

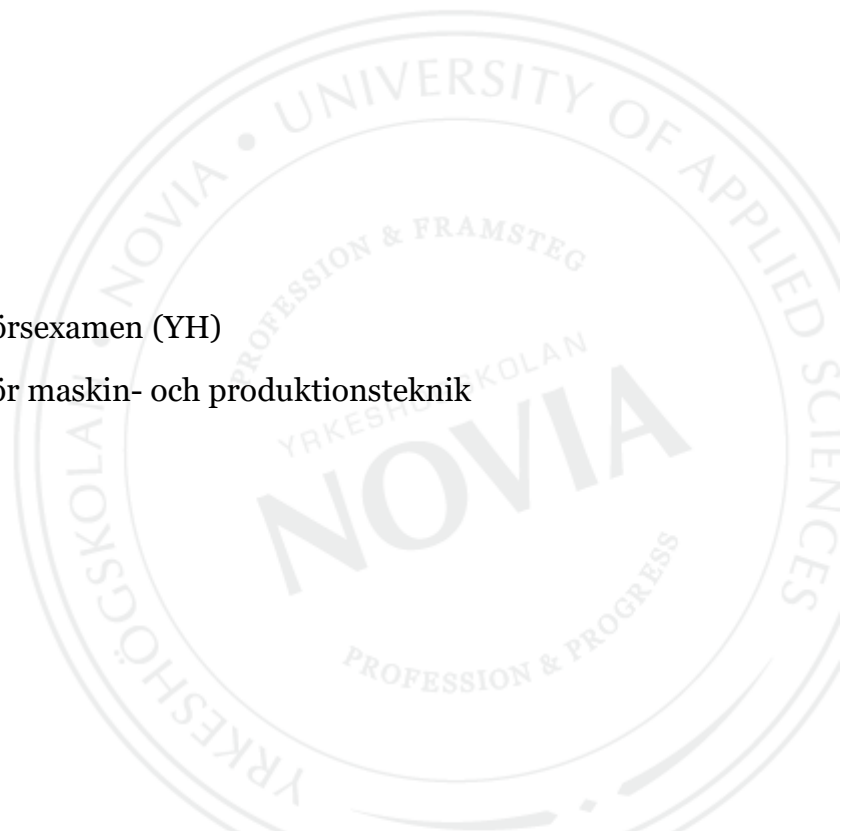
## **Konstruktion av kedjeskyddsfästen**

Tommy Öst

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2017



## EXAMENSARBETE

Författare: Tommy Öst  
Utbildningsprogram och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Maskinkonstruktion  
Handledare: Kaj Rintanen och Tomas Porthin

Titel: *Konstruktion av kedjeskyddsfästen*

---

Datum 4.4.2017 Sidantal 36

---

### Abstrakt

Detta examensarbete har utförts åt Herrmans Oy Ab. Herrmans finns i Sandsund och tillverkar cykelkomponenter.

Min första uppgift var att undersöka möjligheten att använda sig av snäppen i metall för montering av kedjeskydd i plast. Dessa snäppen skulle vara djuppressade i fästen som skulle verktygsfritt monteras och demonteras ihop med kedjeskydden.

Min andra uppgift var att konstruera dessa fästen så att de skulle passa ihop med elmotorer som används i elcyklar.

Examensarbetet utfördes genom att en funktionsprototyp utvecklades, där snäppfunktionen och materialvalet undersöktes. Sedan utvecklades fästen utgående från kundönskemål samt information som fanns att tillgå hos elmotortillverkarna.

Resultatet blev fyra utvecklade fästen för fyra olika elmotorer.

---

Språk: svenska Nyckelord: kedjeskydd, fäste, snäppe

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Tommy Öst  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu  
Ohjaajat: Kaj Rintanen ja Tomas Porthin

Nimike: *Ketjusuojakiinnikkeiden suunnittelu*

---

Päivämäärä 4.4.2017

Sivumäärä 36

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin Herrmans Oy Ab:lle. Herrmans sijaitsee Sandsundissa ja valmistaa polkupyörän komponentteja.

Ensimmäinen tehtäväni oli tutkia metallineppareiden käyttömahdollisuutta muoviketjusuojien asentamisessa. Neppareiden piti olla syväpressattuja kiinnikkeisiin niin että ne voitaisiin sekä asentaa ketjusuojiin että purkaa työkalutta.

Toinen tehtäväni oli suunnitella nämä kiinnikkeet, jotta ne sopivat sähköpyörissä käytäviin sähkömoottoreihin.

Opinnäytetyö suoritettiin niin että kehitettiin prototyyppi, jossa tutkittiin nepparien toimintaa sekä materiaalivalintaa. Sitten kehitettiin kiinnikkeet asiakkaiden toiveiden sekä sähkömoottorivalmistajien tietojen mukaan.

Tuloksena on neljä kehitettyä kiinnikettä neljälle eri sähkömoottorille.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: ketjusuoja, kiinnike, neppari

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Tommy Öst  
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vasa  
Specialization: Mechanical Construction Engineering  
Supervisors: Kaj Rintanen and Tomas Porthin

Title: *Design of Chainguard Fasteners*

---

Date April 4, 2017

Number of pages 36

---

### **Abstract**

This Bachelor's Thesis was made on behalf of Herrmans Oy Ab. Herrmans is a bicycle component manufacturer situated in Sandsund.

My first task was to investigate the possibility of using metal snaps for assembling of plastic chainguards. These snaps were to be deepdrawn in fasteners. The fasteners will be assembled and disassembled to the chainguard using a tool-free function.

The second task of my Bachelor's Thesis was to design these fasteners so they would fit the electric motors used in E-bikes.

The Bachelor's Thesis started by the development of a prototype. The prototype's snapping capabilities were tested and the choice of material examined. The fasteners were developed based on requests from customers as well as the information that was supplied by the electric motor manufacturers.

The result was four fasteners developed for four different electric motors.

---

Language: Swedish

Key words: chainguard, fastener, snap

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Företagsbeskrivning .....	1
1.3	Syfte .....	2
1.4	Avgränsningar .....	2
1.5	Disposition .....	2
2	Teori .....	3
2.1	CAD .....	3
2.2	Hållfasthetslära .....	4
2.3	FEA .....	7
2.3.1	Matriser .....	8
2.3.2	FEM-beräkningar .....	10
2.4	Materialval .....	17
2.5	Djuppressning.....	18
2.6	Snäppdesign .....	19
3	Metodik .....	21
3.1	Customer's voice.....	21
3.2	Krav.....	21
3.3	Data från elmotortillverkare .....	22
3.4	Befintliga fästen .....	23
3.5	Funktionsprototyp.....	23
3.6	Konstruktion av fästen .....	23
3.6.1	Bafang.....	23
3.6.2	Bosch .....	24
3.6.3	Shimano Steps.....	24
3.6.4	Yamaha .....	24
3.6.5	Cyber.....	24
3.7	Kedjeskydd.....	26
4	Resultat .....	27
4.1	Prototyp .....	27
4.2	Fästen.....	28
4.2.1	Bafang.....	28
4.2.2	Bosch .....	29
4.2.3	Shimano Steps.....	29
4.2.4	Yamaha .....	30
4.3	Snäppe .....	31
4.4	FEM .....	31

4.5	Tillverkning .....	33
5	Diskussion .....	34
6	Källförteckning.....	36

# 1 Inledning

Detta examensarbete handlar om produktutveckling och konstruktion. Med det här examensarbetet vill jag visa att jag har kunskap och behärskar färdigheterna för att utveckla en ny produkt.

Sommaren 2016 var jag anställd som praktikant vid Herrmans Oy Ab. Under sommaren frågade jag om ett lämpligt examensarbete. Jag fick i uppdrag att undersöka om det är möjligt att konstruera ett fäste i metall för ett cykelkedjeskydd i plast.

Ett kedjeskydd monteras på cyklar för att skydda cykelns kedja och användarens kläder. Kedjan är monterad vid cykelns bakhjul samt vid cykelns pedaler. Med hjälp av fästen fäster man kedjeskyddet till cykeln.

## 1.1 Bakgrund

Det har blivit efterfrågat fästen i metall till ett nytt kedjeskydd som Herrmans utvecklar. Dessa fästen är tänkta att kunna monteras och demonteras utan verktyg. Fästen skall monteras ihop med kedjeskyddet med hjälp av snäppen.

## 1.2 Företagsbeskrivning

1959 grundade Bernhard Herrmans sitt företag tillsammans med sin fru Lisbeth Herrmans. Till en början producerades endast cykelfälgband. År 1969 införskaffades en formsprutningsmaskin och då inleddes tillverkning av cykelhandtag. Därefter har produkter som reflexer, kedjeskydd, cykellampor och små accessoarer tillkommit i produktutbudet.

(Herrmans, u.d.)



**Figur 1. Herrmans Oy Ab.**

Herrmans har som mål att förbättra komforten, säkerheten, utseendet och cykelupplevelsen för sina kunder.

(Herrmans, u.d.)

### **1.3 Syfte**

Mitt examensarbete har två syften. Det första syftet är att undersöka hur man skall konstruera en snäppfunktion för fästen i plåt. Det andra syftet är att konstruera fästen så att de passar ihop med kedjeskydd och elmotor.

### **1.4 Avgränsningar**

Mitt examensarbete är avgränsat till att undersöka själva snäppfunktionen. Dessutom skall jag konstruera fästen som passar för varje elmotor samt undersöka om det är möjligt att simulera djuppressning som en FEM-simulering.

### **1.5 Disposition**

Det första kapitlet är tänkt att ge läsaren en inblick i examensarbetet. Här presenteras examensarbetets bakgrund, syfte och avgränsningar och här ingår även en kort företagsbeskrivning.



I kapitel 2 ägnar jag mig åt att presentera teori för djuppressning, materialval, finita element metoden samt bakomliggande matematik och hållfasthetslära.

Metodikerna – hur jag utförde min uppgift, är beskrivet i kapitel 3. Redogörelse av resultat finns i kapitel 4 och kapitel 5 är ämnat för diskussion.

## **2 Teori**

I det här avsnittet berättas om bakgrunden till verktygen och metoderna. För att förstå vad finita elementmetoden är för något har jag också beskrivit grundläggande bakomliggande matematik och ingenjörsvetenskap. För att klargöra hur dessa fästen skall konstrueras har jag gått in på djuppressning och materialval.

### **2.1 CAD**

CAD står för Computer-aided design och med termen avses design och uppgörande av tekniska ritningar inom konstruktion. CAD-programmet som används för detta examensarbete heter Creo.

För att göra en 3d-modell i ett CAD-program utgår man ifrån en skiss i 2d. Skissen kan sedan t.ex. extruderas så att en solid modell i tre dimensioner erhålls. Modellen kan sedan vidare formas med rundningar och hålbörningar. Objektet kan därefter kopplas ihop med andra objekt. Detta görs genom att man inför restriktioner för hur objekten skall bete sig gentemot varandra. På så sätt får man en sammanställning av objekt i en och samma fil.

Då en ritning ska göras upp används modellen eller sammanställningen. Objektet projiceras ur olika vinklar på en ritbotten. Därefter kan mått och nödvändig teknisk data placeras ut på ritningen.

CAD-program har ofta skilda applikationer för mer avancerade funktioner som FEA (Finite Element Analysis) och rörelseanalyser.

(Adams och Askenazi, 1999, 176-177)

## 2.2 Hållfasthetslära

Hållfasthetslära är en teknisk disciplin där man undersöker förhållandet mellan mekaniska krafter och deformerbara kroppar och konstruktioner. Hållfasthetslärans teori har sin grund i fysik och då särskilt klassisk mekanik, men det förekommer också specialfall och lagar som har uppkommit genom empiriska försök och experiment.

Med hjälp av hållfasthetslära så kan man dimensionera konstruktioner så att inga farliga spänningar eller för stora förändringar uppstår.

Kraft/last:

Det är lastens inverkan på en kropp som man undersöker i hållfasthetslära. Till detta behövs kunskaper i mekanik och i materialegenskaper. Om systemet är stilla så använder man sig av statisk mekanik. För fall där systemet är i acceleration måste man däremot gå över till dynamisk mekanik. Materialegenskaperna tas fram empiriskt.

Belastning är beroende av punkt-, linje-, area- eller volymlast eller enklare sagt hurudant och hur stort område en last påverkar något.

(Karhunen, 2012, 7)

Spänningar:

Då en kropp utsätts för en yttre last så uppstår ett spänningstillstånd i kroppen. Man kan beskriva spänning som den kraft som en av två intilliggande snitt utövar på det andra snittet. Beroende på om kraften är parallell eller vinkelrät mot detta plan så kallas spänningen skjuv- respektive normalspänning. Normalspänningen kan antingen fungera som en tryck- eller dragspänning.

(Adams och Askenazi, 1999, 35)

Spänningen beräknas som en kraft utspridd över en yta enligt:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

(Adams och Askenazi, 1999, 39)

Deformation:

Inga kroppar är fullt stela. Då en kropp påverkas av yttre krafter eller belastningar, kommer det att ske en förändring av kroppen. Detta beror på att kraften eller belastningen försöker ändra molekylernas läge i förhållande till varandra. De inre krafterna i kroppen försöker motverka denna förändring och det uppstår då ett spänningstillstånd.

Om de yttre krafterna upphör att verka, så försöker den inre kraften i kroppen att återföra molekylerna till sina ursprungliga lägen. Ifall kroppen fullständigt återtar sin ursprungliga form så är deformationen elastisk. Är förändringen permanent så är deformationen plastisk.

Deformationen betecknas  $\varepsilon$  och beräknas enligt:

$$\varepsilon = \frac{\delta l}{l} \quad (2)$$

där  $\delta l$  är totala längdförändringen och  $l$  är ursprungliga längden. Upp till ett visst värde på spänningen så råder det proportionalitet mellan spänning och töjning. Detta samband kan också uttryckas med Hookes lag:

$$\sigma = E * \varepsilon \quad (3)$$

där  $E$  står för elasticitetsmodul. Elasticitetsmodulen är en proportionalitetsfaktor som är framtagen experimentellt för olika material. Faktorn beror på materialets egenskaper. Eftersom  $\varepsilon$  är dimensionslös så kan man se att elasticitetsmodulen har samma enhet som spänningen dvs.  $\text{N/mm}^2$ . Vidare då spänningen och töjningen är fastställda kan man genom materialprovning få fram elasticitetsmodulen enligt:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

(Adams och Askenazi, 1999, 38-39)

Nedböjning:

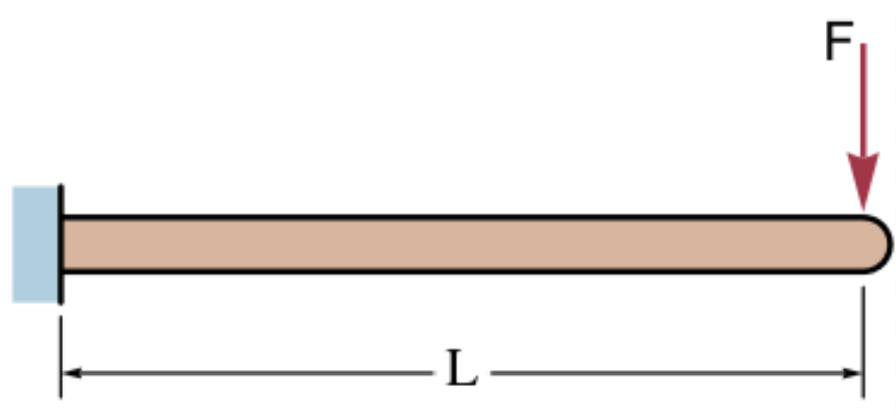
Är hur mycket ett objekt förskjuts under last. Nedböjning mäts i grader eller avstånd.

Om en balk fixeras i ena änden och man applicerar en last i balkens andra ände så kommer det att ske en elastisk förskjutning av balken. Den största förskjutningen sker i balkens fria ände medan det inte sker någon förskjutning alls i den fixerade änden.

(Valtanen, 2013, 319-320)



Figur 2. Ändbelastad balk.



Figur 3. Applicerad kraft.

För att mäta detta i längdenheter kan man beräkna förskjutningen  $f$  enligt:

$$f = \frac{FL^3}{3EI} \quad (5)$$

Där  $F$  är kraften som balken utsätts för,  $L$  är balkens längd,  $E$  är elasticitetsmodulen och  $I$  är yttröghetsmomentet.

Om man vill veta vinkelförskjutningen  $\alpha$  (i radianer) från fixerade änden till den fria änden kan man räkna enligt:

$$\alpha = \frac{FL^2}{2EI} \quad (6)$$

(Valtanen, 2013, 319)

Om man vill ta reda på förskjutningen vid en godtycklig punkt kan man istället beräkna enligt följande formler där  $a$  är avståndet från balkens fixerade ände till belastningspunkten:

$$f = \frac{Fa^3}{6EI} \left( \frac{3L}{a} - 1 \right) \quad (7)$$

$$\alpha = - \frac{Fa^2}{2EI} \quad (8)$$

(Valtanen, 2013, 320)

## 2.3 FEA

FEM står för "Finite Element Method". Metoden används för att lösa flödes-, elektromagnetiska-, värme- och hållfasthetsproblem. Det handlar om att beräkna spänningar, förskjutningar, egenfrekvenser och dynamiska responser för olika system. Jag kommer främst att beskriva hållfasthetsområdena för FEM. Problemen löses genom att man löser partiella differentialekvationer numeriskt – detta kallas FEA (Finite Element Analysis).

Grundidén är att man delar en konstruktion i ändliga, finita delar eller element. Delarna bygger då upp ett nät av förbindelser, en s.k mesh. Elementen är förbundna med varandra i noder. Man kan tala om fyra olika sätt att förbinda noder.

**Tabell 1. Förbindningstyper.**

Förbindningstyp	Frihetsgrader	Beskrivning
Plane hinge node	2	$U_x, U_y$
Plane bending stiff node	3	$U_x, U_y, \varphi_z$
Spatial hinge node	3	$U_x, U_y, U_z$
Spatial bending stiff node	6	$U_x, U_y, U_z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$

Det som skiljer förbindningstyperna åt, är hur krafter och moment kan överföras mellan elementen, och därmed hur noden kan förflytta sig. Termen frihetsgrad beskriver hur, en nod kan förflytta sig tredimensionellt i rummet antingen translativt ( $U_x, U_y, U_z$ ) eller rotativt ( $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ ). En nod som har sex frihetsgrader kan förflytta sig translativt ( $U$ ) och rotativt ( $\varphi$ ) i alla tre dimensioner.

För att vidare förklara hur finita element metoden fungerar så kan man åskådliggöra det med ett fackverksexempel. Fackverkskonstruktioner är stänger som endast kan belastas med axiella krafter dvs. drag- och tryckkrafter. Varken skjuvkrafter eller böj- och vridmoment kan belasta ett fackverk.

Om vi använder Hookes lag (5) för fackverk och antar att tvärsnittet för fackverket inte ändras över längden  $l$ :

$$\frac{F}{A} = E * \frac{\Delta l}{l} \quad (9)$$

Om fackverket ses som en fjäder som kan tryckas och dras ihop, så är förhållandet kraft till förlängning:

$$F = \frac{EA\Delta l}{l} \quad (10)$$

Styvheten  $K$  blir då:

$$K = \frac{EA}{l} \quad (11)$$

(Heinze och Schmidt, 2016, 17)

### 2.3.1 Matriser

Matriser är ett sätt att ordna information i tabeller. I tabellen är talen ordnade i rader och kolumner, där man då syftar på horisontellt respektive vertikalt led. Matrisen betecknas med stor bokstav exempelvis  $A$ . För att hänvisa till ett visst element i matris används indexerad beteckning enligt:  $a_{ij}$  och syftar då på det element som finns på rad  $i$  och kolumn  $j$ .

Ett exempel på en matris är:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \quad (12)$$

Grundläggande matrisberäkningar är addition, subtraktion samt multiplikation av matriser. För att man skall kunna addera och subtrahera matriser elementvis så behöver matriserna vara av samma storleksklass. En addition av matriser görs på följande sätt:

$$C + D = \begin{pmatrix} c_{11} \\ c_{21} \\ c_{31} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ d_{31} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} + d_{11} \\ c_{21} + d_{21} \\ c_{31} + d_{31} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Multiplikation med en skalär faktor görs enligt:

$$k * C = \begin{pmatrix} k * c_{11} \\ k * c_{12} \\ k * c_{13} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Multiplikering av två matriser är endast definierat då antalet kolumner i den första matrisen är lika många som antalet rader i den andra matrisen:

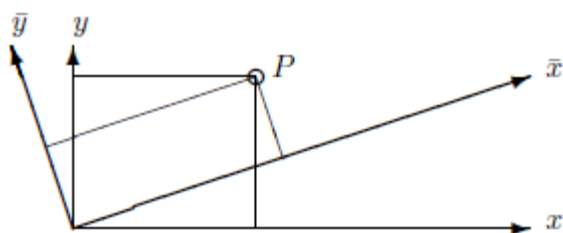
$$\begin{aligned} A * B &= \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 * 3 + 2 * 1 & 1 * 4 + 2 * 2 \\ 3 * 3 + 4 * 1 & 3 * 4 + 4 * 2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 5 & 8 \\ 12 & 20 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (15)$$

För att förflytta eller transformera en vektor från ett koordinatsystem till ett annat kan man utföra en matristransformation.

$$\bar{x} = x \cos \alpha + y \sin \alpha \quad (16)$$

$$\bar{y} = -x \sin \alpha + y \cos \alpha \quad (17)$$

$$\bar{x} = T * x \quad (18)$$

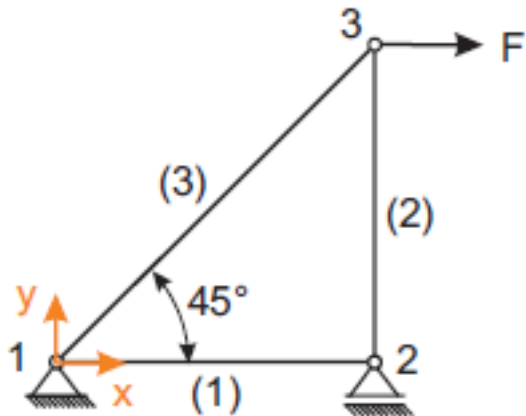


Figur 4. Matristransformation.

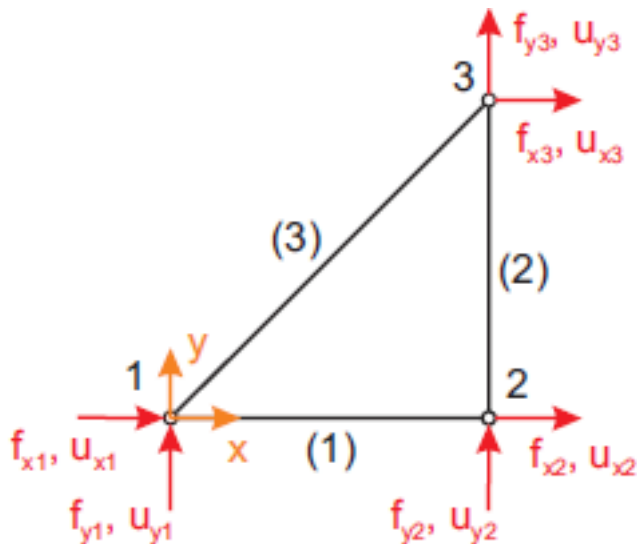
(Heinze och Schmidt, 2016, 6-9)

### 2.3.2 FEM-beräkningar

Vidare om man tänker sig ett enkelt fackverk bestående av tre stänger där elasticitetsmodulen  $E$  är  $200\,000\text{ N/mm}^2$ , diametern  $D$  är  $5\text{ mm}$  och första och tredje stängeln har längden  $1\text{ m}$ . Belastningen  $F$  är  $1000\text{ N}$ .



Figur 5. 3 finita element, förbundna med tre noder i ett x-y koordinatsystem.



Figur 6. Belastningar i noderna samt förskjutningar.

Förskjutningsvektorn  $\mathbf{u}$  står för alla möjliga förskjutningar av noderna och belastningsvektorn  $\mathbf{f}$  för alla externa krafter som verkar på noderna.

Vektorkomponenterna kan då slås ihop till två skilda vektorer:



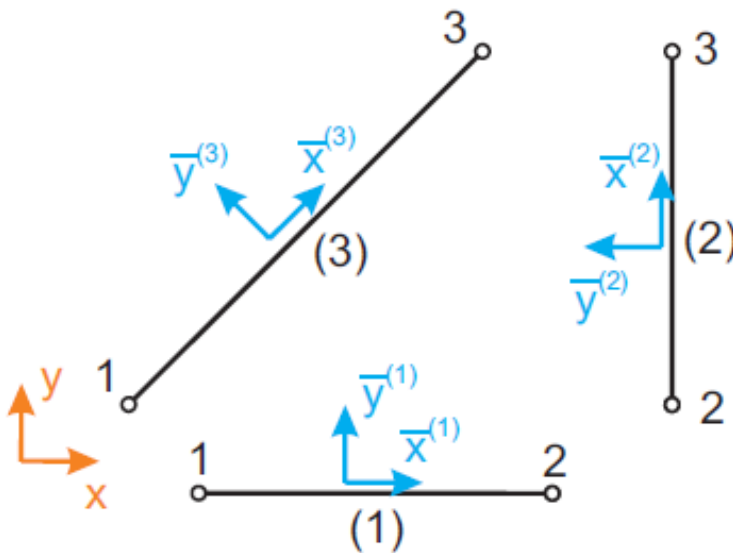
$$u = \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ u_{y3} \end{pmatrix} \quad (19)$$

$$f = \begin{pmatrix} f_{x1} \\ f_{y1} \\ f_{x2} \\ f_{y2} \\ f_{x3} \\ f_{y3} \end{pmatrix} \quad (20)$$

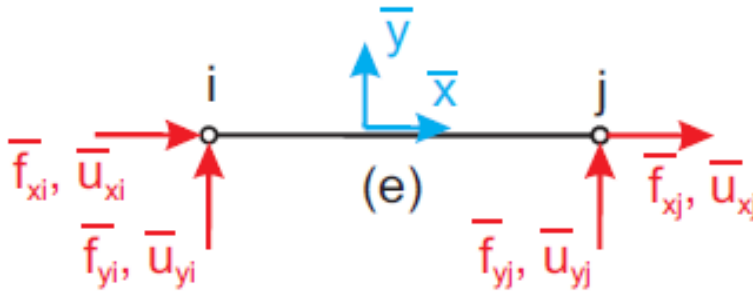
Det är förskjutningarna som är de okända variablerna i en FEA-analys. De kallas frihetsgrader (DOF). Utgående från frihetsgraderna kan man sedan beräkna spänningar.

Krafterna som verkar i systemet är beroende av förskjutningarna enligt styvheten i systemet.

$$f = K * u \quad \begin{pmatrix} f_{x1} \\ f_{y1} \\ f_{x2} \\ f_{y2} \\ f_{x3} \\ f_{y3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{x1x1} & k_{x1y1} & k_{x1x2} & k_{x1y2} & k_{x1x3} & k_{x1y3} \\ k_{y1x1} & k_{y1y1} & k_{y1x2} & k_{y1y2} & k_{y1x3} & k_{y1y3} \\ k_{x2x1} & k_{x2y1} & k_{x2x2} & k_{x2y2} & k_{x2x3} & k_{x2y3} \\ k_{y2x1} & k_{y2y1} & k_{y2x2} & k_{y2y2} & k_{y2x3} & k_{y2y3} \\ k_{x3x1} & k_{x3y1} & k_{x3x2} & k_{x3y2} & k_{x3x3} & k_{x3y3} \\ k_{y3x1} & k_{y3y1} & k_{y3x2} & k_{y3y2} & k_{y3x3} & k_{y3y3} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ u_{y3} \end{pmatrix} \quad (21)$$



Figur 7. Uppsplittning av systemet.



Figur 8. Enskilt uppsplittrat element.

En vektor  $\bar{f}$  för det uppsplittrade element kan då betecknas:

$$\begin{pmatrix} \bar{f}_{xi} \\ \bar{f}_{yi} \\ \bar{f}_{xj} \\ \bar{f}_{yj} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{k}_{xixi} & \bar{k}_{xiyi} & \bar{k}_{xixj} & \bar{k}_{xiyj} \\ \bar{k}_{yixi} & \bar{k}_{yiyi} & \bar{k}_{yixj} & \bar{k}_{yiyj} \\ \bar{k}_{xjxi} & \bar{k}_{xjyi} & \bar{k}_{xjxj} & \bar{k}_{xjyj} \\ \bar{k}_{yjxi} & \bar{k}_{yjyi} & \bar{k}_{yjyj} & \bar{k}_{yjyj} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \bar{u}_{xi} \\ \bar{u}_{yi} \\ \bar{u}_{xj} \\ \bar{u}_{yj} \end{pmatrix} \quad (21)$$

Krafterna är i jämvikt:

$$F = \bar{f}_{xi} = -\bar{f}_{xj} \quad (22)$$

Förskjutningarna tar ut varandra:

$$\Delta l = \bar{u}_{xj} = \bar{u}_{xi} \quad (23)$$

$$\bar{f}_{xj} = \frac{EA}{l} (\bar{u}_{xj} - \bar{u}_{xi})$$

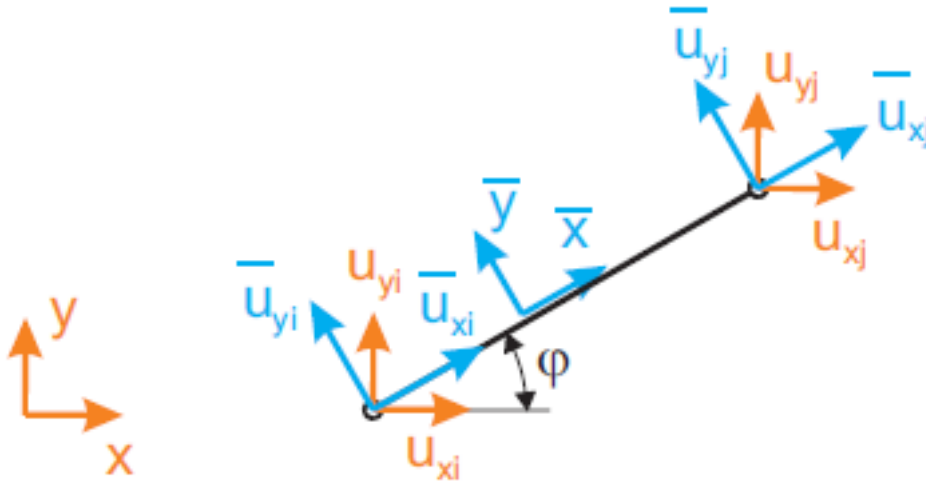
$$\bar{f}_{xi} = \frac{EA}{l} [-(\bar{u}_{xj} - \bar{u}_{xi})] \quad (24)$$

$$\begin{pmatrix} \bar{f}_{xi} \\ \bar{f}_{yi} \\ \bar{f}_{xj} \\ \bar{f}_{yj} \end{pmatrix} = \frac{EA}{l} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \bar{u}_{xi} \\ \bar{u}_{yi} \\ \bar{u}_{xj} \\ \bar{u}_{yj} \end{pmatrix} \quad (25)$$

Styvhetsmatrisen betecknat i lokalt koordinatsystem:

$$K = \frac{EA}{l} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (26)$$

En transformering av styvhetsmatrisen från lokalt till globalt koordinatsystem är nödvändig.



**Figur 9. Transformering från lokalt till globalt koordinatsystem.**

$$\bar{u}_{xi} = u_{xi} \cos \theta + u_{yi} \sin \theta \quad (27)$$

$$\bar{u}_{xj} = u_{xj} \cos \theta + u_{yj} \sin \theta \quad (28)$$

$$\bar{u}_{yi} = -u_{xi} \sin \theta + u_{yi} \cos \theta \quad (29)$$

$$\bar{u}_{yj} = -u_{xj} \sin \theta + u_{yj} \cos \theta \quad (30)$$

Matrisen T är en transformationsmatris:

$$T = \bar{u} = T * u = \begin{pmatrix} \bar{u}_{xi} \\ \bar{u}_{xj} \\ \bar{u}_{yi} \\ \bar{u}_{yj} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c & s & 0 & 0 \\ -s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & s \\ 0 & 0 & -s & c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{xi} \\ u_{yi} \\ u_{xj} \\ u_{yj} \end{pmatrix} \quad (31)$$

Där  $c = \cos \theta$  och  $s = \sin \theta$

På samma vis transformeras krafterna:

$$\bar{f} = \bar{K} * \bar{u} \quad (32)$$

$$T * f = \bar{K} * T * u \quad (33)$$

Båda sidorna multipliceras med  $T^T$  så att en enhetsmatris med värdet 1 erhålls.

$$T^T * T * f = T^T * \bar{K} * T * u \quad (34)$$

$$f = K * U \quad (35)$$

Och tillsammans med styvhetsmatrisen:

$$K = T^T * \bar{K} * T \quad (36)$$

Denna ekvation måste användas på varje element i systemet och kan då betecknas:

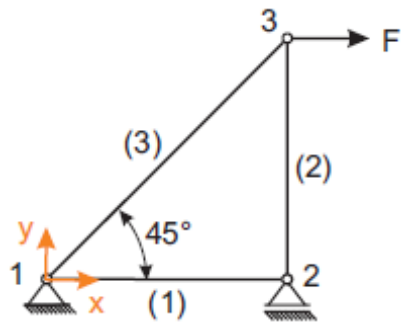
$$K^{(e)} = (T^{(e)})^T * K^{(e)} * T^{(e)}$$

$$K^{(e)} = \frac{EA}{l} * \begin{pmatrix} c & -s & 0 & 0 \\ s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & -s \\ 0 & 0 & s & c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} c & s & 0 & 0 \\ -s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & s \\ 0 & 0 & -s & c \end{pmatrix}$$

$$K^{(e)} = \frac{EA}{l} * \begin{pmatrix} c & -s & 0 & 0 \\ s & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & -s \\ 0 & 0 & s & c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} c & s & -c & -s \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c & -s & c & s \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$K^{(e)} = \frac{EA}{l} * \begin{pmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{pmatrix} \quad (37)$$

De tre elementen kan nu sammanfogas, deras egenskaper är:



$$\begin{aligned} L^{(1)} &= L & \phi^{(1)} &= 0^\circ & \text{nodes } i &= 1 & j &= 2 \\ L^{(2)} &= L & \phi^{(2)} &= 90^\circ & \text{nodes } i &= 2 & j &= 3 \\ L^{(3)} &= \sqrt{2}L & \phi^{(3)} &= 45^\circ & \text{nodes } i &= 1 & j &= 3 \end{aligned}$$

$$EA^{(1)} = EA^{(2)} = EA^{(3)}$$

Figur 10. Sammanfogning av elementen.

Deras elementekvationer blir då:

$$\begin{pmatrix} f_{x1}^{(1)} \\ f_{y1}^{(1)} \\ f_{x2}^{(1)} \\ f_{y2}^{(1)} \end{pmatrix} = \frac{EA}{l} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1}^{(1)} \\ u_{y1}^{(1)} \\ u_{x2}^{(1)} \\ u_{y2}^{(1)} \end{pmatrix} \quad (38)$$

$$\begin{pmatrix} f_{x2}^{(2)} \\ f_{y2}^{(2)} \\ f_{x3}^{(2)} \\ f_{y3}^{(2)} \end{pmatrix} = \frac{EA}{l} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x2}^{(2)} \\ u_{y2}^{(2)} \\ u_{x3}^{(2)} \\ u_{y3}^{(2)} \end{pmatrix} \quad (39)$$

$$\begin{pmatrix} f_{x1}^{(3)} \\ f_{y1}^{(3)} \\ f_{x3}^{(3)} \\ f_{y3}^{(3)} \end{pmatrix} = \frac{EA}{\sqrt{2}L} \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & -0.5 & -0.5 \\ 0.5 & 0.5 & -0.5 & -0.5 \\ -0.5 & -0.5 & 0.5 & 0.5 \\ -0.5 & -0.5 & 0.5 & 0.5 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1}^{(3)} \\ u_{y1}^{(3)} \\ u_{x3}^{(3)} \\ u_{y3}^{(3)} \end{pmatrix} \quad (40)$$

Regler för sammanfogning:

- Förskjutningar: Alla element som möts vid en nod har samma förskjutning.

$$u_{x1}^{(1)} = u_{x1}^{(3)} = u_{x1} \quad (41)$$

- Jämvikt: Summan av alla elementkrafter vid en nod är i jämvikt med den externa lasten på noden.

$$f_{x1} = f_{x1}^{(1)} + f_{x1}^{(2)} + f_{x1}^{(3)} \quad (42)$$

Enligt dessa sammanfogningsregler kan man skapa en global styvhetsmatris. Detta görs nu för hand. Kraft och förskjutningsvektorerna i elementekvationerna färdigställs genom att nollor sätts in i styvhetsmatrisen.

$$f^{(1)} = K^{(1)} * u = \frac{EA}{L} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ u_{y3} \end{pmatrix} \quad (43)$$

$$f^{(2)} = K^{(2)} * u = \frac{EA}{L} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ u_{y3} \end{pmatrix} \quad (44)$$

$$f^{(3)} = K^{(3)} * u = \frac{EA}{L} \begin{pmatrix} \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & 0 & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} \\ \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & 0 & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & 0 & \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & 0 & \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ u_{y3} \end{pmatrix} \quad (45)$$

Krafterna kan nu adderas enligt ovanstående jämviktsekvation:

$$f = K * u = \frac{EA}{L} \begin{pmatrix} 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} & -1 & 0 & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} \\ \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & 0 & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & 0 & \frac{1}{2\sqrt{2}} & \frac{1}{2\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{2\sqrt{2}} & -\frac{1}{2\sqrt{2}} & 0 & -1 & \frac{1}{2\sqrt{2}} & 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ u_{y3} \end{pmatrix} \quad (46)$$

## 2.4 Materialval

Att välja en lämplig typ av plåt fordrar att man vet till vilket ändamål plåten skall användas. I mitt fall är det fråga om detaljer som skall djuppressas i plåt. Det här ställer krav på djuppressbarheten hos plåten. Djuppressbarheten uttrycks i tabeller som  $A_{80\%}$  min. Med det menas hur mycket en 80 mm lång provbit kan sträckas i procent före det sker ett brott.

(Brennert, 1993, 205-206)

De kemiska sammansättningarnas förkortningar för grundämnen, dessa grundämnen är:

- C = kol
- P = fosfor
- S = Svavel
- Mn = Mangan
- Ti = Titan
- Si = Kisel

(Valtanen, 2013, 430)

**Tabell 2. Plåt EN 10130; kallformade lågkolstål för kallformning.**

Stålsort	$R_e$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$A_{80\%}$ min	Kemisk sammansättning % max.				
				C	P	S	Mn	Ti
DC01	280	270 - 410	28	0,12	0,045	0,045	0,60	
DC02	240	270 - 370	34	0,10	0,035	0,035	0,45	
DC03	210	270 - 350	38	0,08	0,030	0,030	0,40	
DC04	180	270 - 330	40	0,06	0,025	0,025	0,35	
DC05	180	270 - 350	38	0,02	0,020	0,020	0,25	0,3

**Tabell 3. Plåt EN 10346; Lågkolhaltiga zinkbehandlade kallformningsstål.**

Stålsort	R <sub>e</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>80</sub> % min	Kemisk sammansättning % max.					
				C	Si	Mn	P	S	Ti
DX51D	-	270 - 500	22	0,18	0,50	1,20	0,12	0,045	0,30
DX52D	140 – 300	270 – 420	26	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30
DX53D	140 – 260	270 – 380	30	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30
DX54D	120 – 220	260 – 350	36	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30
DX56D	120 – 180	260 - 350	39	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30

(Brennert, 1993, 205-206) (SSAB, u.d.)

Zinkbehandling görs på stålet eftersom fästen används i korrosionsutsatta miljöer. Zink fungerar dels som en offermetall och dels som ett korrosionsskydd för stålet. Applicering sker genom varmförzinkning, detaljen doppas i flytande zink och täcks då i ett lager av korrosionsbeständigt zink.

Tjockleken på zinkytan mäts i (g/m<sup>2</sup>). Ett tjockare lager zink erbjuder ett bättre korrosionsskydd än ett tunnare. För pressoperationer som kräver hög formbarhet så rekommenderas dock ett tunnare lager zink.

(SSAB, u.d.)

## 2.5 Djuppressning

Djuppressning är ett begrepp där flera metoder ingår. Med de här metoderna kan man genomföra plastiska formändringar på detaljer, där man erhåller ett visst djup samtidigt som man i stort sett bibehåller den ursprungliga godstjockleken. I metoderna ingår drag- och sträckpressning. Vid en pressoperation ingår ofta båda pressmetoderna.



Dragpressning är en metod som används för att tillverka kupade och käriformade detaljer. Formen på dessa föremål kan vara symmetriska likväl som asymmetriska. Formningen sker genom att en stämpel pressar ner plåten i en dragspalt så att plåten formas efter stämpelns form. För att undvika att plåten glider appliceras en tillhållarkraft som beror på plåttjockleken.

Sträckpressning skiljer sig från dragpressning på så sätt att tillhållarkraften är högre och plåthållaren är utformad så att plåten inte skall kunna glida över dynan. Materialet är då låst och kommer att töjas över dynkanten genom dragspänningar. Detta ger en liten återfjädring i detaljen.

I dragpressningsoperationer är det viktigt att undvika sprickbildning. Genom att beakta materialets maximala dragförhållande (MDF) kan man analysera ett materials lämplighet för en dragoperation. Följande faktorer inverkar på materialets MDF:

- plåthållarkraften
- draghastighet
- verktygsradier, material och ytfinhet på glidytor
- plåtens ytfinhet
- smörjmedel.

(Kallvi, 2007, 9-13)

## **2.6 Snäppdesign**

Ett snäppe har som uppgift att låsa fast delar till varandra. Vid montering av ett fäste sker en energiomvandling, det här hörs som ett klickande ljud. I praktiken så sker monteringen genom man har en del som flexar och sedan klämmer åt ett urtag. Då delarna är låsta mot varandra är de generellt inte under last och spänningarna upphör att verka. Krypningar är inte heller något som man behöver beakta som till exempel vid ett pressförband. Detta gör att snäppförbandens låskraft behåller sin styrka över tid.

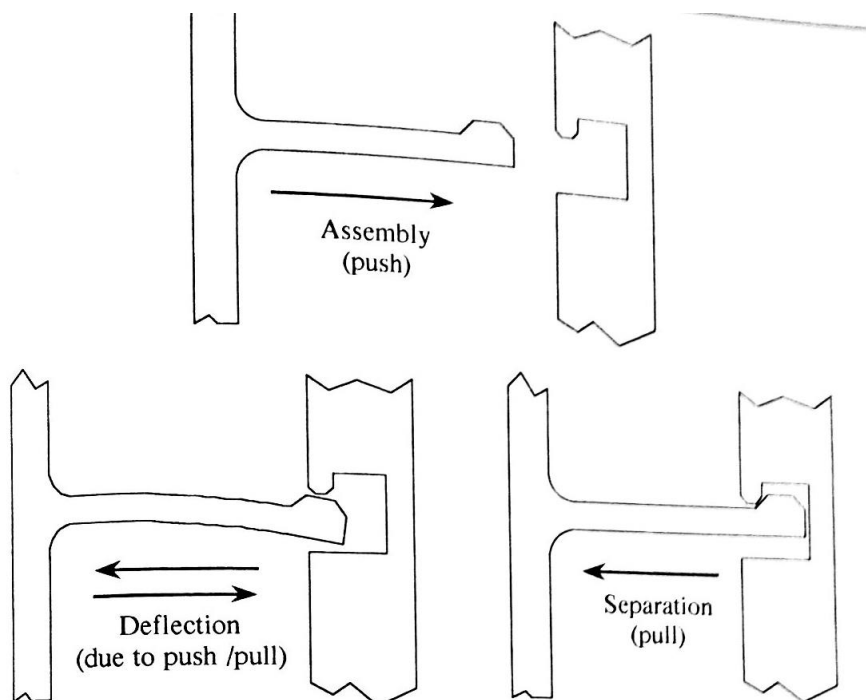
(Malloy, 1994, 341-343)

En fördel med snäppförband är att demonteringskraften kan göras mycket större än monteringskraften beroende på friktion och design av snäppet.

(Rosato, 2000, 270)

Det finns många typer av snäppen, det snäppe som är bäst lämpat för min uppgift skulle vara ett bomsnäppe. Funktionen är den att ena delen av snäppförbandet är konstruerat att vara elastiskt och skall flexa så att snäppförbandet kan monteras. Den andra delen skjuts in i urtaget. Då bommen har skjutits in i urtaget skall den del som är elastisk återgå till sitt ursprungliga läge. Vid demontering så gäller samma princip, den del som är elastisk, flexar så mycket att demontering är möjligt.

(Malloy, 1994, 346-347)



Figur 11. Bomsnäppe montering och demontering.

### **3 Metodik**

Här presenteras tillvägagångssättet samt metoderna som användes för att utföra examensarbetet.

Under sommaren diskuterade jag med min förman om möjliga examensarbeten. Min chef presenterade en idé som gällde kedjeskyddsfästen i plåt ämnade för nya kommande elmotorer. Fästet skall också passa ihop med Herrmans nya kedjeskydd Slim 38. Uppgiften tyckte jag hade tillräckligt med underlag för att fungera som ett examensarbete, så jag tog mig an uppgiften.

#### **3.1 Customer's voice**

Cykelmässor är bra tillfällen att visa upp och se vad som är på gång i cykelbranschen. Herrmans är regelbundet på cykelmässor för att diskutera med sina kunder. Kunderna har möjlighet att få se de produkter som Herrmans utvecklar för tillfället och samtidigt föra fram önskemål för nya produkter.

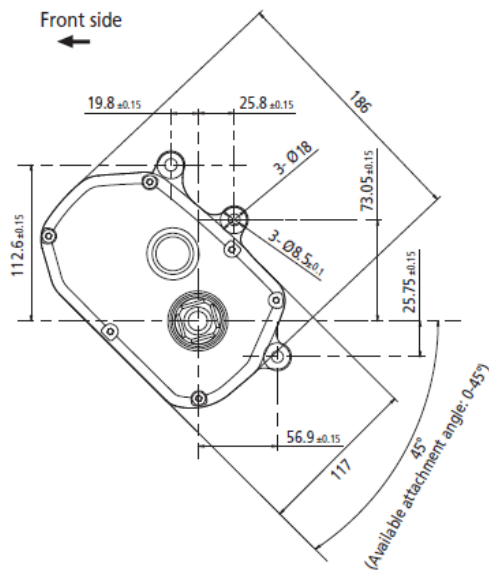
Kunder har efterfrågat fästen i plåt till kommande elmotorer. Detta eftersom fästen i plast inte har samma justeringsmån. Fästen i metall kan man justera enligt cykelns ramtoleranser, genom att böja och justera fästet.

#### **3.2 Krav**

Utgående från önskemålen togs det fram krav för fästena. Kraven var:

1. Fästen för följande elmotorer:
  - Shimano Steps
  - Bosch generation 3
  - Bafang MM G33.350
  - Yamaha.

- Fästen skall ta hänsyn till motorernas vinkeljusteringsmån.



Figur 12. Vinkeljusteringsmån för Bafang MM G33.350.

- Kedjeskyddsmontering
  - Monteringskraft liknande som Koga

- Kedjeskyddsmontering
  - Demonteringskraft liknande som Koga

- Tät passning, inget skrammel

- Korrosionsresistens 240 h NSS saltspraytest

- Inga vassa kanter enligt ISO 13715:2000

### 3.3 Data från elmotortillverkare

Från elmotortillverkarna efterfrågades data som monteringsvinklar, skruvhål, delningsdiameter, ritningar samt 3d-modeller för elmotorn. Med datat kunde man bestämma antal skruvhål/spår och utforma ett fäste som passar för elmotorn i fråga.

### **3.4 Befintliga fästen**

Från tidigare har Herrmans redan fästen för en del av ovannämnda elmotorerna eller för tidigare generationer av elmotorer. Fästen som redan var utvecklade för tidigare elmotorer kunde då undersökas om de kunde användas som referens för konstruktion av det nya fästet till det nya kedjeskyddet.

### **3.5 Funktionsprototyp**

Det är dyrt att tillverka prototypverktyg för ett helt fäste. Därför bestämdes det att en funktionsprototyp skulle tas fram där snäppfunktionen testas mellan plastkedjeskydd och plåtfäste. Om inte prototypen fungerar som det är tänkt så har man inte lagt ut onödiga pengar på ett helt prototypverktyg samt tillverkning.

Förutom snäppfunktionen, så är prototypskedet ett tillfälle där man också har möjlighet att experimentera med plåttjocklek och material.

Prototypen konstruerades i Creo och har två djuppressningar där den ena djuppressningen fungerar som snäppe och den andra har som funktion att stöda mot kedjeskyddets sida. Därefter valdes CNC-design i Nykarleby för prototyp tillverkningen. Snäppenas placering och tillkommande rundningar diskuterades och sedan beställdes prototypen.

### **3.6 Konstruktion av fästen**

Förhoppningen med dessa fästen är att åtminstone en del av dem skall passa till flera olika elmotorer. Detta för att spara in på verktygskostnader, eftersom tillverkningsvolymerna ännu inte skulle vara höga.

#### **3.6.1 Bafang**

Bafangfästet utformades i stort sett som en modifierad variant av Shimano Steps fästet. Bafang hade ett egenutvecklat fäste för deras motor. Med hjälp av dess ritning kunde jag bestämma delningsdiametern och skruvhålsdiametern. Det fanns ingen 3d-modell att tillgå för Bafangmotorn, istället användes Bafangs motormanual för att se hur många skruvhål som behövdes.

### 3.6.2 Bosch

Boschfästet konstruerades enligt en ritning över elmotorn som hade skickats från Bosch samt utgående från 3d-modeller av elmotorn. Ur ritningen fick man reda på hur många och hur stora skruvhål som fanns till förfogande samt delningsdiametern för skruvhålen.

Användning av 3d-modellen gjorde att man redan i konstruktionsskedet, enkelt kunde se om fästet passar kring elmotorn. Elmotorn hade på en del ställen förhöjningar, vilket innebar att fästet måste anpassas kring dessa för att fästet verkligen skall passa till Boschs elmotor.

Då Bosch kontaktades blev det också klart att monteringsvinkeln för elmotorn är  $-20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ .

### 3.6.3 Shimano Steps

Herrmans hade redan utvecklat ett fäste för Shimano Stepsmotorn. Fästet var inte anpassat för det nya kedjeskyddet så en till fästarm blev tillagd och vinkelspannet justerades för de två andra fästarmarna.

### 3.6.4 Yamaha

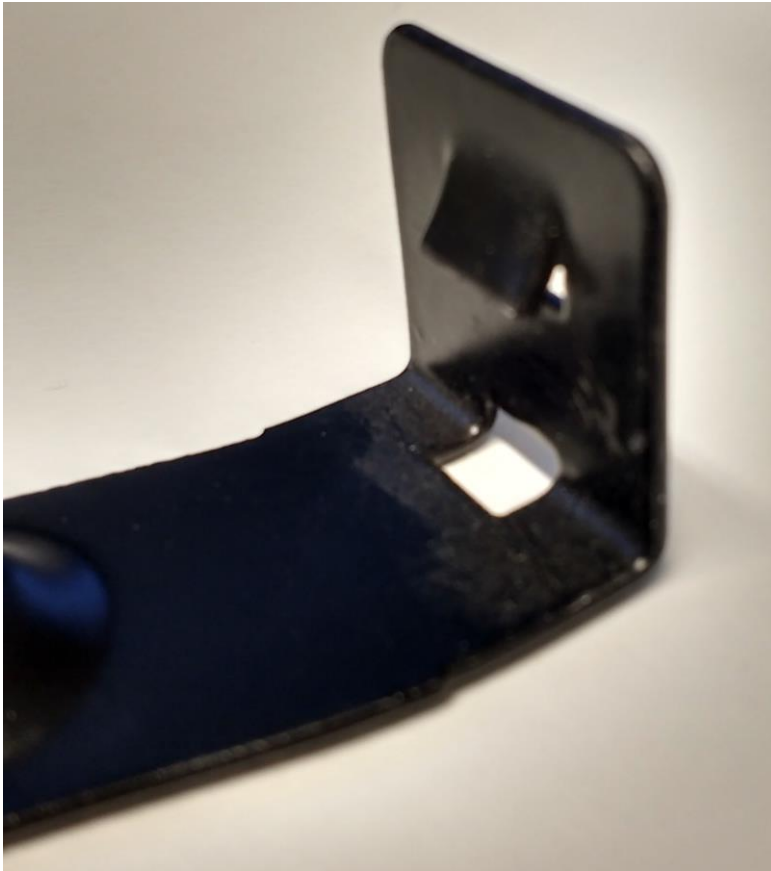
Även här hade Herrmans ett färdigutvecklat fäste för elmotorn i fråga. Fästet är tvådelat och utmaningen här var att se till att det modifierade fästet fortfarande skulle passa ihop med elmotorn. Ändringarna kunde enkelt kontrolleras om de var genomförbara eftersom det fanns en 3d-modell av Yamaha elmotorn att använda sig utav.

### 3.6.5 Cyber

Det visade sig under arbetets gång att Herrmans faktiskt tidigare hade testat på en plast/metall kombination. Detta fäste hade ett utstansat och pressat snäppe. Fästet var utpressat så pass mycket att det skulle fästa med kedjeskyddet. Snäppfunktionen är den samma som jag har tänkt konstruera, men skillnaden är att snäppet inte är tänkt att skäras ut, utan istället är det tänkt att djuppressas.

Problemet med Herrmans snäppe är att det kom in klagomål på att det inte alltid fäste som det var tänkt. Detta berodde på att pressningen inte alltid blev lika på fästen och därmed fäste inte alla fästen så bra som det var tänkt. Ett annat problemområde var demonteringen. För att demontera detta fäste måste man använda sig av ett verktyg, exempelvis en

skruvmejsel för att böja tillbaka fästet och samtidigt dra loss det från kedjeskyddet. Kunderna efterfrågar ett enkelt monterbart och demonterbart fäste enligt Herrmans undersökning så denna snäppfunktion löns inte att utveckla vidare.



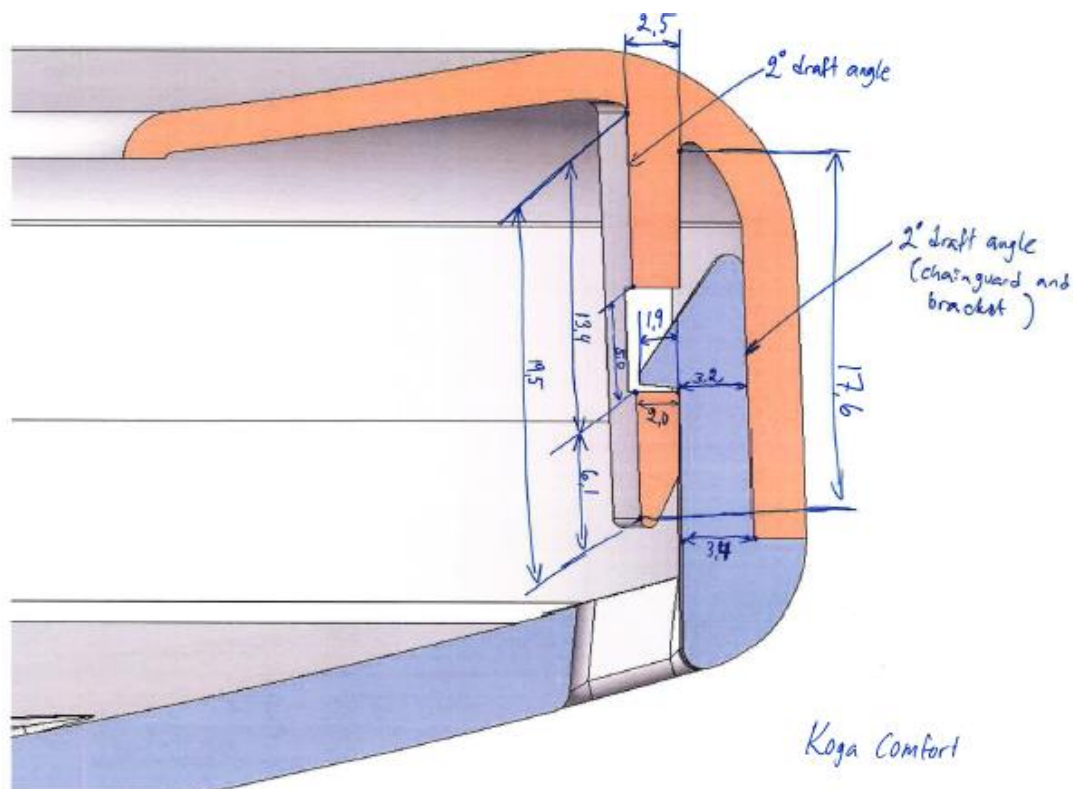
**Figur 13. Cybersnäppe.**



**Figur 14. Cyberfäste monterat.**

### 3.7 Kedjeskydd

Fästen konstrueras efter kedjeskyddet. Det har skett en del ändringar i kedjeskyddets utseende under hösten 2016, vilket har gjort att en del ändringar också har gjorts på fästen. Den största ändringen är vinkelspannet mellan snäppen. Vinkelspannet har minskat från 165° till 150°.



**Figur 15. Koga Comfort.**

Kedjeskyddets snäppe är utformat enligt ett tidigare kedjeskydd som heter Koga Comfort. Det önskades att plåtsnäppet skulle ha likadana monterings- och demonteringskrafter som ett snäppe i plast. Med måtten från tidigare kedjeskydd och fäste kunde detta tas i beaktande under arbetets gång.



## 4 Resultat

Resultatdelen i detta examensarbete behandlar hur prototypen fungerade, fästens samt snäppets konstruktion och det slutgiltiga resultatet av mitt examensarbete.

### 4.1 Prototyp

Funktionsprototypen levererades till Herrmans. I samband med beställningen hade det blivit specificerat att DC01 stål skulle användas för tillverkning av prototypen. Vid tillverkningen så uppdagades det att DC01 stål inte är tillräckligt mjukt för sträckoperationen då pressningarna utförs på plåten. Detta ledde till att det uppstod sprickor i pressningarna.

Genom att byta material till DC03 stål så tillverkades en prototyp där inga sprickor uppstod. DC03 stål har däremot ingen rostbeständighet eftersom det är ett kallformat lågkolstål, vilket innebär att en annan stålsort kommer att användas för det slutgiltiga fästet. Tidigare har det använts DX51D stål för Herrmans fästen. DX stål kvaliteten är ett lågkolhaltigt zinkbehandlat kallformningsstål. DX51D stål har en djuppressbarhet på 22 A<sub>80</sub>%, vilket är mindre än till och med DC01 stålets 28 A<sub>80</sub>%. Vid noggrannare granskning av de zinkbehandlade kallformningsstålets egenskaper hittar man att DX54D och DX56D stål har en djuppressbarhet på 36 respektive 39 A<sub>80</sub>%. Dessa ståltyper skulle då motsvara djuppressbarheten i DC03 stålet.

Snäppfunktionen testades också och här fungerade nog snäppet som tänkt. Det som inte blev klargjort här är att prototypen fäster bara i ett snäppe, medan kedjeskyddet har tre stycken snäppen. Det blev alltså inte klart hur väl montering och demontering fungerar för ett fäste med tre stycken snäppen.



Figur 16. Sprickbildning i DC01 stål.



**Figur 17. Byte till DC03 stål.**

## **4.2 Fästen**

En förändring som har skett med dessa nya fästen är att en till fästarm har tillkommit. Denna fästarm har lagt tills eftersom det nya kedjeskyddet har tre snäppen.

### **4.2.1 Bafang**

Fästet är tänkt att tillverkas av 1 mm plåt och har avstyvningar för att styva upp fästet.



**Figur 18. Bafangfäste.**

#### 4.2.2 Bosch

Boschs fäste är lite av en specialdesign. Tanken är att fast motorn kan vridas  $-20^{\circ}$ - $45^{\circ}$  så skall fästet ändå alltid kunna fästas i två skruvhål. Fästet är tänkt att tillverkas i 1,5 mm plåt eftersom det inte finns avstyvningar inpressade i plåten.



Figur 19. Boschfäste.

#### 4.2.3 Shimano Steps

Fästet skall tillverkas i 1 mm plåt och är till stor del samma design som Herrmans tidigare Shimano fäste.



**Figur 20. Shimano Steps fäste.**

#### **4.2.4 Yamaha**



**Figur 21. Yamaha fäste.**

Ett 1,5 mm fäste som till stor del är samma fäste som innan fast med en till fästarm tillagd.

### 4.3 Snäppe

Snäppkonstruktionen skall både hålla fast fästet och möjliggöra demontering. För att kunna utföra både funktionerna valdes det att göra så att fästet demonteras genom att det vrids åt ett håll kring sin axel. För att utforma detta gjordes en rundning i kanten av varje snäppe. Då fästet vrids åt korrekt håll så kan man med tillräcklig kraft ta loss fästet från kedjeskyddet utan användning av verktyg.

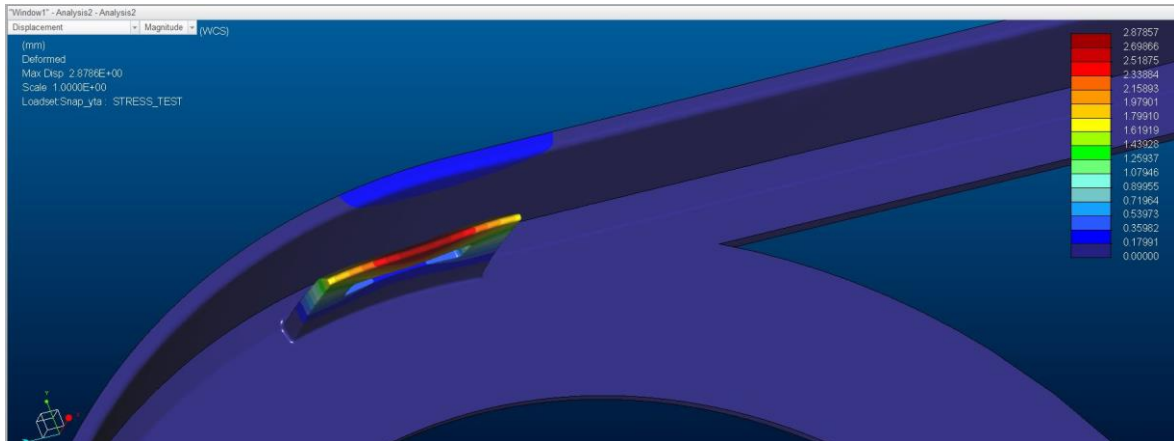
Det blev också gjort en till djuppressning på varje fästarm. Djuppressningen har som funktion att förhindra skrammel och vibrationer, genom att den pressar mot kedjeskyddets kanter. Djupet på denna pressning gjordes genom att mäta avståndet från kedjeskyddets snäppe till kedjeskyddets kanter. Kedjeskyddet är formsprutat och har en viss släppning för att underlätta utstötning vid tillverkning. Därför så är måttet på djuppressningen beroende av snäppets placering på fästarmen.

Detta togs i beaktande vid konstruktionen, genom att först klargöra snäppets placering och därefter bestämma djupet på den andra djuppressningen. Två av fästen är tänkt att tillverkas i 1,5 mm plåt. Den stödjande djuppressningen är här 0,5 mm kortare, eftersom plåten är 0,5 mm närmare kedjeskyddets kanter på grund av den tjockare plåten.

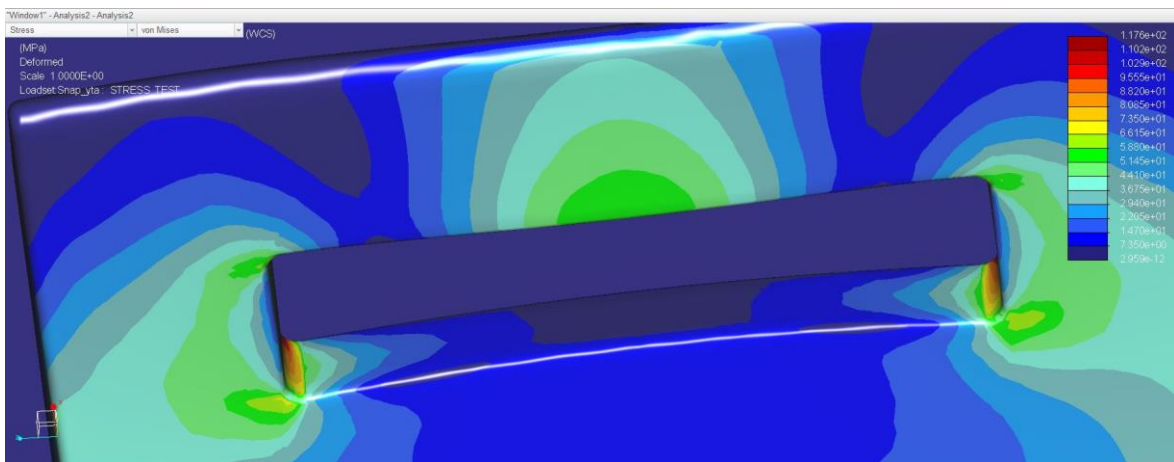
### 4.4 FEM

I Creo utfördes hållfasthetssimuleringar på snäppen för att se hur monterings- och demonteringskraften påverkar snäppet. Resultatet tolkas genom att kolla på färgförändringarna på snäppet. En röd färg betyder högre förskjutning eller spänning. Simuleringarna utfördes med 3 mm mesh size.

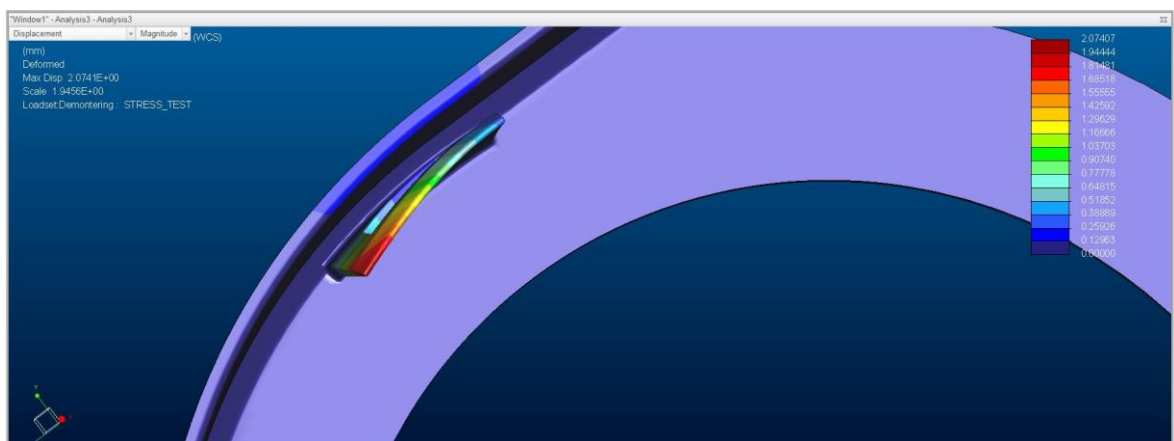
Ur simuleringarna kan man se de kritiska ställen där spänningskoncentrationerna förekommer. I monteringskedet är detta ställe där fästet snäpper ihop med kedjeskyddets snäppe. I demonteringskedet är det kritiska stället där snäppet sitter ihop med kedjeskyddet.



Figur 22. Förskjutningar under montering, max förskjutning 2,88 mm.



Figur 23. Spänningar under montering, max spänning 118 MPa.



Figur 24. Förskjutningar under demontering, max förskjutning 2,08 mm.



**Figur 25. Spänningar under demontering, max spänning 92,5 MPa.**

Till mitt examensarbete hörde det också till att jag skulle undersöka om det är möjligt att utföra djuppressningssimuleringar i de CAD-program som jag hade till mitt förfogande. I varken Nx eller Creo, är detta möjligt. För att utföra djuppressningssimuleringar måste man till exempel använda sig av Abaqus mjukvara.

## 4.5 Tillverkning

Syftet med min uppgift var att konstruera fästen och om möjligt se till att samma fäste passar till flera olika elmotorer. Detta misslyckades, eftersom Bosch och Yamaha fästen är så pass olika och Bafang och Shimano fästen inte heller passar ihop, då delningsdiametern skiljer sig åt.

Resultatet av detta är att fästen skulle bli väldigt dyra att sätta i produktion i detta skede, när tillverkningsvolymerna inte är tillräckligt höga. Tanken var att fästen skulle beställas och tillverkas i Finland, men om det blir aktuellt att börja tillverka fästen måste de troligtvis beställas från Kina, där tillverknings- och verktygskostnaderna är lägre.

## 5 Diskussion

Att få utveckla dessa fästen har gett mig erfarenheter i hur en produkt växer fram. I samband med utvecklandet av det nya kedjeskyddet så fanns det behov från kunderna av nya fästen. Dessa fästen har konstruerats utgående från den information som har funnits tillgänglig från tillverkare och från Herrmans tidigare fästen.

Att ta fram en funktionsprototyp var en god idé. På så sätt uppnådde jag mitt första syfte med detta examensarbete – att undersöka hur en snäppfunktion i plåt skulle konstrueras. Genom att tillverka en prototyp fick vi klargjort att materialet som använts tidigare i Herrmans fästen inte var tillräckligt mjukt för att klara snäppens djuppressningar. Samtidigt blev det klart om djupet på snäppet var tillräckligt så att man fick en tillräcklig låsning då fästarmen trycktes ner mot kedjeskyddet.

Mitt andra syfte var att tillverka dessa fästen så att de passar ihop med Herrmans Slim 38 kedjeskydd och respektive elmotor. Detta syfte uppnåddes genom att jag konstruerade fyra olika fästen för fyra olika elmotorer. Det är synd att det inte gick att få samma fäste att passa ihop med flera olika elmotorer. Det är inte klart om fästen kommer att börja tillverkas eller inte. Det största orosmomentet är de höga verktygskostnaderna gentemot produktionsvolymerna.

FEM-simuleringen visade var spänningskoncentrationerna kommer att uppstå då kedjeskyddet monteras och demonteras. Att spänningsnivåerna går över 100 MPa i monteringskedet och därmed sträckgränsen för plasten låter oroväckande. Däremot om jag granskar FEM-simuleringen närmare så ser jag att de höga spänningsnivåerna är väldigt lokala. Att de är så lokala och koncentrerade till ett litet område innebär att man inte behöver oroa sig för permanenta deformationer som skulle inverka på snäppfunktionen.

Detta visar också på vikten att tänka efter då modellen byggs upp för FEM-simulering. Små kanter och hörn ger enkelt lokala, höga spänningskoncentrationer. FEM-simulering är ett bra verktyg som kräver eftertanke och erfarenhet av användaren under modellerings-, simulerings och resultattolkningsskedet. Vid simuleringskedet är det ytterst viktigt att tänka efter vad det är man vill testa och hur modellen låses och med vilka restriktioner. En felaktig simulering ger ett resultat som man inte har någon nytta av. Om man har kunskap och förståelse att hantera dessa två skeden kan resultatet också tolkas kritiskt och användas för utformning, optimering och testning av konstruktioner.



Framtidsutsikterna för mina utvecklade fästen är inte klara i detta skede. I detta skede har offertförfrågningar skickats ut för att ta reda på hur mycket det skulle kosta att tillverka dem. Det skulle vara skäl att inledningsvis tillverka de fästen som passar ihop med den elmotor som är vanligast för elcyklar. En idé för att sänka verktygskostnaderna för de fästen som är 1 mm tjocka (Shimano och Bafang) är att istället tillverka dem av 1,5 mm plåt och inte ha några inpressade avstyvningar. Detta skulle medföra att fästen blir tyngre, men pengar skulle sparas in eftersom det inte skulle behövas pressverktyg för avstyvningarna.

## 6 Källförteckning

Adams, V. & Askenazi, A., 1999. *Building better products with Finite Element Analysis*. Santa Fe, USA: OnWord Press.

Brennert, S., 1993. *Materiallära*. Värnamo: Fälths Tryckeri.

Heinze, P. & Schmidt, I., 2016. *Finite Element Method an Introduction*, u.o.: Hochschule Wismar.

Herrmans, u.d. [Online]  
Available at: <http://www.herrmans.eu/start-english/corporate/history>  
[Använd 6 4 2017].

Herrmans, u.d. [Online]  
Available at: <http://www.herrmans.eu/start-english/corporate/about-us>  
[Använd 6 4 2017].

Kallvi, M., 2007. *Formning av det höghållfasta stålet HARDOX*, Linköping: Linköpings Universitet.

Karhunen, J., 2012. *Lujuusoppi*. u.o.:Otatieto.

Malloy, R., 1994. *Plastic Part Design for Injection Molding*. München, Tyskland: Carl Hanser Verlag.

Rosato, V. R. D. R. M., 2000. *Plastics Design Handbook*. Dordrecht, Nederländerna: Kluwer Academic Publishers.

SSAB, u.d. [Online]  
Available at: <http://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/metallipinnoitetut-terakset/steelselector/metal-coated-formable-steels>  
[Använd 6 4 2017].

Valtanen, E., 2013. *Tekniikan taulukkokirja*. Mikkeli: Genesis-kirjat Oy.