



CHALMERS



Framtagning av appliceringsområden & produkter för tekniken z.trusion®

Utforska nya kreativa horisonter med en ny svensk tillverkningsmetod: Produktutveckling för innovativ formgivning

JESPER ARONSSON

YLVA ERIKSSON

MORITZ BERGER

IDA KALENTUN

FILIP CEDERQVIST

ALFRED LILLIEDAHL

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

KANDIDATARBETE 2023

Framtagning av appliceringsområden & produkter för tekniken z.trusion®

Utforska nya kreativa horisonter med en ny svensk
tillverkningsmetod: Produktutveckling för innovativ formgivning

JESPER ARONSSON

YLVA ERIKSSON

MORITZ BERGER

IDA KALENTUN

FILIP CEDERQVIST

ALFRED LILLIEDAHL



CHALMERS

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Produktutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

Framtagning av appliceringsområden & produkter för tekniken z.trusion®
Utforska nya kreativa horisonter med en ny svensk tillverkningsmetod: Produktutveckling för innovativ formgivning
Jesper Aronsson, Moritz Berger, Filip Cederqvist, Ylva Eriksson, Ida Kalentun, Alfred Lilliedahl

© Jesper Aronsson, Moritz Berger, Filip Cederqvist, Ylva Eriksson, Ida Kalentun, Alfred Lilliedahl, 2023.

Handledare: Andreas Dagman, Institutionen för Industri- och materialvetenskap
Examinator: Lars Almefelt, Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Kandidatarbete 2023
Institutionen för Industri- och materialvetenskap
Produktutveckling
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Bild på titelsida: Produkter producerade med z.trusion®, bild tillhandahållen av Reliefed Technologies.

Tryckt av Chalmers digitaltryck
Göteborg, Sverige 2023

Förord

Detta kandidatarbete har utförts under våren 2023 vid Chalmers tekniska högskola under Institutionen för Industri- och materialvetenskap. Examinator för arbetet har varit Lars Almefelt och handledare Andreas Dagman. På Reliefed Technologies har kontakt förts med Lovisa Höberg som är försäljningschef.

Ett stort tack riktas till alla som bidragit med kunskap och insikter. Extra tack till handledare, examinator samt teamet på Reliefed; i synnerhet Lovisa Höberg som har funnits där som bollplank under hela projektet.

Development of products and application areas for the manufacturing method z.trusion®

Explore new creative horizons with a new Swedish manufacturing method: Product development for innovative design

Jesper Aronsson, Moritz Berger, Filip Cederqvist, Ylva Eriksson, Ida Kalentun, Alfred Lilliedahl

Department of Industrial and materials science, Chalmers University of Technology

Abstract

Z.trusion® is a new innovative manufacturing method developed by the company Relieved Technologies, based on the traditional extrusion manufacturing method. Z.trusion® is an addition to an existing extrusion line that furthers the design possibilities. What z.trusion® contributes is the ability to create advanced structures and topologies in extruded profiles in a single manufacturing step. This brings numerous advantages and increased design freedom. One of the main advantages is that further processing after extrusion can be avoided, which can save time, energy, materials, and cut costs.

Since this is a new manufacturing method, it has not yet been widely applied. Therefore, Relieved Technologies has initiated this project and assigned us to identify and investigate potential areas where z.trusion® can be used to create value. Within the project, there are limitations in the form of the technology limitations, a focus on the Swedish market, and no parallel work with the company's internal development projects.

The report includes the working process used to identify application areas and develop product proposals that utilize the z.trusion® manufacturing method. The overall process has been iterative, where research, idea generation, and screening have been done in several rounds, followed by further development of the idea. The work resulted in several proposals for application areas where z.trusion® can be used. Furthermore, the work resulted in a concept within scaffolding platforms.

The final concept is a replacement board for scaffolding platforms. The z.trusion® technology would be applied to create a gripping surface on the top surface and truss structure on the bottom surface of the board to reduce weight without significantly reducing stiffness. The proposed solution was modelled using CAD and the structural properties were evaluated using FEM-analysis. The calculations showed that the truss structure reduced weight by 36.6% compared to a board with a constant crosssection. Further benefits are increased grip and the possibility to choose more resilient materials. We recommend that the company continues its work on the development of scaffolding platforms through further investigation of material selection and geometry.

Keywords: extrusion, extruding, manufacturing, manufacturing method, product development, z.trusion®, 3D, scaffolding platforms.

Sammandrag

Z.trusion® är en ny innovativ tillverkningsmetod framtagen av företaget Relieved Technologies som bygger på den traditionella tillverkningsmetoden extrusion. Z.trusion® är ett tillägg på en befintlig extrusionslina som utvidgar möjligheterna för formgivning. Det som z.trusion® innebär är möjligheten att skapa avancerade strukturer och topologier i extruderade profiler i ett enda tillverkningssteg vilket medför ett flertal fördelar. En av de främsta fördelarna är att man kan undvika vidare formgivande produktionssteg efter extrusion vilket kan spara tid, energi, material och pengar.

Eftersom detta är en ny tillverkningsmetod är den inte applicerad i större utsträckning ännu. Därmed har Relieved Technologies startat detta projekt och gett oss i uppdrag att identifiera och undersöka potentiella områden där z.trusion® kan användas. Inom projektet finns avgränsningar i form av teknikens begränsningar, fokus på svensk marknad samt att parallellt arbete med företagets interna utvecklingsprojekt undviks.

Rapporten innefattar den arbetsprocess som använts för att identifiera appliceringsområden och ta fram produktförslag som nyttjar tillverkningsmetoden z.trusion®. Den övergripande processen har varit iterativ där efterforskning, idégenerering och sällning har gjorts i flera omgångar för att sedan leda till vidareutveckling. Arbetet resulterade i flera förslag på appliceringsområden där z.trusion® kan användas. Vidare resulterade arbetet i ett koncept inom byggställningsplattformar, nämligen en ersättningsplatta till ramplattformar. Z.trusion® applicerades för att skapa en greppyta på ovansidan samt fackverksstruktur på undersidan för att minska vikten utan att försämra styvheten väsentligt.

Lösningförslaget till konceptet modellerades i CAD och strukturella egenskaper utvärderades med FEM-analys. Enligt beräkningar kunde fackverksmönstret uppnå en viktminskning på 37% jämfört med en skiva med konstant tvärsnitt. Ytterligare fördelar tillkommer i form av bättre greppyta samt möjlighet att använda material med längre livslängd. Vi rekommenderar att företaget fortsätter utvecklingen av byggställningsplattformar genom vidare undersökning av materialval och geometri.

Nyckelord: extrusion, additiv tillverkning, tillverkning, tillverkningsmetod, produktutveckling, z.trusion®, lättvikt, materialbesparing, byggställningsplattform, strängpressning.

Lista över förkortningar

Nedan följer en lista på förkortningar som har använts genomgående i tesen, i alfabetisk ordning:

| | |
|------------|--|
| CAD | Computer Aided Design |
| CNC | Computer Numerical Control |
| EERE | Office of Energy Efficiency and Renewable Energy |
| FEM | Finite Element Method |
| GDPR | General Data Protection Regulation |
| MPa | Mega Pascal |
| Z.truderad | Extruderad med tekniken z.trusion® |
| Z.trudera | Extrudera med tekniken z.trusion® |
| Z.truderas | Extruders med tekniken z.trusion® |

Innehållsförteckning

| | |
|---|----------|
| List of Acronyms | x |
| 1 Introduktion | 1 |
| 1.1 Inledning – vad är z.trusion®? | 1 |
| 1.2 Bakgrund till projektet | 2 |
| 1.2.1 Introduktion till z.trusion® | 2 |
| 1.2.2 Fördelar jämfört med nuvarande tillverkningsmetoder | 3 |
| 1.2.3 Om företaget Reliefed Technologies | 4 |
| 1.2.4 Uppgiftsbeskrivning | 5 |
| 1.3 Syfte | 5 |
| 1.3.1 Frågeställningar | 6 |
| 1.3.2 Mål | 6 |
| 1.3.3 Leverabler | 6 |
| 1.4 Avgränsningar | 7 |
| 1.4.1 Externa avgränsningar | 7 |
| 1.4.2 Interna avgränsningar | 7 |
| 2 Industriell & teknisk bakgrund | 9 |
| 2.1 Produktutveckling | 9 |
| 2.2 Traditionella tillverkningsmetoder | 9 |
| 2.2.1 Extrusion | 10 |
| 2.2.2 Prägling | 10 |
| 2.2.3 Fräsning | 11 |
| 2.2.4 Formsprutning | 11 |
| 2.2.5 Formpressning | 11 |
| 2.2.6 Additiv tillverkning | 11 |
| 2.3 Z.trusion® – i detalj | 12 |
| 2.3.1 Hur tekniken fungerar | 12 |
| 2.3.2 Tekniska begränsningar | 13 |
| 2.3.3 Ekonomisk jämförelse med andra metoder | 14 |
| 2.3.4 Kompatibla material | 14 |
| 2.3.4.1 Aluminium | 15 |
| 2.3.4.2 Polymera material | 15 |
| 2.3.4.3 Kompositer | 15 |
| 2.3.4.4 Keramer | 16 |
| 2.3.5 Hållbarhet | 16 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.3.5.1 | Materialbesparing | 16 |
| 2.3.5.2 | Energibesparing och Lättvikt | 17 |
| 2.3.5.3 | Produktutveckling för cirkularitet | 17 |
| 3 | Metodik | 19 |
| 3.1 | Övergripande process | 19 |
| 3.2 | Metoder | 20 |
| 3.2.1 | Metoder för idégenerering | 20 |
| 3.2.2 | Metoder för sållning av idéer | 21 |
| 3.2.3 | Metoder för konceptutveckling | 21 |
| 4 | Genomförande | 23 |
| 4.1 | Fördjupning inom projektet med utgång i dess problemformulering . . | 23 |
| 4.1.1 | Metod för fördjupning inom projektet | 23 |
| 4.1.2 | Resultat av fördjupning inom projektet | 24 |
| 4.2 | Idégenerering – appliceringsområden för z.trusion® | 24 |
| 4.2.1 | Metod för idégenerering | 24 |
| 4.2.2 | Resultat av idégenerering | 25 |
| 4.3 | Sållning av idéer | 28 |
| 4.3.1 | Metod för sållning av idéer | 28 |
| 4.3.1.1 | Metod sållning ett – initial sållning utifrån behov . . | 28 |
| 4.3.1.2 | Metod sållning två – elimineringsmatris | 29 |
| 4.3.1.3 | Metod sållning tre – kesselringmatris | 30 |
| 4.3.2 | Resultat sållning av idéer | 31 |
| 4.3.2.1 | Resultat sållning 1 | 31 |
| 4.3.2.2 | Resultat sållning 2 | 33 |
| 4.3.2.3 | Resultat sållning 3 | 34 |
| 4.4 | Beskrivning av resulterande koncept | 34 |
| 4.4.1 | Koncept 1: gummiprofiler | 34 |
| 4.4.2 | Koncept 2: Origami | 35 |
| 4.4.3 | Koncept 3: byggställningsplattform | 36 |
| 4.4.4 | Diskussion kring nästa steg | 37 |
| 4.5 | Utveckling av byggställningsplattform | 37 |
| 4.5.1 | Metod för vidareutveckling | 37 |
| 4.5.1.1 | Metod för marknadsanalys | 37 |
| 4.5.1.2 | Metod för design | 38 |
| 4.5.1.3 | Metod för utvärdering | 38 |
| 4.5.2 | Resultat av vidareutveckling | 40 |
| 4.5.2.1 | Resultat av marknadsundersökning | 40 |
| 4.5.2.2 | Resultat av designutveckling | 42 |
| 4.5.2.3 | Resultat av utvärdering | 47 |
| 4.5.2.4 | Resultat av designiteration | 48 |
| 5 | Slutligt resultat | 51 |
| 6 | Diskussion | 55 |
| 6.1 | Resultat | 55 |

| | | |
|----------|--|--------------|
| 6.1.1 | Byggställningsplattformar | 55 |
| 6.1.2 | Origami | 57 |
| 6.1.3 | Gummiprofiler | 57 |
| 6.2 | Samhälleliga och etiska aspekter | 57 |
| 6.3 | Reflektion kring projektet | 58 |
| 7 | Slutsats och Rekommendationer | 61 |
| 7.1 | Slutsatser | 61 |
| 7.2 | Rekommendationer | 62 |
| A | | I |
| A.1 | Elimineringsmatris 1 | I |
| B | | III |
| B.1 | Kesselringmatris | III |
| C | | V |
| C.1 | Intervjuer ställningsbyggare sammanställning | V |
| D | | VII |
| D.1 | Kravspecifikation | VII |
| E | | IX |
| E.1 | Pughmatris 1 | IX |
| E.2 | Pughmatris 2 | X |
| F | | XI |
| F.1 | Koncept A FEM-analys | XII |
| F.2 | Koncept B FEM-analys | XIII |
| F.3 | Koncept C FEM-analys | XIV |
| F.4 | Koncept D FEM-analys | XV |
| F.5 | Koncept E FEM-analys | XVI |
| G | | XVII |
| G.1 | Intervjufrågor | XVII |
| H | | XIX |
| H.1 | Slutlig design FEM-analys | XIX |
| I | | XXI |
| I.1 | Konstant tvärsnitt FEM-analys | XXI |
| J | | XXIII |
| J.1 | Intervjufrågor byggingenjör | XXIII |

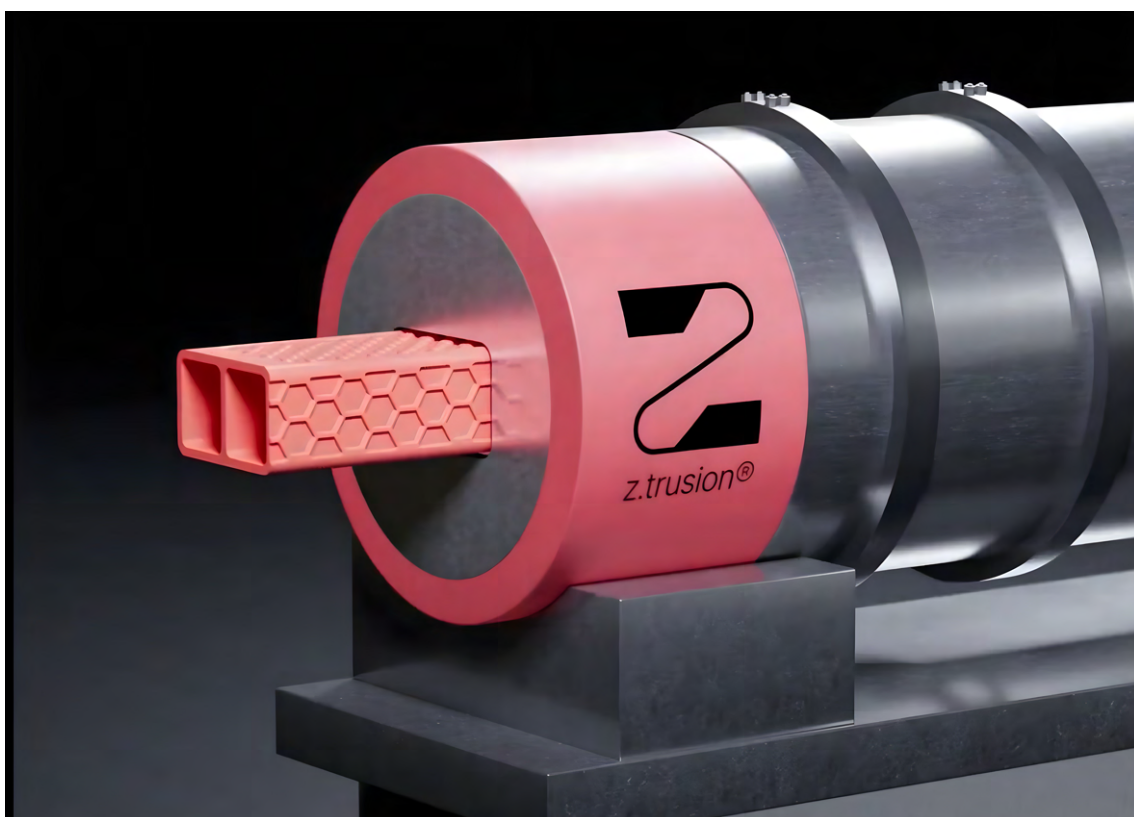
1

Introduktion

Introduktionen ämnar att ge en inledande förståelse till projektet och varför det har genomförts. Det innehåller en inledande förklaring av den nya tillverkningsmetoden z.trusion® följt av bakgrund, syfte och avgränsningar.

1.1 Inledning – vad är z.trusion®?

För att förstå vad projektet handlar om är det väsentligt att först förstå hur tekniken z.trusion® fungerar. Z.trusion® är en tillverkningsteknik framtagen av företaget Relieved Technologies. Det är en ny teknik som ännu inte är implementerad i stor utsträckning inom tillverkande industrier idag, men växer snabbt. Förenklat är z.trusion® en vidareutveckling av tillverkningsmetoden extrusion, som är en vanlig metod för att tillverka exempelvis balkar, skivor, rör och andra profiler i stor skala.



Figur 1.1: Visualisering av maskin med verktyg för z.trusion® som skapar en z.truderad profil. Från [1]. Återgiven med tillstånd

Traditionell extrusion är framför allt passande för tillverkning av avlånga profiler med ett konstant tvärsnitt. Profilen som tillverkas har samma tvärsnitt hela vägen, som till exempel en T-balk som kommer ha tvärsnitt som ett T oavsett var på längden man delar den (se figur: 1.1). Z.trusion® är ett tillägg på denna metod som innebär att man kan skapa mönster i form av djupa strukturer och komplexa topologier (se figur: 1.1). Till exempel kan kuggar, greppyta och mönster som bryter extrusionsledet läggas till på profiler. Detta där det tidigare inte var möjligt utan vidare bearbetning eller nyttjande av andra mer komplexa eller energikrävande tillverkningsmetoder. Det leder till att variationen på produkter som är möjliga att tillverka blir mycket större.

Kandidatgruppens huvudsakliga uppgift är att identifiera produkter som är möjliga att tillverka med z.trusion®. Projektet förklaras mer ingående under följande avsnitt som innehåller syfte och uppgiftsbeskrivning.

1.2 Bakgrund till projektet

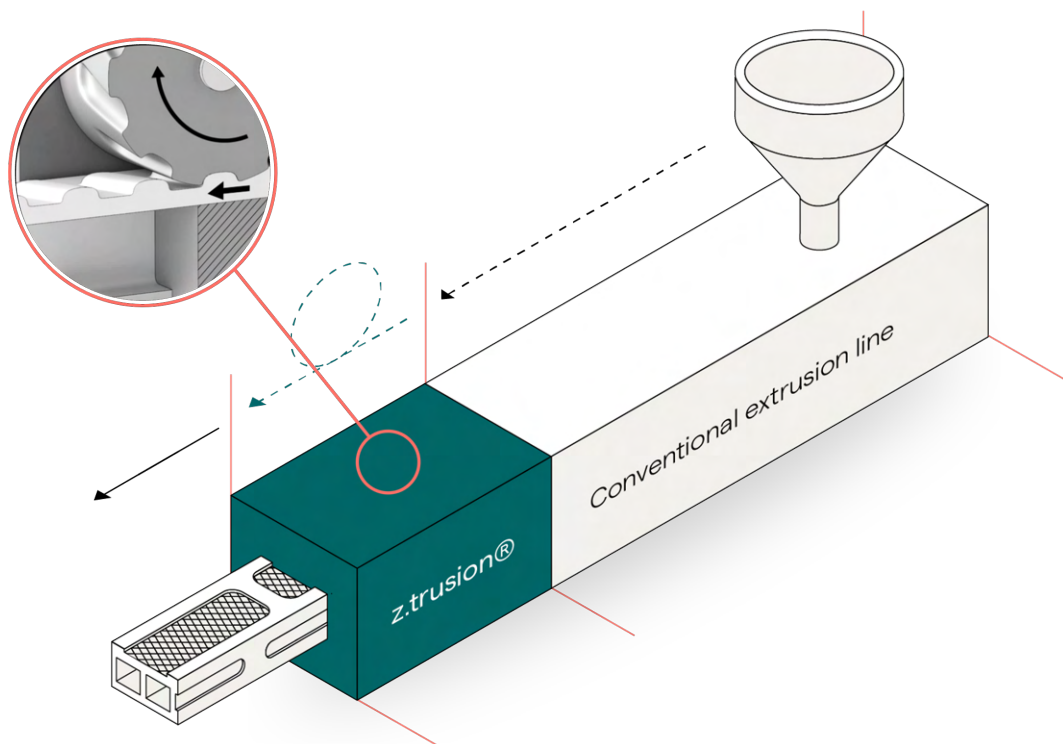
Detta kapitel ämnar att ge en bakgrund till projektet och tekniken. Först kommer en inledande förklaring till hur tekniken z.trusion® fungerar. Förklaringen är gruppens tolkning av beskrivningar tillhandahållna av företaget Reliefed Technologies [2] följt av bakgrund kring företaget, samt projektets uppgiftsbeskrivning.

1.2.1 Introduktion till z.trusion®

Produkter som kan extruderas med z.trusion® tillverkas idag generellt med andra tillverkningsmetoder för att åstadkomma liknande resultat. Z.trusion® möjliggör även tillverkning av nya produkter som tidigare inte varit ekonomiskt eller tekniskt genomförbara och därmed inte nått marknaden. Vad som är möjligt att tillverka varierar stort mellan branscher, material och tillämpningsområden. Z.trusion® :s egenskaper gör det i många fall möjligt att minska antalet produktionssteg.

Till exempel är ett vanligt sätt att tillverka profiler med mönster idag att först extrudera dem, för att sedan använda fräsning för att skära ut fördjupningar och mönster i profilen. Andra sätt som används frekvent är bland annat formgjutning, formsprutning, formpressning, prägling eller additiv tillverkning (3D-printing). Dessa metoder beskrivs mer ingående i avsnitt: 2.2.

Z.trusion® möjliggör till skillnad från extrudering formgivning av material i flera riktningar än extrusionsledet[3]. Tekniken består av ett verktyg som monteras istället för matrisen på en nuvarande extruder (se figur: 1.2). Z.trusion® kan extrudera en stor variation av material, exempelvis keramer, polymera material (polypropen, polyeten etc.), kompositer samt aluminium. Strukturen kan vara alltifrån en grund nanostruktur till nästan 100 procent av godstjockleken beroende på material. Profilerna kan precis som vid traditionell extrudering vara både solida och ihåliga.



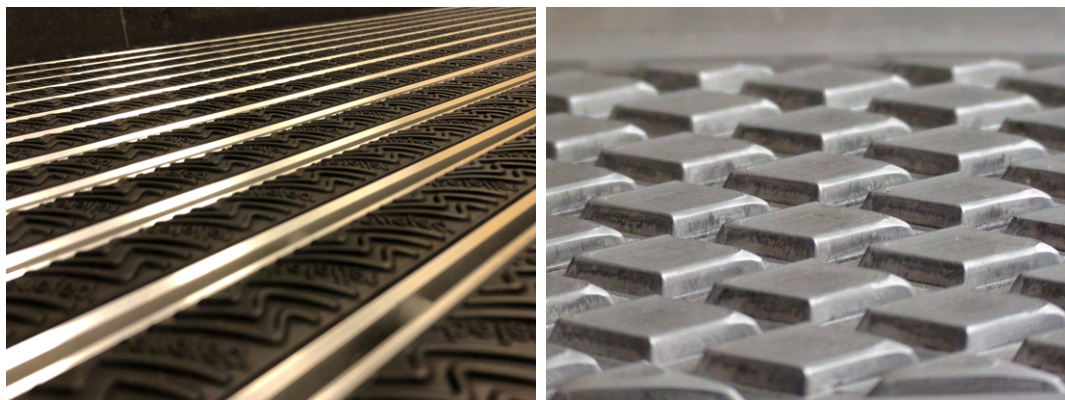
Figur 1.2: Konceptuell bild av en traditionell extrusionslina (till höger) med tillägget z.trusion® (i grönt), i förstoringen ses verktyget som skapar ett tredimensionellt mönster på ytan. Från [1]. Återgiven med tillstånd

1.2.2 Fördelar jämfört med nuvarande tillverkningsmetoder

Det finns flera fördelar med z.trusion® i förhållande till andra mönstergivande tillverkningsmetoder som används idag (exempelvis fräsning, 3D-printing och formgjutning). Metoden tillåter tillverkaren att kombinera flera operationer i ett steg och ökar därmed tillverkningshastigheten av bland annat aluminiumprofiler med komplexa strukturer. Även vissa polymera produkter som normalt kräver formsprutning kan nu extruderas i en löpande profil vilket markant minskar tidsåtgång per produkt.

Eftersom skärande bearbetning kringgås med z.trusion® så blir det mindre svinn och tidsåtgången minskar drastiskt jämfört med skärande efterbearbetning såsom fräsning (för mer om fräsning, se avsnitt: 2.2.3). Detta leder i sin tur till att mer komplex formgivning möjliggörs. Det innebär att fler egenskaper kan bli lönsamma att lägga till. Komplex formgivning är i detta fallet, som nämnt ovan, detaljerade strukturer längs med profilen. Strukturen kan bidra med många fördelar; bland annat lättare och mer materialeffektiva produkter. 3D-ytan skapar möjligheter att ge egenskaper som ökat grepp, estetik, aerodynamik, akustik, värmeöverföring med mera[3]. Märken och logotyper blir enkelt och billigt att inkorporera längs med profilen i marknadsföringssyfte (se figur: 1.3).

Tack vare optimerad ytstruktur så kan produkten göras styvare utan att öka mängden material. Detta kombinerat med att material kompakteras vid extrudering möjliggör hög hållfasthet hos profiler extruderade med z.trusion[®]. Kompakteringen sker när materialet pressas genom en avsmalnade geometri. Det sistnämnda gäller främst extrudering av keramiska material som i andra fall oftast gjuts och således blir mer porösa. Hållfastheten kan även ökas genom att fibrerna i exempelvis glasfiber, lägger sig i samma riktning vid extrudering istället för att hamna kors och tvärs.



Figur 1.3: Profiler extruderade med z.trusion[®] som har komplexa strukturer. Från [1]. Återgiven med tillstånd

Tekniken z.trusion[®] är intressant för företag som vill minska sin materialkostnad och sin belastning på miljön med en metod som är enkel att integrera i nuvarande extrusionslinor. Z.trusion[®] ger kunden stor frihet vid formgivning av sina produkter och potential att skala upp sin produktion samt minska sin produktionskostnad.

1.2.3 Om företaget Reliefed Technologies

Idén till z.trusion[®] togs fram av Mark Kragh när han arbetade inom tillverkningsindustrin. Inspirationen kom från ett däckspår i lera, vilket ledde till en lösning som likt ett däck använder ett roterande hjul för att tillverka profiler med formgiven yta. Företaget grundades av Mark i samarbete med Mikael Eklund[2].

Reliefed Technologies har patenterat metoden z.trusion[®] i flera led och arbetar idag med att expandera och ersätta de traditionella metoderna med sin teknik. De designar i dagsläget verktyget vilket därefter implementeras i produktion hos kunden eller kundens leverantör. Bolaget har ett tekniskt labb för att göra R&D utveckling samt prototyp-projekt tillsammans med sina kunder. Detta görs framför allt via licensavtal. De har för avsikt att erbjuda en teknik som minskar kundens användning av material och energi med det högre målet att vara ett bolag som bidrar globalt till att lösa den nuvarande miljösituationen genom att minska det globala utsläppet av koldioxid med en procent[2]. Z.trusion[®] har i flera specifika kundfall kunna påvisa minskning av energiåtgång med upp till 80% och materialåtgång med upp till 47%. En tidsbesparing på upp till 50% och en minskning av produktionskostnad med upp till 80% har också kunnat uppmätas[3].

Vid projektets start hade företaget sex anställda med olika bakgrund. Alla på företaget besitter stor kunskap om tekniken, affärsmodellen och information om branscher de rör sig inom. Eftersom det är ett litet företag och en ny teknik finns den största kunskapen inom företaget. Följaktligen är det mesta av gruppens kunskap kring tekniken tolkningar baserade på beskrivningar och förklaringar från de anställda.

1.2.4 Uppgiftsbeskrivning

Bakgrunden till detta projekt är att företaget arbetar med att vidga sina vyer kring hur tekniken kan användas och söker nya perspektiv. Därför startades detta samarbete med en kandidatgrupp på Chalmers. Projektet ämnar att hjälpa Relieved Technologies med kommersialisering av metoden z.trusion®. Uppgiftsbeskrivningen från företaget var bred med möjligheter till olika huvudfokus inom ramen att hjälpa dem utveckla nya koncept.

Ett av angreppssätten var att identifiera existerande produkter med potential att kunna tillverkas med z.trusion® som företaget ännu inte hittat själva. Eftersom tekniken möjliggör förbättringar för produkter och produktionslinjer i en stor bredd av branscher är arbetet att hitta relevanta områden en tidskrävande uppgift för ett litet företag. Ett annat angreppssätt var att fokusera på att utveckla en ny produkt i marknadsföringssyfte. I dagsläget är det svårt för företaget att marknadsföra sina lösningar då många av dem är sekretessbelagda. En produkt som tas fram under projektets gång begränsas inte på samma vis då ingen kund är inblandad och den kan således användas i syfte att visa upp vad tekniken är kapabel till.

Projektets fokus landade huvudsakligen i det första alternativet, att identifiera appliceringsområden. Med appliceringsområden menas både specifika produkter och mer generella koncept. Marknadsföringsaspekten är dock medräknad och ingår som en faktor i utvecklingsprocessen.

1.3 Syfte

Syftet med detta projekt är att identifiera och undersöka nya potentiella användningsområden för z.trusion® utöver de företaget redan arbetar med. Därmed är avsikten dels att bidra till företagets arbete att applicera sin teknik, samtidigt som vetskap om teknikens existens sprids. Målsättningen är att ta fram och utvärdera flera olika appliceringsområden i form av produktidéer och koncept. Appliceringsområden utvärderas efter hur effektivt fördelar med z.trusion® kan utnyttjas med avseende på ekonomiska, miljömässiga och tekniska aspekter.

Vidare är syftet att förfina ett eller flera koncept till mer välutvecklade produkter och skapa motsvarande prototyper. Produkten eller produkterna som tas fram ska kunna realiseras eller vidareutvecklas av företaget. Avsikten är dels att underlätta framtida samarbete för företaget med andra parter, dels att med attraktiva och synliga produkter förstärka deras marknadsföring.

Syftet med projektet ur ett etiskt perspektiv är framför allt att bidra till hållbar utveckling. Stor potential i effektivisering av tillverkningsindustrin har identifierats i tekniken z.trusion®. Effektiviseringen innebär på många sätt en miljövinst (se kapitel: 2.3.5). Genom att underlätta övergången till z.trusion® ämnar projektet alltså bidra till en mer hållbar tillverkningsindustri.

1.3.1 Frågeställningar

Frågeställningar är en viktig del i projektet då de beskriver de områden som ämnas att undersökas. Genom att utforma tydliga och relevanta frågeställningar kan arbetet lättare struktureras och fokus riktas. Frågeställningarna kommer att följas upp under diskussionen. Nedan listas dessa.

1. Inom vilka områden kan Relieved Technologies tillverkningsmetod appliceras för att skapa värde?
2. Vilka besparingar kan göras inom materialåtgång och koldioxidutsläpp för framtagna produkt/produkter jämfört med traditionell tillverkningsmetod?

1.3.2 Mål

Som beskrivet i syftet är målet med projektet att ta fram ett eller flera appliceringsområden för z.trusion®. Målen med resulterande koncept och produkter kan sammanställas till följande:

- Önskvärt är att produkten använder mindre material jämfört med traditionellt tillverkad produkt.
- Önskvärt är att produkten släpper ut mindre koldioxid jämfört med traditionellt tillverkad produkt.
- Önskvärt är att produkten är mer effektiv att producera än traditionellt tillverkad produkt.
- Önskvärt är att omställning till z.trusion® i produktionslinje för tillverkning av produkten är ekonomiskt gynnsamt.

Dessa mål ämnar att ge en fingervisning för hur arbetet ska fokuseras och vad som anses vara av störst vikt.

1.3.3 Leverabler

Ett antal leverabler är uppsatta och dessa är ämnade att reflektera vad projektet är tänkt att producera. Leverablerna är följande:

- En eller flera produktidéer som kan realiseras internt av företaget eller i samarbete mellan Relieved Technologies och kund.
- Information om appliceringsområden där tekniken kan användas.
- En prototyp i syfte att visualisera och underlätta vidare utveckling av produkten.

1.4 Avgränsningar

Projektet innefattar både externa och interna avgränsningar. Externa avgränsningar sätts tillverkningstekniska faktorer, medan interna avgränsningar definieras för att hålla projektets omfattning inom rimliga proportioner.

1.4.1 Externa avgränsningar

Projektet stöter på att antal externa begränsningar. Eftersom produkten ska vara realiserbar med z.trusion® finns det tekniska begränsningar så som materialval och designfrihet (se ingående beskrivning i avsnitt:2.3.2). I projektet kommer endast material som är kompatibla med extrudering och z.trusion® tekniken att tas i beaktning. Projektet avgränsas även till geometrier som är kan uppnås med z.trusion® tekniken utan omfattande efterbearbetning.

1.4.2 Interna avgränsningar

I projektet kommer möjliga appliceringar bortses ifrån ifall företaget har pågående eller avslutade projekt med liknande applicering. Detta för att kunna lägga större vikt på utforskade appliceringar och undvika att utföra arbete som redan gjorts av företaget. Vidare så kommer endast den svenska marknaden tas i beaktning vid marknadsanalyser och utvärdering av kommersiell signifikans.

2

Industriell & teknisk bakgrund

Nedan förklaras ämnen som är relevanta att ha en förståelse kring för att sätta sig in i projektet och dess omfattning. Det som tillhandahålls är en inblick i produktutveckling, traditionella tillverkningsmetoder och tekniken z.trusion®, samt grundläggande information kring vilka hållbarhetsaspekter som är mest relevanta. Kapitlet är till för att underlätta förståelse för arbetsgången och resultaten.

2.1 Produktutveckling

Produktutveckling är en process som har i syfte att utveckla produkter från grunden eller att vidareutveckla redan befintliga produkter. Övergripande projektmetodik innefattar vanligtvis fyra större delar, vilka benämns undersökning av problem, sökning av alternativa lösningar, analys och utvärdering samt vidareutveckling (se figur: 2.1). Dessa steg kan också komma att itereras och göras om igen då processerna oftast inte är helt linjära[4].



Figur 2.1: Flödesschema som visualiserar en generell produktutvecklingsmetodik.

Vidare kan produktutvecklingsprojekt delas in i ytterligare steg. Vilka kan skilja sig åt beroende på projekt.

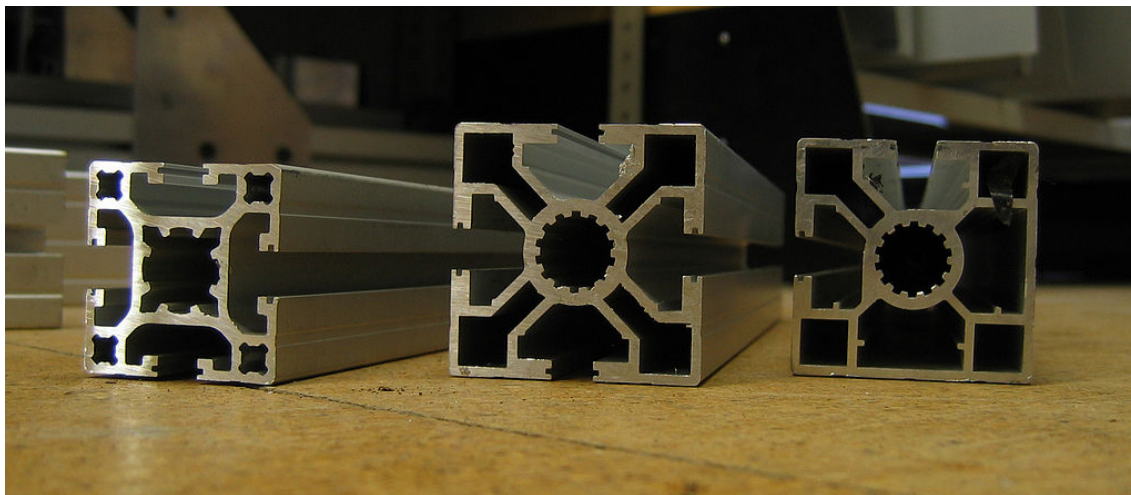
2.2 Traditionella tillverkningsmetoder

Detta stycke syftar till att beskriva tillverkningsmetoder som traditionellt används för att åstadkomma de egenskaper som z.trusion® tillför. Då z.trusion® har potential att ersätta eller förbättra vissa traditionella metoder är det viktigt att ha en förståelse för dessa för att skapa sig en bild av teknikens möjligheter.

2.2.1 Extrusion

Extrusion är den tillverkningsmetod som z.trusion® bygger på och är ett tillägg till. Namnet härleds från engelskans benämning "extrusion" men metoden kallas också extrudering eller strängpressning. Extrusion är en effektiv tillverkningsmetod som används i omfattande utsträckning inom tillverkningsindustrier. I grunden omformar man fasta material, exempelvis metaller, plaster eller keramik, genom att pressa materialet genom ett munstycke (kallat matris). När detta görs matas antingen pellets, en massa eller ett pulver in i en behållare där det utsätts för tryck och värme [5]. Vidare tvingas materialet genom matrisen för att åstadkomma sin slutgiltiga form som speglar matrises tvärsnitt. Vid extrusion värms materialet vanligtvis upp för minska dess viskositet och därmed underlätta formgivningen av materialet [6].

Det är möjligt att extrudera profiler med kontinuerliga håligheter med varm- och kallextrusion (se figur: 2.2). Geometrierna som är möjliga att åstadkomma begränsas till att följa extrusions-ledet. Det går alltså inte att få exempelvis en hålighet som går i y-led om extrusions-ledet är i x-led, vilket gäller för alla fysiska egenskaper i en extruderad detalj. Som man kan se i bilden nedan följer alla fysiska egenskaper samma led, detta är extrusionsledet.



Figur 2.2: *Typiskt extruderad profil i aluminium. Från [7]. PD*

Applikationsområdena för extrusion är många och de är spridda inom många olika branscher. Metoden används exempelvis för att skapa aluminiumprofiler, pasta, lister och förpackningar. Framförallt fördelaktigt är det att använda metoden vid produktion av långa kontinuerliga detaljer. Däremot är metoden begränsad i komplexiteten av formgivningen vilket öppnar upp för andra tillverkningsmetoder.

2.2.2 Prägling

I dagsläget används en metod som heter prägling för att åstadkomma en grund tredimensionell yta på produkter som exempelvis har extruderats. Metoden nyttjar rullar alternativt plattor med mönster på ytan som man sedan pressar mot materialet för att åstadkomma fördjupningar [8]. Vid prägling värms verktyget ofta upp för

att underlätta formgivningsprocessen. Mönstren är begränsade sett till hur djupa nedsänkningarna i materialet som går att få, detta är framförallt för att materialet som förs igenom prägling-processen inte är uppvärmt och att det är risk för deformation vid för högt tryck mellan materialet och rullen [8]. Vid bearbetning av detaljer med håligheter kan det, på grund av trycket, krävas stabilisering inuti håligheten för att minimera risken för deformation.

2.2.3 Fräsning

Fräsning är ytterligare en bearbetningsmetod som nyttjas för att avlägsna material från en arbetsbit för att få önskad slutform. Denna metod använder ett roterande skärblad för att bearbeta materialet och avlägsna materialet enligt anvisning [9]. Fräsning ger möjlighet för hög precision och komplexa geometrier. Däremot är det dyrt och tidskrävande att fräsa och det faktum att man skapar önskad form genom att avlägsna material gör att det även bidrar till materialsvinn. Fräsning kan göras antingen manuellt eller autonomt med CNC-fräsning. CNC nyttjar datoriserad styrning av verktyget [10] vilket möjliggör hög precision vid formgivningen. Fräsning som metod kan appliceras på många olika material, exempelvis metaller, plaster och trä.

2.2.4 Formsprutning

Även formsprutning används idag för att åstadkomma vissa av de egenskaper som z.trusion® kan bidra med. Det är en vanligt förekommande tillverkningsprocess som används för att tillverka främst plastprodukter i stora volymer. Tillvägagångssättet innebär att man smälter plast och injicerar det i en form som efter stelning ger den önskade slutformen [11]. Med formsprutning kan man producera stora volymer, komplext formgiva produkter och detta med en minskad materialåtgång då man inte avlägsnar något material vid formgivningen. Däremot är man begränsad vad gäller materialval då parametrar så som temperatur och nerkylning spelar in.

2.2.5 Formpressning

Formpressning som tillverkningsmetod används i stor utsträckning i industrier för att skapa komplexa detaljer ur olika material [12]. Formpressning nyttjar högt tryck för att pressa materialet i en form. Materialet behöver ofta förbredas innan pressning, exempelvis smältas eller värmas upp men det finns även tillfällen då man kallpressar. Det höga trycket säkerställer att materialet fyller ut hela formen och att önskade egenskaper uppnås. Efter pressningen kan materialet behöva kylas ner och skickas vidare för ytterligare bearbetning.

2.2.6 Additiv tillverkning

Additiv tillverkning, vardagligt bekant som 3D-printing, adderar lager av material på varandra i kontrast till många andra metoder där man avlägsnar material för att uppnå sitt slutliga resultat [13]. Materialet läggs alltså lager efter lager på varandra

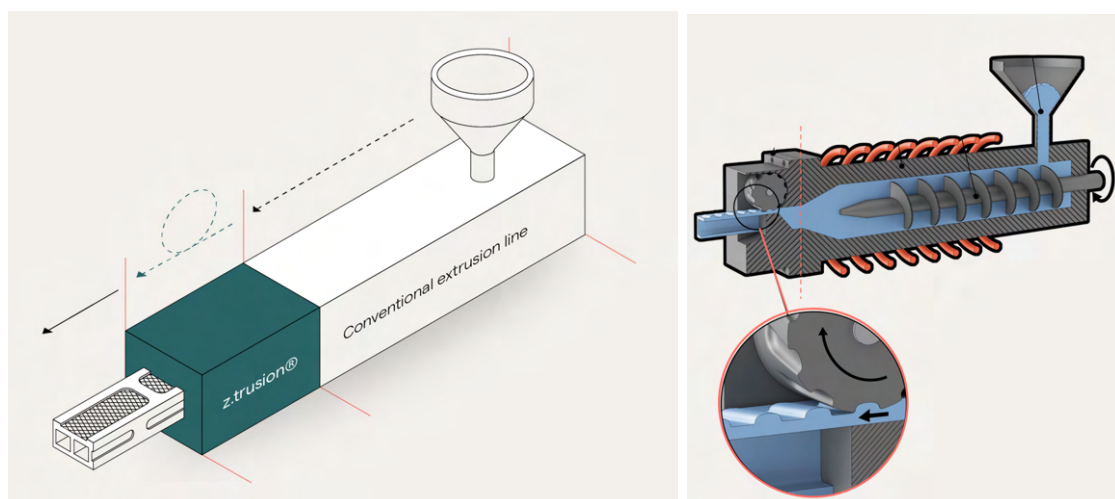
på sådant sätt att man till slut får den önskade formen. Additiv tillverkning omvandlar en digital tredimensionell modell till ett fysiskt objekt. Metoden möjliggör högst komplexa geometrier och former som ofta inte är möjliga att uppnå med någon annan tillverkningsmetod. Däremot är additiv tillverkning tidsmässigt ineffektiv vilket begränsar möjligheterna för produktion i höga volymer.

2.3 Z.trusion® – i detalj

Z.trusion® är en teknik som ämnar fungera som potentiell ersättning för ovanstående metoder, samt möjliggör nytänkande design för produkter som tidigare inte varit lönsamma att tillverka. Detta stycke ämnar förklara ingående hur tekniken fungerar för att definiera och tydliggöra vad den kan användas till. Informationen om hur z.trusion® fungerar är hämtad från företaget Relieved Technologies genom muntlig kommunikation, observation av deras labb samt deras offentligt tillgängliga information.

2.3.1 Hur tekniken fungerar

Tekniken är en utbyggnad av traditionell extrusionsteknik (2.2.1). På en klassisk extrusionslina monteras ett ytterligare verktyg som tillför ingående och utåtstående strukturer med höga toleranser på den raka profilen som tillverkas genom extruderingen. Verktøget består av ett eller flera roterande hjul med ett visst mönster. Det inkluderar även en anpassad matris som ersätter extrusionsmatrisen samt kanaler för anpassat materialflöde. Profilen trycks under eller emellan dessa hjul i samma moment som extrusionen.



Figur 2.3: *Det formgivande munstycket som monteras på existerande extrusionslina. Från [1]. Återgiven med tillstånd*

När verktyget väl är monterat på extrusionslinan kan de roterande matriserna bytas ut, enligt företaget relativt enkelt. Detta gör att olika varianter av samma produkt kan tillverkas med det modulära verktyget efter en kort omställningstid.

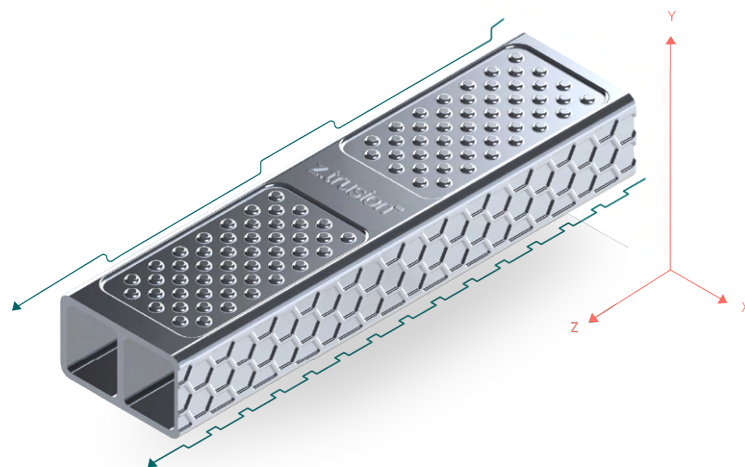
Eftersom strukturen skapas samtidigt som profilen får sitt tvärsnitt motverkas att profilen deformeras i högre grad. Till skillnad från när man använder prägling (se avsnitt: 2.2.2) behövs det alltså inte en stabiliserande metod för att göra strukturer på ihåliga profiler. Verktøget designas individuellt för varje enskild produkt som ska skapas genom att teamet på Relieved Technologies designar och testar mönster tills rätt egenskaper har uppnåtts och sedan beställs verktøget av en extern tillverkare. De roterande matriserna och resten av vertyget är framför allt tillverkade i stål eller mässing genom CNC-fräsning. I utvecklingen av nya profiler används även additivt tillverkade matriser i fotopolymer som är lättare att tillverka men som har kort livslängd.

Förutom de roterande hjulen är munstycket utformat med kanaler som justerar materialflödet. När materialet pressas ihop i olika former krävs det ibland att det flödar in i olika hastighet för olika delar av tvärsnittet för att utflödet sedan ska ske enhetligt. Detta uppnås genom att kanaler av olika form och syfte leder materialet rätt fördelat in under eller mellan hjulen.

2.3.2 Tekniska begränsningar

De tekniska begränsningarna baseras på hur långt utvecklingen av z.trusion® har nått vid tidpunkten av denna undersökning. Begränsningarna beskrivs utifrån hur gruppen har tolkat dessa och valt att förhålla sig till. Det är dessa begränsningar som tas hänsyn till under projektets gång.

I nuläget har Relieved Technologies utforskat sin teknik med temperaturer upp till ca 500°C. Tekniken är applicerbar på de flesta typer av extruderade profiler, bland annat ihåliga, komplexa, solida eller platta profiler. Eftersom matrisen designas utifrån varje enskild produkts behov kan begränsningarna variera. [3].



Figur 2.4: Exempel på hur en z.truderad komponent kan se ut. Från [1]. Återgiven med tillstånd

Strukturer som närmar sig 100 procent av materialets tjocklek kan enligt Relieved vara möjliga. I dagsläget har z.trusion® änsålänge skapat strukturer på profiler som är mellan 5-500 mm breda samt 1-100 mm tjocka.

Den strukturerade ytan, notera exemplet i bilden på föregående sida, möjliggör att ge produkter egenskaper såsom ökat grepp, estetik, aerodynamik, akustik, värmeöverföring med mera. Värmeöverföring är en intressant faktor då det har potential att ökas både med hjälp av större ytarea och förenklad optimering av hydrodynamik.

Vid utvecklingen av strukturer måste vinklar noga beräknas, och med ett roterande mönster uppkommer släppvinklar som måste kompenseras för. Det innebär en viss begränsning i hur smala och djupa strukturer som kan skapas och leder till varierande komplexitet i utvecklingsstadiet.

2.3.3 Ekonomisk jämförelse med andra metoder

I föregående del, avsnitt 2.2, beskrivs ett antal metoder som kan användas för att producera liknande typ av produkter som z.trusion® kan. Skillnader uppstår bland annat i hur ekonomiskt fördelaktigt det blir vid olika volymtillverkningar. Kostnaden för att utveckla ett z.trusion®-verktyg varierar beroende på komplexitet. Det handlar enligt företaget främst om utvecklingskostnader och tillverkningskostnader av själva munstycket. För att produkten som ska tillverkas ska bli lönsam krävs att tillräckligt många exemplar, eller tillräckligt mycket metervera, säljs för att kompensera för den initiala investeringen. Baserat på detta resonemang kan det antas att z.trusion® lämpar sig för produktion av större volymer. Enligt vad gruppen observerat är tillverkningen väldigt snabb när tekniken väl är i bruk, eftersom en strukturell yta kan skapas i samma steg som produkten extruderas. Vid jämförelse med till exempel viss additiv tillverkning innebär det en enorm minskning i tidsåtgång. För att tillverka något med additiv tillverkning är tidåtgången oftast timmar eller dagar (se avsnitt: 2.2.6) medan en produkt kan tillverkas med z.trusion® i en hastighet på upp till 100mm per sekund [2]. Produkter som är extruderade och därefter frästa kan jämföras på liknande sätt. En CNC-fräs är flexibel och kan tillverka komplexa strukturer, men till priset av att vara energi-och tidskrävande att använda (se avsnitt: 2.2.3). Vid användning av z.trusion® behöver producenter inte använda en extra maskinen över huvud taget. Följaktligen resonerar gruppen att stora kostnadsbesparingar kan göras med z.trusion® i form av minskad drifts- och personalkostnad.

2.3.4 Kompatibla material

Försök utförda av företaget tyder på att tekniken är kompatibel med de flesta material som är extruderbara, med några undantag. Stål är hittills inte möjligt på grund av att det extruderas under temperaturer eller tryck som nu ligger utanför begränsningar för tekniken. Nedan följer en beskrivning av de mest aktuella materialen som används idag.

2.3.4.1 Aluminium

Den metallen som kan z.truderas idag är aluminium. Aluminium extruderas vanligtvis vid en temperatur på 375-500 °C och skapar profiler med hög styrka, låg densitet och bra omformningsmöjligheter [14]. Ett problem med aluminium är att det är väldigt energikrävande att framställa. Framför allt krävs det mycket höga temperaturer för att framställa nytt material, och processen leder till stora koldioxidutsläpp. Återvunnen aluminium är bättre då omsmältning inte kräver lika höga temperaturer, men tillgången är begränsad [15]. Detta är en aspekt som enligt gruppen talar för att om möjligt använda andra mer miljövänliga material. Andra mjukare metaller som magnesium utforskas men har inte använts ännu[2].

2.3.4.2 Polymera material

Polymerer är en bred kategori material, och används inom konstruktionsmaterial i form av plaster och gummi [16]. Generellt så delas polymera material i i tre huvudgrupper:

- Hårdplaster
- Termoplaster
- Elastomerer (gummi)

För extrusion så är det främst termoplaster och elastomer som används då hårdplaster inte går att smälta ner efter de initieellt härdat(stelnat). Termoplaster står för 80 procent av världens tillverkade plastmaterial och infattar plaster såsom polyeten(PE), polyvinylklorid(PVC) och polyetentereftalat(PET). Eftersom att termoplasten går att smälta ner och återanvända är det ett material som går att återvinna flera gånger under sin livscykel, till skillnad från hårdplast, som inte går att smälta utan att förstöra materialet. Detta innebär även att termoplaster föredras för extrudering jämfört med hårdplaster.

Det de polymera materialen har gemensamt är egenskaper som gör de enkla att forma till komplexa former med en stor mängd olika tillverkningsmetoder. Inga större begränsningar finns gällande extrusion av termoplaster och elastomer, förutom de material som är för mjuka och har en tendens att klibba sig. En av de mest vanliga polymera materialen som används för extrusion är polypropen(PP), som extruderas i ca 240-270 grader celsius [17]. Användning av tekniken z.trusion® är möjlig med de flesta polymera material, men ibland med ännu begränsat gällande materialets klibbighet kontra traditionell extrudering.

2.3.4.3 Kompositer

Kompositmaterial består av flera material sammansatta till ett nytt material med nya egenskaper [18]. Moderna kompositer som glas och kolfiber används i ett stort antal applikationer bland annat i flygbranschen. Även naturliga material såsom trä kan beskrivas som en komposit då det är ett laminat av lignin och cellulosa-fibrer. Biokompositer är består av ett bionedbrytbart material såsom sågspån eller återvunnet tidningspapper blandat med ett polymeriskt material exempelvis harts. Den

polymera delen skyddar biomaterialet från att brytas ned, och möjliggör återanvändning av många material som annars går till spillo, exempelvis sågspån. Många kompositmaterial går att använda vid z.trudering, bortsett från de som tillverkas i vävda laminerade kompositer som kolfiber. Dessutom kan vissa material som inte anses extruderbara z.truderas då de roterande matriserna minskar friktion.

2.3.4.4 Keramer

Keramiska material är icke organiska och icke metalliska material som ofta består av lera och sand. Exempel på keramiska material är tegel, betong och kakel. Många keramiska material går utmärkt att extrudera såväl som z.trudera, förutsatt att de genomgår ytterligare steg för att härda profilerna.

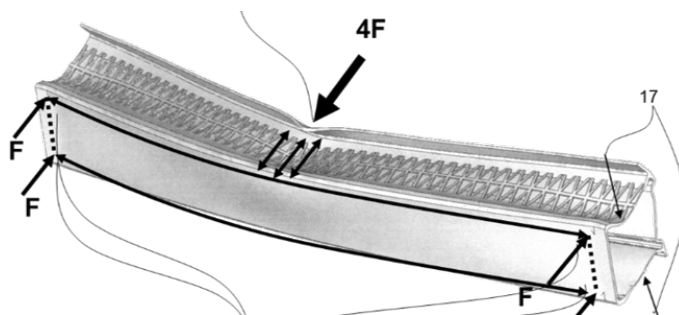
2.3.5 Hållbarhet

Detta avsnitt beskriver hållbarhets aspekter relaterade till z.trusion®. Ekonomisk och ekologisk hållbarhet relaterat till materialbesparing, energibesparing och lättvikt beskrivs, följt av rollen z.trusion® kan spela i övergången till en cirkulär affärsmodell.

2.3.5.1 Materialbesparing

En av de största potentiella fördelarna med tekniken z.trusion® är materialbesparing, när den ställs mot jämförbara metoder. Besparingen kan delas upp i två olika kategorier; Minskad materialanvändning och minskat materialsvinn.

Materialanvändning kan reduceras genom att skapa mer effektiva strukturer med samma, eller tillräckligt bra egenskaper som tidigare. Till exempel är en fackverksstruktur starkare än en solid i proportion till sin vikt och densitet, se figur 2.5. Genom att inte använda solida profiler är det möjligt att få bättre hållfasthet per mängd material. Dessutom kan man förstärka ytterliga önskvärda egenskaper som flexibilitet och stötdämpning. Vidare kan många icke-bärande strukturer också optimera sin design och spara material utan att förändra sin funktion.



Figur 2.5: Exempel på balk med fackverksstruktur. Bilden är avsedd för att illustrera själva balken, inga beräkningar har gjorts. Från [1]. Återgiven med tillstånd.

Materialsvinn kan minskas genom att undvika skärande bearbetning. Fördjupningar i extruderade material görs idag med bland annat fräsning, (se avsnitt: 2.2.3).

Materialet som idag behöver fräsas bort kan återanvändas i viss utsträckning men leder ofta till svinn. Den aspekten undviks med z.trusion®.

2.3.5.2 Energibesparing och Lättvikt

Z.trusion® har en betydande egenskap i form av att kunna ersätta flertalet produktionssteg med ett enda. Det varierar vilka moment som besparas beroende på vilken typ av produkt som tillverkas, men potentialen är stor då resultatet blir relativt komplext från början. Det möjliggör energibesparing vid produktion. Att eliminera momentet fräsning innebär till exempel att en maskin mindre behöver köras i fabriken vilket innebär mindre energi som krävs för drift. Vidare bibehålls extrusionsmomentets önskvärda egenskaper som låg porositet och speciella ytegenskaper vid z.trusion® och kan därmed bespara senare tryck- och värmebehandlingsmoment. Vidare kräver inte z.trusion® mer energi än traditionell extrusion..

Enligt EERE kan till exempel en 10 procents minskning av vikten i en bil leda till 6-8 procent energibesparing. Genom att ersätta stål och tunga material mot till exempel kompositmaterial kan man minska ett chassivikt med upp till 50 procent och därmed göra fordonet mer energisnålt [19]. Genom att med z.trusion® minska materialanvändning kan man potentiellt skapa lättare konstruktioner. Därmed kan fördelarna med z.trusion® utnyttjas, dels genom ny struktur och design, dels genom att kunna ersätta material.

2.3.5.3 Produktutveckling för cirkularitet

Idag använder människan mer av jordens resurser än vad som är hållbart. För att ställa om till ett system som fungerar talas det ofta om att göra ekonomin mer cirkulär, det vill säga att inkludera resurser i ett slutet kretslopp snarare än att utvinna resurser som blir till avfall. Ett huvudsakligt mål är att reducera avfall och istället återanvända resurser på ett effektivt sätt. Produktutveckling historiskt tenderar att fokusera på användaren och appliceringsområde snarare än "end-of-life"[20]. Nu handlar mycket om att förändra hur vi utvecklar nya produkter. En huvudsaklig del av det är att implementera cirkulär produktdesign. Det innebär att man bör anpassa produkten redan i utvecklingsstadiet för att den ska kunna föras tillbaka in i systemet vid livscykelns slut.

Wang et al(2022)[20] beskriver två huvudsakliga aspekter av cirkulär produktutveckling, design för produktintegritet och design för återvinning". Det förstnämnda innebär att produkter utvecklas för att hålla och användas länge, och det andra syftar till att underlätta demontering och återanvändning av ingående material.

Z.trusion® har potential att underlätta produktutveckling framför allt för återvinning. Eftersom många detaljer kan tillverkas i samma stycke minskar behovet av adderade detaljer i efterhand. Det innebär att en produkt som tidigare bestått av olika material kan tillverkas av ett och samma material med z.trusion®. På så sätt kan komplicerade demonteringsmoment undvikas vilket underlättar återvinningsprocessen.

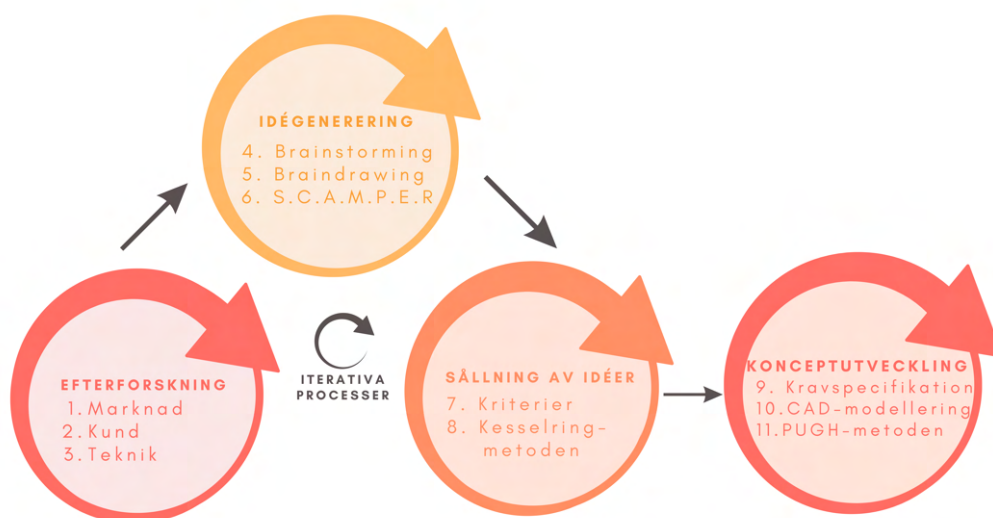
3

Metodik

I detta kapitel beskrivs den övergripande processen som applicerats under projektet gång. Vidare beskrivs de specifika metoder som nyttjats under de olika stegen av processen.

3.1 Övergripande process

Metodiken som arbetsprocessen utgår från och kan delas in i 4 övergripande steg: efterforskning, idégenerering, sällning av idéer samt konceptutveckling (se figur: 3.1).



Figur 3.1: Flödesschema för arbetsprocessen, varje cirkel visualiserar ett steg i processen.

Vardera steg utgörs av ett antal olika metoder som valts utifrån specifika krav anpassade till uppgiften. Arbetsprocessen har inte varit linjär, det vill säga att de olika stegen inte skett i ren kronologisk ordning. Istället har arbetet snarare varit iterativt och olika delar gjorts parallellt. Konkret så har till exempel idégenerering utförts samtidigt som fördjupning. Vissa steg så som utveckling av idéer har skett iterativt där designer har utvecklats samt utvärderats löpande.

3.2 Metoder

Inom produktutveckling är det avgörande att kunna jämföra och utvärdera olika koncept och förslag. Detta underlättar beslutsfattandet och ökar chansen för att en framgångsrik produkt tas fram. Det finns en rad olika metoder som kan användas för detta ändamål. Kommande avsnitt syftar till att redogöra för vilka metoder som har nyttjats under respektive steg i processen och hur dessa fungerar.

3.2.1 Metoder för idégenerering

Brainstorming

Brainstorming (se punkt 4 i figur: 3.1) är en kreativ process där deltagarna genom problemlösning genererar en stor mängd idéer, koncept och lösningar på kort tid [21]. Processen inleds med att problemet eller utmaningen tydligt definieras för att säkerställa att samtliga deltagare jobbar mot samma mål. Deltagarna får sedan under en kort tidsperiod individuellt tänka fram så många lösningar som möjligt på det givna problemet utan några kvalitetskrav. Lösningarna presenteras sedan för gruppen för att gemensamt byggas vidare på. Eventuellt fortskrider gruppen med ytterligare en omgång för att förbättra de bästa lösningarna. Brainstorming främjar fritt tänkande utan kritik eller krav som i sin tur ökar utövarens kreativa förmåga [21].

Braindrawing

Braindrawing (se punkt 5 i figur: 3.1) liknar brainstorming men här uttrycks idéerna främst visuellt istället för muntligt [22]. Under ett fåtal minuter får varje deltagare skissa på en lösning på ett fördefinierat problem, för att sedan skicka vidare sin skiss till nästa deltagare i gruppen och i sin egen tur få en annan deltagares skiss. Sedan fortskrider processen med ytterligare ett fåtal minuter tills samtliga deltagare skissat på samtliga idéer. Detta medför unika lösningar och undviker att individen fastnar i sin egen tankebana under idégenereringen. Braindrawingen avslutas med en utvärdering av idéerna.

S.c.a.m.p.e.r

S.c.a.m.p.e.r (se punkt 6 i figur: 3.1) är ytterligare en metod för att främja kreativt tänkande men är något mer strukturerad än brainstorming [23]. S.c.a.m.p.e.r står för: ersätt (Substitute), kombinera (Combine), anpassa (Adapt), modifiera (Modify), använd i annat syfte (Put to another use), eliminera (Eliminate), backa (Reverse). Processen används på redan existerande idéer och koncept för att undersöka ytterligare användningsområden, kombinationsmöjligheter med andra koncept med mer. Exempel på frågor som gruppen ställs inför under en S.c.a.m.p.e.r är:

- Kan produkten användas någon annanstans, eller som ett substitut för en funktion i en annan produkt?
- Vad händer om du kombinerar denna produkt med en annan, för att få något nytt?
- Kan man anpassa eller justera produkten så att den passar ett annat syfte?

- Vilket element av produkten kan stärkas för att skapa något nytt?
- Kan produkten användas inom en annan bransch/industri?
- Hur kan man simplificera produkten?
- Vad händer om du prövar att göra produkten tvärt emot det du redan gjort?

3.2.2 Metoder för sällning av idéer

Kesselring-metoden

En Kesselringmatris (se punkt 8 i figur: 3.1) är en typ av utvärdering av koncept gentemot en ideallösning [24]. Utvärderingen baseras på ett antal utvalda kriterier som tilldelas en viktningsfaktor, exempelvis 1-5. De utvalda kriterierna placeras på y-axeln i tabellen och idéförslagen på x-axeln. Förslagen ges sedan ett betyg, exempelvis är även betyget 1-5 som sedan multipliceras med viktningsfaktorn och båda betygen noteras i matrisen. Betygen jämförs sedan med poängen för ideallösningen, som har det högsta teoretiska värdet. Idéerna rangordnas sedan och ett resultat med bästa lösning kan utläsas.

Elimineringsmatris

En elimineringsmatris är en matris som har i syfte att utvärdera och därefter eliminera koncept [24]. Koncept elimineras om de inte uppfyller framtagna krav och behov. Vanligtvis används matrisen främst för att utvärdera huruvida koncept ska gå vidare i processen eller inte i ett tidigt skede. Det finns dock möjlighet att vika hur väl ett koncept uppfyller de framtagna kraven, på så sätt kan en totalsumman presenteras och användas som beslutsunderlag i vidare utveckling.

3.2.3 Metoder för konceptutveckling

Pugh-matris

En Pugh-matris är en matris som används i syfte att utvärdera idéförslag emot varandra [24]. Förslagen utvärderas utifrån flera satta kriterier, ofta ifrån en kravspecifikation. I varje Pugh-matris sätts ett förslag som referenslösning, varpå resterande förslag jämförs emot denna. Om ett förslag uppfyller kriteriet bättre än referenslösningen, placeras ett plus i denna ruta, är det lika bra placeras en nolla och i det fallet då förslaget är sämre placeras ett minus. Kraven i matrisen kan också viktas för att se till att det viktigaste kraven väger tyngst. En summa av alla plus, nollor och minus räknas ihop och ett resultat kan presenteras. Utifrån resultatet kan beslut tas om ett förslag ska sällas bort eller gå vidare i processen.

Intervjuer

Intervju är en metod som används för att samla in information av olika slag [24]. Det finns olika typer av intervjuer, strukturerade, semistrukturerade eller ostrukturerade. Strukturerade innebär intervjuer där frågor förberetts i förväg medan ostrukturerade är mer av en diskussion kring ett specifikt ämne. En intervju som både har en struktur över frågor men som också är öppen för diskussion kring ämnet kallas semistrukturerad intervju. Då målet med intervjun är att samla in kvantitativ data

är en strukturerad intervju att rekommendera och på samma sätt då målet är att samla in kvalitativ data rekommenderas ostrukturerad intervju.

FEM-analys

FEM-analys står för Finite Element Method och är en numerisk metod som nyttjas av datorprogram för att simulera fysikaliska problem om exempelvis hållfasthet [25]. Själva metoden består av partiella differentialekvationer som appliceras på en CAD-modell uppdelad i element. Program som används för att genomföra FEM-analyser är bland annat Ansys Mechanical.

4

Genomförande

Kapitlet genomförande leder läsaren genom arbetsgången. Kapitlet är strukturerat efter olika delprocesser och hur de har utförts. Detta inkluderar vilka metoder som använts och vilka resultat som har uppnåtts inom respektive delprocess.

4.1 Fördjupning inom projektet med utgång i dess problemformulering

Först ut i genomförandet av projektet är att undersöka och förstå befintliga marknader och kunder, Reliefed Technologies teknik samt att sätta sig in i projektet utifrån dess problemformulering. Nedan presenteras den metodik som används och det resultat som genererats.

4.1.1 Metod för fördjupning inom projektet

Första delen av projektet bestod av efterforskning. Målet med efterforskningen var att sätta ramar för projektet samt skapa en behovslista att förhålla sig till under projektets gång.

I början av projektet besöktes Reliefed Technologies kontor under en heldag för att samla in så mycket information som möjligt. Det var information både om tekniken och dess egenskaper men också om företaget och dess affärsmodell. Besöket gav överblick över möjligheter såväl som begränsningar. Eftersom en stor mängd första-handsinformation samlades in var besöket kvalitativt. Informationen kompletterades med informativa möten på distans. Ett stort moment har varit att samla in information om redan existerade tillverkningsmetoder samt fördelarna med z.trusion® jämfört med dessa. Att förstå tekniken var nödvändigt för att kunna utnyttja dess fördelar till fullo och hitta appliceringsområden där tekniken verkligen gör nytta. Mer generell informationsinsamling utfördes online i form av att läsa patent, vetenskapliga artiklar och information om befintliga produkter.

Utifrån insamlad data utformades behov som speglar de mål som utformats. Krav ansågs inte lämpligt att utforma i detta tidiga skede eftersom de är svåra att mäta. Kommande appliceringsområden ska också kunna mätas och jämföras utifrån dessa kriterier och vara en grund för kommande utveckling av områden. Efterforskningen låg också till grund till bakgrundsinformationen som presenterats i introduktionen samt kapitel 2.

4.1.2 Resultat av fördjupning inom projektet

Följande behov för projektet grundar sig i den efterforskning som gjorts samt de mål, frågeställningar och syfte som skapats. Nedan presenteras en lista med behov som observerats som relevanta, sammanfattade i fyra huvudsakliga områden.

- Det ska finnas god marknadspotential.
- Konceptet ska vara tekniskt genomförbart.
- Det ska finnas god potential för marknadsföring.
- Det ska finnas god potential för miljövinst.

Dessa områden har tagits i beaktning för framtida resonemang. Behoven anses vara intressanta då de täcker de stora områden som är av betydande vikt. Marknadspotential kan förklaras som att marknaden måste bedömas som tillräckligt stor och lönsam, med någon potential att konkurrera med en ny produkt. Teknisk genomförbarhet innebär att konceptet ska vara möjligt att producera med existerande teknik. Att ha potential för marknadsföring täcker in företagets önskan att visa upp sin teknik och miljövinst innebär att följa både företaget och gruppens egna formulerade mål kring att arbeta för materialbesparing och hållbarhetsarbete.

Dessa behov låg sedan till grund för det fortsatta arbetet, som inleddes med en kreativ process för att sätta igång arbetet - idégenerering.

4.2 Idégenerering – appliceringsområden för z.trusion®

Nedan följer idégenereringen som utförts under projektet. Detta innefattar en detaljerad beskrivning av metoden som använts och resultaten i form av koncept.

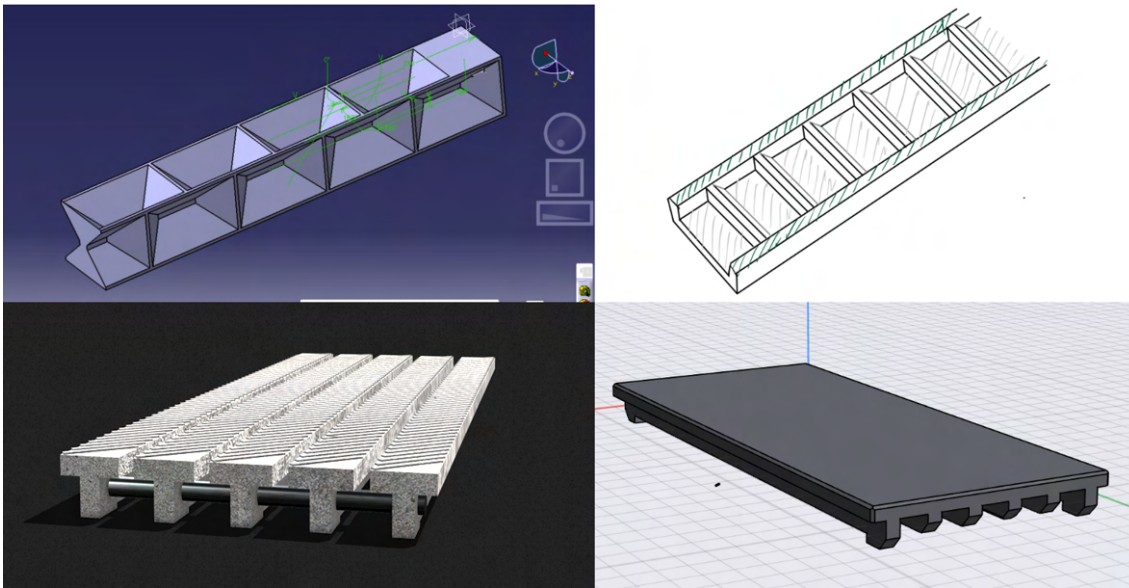
4.2.1 Metod för idégenerering

Efter att ha formulerat förutsättningar och behov startades idégenerering med dessa som riktlinjer. Den första strukturerade idégenereringen genomfördes i form av en brainstorming. Brainstormningen genererade en stor mängd idéer som senare vidareutvecklades med hjälp av ytterligare sessioner samt med mindmapping. En viktig aspekt som hölls i åtanke under processens gång var att hålla samtliga idéer på en liknande nivå av utveckling för att undvika bias i sällningskedet. Slutligen användes en strukturerad metod kallad S.C.A.M.P.E.R för att komma på ytterligare idéer genom att kombinera och modifiera redan existerande idéer. För vidare beskrivning om hur de olika idégenereringsmetoderna som används går till se avsnitt 3.2.1.

För att få inspiration kontaktades Chalmers Innovationskontor. Innovationskontoret bidrog med kontakter och gav vägledning för innovationsprocessen. Vidare erhöles

teknisk konsultation inom tillverkning och industri. Detta för att få insikt i hur produkter tillverkas traditionellt sätt och vilka idéer som ansågs vara bäst. Bland annat så diskuterades extrusion av transportband och byggställningsplattformar.

Under idégenererings-processen användes CAD-modeller och skisser (se figur: 4.1) för att förklara idéer internt men också som presentationsmedel inför både handeldare från Chalmers och för Relieved Technologies.



Figur 4.1: Presentationsmedel i form av CAD-modeller och skiss.

4.2.2 Resultat av idégenerering

Under idégenereringen producerades 52 stycken idéer av olika karaktär. Nedanstående tabell innehåller alla idéer som genererats under processteget idégenerering samt en medföljande kort beskrivning för att ge en uppfattning om tankegången kring idén.

Tabell 4.1: Sammanställning av idéer från idégenerering.

| Idé | Beskrivning |
|------------------------------|---|
| Akustikregel | Reglar för innerväggar som skapar bättre ljudisolering. |
| Akustisk ribbvägg | Effektivisera tillverkningen av akustiska ribbväggar med hjälp av extrusion. |
| Armband till träningsklockor | Effektivisera tillverkningen av armband till träningsklockor med hjälp av extrusion och möjliggöra estetiska mönster. |
| Akustikregel | Reglar för innerväggar som skapar bättre ljudisolering. |
| Akustisk ribbvägg | Effektivisera tillverkningen av akustiska ribbväggar med hjälp av extrusion. |

Tabell 4.2: Sammanställning av idéer från idégenerering FORTS. 1.

| Idé | Beskrivning |
|------------------------------|---|
| Armband till träningsklockor | Effektivisera tillverkningen av armband till träningsklockor med hjälp av extrusion och möjliggöra estetiska mönster. |
| Balk | Balk som extruderas med struktur som möjliggör att balken kan vara lättare med samma styrka. |
| Balkongplåt | Extruderad balkongplåt för estetiskt tillfredsställande design. |
| Bana till sänksåg | Lägga till fler funktioner tvärs över banan. |
| Bipolar Plates väteceller | Effektivisera produktionen av bipolar plates. |
| Bokhylla | Extrudera en stomme med färdiga skåror för att fästa hyllplan samt struktur för att stötta upp böcker. |
| Byggställningsplattform | Byggställningsplattform som extruderas med en greppyta ovanpå. |
| Bänk | En förbättrad bänk för utomhusbruk. Extrudera plankor för sitt och ryggstöds-ytor med strukturell yta som medför både estetik och vattenavrinning. |
| Cykelkedja | Kuggrem som ersätter traditionell kedja. |
| Cykelramverk | Extrudera delar av ett cykelramverk där profilerna får en struktur som medför materialbesparingar vilket leder till att cykeln blir starkare och/eller lättare. |
| Dammsugarrör teleskop | Telskoprör för dammsugare där strukturen är hacken som gör att man kan justera längden på röret. |
| Dekorativ dörrpanel | Extrudera den yttersta plåten på exempelvis en säkerhetsdörr för att ge den en estetiskt yta. |
| Durkplåt | Effektivisera produktion av durkplåt. |
| Dämlister för frakt | Dämlister som bättre absorberar stötar vid frakt. |
| Dörrhållare | Två extruderade profiler som hakar i varandra för att hålla en dörr eller ett fönster stängt eller öppet. |
| Eltandborstschassi | Effektivisera tillverkning av chassit till eltandborstar med hjälp av extrusion samt bidra med förbättrat grepp i våta miljöer. |
| Fotgrepp elscooter | Effektivisera produktionen av greppyta till elscooter. |
| Fönsterspröjs | Fönsterspröjs med estetisk struktur och effektiv tillverkning. |
| Förvaringslådor | Effektivisera tillverkningen av förvaringslådor med hjälp av extrusion. Lådorna kan få en struktur i estetiskt syfte. |
| Garageport | Garageport med struktur för materialbesparing. |
| Grepplinda | Grepplinda till exempelvis ett padelracket där greppmönster extruderas in i plasten. |
| Gummiprofiler | Gummiprofiler som extruderas med tredimensionell yta för användning inom många områden. |

Tabell 4.3: Sammanställning av idéer från idégenerering FORTS. 2.

| Idé | Beskrivning |
|------------------------|---|
| Gångjärn | Ett gångjärn som extruderas genom att aluminium eller plast ark görs tunnare på vissa ställen vilket medför en gångjärnsfunktion när arket böjs. Till exempelvis en skiljevägg. |
| Handtag till verktyg | Extrudera runda handtag som träs på verktyg såsom skruvmejslar och hammare för att medföra ett bättre grepp. |
| Hållplatta | Hållplattor för snickeri genom extrudering. |
| Insynsskydd | Effektivisera tillverkningen av insynsskydd med hjälp av extrusion där strukturen diffuserar ljuset. |
| Isbitsformar | Effektiviserar produktionen av isbitsformar. |
| Isskrapa | Extrudera en isskrapa med en struktur som kan användas i marknadsföringssyfte. |
| Klinkers med grepp | Extrudera klinkers där strukturen på klinkern medför bättre grepp för användning i exempelvis ett badhus. |
| Trall i komposit | Möjliggöra extrudering av strukturer i flera riktningar för bättre greppyta. |
| Lamphus | Extrudera lamphus med struktur som möjliggör god ljusdiffusion. |
| Lampskärmar | Lampskärmar med estetisk struktur som även förbättrar ljusdiffusion. |
| Linjal | Extrudera in markeringar direkt i plasten. |
| Nyckelband | Extrudera ett nyckelband med struktur som kan användas i marknadsföringssyfte. |
| Origami | Extrudera plast eller aluminium ark där strukturen är i form av förtunningar i materialet där arket sedan enkelt kan vikas ihop till diverse saker såsom hyllor, lådor, krukor eller lampskärmar. |
| Personstege | En personstege som extruderas där strukturen blir stegpinnarna. |
| Plastmatta till golv | En plastmatta med struktur som medför bättre grepp och som är effektiv att tillverka genom extrusion. |
| Rulltrappa handledare | Effektivisera produktion av handledare till rulltrappor. |
| Skärp | Extrudera mönstrade skärp i diverse material såsom sågspånskomposit. |
| Spännband med greppyta | Ge spännband en yta med bättre grepp med hjälp av extrusion. |
| Stuckaturer | Taklister med estetiska strukturer som är enkla att extrudera. |
| Ställ till elscooter | Extrudera ett ställ för elscootrar där strukturen blir faccken där elscooterns hjul placeras i stället. |

Tabell 4.4: *Sammanställning av idéer från idégenerering FORTS. 3.*

| Idé | Beskrivning |
|---------------------|---|
| Tablettkartor | Extrudering av tablettkartor där strukturen är de små fördjupningarna som medicin eller tuggummi kan placeras i innan de försluts i folien. |
| Takplattor | Extrudera strukturerade interiör-takplattor som får bättre akustiska och estetiska egenskaper. |
| Transportband | Effektivisera produktion och möjliggör effektiva greppmönster. |
| Tältpinnar | Extrudera tältpinnar med strukturer som gör pinnarna mer böjbara med bättre hållfasthet. |
| Vattenkylarblock | Effektivisera tillverkning av kylarblock till exempelvis datorchip. |
| Vindrutertorkarlist | En extruderad vindrutetorkarlist vars strukturella yta medgör bättre effekt än traditionellt tillverkade vindrutetorkare. |
| Vinklat fäste | Extruderat rör med veck för att böjas till. |
| Ätpinnar | Extrudera strukturella ätpinnar i marknadsföringssyfte. |

4.3 Sällning av idéer

För att få en hanterbar mängd lösningar att arbeta med krävs en sällning av alla lösningar som genererades i föregående kapitel. Hur sällningen gick till och dess resultat beskrivs nedan.

4.3.1 Metod för sällning av idéer

Genom att använda sällningskriterier och sälla bort idéer kan dessa utvärderas för att se om de är lämpliga att arbeta vidare med eller inte. Eftersom projektet i idégenereringsfasen resulterat i 52 idéer kommer sällningen göras i flera steg, detta för att successivt reducera antalet och bygga på kriterierna allt eftersom antalet blir färre.

4.3.1.1 Metod sällning ett – initial sällning utifrån behov

Den första fasen av sällningen utgår från de 52 koncept som presenterats i stycke: 4.2.2. Dessa 52 idéer behöver reduceras för att urskilja vilka som vidare är intressanta att utveckla. Idéerna skiljer sig åt när det gäller både innovationsgrad och komplexitet. Därmed behövs en sällningsprocess som jämför idéerna och dess potential på ett objektivt sätt. Eftersom detta är en första sällning ska kriterierna vara så generella som möjligt. På detta sätt täcks många olika vinklar.

Den första sällningen bygger på en elimineringsmatris (se avsnitt: 3.2.2 för beskrivning av elimineringsmatris). Skillnaden är att istället för att eliminera utifrån krav,

elimineras idéer utifrån kriterier. Idéerna betygsätts från en skala ett till fem, där ett är det lägsta betyget och fem det högsta en idé kan få. Vidare summeras detta resultat och en total summa för alla idéer presenteras. En gräns för summan kan sättas, där syftet är att ta vidare idéer med en summa över denna gräns. På så sätt kan idéer i ett tidigt skede kvantitativt elimineras. Kriterierna ska på ett objektivt och kvantitativt sätt jämföra idéerna och genom relevanta uppskattningar ska ett resultat erhållas. Utöver detta ska kriterierna grunda sig i de mål och frågeställningar som projektet ämnar att undersöka och därmed valdes att använda de behov av projektet som presenteras i fördjupningen av projektet (se avsnitt: 4.1.1).

De kriterier som valts att användas beskrivs nedan.

- **Marknadspotential**

Marknadspotential syftar till att beskriva vilken potential produkten har att väcka intresse på marknaden samt vilken kommersiell potential som finns. Detta kriterium innefattar marknadsstorlek, konkurrenssituation samt idéens innovationsgrad.

- **Teknisk genomförbarhet**

För kriteriet är komplexitet avgörande men också om produkten kräver flera olika tillverkningsmetoder eller den är tidskrävande när det kommer till utvecklingen. Teknikens begränsningar har även tagits i beaktande vid bedömning.

- **Potential för marknadsföring**

Möjligheten för Relified Technologies att använda de resulterade produkterna i marknadssyfte har genom processen varit relevant. Detta kriterium reflekterar möjligheten för företaget att visa upp teknikens egenskaper samt väcka intresse.

- **Potential för miljövinst**

Utifrån de mål som tidigt i projektet satts är miljövinst ett av de mest centrala. Aspekter som har haft stort inflytande är materialbesparing, energibesparing samt möjligheten att välja nya material med mindre miljöpåverkan.

Efter att alla idéer betygsatts utifrån de olika kriterierna kommer en resulterade summa presenteras i tabellen. Alla idéer som har en summa under eller som är lika med tio kommer att sällas bort och på samma sätt kommer de med en summa över tio gå vidare till nästa sällningsfas. Gränsen skapades genom testning och modifiering, där målet var att cirka 20 idéer skulle gå vidare i processen. Resultatet presenteras nedan (se figur: 4.2).

4.3.1.2 Metod sällning två – elimineringsmatris

Vidare görs en andra sällning när antalet idéer redan reducerats en gång. Matrisen bygger även denna på en elimineringsmatris. Skillnaden är även här att elimineringen bygger på ett antal kriterier istället för krav. Idéer elimineras om det inte uppfyller kriteriet. I matrisen noteras röd ruta som nej och grön ruta som "ja". Skulle någon idé inte uppfylla ett av kriterierna kommer denna att elimineras.

De kategorier som gör att idéerna faller bort är; 1: Om företaget redan har ett pågående projekt med denna ide, 2: Om företaget av någon anledning inte tycker att idén är värd att ta vidare samt 3: Om det är för stora tekniska svårigheter. Det kan vara begränsningar med tillverkningsprocessen, material eller utvecklingsmöjlighet. Slutligen sällas idéer bort om konkurrenssituationen bedöms som för svår. Idéerna utvärderas utifrån dessa kategorier med hjälp av information från egen undersökning och diskussioner med företaget. Resultatet presenteras i kommande kapitel.

4.3.1.3 Metod sällning tre – kesselringmatrix

För att välja ut de slutliga idéerna att arbeta vidare med görs en kesselringmatrix där kriterier viktas och idéerna poängsätts utifrån detta (se avsnitt: 3.2.2 för beskrivning av kesselringmatrix). Syftet med matrisen var att åter reducera antalet lösningar och viktningen av kriterier bidrar till att de viktigaste kriterierna väger tyngst och därmed skapas ett optimalt resultat. Matrisen redovisar också en jämförelse mellan de olika idéerna vilket bidrar till att slutsatser snabbt kan dras.

Kriterierna från kesselringmatrisen beskrivs nedan.

- **Kostnadsbesparing**
Beskrivs som förmågan att minska kostnaderna genom implementering av z.trusion® i produktionen. Med andra ord hur lönsamheten påverkas.
- **Time-to-market**
Time-to-market som betyder tid till marknaden, kan beskrivas som den totala tid det tar att få idén utvecklad, tillverkad och även lanserad på marknaden.
- **Materialbesparing**
Kriteriet beskrivs som den materialbesparing som kan göras genom att implementera z.trusion® i produktion. Det kan exempelvis röra sig om att byta nuvarande tillverkningsmetoder såsom extrudering följt av fräsning till endast z.trudering och på så vis reducera materialåtgång. Materialbesparing kan även uppnås genom att möjliggöra topologioptimerade geometrier som kräver mindre material för att uppnå samma egenskaper.
- **Energibesparing**
Energibesparing som kriterium summerar besparing av energi vid tillverkning. Detta främst genom att ersätta energikrävande produktionssteg.
- **Återvinning**
Kriteriet beskrivs som möjligheten att öka återvinningsbarhet av produkter. Detta påverkas främst på materialhomogenitet och enkel demontering.
- **Relevansen av Z.trusion®**
Kriteriet kopplar till hur relevant z.trusion är för idén, alltså om den tredimensionella strukturen som läggs på har någon större relevans och bidrar till att någon specifik funktion erhålls.
- **Marknadsstorlek**
Kriteriet beskriver idéens potentiella marknadsstorlek och således kommersiell relevans. En stor marknad kan innebära större möjligheter för försäljning och

därmed ökad lönsamhet.

- **Konkurrenskraftig funktionalitet**

Beskriver hur konkurrenskraftig produktens funktionalitet är på marknaden gentemot konkurrerande produkter. Om produkten erbjuder ett mervärde för kunden anses den attraktiv på marknaden.

Viktningen grundar sig i en betygsättning från ett till fem, där ett står för den lägsta viktningen och fem för den högsta. För att komma fram till hur denna skulle sättas jämfördes kriterierna med varandra samtidigt som mål och syfte skulle speglas. De kriterier som ansågs allra viktigast var kostnadsbesparing och materialbesparing, vilket tydligt kopplar till syftet med projektet. Fullständig viktning visas i tabell: 4.5.

Tabell 4.5: *Kriterier med viktning.*

| Kriterier | Viktning |
|----------------------------------|----------|
| Kostnadsbesparing | 5 |
| Time-to-market | 3 |
| Materialbesparing | 5 |
| Energibesparing | 2 |
| Återvinning | 3 |
| z.trusion@relevans | 4 |
| Marknadsstorlek | 3 |
| Konkurrenskraftig funktionalitet | 4 |

4.3.2 Resultat sällning av idéer

I detta avsnitt kommer de resultat som genererats från sällningen presenteras. Sällningen har genomförts i tre olika faser och därmed presenteras även resultatet i tre olika delar.

4.3.2.1 Resultat sällning 1

Den första sällningen resulterade i att 18 av 52 idéer gick vidare till nästa steg. I bilaga: A ses en tabell med en kolumn med summan av poäng. Gränsen för att idéen ska gå vidare är tio och alla över den gränsen är markerade med grönt vilket betyder att idéen går vidare, resterande är markerade röda vilket betyder att dessa elimineras. De idéer som gick vidare presenteras i följande tabell:

Tabell 4.6: Resultat av första sällingen.

| Idé | Beskrivning |
|-------------------------|--|
| Balk | Balk som extruderas med struktur som medgör att balken kan vara lättare med samma styrka. |
| Bipolar plates | Effektivisera produktionen av bipolar plates. |
| Byggställningsplattform | Byggställningsplattform som extruderas med en greppyta ovanpå |
| Cykelkedja | Kuggrem som ersätter traditionell kedja. |
| Dammsugarrör teleskop | Telskoprör för dammsugare där strukturen är hacken som gör att man kan justera längden på röret. |
| Fönsterspröjs | Fönsterspröjs med estetisk struktur och effektiv tillverkning. |
| Greplinda | Greplinda till exempelvis ett padelracket där greppmönster extruderas in i plasten. |
| Gummiprofiler | Gummiprofiler som extruderas med tredimensionell yta för användning inom många områden. |
| Komposittrall | Möjliggöra extrudering av strukturer i flera riktningar för bättre greppyta. |
| Klinkers med grepp | Extrudera klinkers där strukturen på klinkern medför bättre grepp för användning i exempelvis ett badhus. |
| Origami | Extrudera plast eller aluminium ark där strukturen är i form av förtunnningar i materialet där arket sedan enkelt kan vikas ihop till diverse saker såsom hyllor, lådor, krukor eller lampskärmar. |
| Plastmatta golv | En plastmatta med struktur som medför bättre grepp och som är effektiv att tillverka genom extrusion. |
| Stuckaturer | Taklister med estetiska strukturer som är enkla att extrudera. |
| Ställ till elscooter | Extrudera ett ställ för elscootrar där strukturen blir facken där elscooterns hjul placeras i stället. |
| Takplattor | Extrudera strukturella interiör-takplattor som får bättre akustiska och estetiska egenskaper. |
| Tablettkartor | Extrudering av tablettkartor där strukturen är de små fördjupningarna som medicin eller tuggummi kan placeras i innan de försluts i folien. |
| Vindrutetorkarlist | En extruderad vindrutetorkarlist vars strukturella yta medgör bättre effekt än traditionellt tillverkade vindrutetorkare. |
| Ätpinnar | Extrudera mönstrade ätpinnar i marknadsföringssyfte |

Värt att notera är att kriteriet som flest idéer fick bra poäng på var teknisk genomförbarhet. Anledningen till detta kan förklaras med att idéerna generats med tekniken i åtanke så ideer som är omöjliga att tillverka med z.trusion@inte tagits i anspråk. Vidare så kan man se att kriterierna som flest idéer hade låga poäng i var potential för miljövinst samt potential för marknadsföring.

4.3.2.2 Resultat sällning 2

Från den andra sällningen reducerades 18 idéer till 7. Anledningarna till sällningarna förklaras och motiveras nedan. Siffran i det röda cellerna i matrisen i figur: 4.2 motsvarar siffran i listan nedan.

| | Företaget har pågående projekt | NEJ från företaget | Teknisk svårighet | Svår konkurrenssituation |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|
| Stuckaturer | 1. | | | |
| Komposit-trall | 2. | | | |
| Byggställning plattform | | | | |
| Spröjs | | | | |
| Bipolar plates | 3. | | | |
| Greplinda | | | | |
| Cykelrem | | 4. | | |
| List vindrutetorkare | | | 5. | |
| Tablettkartor | | | | |
| Plastmatta golv | 6. | | | |
| Ställ till elscooter | | | | 7. |
| Origami | | | | |
| Badrums/badhusgolv | | | | 8. |
| Chop-sticks | | | 9. | |
| teleskop | | | | |
| Takplattor | | | 10. | |
| Balk | | | 11. | |
| Gummilister | | | | |

Figur 4.2: Bild över elimineringsmatris nummer två.

1. Företaget har redan ett pågående projekt där möjligheten att tillverka stuckaturer undersöks.
2. Företaget har redan ett pågående projekt inom komposittrall.
3. Företaget har redan ett pågående projekt inom bipolar plates.
4. Cykelremmen ansågs inte vara bästa vägen för tekniken enligt företaget.
5. List till vindrutetorkare ses av gruppen ha begränsningar i teknisk svårighet och svår konkurrenssituation eftersom det krävs lång utvecklingstid för vattenavrinning samt många befintliga konkurrenter.
6. Företaget har redan ett pågående projekt inom plastmattor till golv.
7. Ställ till elscooter ses ha hög konkurrens då detta är en liten marknad.
8. Badrumsgolv har svår konkurrenssituation eftersom det redan produceras på ett effektivt sätt.
9. Ätpinnar har enligt gruppen tekniska svårigheter som gör att denna lösning sällas bort.
10. Takplattor tillverkas i ett skummaterial som är svårt att extrudera och gör att idéen sällas bort på grund av tekniska svårigheter.
11. Balk är ett bredd område och kräver mycket underökning och utveckling för att åstadkomma ett resultat som gruppen efterfrågar, detta gör att iden sällas bort på grund av tekniska svårigheter.

4.3.2.3 Resultat sällning 3

I den tredje sällningen, kesselringmatrisen, rangordnades idéerna. Den fullständiga Kesselringmatrisen ses i bilaga: B. Nedan ses en förenklad tabell som visar den slutliga rangordningen.

Tabell 4.7: *Resultat från kesselringmatris.*

| Ordning | Ide |
|---------|-------------------------|
| 1 | Byggställningsplattform |
| 2 | Origami |
| 3 | Gummiprofil |
| 4 | Damsugarrör teleskop |
| 5 | Spröjs |
| 6 | Tablettkartor |
| 7 | Grepplinda |

Byggställningsplattform fick betyg över genomsnittet i alla kriterier utan återvinning. Men några specifika kriterier som frånskilde den från resten var markandsstorlek och kostandsbesparing. De bra betygen i dessa kategorier samt att dessa kriterier var viktade tyngt gjorde att den iden fick bäst poäng.

Utifrån rangordningen togs beslut om att endast ta vidare de tre bästa idéerna. Detta då dessa tre idéerna visade högst potential för vidare utveckling. Resultatet från kesselringmatrisen tolkas som trovärdig då noggran och objektiv bedömning av poängsättningen gjorts. Eftersom idéerna med högst poäng ligger relativt långt över dom andra tolkas resultatet vara säkerställt, en viss variation i poäng eller viktning hade fortfarande gett de en placering i toppen. Detta leder till att byggställningsplattform, origami och gummiprofil går vidare i processen.

4.4 Beskrivning av resulterande koncept

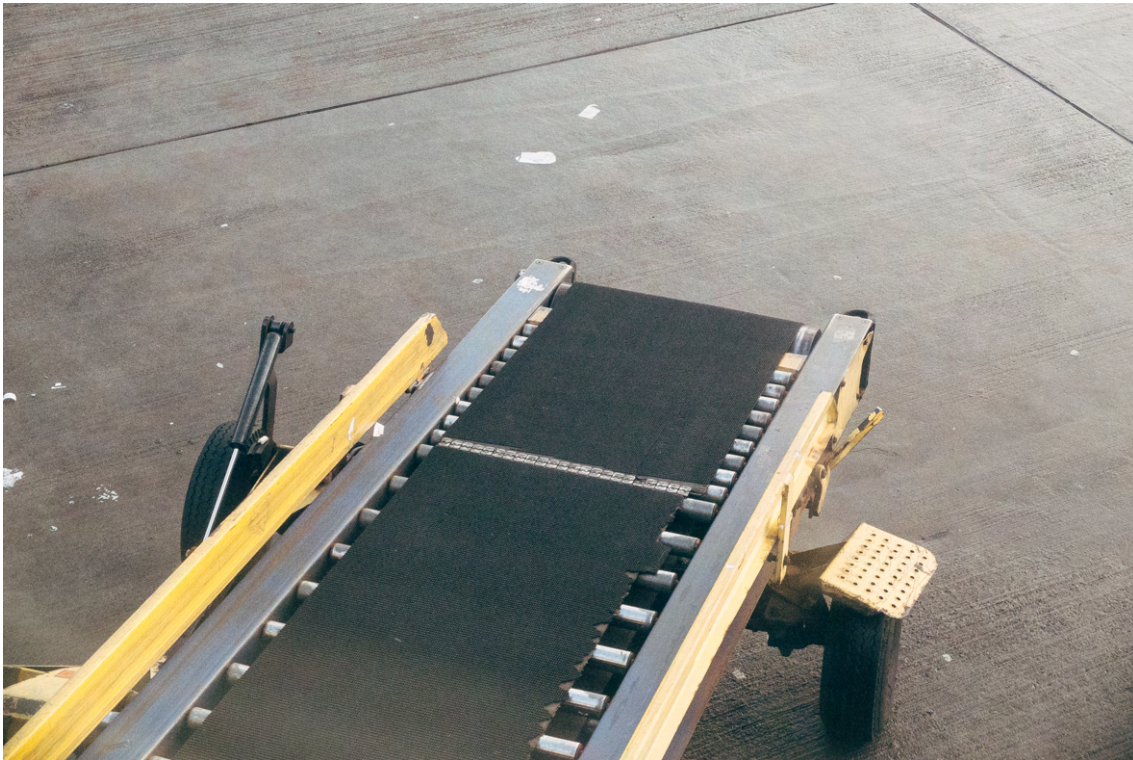
Resultaten från kesselringmatrisen gav tre idéer som enligt gruppen har god potential. Idéerna gummiprofiler och origami är mer konceptbaserade idéer som kan komma att appliceras för att tillverka en stor mängd olika produkter, medans byggställningsplattform är en konkret idé. Samtliga idéer förklaras nedan.

4.4.1 Koncept 1: gummiprofiler

Att extrudera gummiprofiler med z.trusion® kan medföra en stor mängd fördelar kontra traditionell extrudering. De egenskaper som undersökts är bland annat ljudisolering, värmeisolering samt ökad greppyta. Isoleringsegenskaper kan komma att användas på exempelvis lister i fönster och bildörrar. Främst har greppyta undersökts och nedan kommer två möjliga appliceringsområden.

Ett koncept som gruppen gick lite djupare in på är transportband (se figur: 4.3).

Här kan en strukturell yta extruderas som bidrar med ett bra grepp som kan gå tvärs över bandet. En stor fördel kontra traditionell extrudering uppnås då bandet kan tillverkas löpande utan att behöva monteras i ihop bit för bit. Gruppen stötte på ett problem med transportband som är likt det i det bortsållade konceptet cykelrem, det vill säga att banden behöver förstärkning i form av exempelvis stålvejjer inuti. Det är svårt med nuvarande teknologi. Däremot skulle man kunna extrudera endast det yttersta skiktet av transportbandet, det som har kontakt med varorna, då banden traditionellt ändå limmas ihop i flera lager under tillverkningen.



Figur 4.3: *Transportband. Från [26]. Återgiven med tillstånd.*

En annan idé på en gummiprofil är ett strukturellt gummi, silikon eller plastark som kan säljas som ett grundmaterial på metervara. Arken kan säljas på exempelvis byggvaruaffärer för att användas inom många appliceringsområden. Till exempel kan kunden köpa ett ark och sedan stansa ut egna anpassade former för sina behov såsom att lägga i duschen eller badkaret för att motverka halkrisk. Arken skulle även kunna säljas till tillverkare som i sin tur kan använda materialet i produktion av sina egna produkter.

4.4.2 Koncept 2: Origami

Origami är även det ett koncept som kan användas till en stor mängd produkter. Inspirerat av den japanska pappersvikarkonsten origami baseras idén på att man kan få stor designfrihet genom att vika och ett enkelt fyrkantigt papper kan få alla möjliga former utan att klippas. Konceptet bygger på att ett kontinuerligt ark av något töjbart material såsom plast eller aluminium extruderas med linjer i arket där

materialet som följd blir tunnare för att kunna vikas. Baserat på hur strukturer utformas så kan arket vikas till en mängd olika produkter. Exempel är lådor, hyllor och mindre prylar såsom tältkrokar eller glasögonfodral. Det finns flera fördelar med att sälja produkter i detta format.

Produkten drar stor fördel av att tillverkas med Relieved Technologies teknik då den passar utmärkt att extrudera i en lång profil, produkterna kan enkelt skiljas åt efter extrudering genom att en "viklinjegörs extra tunn där extrudatet ska delas. Konceptet passar väl för att tillverka produkter för att marknadsföra Relieved Technologies teknik, alternativt skapa produkter ihop med företag såsom IKEA.

Marknadsföringsmässigt så är det en nytänkande produkt som kan få upp ögonen för z.trusion® som tillverkningsmetod, det är enkelt att inkorporera logotyper och estetiska mönster utöver viklinjerna. Origamikonceptet har även stora fördelar logistiskt, då de tunna arken kan packas tätt och optimera frakt. Eftersom att kunden själv kan "vika ihopsin produkt så är de enda stegen som krävs extrudering och förpackning. Nedan följer en enkel illustration av hur konceptet Origami är tänkt att fungera:



Figur 4.4: *Exempel på hur konceptet origami skulle kunna se ut där fördjupningen är strukturen som z.trusion® bidrar med.*

4.4.3 Koncept 3: byggställningsplattform

Idén om byggställningsplattform omfattar plattformarna/trallarna som man står på i en byggställning. Idag är de typiskt tillverkade av stål, aluminium eller trä, men enligt utförd marknadsundersökning verkar trall i komposit vara nästa steg. Marknadsundersökningen beskrivs senare i kapitel 4.5. En trall i komposit ger fördelar såsom att den är lättare och mer tålig, både för belastning, slitage samt väder och vind. Den mest attraktiva delen är däremot att komposit går att extrudera vilket medför att man kan tillverka en plattform på löpande band, där plattformen kan få greppyta på ovansidan och logotyper på sidan.

Möjligheten att kunna ha goda greppegenskaper är ett stort övertag jämfört med andra kompositplattformar då materialet har en tendens att bli halt när det är vått. Att enkelt kunna addera logotyper (och även färga plattformarna hur man vill genom att färgsätta kompositen innan extrudering) är även det ett övertag då företag

har möjlighet att utöka sin reklam. En byggställning som står uppställd kring en byggnad blir enkelt ett marknadsföringsverktyg utöver sitt huvudsyfte.

Z.trusion® kan även utnyttjas för att ge plattformen en ännu lättare vikt än vad konkurrerande kompositplattformar har. Detta genom att utveckla en struktur som ger samma strukturella styrka vid en mindre materialåtgång och applicera detta exempelvis på undersidan av plattformen eller kombinera det med greppytan. Genom att extrudera plattformen får man även möjligheten att ha ihåliga plattformar, något som inte är möjligt/realistiskt med andra metoder. Det öppnar upp för en stor mängd potentiella förbättringsområden gällande styrka och vikt.

4.4.4 Diskussion kring nästa steg

För att hålla sig inom tidsramarna så valde gruppen att endast gå vidare med byggställningsplattform inför nästa steg. Detta då det var den mest konkreta idén och dess generella utvecklingspotential var högst. Dessutom är det en stor befintlig marknad.

4.5 Utveckling av byggställningsplattform

Nästa steg i processen är att vidareutveckla appliceringsområdet byggställningsplattformar. Vidarutveckling genomförs med avsikt att utveckla en prototyp av konceptet byggställningsplattform.

4.5.1 Metod för vidareutveckling

För att vidareutveckla och konkretisera konceptet med byggställningsplattform följde arbetet följande metodik:

- Marknadsanalys och skapande av behovslista
- Designutveckling med hjälp av CAD
- Utvärdering av design med FEM-analys och Pugh-matris
- Designiteration

4.5.1.1 Metod för marknadsanalys

Första steget var att göra en marknadsanalys för att få en inblick i hur markanden ser ut. Detta målet bryts ner i tre delfrågor:

- Hur ser värdekedjan ut för produkten?
- Vilka produkter finns på marknaden?
- Vilka produktattribut värdesätts av användare?

För att besvara de första frågorna gjordes efterforskning digitalt samt semistrukturerade intervjuer med personer inom byggbranshen (för intervjufrågor se bilaga: J). Semistrukturerade intervjuer valdes att användas då målet var att samla in kvalitativ data. För att besvara den sista frågan genomfördes istället strukturerade telefonintervjuer med ställningsbyggare för att erhålla kvantitativ information kring

användandet samt krav som finns på på ställningsplattformar. För vidare beskrivning om olika intervju typer se avsnitt 3.2.3. Tolv personer från olika ställningsbyggföretag intervjuades kring användandet samt värdeskapande egenskaper hos en ställningsplattform. Frågorna finns i bilaga: G och en sammanställning av svaren finns i bilaga: C. Alla intervjuer som hölls följde GDPR. Utifrån resultatet av intervjuerna och efterforskningen skapades en behovslista med egenskaper som eventuell produkt bör uppfylla.

4.5.1.2 Metod för design

Nästa steg i processen var att utveckla ett flertal designförslag. Detta gjordes med CAD och utgick ifrån kravprofilen som skapades i föregående steg. För att kontrollera att designerna uppfyllde kraven så testades de standardiserat och objektivt för de olika kraven som uppkommit i föregående steg. Vid designprocessen togs även hänsyn till produktionstekniska egenskaper med tillverkningstekniken z.trusion®, även geometriska och kostnadsrelaterade aspekter togs i beaktning.

4.5.1.3 Metod för utvärdering

För att testa CAD-modellerna och dels verifiera att de klarar av de påfrestningar som de förväntas göra, men främst för att jämföra koncepten med varandra, så genomfördes FEM-analys på samtliga framtagna koncept (se avsnitt 3.2.3 för beskrivning av FEM-analys). FEM-analysen genomfördes i programmet Ansys Mechanical och modellerades efter de krav som specificeras enligt byggställningarnas lastklasser. Specifikt så testades att applicera 6000 Newton per kvadratmeter på ovasidan plattformen och sedan analysera den maximala deformationen och den maximala ekvivalenta stressen i materialet. I FEM-analysen så gjordes samtliga simulationer med polypropen som material. Detta då polypropen är ett av de mest extruderade materialen och troligtvis ger en konservativ bild av hållfastheten genomfört med ett bättre anpassat material. Andra parametrar som togs i beaktning inför utvärdering är volym, där ett material med en densitet på 1.0 g/cm^3 antogs för att kunna jämföra konceptens massa med varandra.

Därefter är det dags att utvärdera de olika förslagen för att komma fram till det bästa konceptet. Detta gjordes genom att jämföra dem mot varandra med hjälp av en Pugh-matris (se avsnitt 3.2.3 för beskrivning av Pugh-matris). Det gjordes två Pugh-matriser för att säkerställa att bedömningen blir rättvis, i och med att varje matris har en referens att förhålla sig till. Kriterierna i matrisen utformades utifrån behovslistan (se avsnitt: 4.5.2.1) samt information från marknadsundersökningen. Därtill tilldelades de en viktning. Viktningen möjliggör att de kriterier som är mest relevanta för beslutsfattande får större påverkan på resultatet. Viktningen gjordes med bedömning efter kunskapen från tidigare efterforskning.

Kriterierna med tillhörande viktning presenteras på följande sida (se tabell: 4.8).

Tabell 4.8: Kriterier med viktning.

| Kriterier | Viktning |
|-----------------|----------|
| Max deformation | 5 |
| Max spänning | 5 |
| Hantering | 3 |
| Livslängd | 5 |
| Massa | 5 |
| Säkerhet | 5 |
| Miljöpåverkan | 4 |
| Komplexitet | 3 |
| Konkurrenskraft | 3 |

Nedan beskrivs varje kriterium mer ingående och vilka delar som spelar in i betyg-sättningen av koncepten.

- **Max deformation**
Kriteriet beskriver den maximala deformationen som uppmätts i programvaran Ansys Mechanical, desto lägre deformation desto bättre för plattformen.
- **Max spänning**
Beskriver den maximala spänning som uppmätts i Ansys Mechanical. Målet är att denna ska vara så liten som möjligt.
- **Hantering**
Hantering beskriver hur lagringsmöjligheterna för plattformerna ser ut men också faktorer såsom transport, installation av ställningar och underhåll.
- **Livslängd**
Beskriver uppskattad livslängd, beror på faktorer såsom design och antalet komponenter som monteras och demonteras vid varje uppsättning.
- **Massa**
Totala massan för en byggställningsplattform. Önskvärt är att ha så låg vikt som möjligt.
- **Säkerhet**
Hur säker plattformen anses vara. Faktorer såsom grepp, vattenavrinning och så vidare tas i beaktande.
- **Miljöpåverkan**
Den miljöpåvekan plattformen har innefattar framförallt volymen av plattformen då material inte valts i detta skede.
- **Komplexitet**
Beskriver hur komplex plattformen är. Komplexare design leder eventuellt till svårare tillverkning. En plattform bestående av flera komponenter som inte tillverkas i ett stycke anses mer komplex.
- **Konkurrenskraft**
Kriteriet beskriver hur konkurrenskraftiga koncepten är jämfört med varandra. Faktorer såsom hur unika de är jämfört med liknande produkter på marknaden

och om koncepten har eftertraktade egenskaper har haft i åtanke.

4.5.2 Resultat av vidareutveckling

I detta avsnitt så kommer resultaten från vidareutvecklingen av byggställningsplattform presenteras. Avsnittet delas in i fyra delar: Resultat av marknadsundersökning, designutveckling, utvärdering och designiteration.

4.5.2.1 Resultat av marknadsundersökning

I en intervju med en byggingenjör som har erfarenhet av inköp och förhandling av kontrakt för ställningar beskrivs den kommersiella marknaden för byggställningar, och då implicit byggställningsplattformar, se ut som följande: Byggföretagen begär en offert från olika ställningsentreprenader där krav samt användning specificeras. Ställningsentreprenaden lämnar sedan en offert för projektet, en vanlig affärsmodell är att det finns ett fast pris för montering och demontering av ställningen och ett rörligt pris för tiden ställningen används. Byggingenjören uttrycker även att byggföretagen inte ställer några specifika krav på vilken typ av byggställningsplattform som används utan att pris- och servicerelaterade aspekter är viktigast för dem. I vår undersökning framkommer dock att vissa byggföretag inte vill ha organiska material i ställningarna på grund av brandrisk och liknande.

Med grund i detta så identifieras ställningsbyggare som den primära användaren av byggställningsplattformar. Därmed togs beslutet att fokusera på egenskaper samt funktionalitet som tillfredsställer ställningsbyggares krav på en ställningsplattform vid utveckling av produkten.

Intervjuer med ställningsbyggare samt digital efterforskning visade på att det finns ett antal olika ställningssystem som är vanliga på den svenska marknaden. De olika system har lite olika standarddimensioner och fästelement. För plattformar finns det olika lastklasser (ett till sex) där lastklass sex är högst [27]. Utifrån intervjuundersökningen som genomfördes visade det sig att HAKI var det vanligaste systemet bland de företag som intervjuades. Utifrån detta valdes att fokusera på plattformar som är kompatibla med HAKIs ställningssystem vid det fortsatta arbetet.

HAKI erbjuder tre huvudtyper av plattformar vilka är: trall, plank och ramplattformar:

Plank

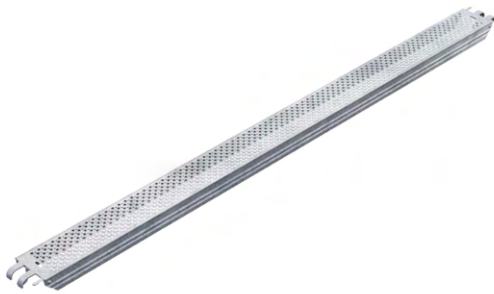
Plank finns i två material, stål och aluminium. De läggs på längden av ställningen, flera i bredd, ofta tre eller fyra beroende på bredden på ställningen. De kan även sättas som en konsol utanför ställningen för att komma närmare väggen på byggnaden. Planken fästs med olika typer av hakar och låssystem. De har hål i ytan som skapar greppyta, vattenavrinning samt minskar vikten. Av intervjuundersökningen framkommer att aluminium är vanligare än stål då den typen är lättare. Se figur: 4.5.

Ramplattformar

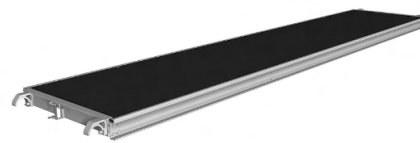
Ramplattformar är ofta tillverkade i plywood med en ram av aluminium. Det finns även modeller med en lucka som gör att man kan ta sig upp på plattformen. Denna typen av plattform läggs på längden av ställningen och täcker hela bredden. De finns i flertalet längder och bredder. Det finns numera även varianter med glasfiber- eller kompositskivor istället för plywood. Se figur: 4.6.

Trall

Trall är gjort av träribbor och läggs flera stycken på bredden av en ställning. De är vanligast vid tunga ställningar där lastklass fem eller sex behövs [28]. Det finns numera varianter i komposit som är lättare än den traditionella trallen i trä [29].



Figur 4.5: Stålplank HAKI. Från [30].
Återgiven med tillstånd.



Figur 4.6: Ramplattform (krokplan) HAKI. Från [31]. Återgiven med tillstånd.

I intervjuundersökningen så framkom det att ställningssystemet från företaget HAKI är de vanligaste, samt att ställningsföretagen använder flera olika material för sina plattformar. Aluminium förekom mest frekvent följt av plywood och trä. Ett fåtal företag har nyligen börjat använda sig av plattformar i komposit, dels som hela plattformar, dels som ersättning av plywood i ramplattformar (se figur: 4.6). Intervjuerna gav en god överblick över de problem som ställningsbyggarna har med sina plattformar, vilket listas nedan. För en komplett sammanfattning av intervjuerna; se bilaga: G och bilaga: D.

- Underlag i trä och plywood drar åt sig vatten och blir halt samt tungt.
- Trä och plywood ruttnar eller går sönder fort och behöver ersättas ofta.
- Underlag i komposit är halt vid montering.
- Kompositunderlag, som används som ersättning när plywoodskivor i en ramverksplattform går sönder samt sviktar under belastning.
- Ställningstrallarna bör i allmänhet vara lättare.
- Aluminiumställningarna fungerar mycket bra men är dyra.

De problem och åsikter som samlades in under intervjuerna användes tillsammans med fakta insamlad under projektets gång för att skapa en behovslista specifikt för plattformar, vilka följer:

- Lättvikt
- Lång livslängd
- Bra grepp och säkerhet
- God hantering
- God styvhet och hög lastklass
- Liten negativ miljöpåverkan

4.5.2.2 Resultat av designutveckling

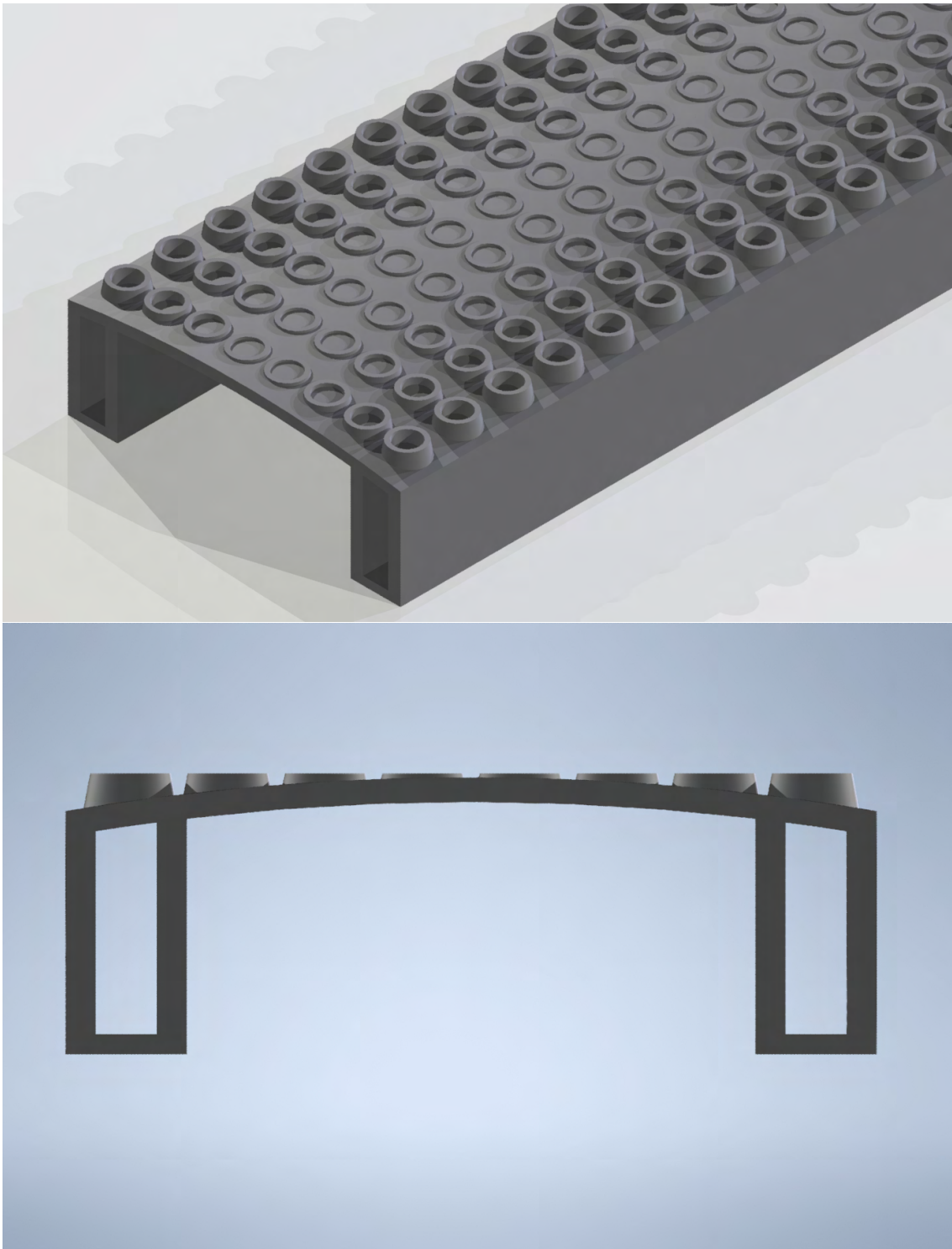
Utifrån behovslistan designades fem olika förslag på ställningsplattformar oberoende av varandra. I samtliga designer förutsattes att någon form av biokomposit eller polymer skulle användas. Detta eftersom det kan resultera i en miljövinst jämfört med alternativ i aluminium (se avsnitt 2.3.4) samt att det har bättre livslängd och vikt jämfört alternativ i trä. Eftersom samma material användes som grund i alla tester ansågs kravet materialval vara uppfyllt. I beräkningar av bärighet så användes polypropen som material då detta är ett vanligt material vid extrusion samt att det fanns tillgängligt i beräkningsprogramvaran. Däremot är tanken att ett mer avancerat kompositmaterial, t.ex. biokomposit med fiber, bör användas för att uppnå rätt egenskaper. De olika designförslagen presenteras nedan:

Koncept A - plank

Det första konceptet var att designa ett alternativ till aluminiumplanken som finns på marknaden. Här fanns en möjlighet att göra en billigare produkt då tanken med designen var att hela plankan kan produceras i ett stycke med endast kapning och montering av fästelement som efterarbete.

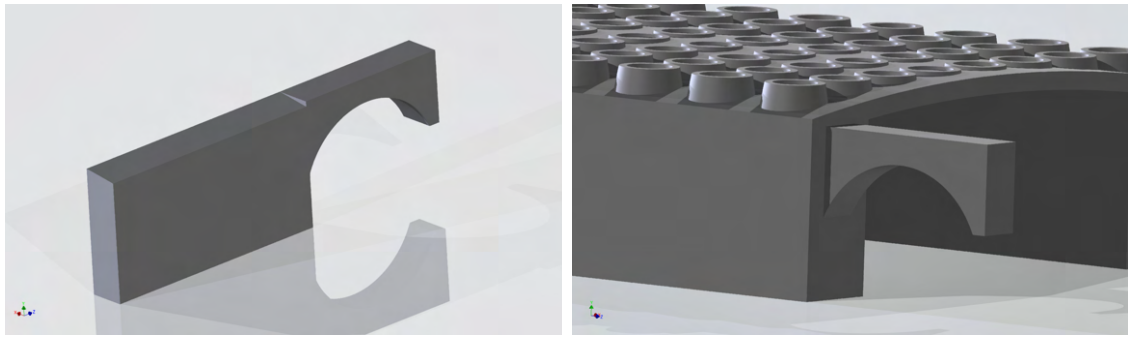
Denna design var tänkt att ersätta aluminiumplanken som finns på marknaden, de är 200mm breda och varierar i längd. Prototypen var av den längsta varianten som är 3000mm lång. Tanken är att planket extruderas och sedan skärs i olika längder beroende på efterfrågan.

Z.trusion® kommer att användas för att bilda greppytan på ovansidan av plankan. Plankan har även en böjd ovansida för att möjliggöra vattenavrinning. Greppytan som z.truderas kommer att ge plankan en plan yta ett gå och placera föremål på (se figur: 4.7).



Figur 4.7: *Visualisering av byggställningsplank, närbild och tvärsnitt.*

Tvärsnittet på plankan är tänkt att ge möjlighet att greppa plankan underifrån i sidoväggarna. Designen är även tänkt att bidra med tillräckligt god styvhet och hållfasthet i plankan. Hålen i sidoväggarna kan även användas för att fästa något typ av hake som visas av bilderna i följande uppslag (se figur: 4.8).



Figur 4.8: *Exempel på hake som fästs på plank.*

Koncept B - trall

Nästa koncept var att ersätta trallen, det vill säga en plattform som placeras längs kortsidan på en ställning med flera i följd. Dessa har vanligtvis dimensionerna 1300mm långa och 600mm breda. Här kan det enkelt produceras en produkt som är lättare än trätrallarna som är vanligast på marknaden. Den första designen var en plattform som kan extruderas i ett stycke och sedan kapas till rätt längd (se figur: 4.9.)



Figur 4.9: *Två exempel på trall med strukturell yta.*

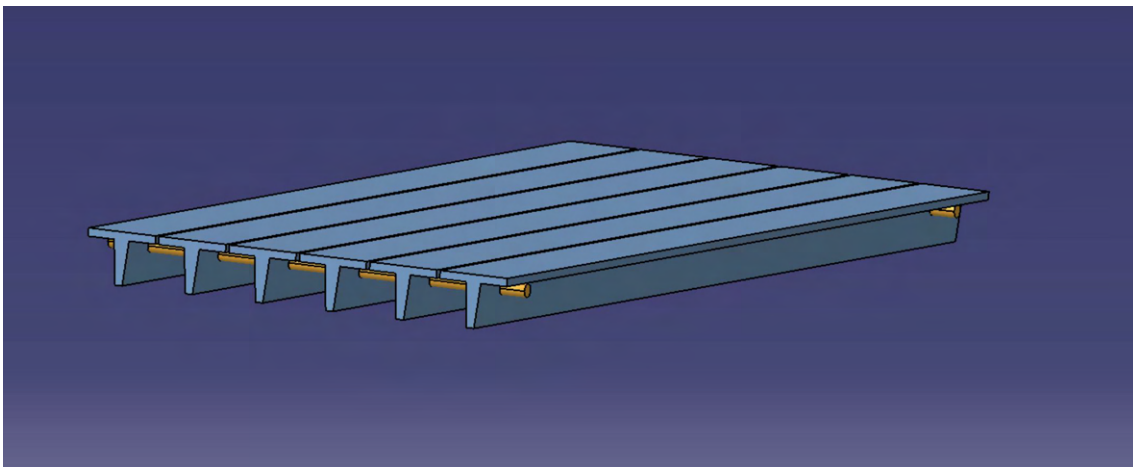
Bilden ovan visar ett koncept på trall där ovansidan av trallen har en extruderad greppyta. I detta koncept finns det bra möjligheter att utveckla ett tvärsnitt som ger god hållfasthet men kräver så lite material som möjligt.

För att fästa trallen så kan man antingen montera fästelement i ett senare steg, eller integrera det i tvärsnittet så att det går att extrudera i ett stycke utan någon eftermontering som kan ses på den andra bilden i figur: 4.9. Alternativet att ha fästelementet integrerade ger flera fördelar både kostnads relaterade samt bättre återvinningsmöjligheter på grund av material homogenitet.

Detta koncept har en negativ aspekt ur ett tillverkningstekniskt perspektiv vilket är det stora antalet kaviteter. För att extrudera ihåliga profiler så kräver det att matrisen har en kärna vilket ökar komplexiteten i verktyget och implicit kostaden. För att extrudera profilerna som visas i bilderna ovan hade det krävts flera kärnor vilket ökar komplexiteten drastiskt.

Koncept C - trall av ribbor

En alternativ design av en trall är att extrudera smalare profiler med greppyta på ovansidan som sedan sätts ihop till en trall likt trätrallarna som finns på markanden idag. (se figur:4.10)



Figur 4.10: *Trall med extruderade ribbor som monteras ihop till en plattform.*

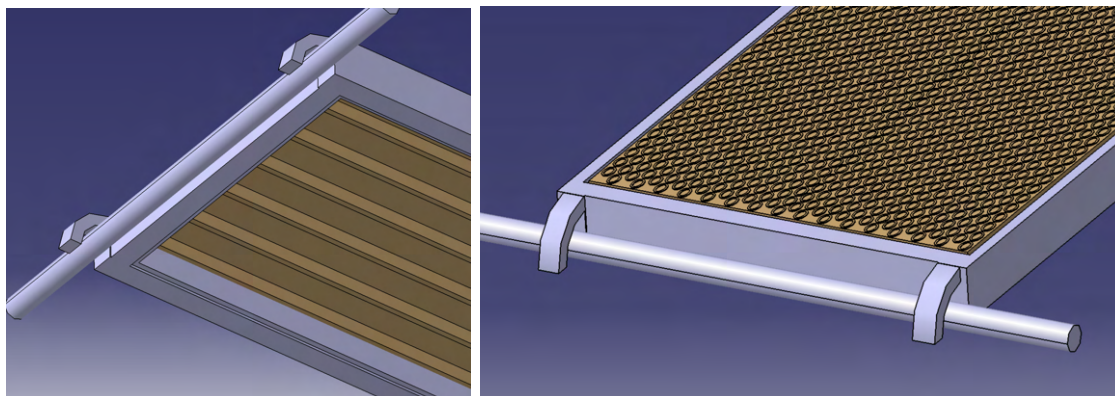
Dessa profiler eller ribbor kan ha som i konceptet ovan ett tvärsnitt som minskar vikten i trallen. Eftersom det blir små mellanrum mellan ribborna så möjliggör detta vattenavrinning och minskar vikten. Denna design kräver dock en del efterarbetning eftersom trallen måste monteras ihop av de extruderade profilerna. Samt visst efterarbete för att göra hål i ribborna för montering. Fördelen blir att profilen får ett jämnare tvärsnitt som är lättare att extrudera.

Koncept D - skiva till ramplattform

Koncept D är att ersätta plywooden i ramplattformarna med en skiva i komposit

som har en greppyta på ovansidan (se figur: 4.11). Detta hade löst problem med halka samtidigt som plattformen kan göras lättare. Plywooden i plattformarna byts ut på grund av att materialet ruttnar eller går sönder, vilket även detta inte blir ett problem med en platta i komposit. Från intervjuerna framgick det att dagens ersättningsplattformar i komposit inte är tillräckligt styva och sviktar märkbart när man går på dem. Detta ämnas förbättras genom att ge plattformen struktur undertill som dels förstyrkar men även ger plattformen ytterligare punkter att hålla i vid montering. Plattformen får även en struktur på ovansidan för att skapa ett bättre grepp och potentiellt effektivare vattenavrinning. Utbytesplattformen moteras med hjälp av popnit i aluminiumramen eller skjuts in skåror i ramen och låses fast på så sätt. En av de största fördelarna med detta koncept kontra de andra är att det inte krävs någon omfattande efterarbetning i form av att fixera fast hakar eller montera ihop profiler. Det ända efterarbetet som krävs är att skära profilen till rätt längd.

Konceptmodellerna visar en utbytesplattform som mäter 3000mm x 568mm för att passa en redan existerande aluminiumram på marknaden, men samma koncept kan appliceras för att skapa plattformar i flera storlekar. Utbytesplattformen har en volym på 0.015m³ vilket ger en vikt på 23kg vid 1.0g/cm³ antas. Då konceptet är en reservdel till redan existerande aluminiumram så läggs även vikten för ramen på, vilket ger en total vikt för plattformen på 38kg. Detta är något tungt men går att optimera vidare om konceptet skulle passera sållning och tas med till det slutgiltiga steget. Detta var det konceptet som var styvast i FEM-analys vilket medför god marginal för optimering.

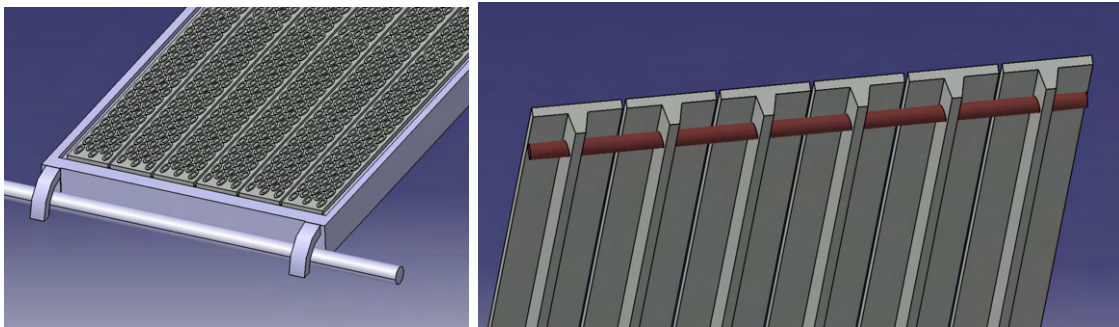


Figur 4.11: Utbytesplattform (orange) monterad i aluminiumram.

Koncept E - ihopsatt skiva till ramplattform

Koncept E var att göra en utbytesplattform i komposit där plattformen extruderas i flera delar för att sedan monteras ihop. Delarna består av plankor som kan monteras ihop med distanser och bultar (se figur: 4.12), likt hur dagens trätrallar tillverkas. Detta medför en enklare extruderingsprocess då det smalare tvärsnittet innebär ett jämnare tvärsnitt och således ett jämnare tryck under extruderingen. Den ihopsatta strukturen innebär även att vatten kan rinna av mellan springorna och att enstaka plankor kan bytas om de skulle gå sönder. Precis som i koncept D så monteras plattformen fast i aluminiumramen med popnit eller låses fast i ramens skåror.

Detta koncept har en något mindre volym men har samma goda förutsättningar för optimering som koncept D.



Figur 4.12: Utbytesplattform(grön) monterad i aluminiumram.

4.5.2.3 Resultat av utvärdering

För att utvärdera de olika designerna så gjordes först en sammanställning av teknisk data där FEM-analys gjordes i programvaran Ansys. I tabell: 4.9 så visas den sammanställda data för de olika koncepten. För massan så antogs en densitet på 1.0g/cm^3 och totala vikten för en sektion räknades med dimensionerna för en sektion på 3000×600 mm. För att se visulisering av FEM-analyserna, se bilaga: F

Tabell 4.9: FEM-analys på byggplattformar.

| Koncept | Massa per detalj (kg) | Massa total för sektion (kg) | Max deformation (mm) | Max ekvivalent stress (Von Mises) (MPa) |
|---------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---|
| A | 9.7 | 29.1 | 76 | 170 |
| B | 11 | 55 | 3.3 | 10.6 |
| C | 14 | 70 | 2.8 | 25.3 |
| D | 38 | 38 | 0.2 | 3.7 |
| E | 34 | 34 | 14 | 86 |

I sammanställningen av den tekniska datan från simuleringarna i Ansys Mechanical (se tabell: 4.9) så framstod det att koncept A är lättast. Det framgick även att koncept A behöver förstärkas då det deformeras för mycket samt inte klarar av belastningen då den ekvivalenta stressen går över vad materialet klarar av. Koncept D var det starkaste konceptet med endast 0.2mm i maximal deformation. Detta har troligtvis att göra med att simulationen antog att aluminiumramen som plattformen sätts fast i är helt styv och därmed ger ett fixerat stöd åt den extruderade plattan. Det anses däremot inte vara ett problem då en liknande situation återfinnes i verkligheten- såvida konceptet är starkare än ramen, som är den del som begränsar plattformens lastklassifiering.

Efter detta så gjordes en jämförelse av koncepten med en Pugh-matris där den tekniska datan användes. Det slutliga resultatet av Pugh-matriserna presenteras i

tabell: 4.10, fullständiga Pugh-matriser ses i bilaga: E. Resultatet blir på så sätt en helhetsbedömning baserat på alla genomförda matriser. Som ses i tabellen presterade koncept D bäst i båda matriserna, därav togs beslutet att iterera över design processen för detta koncept igen.

Tabell 4.10: *Sammanställning Pugh-matriser.*

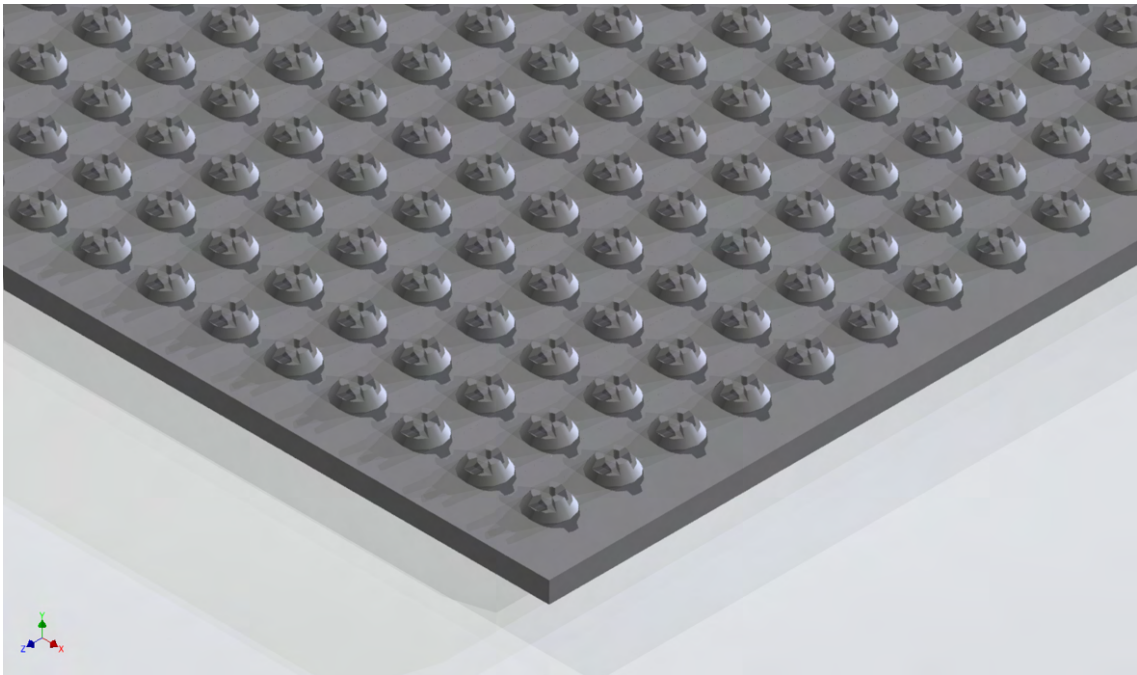
| Koncept | Pugh 1 | Pugh 2 | Snitt placering | Slutgiltig rangordning |
|---------|--------|--------|-----------------|------------------------|
| A | 2 | 3 | 2.5 | 2 |
| B | 4 | 2 | 3 | 3 |
| C | 4 | 4 | 4 | 4 |
| D | 1 | 1 | 1 | 1 |
| E | 3 | 5 | 4 | 4 |

I utvärderingen av de olika koncepten så var det tydligt att koncept D - ersättnings-skiva hade en klar fördel vad det gällde komplexitet, deformation, maxspänning, konkurrenskraft. Det var dessa fördelar som gjorde att den fick bäst placering. Massan var det största problemet som behövde adresseras i nästa steg.

4.5.2.4 Resultat av designiteration

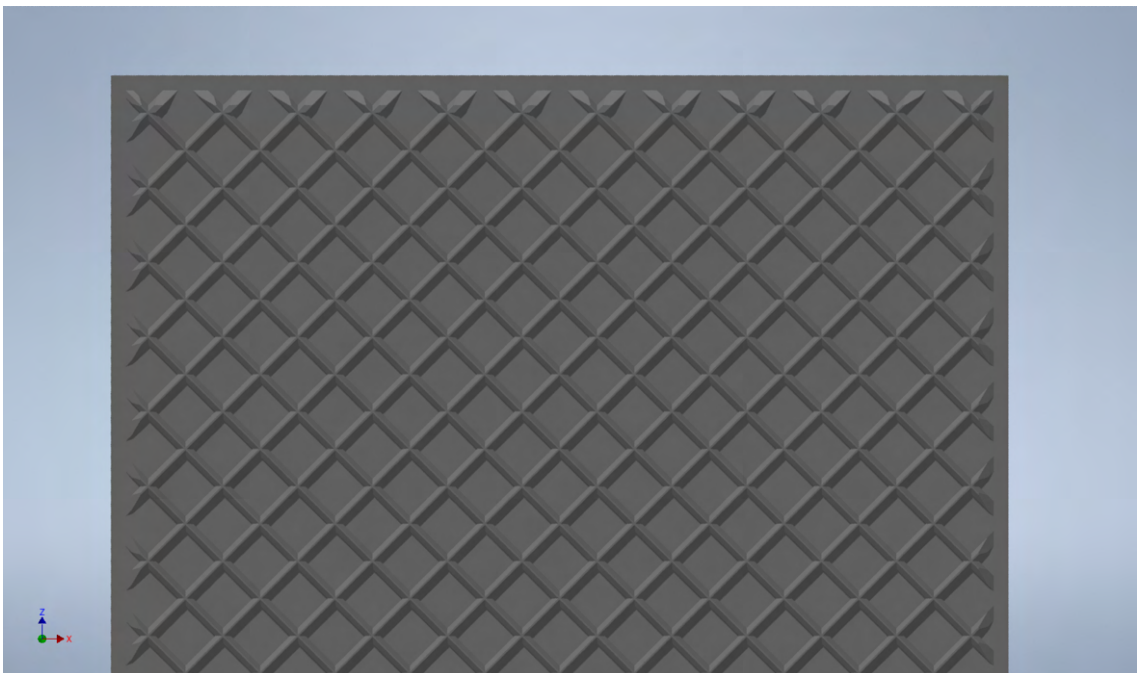
Med resultaten från utvärderingen omarbetades designen med högst poäng det vill säga koncept D - skiva till ramplattform. Nästa steg var att vidareutveckla detta koncept och omarbeta det utifrån utvärderingen. De stora fördelarna med detta koncept är den låga komplexiteten hos produkten samt att bärigheten i plattformen till stor del utgörs av ramen i aluminium som skivan sitter i. Den löser även två tydliga problem som finns hos ramställnarna idag, att plywood skivorna blir hala samt att komposit-skivorna som finns sviktat mycket. Båda dessa problem går att bekämpa med z.trusion® genom att göra en bra greppyta på ovansidan samt att göra en struktur på undersidan som skapar styvhet i skivan utan att öka vikten signifikant. Självklart i designen gör även att den kan produceras i ett helt stycke och sedan kapas till olika längder för att passa olika plattformar. Eftersom skivorna till ramplattor är mer eller mindre standardiserade så kan dessa även användas till andra system än HAKI vilket ger dem bättre marknadspotential. Plattformen monteras på samma vis som de andra plattformarna på marknaden, alltså genom att hål borras kring ytterkanten som sedan fixeras i ramen med popnit. Alternativt att skivan låses fast i skåror i aluminium ramen.

Designen utvecklade en ny greppyta på ovansidan av skivan som visas i bilden nedan, figur 4.13. Ytan bör ge mycket bra grepp även om ställningen blir blöt. De små piggarna är tänkta att greppa tag"i skorna likt dubbarna i ett dubbdäck och på så sätt förbättra greppet. Den är även designad för att inte samla på sig vatten vilket identifierades som ett problem i de andra designerna.

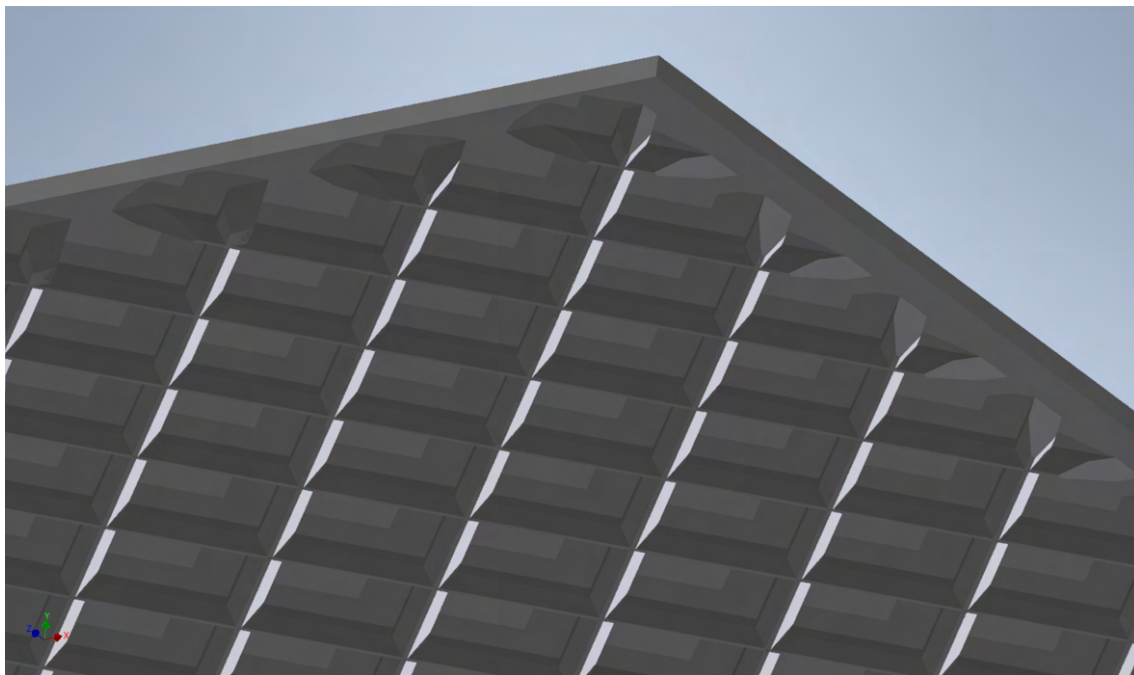


Figur 4.13: *Greppytan på den omarbetade skivan.*

På undersidan av skivan skapades en fackverksstruktur som är tänkt att kunna z.truderas, figur: 4.15 och 4.14. Tanken bakom denna struktur var att ge styvhet till skivan i både x- och z-led och samtidigt spara material, vilket leder till mindre massa. Den omarbetade plattan blev även tunnare överlag. Som bilderna nedan visar så har fackverksstrukturen fasade kanter för att ge strukturen bättre släppviklar och då göra det möjligt att z.truderas.



Figur 4.14: *Undersidan av den omarbetade skivan med perspektiv underifrån.*



Figur 4.15: Undersidan av den omarbetade skivan med vinklat perspektiv.

Tabell 4.11: FEM-analys på slutlig design.

| Koncept | Massa per detalj (kg) | Massa total för sektion (kg) | Max deformation (mm) | Max ekvivalent stress (Von Mises) (MPa) |
|----------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---|
| Slutligt | 11.3 | 22.3 | 5.3 | 19 |

En FEM-analys på den slutliga designen jämfört med koncept D visade på en 11.7kg minskning av med en endast 5.1mm ökning i maximal deformation och 15.3 MPa ökning i maximal ekvivalent stress (se bilaga: H). Detta innebär att det slutliga konceptet troligtvis skulle klara kraven för lastklass sex i ett verkligt scenario. Värt att nämna är att de aluminiumramar som plattformen monteras i på marknaden idag endast är certifierade för lastklass två eller tre vilket innebär att designen är något överdimensionerad. Lastklass tre innebär en last på 2000 Newton per kvadratmeter, vid vilken den slutliga produkten bör vara mycket styv.

För att undersöka hur mycket strukturen bidrar till plattformens strukturella egenskaper så genomfördes ytterligare en FEM-analys. Här simulerades samma lastförhållanden på en platta med konstant tvärsnitt och samma tjocklek som den tjockaste punkten på slutdesignen (se bilaga: I). Det resulterade i att strukturen som z.trusion® tekniken möjliggör sparar in 36.6 procent i massa och är fem gånger styvare (5.3mm respektive 25mm maximal deformation). Det slutliga resultatet presenteras i kommande kapitel.

5

Slutligt resultat

Detta kapitel syftar till att redovisa resultaten som uppnåtts i enighet med leverablerna som nämns i introduktionen.

Resultaten presenteras utifrån projektets leverabler (se avsnitt: 1.3.3) som följer:

- En eller flera produktidéer som kan realiseras internt av företaget eller i samarbete mellan Reliefed Technologies och kund.
- Information om appliceringsområden där tekniken kan användas.
- En prototyp i syfte att visualisera och underlätta vidare utveckling av produkten.

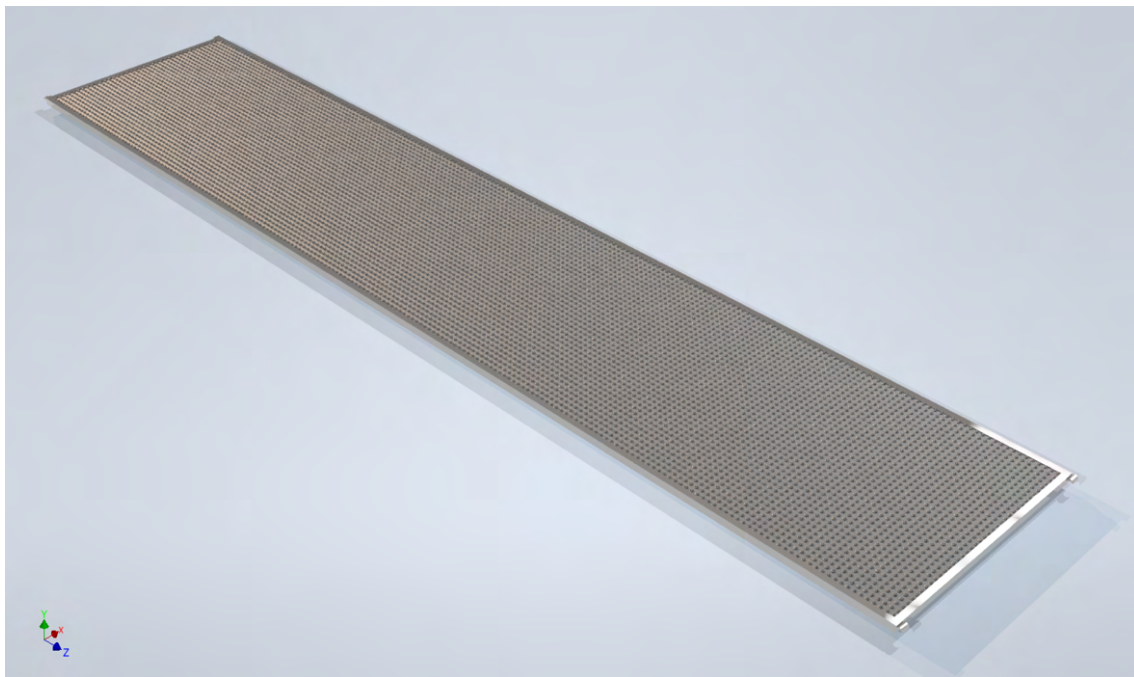
Projektet resulterade i tre produktidéer som beskrivs i detalj i avsnitt: 4.4, varav två är bredare koncept som kan appliceras på ett stort antal produkter. Dessa svarar framför allt mot den första leverabeln. Det första är ett koncept döpt till gummi-profiler. Några exempel och idéer på sådana produkter har tagits fram, till exempel tätande lister och transportband. Det andra konceptet bygger på pappersvikarkonsten origami och är en grund för nytänkande utveckling med z.trusion®. Plattform till byggställning togs vidare i utvecklingen och mynnade ut i ett realiserbart koncept enligt den definierade kravspecifikationen och beskrivs ingående i avsnitt: 4.5.2.4.

I enighet med den andra leverabeln resulterade projektet i många mindre utvecklade förslag på appliceringsområden. Dessa är i form av områden och produkter där gruppen identifierat att z.trusion® borde kunna användas. De presenterades i avsnitt: 4.2.2. Majoriteten av dessa sållades bort från fortsatt utveckling under processens gång baserat på gruppens kriterier. De är ett resultat i form av information om varför de ansågs mindre passande, samt en grund för nya idéer.

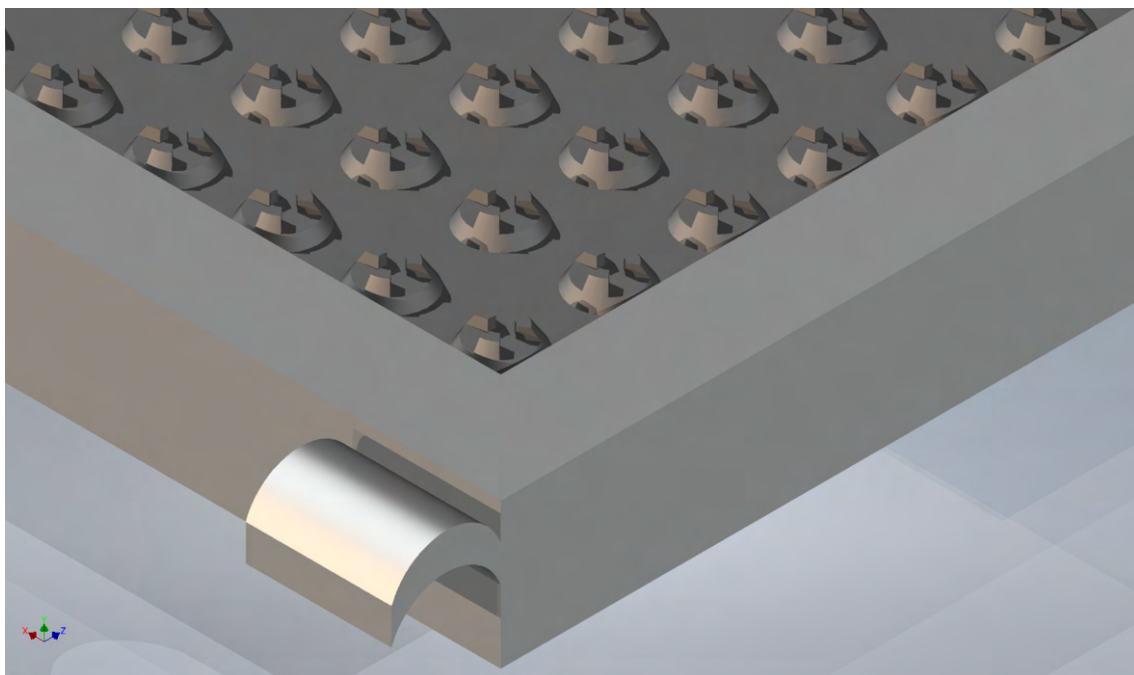
En prototyp för konceptet med ersättningplattform togs fram i form av en CAD-modell som också renderats för att visuellt presentera konceptet. Prototypens hållfasthet har simulerats med hjälp av FEM-programvara för att verifiera att produkten lever upp till de standarder och krav som sätts på den. Ersättningsplattformen klarar i simulation av en belastning på 6000 Newton per kvadratmeter vilket innebär att plattformen troligtvis klarar av den högsta standarden lastklass sex, och klarar med stor säkerhet lastklass två och tre som den aluminiumram den är ämnad att monteras i har. Ersättningsplattformen väger 11.2 kilogram vilket är liknande de plywoodskivor den ersätter, samtidigt besitter den stora fördelar inom andra områden. Dessa fördelar är i form av en greppyta som förhindrar halka under blöta förhållanden, en mycket styvare konstruktion tack vare strukturen undertill samt

5. Slutligt resultat

ett material som har en överlägsen livslängd. Jämfört med en plattform med konstant tvärsnitt och samma tjocklek i samma material minskar strukturen undertill vikten med 36.6 procent med en 5 gånger styvare konstruktion. I figurer: 5.1, 5.2 och 5.3 visas renderingar av CAD-modellen där ersättningsplattan visas monterad i en aluminiumram.



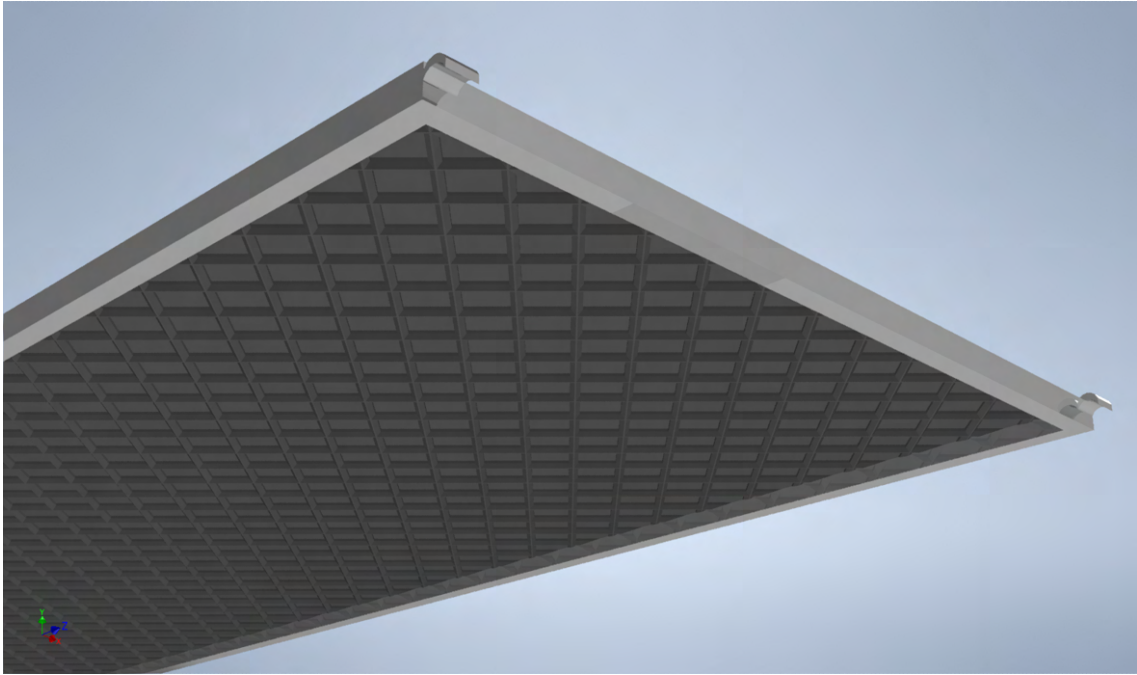
Figur 5.1: Bild på ersättningsplatta i komposit monterad i aluminium ram.



Figur 5.2: Bild på ersättningsplatta i komposit monterad i aluminium ram, närbild på ovansidan.

Ersättningskivan som visas i figur: 5.1 är 5.0 mm tjock exklusive greppytan och fackverksstrukturen på undersidan.

Greppytan som visas i figuren: 5.2 ovan består av runda piggas som har en botten diameter på 10.0 mm och en avsmalning till 6.0 mm vid toppen. De är totalt 3.0 mm höga där de sista 1.5 mm övergår till tre toppar som vardera motsvarar 40° cirkelsegment med en kärna med 3.0 mm diameter. Piggarna sitter med ett mellanrum på 15 mm mätt centrum till centrum.



Figur 5.3: Bild på ersättningsplatta i komposit i aluminium ram, bild på undersidan.

Fackverksstrukturen på plattan som visas i figur: 5.3 har ett djup på 5.0 mm och består av ribbor med en bredd på 7.0 mm som har en 3.0 mm 45° fasning på vardera sida. Diagonalen mellan ribborna mäter 40 mm. Vid kanterna så upphör mönstret 10.0 mm innan kanten med en fasning på 27° för att möjliggöra montering i ram.

Ersättningsplattformen är ett produktkoncept som kan användas av Relieved Technologies i marknadsföringssyfte genom att demonstrera viktminskning och bättre styvhet. Då plattformen är utformad enligt standardstorlekar på nuvarande byggställningsplattformar på marknaden så kan även ett samarbete med ett annat företag med produktion av konceptet som mål vara möjligt. Konceptet utvärderas och diskuteras mer ingående i kommande avsnitt.

6

Diskussion

I detta kapitel diskuteras arbetsmetodernas validitet samt hur väl resultatet uppfyller projektets syfte och frågeställningar. Vidare diskuteras även projektet som helhet.

6.1 Resultat

Projektet har mynnat ut i ett flertal resultat som på olika sätt svarar mot syftet och de frågeställningar som satts upp inom projektets ramar. Syfte och frågeställningar återfinns under avsnitt 1.3. Frågeställningarna lyder:

1. Inom vilka områden kan Relieved Technologies tillverkningsmetod appliceras för att skapa värde?
2. Vilka besparingar kan göras inom materialåtgång och koldioxidutsläpp för framtagen produkt/produkter jämfört med traditionell tillverkningsmetod?

Gruppen anser att både syfte och frågeställningar har följts väl under projektets gång. Den första frågeställningen är egentligen övergripande för hela projektet och diskuteras nedan under reflektion kring projektet. En diskussion kring varje enskilt koncept följer nedan. Inom dessa diskussioner ämnas den andra frågeställningen besvaras.

6.1.1 Byggställningsplattformar

Byggställningsplattformar är det koncept som kom längst i utvecklingen och är en produktidé som anpassats för att passa de standarder som finns inom branschen. Vi ser stor potential för intresse då produkten adresserar många av de problem som framkom under intervjuer och övrig efterforskning online. En intressant aspekt är att ingen av de existerande produkterna på marknaden liknar konceptet som tagits fram under arbetets gång. Detta tyder på att en ny typ av lösning har identifierats som tidigare antagligen inte varit lönsam att tillverka.

Byggställningsplattformen använder z.trusion® tekniken för att både skapa grepp och för att skapa en styvare struktur vilket drar ner på materialåtgången. Tekniken möjliggör en effektiv tillverkning av alla dessa aspekter i ett och samma steg men samtidigt kan produkten anpassas sett till längd för att passa flera ramplattformar på marknaden. Att använda z.trusion® till detta ändamål gör det även möjligt att inkorporera exempelvis logotyper på plattformarna vilket verkar vara en attraktiv

faktor hos de företag som använder ställningarna baserat på marknadsanalysen.

Under utvecklingen av konceptet undersöktes flertalet olika material, såsom biokompositer och polymerer. Biokompositer var något svårt att hitta information om då de ofta var tillverkade av företag som inte gav ut eller hade fullständiga specifikationer om mekanisk hållfasthet. Det var inte heller alla biokompositer som passade för extrusion vilket gjorde det svårt att hitta ett lämpligt material att använda i FEM-analys. Vi hittade ett företag som idag tillverkar ställningsplattformer i kompositmaterial, närmare bestämt polypropen med någon sorts fiber i, och därför bestämde vi oss för att använda polypropen som material i analysen. Detta tillsammans med att polypropen är ett vanligt material gjorde det till en lämplig kandidat.

Tack vare att produkten kan extruderas i ett enda material så anser vi att den är bättre än de andra alternativen på marknaden sett till koldioxidutsläpp och återvinning. Detta beror på vilket material som väljs till den slutliga produktionen men ett material såsom polypropen är lättare att återvinna än de limmade kompositplattor som finns på marknaden idag. Enligt gruppen hade användning av någon typ av biokomposit troligtvis ytterligare kunnat förbättra miljöaspekten då exempelvis sågspån och andra förnybara material kan användas.

Som nämns under kapitel: 4 används den tuffaste lastklassen, lastklass sex, för samtliga simulationer av plattformarnas hållfasthet. Då sällningen slutligen landade i en plattform som inte är fristående, utan som är menad att monteras fast i en aluminium ram, så begränsas plattformen som helhet till aluminiumramens lastklass. Det innebär att vid en fortsatt utvecklingsprocess så kan plattformens volym troligtvis minskas via fortsatt topologioptimering för att bättre anpassas till de lägre kraven på hållfasthet. Att ha i åtanke är materialvalet då den maximala ekvivalenta stressen som analyseras är långt under sträckgräns för exempel materialet polypropen, men kanske inte för andra material.

Gällande den sista FEM-analysen som genomfördes för att undersöka hur mycket det strukturella mönstret påverkar hållfastheten kontra ett konstant tvärsnitt så ställer sig gruppen något kritisk till resultatet. Även om samtliga simuleringar genomfördes med exakt samma parametrar i Ansys Mechanical så känns en 500 procent ökning i styvhet orimlig och för bra för att vara sant. Vi tror fortfarande att hållfastheten blir bättre av strukturen med inte i sådan utsträckning, detta är något som kräver vidare efterforskning. I annat fall skulle detta kunna resultera i konsekvenser såsom underdimensionering. Värt att förstärka med FEM-analyserna är att de främst användes för jämförelse av koncepten snarare än att definitivt bestämma hållfastheten.

Produktionen av konceptet effektiviseras med hjälp av z.trusion[®], på grund av att både greppmönster och strukturellt mönster kan formges samtidigt som plattan extruderas. Detta innebär att det troligtvis är ekonomiskt gynnsamt att implementera tekniken i befintlig produktionslina. Liknande resonemang kan appliceras mer generellt på många produkter och branscher.

6.1.2 Origami

Origami är ett koncept som tillkom sent i projektet. Eftersom arbetet varit en iterativ process har idégenereringen varit öppen stora delar av tiden och därav tillkom idéer in i det sista. Origami som idé är mer av ett generellt koncept snarare än en specifik produkt, på grund av det har det varit svårt att jämföra denna idé mot andra produktförslag. Vidare har konceptet inte utvecklats till sådan grad att potential har kunnat mätas. Trots detta tror vi i gruppen att idén långsiktigt skulle kunna resultera i produkter av hög potential för både material, tid och kostnadsbesparingar vid tillverkning. Genom z.trudering skulle både struktur och viklinjer kunnat göras i samma steg vilket effektiviserar tillverkningen.

Potentiellt skulle produkter med högt värde kunna produceras, dock krävs mer underlag för att säkerställa detta. Konceptet är snarare lämpat som inspiration för vad som skulle kunna tillverkas än en färdig produkt. Vidare skulle specifika produkter behöva skapas för att analysera vilka besparingar som kan göras inom material, koldioxidutsläpp och kostnad. Med detta resonemang kan gruppen inte svara på hur stora besparingar konceptet kan resultera i.

6.1.3 Gummiprofiler

Gummiprofiler är ett brett segment som inte hann utforskas i sådan utsträckning att konceptet resulterade i färdiga produktidéer. Segmentet hade behövt vidare efterforskning inom en mängd olika områden såsom ljudisolering, mekanisk dämpning och generella materialegenskaper. De utvecklade produktidéerna som fanns tidigare i projektarbetet var tillverkning av transportband, dämplister, isoleringslister samt gummiark.

Transportband är lovande idé värd att vidareutveckla, det som hade behövt fastställas är mer djupgående om hur dagens transportband tillverkas och om z.trusion® tekniken faktiskt skulle leda till en effektivare process. Dämp- och isoleringslister föll båda på att de hade krävt mycket djup förståelse inom respektive akustik och termisk fysik för att resultera i välutvecklade produkter med konkreta siffror på förbättringar. Gummiark var även det en lovande idé som likt origami kom in sent i den iterativa processen, i övrigt var en simpel och mångsidig produkt som troligtvis haft stor potential för marknadsföring.

6.2 Samhälleliga och etiska aspekter

Det finns ett antal etiska faktorer som har väglett gruppen genom arbetets gång. Det mest framträdande perspektivet som tagits hänsyn till är hållbarhetsaspekten. Det finns en betydande etisk anledning att forska för hållbarhet, stödd av företaget, Chalmers och gruppens personliga värderingar. Att bidra till utveckling inom appliceringsområden som gynnar en hållbar livsstil har varit en motiverande faktor som drivit projektet framåt. Ett förklarande exempel är att utveckling av produkter som ansetts ha potential för miljövinster har prioriterats över produkter som endast

har potential till ekonomisk vinning.

Tekniken som rapporten berör har enligt företaget visat sig kunna generera stora energibesparingar i produktionen samt innebär nya möjligheter för hållbara materialval. Effektiv materialanvändning har många positiva effekter som exempelvis förenklad återvinning, minskad miljöpåverkan och förbättrad avfallshantering, förklarar mer ingående i teoriavsnittet 2.3.5. Detta har genomsyrat arbetet, där fokus har varit på att göra miljövänliga produkter mer lönsamma samt att göra lönsamma produkter mer miljövänliga.

Studien är även motiverad av att bredda den allmänna kunskapen om vad som är möjligt inom produktionsområdet. Genom spridning av kunskap om fler produktions sätt kan fler aktörer ta informerade och välvalda beslut kring lämplig produktionsteknik. Målen med studien sammanfaller med den allmänna nyttan av kunskapsspridning som bidrar till en hållbar utveckling i samhället.

6.3 Reflektion kring projektet

Under arbetets gång har gruppen stött på flera utmaningar som påverkat resultaten. Det mest övergripande målet med detta projekt har varit att hitta appliceringsområden för z.trusion®, som både reflekteras i syftet och den första frågeställningen. Det är en intressant utgångspunkt för ett projekt, eftersom det inte har funnits någon målgrupp eller specifikt problem att lösa utan snarare inneburit ett sökande efter relevanta problem. Det har lett gruppen genom många intressanta ämnen och branscher och bidragit till mycket kunskap om tillverkningsindustrin som helhet. Samma aspekt har också inneburit en utmaning, eftersom det inte funnits ett specifikt område att fördjupa sig i. Det har lett till relativt ytlig förståelse inom varje område där gruppen försökt avgöra om z.trusion® är användbart.

Kontinuerlig och bred efterforskning kombinerat med strukturerad idégenerering ledde fram till en stor mängd olika idéer för appliceringsområden. Dessa idéer både uppkom och sållades baserat på gruppens kunskap och undersökningar. Det innebär att felbedömningar kan ha förekommit, både i vad som bedömts vara en gångbar idé och inte. Allteftersom att gruppens kunskap om tekniken fördjupats desto träffsäkrare bedömningar har kunnat göras, däremot kvarstår faktumet att värdefulla idéer kan ha sållats bort. Dessa sållades delvis baserat på att det var för tekniskt komplicerat för gruppen att vidareutveckla, men skulle möjligen kunna utvecklas av någon annan part med andra förutsättningar. Syftet var att göra en undersökning av potentiella områden, därmed anses även de bortsållade koncepten utgöra ett resultat för denna undersökning. Således uppfylls den delen av syftet med projektet.

Den första frågeställningen kan därmed besvaras med varierande säkerhet. Projektet har genererat en stor mängd resultat som innefattar viss information kring lämplighet, där det inte gjorts mer än övergripande undersökningar kring det potentiella värdet med tekniken. De koncept som gruppen anser vara bäst är de tre koncept som är kvar efter sållning. Där tros z.trusion® kunna appliceras och med relativt stor

sannolikhet skapa värde enligt gruppens bedömning.

Vidare var syftet att välja ut och förfina ett antal koncept för att ge ytterligare underlag för företaget. Tre slutligakoncept gick vidare från kesselringmatrisen och utvecklades i varierande grad, där byggställningskonceptet utvecklades längst. Flera digitala prototyper skapades och testades. Gruppen anser att den andra delen av syftet också är uppfyllt i hög grad då målet var att bidra med underlag för framtida samarbete.

Vad gäller genomförandet av projektet lades mycket mer tid på efterforskning och idégenerering än initialt uppskattat. Detta ledde till mindre tid till utveckling av koncept. Anledningen till att det första skedet av genomförandet tog så lång tid kan med största sannolikhet kopplas till ett brett omfång. Den breda problemformuleringen och få avgränsningar gjorde det svårt att komma igång med den faktiska produktutvecklingen. Större delen av projektets givna tid gick till att förstå problemet samt generera idéer som uppfyller initiala krav.

Något som gruppen kommit till insikt om längre in i projektet var betydelsen av kontakter och samtal med experter i olika områden. Ett exempel är mötena med innovationskontoret på Chalmers. Med deras hjälp inom idégenerering och nätverk av kontakter uppstod nya tankar och arbetet sattes i rörelse. Det är något gruppen hade gjort annorlunda i ett liknande projekt, nämligen att i ett tidigt stadie använda den kompetens som finns hos andra för att få vägledning i det egna arbetet.

När det kommer till tillverkningsmekaniken z.trusion[®] ser gruppen stor potential till förbättringar av befintliga och nya produkter. Men något som blivit tydligt i efterforskningen och idégenereringen är att även alternativa tillverkningsmetoder har sina fördelar och dessa kan vara svåra att konkurrera med då de redan är välutvecklade. Men när man hittar rätt produkt till z.trusion[®] noteras stora fördelar. Det är något som var svårt under idégenereringen. Många idéer fungerar bättre med befintliga tillverkningsmetoder och det har varit en utmaning att hitta en bra produkt som samtidigt går att implementera med z.trusion[®]. När företaget är mer etablerat och kunskapen om metoden är mer allmänt känd kan förhoppningsvis producenter identifiera z.trusion[®] som en bra lösning istället för tvärtom.

Vi tror att det bästa sättet är att kunder själva identifierar z.trusion[®] som en lönsam metod. Detta tror vi kommer hända i stor utsträckning men för det krävs kunskap. Enligt syftet var en del med detta projekt att ytterligare sprida information om tekniken. Detta är något som är svårt att mäta utfallet av, men förhoppningen är att både arbetet och rapporten har kunnat hjälpa till i den processen.

7

Slutsats och Rekommendationer

Nedan kommer de slutsatser som kan dras utifrån projektets resultat att sammanställas. Vidare kommer slutsatserna att kopplas till rekommendationer.

7.1 Slutsatser

Efter det genomförda arbetet kan gruppen konstatera att tillverkningstekniken z.trusion® har stor potential vid applicering på rätt typ av produkt. Därmed kan slutsatsen dras att byggställningsplattformar är ett område som är värt att arbeta vidare på. Egenskaper som z.trusion® kan bidra med är lättvikt, grepp och möjligheten att nyttja nya, väl anpassade material. Dessa egenskaper är högaktuella inom området för byggnadsställningar och underbyggs av utförd marknadsundersökning. Vi kan konstatera att det finns potential att förbättra plattformar genom att göra dem lättare med en bra greppyta.

De mål som sattes upp under kapitel 1.3.2 reflekterar vad gruppen har fokuserat på att åstadkomma med arbetet. Med dessa som utgångspunkt kan ett antal slutsatser dras kring gruppens resultat. Nedan följer de mål som vi i synnerhet kan dra slutsatser kring.

- **Önskvärt är att produkten använder mindre material jämfört med traditionellt tillverkad produkt.**

Slutsats: Det kan konstateras att mindre material kan användas genom applicering av strukturer på detaljer. Strukturen bibehåller styrka och styvhet men minskar mängden material. Detta kan konstateras utifrån analyserna som utförts på det framtagna konceptet för byggställningsplattformar.

- **Önskvärt är att produkten släpper ut mindre koldioxid jämfört med traditionellt tillverkad produkt.**

Slutsats: I jämförelse med en byggplattform med konstant tvärsnitt möjliggör en strukturell yta en reduktion av total massa på 36.6%. Mindre materialåtgång kopplas direkt till mindre utsläpp av koldioxid. Detta visar på att användandet strukturella ytor leder till en möjlighet att spara material, samtidigt som man kan bibehålla viktiga egenskaper hos produkten.

- **Önskvärt är att produkten är mer effektiv att producera än traditionellt tillverkad produkt.** Slutsats: Vi kan med stor sannolikhet säga

att vår framtagna byggplattform är mer effektiv att tillverka med z.trusion® än med andra metoder. Det härleds till att formgivning med kontinuerlig tillverkning möjliggörs. Våra undersökningar visar på att ingen av lösningarna på marknaden idag liknar vår, vilket tyder på att den framtagna geometrin endast möjliggörs med z.trusion®.

7.2 Rekommendationer

För framtida utveckling av produkter och appliceringsmetoder med tillverknings-tekniken z.trusion® rekommenderar gruppen, efter det genomförda arbetet, att Relieved Technologies fortsätter utvecklingen av byggställningsplattformar. Främst så behöver materialval och utvärdering av ekonomiska aspekter fortsatt arbete. Därtill behöver designen ytterligare utveckling för att garantera krav för lastklass och kompatibilitet med z.trusion®. En fullskalig prototyp bör också tillverkas för att utvärdera lösningen mot de krav som ställs från marknaden.

Utöver detta ser gruppen de två konceptuella lösningarna som intressanta att utforska. Både origami och gummilister är tänkta att användas som inspiration och grund för framtida appliceringar av z.trusion®. Gruppen ser potential i dessa idéer och rekommenderar att fortsatt efterforskning och utveckling görs. Nästa steg i utvecklingen för byggplattformar är enligt gruppen att utforska potentiella material och tillverka en fysisk prototyp att visa upp för ett eventuellt samarbetsföretag.

Sammanfattningsvis har en stor potential identifierats i tekniken z.trusion®. Därmed rekommenderar gruppen starkt att övriga parter såsom tillverkande företag tar del av tillgänglig information för att undersöka potentiella appliceringsområden för sina produkter. Vi tror att det finns många ekonomiska, tekniska och miljörelaterade fördelar som kan uppnås vid rätt implementation av z.trusion®. Följaktligen kan z.trusion® lyftas fram som en spännande möjlighet vid framtida produktutveckling.

Referenser

- [1] Relieved Technologies, 2023, [Elektronisk bild].
- [2] Relieved Technologies, Muntlig kommunikation, Jan. 2023.
- [3] R. Technologies. "Your new massproduction manufacturing technology." (2023), URL: <https://ztrusion.tech>. (hämtad: 25.04.2023).
- [4] O. Isaksson, "Ingenjörsmetodik", opublicerad, Aug 2020.
- [5] H. F. Giles Jr, *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook*. Elsevier Science och Technology Books, 2013, kap. 1.4.
- [6] H. F. Giles Jr, *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook*. Elsevier Science och Technology Books, 2013, kap. 3.7.2.
- [7] U. Mike1024, "Extruded aluminium section", 2007, [Elektronisk bild], Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Extruded_aluminium_section_x3.jpg, (hämtad: 26.04.2023).
- [8] W. Worgull M. M. & Schomburg, "Large-scale hot embossing," *Microsyst Technol*, årg. 12, s. 110–115, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00542-005-0012-z>.
- [9] Ufab. "Fräsning." (2023), URL: <https://www.ufab.se/sv/erbjudande/frasning/>. (hämtad: 09.02.2023).
- [10] H. B. Kief och H. A., *CNC Handbook 1st ed*. McGraw-Hill Education, 2012, kap. 3.
- [11] Manufacturingguide. "Formsprutning." (2023), URL: <https://www.manufacturingguide.com/sv/formsprutning>. (hämtad 09.02.2023).
- [12] R. Tatara, "Compression Molding," i sept. 2016, s. 1–20. DOI: 10.1016/B978-0-323-39040-8.00014-6.
- [13] L. University. "About Additive Manufacturing." (2023), URL: <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/>. (hämtad: 02.05.2023).
- [14] I. Directory. "Extruded Alumium." (2023), URL: <https://www.iqsdirectory.com/articles/aluminum-extrusion/extruded-aluminum.html>. (hämtad: 02.05.2023).
- [15] D. Brough och H. Jouhara, "The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery," *International Journal of Thermofluids*, årg. 1-2, 2020. DOI: 10.1016/j.ijft.2019.100007.
- [16] T. E. of Encyclopaedia Britannica. "Polymer." (2023), URL: <https://www.britannica.com/science/polymer>. (hämtad: 03.05.2023).
- [17] H. da Costa, V. Ramos och M. Oliveira, "Degradation of polypropylene (PP) during multiple extrusions: Thermal analysis, mechanical properties and ana-

- lysis of variance,” *Polymer Testing*, årg. 26, s. 676–684, aug. 2007. DOI: 10.1016/j.polymeresting.2007.04.003.
- [18] T.-D. Ngo, *Composite and Nanocomposite Materials - From Knowledge to Industrial Applications*. IntechOpen, 2020, kap. 1 Introduction to Composite Materials, s. 2–5. DOI: 10.5772/intechopen.80186.
- [19] EERE. ”Lightweight material for cars and trucks.” (), URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/lightweight-materials-cars-and-trucks>. (hämtad: 21.04.2023).
- [20] J. X. Wang, H. Burke och A. Zhang, ”Overcoming barriers to circular product design,” *International Journal of Production Economics*, årg. 243, s. 108 346, 2022, ISSN: 0925-5273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108346>.
- [21] K. Kumbhar, ”Brainstorming technique: Innovative Quality Management Tool for Library,” juni 2018, s. 1–6.
- [22] U. B. of Knowledge. ”Braindrawing.” (2020), URL: <https://usabilitybok.org/braindrawing>. (hämtad: 07.05.2023).
- [23] O. Serrat. ”The SCAMPER Technique.” Cornell University, [Online]. (2009), URL: https://www.researchgate.net/publication/239823670_The_SCAMPER_Technique.
- [24] L.-O. Bligård. ”ACD3-processen.” (2023), URL: <https://research.chalmers.se/publication/227866>. (hämtad: 02.05.2023).
- [25] OMECON. ”Vad betyder FEM?” (2019), URL: <https://www.omecon.se/2019/08/23/vad-ar-fem/>. (hämtad: 03.05.2023).
- [26] M. Winkler, 2018, [Elektronisk bild], Tillgänglig: <https://unsplash.com/photos/tkpK5vuBqaY>, (hämtad: 09.05.2023).
- [27] Arbetsmiljöverket, *Säkra ställningar: Vägledning till Arbetsmiljöverkets föreskrifter om ställningar*. Stockholm, Sverige: TMG Tabergs AB, 2014.
- [28] Ställningsexperten. ”Ställningstrall 195 x 48,5 cm – Lättvikt.” (2023), URL: <https://trallexperten.se/produkt/staellningstrall-195-x-485-cm-laettvikt/#1447415756166-ab4f368b-6c4d>. (hämtad: 20.04.2023).
- [29] N. Platform. ”AIRSTEPS +TRALL / HA FAST TRALL.” (2023), URL: <https://nordicplatform.dk/sv/product/airsteps-fast-trall/>. (hämtad: 28.04.2023).
- [30] HAKI, ”Stålplank 3.05x0.2m stål”, 2023, [Elektronisk bild], Tillgänglig: <https://www.haki.se/webbshop/stallingsdelar/staelp plank-3050x200x90-stael>, (hämtad: 19.04.2023).
- [31] HAKI, ”Krokplan 3050x600mm ALU”, 2023, [Elektronisk bild], Tillgänglig: <https://www.haki.se/webbshop/stallingsdelar/krokplan-3050x600-alu>, (hämtad: 19.04.2023).

A

A.1 Elimineringssmatris 1

| Idé | Marknadspotential | Teknisk genomförbar | Potential för Marknadsföring | Potential för miljövinst | Summa |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Akustikregel | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Akustisk ribbvägg | 3 | 2 | 1 | 1 | 7 |
| Armband till träningsklockor | 2 | 5 | 2 | 1 | 10 |
| Balk | 5 | 2 | 2 | 4 | 13 |
| Balkongplåt | 2 | 5 | 1 | 2 | 10 |
| Bana till sänksåg | 1 | 4 | 1 | 2 | 8 |
| Bipolar platas | 5 | 3 | 4 | 3 | 15 |
| Bokhylla | 1 | 3 | 2 | 1 | 7 |
| Byggställning plattform | 4 | 3 | 4 | 4 | 15 |
| Bänk | 3 | 5 | 2 | 2 | 12 |
| Cykelramverk | 2 | 1 | 1 | 4 | 8 |
| Cykelrem | 4 | 2 | 5 | 3 | 14 |
| Damsugarrör teleskop | 4 | 5 | 1 | 3 | 13 |
| Dekorativ dörrpanel | 2 | 5 | 1 | 2 | 10 |
| Durkplåt | 1 | 5 | 1 | 1 | 8 |
| Dämpplister vid frakt | 3 | 4 | 1 | 2 | 10 |
| Dörrhållare | 1 | 3 | 1 | 1 | 6 |
| Eitandborst-chassi | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 |
| Fotgrepp elscooter | 3 | 4 | 2 | 1 | 10 |
| Fönsterspröjs | 3 | 5 | 2 | 2 | 12 |
| Förvaringslådor | 1 | 3 | 1 | 1 | 6 |
| Garageport | 1 | 2 | 1 | 3 | 7 |
| Grepplinda | 4 | 4 | 3 | 1 | 12 |
| Gummilister | 5 | 4 | 1 | 3 | 13 |
| Gångjärn | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Handtag till verktyg | 1 | 4 | 1 | 1 | 7 |
| Hållplatta | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Insynsskydd | 1 | 3 | 1 | 1 | 6 |
| Isbitsformar | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Isskrapa | 1 | 5 | 3 | 1 | 10 |
| Klinkers med grepp | 3 | 5 | 1 | 2 | 11 |
| Komposit-trail | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Lamphus | 2 | 4 | 1 | 1 | 8 |
| Lampskärmar | 1 | 5 | 1 | 1 | 8 |
| Linjal | 1 | 4 | 3 | 1 | 9 |
| Nyckelband | 1 | 5 | 3 | 1 | 10 |
| Origami | 5 | 4 | 4 | 4 | 17 |
| Personstege | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Plastmatta golv | 2 | 5 | 2 | 2 | 11 |
| Rulltrappa handledare | 2 | 4 | 1 | 1 | 8 |
| Skärp | 1 | 5 | 3 | 1 | 10 |
| Spännband med greppyta | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| Stuckaturer | 3 | 4 | 3 | 2 | 12 |
| Ställ till elscooter | 2 | 4 | 3 | 2 | 11 |
| Tablettkartor | 4 | 4 | 2 | 1 | 11 |
| Takplattor | 4 | 5 | 1 | 4 | 14 |
| Transportband | 5 | 3 | 2 | 3 | 13 |
| Tältstolpar | 1 | 3 | 1 | 1 | 6 |
| Vattenkylarblock | 2 | 1 | 3 | 3 | 9 |
| Vindrutetorkare list | 4 | 4 | 2 | 1 | 11 |
| Vinklat fäste för raka profiler | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Åtpinnar | 1 | 5 | 3 | 1 | 10 |

A.

B

B.1 Kesselringmatrix

| Chalmers | | Kesselringmatrix: Sålning 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|----|---|---|
| Utfärdare: Alfred | | Skapad: 2023-04-13 | | | | | | Modifierad: | | | | | | Sid 1 | | | | | |
| Kriterier | | Alternativ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ideal | | A | | B | | C | | D | | E | | F | | | | G | |
| Namn | w | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t | A | B |
| Kostnadsbesparing | 5 | 5 | 25 | 4 | 20 | 3 | 15 | 1 | 5 | 2 | 10 | 3 | 15 | 3 | 15 | 2 | 10 | | |
| Time-to-market | 3 | 5 | 15 | 3 | 9 | 4 | 12 | 2 | 6 | 1 | 3 | 4 | 12 | 3 | 9 | 3 | 9 | | |
| Materialbesparing | 5 | 5 | 25 | 3 | 15 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 2 | 10 | | |
| Energi besparing | 2 | 5 | 10 | 3 | 6 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | | |
| Återvinning | 3 | 5 | 15 | 2 | 6 | 3 | 9 | 3 | 9 | 2 | 6 | 5 | 15 | 3 | 9 | 4 | 12 | | |
| Z-trusions relevans | 4 | 5 | 20 | 4 | 16 | 1 | 4 | 1 | 4 | 3 | 12 | 4 | 16 | 3 | 12 | 3 | 12 | | |
| Marknadsstorlek | 3 | 5 | 15 | 5 | 15 | 3 | 9 | 2 | 6 | 5 | 15 | 4 | 12 | 3 | 9 | 5 | 15 | | |
| Konkurrenskraftig funktionellitet | 4 | 5 | 20 | 3 | 12 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 16 | 1 | 4 | 2 | 8 | | |
| T (Totalt viktat värde) | 40 | 145 | 27 | 99 | 17 | 60 | 12 | 41 | 17 | 59 | 27 | 95 | 19 | 67 | 22 | 78 | | | |
| T / Tideal | 1 | 1 | 0,68 | 0,68 | 0,43 | 0,41 | 0,30 | 0,28 | 0,43 | 0,41 | 0,68 | 0,66 | 0,48 | 0,46 | 0,55 | 0,54 | | | |
| Medel | 5,0 | 18,1 | 3,4 | 12,4 | 2,1 | 7,5 | 1,5 | 5,1 | 2,1 | 7,4 | 3,4 | 11,9 | 2,4 | 8,4 | 2,8 | 9,8 | | | |
| Median | 5 | 17,5 | 3 | 13,5 | 2 | 7 | 1 | 5 | 2 | 5,5 | 4 | 13,5 | 3 | 9 | 2,5 | 10 | | | |
| Antal svaga punkter | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | | | |
| Rangordning | | | | 1 | | 5 | | 7 | | 6 | | 2 | | 4 | | 3 | | | |
| Beslut | Vi går vidare med koncept A,E och G då de fick högst poäng under utvärderingen. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figur B.1: Kesselringmatrix

B.

C

C.1 Intervjuer ställningsbyggare sammanställning

| Intervju person | Företagsbeskrivning | Ställningssystem | Plattforms typ | Uppskattad livslängd | Nuvarande problem | Betraktade egenskaper |
|-----------------|---------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|--|------------------------|
| Person 1 | Ställningsbyggare | Tribex | Aluminium, Plyfa & Glasfiber | 20 år | Kunder vill inte ha trä/plyfa p.g.a halt & kort livslängd. | Lättvikt |
| Person 2 | Ställningsbyggare | Haki & Plus8 | Aluminium & Stål | Väldigt lång | Inga problem | Lättvikt |
| Person 3 | Ställningsbyggare | Haki | Aluminium, Trä & Komposit | Jättelång, förutom trä | Trä ruttnar under lagring. Komposit hal under montering | Lättvikt |
| Person 4 | Ställningsbyggare | Layher | Aluminium, Komposit & Plyfa | Kort | Plyfa går fort sönder, komposit sviktar | Lättvikt & Styvhet |
| Person 5 | Ställningsbyggare | HAKI & Alfix | Trä, Aluminium & Plyfa | 8 år | Dålig livslängd för plyfa & alluminium | Lättvikt & Livslängd |
| Person 6 | Ställningsbyggare | HAKI | Stål & Aluminium | 10-12 år | Ser inga problem | Lättvikt & Livslängd |
| Person 7 | Ställningsbyggare | Layher | Stål | För evigt med rätt hantering | Tunga, slängs inte vid skador | Lättvikt & Livslängd |
| Person 8 | Ställningsbyggare | Haki | Trä, Aluminium, stål, plywood | Påverkas av hantering | HAKI stålplank wooblar | - |
| Person 9 | Ställningsbyggare | Haki | Aluminium & Stål | Olika | Trä går sönder, stål är tungt | Lättvikt & grepp |
| Person10 | Snickare | HAKI | Trä, aluminium | kort för trä | Träet ruttnar och går sönder, lappar spik mellan springor | Lättvikt och livslängd |
| Person 11 | Fastighetsskötare | HAKI | Trä, plywood | Lång vid rätt förvaring | plywood är hal, vattenansamling | Lättvikt och livslängd |
| Person 12 | Fastighetsskötare | Alufase | Aluminium ramställning | Lång vid rätt hantering | Aluminium är skört, halt plywood. Ställning är instabil | Stabilitet, lättvikt |

D

D.1 Kravspecifikation

| Chalmers | Dokumenttyp | Kravspecifikation | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------|------|-------------------------|-------------------------|--|
| | Kurs | Kandidatarbete: | | | | |
| Utförare: | Skapad: 2023-04-27 | | | | | |
| Kriterier | Målvärde | K/Ö | Vikt | Verifieringsmetod | Referens (kravställare) | |
| Funktion(er) | | | | | | |
| Kompatibel med HAKI ställningssystem | | | | Design | Kund | |
| Säkerställa robust och säker åtkomst under arbete på höjd | | K | | Design | Kund | |
| 1. Mekanisk Prestanda | | | | | | |
| 1.1 Bärighet | 600 kg | K | | Beräkning & test | Kund | |
| 1.2 Lastklass | > 5 | Ö | 4 | Beräkning & test | Kund | |
| 1.3 Slagtlåghet | 20 KJ/m2 | Ö | 3 | Test | Kund | |
| 2. Miljö (omgivande) | | | | | | |
| 2.1 Temperatur i användningsmiljö | -40°C - 80°C | K | | Design | Kund | |
| 2.2 Vattentålig | God | K | | Test | Kund | |
| 2.3 Släpper ut kemikalier i omgivning | Nej | K | | Test | Z.trusion | |
| 3. Livslängd | | | | | | |
| 3.1 Livslängd | 10 år | K | | Simulering/Uppskattning | Kund | |
| 3.2 Livslängd | 20 år | Ö | 3 | Simulering/Uppskattning | Kund | |
| 4. Fysiska attribut | | | | | | |
| 4.1 Massa | < 15kg | K | | Beräkning | Kund | |
| 4.2 Massa | < 10kg | Ö | 2 | Beräkning | Kund | |
| 4.2 Stapelbara | | Ö | 2 | Beräkning | Kund | |
| 4.3 Plan arbetsyta | | K | | Design | Kund | |
| 5. Ergonomi | | | | | | |
| 5.1 Grepp | Ja | Ö | 2 | Design | Kund | |
| 5.2 Enkel hantering | | Ö | 4 | Design | | |
| 6. Säkerhet | | | | | | |
| 6.1 Vattenavrinning | Ja | K | | Test | Kund | |
| 6.2 Flisbildning | Minimerad | Ö | 4 | Test | Kund | |
| 7. Material | | | | | | |
| 7.1 Korrosionsbeständig | God | K | | Test | Kund | |
| 7.2 UV resistens | God | K | | Test | Kund | |
| 7.3 Inte bli halt när det blir blött | Nej | Ö | 4 | Test | Kund | |
| 7.4 Vattenabsorption | Nej | K | | Test | Kund | |
| 7.5 Kemisk stabilitet | God | K | | Test | Kund | |
| 8. Tillverkning | | | | | | |
| 8.1 Extruderbar | < 80% | K | | Utredning | Z.trusion | |
| 8.2 Extruderbar | 100% | Ö | 2 | Utredning | Z.trusion | |
| 9. Underhåll | | | | | | |
| 9.1 Reparerbar | Med enkla verktyg | K | | Design | Kund | |
| 9.2 Utbytbara komponenter | Bestå av standardiserade komponenter | Ö | 3 | Design | Kund | |
| 10. Återvinning / destruktion | | | | | | |
| 10.1 Återvinningbar | > 80 % | K | | Design | Z.trusion | |
| 10.2 Återvinningbar | 100% | Ö | 4 | Design | Z.trusion | |
| 11. Kostnad | | | | | | |
| 11.1 Inköpskostnad | < 2500kr | K | | Uppskattning | Kund | |
| 11.2 Inköpskostnad | < 1500kr | Ö | 4 | Uppskattning | Kund | |

D.

E

E.1 Pughmatris 1

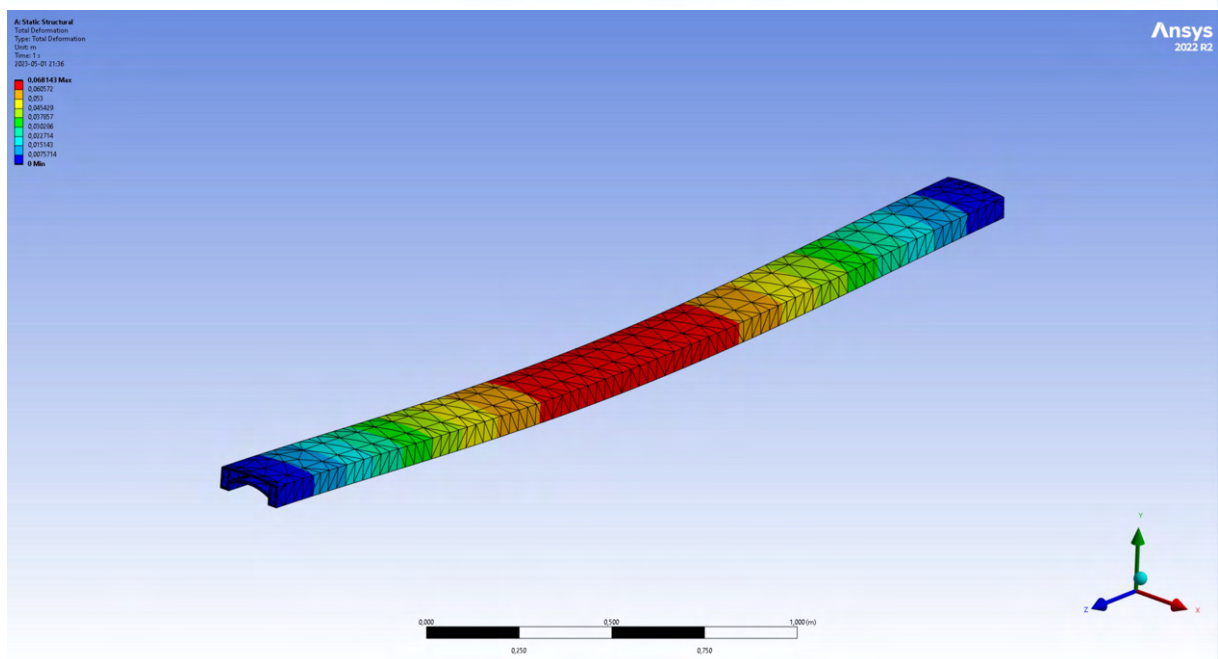
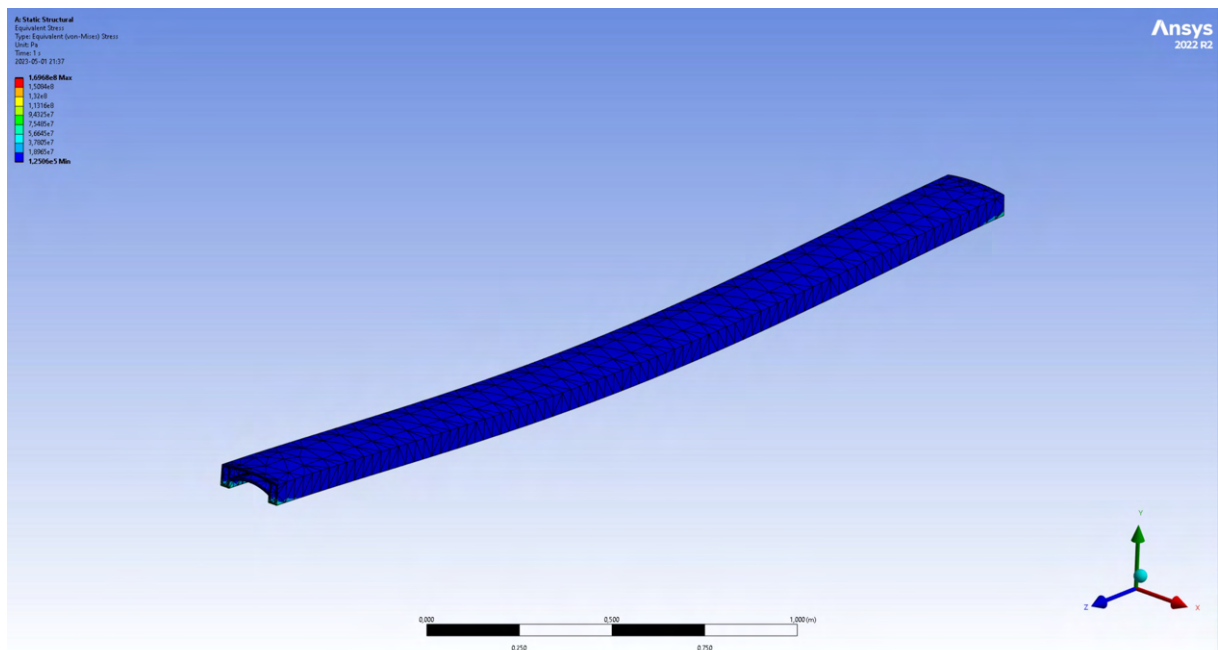
| Pughmatris | | | | | | |
|-------------------------|----------|---|-----|-----|----|----|
| Kriterier | Viktning | A | B | C | D | E |
| Max deformation | 5 | R | + | + | + | + |
| Max spänning | 5 | E | + | + | + | + |
| Hantering | 3 | F | - | - | + | + |
| Livslängd | 5 | E | 0 | - | 0 | - |
| Massa | 5 | R | - | - | - | - |
| Säkerhet | 5 | E | - | 0 | - | 0 |
| Miljöpåverkan | 4 | N | - | - | - | - |
| Komplexitet | 3 | S | - | - | + | - |
| Konkurrenskraft | 3 | | 0 | 0 | + | + |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Antal + | | 0 | 2 | 2 | 5 | 4 |
| Antal - | | 0 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| Antal 0 | | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Nettovärde | | 0 | -3 | -3 | | 0 |
| Nettovärde med viktning | | 0 | -10 | -10 | 10 | -1 |
| Rangordning | | 2 | 4 | 4 | 1 | 3 |

E.2 Pughmatrix 2

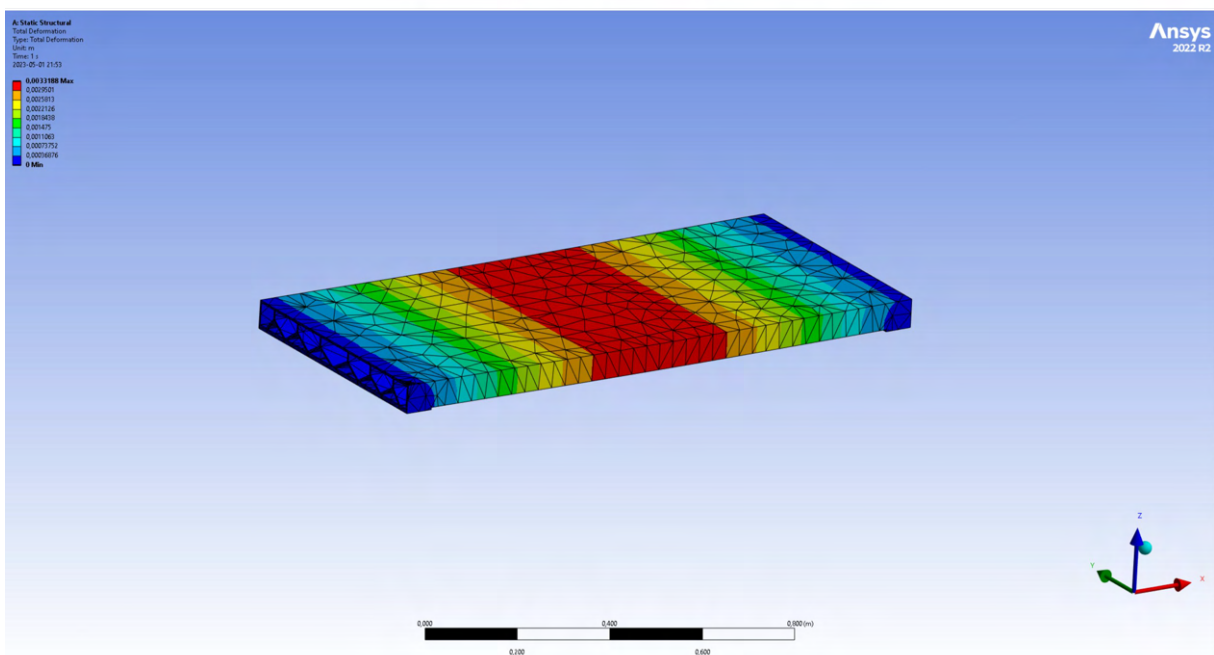
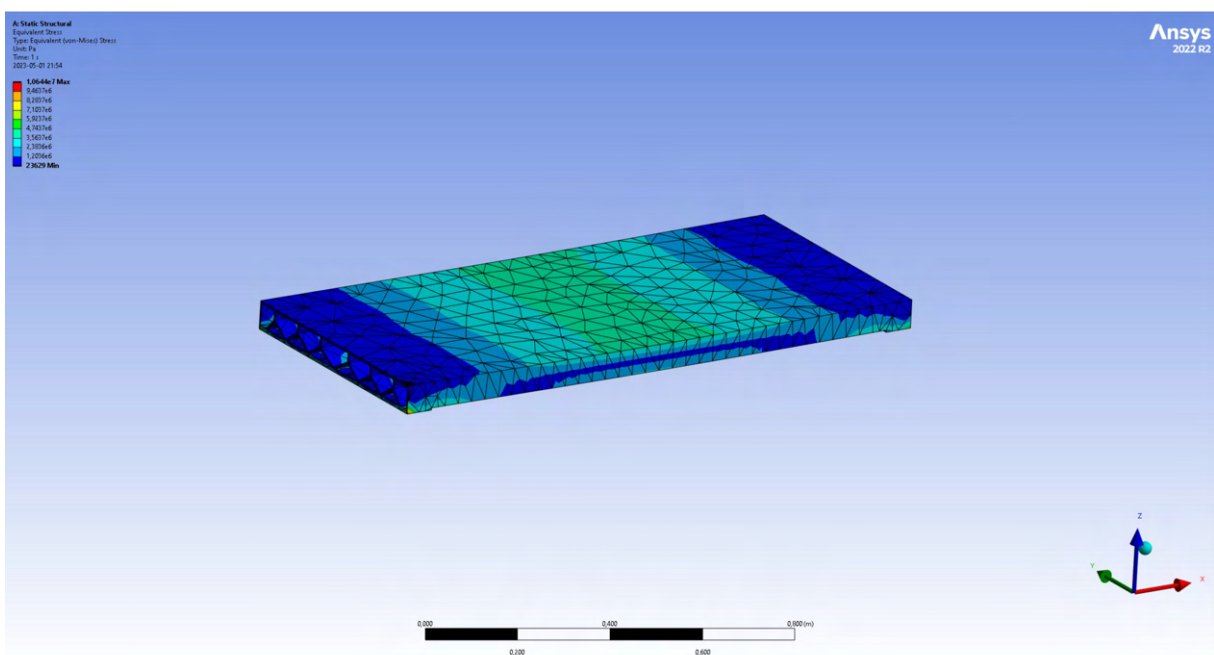
| Pughmatrix | | | | | | |
|-------------------------|----------|---|----|---|----|----|
| Kriterier | Viktning | A | B | C | D | E |
| Max deformation | 5 | - | - | R | + | - |
| Max spänning | 5 | - | + | E | + | - |
| Hantering | 3 | + | + | F | + | + |
| Livslängd | 5 | + | + | E | + | 0 |
| Massa | 5 | + | + | R | + | + |
| Säkerhet | 5 | 0 | - | E | - | 0 |
| Miljöpåverkan | 4 | + | + | N | - | - |
| Komplexitet | 3 | + | + | S | + | 0 |
| Konkurrenskraft | 3 | - | + | | + | + |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Antal + | | 5 | 7 | 0 | 7 | 3 |
| Antal - | | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 |
| Antal 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Nettovärde | | 2 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| Nettovärde med viktning | | 7 | 18 | 0 | 20 | -3 |
| Rangordning | | 3 | 2 | 4 | 1 | 5 |

F

F.1 Konzept A FEM-analys

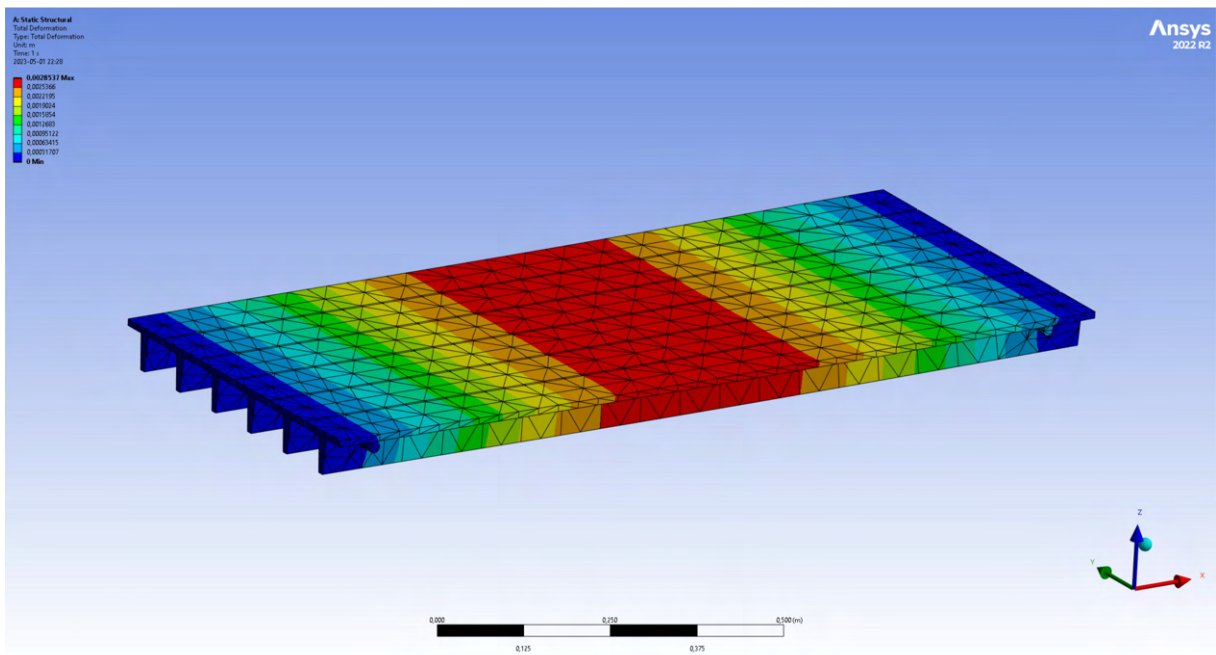
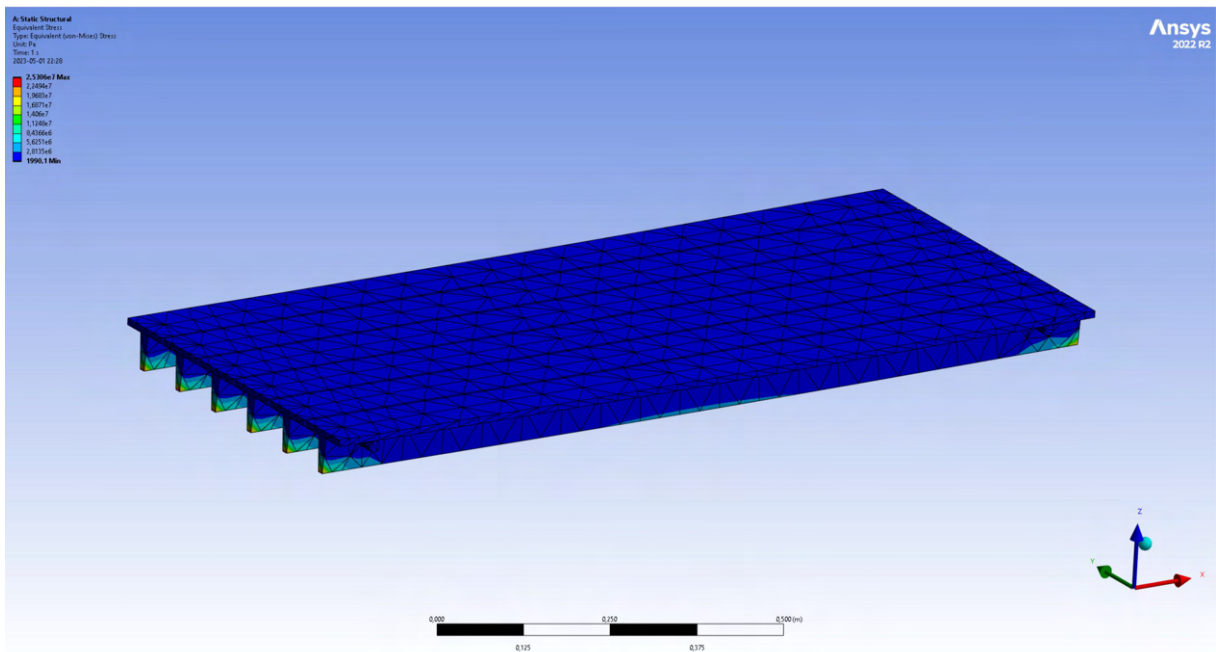


F.2 Koncept B FEM-analys

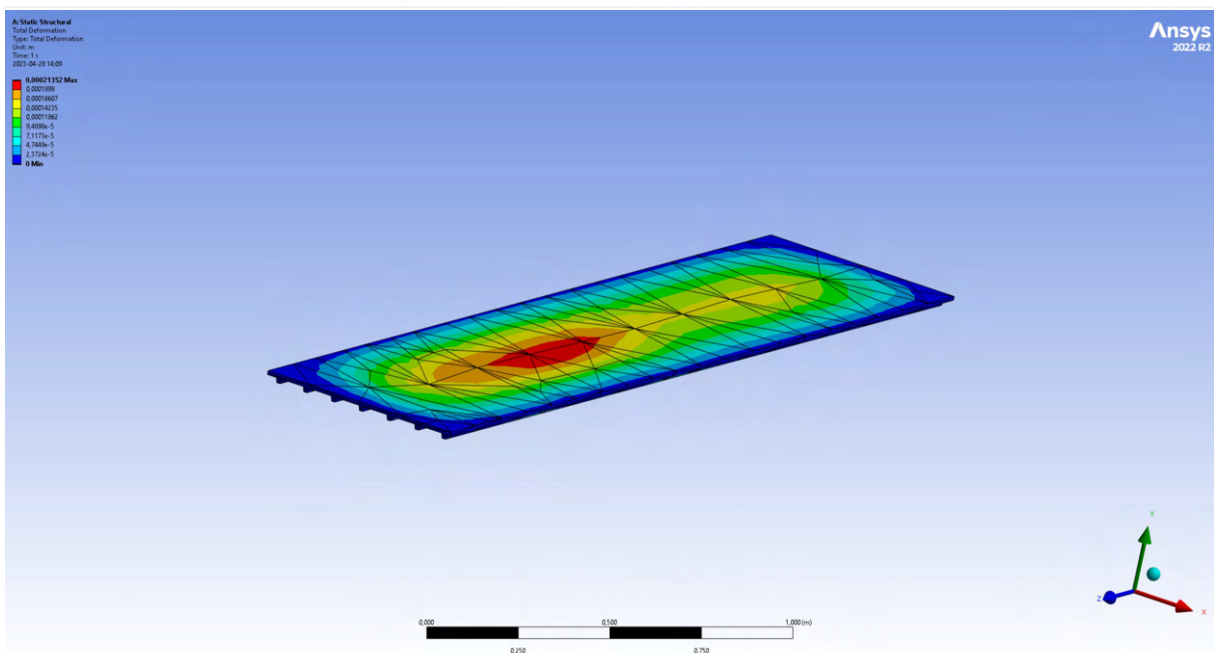
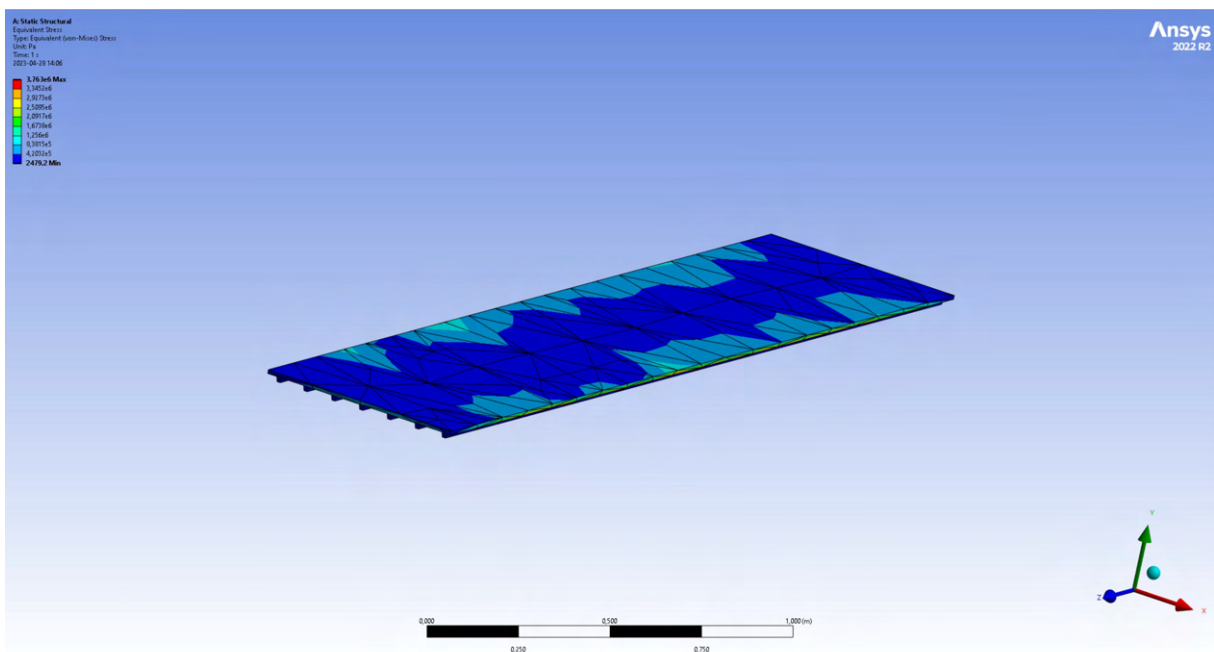


F.

F.3 Koncept C FEM-analys

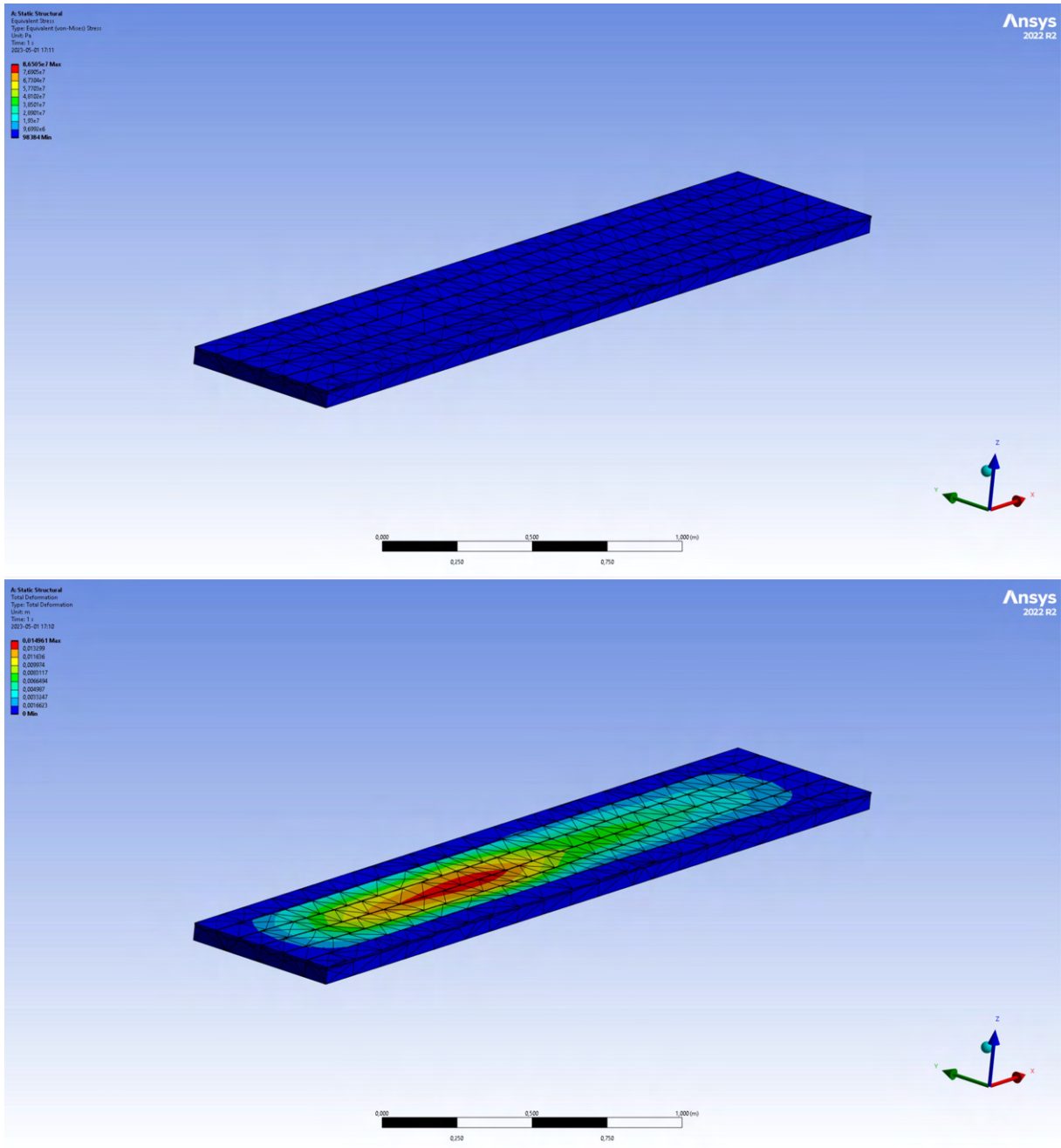


F.4 Konzept D FEM-analys



F.

F.5 Konzept E FEM-analys



G

G.1 Intervjufrågor

- **Vilka ställningsystem använder ni?**

- **Vilken typ av plattformar använder ni?**
 - **Vilka använder ni mest?**

- **Hur lång livslängd har plattformarna?**

- **Ser ni några problem med nuvarande ställnings plattformar?**

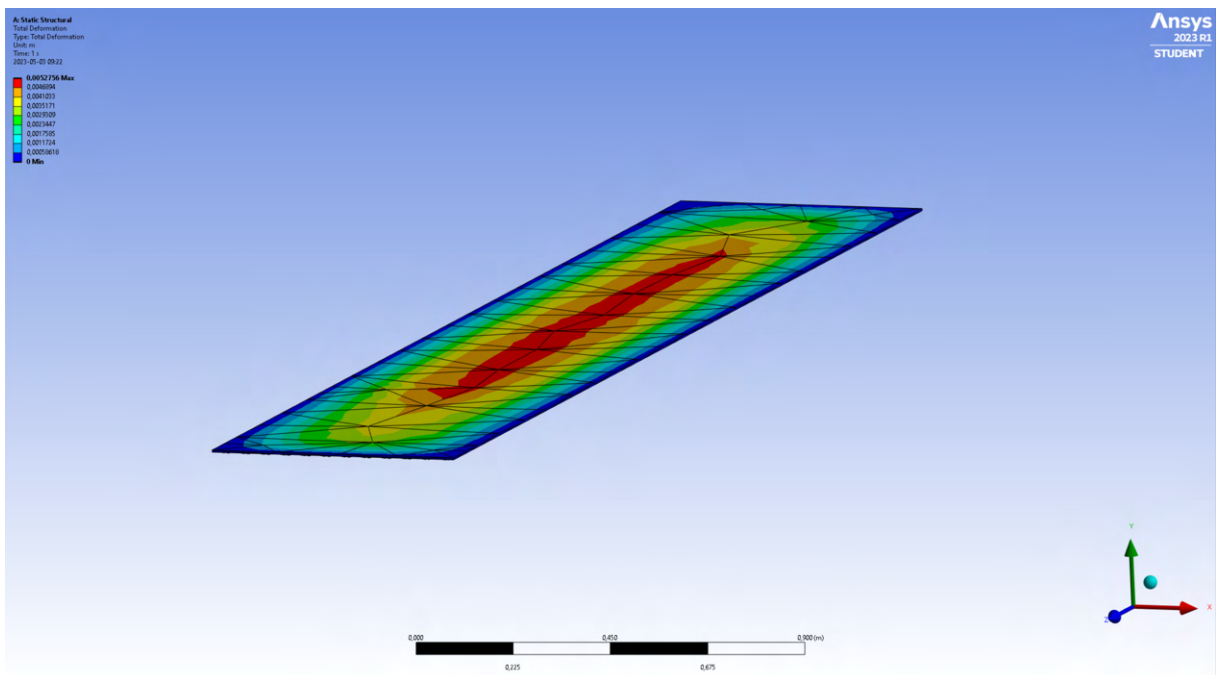
- **Vilka egenskaper har ni i åtanke när ni väljer plattform?**

- **Vilka egenskaper skulle ni vara beredda att betala extra för i hos en ny plattform?**

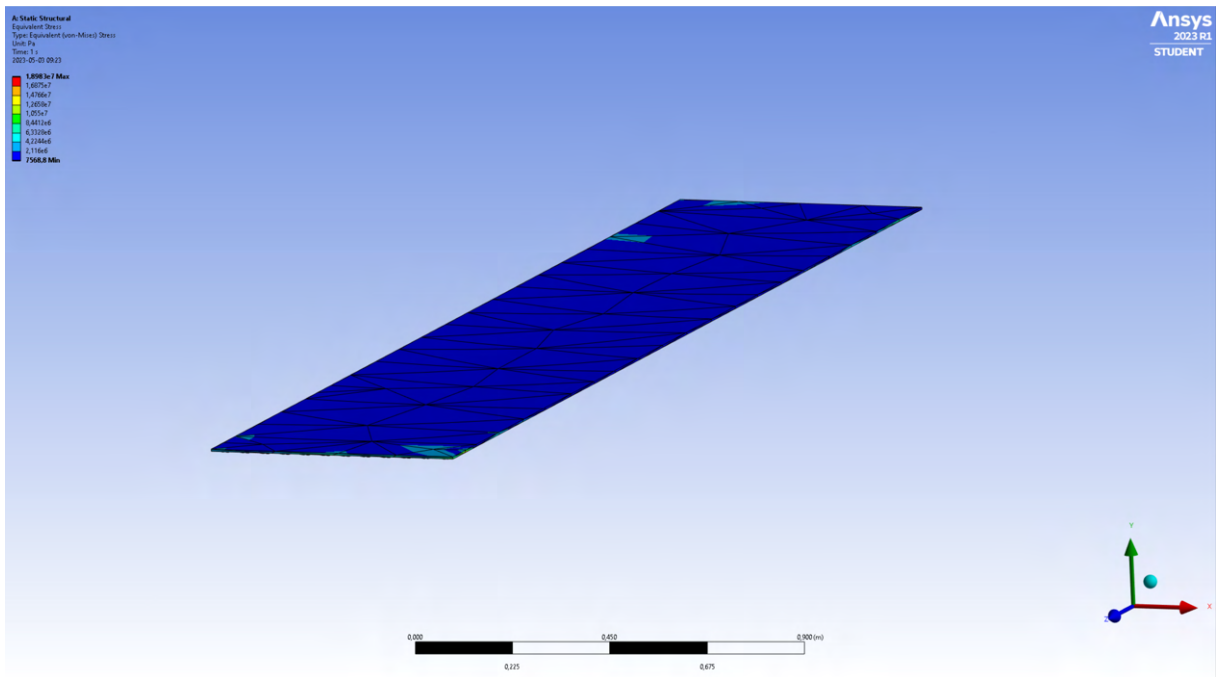
- **Övriga kommentarer**

H

H.1 Slutlig design FEM-analys

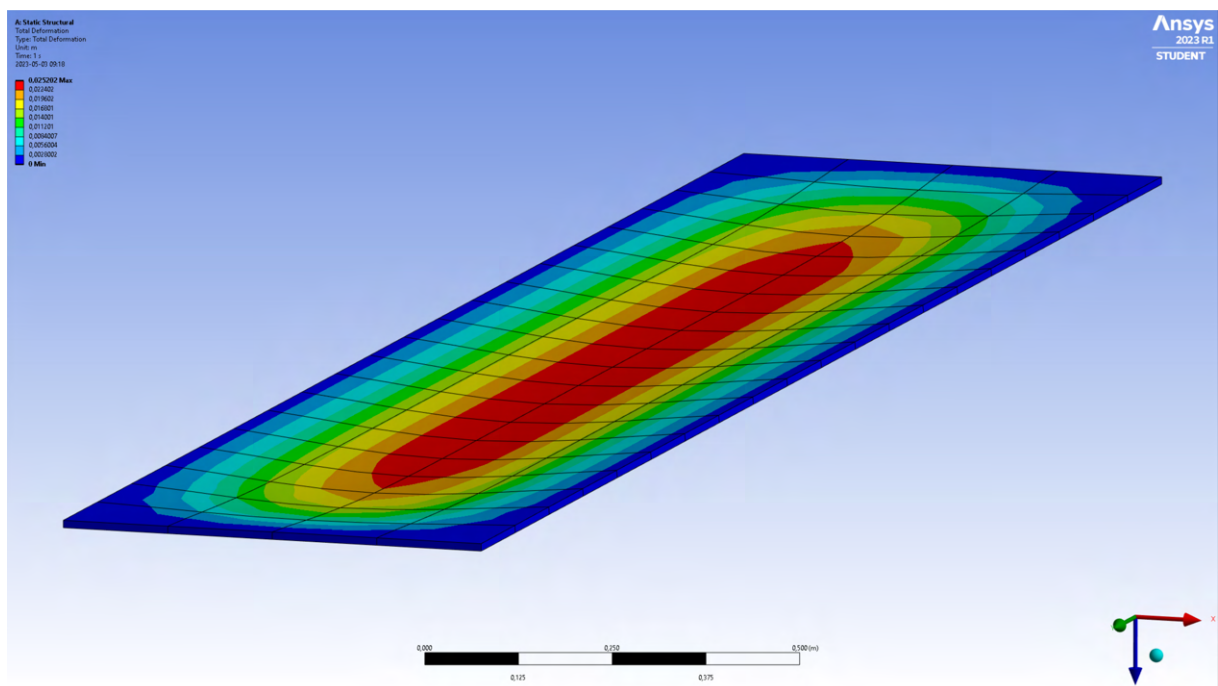


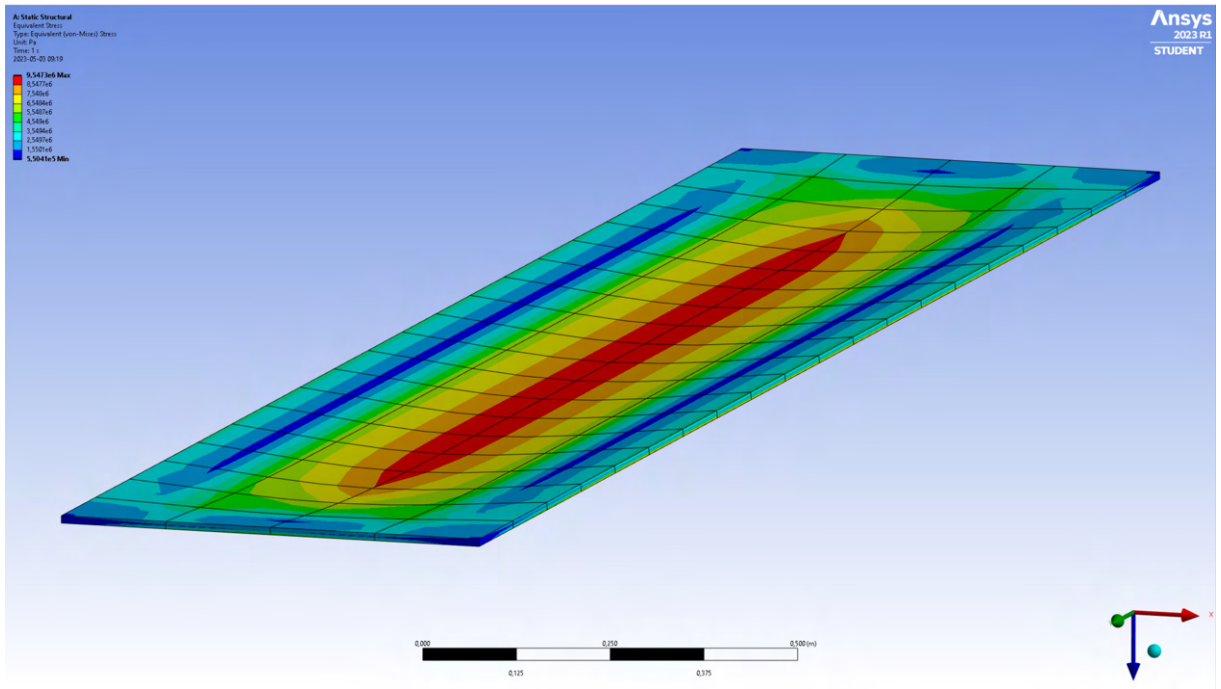
H.



I

I.1 Konstant tvärsnitt FEM-analys





J

J.1 Intervjufrågor byggingenjör

Intervju byggingenjör

- Hur ser marknaden för byggställningar ut i dagsläget?
- Vilka krav ställs på byggställningsplattformarna från byggbranschens sida?
- Vilka typer av plattformar används till vad?
- Vilka egenskaper hos byggställningplattformar är byggbranschen beredda att betala för?

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se



CHALMERS