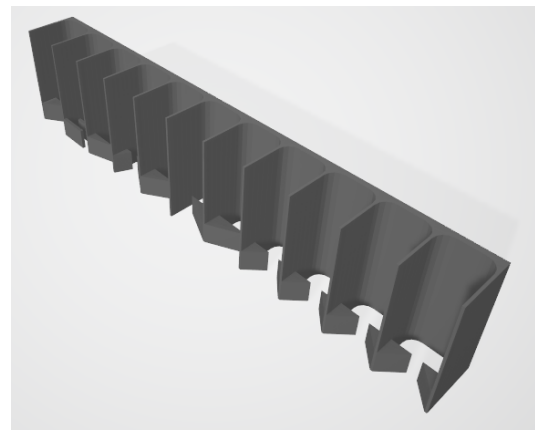
#### 5.6.1.1 Version 1

De modifieringar som önskades göra med kammen bedömdes vara för små till storleken för att utföras med hjälp av metallverkstaden på Ludvig Svensson. Istället valdes att använda Chalmers möjligheter till 3D-printing. Detta innebär att kammen konstrueras i plast istället för metall vilket kan leda till försämrade hållfasthet (Dizon.C, Espera Jr.H, Chen.Q, Advincula.C 2018). Då prototypen bara skulle testköras under mycket begränsad tid bedömdes en 3D-printad modell möjlig trots försämrade hållfasthet.

Varje verktyg består av flera kammar där en kam är uppbyggd med 12 lameller vilket ger 11 spår för remsor. Denna del syns i figur 5.12 (b). Den nya kammen delades upp i två delar, en solid överdel och en modifierad kam-del undertill. Detta gjordes för att enkelt följa de begränsningar som 3D-printing innebär. Dessa delar visas i figur 5.12. Hur de monteras gentemot varandra visas i figur 5.13. Den modifierade kam-delen modellerades med tät baksida för att skapa extra hållfasthet. Eftersom remsan bara träs från ena hållet påverka inte denna modifiering någon av kammens funktioner. Som figur 5.13 visar testades många olika geometriska förhållanden i kammens alla spår. Exempelvis testades olika storlekar på trianglar med olika storlek på mellanrum för iträdning av remsor. Med så många spår att utnyttja valdes att ha duplikationer av de förhållanden som gissades vara optimala. Detta med syfte att kunna göra mer utförliga tester utan oro för att ha sönder den enda uppsättningen av ett visst geometriskt förhållande.

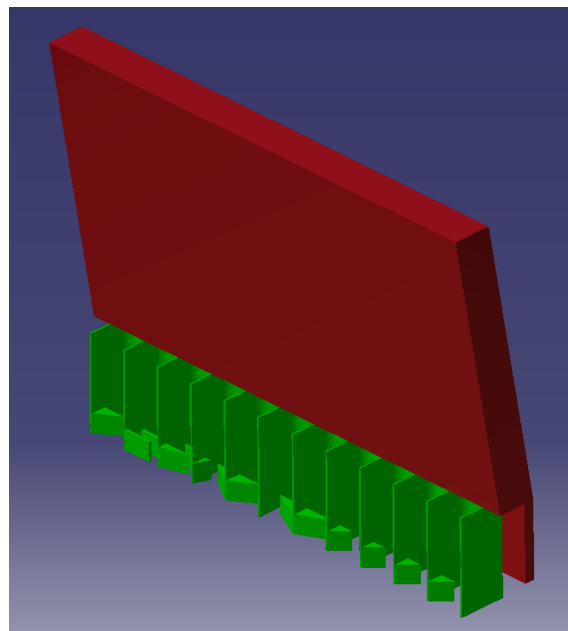


(a) Solid överdel



(b) Modifierad kamm

Figur 5.12: 3D-vy över CAD-modell v.1



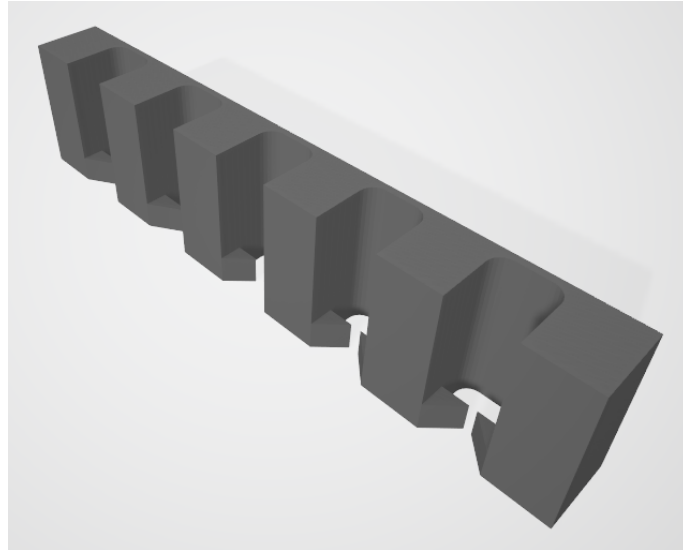
Figur 5.13: Visualisering av montering

Vid diskussion med vår kontaktperson, Göran Stigler, för 3D-printing på Chalmers ansågs vägg tjockleken på 0,2 mm mellan remsornas spår vara för tunn för att ge den hållfasthet som önskades. På grund av begränsande faktorer gällande remsornas täthet i maskinen gick det ej att göra väggarna i kammen tjockare.

#### 5.6.1.2 Version 2

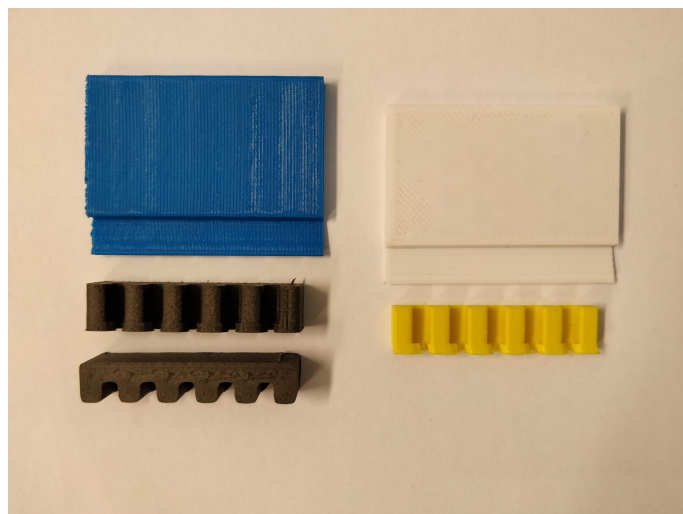
Vid förstudien stöttes det på vad som kallas öppna klimatvävar där det inte ligger remsor i varje spår i virkmaskinen och slutprodukten. Detta skapade idén att modifiera kammen så att den endast kunde appliceras till den typen av virkmaskin. I den nya modellen som visas i figur 5.14 har vart annat spår har fyllts igen med material

i syfte att öka vägg tjockleken markant. Även om funktionen av kammen begränsats påverkar inte dessa begränsningar syftet med prototypen. Med ett mindre antal spår att utnyttja eliminerades de geometriska förhållanden som gissades vara minst optimala och alla duplikationer togs bort.



*Figur 5.14: 3D-vy över CAD-modell v.2*

Resultatet av den första 3D-printen syns i figur 5.15. Den solida överdelen är i figuren blå och vit. För att öka chansen att få en lyckad prototyp testades två olika metoder att skriva ut där soliden placerades på två olika sätt i 3D-printen. Metoden som användes i utskriften heter Fused deposition modelling och materialet som användes heter PLA där ingredienserna brukar variera lite beroende på tillverkare och affärshemligheter. Den blåa soliden blev bättre än den vita med avseende på ytjämnhet och skrevs ut med kortsidan nedåt. Även stöd adderades för att tillåta att soliden kunde skrivas ut på detta sätt. Dessa stöd togs enkelt bort i efterhand med handkraft.



*Figur 5.15: Resultat 3D-utskrift*

För att skriva ut kammen testades samma metod som med soliden och resultatet blev det gula objektet i figur 5.15. Baksidan bedömdes för klen och trianglarna blev missformade. På baksidan hade det varit enkelt att lägga på lite extra tjocklek men för trianglarna hittades ingen direkt lösning. Geometrin i modellen tillät inte att denna placerades på olika sätt i 3D-printen. Istället testades ett annat material för utskriften som bestod av nylon med kolfiberhack. Resultatet av detta är de svarta objekten i figur 5.15. Denna utskrift blev inte heller bra. I figur 5.16 ser man kammen ovanifrån som 3D-utskrift och under som CAD-modell. Trianglarna blev återigen missformade och de måttsatta avstånden mellan trianglarna blev i och med missformningen för stora. Dessutom blev väggarna för tjocka vilket medförde att det utrymmet mellan väggarna krympte och det önskade utrymmet på drygt 4 mm uppmättes istället till 2 mm. Detta var ett stort bekymmer då detta utrymmet agerar som spår för remsan där remsans tjocklek är 4 mm. Orsaken till denna misslyckade utskrift spekulerades vara att materialet lättare flyter ut och att det därför behövs ta hänsyn till detta vid små utskrifter.



*Figur 5.16: Vy ovanifrån på 3D-utskrift / CAD-modell V.2*

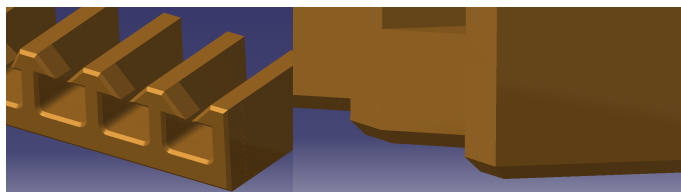
### 5.6.1.3 Version 3

Vid diskussion med Ludvig Svensson angående resultatet av 3D-utskriften valdes att gå vidare med prototyp bygget på två olika sätt. Metallverkstaden skulle undersöka möjligheten att trots begränsningar skapa en prototyp av något slag. Det önskades också göras ytterligare ett försök med 3D-utskrift där CAD-modellen modifieras ytterligare för ett bättre resultat. Idén att testa en 3D-utskriven prototyp i maskin skrotades och istället skulle prototypen testas för hand med remsa och kraft-verktyg. Denna avgränsning medförde att modellen kunde skalas upp och dimensioner kunde ändras.

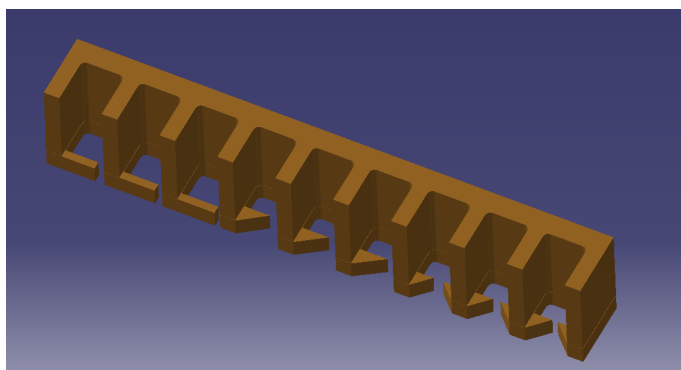
Den nya modellen gjordes mestadels dubbelt så stor med avseendet att testa remsor med 8 mm bredd istället. Remsans spår och trianglarna gjordes dubbelt så stora från tidigare prototyp. Eftersom den nya prototypen inte skulle testas i maskin kunde väggjockleken mellan spåren väljas fritt och det valdes att ha minska denna till 3 mm. Detta gjordes för att minska andelen material som kan flyta ut i 3D-utskriften. En annan åtgärd som togs för att minska materialets utflytning var att



vinkla modellens undre kanter. Det visas i figur 5.17 där den nya CAD-modellen syns från olika håll. Tanken med denna modifiering är att materialet i första hand fyller ut de vinklade kanterna och på så sätt inte påverkar de kritiska måtten i modellen. Då modellen inte skulle testas i maskin togs även möjligheten att lägga till fler spår för att testa ytterliggare varianter. CAD-modellen syns som 3D-vy i figur 5.18 och en simplifierad ritning för att enkelt redovisa de geometriska förhållanden som testas finns i bilaga 7. Utöver väggjockleken syns även de olika måtten på mellanrum för remsan iträdning och spårens bredd och djup som är anpassade för remsor på 8 mm. Det valdes att testa en ny variant på geometriskt samband som påträffas i de tre spåren längst till vänster i ritningen. Denna variant påminner om hur iträdningen skulle se ut vid varianten "Bockad plåt". Trots de problemen som analyserats kring tillverkningen av denna variant bedömdes det intressant huruvida iträdningen fungerar.

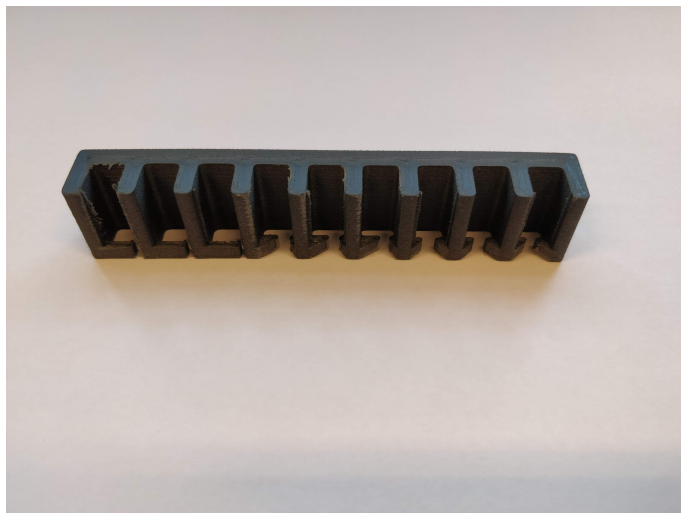


*Figur 5.17: Vy över vinklad underkant*



*Figur 5.18: 3D-vy över CAD-modell v.3*

Utskriften för den tredje versionen kan ses i figur 5.19. Denna 3D-utskrift förstörades för att skrivaren skulle kunna skriva ut de önskade måtten. Den blev inte riktigt som förväntat men det blev den bästa utskriften.



*Figur 5.19: 3D-utskrift av version 3*

I figur 5.20 ser man 3D-utskriften och CAD modellen ovanifrån. Återigen uppstod geometriska fel vid utskriften eftersom att materialet flyter ut när det stelnar vilket bidrog till att måtten inte stämmer överens med de tänkta måtten. Däremot noterades att vinkeln som lades till i underkant var borta. Gissningsvis har det flytande materialet fyllt igen detta först och modifieringen med att lägga till vinkel bedöms lyckad. Utrymmet mellan lamellerna skulle vara 8 mm men dessa blev istället ungefär 7,5 mm. Trianglarnas spetsar blev trubbiga vilket resulterade i att avstånden mellan trianglarna var något större än vad ritningen visar och vad som önskades testas. Men 3D-utskriften bedömdes vara tillräckligt bra för att kunna testas.

#### **5.6.1.4 Tester**

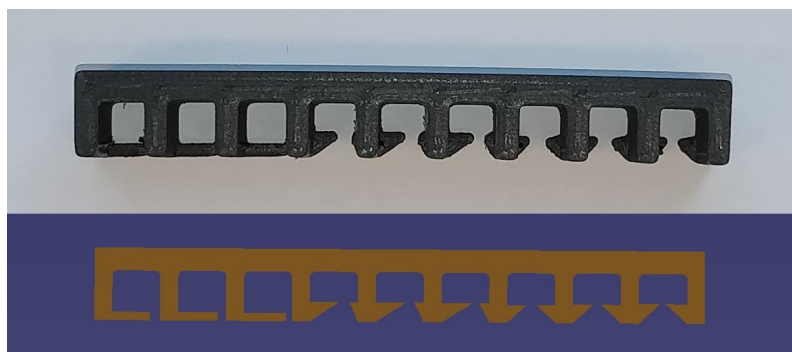
Då avståndet mellan väggarna var 7,5 mm användes remsor med ungefär samma bredd. Båda författarna testade att trä varje spår flera gånger för att få en uppfattning hur lätt remsan kunde trädas. Det testades också vilken kraft remsan kunde utsätta trianglarna för utan att ta sig ur spåret. Detta gjordes med hjälp av en dynamo och handkraft för att dra i remsan tills den tvingades ut genom spåret. Krafttester utfördes bara på de spåren med minsta öppning eftersom det enkelt gick att trä remsor i alla spår. Öppningens storlek begränsas nedåt utav möjligheten att enkelt kunna träda remsan och uppåt av att remsan inte ska ta sig ur spåret vid kraftpåslag. Med detta som bakgrund gjordes bedömningen att bara krafttesta spåren med minsta öppning. Resultatet visas i bilaga 8.

#### **5.6.1.5 Felkällor**

Vid uppskalning av modellen tillkommer många felkällor. Då remsans bredd nästan fördubblades med samma tjocklek som innan fick denna lite annorlunda egenskaper. Gissningsvis deformeras remsan lättare då den är förhållandevis tunnare. Vid trädningstesterna bedömdes det vara lättare att trä en större remsa i ett större utrymme då det inte blev lika pilligt.

Lastfallet i virkmaskinen pendlar med flera varv per sekund och kunde ej återskapas

med handkraft. När remsan utsätts för lastfallet i maskin förflyttar den sig dessutom vertikalt i relativt låg hastighet. Det istället statiska och gradvis ökande lastfallet som användes för en stationär remsa finns stora osäkerheter kring huruvida detta kan representera spårens förmåga att hålla kvar remsan vid drift i maskin.



*Figur 5.20: Vy ovanifrån på 3D-utskrift / CAD-modell V.3*

# 6

## Slutsats

Detta kapitel är uppdelat i två avsnitt, det första avsnittet besvarar frågorna som gjorts tidigare i rapporten. Den andra delen innefattar diskussion och rekommendationer för fortsatt arbete.

### 6.1 Frågeställningar

I avsnitt 1.4 sattes fem frågeställningar upp, nedan besvaras dessa frågor.

*Hur förs remsorna in i maskinen idag? Vad finns det för moment och vilka av dessa är mest tidskrävande? Vilka moment är ergonomiskt mest krävande?*

Rapporten syftar på remsomställningen när remsorna förs igenom kammarna, den egentliga omställningen innefattar mer än att bara trä remsor. Vilket innebär en del förarbete så som att byta bommar, klippa och klistra, inställningsarbete och nedragning av remsor till kammarna. Eftersom att det mest krävande arbetet är att peta igenom remsorna är det också detta momentet som analyserats. Där remsorna förs igenom den övre delen av kammen genom att tråden som går igenom lamellerna tas bort och remsorna kan läggas i rätt spår. Den nedre delen av kammen innebär att man petar igenom remsan med en "gaffel" igenom trådarna. Den nedre delen av kammen är både det mest tidskrävande och ergonomiskt påfrestande.

*Vilka bekymmer finns med dagens lösning?*

De största bekymmerna med dagens lösning är att det är oergonomiskt för operatörerna och är skadligt för deras hälsa. Det är även det mest tidskrävande momentet och även flaskhalsen i processen vilket bidrar till en tids- och ekonomiskt förlust.

*Vad finns det för lösningar för liknande problem inom industrin?*

Liknande lösningar försökte hittas utan större resultat.

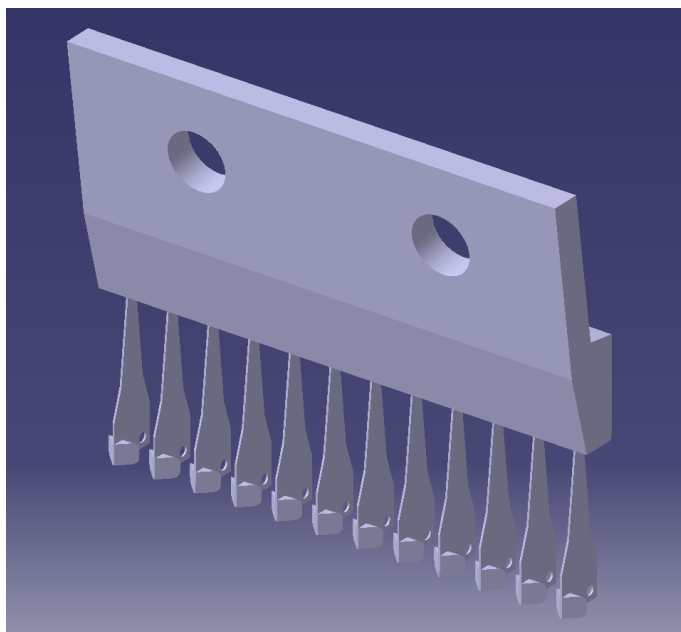
### 6.2 Diskussion och rekommendationer

Med dagens arbetssätt tar det cirka 13 sekunder att trä igenom varje remsa i lamellen. Genom tester (bilaga 8) och diskussion uppskattas det nya konceptet ta cirka 1/3 av tiden det tar att trä en remsa i dagsläget. Detta är dock en grov uppskattning

då den baserar sig på tester i en större skala. Men det tycks vara tydligt att trädningshastigheten ökar markant och det är vår gissning att en tid på 4-5 sekunder per remsa är möjlig. Detta skulle minska hela omställningen från 4-6 till 1-2 timmars arbete. Det skulle också bidra med många positiva aspekter till företaget, framförallt till montörernas hälsa som behöver spendera mindre tid med att trä remсор. Ludvig Svensson erhåller också ekonomiska fördelar i att kortare omställningstid innebär kortare driftstopp och möjlighet till utökad produktion.

Genom tester (bilaga 8) och diskussion på prototypen av version 3 gjordes tester på de tre olika geometriska utformningarna. Den som presterade bäst genom trädningshastighet och kraft tester var den geometriska utformningen med två lika stora trianglar. På grund av felkällor bedömdes inte testerna ge ett bra svar på om remsan kan ta sig ur vid drift. Även om kraften som testades var relativt stor var lastfallet tillräckligt annorlunda för att någon direkt slutsats ska kunna dras. Men testerna bedöms ändå tyda på att konceptet har möjligheter att klara sig i maskinen.

För att utforma koncept I till en slutmodell skapades en modell i CAD. Se figur 6.1. Denna modell är tänkt att företaget ska jobba vidare på för att applicera denna i verkligheten. Ritning på denna modell visas i bilaga 9. Modellen är gjord med lameller utefter det geometriska samband med två lika stora trianglar och minsta öppning som testades. I och med detta anses modellens spår vara lätta att träda remсор i. Då den sista 3D-utskriften inte blev perfekt testades bara vad som ansågs vara stora öppningar och modellen har därför en stor öppning på 1 mm. Om det vid vidare tester skulle visa sig att remсор kan ta sig ur vid drift tros det finnas goda möjligheter att minska öppningen. Detta rekommenderas att göras stegvis med avseende att inte minska öppningens storlek till den grad att trädningen allvarligt försvåras.



*Figur 6.1: Slutmodell av koncept i CAD*

# Litteraturförteckning

Dizon.C,EsperaJr.H,Chen.Q & Advincula.C.(2018)*Mechanical characterization of 3D-printed,Additive Manufacturing,volym(20)*.Sida 44-67

Johannesson,H.,Persson,J.,Pettersson,D.(2013).*Produktutveckling*.Liber AB

Shingo,S.(1985). *A Revolution In Manufacturing*.Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut : Productivity Press

# A

## **Bilaga 1 - Verksamhetsstudie 2015-09-12**

Kan ej publiceras offentligt

# B

## **Bilaga 2 - Verksamhetsstudie 2016-02-24**

Kan ej publiceras offentligt



# C

## Bilaga 3 - Kravspecifikation

Tabell C.1: Kravspecifikation

<b>Kravspecifikation</b>		
<b>Kriterium nummer</b>	<b>Kriterium</b>	<b>Krav= k Önskemål= Ö</b>
1	Låg tillverkningskostnad	Ö,2
2	Få rörliga komponenter	Ö,2
3	Möjlighet till att testa koncept mha prototyp	Ö,4
4	Förbättrad trädnings-hastighet	K
5	Möjlighet till alla sorters kvalitetsbyten	Ö,3
6	Möjlighet till automation	Ö,2
7	Slitstark	Ö,3
8	Enkel att underhålla	Ö,3
9	Lätt att använda	Ö,2
10	Minskad ergonomisk påfrestning	K
11	Låg risk för användarskador	K

# D

## Bilaga 4 - Betygsättnings-matris 1

Tabell D.1: Betygsättnings-matris 1 datainsamling, 27-03-2019

Datainsamling 1 - Erik Myllynen								
	A	B	C	D	E	F	Viktning	
Genomförbarhet		5,0	3,0	3,0	4,0	2,0	2,0	4,0
Billig att tillverka		5,0	3,0	5,0	3,0	2,0	2,0	2,0
Enkel att tillverka		5,0	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Robust konstruktion		3,0	3,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Enkel att använda		5,0	2,0	5,0	3,0	3,0	3,0	4,0
Trähastighet		2,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0
Ergonomisk påfrestning		3,0	5,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0
Enkel att underhålla		4,0	2,0	5,0	2,0	1,0	1,0	3,0
		32,0	25,0	33,0	24,0	21,0	21,0	
Datainsamling 2 - Magnus Hallden								
	A	B	C	D	E	F	Viktning	
Genomförbarhet		5,0	3,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0
Billig att tillverka		5,0	3,0	5,0	2,0	1,0	3,0	3,0
Enkel att tillverka		5,0	2,0	5,0	1,0	1,0	3,0	3,0
Robust konstruktion		3,0	4,0	5,0	3,0	2,0	4,0	4,0
Enkel att använda		4,0	4,0	5,0	5,0	1,0	4,0	4,0
Trähastighet		3,0	2,0	4,0	4,0	2,0	4,0	5,0
Ergonomisk påfrestning		4,0	4,0	5,0	3,0	3,0	4,0	5,0
Enkel att underhålla		4,0	3,0	3,0	3,0	1,0	4,0	3,0
		33,0	25,0	35,0	22,0	12,0	28,0	
Datainsamling 3 - Magnus Hallin								
	A	B	C	D	E	F	Viktning	
Genomförbarhet		5,0	2,0	5,0	3,0	3,0	3,0	4,0
Billig att tillverka		5,0	2,0	5,0	4,0	3,0	3,0	1,0
Enkel att tillverka		4,0	1,0	5,0	4,0	3,0	3,0	2,0
Robust konstruktion		2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0
Enkel att använda		2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	4,0
Trähastighet		2,0	2,0	3,0	1,0	4,0	4,0	2,0
Ergonomisk påfrestning		2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,5
Enkel att underhålla		3,0	2,0	2,0	4,0	1,0	3,0	4,0
		25,0	15,0	27,0	22,0	20,0	22,0	
Datainsamling 4 - Leo & William								
	A	B	C	D	E	F	Viktning	
Genomförbarhet		4,0	2,5	4,0	2,5	1,5	3,0	4,0
Billig att tillverka		4,0	3,0	5,0	3,5	2,0	2,0	2,0
Enkel att tillverka		4,0	2,0	4,5	3,5	2,0	3,0	3,0
Robust konstruktion		3,0	2,5	3,5	3,0	2,5	3,0	4,0
Enkel att använda		4,0	3,0	4,0	2,5	2,5	3,5	3,5
Trähastighet		3,0	2,0	4,0	3,0	4,0	4,0	5,0
Ergonomisk påfrestning		2,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	5,0
Enkel att underhålla		4,0	2,5	4,0	4,0	1,5	3,0	3,5
		28,0	20,5	32,5	25,5	19,5	25,0	

# E

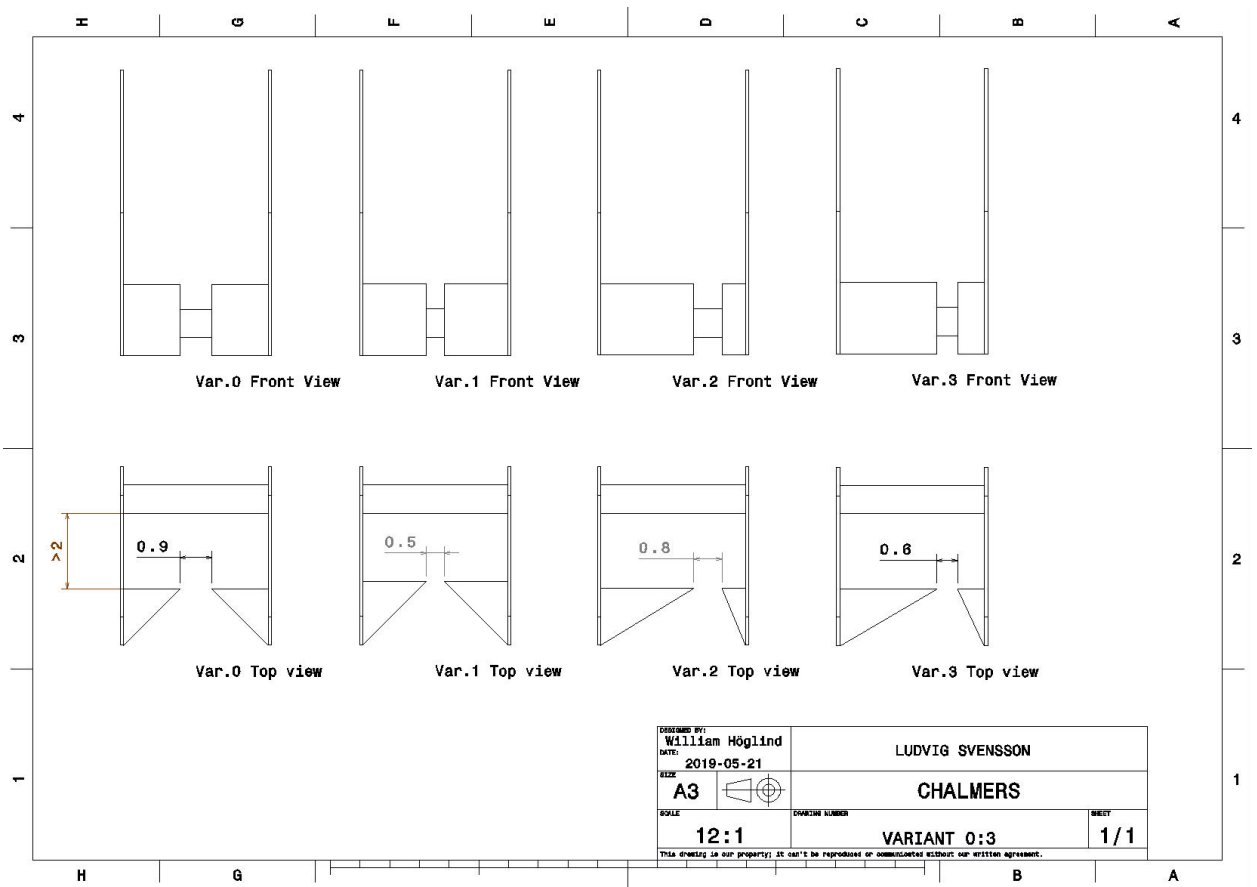
## Bilaga 5 - Betygsättnings-matris 2

Tabell E.1: Betygsättnings-matris 2 datainsamling, 10-04-2019

Datainsamling 1 - Fredrik Hugosson										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	3,0		5,0	4,0	2,0	4,0	1,0	4,0	4,0	4,0
Robust konstruktion	3,0		3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0
Enkel att använda	3,0		4,0	3,0	2,0	5,0	1,0	5,0	3,0	4,0
Trädnings-hastighet	3,0		4,0	4,0	2,0	4,0	1,0	5,0	4,0	5,0
Automation	1,0		1,0	3,0	4,0	3,0	1,0	4,0	2,0	4,0
Ergonomiskt arbetssätt	2,0		4,0	4,0	3,0	5,0	1,0	5,0	4,0	5,0
Enkel att underhålla	3,0		5,0	3,0	2,0	4,0	1,0	5,0	4,0	5,0
Datainsamling 2 - Adis B.										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	3,0		3,0	2,0	3,0	4,0	3,0	4,0	3,0	5,0
Robust konstruktion	3,0		3,0	1,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	3,0
Enkel att använda	5,0		2,0	2,0	3,0	4,0	3,0	4,0	2,0	4,0
Trädnings-hastighet	3,0		3,0	3,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0
Automation	2,0		2,0	3,0	5,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0
Ergonomiskt arbetssätt	5,0		5,0	5,0	5,0	4,0	3,0	4,0	3,0	4,0
Enkel att underhålla	5,0		4,0	3,0	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0	3,0
Datainsamling 3 - Marjan V.										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	4,0		2,0	2,0	3,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0
Robust konstruktion	3,0		3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	2,0
Enkel att använda	4,0		2,0	2,0	3,0	4,0	1,0	3,0	2,0	4,0
Trädnings-hastighet	4,0		4,0	2,0	3,0	3,0	1,0	4,0	3,0	4,0
Automation	2,0		2,0	5,0	5,0	3,0	1,0	1,0	3,0	3,0
Ergonomiskt arbetssätt	4,0		4,0	4,0	4,0	4,0	1,0	4,0	4,0	3,0
Enkel att underhålla	4,0		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0
Datainsamling 4 - Peter										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	3,0		5,0	2,0	2,0	4,0	1,0	3,0	4,0	3,0
Robust konstruktion	2,0		3,0	2,0	3,0	2,0	2,0	4,0	2,0	3,0
Enkel att använda	2,0		4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	5,0
Trädnings-hastighet	3,0		5,0	3,0	4,0	4,0	2,0	4,0	4,0	4,0
Automation	1,0		1,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
Ergonomiskt arbetssätt	2,0		4,0	2,0	4,0	3,0	2,0	3,0	3,0	5,0
Enkel att underhålla	5,0		3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	3,0	5,0
Datainsamling 5 - Magnus Halliden										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	3,0		5,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0
Robust konstruktion	3,0		4,0	3,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0
Enkel att använda	4,0		4,0	3,0	4,0	5,0	3,0	5,0	4,0	3,0
Trädnings-hastighet	3,0		4,0	4,0	5,0	4,0	2,0	5,0	4,0	5,0
Automation	1,0		2,0	3,0	4,0	3,0	1,0	3,0	1,0	5,0
Ergonomiskt arbetssätt	4,0		4,0	3,0	5,0	4,0	1,0	4,0	4,0	5,0
Enkel att underhålla	4,0		5,0	4,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	4,0
Datainsamling 6 - Mattias Modin										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	3,0		4,0	2,0	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,0
Robust konstruktion	3,0		4,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0
Enkel att använda	3,0		4,0	2,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0
Trädnings-hastighet	4,0		4,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Automation	3,0		3,0	3,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0
Ergonomiskt arbetssätt	4,0		4,0	2,0	5,0	4,0	3,0	3,0	3,0	5,0
Enkel att underhålla	4,0		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
Datainsamling 7 - Erik Myllynen										
	A	C	D	F	G	H	I	J		Viktning
Genomförbarhet	5,0		5,0	3,0	2,0	3,0	4,0	3,0	3,0	5,0
Robust konstruktion	3,0		3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0
Enkel att använda	4,0		5,0	3,0	3,0	4,0	2,0	4,0	2,0	4,0
Trädnings-hastighet	3,0		2,0	4,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0
Automation	1,0		1,0	4,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
Ergonomiskt arbetssätt	3,0		2,0	5,0	5,0	3,0	3,0	4,0	3,0	5,0
Enkel att underhålla	4,0		4,0	2,0	1,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0

# F

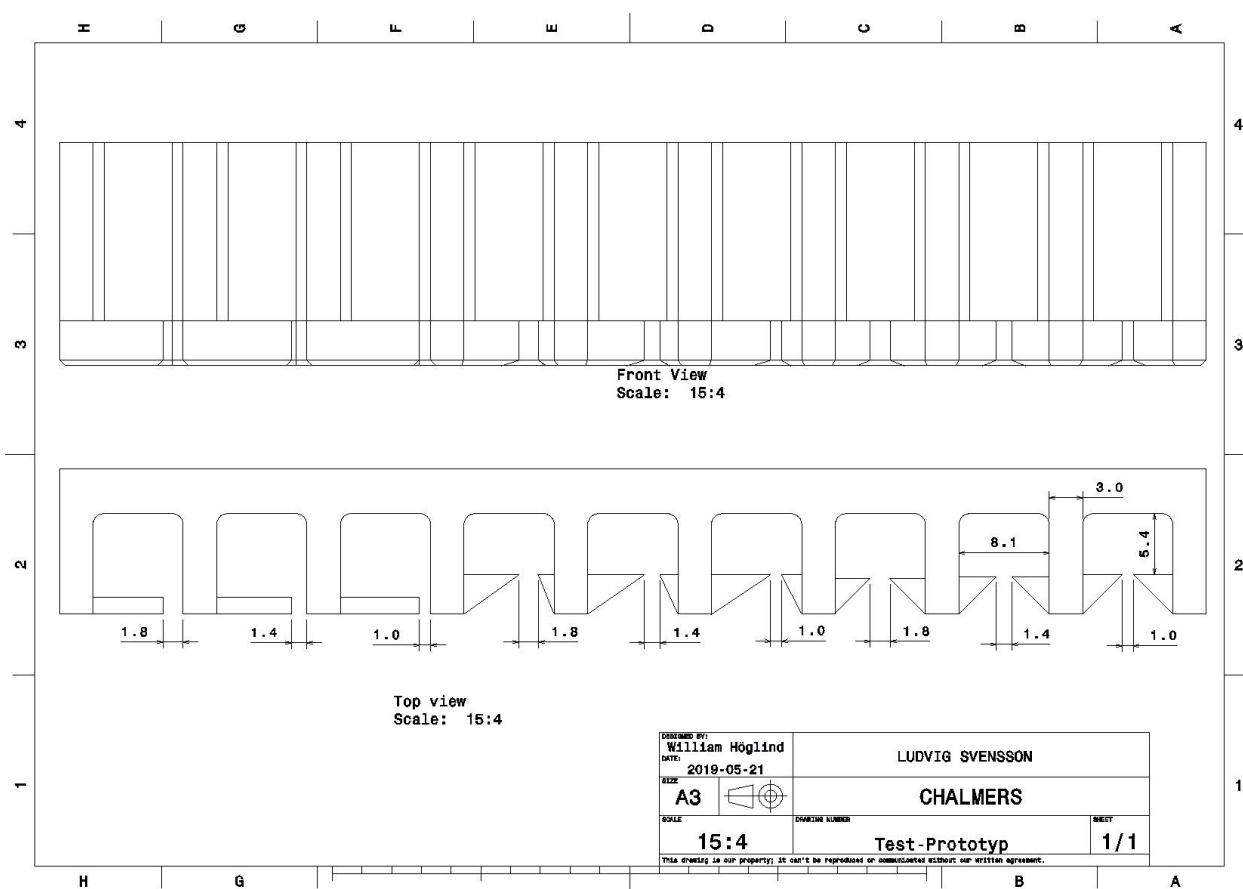
## Bilaga 6 - Ritning, Variant 0:3



Figur F.1: Ritning, Variant 0:3

# G

## Bilaga 7 - Ritning, CAD-modell V.3



Figur G.1: Ritning, CAD-modell V.3

# H

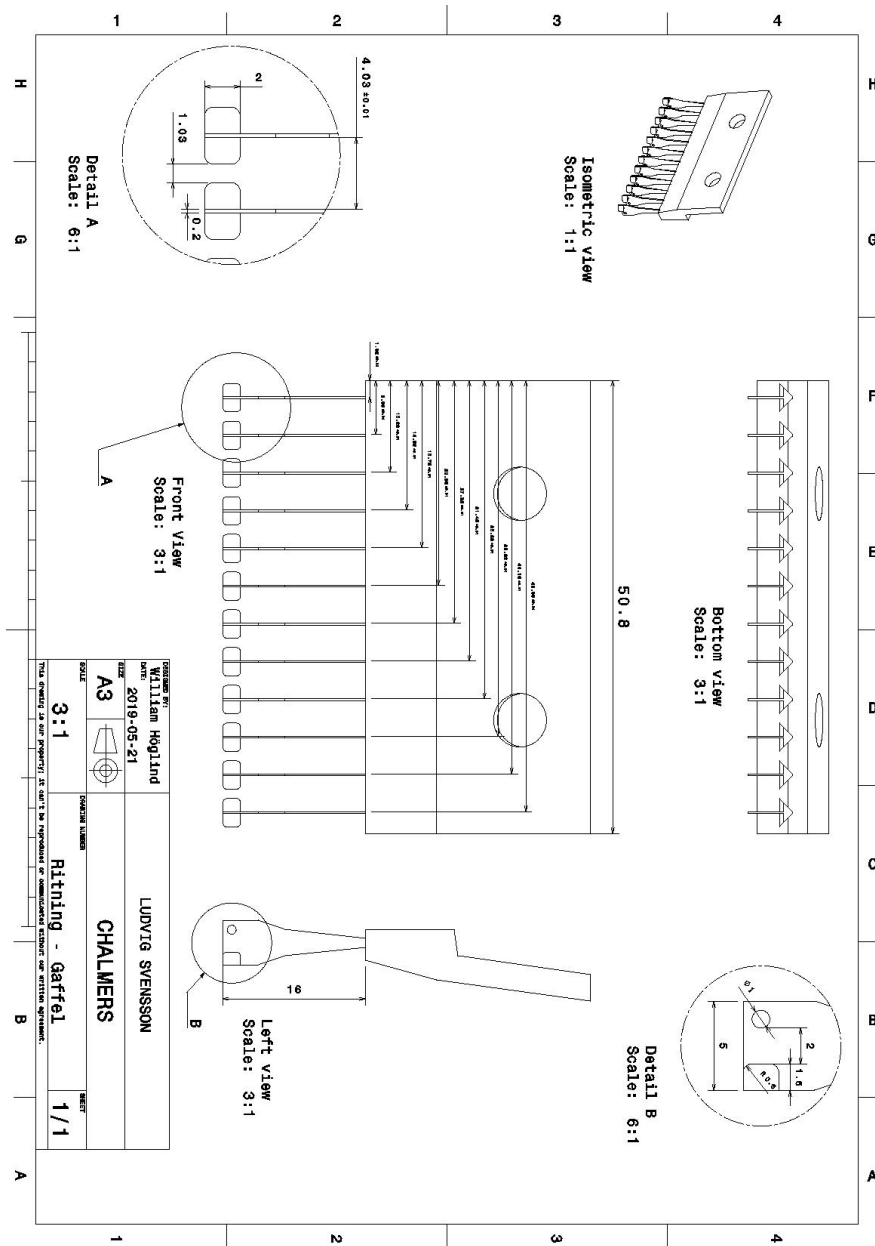
## Bilaga 8 - Test av 3D-utskrift V.3

Tabell H.1: Test av 3D-utskrift V.3

Test av 3D-print prototyp V.3										
Iträdning										Betyg 1-5 1 dåligt 5 mycket bra
Material: Svart plast remsa										
	Hål- start från höger	1	2	3	4	5	6	7	8	9
test person										
Leo		5	5	5	5	5	5	3	4	4
William		4	5	5	5	5	5	2	3	3
Iträdning										
Material: Folie										
	Hål- start från höger	1	2	3	4	5	6	7	8	9
test person										
Leo		4	4	5	4	4	5	3	4	4
William		3	3	3	4	4	4	3	3	4
Dynamometer test										
Material: svart plast remsa										x= Godkänd - = Icke godkänd
	Hål- start från höger	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100 g statisk last		x	x	x	x	x	x	x	x	x
100 g pendlande last		x	x	-	x	x	-	x	x	x
Material: vit plast remsa										
	Hål- start från höger	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Max kraft i [N]										
kraft pålagd i 90 °		11,5			8,7				14	
kraft pålagd i 45 °		14			12				15,7	
(vid 15,7 N brott i remsa)										

# I

## Bilaga 9 - Ritning, Slutmodell



Figur I.1: Ritning - Slutmodell

# J

## Bilaga 10 - Gantt-schema

Tabell J.1: Gantt-schema/planerings schema

