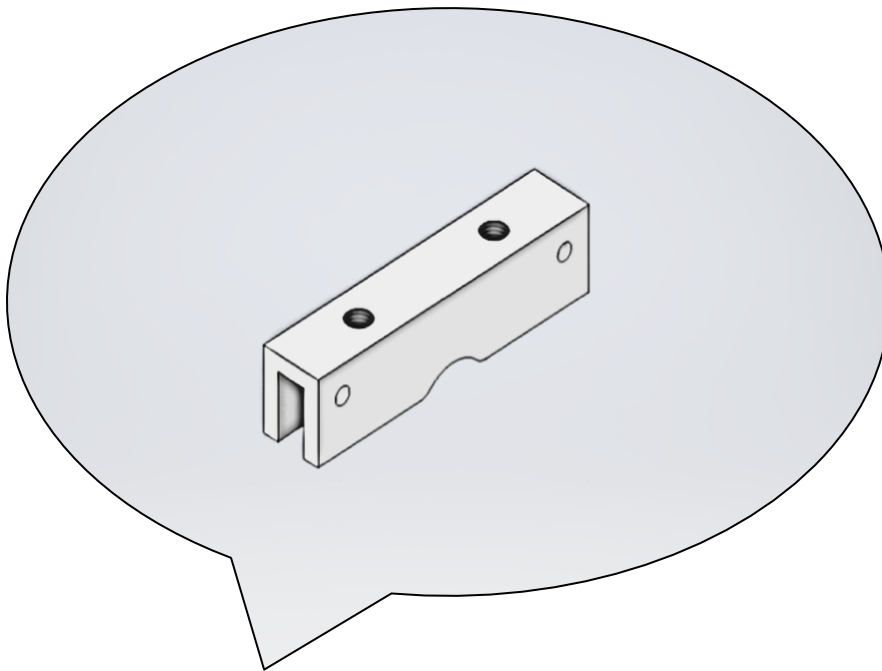




Produktutveckling av fixeringsblock Prisreducering med alternativa material

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Taghi Moradi
Klas Udd

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
Avdelning Konstruktionsmaterial
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2019
Examinator: Peter Hammersberg.

Produktutveckling av fixeringsblock

Prisreducering med alternativa material

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet

TAGHI MORADI

KLAS UDD

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Avdelning Konstruktionsmaterial

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2019

Produktutveckling av fixeringsblock
Prisreducering med alternativa material

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

TAGHI MORADI
KLAS UDD

© TAGHI MORADI, KLAS UDD, 2019

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
Avdelning Konstruktionsmaterial
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0) 31 772 57 70

Omslag:
Teoretisk och simplificerad modell över block.

Tryckeri: Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
Göteborg, Sweden, 2019

FÖRORD

Följande examensarbete är utfört av två studerande på Chalmers Tekniska Högskola våren 2019. Arbetet är en del i Maskiningenjörsutbildningen med inriktning konstruktion och utbildningen omfattar 180 hp varav examensarbetet står för 15 hp.

Vi skulle vilja ta tillfället i akt att tacka alla inblandade. Framförallt ska företaget vi varit på ha ett stort tack. Utan er hade detta projekt inte varit i närheten av genomförbart och vi vill tacka er väldigt mycket för de timmar ni har lagt till att visa hur saker och ting utförs på företaget och hur er produkt fungerar. Även tack för alla trevliga stunder och proffsigt bemötande samt betalda luncher och studiebesök på andra företag. Inte minst ska era kollegor ha ett stort tack även dem för att de bidragit till en bra stämning och trivsel.

Utan examinatorn, Peter Hammersberg, hade inte heller projektet varit möjligt. Även du ska ha ett stort tack för att vi känt att vi har uppbackning om det hade behövts och blivit uppmuntrad till examensarbetet. Även de kontakter vi haft med diverse företag ska ha tack för ett trevligt och hjälpsamt bemötande. De tillförde även dem till att examensarbetet blev mycket roligare.

Taghi Moradi och Klas Udd, Chalmers Tekniska Högskola.

SUMMARY

The purpose with this project is to reduce the cost of a component that is part of a product, without compromising the quality. The original component is fabricated in aluminium shaped by milling. An earlier prototype made from plastic composites did not fulfill requirements, mainly because of low stiffness, young's modulus of only 14 GPa.

Several competing concepts have been developed and weighed against each other to map strength and weaknesses, in order to select concepts with good potential for further developing and manufacturing. The first concept was to pressure die cast in zinc and the other was to inject mold in plastic composites. Both concepts have lower cost than the original aluminium concept, and the zinc concept has a more favorable cost from a full life cycle perspective than the concept involving plastic composites. Zinc also has a higher level of quality, is easier to cast, is stiffer with a higher young's modulus and has a lower impact on the environment. Though zinc has some implications when designing influencing the shape of the component, which was solved by iterative calculations and adjustments using finite element method.

Other than previously mentioned the thesis also involves other ways to reduce the manufacturing cost, choosing materials, the need to sometimes redesign the shape and loads to optimize balance function and manufacturability.

SAMMANFATTNING

Projektet syftade till att reducera kostnaden av en komponent i en produkt. Detta skulle utföras så kvaliteten inte påverkades negativt. Idag tillverkas produkten genom att fräsa ut komponenten ur ett aluminiumblock. Företaget har också tittat på prototyper i plastkompositer men plastkompositen de har kollat på har visat sig vara för vek trots att den hade en E-modul på nästan 14 GPa.

Genom ett produktutvecklingsarbete har flera koncept utvecklats och därefter sällats. De koncept som rapporten har kommit fram till har en god utvecklings- och tillverkningspotential. Resultatet visade att pressgjuta i zink skulle leda till en kostnadsreducering som dessutom bibehåller kvaliteten. Fördelen med zink är att det är ett material som är lätt att gjuta i, miljövänligt och den har högre E-modul än aluminium. De valda koncepten har analyserats noga med FEM-beräkningar och dessa har visat att koncepten klarar av de kriterier som har ställts.

Utöver konceptgenerering så har projektet behandlat områden som hur man sänker tillverkningskostnaden på den befintliga modellen, materialval, formändringar och även hur mycket man kan behöva kompromissa för att ett koncept ska vara bättre än ett annat.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Precisering av frågeställning	1
1.3.1 Frågeställningar för projektet	1
1.3.2 Kundkrav på fixturblock.....	1
1.3.3 Önskemål från kund	2
1.4 Avgränsningar	2
2 TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1 Produkten även kallat ”blocket”	3
2.2 CAD och FEM-analys	3
2.3 Programmet CES Edupack	4
2.4 Pugh-matris.....	5
3 METOD	6
3.1 Projektmetodik och förstudie	6
3.1.1 Existerande produkter och observation	6
3.1.2 Test av tidigare modeller	6
3.1.2 Intervjuer / möte	7
3.1.3 Studiebesök.....	7
3.1.4 Kano modellen.....	7
3.1.5 Konceptgenerering	7
3.1.6 Kravspecifikation	8
3.1.7 Brainstorming.....	8
3.1.8 Prototyp, test och kostnadsberäkning	8
3.2 CAD och FEM-analys	8
3.3 Konceptval.....	8
4 PROBLEMFORMULERING OCH ANALYS.....	9
4.1 Problemidentifiering.....	9
4.2 Befintligt block	9
4.3 Kartläggning av konkurrenter.....	9
4.4 Kartläggning av befintliga prototyper	10
4.5 Skapa mätbara kriterier.....	10
4.5.1 Friktionsmätning av block	10
4.5.2 Mätning av utböjning hos block	11
4.5.3 Specificering av ytterligare kriterier och nedbrytning av företagets image	12

4.6 Böjstyvhet hos blocket	13
4.7 Anpassning till FEM.....	13
4.7.1 Identifiering av belastning, krafter och mätpunkter	13
4.7.2 Verifiering med verkligheten	14
5 MATERIALSTUDIER OCH KONCEPTFRAMTAGNING	15
5.1. Val av material till koncept från CES Edupack.....	15
5.2 Skapandet av nya koncept som förtjänar fördjupning.....	16
5.3 Fördjupning och val av plastkomposit	17
5.4 Fördjupning i zink	18
5.4.1 Skapandet av CAD-modell i zink.....	19
5.5 Jämförelse mellan zink och plastkomposit.....	19
5.6 Utvärdering av zink-koncept mot kundens krav och önskemål	21
6 FÖRSTÄRKNINGSANALYS AV CAD-MODELL I ZINK.....	23
6.1 Ribbdesign.....	23
7 DISKUSSION OCH SLUTSATS	25

1 INLEDNING

I detta kapitel beskrivs arbetets bakgrund och syfte samt vilka frågeställningar som arbetet skall besvara. Till sist presenteras även de avgränsningar som har gjorts.

1.1 Bakgrund

Företaget i fråga tillverkar för tillfället en detalj genom att fräsa ut ett block ur ett stycke aluminium för att sedan eloxera. Detta är en detalj som företaget tidigare har funderat på möjligheter till kostnadsbesparing och ansåg detta problem vara ett lämpligt examensarbete.

Företaget har värderingar om miljön och att minska miljöutsläpp på sitt eget vis. De håller också stor vikt vid att leverera kvalitet och en gedigen och bra produkt och kan anses lite som en Rolls Royce i deras bransch genom att leverera en vältänkt och avancerad produkt.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att reducera tillverkningskostnaden för företagets fixturblock som håller fast deras utrustning, se figur 2.1.

1.3 Precisering av frågeställning

Frågeställningen delas in i vad kunden direkt sagt och efter det så ställs frågeställningar för projektet upp.

1.3.1 Frågeställningar för projektet

1. Hur sänks tillverkningskostnaden?
2. Finns det alternativa material som är billigare och mer lämpade?
3. Behöver formen ändras för att tillåta andra material?
4. Hur mycket kan man kompromissa för ett givet framtaget koncept?

1.3.2 Kundkrav på fixturblock

1. Ej kräva ytterligare verifieringar. Det vill säga inte ändra för mycket på beprövad produkt.
2. Utrustningen ska kunna tas av från stängerna, pinnarna som sticker upp från fixturen, och kunna sättas tillbaka lätt. Det vill säga stängerna får inte spreta isär åt något håll. Detta är mätbart och jämförs med tidigare block.
3. Korrosionsbeständig och tåla både petroleumprodukter och ha god beständighet mot lösningsmedel.
4. Billigare än nuvarande, intjänandet av engångskostnader som till exempel gjutverktyg ska ske inom ett år.
5. Ej glida alltför mycket sämre på axeln åt något håll än nuvarande fixtur.
6. Stängerna ska vara demonterbara.

1.3.3 Önskemål från kund

1. Etikettficka eller något sätt för att få på logotyp.
2. Ökad upplevd kvalitet.

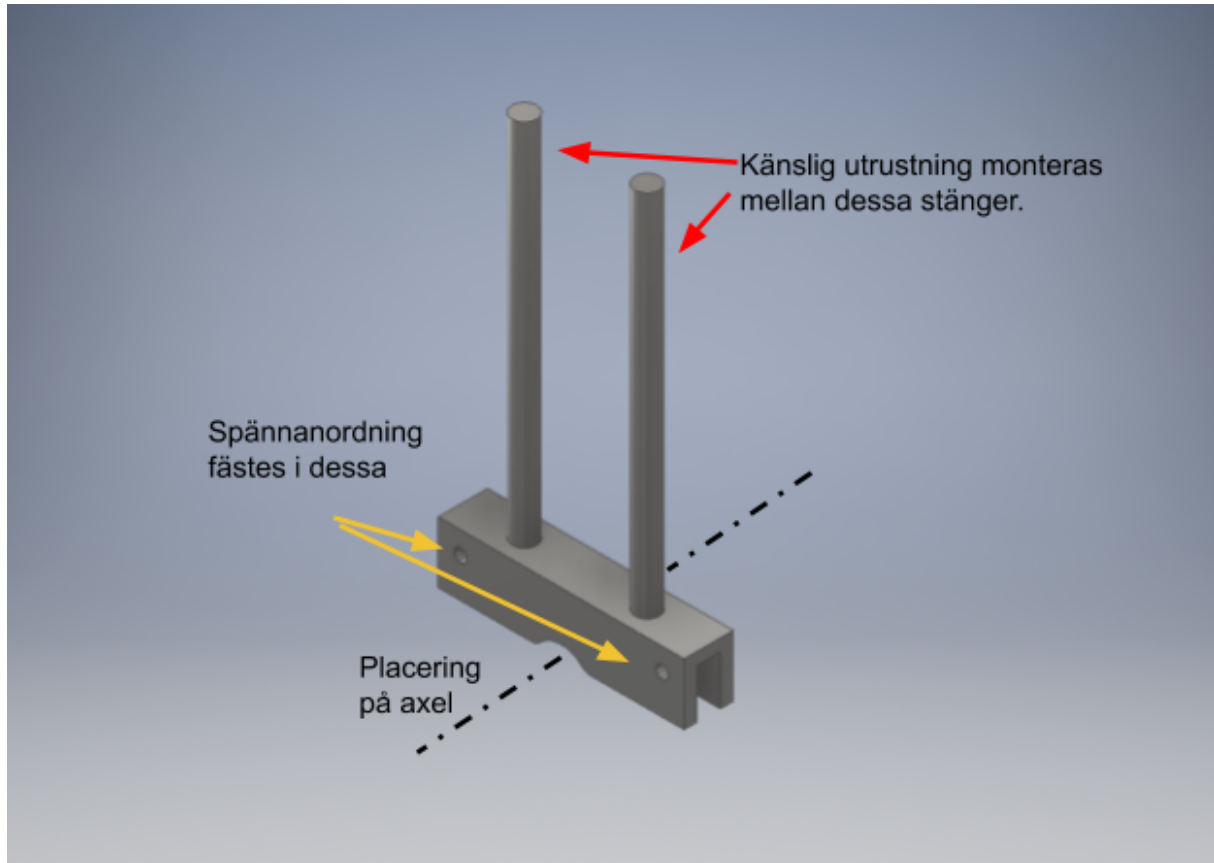
1.4 Avgränsningar

Examensarbetet kommer endast att behandla blocket och inte ändra alltför mycket på nuvarande form och utförande eftersom detta i sin tur kräver mycket verifiering. Tiden är begränsad till omkring 12 veckor.

2 TEORETISK REFERENSRAM

Under projektets gång användes en del teori och begrepp som kan vara bra att förstå. Dessa förklaras här kort under kapitel 2.

2.1 Produkten även kallat "blocket"



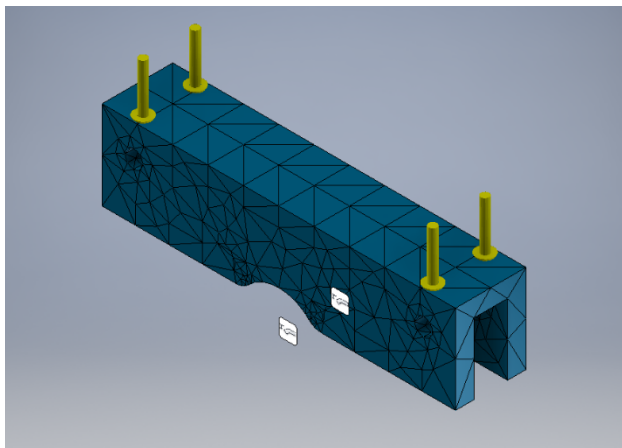
Figur 2.1 - Teoretisk bild på blocket som behandlas.

I figur 2.1 synes en teoretisk och beskrivande bild på hur detta block som produktutvecklingen behandlar ser ut. Blocket är den profilbalken som synes i figuren. I rapporten kallas detta för "block" men är en ihålig profil i just detta fall som även syns i figuren. I detta block sitter två stänger monterade och det är på dessa stänger som företaget monterar sin utrustning. Utrustningen är känslig och ställer krav på att blocket är robust. Blocket monteras sedan på en axel med hjälp av sin urfräsning för fixering och en kedja som dras runt axeln med en spännskruv i ena änden. Denna kedja sitter monterat i blocket i de hål som de gula pilarna pekar på. Anledningen till att en kedja används är för att blocket ska sitta helt still och inte röra sig. Hade kedjan istället varit ett gummiband hade blocket riskerat att röra sig vid montering i olika vinklar eller vid yttre beröring samtidigt som tillräcklig klämkraft på axeln är svårt att uppnå utan kedja.

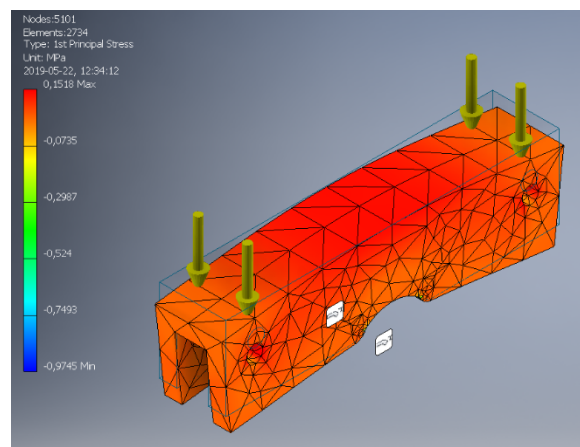
2.2 CAD och FEM-analys

CAD står för "computer-aided design" och är som det låter att man tar hjälp av datorer för att till exempel underlätta skapandet av produkter, som analyseringsverktyg eller på något vis optimera en design. CAD programvaror är skapta för att öka produktiviteten, kvaliteten och underlätta dokumentering genom digitalisering. I rapporten används endast solidmodellering och det innebär att kroppen som skapas digitalt är en homogent fylld kropp. Dessa solidmodeller är lätta att importera in i ett beräkningsprogram eller att verifiera mått och passform bland andra detaljer utan att behöva bygga en fysisk modell. [3]

FEM betyder "finite element method" eller på svenska "finita elementmetoden" och är en numerisk metod för att lösa beräkningsproblem. Kortfattat skapar FEM-program ett nät av styckvis homogena element som används i solidmodellen för att sedan beräkna spänningar, töjningar och deformation längs linjerna och knutpunkterna i detta nät. Sedan kan man med hjälp av programmet visualisera dessa storheter och jämföra samt analysera. Rutnätet som kallas "mesh" finns visualiserat i figur 2.2.



Figur 2.2 – Bild på rutnätet kallat "mesh" inne i "Stress Analysis" i programmet.



Figur 2.3 – Bild på visualiserade spänningar.

I figuren 2.2 syns hur ett typiskt indelat "mesh" ser ut. Kring osäkra punkter är det fördelaktigt med ett tätare rutnät. Dessa osäkra punkter är ofta nära randvillkor och svåra eller mer oregelbundna geometrier. I figur 2.3 finns ett typiskt exempel på hur spänningar ofta visualiseras. Som överslag får man en färgskala med spänningarnas storlek och sedan i figuren finns spänningarna utmålade med färgskalan. Möjligheten finns även att kolla åt vilket håll figuren rör sig för att kunna verifiera att laster och randvillkor är satta rätt. Detta visualiseras i figur 2.3 det vill säga att man ser att blocket böjer sig nedåt. [4]

2.3 Programmet CES Edupack

Till projektet har materialvalsprogrammet CES Edupack använts flitigt. Detta program är en materialdatabas med många material och tillverkningsmetoder som finns dokumenterade. Programmet är skapt i ett syfte att lära ut och man kan därför välja vilken inriktning i programmet man vill ha åt. Exempel på inriktningar är "Engineering" eller "Biology". Sedan

till hjälp finns det olika nivåer beroende på hur avancerade studier man ska göra eller hur insatt man är i materiallära. CES Edupack är således ett kraftfullt program med många snabba och bra verktyg för att plocka fram grafer och jämförelser bland material.

2.4 Pugh-matris

Pugh-matrisen är en metod för att utvärdera, välja och utveckla koncept. Denna uppfanns av Stuart Pugh och är en simpel och lätt metod att använda och den går ut på att man skapar kriterier som man sedan ger poäng beroende på hur väl kriterierna uppfylls. Sedan summeras poängen så man kan rangordna koncepten. Om man vill ha en noggrannare jämförelse kan man sedan väga kriterierna mot varandra. Fördelen med dessa matriser är att subjektiva åsikter om något koncept gentemot ett annat kan bli mer jämförbara. En annan fördel är att man kan utföra studier som annars är ganska känsliga. Ett exempel på detta skulle kunna vara att se hur mycket sina synpunkter på ett lägre rangordnat koncept behöver ändras för att det ska rankas högre än ett annat alternativ.

Tabell 2.1 – Pugh-matris över skapade koncept.

	REF	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Kriterie 1	0	++	0	-	+	++	0	--
Kriterie 2	0	+	0	0	-	0	0	+
Kriterie 3	0	-	-	-	--	-	+	-
Kriterie 4	0	+	--	-	-	+	-	--
Kriterie 5	0	+	0	-	--	+	0	+
Summa =	0	4	-3	-4	-5	3	0	-3

Ett plus betyder att det är bättre än referensen och två plustecken betyder att den är mycket bättre än referensen. Sedan summeras alla plustecken och man tar bort de minustecken som finns för att få ett resultat. Man kan istället för plus och minustecken ha siffror. [5]

3 METOD

Kortfattad förklaring av metoderna som användes, hur och kort varför. Utgick ifrån en projektmetodik som illustreras nedan i kapitel 3.1.

3.1 Projektmetodik och förstudie

Som utgångspunkt användes en tidigare känd projektmetodik med tydliga steg. [1] Eftersom inte alla steg ansågs lika viktiga lades det olika tid på stegen. Vissa var bara ett kort konstaterande utan någon vidare studie. Till exempel var Kano-analysen bara kort bestående av baskrav och inga omedvetna behov. Detta för att hålla omedvetna behov väldigt öppet och inte bli hindrad på tidigt stadie. Genom att hålla det väldigt öppet fanns förhoppningar på att behov som inte tidigare var kända skulle upptäckas.

Först började i alla fall projektet med en förstudie som i detta fall var att sätta sig in i företagets sätt att arbeta och hur deras produkter fungerar. Detta gjordes genom att tidigt få tillfälle att testa deras produkter och använda dem i en kontrollerade miljö under bevakning.

Förstudiens syfte är att titta på nuvarande lösningar och hitta vilken del av produkten som påverkar priset mest. Vad är det som orsakar det höga priset och vad kan göras för att minimera det? Det är viktigt att vara noga i denna del av arbetet för att undvika onödigt arbete som i slutändan visar sig vara mindre effektiv än det som hade förväntats från början. Förstudien lägger även grunden för att förstå problemet 100 % och hitta parametrar som påverkar resultatet av den nya produkten under tillverkning, val av material osv.

Därför gjordes en grundlig undersökning av befintliga produkter och dokumentation som var tillgänglig sen innan.

3.1.1 Existerande produkter och observation

Ett viktigt steg som är givande att göra är att titta på den befintliga produkten. Undersöka vilka delar som bidrar till de olika funktionerna. Under detta steg är det viktigt att förstå hur produkten fungerar. I samband med projektets start undersöktes den befintliga produkten och dokumentation gjordes, se resultat under kapitel 4.2.

3.1.2 Test av befintliga modeller

Företagets önskan är att minska kostnaden för produkten med bibehållen eller utvecklad funktion. Kvalitet är svårt att mäta men en uppskattning av befintliga produkter gjordes. Med detta som utgångspunkt gjordes tester av de gamla produkterna. Även konkurrenternas produkter testades. Detta utfördes för att kunna se vad som skiljde sig mellan företagets och konkurrenternas produkter. Två tester, friktionsmätning och utbøjning, utfördes. Testernas utförande förklaras under kapitel 4.5.1 och 4.5.2.

3.1.3 Intervjuer

Under projektets gång hölls flera möten tillsammans med handledare och deras chef. Under dessa möten diskuterades projektets läge och var ett tillfälle att bolla idéer. Det fördes även diskussioner kring punkter som kunde förbättras eller ändras för att få bättre resultat. Mötena var väldigt givande eftersom handledarna har jobbat med detta under flera år och samlat på sig mycket erfarenhet med produkten i fråga. Vid dessa möten presenterade även företaget tidigare forskning och framförde vad som inte har fungerat förut. Företaget nämnde bland annat vilket plastmaterial som har testats tidigare och de studier som har gjorts på modellerna.

3.1.4 Studiebesök

För att förstå problemet bättre och få svar på frågor som dök upp i samband med konceptgenerering föreslog handledarna ett studiebesök hos zinkteknik i Bredaryd. Under projektets arbetsgång dök det upp frågor som till exempel ytbehandling, släppningsvinklar samt möjligheten att kombinera olika material. Företaget som besöktes under studiebesöket var ett bra val med tanke på deras erfarenhet inom det område som berörde ett av koncepten. I Europa är de ett ledande företagen inom pressgjutande av zink. Eftersträvan efter automatisering och bra kvalitet utan bearbetning efteråt leder till att utgifterna för kunderna hölls nere. Verktygsframtagning brukar vara en stor kostnad och därför har företaget nära samarbete med underleverantörer till att tillverka verktygen till produktionen. Företaget anser att det är väldigt högt prioriterat att verktygen kan prestera bästa möjliga kvalitet och kapacitet till en rimlig kostnad vilket är ett bra tecken för projektets mål.

3.1.5 Kano-modellen

Kundens, i detta fall företaget, efterfrågan är det viktigaste i projektet. Därför gjordes en Kanoanalys för att se de tre olika nivåerna av kundbehov. Kundbehoven delas upp i tre delar. Baskrav, prestandakrav och omedvetna krav. Det är de omedvetna behoven som bidrar mest till att kunden upplever ett ökat värde och kan vara avgörande i att kunden väljer en produkt över en annan. Baskrav är grundläggande för att göra kunden nöjd.

3.1.6 Konceptgenerering

Konceptgenereringen utgick från minimumkraven som kunden hade på produkten men utöver dessa gjordes det försök till att skapa mer utforskande koncept. Genom att kartlägga intressanta material som misstänks ska kunna uppfylla kraven på funktion. Konceptgenerering är relaterat till kreativitet och ingenjörsmässigt användes metoder som till exempel tankekartor, brainstorming, funktions- eller kvalitetsbaserad analys och sätt att bryta ner problemet för att tänka om och hitta alternativa lösningar. Vid konceptgenereringen lades även tid till att skapa koncept som hade som huvudfunktion att vara miljövänligt. Ett exempel var att utforska materialet trä.

3.1.7 Kravspecifikation

En kravspecifikation sammanställdes genom att undersöka vad som är krav respektive önskemål från kundens sida. En kravspecifikation är fördelaktigt att göra eftersom den slutgiltiga produkten kan kontrolleras och därmed se om kraven har uppfyllts.

3.1.8 Brainstorming

Brainstorming är ett bra verktyg för att komma på många idéer under kort tid. Därför gjordes en strukturerad brainstorming. Det är viktigt att låta fantasin flöda under brainstorming och inte begränsa sig själv, det är det som är målet med brainstorming. Genom att göra detta skapas det många idéer och därmed större material att utgå ifrån. Det är en kreativ fas där de udda eller smarta idéerna kan komma fram.

3.1.9 Prototyp, test och kostnadsberäkning

Det har inte gjorts någon prototyp i projektet på grund av höga verktygskostnader och begränsning av tid.

3.2 CAD och FEM-analys

För att visualisera koncepten konstruerades dessa i CAD-programmet Inventor. Anledningen till valet av Inventor var att företaget använder detta och tidigare modeller hade också gjorts i Inventor. Syftet med modelleringen var att kunna se hur koncepten kan se ut i verkligheten och kunna jämföra med nuvarande lösningar.

Genom att göra modeller i Inventor kunde även FEM-beräkningar göras. Beräkningar gjordes för att hitta värden på utböjningar och spänningar som kan uppkomma vid montering av fixturblocket på en axel. Hur FEM-beräkningarna utfördes finns beskrivet i kapitel 4.7.

3.3 Konceptval

Med hjälp av företaget, egna diskussioner och Pugh matris valdes ett slutgiltigt koncept. Koncepten som inte uppfyllde kraven eller inte var realiserbara sorterades bort. Resultatet illustreras under kapitel 5.2.

4 PROBLEMFORMULERING OCH ANALYS

Här beskrivs hur problemet identifierades och hur informationen togs fram för att sedan formulera problemet. Mätbara kriterier skapades och problemet kunde med hjälp av analyser formuleras i FEM och verifieras med verkligheten.

4.1 Problemidentifiering

Först och främst gjordes en studie på de befintliga produkterna inklusive företagets egen lösning på problemet. Dessa kartlades och ställdes upp i jämförelse med varandra mestadels för att få en vana på produkten i fråga och även för att fundera mycket på varför de löst problemen på olika vis men även varför de valt samma lösning. Efter det skapades mätbara kriterier för att kunna utvärdera framtida lösningar och för att mäta resultatet av projektet. Resultatet av dessa går att läsa i kapitel 4.5.

4.2 Befintligt block

Av upphovsrättsliga skäl visas ingen riktig bild på blocket. Detta tillverkas nuförtiden ur ett aluminiumblock som sedan fräses till dess slutgiltiga form. Hål görs och även gängning för att fästa stängerna i själva blocket. Till sist läggs en företagslogga innan blocket eloxeras. Eloxeringen ger en halvmatt finish med en färg som liknar aluminium.

Det är värt att notera att som spännanordning används en kedja som spänns med en spännskruv och denna går att dra åt hårt och sätter då stora påfrestningar i blocket. Detta eftersom blocket inte ska glida mot en hal axel i stål.

4.3 Kartläggning av konkurrenter

Kartläggningen gjordes på så vis att man kände och klämde och dokumenterade skillnader samt likheter samtidigt som man definierade någon typ av identitet hos konkurrenternas block. Till exempel så definierade man om det var tal om ett block som skulle föreställa något dyrt och exklusivt eller något som bara skulle vara så billigt som möjligt eller passa in hos resterande delar i produkten. I tabell 4.1 illustreras hur en typ av jämförelsetabell skapades.

Tabell 4.1 Kort sammanställning av kartläggning.

	Material	Tillverkningsmetod	Ytbehandling	Upplevd kvalitet och pris
Nuvarande block	Aluminium	Fräsning ur block	Aluminiumliknande eloxering	Hög, dyr
Konkurrent 1	-	-	-	-

Konkurrenterna hade lite olika idéer på hur detta block skulle se ut men generellt sett såg de snarlika ut. Alla var tillverkade i aluminium men lite olika typer av ytbehandlingar och någon variant som bestod av flera hopskruvade aluminiumdetaljer.

4.4 Kartläggning av befintliga prototyper

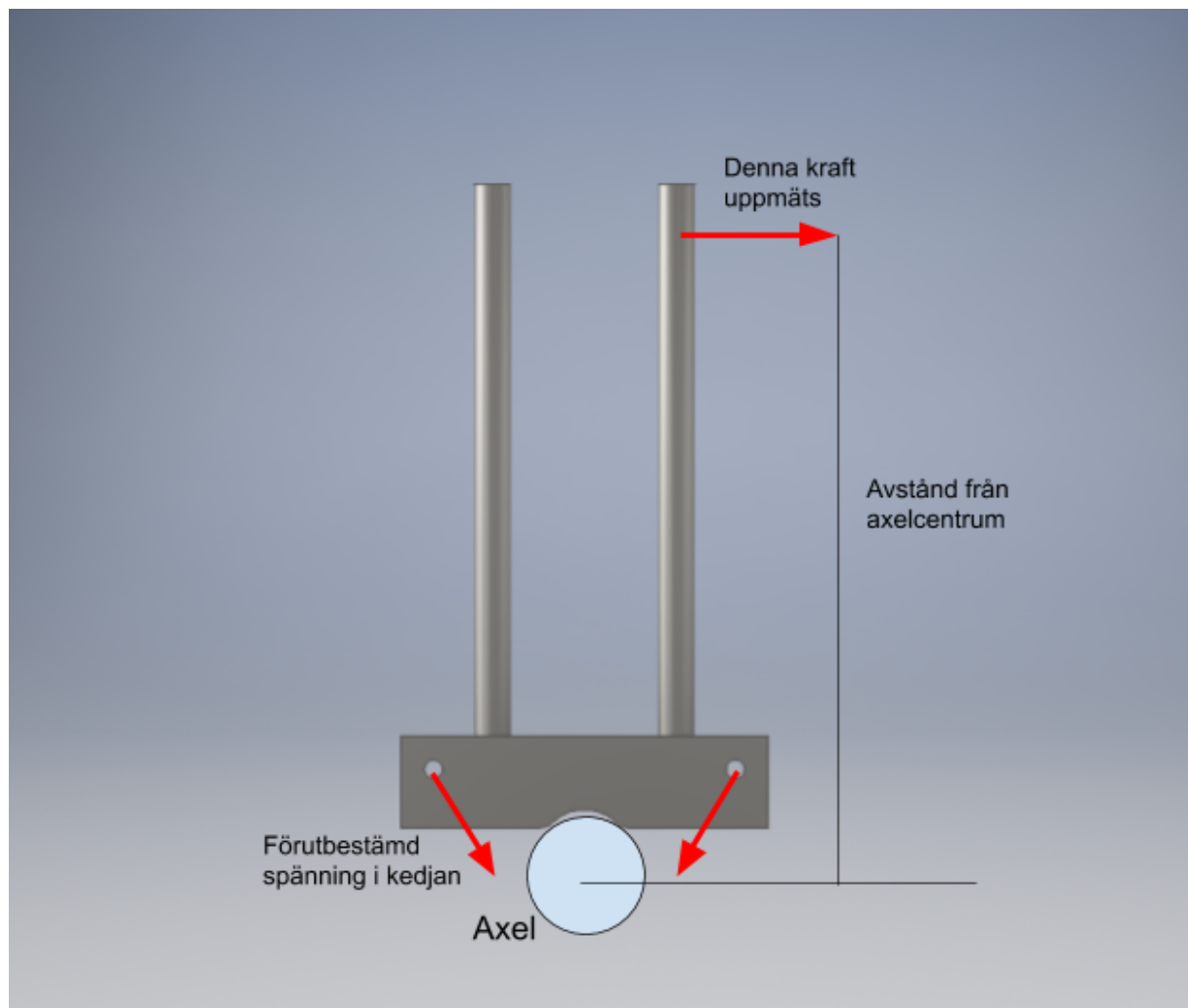
Företaget i fråga hade tidigare kikat på alternativ i plastkompositer och även öppnat diskussionen för zink. En prototyp tillverkat i PPS-plast med 40% glasfiber hade företaget tidigare prövat med liknande form som deras befintliga block fast med mindre förstärkningar. Denna plastkomposit är något av de starkare plastkompositerna med en E-modul runtomkring 13,8GPa. Denna var alldeles för vek och satte istället gränsen för vad vi praktiskt vet inte fungerar i form av E-modul. Detta blev sedan användbart när alternativa material letades upp.

4.5 Skapa mätbara kriterier

Företaget har sedan innan börjat med en framtagning av metoder för att mäta två kriterier. Dessa utvecklades och användes för att mäta prestandan hos befintliga block. Eftersom detta är nyckelpunkten i ett strukturerat utvecklingsarbete och genom att man kan mäta både utgångsläget i produktutvecklingen och resultatet vet man om man har gått i mål.

4.5.1 Friktionsmätning av block

Denna metod går ut på att man drar åt spännskruven, som sitter i ena änden på kedjan, med ett fast moment och man drar sedan vinkelrätt i ett förutbestämt avstånd från axeln på en av stängerna för att bestämma vid vilket moment som blocket börjar att glida på axeln. I figur 4.1 finns visualiserat hur detta utfördes.

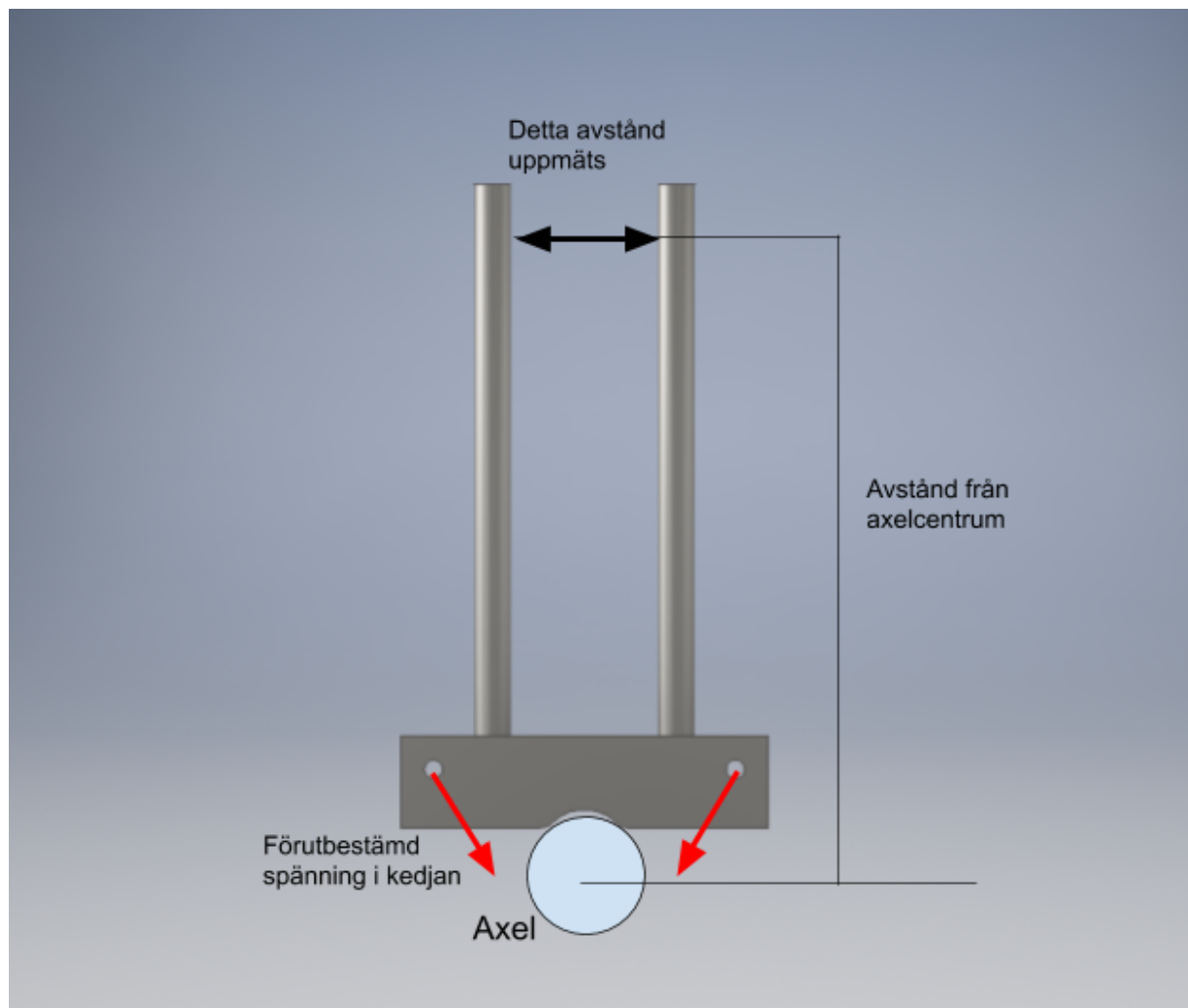


Figur 4.1 - Bild på ett block fastsatt på axel med kraftpilar utritat.

Denna typ av analys gjordes på alla olika typer av block som det fanns möjlighet till. Efter det dokumenterades dessa och analysen till huruvida vad som påverkade de olika resultaten påbörjades. Denna gjordes med tre olika åtdragningsmoment samt upprepade gånger för att få en mer pålitlig data.

4.5.2 Mätning av utböjning hos block

Inspänningen och monteringen av fixturblocket görs likadant som i kapitel 4.5.1 och sedan mäts avståndet mellan stängerna med hjälp av ett digitalt skjutmått från ett förutbestämt avstånd från axeln. Genom att jämföra avståndet före och efter monteringen kunde man få ett mått på hur mycket stängerna spretar isär. Denna gjordes också med tre olika åtdragningsmoment för att få en bättre pålitlig data. Utförandet beskrivs även i figur 4.2.



Figur 4.2 – Bild på hur mätningen av hur mycket stängerna spretar isär utförs.

4.5.3 Specifiering av ytterligare kriterier och nedbrytning av företagets image

Eftersom hela poängen med produktutvecklingen handlar om kostnadsbesparingar är även detta ett kriterie om inte det absolut viktigaste. Andra saker som företagets värderingar och hur andra upplever företaget är något som företaget vill behålla. Därför behövdes dessa brytas ner till mätbara kriterier.

Något som är svårt att mäta är kvalitet, det finns många faktorer som påverkar den upplevda kvaliteten. Till exempel hårdhet, ytbehandling, reptålighet, estetik etcetera. Genom att bryta ner kvalitet i funktioner och mekaniska egenskaper kunde man göra den upplevda kvaliteten mätbar. Eftersom till exempel hårdhet på ytan är mätbart och även reptålighet. Till sist får man även ta hänsyn till det mer abstrakta kriteriet estetik. Estetiken på ett fixturblock är inte lätt att mäta utan okulärt bedömdes detta genom att tillsammans med handledare och anställda diskutera sig fram till ett resultat.

För att få en uppfattning om dessa kriterier användes den befintliga produkten som referens och sedan materialdata ifrån CES Edupack. Där gick även att hitta data på beständighet mot diverse olika kemikalier och ämnen. Till sist identifierades företagets värnande om miljön och

att deras produkter anses vara exklusiva och för att bibehålla företagets image skapades kriterier att dessa skulle bibehållas om inte förbättras.

4.6 Böjstyvhet hos blocket

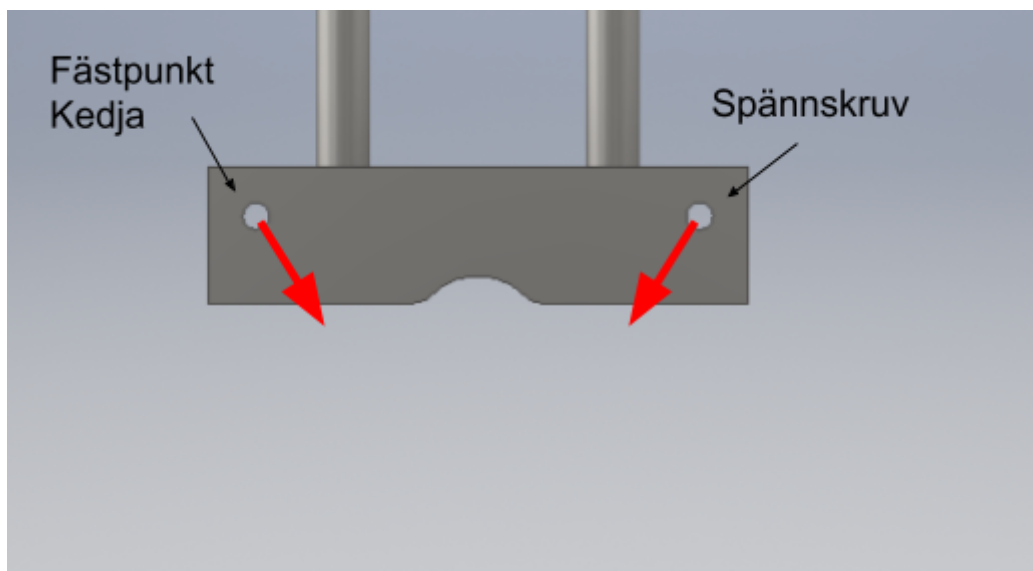
Genom att förenkla modellen mycket och tänka lite så inser man att det handlar om balkböjning med ett varierande tvärsnitt. Kollar man i vilken riktning belastningen utförs så inser man ännu mer att man kan dela upp krafterna i vertikala och horisontala och att det är bara de vertikala som ger böjning hos blocket. Då inser man även sedan att det endast är talan om balkböjning och problemet blir lätt att formulera, analysera och knyta till verkligheten.

4.7 Anpassning till FEM

För att ha möjlighet att utvärdera hållfastheten hos koncept och verifiera att de inte går sönder och håller en tillräckligt god styvhet för dess användningsområde så behövdes problemet formuleras i CAD och FEM.

4.7.1 Identifiering av belastning, krafter och mätpunkter

Först och främst behövdes belastningen som de utsätts för identifieras. Detta gjordes genom att först identifiera krafternas angreppspunkter och riktning samt fundera på hur modellen kan verifieras i verkligheten. Eftersom blocket spänns fast med en kedja i stål kring axeln var det relativt simpelt att konstatera att krafterna som angriper på blocket utgår ifrån fästpunkterna till spännanordningen. Det vill säga på den sidan som kedjan sitter fast i blocket och på den sidan som spännskruven sitter på. Sedan faller det lika naturligt att mothållet är där blocket sitter på axeln. Se figur 4.3.



Figur 4.3 - Bild på kedjans fästpunkter.

Nu återstod det att beräkna vilka krafter som verkade i kedjan. Detta gjordes genom att man visste parametrar på skruven i fråga och med vilket moment man drog åt med. Bland alla typer av kedjespännare hos konkurrenter och företagets egna så användes bara två olika spännskruvar. En M6x1mm och en M8x1.25mm. Som friktion i gängan och mellan bult och bricka användes 0,35.

Ekvationen för att få fram det totala åtdragningsmomentet för given axiell kraft lyder:

$$M_{tot} \div Fax = 0,16 \times P + 0,58\mu \times d2 + \mu b \times rm \quad (1)$$

Detta gäller för en metrisk gänga. [2]

Tabell 4.2 - Tabell för indata till ekvationen för metriska gängor.

	M6x1mm	M8x1,25mm
Delningen P	1mm	1,25mm
Medelradien i gängan d2	5,350mm	7,188mm
Medelradien mellan bultskalle och ”bricka”, rm	4mm	5mm
Mtot/Fax (Totala åtdragningsmomentet / axiella kraften)	$2,291 \times 10^{-3}$	$2,951 \times 10^{-3}$

Värt att notera är att kvoten mellan M8 och M6 blir

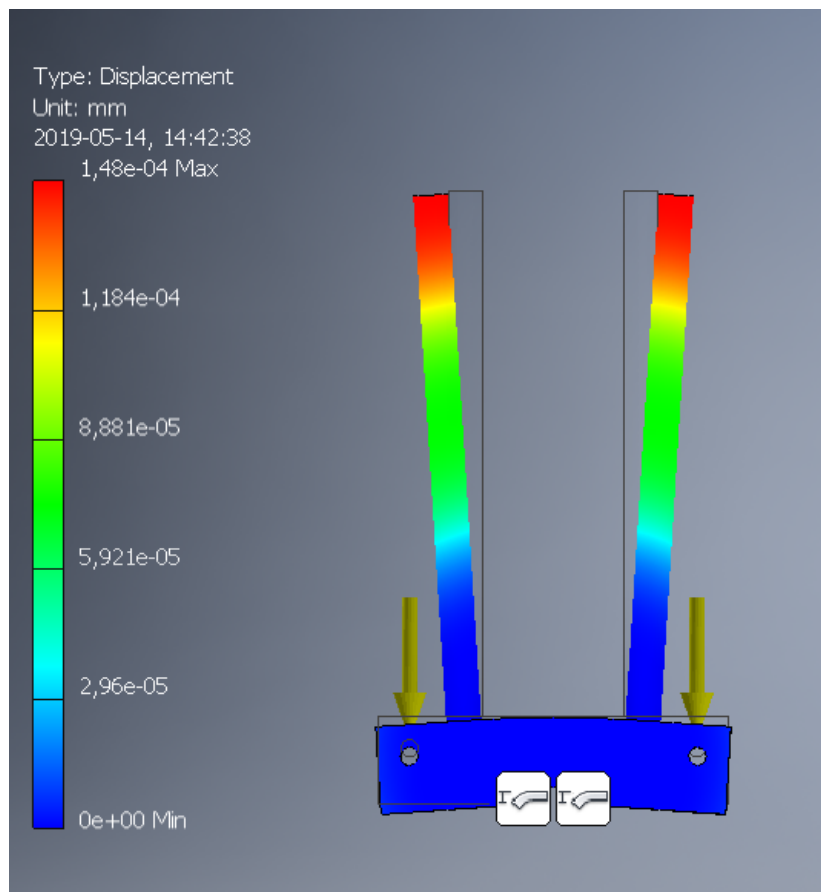
$$2,951 \div 2,291 \approx 1,288 \quad (2)$$

vilket betyder att det krävs ca 29% mer åtdragningsmoment för samma kraft i änden på kedjan för en M8 skruv jämfört med en M6. Därför är det viktigt att man jämför block med spännskruv och samma kedja. Olika grova kedjor påverkar även anläggningen runt axeln.

4.7.2 Verifiering med verkligheten

Nu återstod det att på något vis bekräfta att FEM-analysen är korrekt formulerad.

Eftersom det bara är tal om balkböjning och att stängerna förstärker utslaget av böjningen var måttet på hur mycket stängerna spretar isär ett mycket bra sätt att verifiera huruvida alla krafter, spänningar och deformationer stämmer överens med verkligheten. Med tidigare insamlad data kring hur mycket stängerna spretar isär vid en given åtdragning hos företagets befintliga block och en identisk modell i CAD var det bara att jämföra. Efter ett och annat misstag i villkoren hos krafternas angreppspunkter kom vi ner till en noggrannhet kring 0,1. Det vill säga att utböjningarna i verkligheten var kring 0,8 och modellen i FEM visade 0,78. Liknande var noggrannheten när samma sak utfördes med företagets prototyp i PPS.



Figur 4.4 - Bild på FEM-analysen i Autodesk Inventors egna analysverktyg vid analys av den teoretiska modellen.

Som synes i figur 4.4 ges förskjutningen av stängerna i en färgskala eller möjligheter att kolla på hur punkterna hos blocket har förflyttat sig i ett koordinatsystem. Eftersom det verkliga blocket inte är helt symmetriskt blir det bättre att summera en punkt från vardera stång. Detta görs genom att man plockar fram nodernas förflyttning. För att sedan kika på hur dessa har förflyttat sig i koordinatsystemet i den riktning som innebär att stängerna spretar ifrån varandra och till sist summerar vänstra och högra stängen för att få deras totala avstånd ifrån varandra.

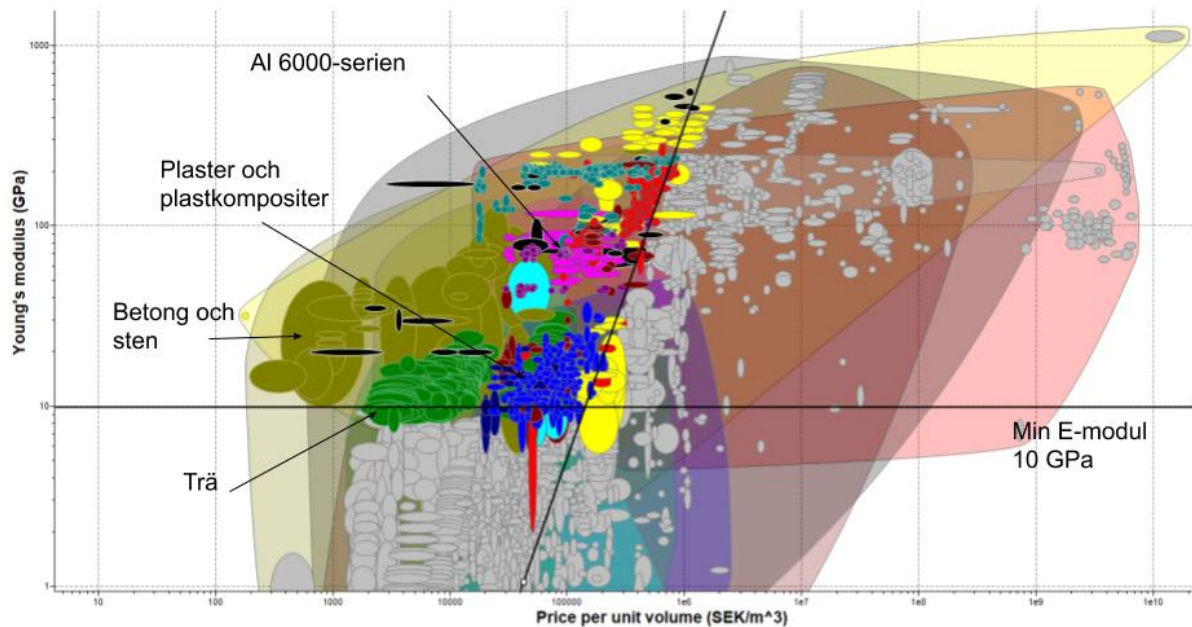
5 MATERIALSTUDIER OCH KONCEPTFRAMTAGNING

I denna studie låg mycket i att finna nya koncept och utforska möjligheterna hos material och även titta på om man kan få annorlunda material till att fungera om man fokuserade på blockets form. Det vill säga vart och hur mycket ska man förstärka för att möjliggöra ett mjukare mindre hållfast material.

5.1. Val av material till koncept från CES Edupack

De två största faktorerna som avgör hur lämpligt ett material är för ett block är främst hållfastheten och dess pris. Genom att slänga upp en karta i CES Edupack med alla

materialkategorier i en förenklad nivå gavs det möjlighet att lokalisera lämpliga materialgrupper. Efter att snabbt ha noterat ner lämpliga materialgrupper för ett block så gjordes en mer avancerad karta som syns i figur 5.1. Detta för att försöka pricka in de specifika materialen inom materialgrupperna som är lämpliga. Detta blev snabbt ganska avancerat vilket var anledningen till att göra en mycket ytligare analys först.



Figur 5.1 - Karta över alla lämpliga material med E-modul [GPa] på vertikal axel och $[kr/m^3]$ på horisontal axel.

I Kartan lades det in begränsningslinjer för att sälla bort material. Som tidigare nämndes kan man i CES Edupack välja olika nivåer beroende på hur detaljerat man vill att materialen visas. I de lägre nivåerna visas färre material jämfört med den mest avancerade som visar i princip alla tillgängliga material. På grund av begränsningar i de lägre nivåerna valdes den mest avancerade. Den svarta horisontella linjen i figur 5.1 representerar minimumkravet i E-modul. Den lutande svarta linjen skapades genom att ta log på kvoten mellan kr/m^3 och E-modul för Al 6000-serien vilket är det material som företaget för nuvarande använder. För att kompensera för fräsning och eloxering flyttades linjen mer till höger i bild. Den flyttades även ytterligare lite åt höger för att inte missa liknande material. Lutningen på linjen är 1,845 och räknades fram genom att ta $\log(4,5)/\log(80)$. Allt detta ger material som i teorin skulle kunna ersätta Al 6000-serien.

5.2 Skapandet av nya koncept som förtjänar fördjupning

Ur studierna från CES Edupack och dess grafer plockades lämpliga materialgrupper ut samtidigt som även lite mer experimentella koncept skapades. Dessa koncept, numrerade från 1 till 7, sattes sedan in i en Pugh-matris med den befintliga produkten som en referens. Se tabell 5.1. Vad de olika koncepten består av går att se i appendix A.

Tabell 5.1 – Pugh-matris över de skapade koncepten

	REF	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Behövs stålinsats	0	++	0	-	+	++	0	--
Tillverkningsmetod	0	+	0	0	-	0	0	+
Materialpris	0	-	-	-	--	-	+	-
Uppskattad upplevd kvalite	0	+	--	-	-	+	-	--
Miljöpåfrestning	0	+	0	-	--	+	0	+
Summa =	0	4	-3	-4	-5	3	0	-3

Efter matrisen ställdes frågan varför ett koncept var bättre än ett annat och om det fanns möjlighet att kombinera. Eftersom det fanns betydligt mer variabler att undersöka än det fanns tid att göra ett helt eget koncept varje gång så lades de istället ihop som en kombination. Ett exempel på detta är materialet och tillverkningsmetoder för aluminium. Istället för att skapa ett koncept som var aluminium och fräsning och ett annat koncept som var aluminium fast sandgjutning så varierades det andra konceptet med till exempel sandgjutning i stål. På så vis hölls antalet koncept nere men man fick vara djupare i sin reflektion över varför koncepten presterade som de gjorde.

5.3 Fördjupning och val av plastkomposit

Något av de billigaste alternativen från Pugh-matrisen är någon typ av formsprutning i plastkomposit. Priset var även den viktigaste kategorin och därför var plasterna en stor kandidat. Det största problemet hos plast är dess låga hållfasthet men på senare tid har tillverkning av allt fler kompositer i plast blivit vanligare och billigare.

En plastkomposit är en plast med någon typ av armering. Beroende på vilken plast man börjar med och vilken armering man har får man väldigt varierande styrka och egenskaper.

Armeringen brukar vara någon typ av fiber och vanligast är fibrer i antingen mineral, glas eller kolfiber. Man kan även variera längden och mängden av fibrer. Däremot uppkommer andra problem med plastkompositer. Till exempel är vissa plaster känsliga för fukt och suger åt sig fukten för att sedan svälla. De mest intressanta plockades sedan ut i en tabell. Se tabell 5.2.

Antalet plastkompositer är stort fast antalet riktigt starka plastkompositer som inte är någon typ av epoxi eller liknande. Av tabellen att döma är det nästan bara armering utav kolfiber som är intressant och det var ingen plast som klarar syror, alkalier och vatten bättre än PPS.

Tabell 5.2 - Tabell över de starkaste plastkompositer som inte är epoxi. Materialdata tagit från programmet CES Edupack.

Beteckning grund	Plast	% Fiber fiberlängd	Fibertyp	E-modul [GPa]	Tål ej:
PA66 (PA66-LCF40)	Polyamid/nylon	40% >5mm	Kolfiber	29-38	Svaga och starka syror, UV
SPS (PS-SY-CF40)	Polystyren	40% <5mm	Kolfiber	23,5-24,7	Tål dåligt starka syror, alkalier
PPS (PPS-CF40)	Polyfenylen sulfid	40% <5mm	Kolfiber	30,3-33,1	Riktigt bra på allt
PARA (PARA-CF30)	Polyarylamid	30% <5mm	Kolfiber	22,5-28,1	Syror, annars helt ok
PF (PF-GF45)	Phenol-formaldehyd	45% <5mm	Glasfiber	13,1-22,8	Alkalier

Priset på PPS-CF40 ligger omkring $1.65e5$ - $1.96e5$ kr/m³. För att jämföra med Al 6000-serien räknar man

$$0.0336445m^{(3)} \times [kr/m^{(3)}] \times [Emodul\ Al\ 6000serien / Emodul\ plast] \quad (3)$$

Detta för att få fram en mer rättvis jämförelse eftersom man behöver mer mängd material o man använder ett material med sämre E-modul.

Priset för en PPS-CF40 resulterar med ekvation (3) i

$$3.36445e - 5 \times 1.8e5 \times (70/31,5) = 13,46kr.$$

Detta är utan att räkna med kostnader för tillverkning och detta visar sig vara en helt okej kandidat och något av den enda möjliga av plastkompositerna som klarar av kraven på beständighet mot lösningsmedel och UV. Gentemot det befintliga blocket behövs det dock utvecklas en ny form för att kompensera för den lägre E-modulen. [6]

5.4 Fördjupning i zink

Zink var även det testat i Pugh-matrisen med bra resultat och undersöktes mer noggrant. Informationen som fanns att hämta om zink var mycket begränsad och tillverkarna själva var inte helt säkra på vad som gällde. Det som var smidigt med zink var att man kunde pressgjuta det på liknande sätt som man formsprutar plast. På så vis fanns möjligheten till att hålla ner styckpriset väsentligt. Mest lämpligt av zinklegeringarna var zinklegering 5.

5.4.1 Skapandet av CAD-modell i zink

Begränsningen hos pressgjutning i zink låg i att materialet innanför gjutskinet blir väldigt poröst och blir därför väldigt svagt. Detta beror på att ytan hos den gjutna detaljen stelnar först och blir så pass hård att den inte kan sjunka med detaljen när den svalnar. Detta är samma sak som händer vid formsprutning utav plast men då fås sjunkmärken om godstjockleken inte är tillräckligt jämn i detaljen som gjuts. I zink fås inte sjunkmärken men jämfört med formsprutning i plast är så kallade nollsläpp inte möjligt. Nollsläpp innebär att släppningsvinkeln är noll och släppningsvinkeln är den vinkeln längs med verktyget och detaljen i den riktning som verktyget går tillbaka. Man kan se det som att om man ska gjuta en ihålig cylinder så behöver insidan av cylindern vara svagt koniskt på så vis att cylindern går att lyfta ur formen.

Andra begränsningar hos zink är vid hanteringen. En optimal pressgjuten zinkdetalj ligger runt 100-150g eftersom vid tyngre detaljer skadas lätt zinkdetaljen när den plockas ur och i maskiner och vid transporterna i trälådor. Zink är hyfsat hårt men små märken uppstår när detaljerna krockar om de är för tunga. Ett annat problem med zink är vid upprepade belastningar på en zinkdetalj vid temperaturer över 90 grader Celsius. Då mjuknar metallen och kvarstående deformationer uppstår efter användning. Vid konstruktion av verktyget till en detalj behövs mycket hänsyn tas till delningslinjer och ingjöttsmarkeringar. Det som blir spill och stansas av från gjutkanalerna efter gjutningen återanvänds direkt in i maskinen. Detta menar i alla fall T.Runebrant (personlig kommunikation, 13 mars 2019) som jobbar på företaget Zinkteknik.

Zink är väldigt korrosionsbeständigt och påverkas oftast inte av yttre kemikalier eller lösningsmedel. Därför används zink till att rostskydda till exempel lyktstolpar. Denna process kallas galvanisering. Men trots zinkens goda korrosionsbeständighet är det vanligt med någon typ av ytbehandling och vanligast är en koppar-nickelbehandling och trots nickel är behandlingen inget problem för nickelallergiker. Jämfört med vanlig formsprutning av plast är dock verktyget lite dyrare men har en verktygslängd på över en miljon vilket inte är en volym företaget kommer att uppnå med blocket. [6]

5.5 Jämförelse mellan zink och plastkomposit

De kvarstående koncepten var ett koncept i zink och ett i plastkomposit. För att avgöra vilken av dem som är lämpligast för företaget att satsa på påbörjades en jämförelse. De kategorierna miljö, kvalitet, mekaniska egenskaper och pris var nyckelkategorier i jämförelsen. För att få en större och noggrannare jämförelse utvecklades kategorin miljö och kvalitet för att möjliggöra en grundligare studie om varför det ena konceptet är bättre än det andra. Eftersom zinkkonceptet såg lovande ut tidigt lades lite extra resurser på att ta fram mycket underlag samt få fram en CAD-modell som är nära produktionsduglig. Prototyp tillverkning var dock inget alternativ eftersom gjutprocessen ger mycket annorlunda materialegenskaper gentemot att fräsa ut en modell ifrån en bit zink. Mestadels eftersom styrkan sitter i gjutskinet och det porösa materialet som bildas innanför som förklarats tidigare.

I tal om plastkompositen fanns tidigare prototyp tillverkad i en svagare plastkomposit med halva E-modulen gentemot PPS-CF40 som undersöks här. Att tillverka en prototyp genom att fräsa ur ett gjutet ämne ger bra och billig verifiering förutom finish på ytan men detta går att verifiera genom tidigare gjutna detaljer. Materialegenskaperna var mer lätta att lita på jämfört med zink. Det enda man behöver ta hänsyn till med plastkompositer är det som uppkommer vid formsprutningsprocessen, såsom släpp, gjutlinjer och sjunk. Som referens används återigen aluminium.

Tabell 5.3 – Väsentlig materialdata samt jämförelse mellan aluminium, pressgjuten zinklegering 5 och plastkompositen PPS-LCF40.

	E-modul [GPa]	Offertpris färdigt block	Volym [mm³]	Innovationsnivå
Aluminium 6061 T4	66,6-70	Referens	35000	Medel
Zink Legering 5 Pressgjuten	90-94	Billigast	19500	Hög
PPS-CF40 Formsprutad	30,3-33,1	Billigare	60000	Mycket hög
	Miljöpåfrestning vid tillverkning [MJ/kg]	Miljöpåfrestning utvinning CO₂, [kg/kg]	Återvinning	Miljöpåfrestning vid användning
Aluminium 6061 T4	0,927 – 1,02*	12,6 – 13,9	Lätt	Låg
Zink Legering 5 Pressgjuten	6,39 – 7,06	3,84 – 4,23	Lätt	Låg
PPS-CF40 Formsprutad	22,2 – 24,5	29,5 – 32,5	Ej möjlig	Låg
	Ytbehandling	Reptålighet	Estetik	Tålighet mot lösningsmedel
Aluminium 6061 T4	Mycket bra	Bra	Bra	Utmärkt vid ytbehandlad
Zink Legering 5 Pressgjuten	Mycket bra	Bra	Bra	Utmärkt vid ytbehandlad
PPS-CF40 Formsprutad	Duglig	Duglig	Duglig	Bra

*Tillverkningsmetoden skiljer sig på aluminium.

När det gäller miljöpåfrestningen vid tillverkning behöver man ta hänsyn till att fräsning tar bort material och därför räknas de kilogrammen annorlunda jämfört med gjutning som innebär att man lägger till.

Kortfattat är slutsatsen att zink är att föredra på de flesta sätt om inte en lämpligare plast hittas eller att den slutgiltiga offerten blir billigare men det är inte troligt eftersom zink var ett bättre alternativ på de flesta vis. Förslagsvis skulle möjligtvis en plastkomposit med en annan plast i grunden vara ett bättre alternativ och hög konkurrens i plastbranschen skulle kunna medföra att något särskilt företag skulle kunna erbjuda en mer konkurrerande prisbild gentemot zink. Enligt studien är dock zink ett bra och miljövänligt material jämfört med plastkompositer. Även jämfört med aluminium är zink en bra ersättare, speciellt vid mindre komponenter. Behövs ingen större volym för att zink ska vara ett bättre alternativ.

Innovationsnivå som syns i tabell 5.3 var ett nytt kriterie på hur avancerat ett material upplevs. Plastkompositer med kolfiber är relativt nytt i kommersiellt bruk och är något som kan få ett företag att upplevas som avancerat om detta uppmärksammas. På liknande vis känns en komponent tillverkad i zink med avancerad ribbdesign som om det har lagts ned tid och resurser på utveckling av produkten. Beslutet ligger således i att zink-konceptet är mer lämpligt för företaget att sträva efter. [6]

5.6 Utvärdering av zink-koncept mot kundens krav och önskemål

Krav:

1. Ej kräva ytterligare verifieringar. Det vill säga inte ändra för mycket på beprövad produkt.
2. Utrustningen ska kunna tas av från stängerna, pinnarna som sticker upp från fixturen, och kunna sättas tillbaka lätt. Det vill säga stängerna får inte spreta isär åt något håll. Detta är mätbart och jämförs med tidigare block.
3. Korrosionsbeständig och tåla både petroleumprodukter och ha god beständighet mot lösningsmedel.
4. Billigare än nuvarande, intjänandet av engångskostnader som till exempel gjutverktyg ska ske inom ett år.
5. Ej glida alltför mycket sämre på axeln åt något håll än nuvarande fixtur.
6. Stängerna ska vara demonterbara.

Konceptet i zink kräver mycket nya verifieringar och simuleringar eftersom dess smått osäkra materialdata. Däremot klarar den enligt verifiering i CAD att pinnarna inte spretar isär alltför mycket och enligt CES Edupack är materialet med en ytbehandling tillräckligt beständig mot petroleumprodukter och lösningsmedel. Priset per detalj är betydligt lägre än tidigare produkt och enligt studier ska blocket inte glida alltför sämre på en axel och stängerna är enligt designen på konceptet demonterbara.

Önskemål:

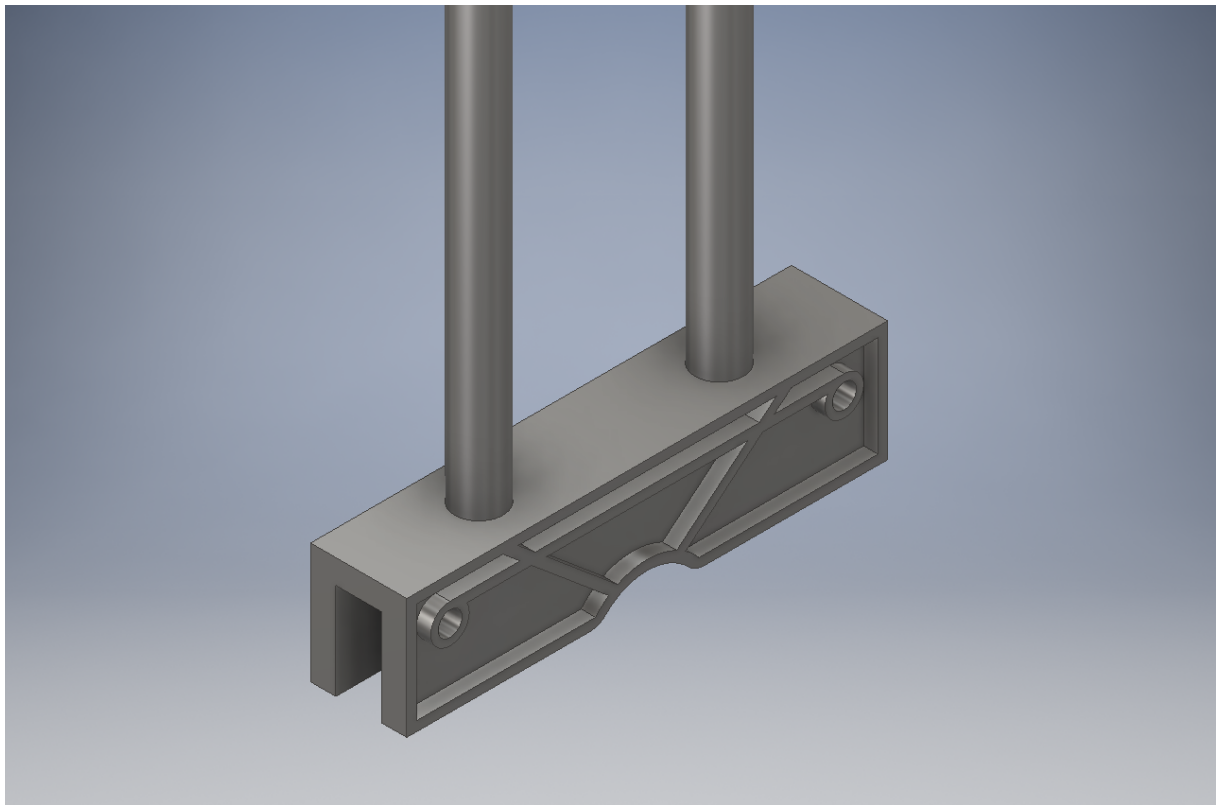
1. Etikettficka eller något sätt för att få på logotyp.
2. Ökad upplevd kvalitet.

Möjligheten att få på en etikett är något begränsad eftersom ribborna gör att det finns begränsad plats. Finns svårigheter att få till en laserskriven logotyp som sedan eloxeras in som nuvarande logotyp sätts. En logotyp är däremot möjlig att gjuta in men vid uppdatering av gjutverktyg om man vid ett senare tillfälle ska ändra logotyp är i vissa fall en omfattande utgift. Kvalitén med ett zink-koncept ska i minsta fall vara densamma om inte upplevas som en mer avancerad och genomtänkt produkt.

6 FÖRSTÄRKNINGSANALYS AV CAD-MODELL I ZINK

Eftersom tillverkaren Zinkteknik säger att styrkan endast sitter i gjutskinet och att detta är ungefär 1mm tjock så skapades koncepten i zink i försök att hålla sig till 2mm godstjocklek med hjälp av en typ av ribbdesign eller fackverk. Detta för att försöka hålla nere mängden av poröst material som annars blir enligt T.Runebrant (personlig kommunikation, 13 mars 2019) som jobbar på företaget Zinkteknik. Enligt tidigare analys gäller det även att försöka ha så stor böjstyvhet som möjligt. Därför vill man ha så mycket gjutskinn som möjligt på ovansidan av block och låta mängden gjutskinn avta när man förflyttar sig mot undersidan.

6.1 Ribbdesign



Figur 6.1 – Bild på hur en ribbdesign kan se ut.

För att ta reda på vart och hur ribborna ska se ut gjordes en FEM-studie i Autodesk Inventor och resultaten fördes in i tabeller på följande vis. Först och främst sågs det till att ursprungsmodellen endast hade en godstjocklek på 2mm överallt där det var möjligt. Ribborna som testades var också begränsade till 2mm på grund utav att styrkan sitter i gjutskinet och det ger den pålitligaste FEM-analysen eftersom poröst material är svårt att simulera. Sedan dokumenterades hur ribban var konstruerad och hur mycket material som ribban bestod av. Det vill säga volymen i ribban. Sedan kördes själva FEM-analysen för att få ett värde på hur mycket stängerna spretar isär och därmed ett indirekt mått på böjstyvheten.

Till sist var det bara att dividera och jämföra de olika typerna av ribbdesign på så vis att man fick ut en verkningsgrad på hur effektivt man använde materialet. Alltså ökningen i böjstyvhet dividerat med mängden material som användes vid respektive design gav ett mått på hur bra ribbdesignen var. Exempel på hur en ribbdesign kan se ut innan de testades framgår i figur 6.1.

7 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Projektets syfte med att studera frågan hur det ”block” som företaget säljer kan tillverkas billigare har resulterat i två möjliga koncept. Det första konceptet bygger på att man tillverkar ”blocket” i pressgjuten zink. Detta koncept utvecklades fram till färdig CAD-modell som underlag för produktionsberedning till företaget som är tänkt att i sådana fall sköta tillverkningen. Företaget bibehåller rätten att hålla denna slutgiltiga CAD-modell för sig själv och framgår således inte i rapporten.

Det andra konceptet som man kan anse vara trovärdigt är ett block tillverkat i en plastkomposit. Eftersom som tidigare nämnts att plastkompositerna har en betydligt lägre styvhet (E-modul) än de flesta metaller resulterade detta i att en större ändring på formen behöver ske för att detta koncept ska vara genomförbart. Dels konstaterades det att tvärsnittet och mängden material behöver öka i förhållande till skillnaden i E-modul mellan det nuvarande blocket och plastkompositen. Utöver detta kom flera teorier fram på bordet för smarta former på blocket som medför att man inte behövde lika mycket material som man väl trott. Detta är alternativa koncept som helt klart är värdiga att studera vidare i framtiden. Ett exempel på detta var att försöka isolera deformationerna i blocket eller att försöka leda dem förbi de stänger som sitter skruvade i blocket. På så vis skulle det i teorin innebära att blocket böjer sig utan att dessa stänger spretar isär. Tiden fanns inte riktigt till att utföra pröva dessa i verkligheten men viss kort verifiering i FEM bekräftar möjligheten. Genom liknande knep och att ta fram en ny form på blocket anses detta vara möjligt att genomföra. Det skulle möjligtvis vara den upplevda kvalitén som får lida eftersom en plastkomposit kan kännas plastig och billig. Detta kan även kontrastas genom en avancerad form och att företaget får kunden att uppmärksamma att blocket är tillverkat av en avancerad plastkomposit.

Ett block tillverkat i plastkomposit visar sig vara en betydligt större påfrestning på miljön jämfört med ett block tillverkat i pressgjuten zink. Även den nuvarande produkten är en större påfrestning på miljön än zink. Eftersom hållbarhet ur ett livscykelperspektiv är något av företagets viktigare aspekter skulle en detalj i zink innebära en bild av att företaget tänker på ett hållbart sätt och har således möjligheter att använda detta i marknadsföringssyfte. Likadant som att hållbarhet värderas högt i dagens samhälle är även innovation och avancerade komponenter något som bidrar till en positiv uppfattning om ett företag. Pressgjuten zink har här övertaget att en ribbdesign ser genomtänkt och avancerad ut med lite tänk bakom hur och vart ribborna läggs. Likaså kan ett miljötänk även här motiveras fram, en ribbdesign minskar materialåtgången och på så vis även påfrestningen på miljön.

Det som nyligen har beskrivits är det som examensarbetet i huvudsaken har lett till. För att ha gått från ett väldigt tydligt och väldefinierat problem hos företaget har projektets gång varit väldigt rakt fram. Man har alltid haft en tydlig uppfattning av vad man bör lägga tid på härnäst för att jobba sig framåt mot ett resultat. Detta är tack vare att problemet var så pass väl definierat. Många gånger var man däremot rädd för att gå för fort fram och springa på lösning direkt. Detta medförde även en del bieffekter genom att man många gånger såg en lösning innan man kom fram till den på ett projektmetodiskt sätt. Därför har det ibland resulterat i att projektet har haft mindre problem i flytet men det är något man kan förvänta i förväg.

Regelbundna avstämningsmöten har varit en viktig del av lärprocessen, vilket belyst vikten av en strukturerad dokumentation. Många lösningar uppkommer bara ifrån att man förklarar det man kommit fram hittills för någon som är väl insatt i produkten.

I framtiden skulle ett beslut vara aktuellt om zink eller plastkomposit är den väg företaget vill gå samtidigt som man ska dra nytta av den information man nu har och försöka applicera den på andra komponenter i produkten för att spara så mycket som möjligt. Pressgjutning i zink är en potentiell guldgruva. Det saknas dock lite information om egenskaperna hos pressgjuten zink och hur mikrostrukturen i påverkas under tillverkning och över tid och detta är ett ypperligt forskningsämne inför framtiden.

KÄLLFÖRTECKNING

Litteratur:

1. Materials Third Edition- Michael Ashby, Hugh Shercliff and David Cebon
Departments of Engineering, University of Cambridge, UK
2. Maskinelement- Mart Mägi, Kjell Melkersson, Magnus Evertsson- ekvation (2.10)
sida 67. Upplaga 1:1
3. Narayan, K. Lalit (2008). *Computer Aided Design and Manufacturing* New Delhi:
Prentice Hall of India. ISBN 978-8120333420.
4. Daryl L. Logan (2011). *A first course in the finite element method*. Cengage
Learning. ISBN 978-0495668251.
5. S. Pugh (1981) Concept selection: a method that works. In: Hubka, V. (ed.), Review
of design methodology. Proceedings international conference on engineering design,
March 1981, Rome. Zürich: Heurista, 1981, blz. 497 – 506.

Dataprogram:

6. CES Edupack 2017, Granta Design Limited, 2017

Referens

- Fräst aluminium

I dagsläget är denna fräst i aluminium och sedan eloxerad med en logga på.

Koncept 1

- Gjutet zink med ytbehandling, förslagsvis svartkrom med laserskriven logga.
- Inbyggd krok
- 17kr/kg
- 12,5 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Billigare
- Snabb serietillverkning
- Lätt att efterbehandla
- Väldigt beständig mot kemikalier och korrosion

Nackdelar:

- Låg smälttemperatur

Koncept 2

- Skruva plåtar likt KONKURRENT.
- 47kr/kg
- 10 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Billigare
- Bytbara delar

Nackdelar:

- Skruvas ut
- Aningen ful

Koncept 3

- Komposit i plast med eventuell förstärkning
- 50kr/kg
- 5.5 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Lättare
- Billigare

Nackdelar:

- Inte lika styv
- Komplicerat att få hållbar geometri
- Spricker lätt
- Lite halvt fult

Koncept 4

- Keramikkomposit
- 400kr/kg
- 45 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Styvt

Nackdelar:

- Sprött
- Väldigt dyrt

Koncept 5

- Gjuta rostfritt stål med eventuell putsning efteråt
- 50kr/kg
- 7,2 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Går att formspruta
- Bra kvalite (Hårt)
- Lätt att behandla

Nackdelar:

- Tungt
- Fult att gjuta
- Kan rosta

Koncept 6

- Gjuta aluminium
- 15kr/kg
- 12,5 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Enklare process
- Billigare
- Hyfsat korrosionsbeständig

Nackdelar:

- Förmodligen fult och kan kräva efterbearbetning

Koncept 7

- Formspruta plast
- BILLIGT kr/kg
- 4 i miljöpåverkan

Fördelar:

- Billigt

Nackdelar:

- Plast är svagt