JÖNKÖPING UNIVERSITY
School of Engineering

Vidareutveckling av djurtransportbox

Produktutveckling och FEM-beräkning

HUVUDOMRÅDE: *Produktutveckling och FEM-analys*
FÖRFATTARE: *Maja Johansson & Alexandra Persson*
HANDLEDARE: *Don Weiss*
JÖNKÖPING 2021-06-08

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom Maskinteknik – Produktutveckling och design. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Examinator: Taishi Matsushita
Handledare: Don Weiss
Omfattning: 15 hp, grundnivå
Datum: 2021-06-08

Postadress:	Besöksadress:	Telefon:
Box 1026	Gjuterigatan 5	036-10 10 00 (vx)
551 11 Jönköping		

Abstract

Sigma Industry South AB in Jönköping is a consulting company that helps the production companies of Jönköping's region with different consultancy services within product development, industrial design, process technology, calculation, production systems and project management. Husqvarna AB, Fagerhult, Thule Group and Saab AB are examples of companies that buy consulting services from Sigma in Jönköping. This bachelor thesis is performed without a specific company; however, the project has earlier been performed with the company Etebra Maskin & Vagn AB in the course "Industrial placement course". The starting points in this project are based on what Etebra wished for and wanted to achieve in the last project, but this time without their influence on decisions.

Etebra is a sales and development company that are aimed at customers in farming, municipalities and industries. The CEO of Etebra, thought that the market was lacking a well-developed animal transport box that also can be delivered in flat packages and wanted Etebra to be the first company to develop this. An animal transport box can be used by farmers when transporting a smaller quantity of animals within the farm. Big animal transport carriage is used frequently today even if only a small quantity of animals is to be transported, which is more inflexible than using a box. The desire from Etebra was to have an animal transport box which is built in a number of modules to reduce shipping costs and to be able to deliver a larger number of boxes at the same time. They also had requirements that the box should be in the same standard as their own big animal transport carriage named MOVA, which is very quiet and easy to use. The floor is built up with pressure impregnated decking with a rubber mat on it and the walls are made of Marin plywood. These materials make the animal transport quieter than sheet metal walls and becomes a safer environment both for the animals but also for the farmer, because scared animals can be dangerous to work with in a closed environment.

This project will not just be a further development of the original construction. Strength calculations, costs and detail development on new functions will be a big part of the project. The project is built using the design process *The Mechanical Design Process* of David G. Ullman and different phases of the process. The phases contain parts such as field research, competitor analysis, material analysis, design specifications, idea generation, CAD, solidity calculations, FEM-analysis and cost calculations. The last four parts are made both in the material aluminum and the material steel to answer the thesis' questions.

The final product is made of steel and has some changes from the original constructions, the final product also weighs less but still meets the solidity requirements which can be seen both in manual calculations and FEM-analysis. Another reason why steel was chosen is because of the cost calculations that is made, steel is cheaper than aluminum. Except for a iteration of the original construction, some sub- and support functions are made such as divider, hooks, mounts and reflexes. These sub- and support functions are included in design specifications and are requirements or wishes both from Etebra and farmers.

Sammanfattning

Sigma Industry South AB i Jönköping är ett konsultföretag som hjälper Jönköpingsregionens produktionsbolag med olika uppdrag inom produktutveckling, industriell design, processteknik, beräkning, produktionssystem och projektledning. Husqvarna AB, Fagerhult, Thule Group och Saab AB är exempel på företag som hyr konsulter till uppdrag av Sigma i Jönköping. Detta examensarbete är utfört utan en specifik kund, dock har projektet utförts i tidigare kursen ”Näringslivsförlagd kurs” och då var uppdraget tillsammans med Etebra Maskin & Vagn AB. Utgångspunkterna i projektet utgår även denna gång från vad Etebra önskade och ville få fram i projektet, men utan deras påverkan av beslut.

Etebra är ett försäljnings- och utvecklingsbolag och riktar sig till kunder inom lantbruk, kommuner och industrier. VD’n på Etebra tyckte det saknades en välutvecklad djurtransportbox på marknaden som levereras i ett platt paket och ville vara först med att utveckla detta. En djurtransportbox kan användas av en lantbrukare vid transport av ett färre antal djur inom gården. Idag används ofta stora djurtransportvagnar även vid transport av färre djur, vilket är mer osmidigt än att använda sig av en box. Önskningen från Etebra var att få en djurtransportbox som är uppbyggd i flera moduler för att minska fraktkostnader och kunna leverera ett större antal boxar samtidigt. De hade också krav på att djurtransportboxen ska vara i samma standard som deras egna MOVA-vagn, vilket är en mycket tyst och enkel vagn att använda. Golvet är gjort av tryckimpregnerat trallgolv med en gummimatta över samt väggar gjorda av marinplywood. Dessa material gör att djurtransporten är mer tyst än plåtväggar och blir en tryggare miljö för djuren och en säkrare användning för lantbrukaren då skrämda djur kan bli mycket farliga att arbeta med i en stängd miljö.

I detta projekt kommer det förutom vidareutveckling av grundkonstruktion tittas på hållfasthet, kostnad samt detaljutveckling av nya funktioner. Projektet är uppbyggt genom designprocessen *The Mechanical Design Process* av David G. Ullman och processens olika faser. Faserna innehåller bland annat delar som marknadsundersökning, konkurrensanalys, materialanalys, kravspecifikationer, konceptgenerering, CAD, hållfasthetsberäkningar, FEM-beräkningar och kostnadskalkyler. De fyra sistnämnda delarna är gjorda både i materialet aluminium och materialet stål för att kunna besvara frågeställningarna.

Slutprodukten är gjort av stål och har vissa förändringar mot grundkonstruktionen, den nya slutprodukten väger mindre men uppfyller fortfarande hållfasthetskraven vilket går att se i både handberäkningar och FEM-beräkningar. En annan faktor att stål valdes är genom de kostnadskalkyler som gjorts, stål är billigare än aluminium. Förutom en iteration av grundkonstruktionen är delfunktioner och stödfunktioner utvecklade så som avgränsare, krokar, fästen och reflexer. Dessa delfunktioner och stödfunktioner finns med i kravspecifikationer och är krav eller önskningar både från Etebra och lantbrukare.

Innehållsförteckning

1 Introduktion 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Problembeskrivning 2
1.3 Syfte och frågeställningar 3
1.4 Avgränsningar 3
1.5 Disposition 3
2 Teoretiskt ramverk 4
2.1 Koppling mellan frågeställningar och teori 4
2.2 Produktutveckling 5
2.3 Mechanical Design Process 5
2.4 Materialanalys – GRANTA EduPack 5
2.5 Kravspecifikation 6
2.6 Konceptgenerering – Brainstorming 6
2.7 Konceptval – Pughs matris 6
2.8 Hållfasthetsberäkningar 7
2.9 FEM-beräkningar 8
2.10 Kostnadskalkylering 8
3 Metod 9
3.1 Koppling mellan frågeställningar och metod 9
3.2 Product definition 10
3.2.1 Intressentanalys 10
3.2.2 Konkurrensanalys 10
3.2.3 Marknadsundersökning 10
3.2.4 Materialanalys 10
3.2.5 Kravspecifikation 10
3.3 Conceptual design 11
3.3.1 Konceptgenerering 11
3.3.2 Konceptval 11

3.4 PRODUCT DEVELOPMENT 11
3.4.1 CAD *11*
3.4.2 Hållfasthetsberäkningar *11*
3.4.3 FEM-beräkning *12*
3.4.4 Jämförelse av material *12*
3.4.5 CAD-iteration *12*
3.4.6 Kostnadskalkyl *12*
3.4.7 Slutprodukt *12*
3.4.8 Rendering *12*
3.5 ÖVRIGA DELFASER 12
3.5.1 Assembly *13*
3.5.2 Distribution *13*
3.5.3 Installation *13*
3.5.4 Clean *13*
4 Genomförande och resultat 14
4.1 PRODUCT DEFINITION 14
4.1.1 Intressentanalys *14*
4.1.2 Konkurrensanalys *15*
4.1.3 Marknadsundersökning *16*
4.1.4 Materialanalys *17*
4.1.4.1 Stål 17
4.1.4.2 Aluminium 18
4.1.5 Kravspecifikation *19*
4.1.5.1 Djurtransportbox 19
4.1.5.2 Avgränsare 21
4.2 CONCEPTUAL DESIGN 21
4.2.1 Konceptgenerering *21*
4.2.1.1 Koncept 1 22
4.2.1.2 Koncept 2 22
4.2.1.3 Koncept 3 23

4.2.1.4 Koncept 4 23

4.2.2 Konceptval 24

4.3 PRODUCT DEVELOPMENT 24

4.3.1 CAD 24

4.3.1.1 Golv 25

4.3.1.2 Långsida 1 27

4.3.1.3 Långsida 2 28

4.3.1.4 Kortsidor 29

4.3.1.5 Dörrar 30

4.3.1.6 Takbalk 31

4.3.1.7 Övriga detaljer 31

4.3.2 Hållfasthetsberäkningar 34

4.3.2.1 Stål 34

4.3.2.2 Aluminium 36

4.3.3 FEM-beräkningar 37

4.3.3.1 Stål 38

4.3.3.2 Aluminium 39

4.3.4 Jämförelse av material 40

4.3.5 CAD-iteration 40

4.3.5.1 Avgränsare 40

4.3.5.2 Krokar 41

4.3.5.3 Övriga utvecklingar 41

4.3.5.4 Optimering stål 42

4.3.5.5 Optimering aluminium 43

4.3.6 Kostnadskalkylering 43

4.3.6.1 Stål 44

4.3.6.2 Aluminium 45

4.3.7 Slutprodukt 45

4.3.7.1 Hållfasthetsberäkningar slutprodukt 46

4.3.7.2 FEM-beräkningar slutprodukt 47

4.4 RENDERINGAR 48

4.5 ÖVRIGA DELFASER 49
4.5.1 Assembly *49*
4.5.2 Distribution *49*
4.5.3 Installation *49*
4.5.4 Clean *49*
4.6 RESULTAT FRÅGESTÄLLNING 1 50
4.7 RESULTAT FRÅGESTÄLLNING 2 50
5 Analys 52
5.1 FRÅGESTÄLLNING 1 52
5.2 FRÅGESTÄLLNING 2 53
6 Diskussion och slutsatser 54
6.1 IMPLIKATIONER 54
6.2 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER 54
6.2.1 Uppfyllnad av kravspecifikation - djurtransportbox *54*
6.2.2 Uppfyllnad av kravspecifikation - avgränsare *55*
6.3 VIDARE ARBETE ELLER FORSKNING 56
Referenser 57
Bilagor 59

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Examensarbetet inom Maskinteknik görs med en handledare från konsultföretaget Sigma Industry South AB och en handledare från Jönköping University. Examensarbetet innehåller en utveckling av ett tidigare koncept på en djurtransportbox. Projektets olika delar, rapportskrivning samt viktiga datum planerades in i ett GANTT-schema, se bilaga 1. Under tidigare utveckling fanns kontakt med företaget Etebra Maskin & Vagn AB som är ägaren av idén till en ny sorts djurtransportbox. Då företaget inte har tid för att vara stöd i examensarbetet kommer nu projektet endast vara mellan studenter och Sigma Industry South AB.

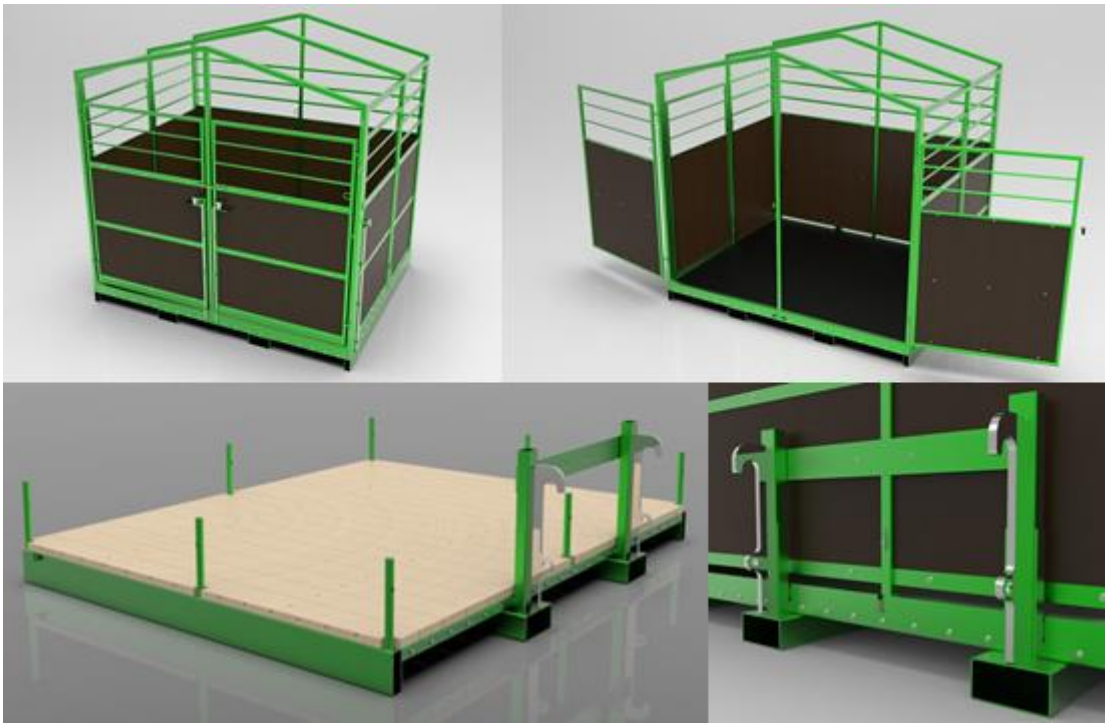
Sigma Group startades 1986 med namnet Sapia AB, 1993 bytte de namn till Sigma AB. Sigma Group är ett konsultföretag med över 5000 anställda på 57 kontor i 13 länder och huvudkontoret ligger i Malmö. Organisationen har fyra olika nivåer på anställda där ägaren är överst, följt av VD, avdelningschefer och sedan konsulter. Det betyder att gruppchefer och liknande inte finns i organisationen. Företaget är uppdelat i 6 olika affärsområden; Sigma Civil, Sigma Connectivity, Sigma IT, Sigma Software, Sigma Technology och Sigma Industry.

Sigma Industry har funnits sedan 2014 och är uppdelat i 3 regioner; East North, West och South. Examensarbetet görs tillsammans med Sigma Industry South AB i Jönköping men huvudkontoret för Industry ligger i Lund. Sigma Industry South AB har drygt 250 anställda och 4400 färdigställda projekt. I Jönköping finns tre av Sigmas affärsområden; IT, Technology och Industry. Tillsammans har de ungefär 90 anställda varav 37 av dessa jobbar för Industry.

I Jönköping är Sigma Industry's största kund Husqvarna AB. Andra stora och viktiga kunder är Fagerhult, Thule Group, FläktGroup Sweden AB, Kongsberg Gruppen, Saab AB och Ikea är stora och viktiga kunder tillsammans med flera mindre företag. Totalt har hela Sigma Industry South, från Jönköping till Lund, haft 114 kunder av vilka 48 är aktiva idag [1].

1.2 Problembeskrivning

En djurtransportbox avsedd för ett färre antal djur än en traditionell djurtransportvagn och är önskat av många utav Sveriges lantbrukare. Boxen är tänkt att kunna placeras på en traktors främre del alternativt hjullastare och på så vis förflyttas inom gården. Det konceptet som finns framtaget är endast ett designförslag och saknar dels en iteration på konceptet, dels hållfasthetsberäkningar, materialval och kostnadskalkyl. Boxen är i nuvarande koncept anpassat för två kor vilket utvecklingen också kommer vara. I vidareutvecklingen kommer fler krav från tidigare kravspecifikation uppnås, dessa krav är önskningar från lantbrukare samt Etebra's VD. Se figur 1 nedan för bilder på tidigare koncept på djurtransportbox.



Figur 1: Djurtransportbox under NFK

Projektet görs då många lantbrukare idag endast har en stor djurtransportvagn på hjul som rymmer ett stort antal djur. Detta kan vara ett osmidigt sätt att förflytta djuren inom gården då transporterna är otympliga och inte lika smidiga att arbeta med på mindre ytor. En mindre box att använda inom gården är därför ett bättre alternativ för användarna. De mindre boxarna som konkurrenter tillverkar har idag flera brister och saknar många önskningar och krav som lantbrukare och Etebra har. Under studenternas tidigare studier har kursen Näringslivsförlagd kurs (NFK) [2] genomförts och det var då första konceptet på djurtransportboxen i figur 1 konstruerades.

Den största skillnaden mellan detta koncept på djurtransportboxen och konkurrenters boxar är att detta koncept ska kunna levereras i ganska platta paket. Detta leder till ett lägre fraktpris för företaget och på så sätt kan försäljningspriset sänkas och inkomsterna öka för Etebra. En annan stor skillnad är att Etebra och lantbrukare vill ha en djurtransportbox som är tyst och minimalt buller för att inte skrämma djur när de går på golvet eller stöter i väggarna. Detta gör att boxen blir säkrare för lantbrukaren då risken minskar att bli klämd av ett skrämt djur om lantbrukaren arbetar i boxen samtidigt som ett djur är i djurtransportboxen. Detta är två krav som i nuläget redan är uppfyllda i konceptet men kravspecifikationen innehåller en mängd fler krav som saknas i nuläget. Vissa krav är önskemål från lantbrukare och vissa är kvarstående krav från VD'n på Etebra Maskin & Vagn AB. Som tidigare nämnt kommer dessa krav samt FEM-beräkningar, hållfasthetsberäkningar, materialval och kostnadskalkyl göras i denna vidareutveckling av det projekt som påbörjades under studenternas NFK-period.

1.3 Syfte och frågeställningar

Målet med examensarbetet är att en vidareutveckling av ett koncept på djurtransportbox ska tas fram. Nuvarande koncept har flera ouppfyllda krav i kravspecifikationen. Detta projekt innehåller även beräkningar, materialval och kostnadskalkyl vilket tidigare projekt inte haft någon hänsyn till. Detta ska ske med hjälp av direkt kontakt med användare samt forskning kring material och kostnader. En 3D-konstruktion i programvaran CATIA V5 ska visualisera den nya utvecklingen av djurtransportboxen. Projektets frågeställningar är följande:

1. *Vilken konstruktion på djurtransportboxen krävs för att uppnå kravspecifikationen, samt krav gällande hållfasthet?*

2. *Vad finns för skillnader i olika material gällande kostnad samt hållfasthet?*

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet innehåller avgränsningar för att hinna uppnå målen inom tidsramen. Den första avgränsningen är att hållfasthetsberäkningar, FEM-beräkningar och kostnadskalkyl görs i samråd med Sigma. Den andra avgränsningen är att när jämförelsen på material görs används först ett material (stål) som konstruktionen görs på. Sedan byts detta till ett annat material (aluminium) för att kolla förändringarna som sker i konstruktionen och vad som behöver förändras om byte till annat material är aktuellt. Dessa FEM-beräkningar görs i solidworks för att kolla om konstruktionen håller.

Kostnadskalkylering kommer endast baseras på materialinköp och inte tillverkningsprocess, verktyg, intäkter, löner och liknande utgifter som vanligtvis tillkommer. Detta för att avgränsa projektet mot ett produktutvecklingsprojekt och inte ett produktionsteknikprojekt.

Projektet är avgränsat till ett virtuellt projekt. Detta betyder att ingen prototyp eller verklig modul kommer göras, utan endast finnas i 3D-konstruktion för att vrida och vända på.

1.5 Disposition

Första kapitlet i denna rapport är *”1. Introduktion”*. I introduktionen får läsaren först en bakgrund och problembeskrivning av projektet för att förstå syfte och frågeställningar. Kapitlet avslutas med projektets avgränsningar. I kapitel *”2. Teoretiskt ramverk”* tar läsaren del av samtliga teorier som används i projektet och vilka kopplingar de olika teorierna har till frågeställningarna. Efter läsaren förstått teorierna kommer kapitel *”3. Metod”* förklara metoderna som använts för att besvara frågeställningarna och kopplingarna mellan metoder och frågeställningar. Kapitel *”4. Genomförande och resultat”* beskrivs det hur metoderna har genomförts och dess resultat. Efter detta analyseras resultatet samt teorin i kapitel *”5. Analys”*. I det sista kapitlet *”6. Diskussion och slutsatser”* diskuteras det och tas slutsatser kring resultatet om målen är uppnådda, vad som kan förbättras i eventuell vidareutveckling och vad projektet har för implikationer. Till sist i rapporten finns referenser och bilagor med.

2 Teoretiskt ramverk

2.1 Koppling mellan frågeställningar och teori

Tabell 1: Teoretiskt ramverk, koppling mellan frågeställning och teori

		FRÅGESTÄLLNING	
		1	2
TEORI	Produktutveckling		
	Mechanical design process		
	Materialanalys		
	Konceptgenerering		
	Konceptval		
	Kravspecifikation		
	Hållfasthetsberäkningar		
	FEM-beräkningar		
	Kostnadskalkyl		

Figur 2: Koppling mellan frågeställning och teori. Grönt fält har koppling till teorin.

1. *Vilken konstruktion på djurtransportboxen krävs för att uppnå kravspecifikationen, samt krav gällande hållfasthet?*

   För att kunna besvara första frågeställningen krävs det en vidareutveckling av konceptet och där med används teorierna konceptgenerering, konceptval och kravspecifikation för att nå fram till ett koncept. Detta koncept ska sedan klara vissa krafter, därför krävs det kunskap inom hållfasthet, simulationsteknik och deformationer. Kunskap inom hur simulationsprogram beräknar med hjälp av teorin finita elementmetoden (FEM-beräkningar). Både i hållfasthetsberäkningar och FEM-beräkningar behövs det ytterligare en teori, materialanalys. Anledningen är att dessa beräkningar inte går att göra om konstruktionen inte har något material. Eftersom detta är ett produktutvecklingsprojekt med designprocessen *Mechanical Design Process* är teorin produktutveckling och designprocessen övergripande över hela arbetet. Se tabell 1 i figur 2 ovan för tabell på koppling mellan teorierna och frågeställning 1.

2. *Vad finns för skillnader i olika material gällande kostnad samt hållfasthet?*

   För att besvara den andra frågeställningen krävs djupare kunskaper inom material då fler än ett material kommer jämföras. Då det ska beräknas på olika material behövs kunskaper inom simulationsteknik då olika material beter sig olika beroende på deras egenskaper. För att besvara frågeställningen behövs det kunskaper vad för skillnad olika balkar i olika material kostar för att besvara skillnaden på kostnad. Precis som vid första frågeställningen är produktutveckling en övergripande teori. Se tabell 1 i figur 2 ovan för tabell på koppling mellan teorierna och frågeställning 2.

2.2 Produktutveckling

De tre författarna Hans Johannesson, Jan-Gunnar Persson och Dennis Pettersson beskriver i boken ”Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design” att teorin produktutveckling som projekt som har som avsikt att resultatet senare ska tillverkas och introduceras på marknaden [3]. Det finns olika typer av drivkrafter inom produktutveckling, dessa är teknikdriven utveckling, marknadsdriven utveckling samt samhällsdriven utveckling. Vid teknikdriven utveckling används ny teknologi och är ofta en långsiktig utveckling. Ofta tar det också lång tid innan användning av den nya tekniken kommer ut på marknaden. Marknadsdriven utveckling däremot baseras på marknadens krav och konkurrenters produkter. När utvecklingen är marknadsdriven utnyttjas redan kända tekniker och dessa kombineras för att uppfylla krav och behov hos kunder. Den sista drivkraften är samhällsdriven utveckling och baseras på lagar och regler. En produktutveckling kan behöva ske vid lagändring och regler kring miljö och säkerhet ifall tidigare produkt inte uppfyller nya krav [3].

2.3 Mechanical Design Process

Mechanical Design Process är en process gjord av David G. Ullman. Ullman är produktdesigner och har forskat, undervisat och skrivit om design i över 30 år. Han har en doktorsexamen inom Maskinteknik från Ohio State University [4].

Processen börjar vid design och slutar när produkten använts länge och blir obrukbar. Processen har fyra faser som i sin tur har flera olika delfaser. Första fasen är *Design* där produkten utvecklas. De fyra delfaserna är *Project definition, Product definition, Conceptual Design* och *Product development*. Först definieras projektet för att veta vad som ska fokuseras på och för att kunna göra en planering av projektet. Sedan definieras produkten genom olika metoder för att veta vad problemet är och vad som ska lösas. När detta är färdigt påbörjas konceptgenerering för att komma på lösningar på problemen. Dessa lösningar tillverkningsspecifikeras för att sedan kunna gå vidare i processen. Andra fasen är *Production and delivery* och innehåller delfaserna *Manufacture*, *Assembly*, *Distribution* och *Installation*. När denna tillverkningsfas är påbörjad kan designers längre inte påverka resultatet. Däremot är det viktigt att designers tar hänsyn redan under designfasen för att möjliggöra att delfaserna kan utföras på ett kostnadseffektivt och enkelt sätt. Tredje fasen är *Use* vilket är när produkten hamnar hos kunden. Delfaserna är *Operate*, *Clean* och *Maintain*. Här är det viktigt att kunden förstår funktionerna och hur de fungerar och används. Det är också viktigt att produkten ska kunna rengöras samt att kunna reparera den och byta ut trasiga delar. Fjärde och sista fasen är *End of life*, denna fas har de tre delfaserna *Retirement*, *Disassembly* och *Reuse or recycle*. Den första delfasen är alltså att produkten slutar användas och blir obrukbar. Då är det viktigt att kunna demontera produkten för att sedan återvända eller återvinna de olika delarna. Vissa delar går att använda igen eller smälts de ner och används i andra produkter [4].

2.4 Materialanalys – GRANTA EduPack

Analysen av material görs av ett eller flera material för att få en grund inför hållfasthetsberäkningar, FEM-beräkningar och kostnadskalkyl. GRANTA EduPack 2021 är en programvara som finns på Jönköping University. I denna finns ett flertal olika databaser, varav en materialdatabas på introduktionsnivå, *Material Science and Engineering*. Den finns för att förklara olika typer av material och egenskaper och för att skapa förståelse för relationen mellan bearbetning, struktur och egenskaper i material. I databasen finns 220 olika material och 110 processer [5].

2.5 Kravspecifikation

En kravspecifikation är ett dokument som innehåller krav på en viss produkt eller tjänst. Specifikationen ska upprätta om VAD som ska åstadkommas. För senare moment som design- och konstruktionslösningar är det bra att ha en specifikation som har ingående information. Detta för att kunna använda det som utgångspunkt samt att ha det som referens vid utvärdering vid slutliga produktlösningen. Kravspecifikationen är ett levande dokument som kan utvecklas och uppdateras hela tiden under arbetets gång. Dokumentet har en mängd kriterier som ska uppfyllas. Dessa krav har olika roller för den färdiga produkten. Dem olika rollerna är:

- Huvudfunktioner – Det är den funktionen produkten i första hand är avsedd för.
- Delfunktioner – Dessa funktioner är dem som tillsammans bygger upp huvudfunktionen eller är nödvändiga för att huvudfunktionen ska uppfyllas.
- Stödfunktioner – Det är dem funktionerna som stödjer eller underlättar användningen av produkten utan att den påverkar huvudfunktionen. Funktionerna ska vara till för att höja produktens bruksvärde som kan vara nödvändiga för hur bra produkten säljer.
- Oönskade funktioner – Det kan vara bieffekter som produkten eller användningen av produkten är förknippade med.

Utöver dessa roller beskrivs problemformuleringen, intressenter och projektets mål som ger beslutsunderlag för förändring av kriterier. Tillsammans med rollerna sammanställas det och ger en färdig kravspecifikation [3].

2.6 Konceptgenerering – Brainstorming

Konceptgenerering är en viktig del i produktutvecklingen för att få fram flera nya koncept. Koncepten ska utgå från den kravspecifikation som finns kring produkten. I detta projekt används konceptgenereringsteorin brainstorming. Vid brainstorming uppmuntras personer att komma med tankar och idéer som är galna för att kunna vidareutveckla dessa ännu mer för att i slutändan kunna lösa problemen som önskades. Dessa idéer skissas ner på papper och blir konceptförslag. Det är viktigt att inte säga bra och dåligt om idéerna för tidigt för att inte stoppa tankarnas utveckling av idéerna [3], [6].

2.7 Konceptval – Pughs matris

Efter att idéerna skissats upp behöver dessa jämföras för att veta vilket koncept som är det bästa att gå vidare med. Det kan vara svårt och bedöma vilket koncept som ska gå vidare då det finns en del aspekter att ta hänsyn till exempel att:

- Lösningen påverkas av olika egenskaper
- Olika egenskaper har olika betydelse
- Vissa egenskaper mäts kvantitativt och andra bedöms kvalitativt.

Beslutmatrisen som kommer att användas är Pughs matris. Denna matris är bra för att dokumentera besluten och besluten baseras på en referens som har valts. Utifrån referensen jämförs alla lösningar. Dem kriterierna som används är dem som är i kravspecifikationen och för varje kriterium tas det ställning huruvida lösningen uppfyller kriteriet bättre än (+), lika bra (0) eller sämre än (-) referensen. För varje lösning summeras alla bedömningar från varje kriterium och lösningarna sammanställs i rangordning. Baserat på rangordningen tas det beslut vilka lösningar som vidareutvecklas och som tas med till nästa utvärderings beslut [3].

2.8 Hållfasthetsberäkningar

Enklaste sätt att beräkna vad för krafter som kommer belastas på en kropp är att beräkna med hjälp av jämviktsekvationer. Om en kropp befinner sig i jämviktsläge måste reduktionsresultatet av kraftsummorna som påverkar kroppen vara ett nollsystem. Det betyder att ett nödvändigt villkor för jämvikt är:

$$\begin{cases} F = 0 \\ M_A = 0 \end{cases}, där\ A\ är\ en\ godtycklig\ punkt$$

Krafterna som går i motsatta riktningar ska ha lika stor kraft, alltså med hjälp av jämviktsekvationer beräknas krafterna så att:

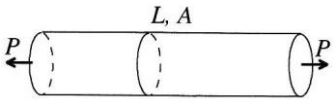
$$F_1 = -F_1 \rightarrow F = F_1 - F_1 = 0$$

Finns det fler krafter som påverkar kroppen beräknas kraftsumman av dem krafterna [7]:

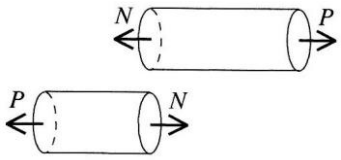
$$F = \sum_{k=1}^{n} F_k$$

$$F = m * g$$

Normalspänning är ansträngningen i materialet och för att veta spänningen läggs en snittyta in vinkelrätt mot x-axeln där spänningen ska beräknas, se figur 3 och 4.



Figur 3: Snitt läggs in i stången



Figur 4: Stången snittad med snittkraften N

Normalkraften är där kraften N verkar. Den så kallade normalkraften eller snittkraften verkar över hela snittytan vilket blir att ansträngningen *per areaenhet* av snittytan blir N/A. Definitionen av normalspänningen blir då:

$$\sigma_x = \frac{N}{A}, där\ A\ är\ stångens\ tvärarea.$$

I beräkning av *skjuvspänning* fördelas tvärkraften T jämt över tvärarean A. Definition av skjuvspänningen τ blir:

$$\tau = \frac{T}{A}$$

Denna definition av skjuvspänning ger ett medelvärde över snittytan. Detta på grund av att i praktiken är skjuvspänningen inte jämnt fördelad över ytan, detta beror på tvärkraften [8].

2.9 FEM-beräkningar

Finita Elementmetoden (FEM-analys) är en numerisk metod som används till att hitta lösningar på komplexa problem. FEM-analys används vid beräkning och inom olika områden som mekanisk konstruktion, temperatur- eller värmeflödesfördelning och tryck- eller hastighetsfördelning.

Vid beräkning i FEM-analys anses lösningsregionen byggas av många små, sammansättande underregioner och dessa kallas element. Det är svårt att beräkna på komplexa geometrier och för att underlätta detta delas underregionerna upp som kallas *mesh*. Om geometrin är enkel och har få element som används kan mesh genereringen göras manuellt. Inom flyg-, bil- och byggindustrin används ofta komplexa geometrier, där det behövs tusentals eller ibland miljontals element. Då krävs det beräkning i ett CAD-program.

I ett CAD-program är geometrin uppsatt i noder och element med avseende på angiven form på element och storleksbegränsningar. Noderna placeras i geometrins hörnpunkter som sedan fördelas över geometrin. Programmet beräknar spänningar och påkänningar i modellen baserat på vad för material som valts och andra egenskaper [9].

2.10 Kostnadskalkylering

Kalkyler är beräkning och jämförelse av kostnader och intäkter men det kan också enbart vara beräkning på kostnader. I olika slags verksamheter är det viktigt för att väga för- och nackdelar på en produkt eller tjänst. Delarna i kalkylen som ingår behandlar vanligtvis kvantiteter i material, tid av arbete, maskininsats, lagring med mera. Hur en kalkylering ställs upp är från företag till företag då det finns olika kalkylmallar. Dessa mallar anpassas efter kalkylmetod och kalkylfilosofi som företaget väljer. En kostnadskalkylering har betydelse för produktens prissättning [10]. I kostnadskalkylering kan det tänkas omfatta:

- Rutinmässiga eller tillfälliga kalkyler samt ekonomiska utredningar kring kalkylens kostnader och eventuella intäkter.
- Instruktion, mallar, koder med mera. De styr bestämning av olika ingångsdata, urval och granskning i varje kalkylsituation och valet av kalkylmodell.
- Underliggande dataunderlag.

3 Metod

3.1 Koppling mellan frågeställningar och metod

Tabell 2: Metod, koppling mellan frågeställning och metod.

		FRÅGESTÄLLNING	
		1	2
METOD	Intressentanalys	■	
	Konkurrensanalys	■	
	Marknadsundersökning	■	
	Materialanalys	■	■
	Kravspecifikation	■	
	Konceptgenerering	■	
	Koncepetval	■	
	CAD	■	■
	Hållfasthetsberäkningar	■	■
	FEM-beräkning	■	■
	Jämförelse av material	■	■
	CAD-iteration	■	■
	Kostnadskalkyl		■
	Slutprodukt	■	
	Rendering	■	
	Assembly	■	
	Distribution	■	
	Installation	■	
	Clean	■	

Figur 5: Koppling mellan frågeställning och metod. Grönt fält har koppling till metoden.

1. *Vilken konstruktion på djurtransportboxen krävs för att uppnå kravspecifikationen, samt krav gällande hållfasthet?*

För att besvara den första frågeställningen använts metoder för att analysera och förstå marknaden för att få en tydlig kravspecifikation. Se tabell 2 i figur 5 ovan för tabell på koppling mellan resterande metoder och frågeställning 1.

2. *Vad finns för skillnader i olika material gällande kostnad samt hållfasthet?*

För att besvara den andra frågeställningen används metoder för att analysera olika material för att få en förståelse för egenskaper olika material har. Med hjälp av beräkningar, FEM-analys och kostnadskalkyl kommer detta ge en grund till vad för skillnader det finns. Se tabell 2 i figur 5 ovan för tabell på koppling mellan resterande metoder och frågeställning 2.

I David G. Ullmans designprocess Mechanical Design Process är den första fasen *Design*. I denna finns som tidigare nämnt fyra delfaser. Den första delfasen är *Project definition* vilket är projektplanen som inte finns med i denna rapport. I denna rapport finns till stor del endast de tre senare delfaserna utav första fasen med. Dessa är *Product definition*, *Conceptual design* och *Product development*. Detta är de tre som är mest relevanta i arbetet, andra delar som kommer att tas hänsyn finns i kapitel *”3.5 Övriga delfaser”*.

3.2 Product definition

I andra delfasen *Product definition* finns olika metoder för att definiera produkten och kunna veta vad som behövs och krävs. Dessa olika metoder är intressentanalys, konkurrensanalys, marknadsundersökning, materialanalys och kravspecifikation.

3.2.1 Intressentanalys

Intressentanalys gjordes för att definiera intressenterna i detta projekt och för att se vilka parter, både interna och externa, som kan komma påverka resultatet av djurtransportboxen. Denna del har tidigare gjorts under kursen Näringslivsförlagd kurs [2] men uppdateras och förbättras i utvecklingsprojektet.

3.2.2 Konkurrensanalys

Precis som intressentanalysen har också konkurrensanalysen gjorts i tidigare kurs. I detta utvecklingsprojekt kommer konkurrensanalysen utökas genom att kolla på konkurrenternas lösningar på de delar som projektet i tidigare kurs avgränsat sig ifrån.

3.2.3 Marknadsundersökning

Under kursen NFK gjordes intervjuer med ett antal lantbrukare. De svar som gavs då är grunden för de enkätfrågor som skickades ut till ett större antal lantbrukare. I bilaga 2 visas intervjufrågorna samt en sammanställning på de svar som lantbrukarna gav i intervjuerna.

Den nya enkäten gjordes på hemsidan survio.com och skickades ut i en Facebook-grupp som heter ”Lantbrukaren” som består av ungefär 27 000 medlemmar. Dessa medlemmar är en blandning av spannmål-, nötkreatur-, får- och hästlantbrukare och finns från norra till södra Sverige.

3.2.4 Materialanalys

I tidigare projekt har materialanalys varit en mycket liten del och det finns inte mycket information att utgå från i vidareutvecklingen. Materialanalysen är därför en del som gjorts från grunden med hjälp av Jönköping Universitys programvara GRANTA EduPack för att få grundlig information kring olika typer av stål och olika typer av aluminium. När rätt sorts stål och aluminium var hittat fortsattes det med egen forskning via internet för att få en djupare grund kring olika materialsorter. Via kontakt med olika företag som har stor kunskap kring material och vad olika materialsorter fungerar bra till har de olika materialtyperna diskuterats. Företagen har fått dela med sig av deras rekommendationer och djupa kunskaper kring materialval. SSAB har varit företaget som fört diskussion kring stål medan för aluminium är det företagen Alutrade AB och BE Group Sweden AB som funnits till hjälp.

3.2.5 Kravspecifikation

Efter tidigare delar i *Product definition* gjorts byggs en kravspecifikation upp. Detta görs genom att definiera de krav som finns med en huvudfunktion (H) samt flera delfunktioner (D) och stödfunktioner (S). Dessa utgår från vad intressenter, konkurrenter samt resultat av marknadsundersökning visar. Etebra’s krav från tidigare projekt finns också till viss del med. Kravspecifikationen är senare grunden till utveckling av produkten.

Projektet innehåller även mindre kravspecifikationer på olika delfunktioner för att kunna uppfylla kravspecifikationen som gjorts för hela djurtransportboxen.

3.3 Conceptual design

Under delfasen *Conceptual design* ska konceptidéer tas fram genom olika moment och sedan väljas ut. Dessa konceptidéer ska uppfylla de krav som finns i kravspecifikationen.

3.3.1 Konceptgenerering

Under konceptgenerering används metoden Brainstorming, se kapitel *"2.6 Konceptgenerering – Brainstorming"*. Kravspecifikationen diskuterades och snabba idéer på olika typer av lösningar ritades ner. Efter det steget gjordes noggrannare skisser på olika koncept för att sedan kunna välja koncept. Fyra koncept togs fram på en utveckling av delfunktionen avgränsare.

3.3.2 Konceptval

Det koncept som utvecklas är det koncept som får högst värde i beslutsmatrisen Pughs Matris, se kapitel *"2.7 Konceptval – Pughs matris"*. Kravspecifikationen som gjordes för specifikt område används som kravlista och viktades sedan efter relevans. Som referens användes Etebra's djurtransportvagn Mova [11].

3.4 Product development

Sista delfasen i fasen *Design* är *Product development*. I denna delfas skapas 3D-konceptet av djurtransportboxen. Det görs beräkningar med hjälp av FEM-analys för att få reda på ifall konstruktionen är under- eller överdimensionerad. Olika material jämförs för att se hur konstruktionen fungerar beroende på material. Konceptet utvecklas efter det på olika sätt för att få en konstruktion som fungerar för olika material. Efter detta görs en kostnadskalkyl för att jämföra kostnaden vid användning av olika material. Efter detta bestäms vilken slutprodukten blir för att få ett färdigt koncept, detta görs sedan renderingar på för att få en verklighetstrogen bild på konceptet.

3.4.1 CAD

Djurtransportboxens 3D-koncept som gjordes under tidigare kurs gjordes i programvaran Solidworks 2019. Vidareutvecklingen av boxen är gjord i programvaran CATIA v5-6R2015 för att bredda studenternas kunskap kring olika programvaror. För att kunna utveckla det första konceptet görs modellen i CATIA, i princip likadan som under tidigare kurs, för att sedan kunna göra FEM-beräkning för att veta ifall modellen är över- eller underdimensionerad och eventuella brister på konceptet.

3.4.2 Hållfasthetsberäkningar

Hållfasthetsberäkningar görs både på stål och aluminium. Det görs tillsammans med en maskiningenjör med magisterexamen inom FEM-beräkningar och hållfasthetsberäkningar som är anställd på Sigma Industry i Växjö. Det som kommer beräknas på är dem krafterna som sker på grundkonstruktionens plattjärn samt skjuvningen i plattjärnen. I grundkonstruktionen är det två skruvar som fäster golvkonstruktionen med ena väggen. Det kommer beräknas om det räcker med två skruvar eller om det behövs mer.

3.4.3 FEM-beräkning

Innan FEM-beräkning behöver ett material appliceras med rätt sträckgräns, brottgräns och densitet. Beräkningarna är en av projektets avgränsningar och därför görs FEM-beräkning samt vissa handberäkningar tillsammans med maskiningenjören, Sigma Industry i Växjö då denne har djupa kunskaper inom området. FEM-beräkningarna är gjorda i Solidworks.

3.4.4 Jämförelse av material

FEM-beräkningarna visar om det finns brister eller för mycket material i grundkonstruktionen för de två valda materialen och vilka skillnader det blev i beräkningarna. Dessa skillnader kommer ha betydelse när ett material kommer väljas i slutprodukten. Det kommer göras en jämförelse på kostnader på balkarna i respektive material. Detta görs för att sedan kunna göra en kostnadskalkyl på hela konstruktionen och se prisskillnader i de olika materialen.

3.4.5 CAD-iteration

Iterationen kommer baseras på dem beräkningarna som har gjorts. Om de påvisar att grundkonstruktionen inte uppfyller kravspecifikationen kommer det göras ändringar. Exempel på vad som kan tänkas behövas ändras är balkstorlekarna, ifall det behövs mer material eller om det går att optimera så att djurtransporten möjligtvis skulle kunna bli lättare. Beroende på vad beräkningarna påvisar på dem två olika materialen kommer det göras ändringar i konstruktionen i de båda materialen. Vid utvecklingen kommer det tas hänsyn till kostnad av material. Efter dem ändringarna som har gjorts kommer det göras nya beräkningar så det inte finns några brister i konstruktionen.

3.4.6 Kostnadskalkyl

Med hjälp av Sigma kommer det göras en kostnadskalkyl på stål och en kostnadskalkyl på aluminium. Då en avgränsning har gjorts kommer det inte tittas på kostnader gällande löner, verktyg eller lokaler. Kostnadskalkylen kommer endast visa kostnader för valda material vid inköp innan tillverkning. Beroende på storlek av balkar och material kommer vissa skillnader finnas på dem två olika kostnadskalkylerna.

3.4.7 Slutprodukt

I slutprodukten väljs en färdig konstruktion och ett material ut. Den färdiga konstruktionen kommer att utgå ifrån dem FEM-beräkningar som har gjorts och ändringar som gjorts i CAD-iteration. Den konstruktionen som kommer att väljas är den konstruktion med materialet som uppnår kravspecifikationen. Utifrån den förstudie som gjordes kommer övriga detaljer vara med i slutprodukten.

3.4.8 Rendering

Keyshot 10 är en programvara som det går att göra renderingar i. För att visualisera djurtransporten så verklig som möjligt kommer renderingar göras i olika vinklar och på olika detaljer samt hela slutprodukten.

3.5 Övriga delfaser

I denna del kommer vissa övriga delfaser i David G. Ullmans designprocess *Mechanical Design Process* att beskrivas.

3.5.1 Assembly

I denna delfas kommer hopsättningen delvis tas hänsyn till. Då djurtransporten som i tidigare arbete sattes ihop med skruvar och muttrar kommer även tas med i detta arbete. Skruvarna och muttrarna kommer att väljas ut beroende på balkstorlekar och hållfasthet så det kommer hålla.

3.5.2 Distribution

Hur djurtransporten kommer levereras är ett krav som finns i kravspecifikationen som kunden anser väldigt viktig, detta tas i hänsyn till i konstruktionen. Detta krav är att djurtransportboxen ska levereras i ett relativt platt paket. För att det ska bli så kostnadseffektivt kommer målet vara att kunna transportera fler än en box i samma leverans.

3.5.3 Installation

Eftersom produkten kommer att fraktas som ett platt paket kommer köparen få sätta ihop djurtransportboxen själv. Där av kommer konstruktionen av produkten tas hänsyn till att ihopsättningen för att underlätta för köparen.

3.5.4 Clean

Denna delfas handlar om hur produkten ska rengöras och hur detta kommer tänkas på under konstruktionen av boxen.

4 Genomförande och resultat

4.1 Product definition

4.1.1 Intressentanalys

Den intressentanalys som användes under tidigare kurs var inte helt relevant då företaget Etebra Maskin & Vagn AB inte längre är en del av projektet och där med ingen intressent. Nuvarande intressentanalys bygger på att Sigma Industry AB har rollen uppdragsgivare och har som behov eller önskemål att få ett koncept på en djurtransportbox. Det som försvårar för intressenten att få detta koncept är tidsbegränsningen, därav en kommentar att projektet pågår i tolv veckor. Sigma har givit uppdraget till nästa intressentgrupp, studenter, därav har de rollen som projektgrupp. Deras behov eller önskemål är att göra en vidareutveckling på djurtransportbox. Den försvårande faktorn är i deras fall att utföra FEM-beräkning samt kostnadskalkyl då studenterna måste finna personer som vill hjälpa till att utföra dessa moment tillsammans då det är en del av den avgränsning som finns i examensarbetet. Båda dessa intressenter har en stor tyngd och här därför fått tyngden 5, vilket är högsta möjliga.

Lantbrukare är en viktig intressentgrupp då de är brukare av eventuell framtida produkt. De har som önskemål att produkten ska vara användarvänlig och har därför tyngden 4. Lantbrukare försvårar projektet med kapital då det finns en gräns för hur mycket pengar en lantbrukare kommer vilja lägga på en produkt.

Tillverkare är en annan viktig intressentgrupp som kan påverka mycket då de har produktionsrollen. Tillverkare ser helst att produkter massproduceras för att sänka tillverkningskostnaderna. Precis som lantbrukarna har tillverkare fått tyngden 4. Det som försvårar arbetet är att tillverkaren måste kunna finansiera processen och ha tid till att tillverka.

Leverantören av djurtransportboxen har rollen att transportera från tillverkare till återförsäljare. De önskar att kunna leverera flera samtidigt för att minska fraktkostnaden per djurtransportbox. De har tyngden 3 då deras önskemål inte är avgörande för detaljer men däremot avgörande för funktioner.

Återförsäljare tar över efter leverantör då de har rollen marknad och är de som säljer till lantbrukare. Deras behov är att produkten ska ha en efterfrågan på marknaden för att inte göra onödiga inköp inom företaget. De har fått tyngden 3 då de kan bidra med att marknadsföra men detta avgör inte framtagningen av djurtransportsboxen.

Myndigheter har rollen som godkännande eller beslutsfattare. De har ett önskemål om att konceptet ska uppnå krav som finns vid transporter av djur för att återförsäljare ska få sälja produkten. Myndigheter har tyngden 2 då de endast påverkar utseendet gällande vissa mått.

Den sista intressentgruppen är testgruppen, de har som roll att utvärdera och vill att produkten ska fungera som den ska. De har fått tyngden 2 då de åsikter testgruppen kommer med främst hamnar på framtida utveckling och inte på nuvarande produkt. För att få en överblick av intressentanalysen se tabell 3 i figur 6 nedan.

Tabell 3: Intressentanalys

Intressentanalys					
Intressenter	**Roll**	**Behov/önskemål**	**Tyngd**	**Bidra/försvåra**	**Kommentar**
Sigma Industry AB	Uppdragsgivare	Djurtransportbox	5	Tidsbegränsning	12 veckor
Studenter	Projektgrupp	Vidareutveckling på box	5	FEM och kostnadsindikation	Examensarbete
Lantbrukare	Brukare	Användarvänlig	4	Kapital	
Tillverkare	Produktion	Massproduktion	4	Finansiering, tid	
Leverantör	Transport	Massleverans	3	Försening	
Återförsäljare	Marknad	Efterfrågan på marknaden	3	Marknadsförning	Vinstberoende
Myndigheter	Godkännande/Bestlutfattare	Uppnå krav	2	Lagar	
Testgrupp	Utvärderare	Produkt ska fungera	2	Utveckling	

Figur 6: Intressentanalys

4.1.2 Konkurrensanalys

Konkurrensanalys är gjord tidigare och har vid det tillfället inriktats på att titta på helhetslösningar på modellen, medan denna gång är det mer detaljlösningar så som tak, reflexer, krokar, avgränsare och fästen som är i fokus. Båda tillfällena har tre djurtransportboxar från två olika företag använts. Traditionella djurtransportvagnar från fyra andra företag har använts för att bredda synen på olika lösningar. Projektet har utnyttjat funktioner som finns i Etebra's djurtransportvagn då det är som en sorts mall för utvecklingen av en ny djurtransportbox, detta är dock inte en del som ingår i konkurrensanalysen.

De djurtransportboxar som användes var en från Runstens rep och smide [12] och två olika modeller från Dalums mekaniska verkstad [13]. I tabell 4 i figur 7 nedan ser du information om positivt och negativt med de olika boxarna med fokus på det som var relevant vid denna vidareutveckling. Efter tabellen finns figur 8 som visar djurtransportboxar som använts under konkurrensanalysen.

Tabell 4: Konkurrensanalys på tre djurtransportboxar

	Runstens rep och smide	Dalums mekaniska verkstad (1)	Dalums mekaniska verkstad (2)
+	Fästen för grindar när djur ska påstiga Flyttbar avgränsare	Reflexer	Fästen för grindar när djur ska påstiga Reflexer
-	Ej låsbar avgränsare vid öppna dörrar Inga krokar till grindar Inga reflexer Inga fästen till grimmor	Ingen avgränsare Inga fästen till grimmor Inga krokar till grindar	Ingen avgränsare Inga fästen till grimmor Inga krokar till grindar
?	Inget tak	Inget tak	Tak, inte avtagbart

Figur 7: Konkurrensanalys 1

Figur 8: Runstens Rep och Smide, Dalums mekansika verkstad (1), Dalums mekaniska verkstad (2).

Då utbudet på djurtransportboxar inte är stort har fyra traditionella djurtransportvagnar använts. Företagen som tillverkar vagnarna är Rolland [14], Lantbrukskonsult.se [15], Utnäs Industri [16] samt Humus [17]. I tabell 5 i figur 9 nedan finns resultatet, ingen enskild konkurrensanalys gjord utan en sammanfattning på vad de olika vagnarna har eller inte har för detaljlösningar. För bilder på använda djurtransportvagnar hänvisas till referenslistans länkar till företagens hemsidor.

Tabell 5 Sammanställning av konkurrensanalys på fyra djurtransportvagnar

Övriga djurtransportvagnar (4st)
Krokar till grindar: 2/4
Fästen för grindar när djur ska påstiga: 2/4
Fästen för grimmor: 0/4
Reflexer: 4/4
Inget tak: 2/4
Avtagbart tak: 2/4
Flyttbar avgränsare: 3/4
Ingen avgränsare: 1/4

Figur 9: Konkurrensanalys 2

4.1.3 Marknadsundersökning

Marknadsundersökningen bestod av en enkät på survio.com och innehöll 19 frågor. De första frågorna handlar om vem det är som svarar. Sedan går det över på olika funktioner och liknande som lantbrukare önskar eller inte önskar ifall de hade haft eller har en djurtransportbox. Totalt var det 29 lantbrukare som svarade på enkäten. I bilaga 3–7 finns samtliga enkätfrågor samt diagram som visar vad de 29 lantbrukarna svarat.

Marknadsundersökningen visar att de flesta inte har en djurtransportbox i nuläget men att många av de som inte har en box känner behov av det i sitt lantbruk. De flesta vill ha krokar på sin box för att kunna få med sig grindar ut på fält. Krokarna ska helst vara avtagbara. Antalet krokar som önskas varierar mellan fyra och tio krokar. Fyra krokar är antalet som är mest önskat.

Frågan om avgränsare är mer jämn men fler önskar att avgränsare finns än att det inte finns. De flesta önskar att avgränsaren går att ta bort, precis som med krokarna. Ett tak på djurtransportboxen är däremot inte önskat av många lantbrukare. Anledningen till det är främst för att det är lättare att lasta djuren om boxen är ljus, då djuren blir mer lättskrämda om det är ett instängt utrymme.

Det är jämna resultat när det gäller fäste för skrapa och förvaring i boxen, men de flesta önskar det inte. De flesta anser att de inte har något behov av det då de endast kommer använda boxen inom sin gård eller till och med bara i ladugården. De som har behov av det har tänkt att använda boxen mellan ladugården och hagen och hade därför velat kunna ha med sig gödselskrapa, foder, hinkar, saltsten och grimmor.

Lantbrukarna önskar att kunna förflytta sin djurtransportbox med helst en traktor, men även en hjullastare. En person vill kunna förflytta sin box med hjälp av en minilastare. Det som är viktigast för lantbrukarna i ordning är:

1. Inga lösa delar som djur kan fastna i.
2. Enkelt att rengöra djurtransportboxen.
3. Enkel att öppna både från insidan och utsidan.
4. Tyst underlag.
5. Bra ljusinsläpp.
6. Löstagbar konstruktion.
7. Fästen för grimmor inuti boxen så djuren står stilla.

De flesta av lantbrukarna som svarade hade inga fler synpunkter, många tyckte det viktigaste fanns med och tyckte att det var en intressant produkt som enkäten handlade om. Några tipsade om att det är viktigt att konstruktion är hyffsat lätt för att en traktor ska kunna lyfta boxen men även att den måste vara stabil då djur är stora och starka. För några var det viktigt att det fanns dörrar på fler än en sida för att göra det smidigare vid användning och att golvet är halkfritt och bullerfritt för att inte skrämma och skada djuren. Någon påpekade precis som vid en tidigare fråga att han önskar en box som går att använda till en minilastare och att en avgränsare för att dela av djuren från varandra är viktigt vid vissa tillfällen.

4.1.4 Materialanalys

Materialanalysen påbörjades i Jönköping University's programvara GRANTA EduPack, fortsatte med egen forskning på olika materialsidor på internet och avslutades med diskussion med olika företag som arbetar med just dessa material. Målet var att ett stål och ett aluminium skulle väljas ut.

4.1.4.1 Stål

Innan materialanalysen på stål började var det känt att stålet bör vara ett relativt vanligt stål för att få en relativt låg materialkostnad. En viktig egenskap är att stålet är hyffsat syrafast för att tåla djurens urin och avföring men samtidigt hög hållfasthet. Stålet bör inte vara rostfritt då det är dyrt jämfört med stål som inte är rostfritt och boxen kommer att målas vilket skyddar balkarna. I GRANTA EduPack finns många olika databaser, där *Materials Science and Engineering* användes. Materialen som finns i databasen är uppdelade i olika mappar. I denna materialanalys var det tre olika dokument som tittades på, *Low carbon steel, Medium carbon steel* och *High carbon steel.* Dessa hittas i undermappen *Ferrous,* som i sin tur hittas i *Metals and alloys*.

Low carbon steel är en stålsort med låg kolhalt, mindre än 0,3%. Enligt GRANTA EduPack är det just low carbon steel som används för förstärkning, stålramskonstruktion, båtar och liknande. Low carbon steel är det vanligaste och billigaste stålet samt lätt att arbeta med för att få den form som önskas.

Medium carbon steel har något högre kolhalt, 0,3–0,7%. Stålet kan härdas i tjockare sektioner än low carbon steel och används därför ofta i järnvägsspår och i billigare verktyg istället för stållegeringar.

High carbon steel har 0,7–1,7% kolhalt och härdas under kylning, vilket gör att materialet inte har lika mycket krympningar som low carbon steel och medium carbon steel. Dimensionerna blir därför väldigt exakta och därför används materialet ofta till skärverktyg, skruvmejslar, kablar och metallsträngar på instrument [5].

Djurtransportboxen består utav flertalet balkar och är därför en stålramskonstruktion vilket gör att low carbon steel är rätt stål att använda. En forskning på de vanligaste kolstålen med låg kolhalt gjordes via internet. Då var det stålsorterna 10210 och 10219 som tittades närmre på då det är stålsorter som används till balkar. Dessa sorter diskuterades med en Product Manager, Tubes & Sections på SSAB [18].

Balkar gjorda av stålet 10210 har beteckningen VKR vilket betyder varmformade konstruktionsrör. De är formade i normaliseringstemperatur, vilket är ungefär 810–930˚C. 10219 har istället beteckningen KKR som betyder kallformade konstruktionsrör och de är formade i rumstemperatur. 10219 är oftast 20–25% billigare än 10210. Det finns vissa skillnader i egenskaperna i de olika stålen. Till exempel har 10219 svetsbegränsningar i hörnen, kan spricka vid för mycket svetsning och att det är varierad materialstruktur. Dock har 10219 finare ytfinish än 10210 enligt BE Group Sverige AB's hemsida [19]. Se referens [19] för fler skillnader mellan 10210 och 10219.

Personen från SSAB rekommenderade att använda 10219 då det är lättare att få tag på och ett lägre pris. I den konstruktion materialet ska användas är fördelarna med 10210 inte nödvändiga vilket gör att djurtransportboxen isåfall blir onödigt dyr med små skillnader i hållbarheten. Efter forskningen på olika stålföretags hemsidor samt samtal med SSAB valdes det att djurtransportboxens balkar skulle konstrueras med stålet 10219 vars fulla beteckning är EN 10219 S355J2H. Materialets egenskaper finns i bilaga 8.

4.1.4.2 Aluminium

Precis som för stål användes GRANTA EduPack's databas *Materials Science and Engineering* för den första informationssökningen om just aluminium. De två olika dokumenten som användes var *Age hardening wrought Al-alloys* och *Non age hardening wrought Al-alloys*. Samtliga hittas i mappen *Aluminium and alloys,* vilken i sin tur hittas i undermappen *Non ferrous* i huvudmappen *Metals and alloys*.

Age hardening wrought Al-alloys är åldershärdade, vilket är en värmebehandling i olika steg som gör att aluminiumet blir höghållfast. Det finns olika sorters aluminiumserier där olika typer av aluminium används för olika saker. De olika serierna innehåller olika mängder av material vilket skapar olika egenskaper i aluminiumlegeringarna. Det finns tre olika serier som är åldershärdade, 2000-, 6000- och 7000-serierna. 2000-serien innehåller 2–6% koppar vilket ger ett material med mycket hög styrka men dåliga svets-och korrosionsegenskaper. Serien används mest till aluminiumtrådar, bultar och nitar och hittas i flygplan och maskindelar. 6000-serien innehåller upp till 12% magnesium och upp till 1,3% kisel. Det är inte lika hög hållfasthet som i 2000-serien men är lättare att forma och är därför den serien som används för aluminiumprofiler. 7000-serien innehåller upp till 8% zink och upp till 3% magnesium. Detta är den starkaste aluminiumlegeringen och används i plåtar då den har goda svets- och korrosionsegenskaper.

Non Age hardening wrought Al-alloys är däremot inte åldershärdande och är inte lika höghållfast som åldershärdade serier. De olika serierna är 1000-, 3000-, 5000- och 8000-serierna. 1000-serien innehåller minst 99% aluminium och kommer direkt från elektrolysen, övriga ämnen i är mestadels järn och kisel. Produkten har låg hållfasthet, mycket lätt att forma, har bra ledningsförmåga och korrosionsegenskaper. 1000-serien används mest till förpackningar och köksredskap så som aluminiumfolie, kastruller och elektriska kablar. 3000-serien innehåller upp till 1,5% mangan och har hyffsad hållfasthet, enkel att forma och goda korrosionsegenskaper. Serien används ofta till rörformade produkter så som kastruller och läskburkar. 5000-serien innehåller upp till 5% magnesium vilket gör att hållfastheten ökar i materialet. Materialet används ofta till plåtar inom bygg och båtindustrin men också till toppen på en läskburk. 8000-serien är en serie med speciallegeringar och används oftast till forskningssammanhang, rymd och kärnkraft.

Av denna information var det förstått att 6000-serien var rätt serie att använda då det är den serien som används till aluminiumprofiler. För att veta mer om 6000-serien kontaktades företagen BE Group Sverige AB samt Alutrade AB.

Från Alutrade AB kontaktades en konstruktör som rekommenderade att använda någon utav legeringarna 6060 T6 eller 6082 T6 då det är de som har högst hållfasthet och finns i rätt profiler. Han berättar att 6060 T6 finns i fler dimensioner och är lättare att få tag i än 6082 T6 men att 6082 T6 har ännu högre hållfasthet än 6060 T6, [20]. Produktchefen för aluminium på BE Group Sverige AB påpekade att olika legeringar bör användas till olika saker. BE Group Sverige AB rekommenderar antingen 6060 T6 eller 6082 T6 till balkprofilerna [21]. Efter dessa konversationer beslutades det att aluminiumprofilerna skulle vara gjord utav legering 6082, vars fulla beteckning är EN-AW 6082 T6 [5], [22]. Materialets egenskaper finns i bilaga 9.

4.1.5 Kravspecifikation

Det sista i fasen *Product definiton* blev att göra en kravspecifikation för hela djurtransportboxen och en kravspecifikation för avgränsaren som ska finnas i djurtransportboxen. Kravspecifikationerna är dels uppbyggda på intressentanalys, konkurrensanalys, marknadsundersökning och materialanalys men dels på vad Etebra Maskin & Vagn AB's VD hade för krav under projektet som gjordes under NFK.

Övriga delar som finns med i kravspecifikationen för djurtransportboxen kommer vid eventuell framtida framtagning av produkten beställas hos egen leverantör, så som krokar, fästen till skyffel och liknande. Dock kommer vissa av dessa delar finnas med i 3D-modellen för att visa vad tanken är kring användandet av dessa detaljer.

4.1.5.1 Djurtransportbox

Tabell 6: Kravspecifikation - djurtransportbox

Kravspecifikation	Klass	Kommentar
Frakta djur, 1500 kg	H	Säkerhet 1.5
Fästanordning till lantbruksmaskin	D	Stora BM-fäste & gaffelhål
Tyst underlag på golv	D	Undvika att djuren skräms
Minimala glipor vid golv	D	Max 30 mm
Inga utstickande detaljer på insidan	D	Undvika skador på djur
Svetsade delar och kanter	D	
Skyddade väggskivor mot väder och bitande djur	D	
Anpassade mått (h x b x l) efter standard och lagar	D	
Inga lösa eller skramlande delar	D	Undvika att djuren skräms
Reflexer	D	
Enkel att rengöra	D	
Bra ljus insläpp	D	
Material anpassat för väder, krafter och ekonomi	D	
Fällbar/löstagbar konstruktion	D	Fraktas i platt paket
Enkel öppning inifrån och utifrån	S	
Krokar till grindar	S	4 stycken, avtagbara
Lätta dörrar på båda kortsidor och ena långsidan	S	
Avgränsare	S	Flyttbar
Utseende som visar att boxen innehåller djur	S	
Fästen för gödelskrapa/skyffel	S	
Förvaring för grimmor och krokar	S	
Fästen för grimmor	S	

Figur 10: Kravspecifikation – djurtransportbox
H – huvudfunktion
D – delfunktion
S - stödfunktion

Kravspecifikationen, hittas i tabell 6 i figur 10 ovan, är uppbyggd med en huvudfunktion vilken är att frakta djur som väger 1500 kg med en säkerhetsfaktor på 1,5 då det var ett krav från Etebra i tidigare utveckling. Denna huvudfunktion är beroende av vissa delfunktioner för att fungera, vara säker och uppfylla kraven från Etebra's VD. De delfunktionerna är följande:

- Boxen ska ha fästanordning till lantbruksmaskiner med hjälp av stora BM-fästen för att möjliggöra förflyttning med traktor samt gaffelhål för att möjliggöra förflyttning med hjullastare. Se kapitel *"4.3.1.7 Övriga detlajer"* för förklaring av BM-fästen.
- Golvet på boxen måste vara tyst för att undvika att djuren skräms.
- Gliporna vid golvet får vara max 30 mm. Detta för att säkerställa att djurens ben inte fastnar mellan väggen och golvet ifall djuren ramlar.
- Det får inte heller vara några utstickande detaljer på insidan som kan skada djuren.

- Vissa kanter och delar måste svetsas ihop för att ge en stabil konstruktion.
- Väggarna måste vara skyddade för att inte boxen ska bli skadad av väder eller bitande djur.
- Måtten på djurtransportboxen måste vara anpassade efter standarder och lagar. Som höjd, bredd, längd och avstånd mellan rör i huvudhöjd får inte vara mer än 170 mm så djurens huvuden inte fastnar.
- Lösa och skramlande delar får inte finnas eftersom det skrämmer djuren och kan skada både djur och lantbrukare.
- Reflexer för att den ska synas i mörker.
- Boxen måste vara enkel att rengöra då avföring från djuren kommer att samlas på golvet vid användning.
- Bra ljusinsläpp så djuren inte skräms av instängdhet och för att lantbrukaren ska se sina djur.
- Material anpassat för väder, krafter och ekonomi.
- Fällbar/löstagbar konstruktion är ett krav av Etebra för att kunna frakta i platt paket och sänka fraktkostnaden för alla parter.

I enkäten som gjordes under marknadsundersökningen samt intervjuerna som gjorts under NFK har lantbrukare själva haft vissa önskemål på en eventuell framtida djurtransportbox. Dessa stödfunktioner är följande:

- Enkel öppning inifrån och utifrån, för att snabbt kunna öppna och gå ut när djuren är i boxen.
- Krokar till grindar, helst fyra avtagbara krokar, för att möjliggöra att grindar kan fraktas och användas vid pålastning.
- Lantbrukare önskade att det skulle vara lätta dörrar på flera sidor, Etebra önskade att det var en dörr på var kortsida samt två dörrar på båda långsidorna.
- En avgränsare som är flyttbar för att dela upp djuren.
- Utseende som visar att boxen innehåller djur.
- Fästen för gödselskrapa/skyffel.
- Förvaring för grimmor och krokar.
- Fästen för grimmor som gör att djuren står stilla i boxen.

Detta var de krav och funktioner som framträdde under fasen *Product definition* och från tidigare projekt i NFK.

4.1.5.2 Avgränsare

Då avgränsaren är en stor del av konstruktionen krävs en egen kravspecifikation för den då det inte är något som går att beställa från underleverantörer, utan det tillverkas i samband med djurtransportboxen. Se tabell 7 i figur 11 nedan för kravspecifikation på avgränsare.

Tabell 7: Kravspecifikation - avgränsare

Kravspecifikation	Klass	Kommentar
Skilja djur	H	Delar upp boxen i två delar
Använda samtliga fyra dörrar	D	
Vara avtagbar	D	
Vara flyttbar	D	
Vara lätthanterlig	D	
Vara stabil	D	
Inga utstickande delar	D	
Anpassade mått efter standard och lagar	D	170 mm mellan balkar
Minimala glipor vid golv	D	Max 30 mm

Figur 11: Kravspecifikation – avgränsare
H – huvudfunktion
D - delfunktion

Huvudfunktionen för avgränsaren är att skilja djur genom att dela upp boxen i två delar. För att avgränsa djuren på ett smidigt och säkert sätt finns det vissa delfunktioner som du kan läsa om nedan:

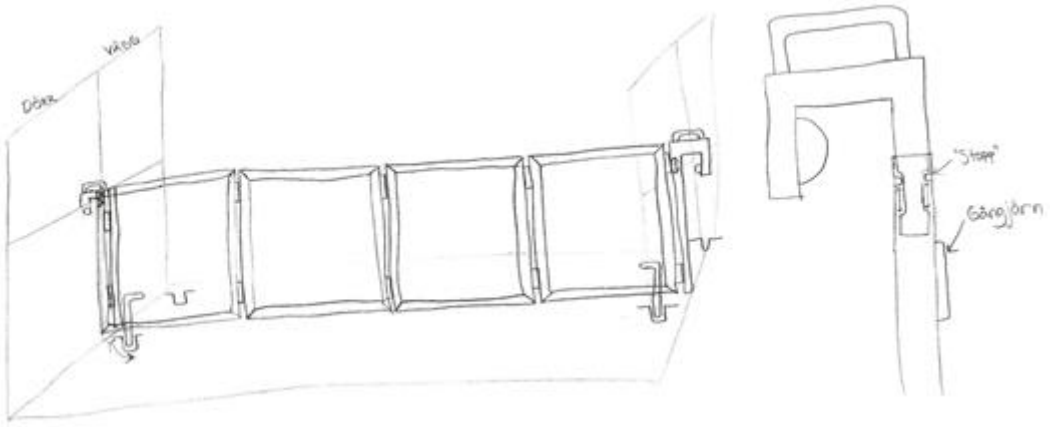
- Kunna använda samtliga fyra dörrar i boxen.
- Vara avtagbar, ifall lantbrukare inte önskar en avgränsare i sin box.
- Vara flyttbar, för att kunna använda alla dörrarna behöver avgränsaren vara flyttbar, annars blir den innersta sektionen av boxen stängd och oåtkomlig.
- Vara lätthanterlig, djur är starka och avgränsaren måste därför kunna stängas och låsas snabbt för att inte lantbrukaren ska riskeras att bli klämd.
- Vara stabil, avgränsaren får inte vara svagt konstruerad då djuren är starka och tunga.
- Inga utstickande delar så att djuren inte skadar sig.
- Anpassade mått efter standard och lagar, max 170 mm mellan balkarna så inte djurens huvud kan komma in och sedan fastna.
- Gliporna vid golvet får vara max 30 mm. Detta för att säkerställa att djurens ben inte fastnar mellan väggen och golvet ifall djuren ramlar.

4.2 Conceptual design

4.2.1 Konceptgenerering

Under konceptgenereringen var inte målet att komma på ett koncept på en djurtransportbox då grunden på boxen redan är gjord. Målet var att komma på olika koncept på en avgränsare med hjälp av kravspecifikationen som gjordes för en avgränsare. Fyra olika koncept togs fram under konceptgenereringen med hjälp av metoden brainstorming.

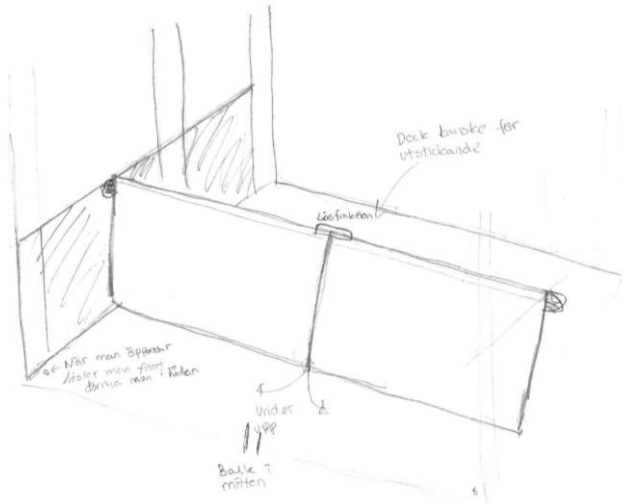
4.2.1.1 Koncept 1



Figur 12: Koncept 1

Första konceptet är uppbyggt på fyra sektioner med balkar och marinplywood, se figur 12. Mellan dessa sektioner är det gångjärn för att avgränsaren ska kunna vikas ihop för att möjliggöra att djuren enkelt kan gå in längst in i boxen. I högra delen av figur 12 ovan syns detaljerna på handtaget hur det ska kunna låsas. Tanken är avgränsaren ska kunna rullas på väggen med hjälp av hjulet som syns i skissen till höger, detta för att avgränsaren enkelt ska kunna flyttas till kanten om den inte behövs. Ifall lantbrukaren vill vika ihop avgränsaren ska handtaget lyftas uppåt och därför finns det ett intervall inuti balken som handtaget kan röra sig inom, när det är längst upp går handtaget över väggen och det är då lätt att vika ihop avgränsaren. Handtaget ska fortsätta enda ner till golvet så när lantbrukaren vill sätta fast avgränsaren sätts den ner i olika hål som finns i golvet så att avgränsaren står stadigt. Konceptet är byggt på att den mittersta balken på kortsidan inte sitter centrerat mellan de två yttersta balkarna, läs mer i kapitel *"4.3.1.4 Kortsidor"*.

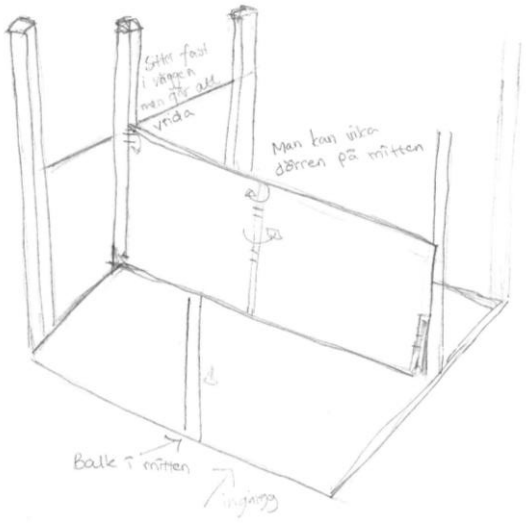
4.2.1.2 Koncept 2



Figur 13: Koncept 2

Koncept 2 bygger på två sektioner med balkar och marinplywood, se figur 13. Dessa två sektioner är tänkta att fungera som svängdörr och öppnas i mitten och kan öppnas både inåt och utåt. För att kunna stänga avgränsaren är det en låsfunktion som gör att sektionerna blir en stängd avgränsare. Avgränsaren sitter fast i väggarna men lösning hur saknas. Avgränsaren ska kunna låsas i hål i golvet när den är öppen. Konceptet är byggt på att mittersta balken på kortsidan inte sitter centrerat mellan de två yttersta balkarna, läs mer i kapitel *"4.3.1.4 Kortsidor"*.

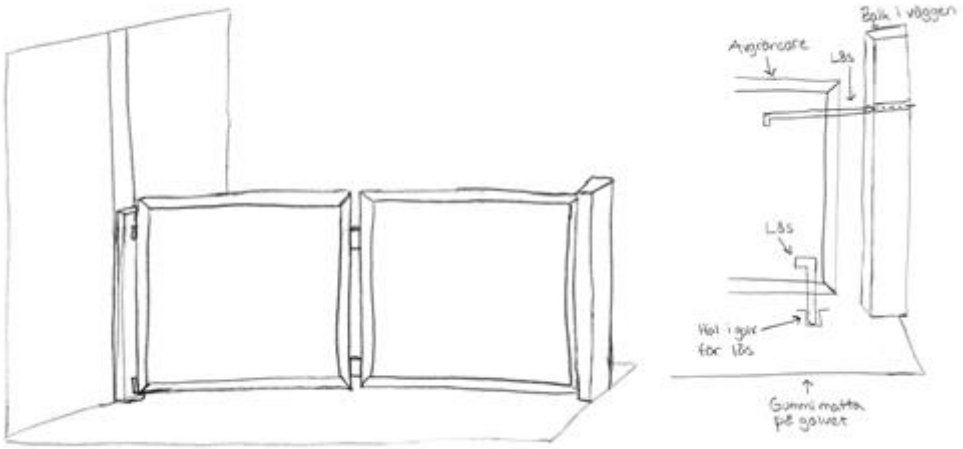
4.2.1.3 Koncept 3



Figur 14: Koncept 3

Koncept 3 bygger på två sektioner med balkar och marinplywood, se figur 14. En av sektionerna sitter helt fast i väggen, dock saknas lösning på hur den sitter fast i väggen. Den andra sektionen är lös men ska gå att låsa fast i väggen på andra sidan, men denna lösning saknas. Avgränsaren ska gå att vika ihop på mitten åt båda hållen så att djuren ska kunna nå utrymmet längst in i boxen. Konceptet är byggt på att den mittersta balken på kortsidan inte sitter centrerat mellan de två yttersta balkarna, läs mer i kapitel *"4.3.1.4 Kortsidor"*.

4.2.1.4 Koncept 4



Figur 15: Koncept 4

Koncept 4 bygger på två sektioner med balkar och marinplywood, se figur 15. Ena sektionen är fäst i en extrabalk i mittbalken i väggen och sektionen kan roteras med gångjärn. De två sektionerna har också gångjärn så de kan roteras kring varandra. Sektion två låses fast i väggen med två olika lås, se högra delen av figur 15. Ett av låsen går in i ett genomgående hål i balken i väggen och det andra låset fästs i ett hål i golvet. Låsen placeras så att djuren inte ska kunna skadas under transporten. Konceptet är byggt på att den mittersta balken på kortsidan sitter centrerat mellan de två yttersta balkarna, läs mer i kapitel *"4.3.1.4 Kortsidor"*.

4.2.2 Konceptval

De fyra koncepten lades in i Pughs matris för att låta kravspecifikationen bestämma vilket koncept på avgränsare som skulle användas i projektet. Som referens användes Etebra Maskin & Vagn AB's avgränsare i deras nuvarande djurtransportvagn. Se bilaga 10 för en bild på avgränsaren som användes som referens. Kraven från kravspecifikationen skrevs in i matrisen och viktades sedan från 1–5 utefter vilket som är viktigast. Koncept 4 fick högst betyg i Pughs matris och blev det koncept som senare används som avgränsare i djurtransportboxen. Resultatet av Pughs matris hittas i tabell 8 i figur 16 nedan.

Tabell 8: Pughs matris, avgränsare

Krav	Vikt		1	2	3	4
Skilja djur	5	R	0	0	0	0
Använda samtliga fyra dörrar	4	E	+	–	+	+
Vara avtagbar	1	F	+	0	0	+
Vara flyttbar	3	E	+	+	+	+
Vara lätthanterlig	1	R	–	+	–	–
Vara stabil	2	E	–	–	0	0
Inga utstickande delar	3	N	0	0	0	0
Anpassade mått efter standard och lagar	4	S	0	0	0	0
Minimala glipor vid golv	4		0	0	0	0
		Total	5	-3	6	7
		Vidareutveckla?	Nej	Nej	Nej	Ja

Figur 16: Pughs matris, avgränsare
+: bättre än referens (ger 1p)
o: lika bra som referens (ger op)
-: sämre än referens (ger -1p)

4.3 Product development

4.3.1 CAD

Djurtransportens CAD-modell är uppbyggd i flera olika subassemblys som sedan blir ihopsatta till en headassembly. I headassemblyn är vissa detaljer så som saxpinnebultar, skruvar och grimfästen applicerade. Totala måttet på djurtransportboxen är 2 meter bred, 2,5 meter lång och högsta punkten är 2,49 meter hög. De olika måtten och tjocklekarna på balkarna är tagna från Stena Ståls produktlista [23] för majoriteten för både stål och aluminium. Vissa aluminiumbalkar är dock tagna från BE Group AB's produktkatalog [24]. Tjockleken på balkarna är olika beroende på storlek och material. Här nedan i tabell 9 i figur 17 finns samtliga godstjocklekar på balkar med.

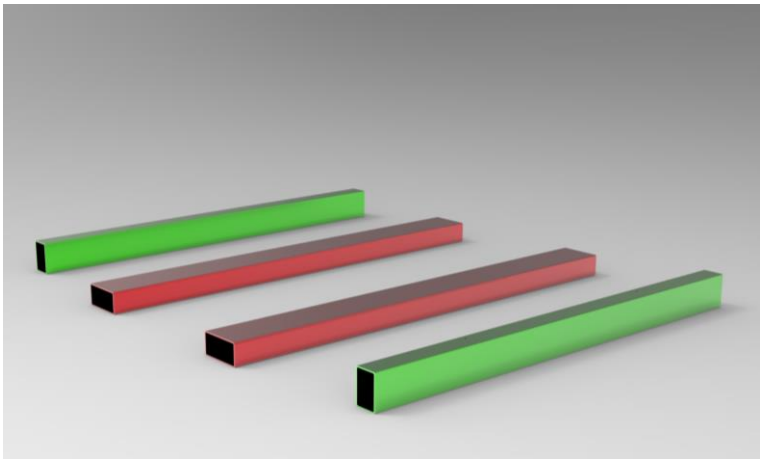
Tabell 9: Godstjocklek

Tjocklek på balkar (mm)		
Rektangulära balkar	**Stål**	**Aluminium**
200x100	5	5
150x100	5	5
70x50	4	4
Kvadratiska balkar		
50x50	4	4
40x40	4	4
30x30	3	3
Rörbalkar		
D28	2	1,5
D18	2	1,5
U-balkar		
70x25 (stål)	3	-
70x40 (aluminium)	-	4

Figur 17: Godstjocklek på balkar i stål och aluminium

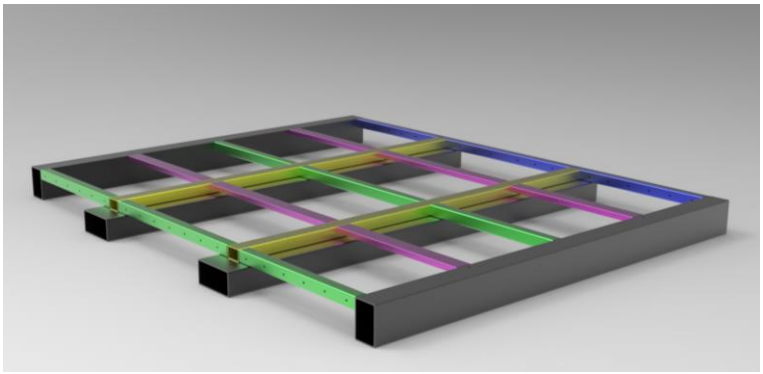
4.3.1.1 Golv

Det understa lagret består utav de två 150x100 mm balkar som är 2000 mm långa. Dessa är placerade på deras kortsida längst ut i kanterna utgör den totala bredden på djurtransportboxen som är 2500 mm. I mellan de yttersta balkarna är det två 200x100 mm balkar. Dessa balkar är 2091 mm långa för att stora BM-fästen ska kunna placeras ut på balkarna. Balkarna är placerade på deras långsida och tanken med dessa balkar är att vid användning av hjullastare och dess truckgafflar ska placeras i dessa balkar. Därav är avståndet mellan dessa balkar 700 mm. Se figur 18 samt texten för tydligare bild.



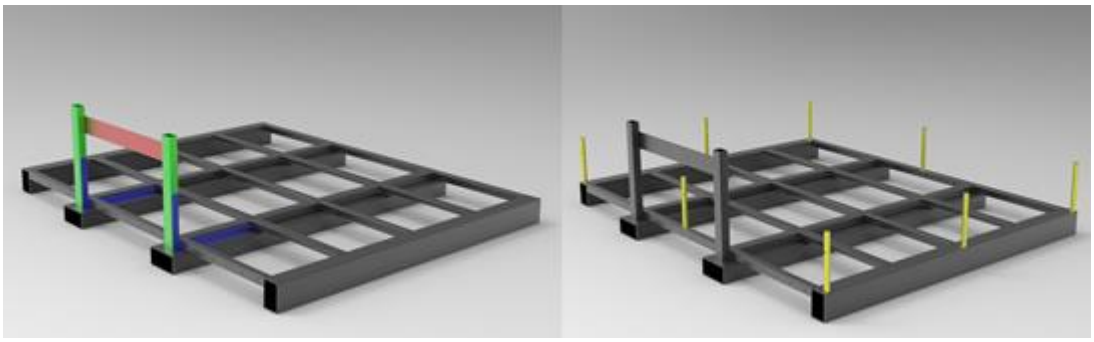
Figur 18: Golv, del 1
Grön balk: 150x100 mm
Röd balk: 200x100 mm

Nästa lager på golvet är som ett rutnät för att göra konstruktionen stabil och för att lasten ska breddas ut mer jämt över hela golvet. På den ena långsidan är det en 50x50 mm balk som går mellan 150x100 mm balkarna och vilar på 200x100 mm balkarna. I mitten på 200x100 mm balkarna ligger det 70x50 mm balkar som är 1950 mm långa och går från 50x50 mm balken på första långsidan och sticker ut en bit på den andra långsidan. Eftersom den långsidan då inte har utrymme för en lång 50x50 mm balk som på andra sidan är det tre olika bitar av 50x50 mm balk som ramar in djurtransportboxen. Ovanför denna konstruktion är det som ett rutnät. Rutnätet utgörs av u-balkar och kvadratiska balkar. I mitten är det 50x50 mm balkar som går från ena kortsidan till den andra kortsidan uppdelat i tre delar. Mellan 50x50 mm balkarna och varje långsida går det U-balkar, dessa är 70x25 mm för stål och 70x40 mm för aluminium. Balkarna finns förklarade i figur 19 samt figurtexten nedan.



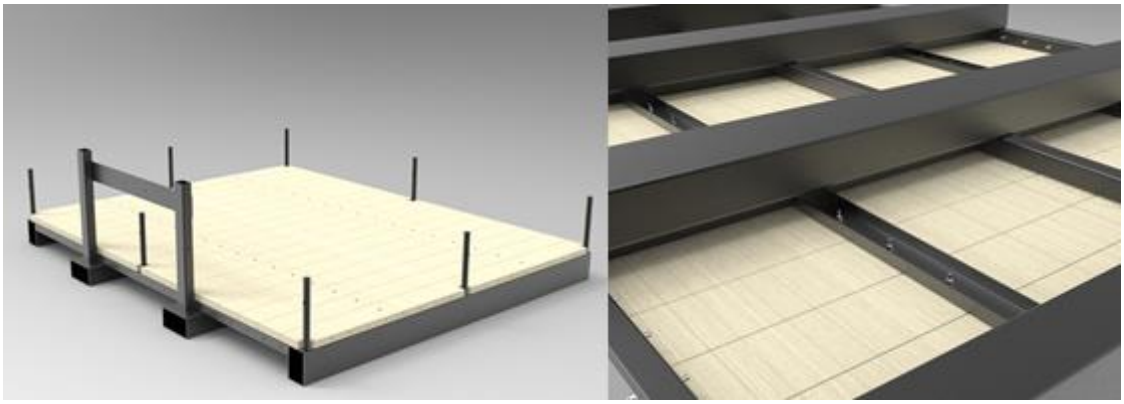
Figur 19: Golv, del 2
Blå balk: 50x50 mm
Gul balk: 70x50 mm
Grön balk: 50x50 mm
Rosa balk: 70x25 alt 70x40 mm

Som tidigare nämnt sticker 70x50 mm balken ut en bit på ena långsidan. Där är två till 70x50 mm balkar är fastsatta på 200x100 mm balkar fast stående. Dessa finns där för att stora BM-fästen ska svetsas fast på de men också för att hjälpa till att avlasta kraft från väggen till golvet när djurtransportboxen lyfts med hjälp av stora BM-fästen. För att göra det mer stabilt är det fastsvetsat en platta långt upp på dessa 70x50 mm balkar som ska skruvas fast i en liknande platta i den ena långsidan för att enklare föra över kraften. Mellan 50x50 mm balkarna och 70x50 mm balkarna är det plattjärn som hjälper till ännu mer att avlasta kraft från väggen till golvet. Dessa plattjärn finns en ritning på i bilaga 11. I varje hörn på hela grundkonstruktionen samt i mitten av varje sida är det en Ø30 mm solid cylinder utplacerad. Dessa finns för att kunna fästa väggarna i golvet, därför har cylindrarna ett genomgående hål i sig för att kunna placera en saxpinnebult för att låsa väggarna i golvet. Se figur 20 samt figurtexter för förklaring på balkar, plattor och cylindrar.

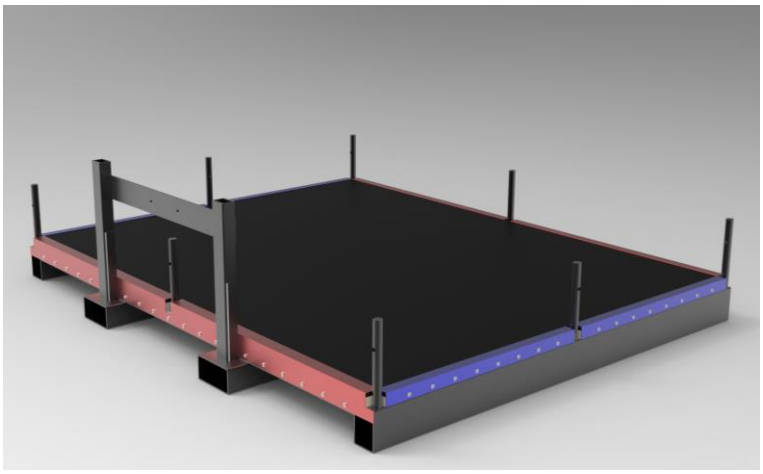


Figur 20: Golv, del 3
Grön balk: 70x50 mm
Röd platta: Platta
Blå platta: Plattjärn mellan 70x50 och 50x50
Gul cylinder: Ø30 cylinder för fäste

På grunden placeras tryckimpregnerat trallgolv som är 34x145 mm och 2000 mm långa. 17 trallplankor placeras ut över grunden och skruvas fast med hjälp av två M8 försänkta skruvar och två muttrar i U-balkarna, se figur 21. Över trallgolvet läggs en gummimatta som är 14 mm tjock. Trall och gummimatta valdes då djuren skräms ifall golvet är för bullrigt och dessa två samarbetar bra för att ta bort mycket ljud jämfört med plåtgolv. För att fästa gummimattan är det lister längs med alla sidor som gör att mattan sitter fast. Samtliga lister går 56 mm in på mattan ovanifrån. På långsidan går listerna ner 94 mm från golvet medan på kortsidan går de endast ner 44 mm. På långsidan är listen ditskruvad med M8 skruv och mutter i 50x50 mm balkarna, medan på kortsidan är listerna inskruvade med M8 skruv i trallen och har därför ingen mutter, se figur 22. Detta för att inte skada gummimattan eller trallgolvet ovanifrån samt undvika skador på djurens fötter. Både trallen och gummimattan har utskärningar för cylindrarna som är placerade i golvkonstruktionen.



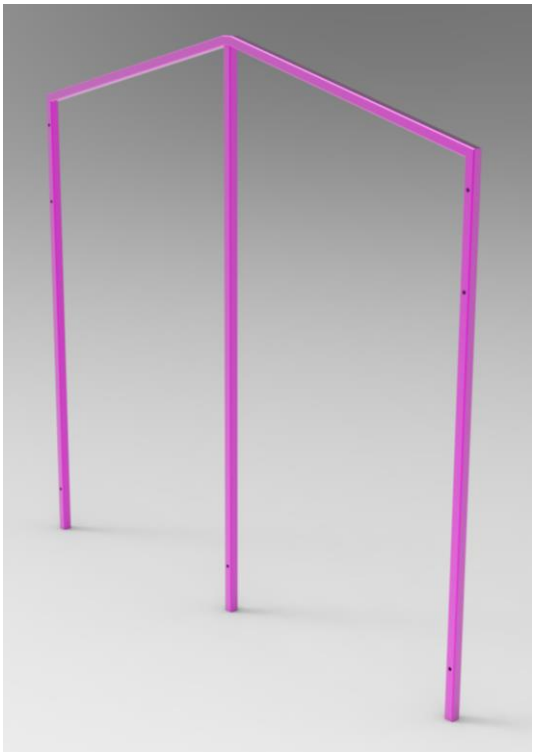
Figur 21: Golv, del 5
Träfärgat – 34x145 mm tryckimpregnerat trallgolv
M8 skruvar samt muttrar som skruvar fast trallgolvet i u-balkarna



Figur 22: Golv, del 7
Röd list: långsida, 94x56 mm
Blå list: kortsida, 44x56 mm

4.3.1.2 Långsida 1

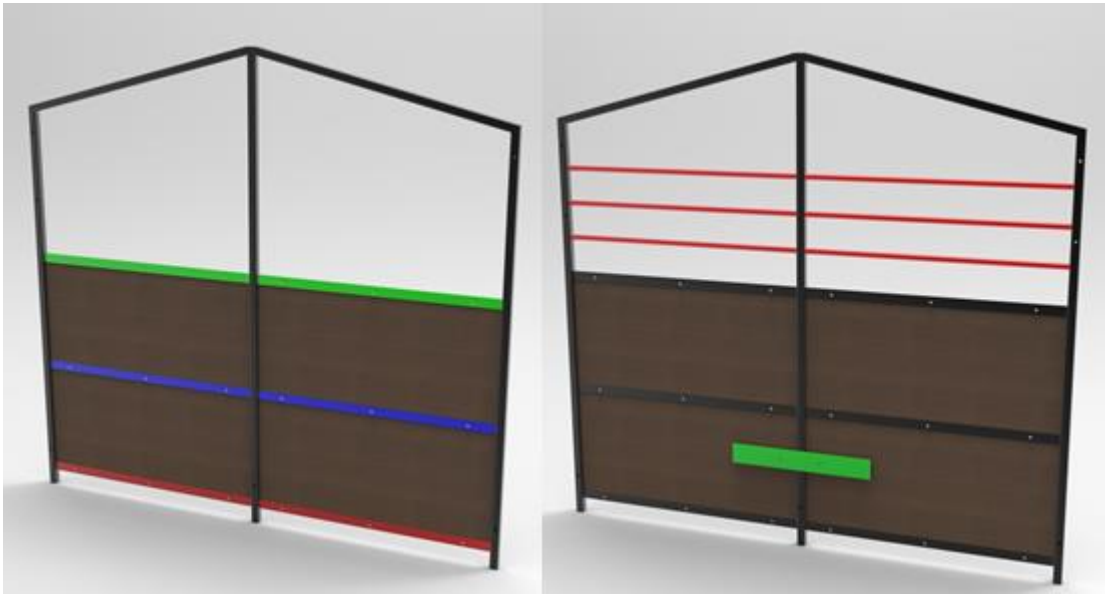
Den långsidan som är placerad på samma sida som stora BM-fästen har inga dörrar utan består av en ram av sex 40x40 mm balkar, se figur 23. De stående balkarna har också genomgående hål i sig för att kunna fästas med en saxpinnebult i de solida cylindrarna i golvet.



Figur 23: Långsida 1, del 1
Rosa balk: 40x40 mm

Mellan balkarna sluts väggen med hjälp av marinplywood. Dessa är 10 mm tjocka och 1200 mm höga. Marinplywood valdes då det är mycket tystare än att använda plåtväggar och är optimalt för att inte skrämma och stressa djuren med ljud. Dessa sitter fast med hjälp av tre olika lister. Längst ner finns en bockad L-list som skyddar undersidan av marinplywooden. I mitten av plywooden är det en vanlig platt list som stabiliserar väggen. Längst upp är det en bockad U-list som skyddar marinplywooden dels från väder, dels från bitande djur. Dessa lister är fastskruvade i marinplywooden med tre M8 skruvar och muttrar på varje list, se figur 24. Skruvens huvud är på insidan av boxen för att inte djuren ska skada sig på skruvens ändar. Ritningar på samtliga lister finns i bilaga 12–14. Avståndet mellan L-listen på marinplywooden ner till gummimattan är 30 mm. Avståndet är satt till det för att djuren inte ska kunna fastna med benen. Anledningen till att inte väggen är placerad direkt mot golvet på långsidorna är för att lantbrukaren enkelt ska kunna skölja av boxen med vatten för att rengöra den efter användning.

170 mm ovanför marinplywooden och U-listen är det tre cylinderformade rör som är Ø28 mm, se högra delen av figur 24. Just avståndet 170 mm mellan de tre rören och U-listen är viktigt då det är ett krav på djurtransporter för att inte djur ska kunna fastna med sina huvuden och skadas. På 40x40 mm balken som är placerad i mitten finns en platta fastsvetsad för att kunna skruva ihop långsidan med golvets platta. Dessa två plattor skruvas ihop med hjälp av två M8 försänkta skruvar och två muttrar.



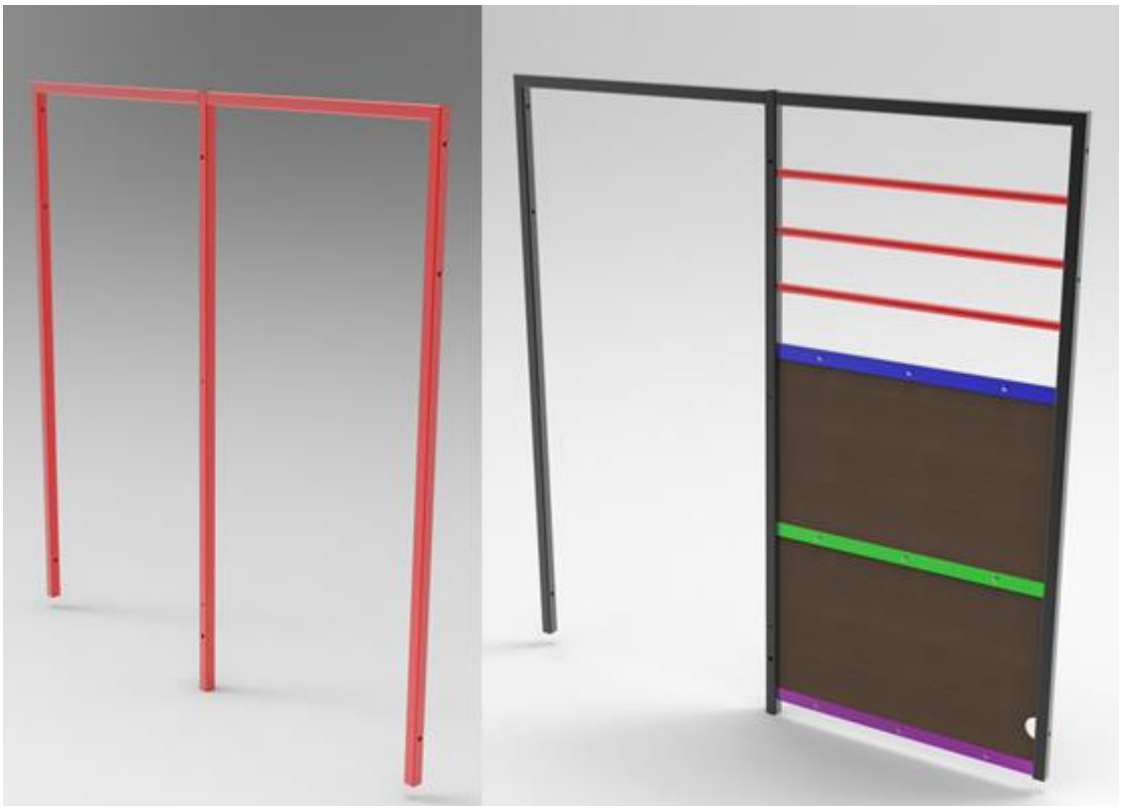
Figur 24: Långsida 1, del 2
Grön list: U-list
Blå list: platt list
Röd list: L-list (vänster bild)
Grön platta: Fästplatta till golvet
Röd balk: Ø28 mm rör (höger bild)

4.3.1.3 Långsida 2

Den andra långsidan har däremot 2 dörrar och ingen sluten vägg. Detta var en önskning och ett krav från VD'n på Etebra och från lantbrukare. Ramen av 40x40 mm balkar ser likadan ut som för första långsidan, se figur 23 i kapitel *"4.3.1.2 Långsida 1"*. Hur dörrarna är uppbyggda beskrivs i kapitel *"4.3.1.5 Dörrar"*.

4.3.1.4 Kortsidor

Kortsidorna består också utav en ram av 40x40 mm balkar likt långsidorna, se figur 25. På kortsidorna är det dock bara en dörr, då ena delen är en sluten vägg. Denna vägg består av marinplywood som är 1200 mm hög och sluts av en U-list och en vanlig platt list och en L-list, se figur 25. Kortsidans vägg är placerad direkt mot golvet då det räcker med glipor på två sidor för att enkelt kunna rengöra boxen. Marinplywooden och listerna är ditskruvade på samma sätt som beskrivs i kapitel *"4.3.1.2 Långsida 1"*. En uppdatering som gjordes på kortsidorna från föregående kurs var att mittenbalken i ramen sattes mitt i mellan de yttersta balkarna i stället för att göra dörrutrymmet lite bredare. Detta gjordes för att förenkla konceptgenereringen på avgränsare som beskrivs i kapitel *"4.2.1 Konceptgenerering"*. Det utrymme som är tomt i ramen är avsett för dörrar som blir en egen subassembly, som sedan placeras in i subassemblyn för väggen.

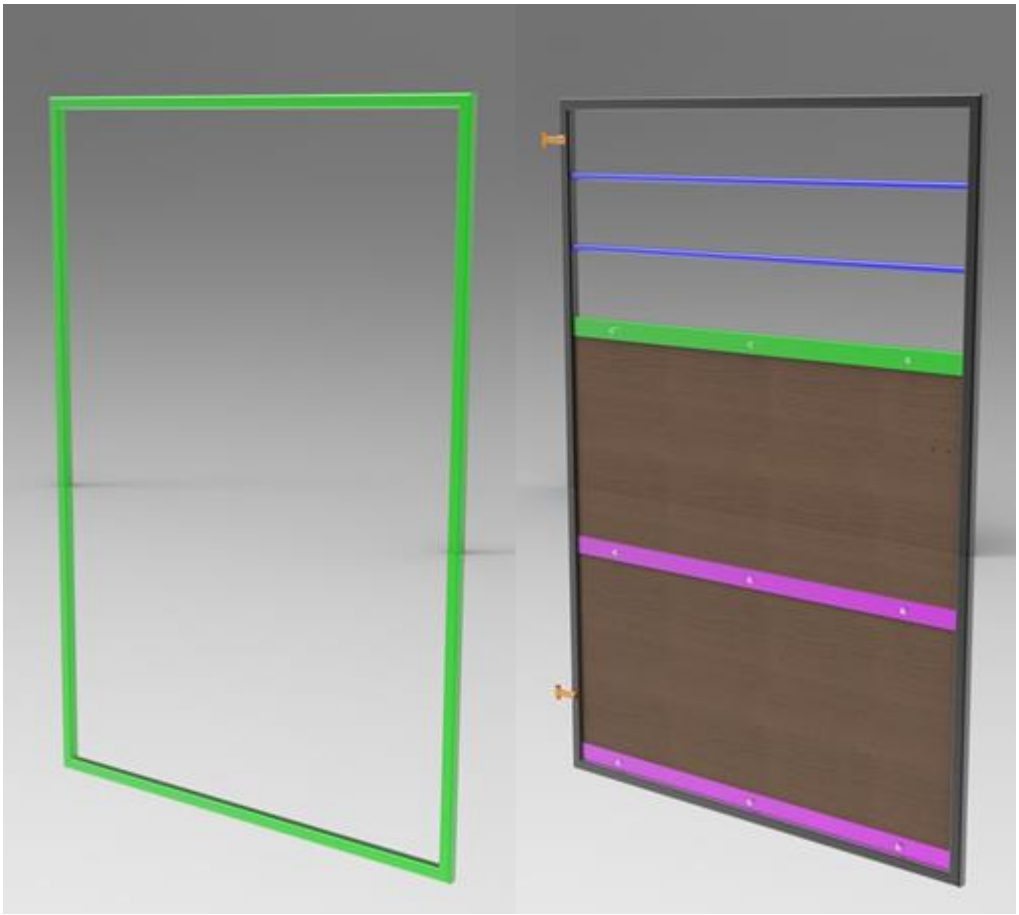


Figur 25 - Kortsidor, del 1
Röd balk: 40x40 mm (vänster bild)
Blå list: U-list
Grön list: platt list
Lila list: L-list
Röd balk: Ø28 mm rör (höger bild)

4.3.1.5 Dörrar

Dörrarna på samtliga sidor är byggda med en ram av 30x30 mm balkar, se figur 26. Varje dörr består av en marinplywood, en U-list samt två platta lister. Marinplywooden ligger emot 30x30 mm balken längst ner vilket gör att en L-list inte behövs för att skydda plywooden. Två cylinderformade rör som är Ø18 mm är placerade ovanför marinplywooden med avståndet 170 mm. Ett tredje rör behövs inte då ramen av 30x30 mm balkar ger samma funktion som ett tredje rör hade gjort. Dörrarna sätts fast på respektive plats med hjälp av två gångjärn som också finns på de 40x40 mm balkarna som är i anslutning till dörrens plats, se figur 26. Avståndet från 40x40 mm ramarna till dörrarnas 30x30 mm balkar är 15 mm. Dörrarna låses med hjälp av olika sorters lås och handtag, vilket beskrivs i kapitel *"4.3.1.6 Övriga detaljer"*.

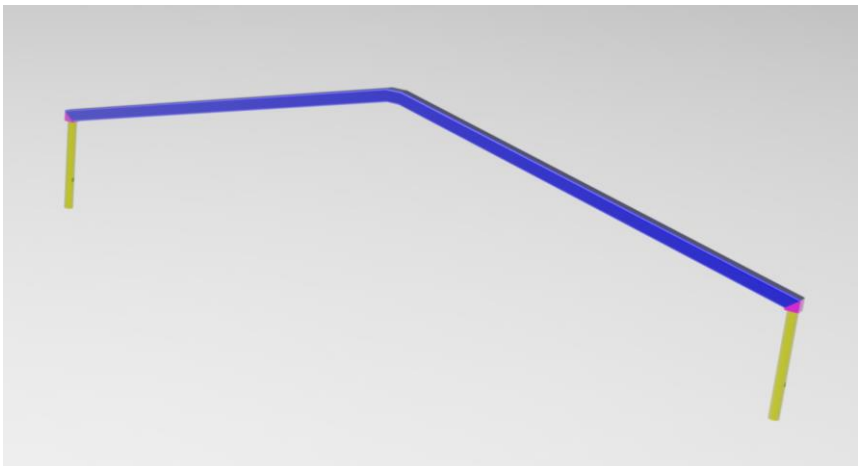
Dörrarnas mått skiljer sig från varandra. På långsidan är dörrarna 1160 mm breda, vilket gör att marinplywood samt listerna är 1100 mm breda. På kortsidan är dörrarna endast 870 mm breda och därför är marinplywood och lister bara 810 mm breda. På långsidan är dörrarna 30 mm från golvet men på kortsidan går dörrarna längs med golvet.



Figur 26: Dörrar, del 1
Grön balk: 30x30 mm (vänster bild)
Lila list: platt list
Röd balk: Ø18 mm rör
Grön list: U-list (höger bild)

4.3.1.6 Takbalk

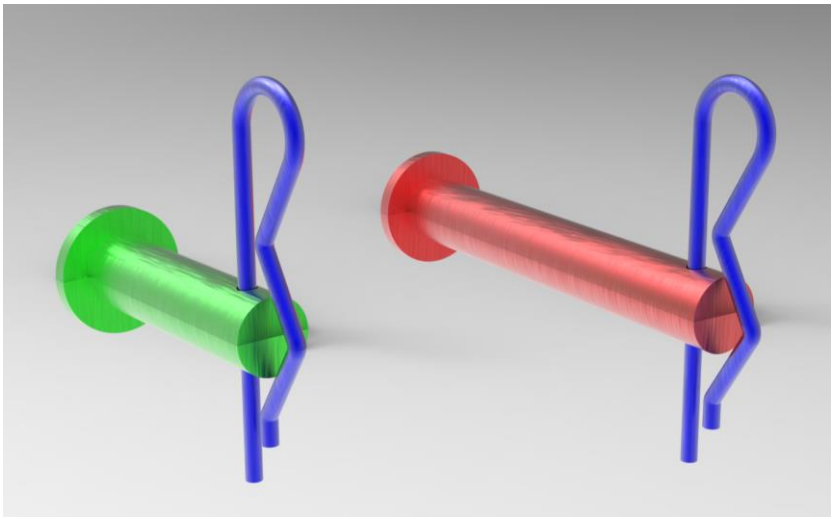
För att göra konstruktionen mer stabil går det en takbalk mellan kortsidornas mittenbalkar. Takbalkarna har samma utseende som på långsidorna förutom att på de stående delarna är det först en solid 40x40 mm kvadratisk stång och på den sitter en solid cylinder som på golvet för att kunna fästa takbalken i kortsidorna med saxpinnebultar, se figur 27.



Figur 27: Takbalk
Blå balk: 40x40 mm
Lila balk: Fylld 40x40 mm
Gul cylinder: Ø30 mm cylinder för fäste

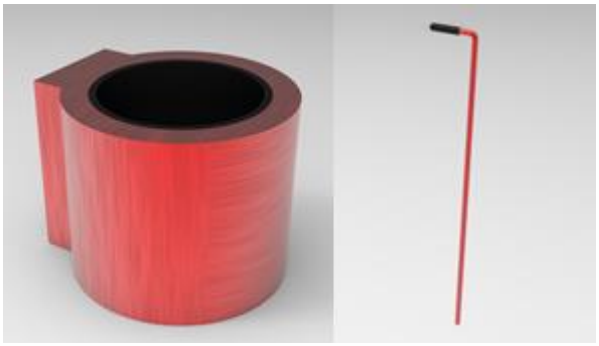
4.3.1.7 Övriga detaljer

I tidigare kapitel har det flera gånger nämnts att saxpinnebultar ska användas för att fästa väggarna i golvet och takbalkarna i väggarna. De används också för att fästa väggarna i varandra. Saxpinnebultarna finns i två olika längder, 50 mm och 90 mm. Vilken som används beror på vad som ska fästas. Ifall det endast ska fästas en 40x40 mm balk i en cylinder i golvet används en 50 mm saxpinnebult. Om det däremot ska fästas två 40x40 mm balkar i varandra används en 90 mm saxpinnebult. Saxpinnebulten består av två delar. Den ena delen är en 50 mm sprint som trycks in i de genomgående hålen på balkarna samt cylindrarna. I sprinten finns ett litet genomgående hål som finns till för att trä igenom en hårnålssprint för att motverka att sprinten ska kunna åka ut igen. Se figur 28 nedan för en bild på hur saxpinnebultarna ser ut.



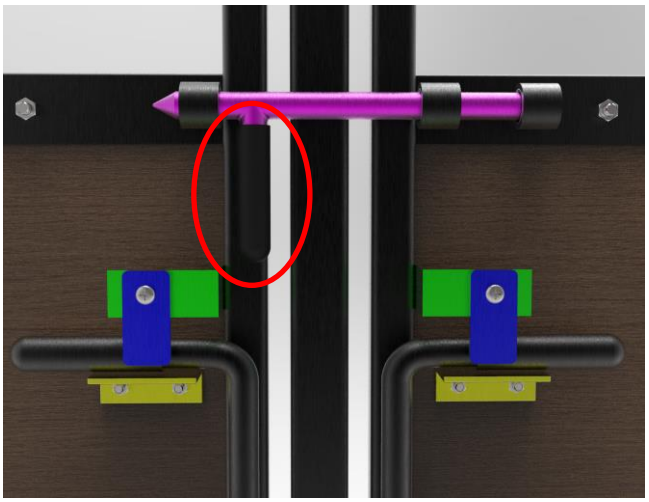
Figur 28: Saxpinnebultar
Grön detalj: Sprint 50 mm
Röd detalj: Sprint 90 mm
Blå detalj: Hårnålssprint

För att få dörrarna på kortsidorna samt långsidan att vara stilla finns det cylinderlås som ska låsa fast vissa av de låshandtag som senare kommer förklaras. Dessa cylinderlås har en gummiring fastlimmad på insidan för att inte låshandtagen ska skramla mot materialet. Detta gör att det kommer vara mer tyst vilket är bra för att inte skrämma upp djuren under transporten, se figur 29. De lås som finns för att låsa fast dörrarna i golvet är samma för långsidans dörrar samt kortsidans dörrar. Låset består av en lång cylindrisk solid som har en handtagsdel med ett gummihandtag runt för skönare användning av låset, se figur 29. Cylinderlåsen ska hålla dessa på plats och handtaget dras upp för att åka ur det nedersta cylinderlåset och dörren kan enkelt öppnas.

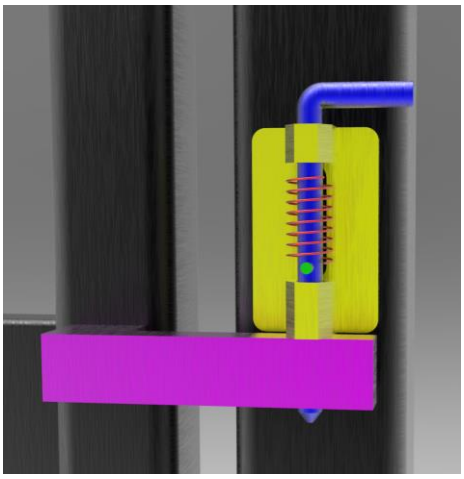


Figur 29: Cylinderlås
Röd detalj: Cylinderlås utsida (vänster bild)
Svart detalj: Gummiring (vänster bild)
Röd detalj: Låshandtag (höger bild)
Svart detalj: Gummihandtag (höger bild)

För att det ska vara ordentligt lås finns en låsplatta som handtaget trycks in genom och låset är mer stilla. Handtaget vilar på ett stöd som är fastskruvat i marinplywooden med två M6 skruvar och muttrar. Handtagslåset finns till för låsplattan och är fastsvetsad på 30x30 mm balken på dörrarna. Handtagslåset och låsplattan sitter ihop med en M6 skruv och mutter som gör att låsplattan ändå kan röra på sig, se figur 30. Det finns en uppsättning av detta på varje dörr, både på långsidan och kortsidan. Dörrarna har ett lås som gör att de är stilla i väggen för att göra låsen mer stabila. På långsidan är det en pinne med ett nedåtstickande handtag med gummihandtag. Denna träs genom cylinderlås likadant som de stora låsen. En låspinne låser båda dörrarna på långsidan, se figur 30. På kortsidan är det ett fjädrande lås som fungerar mer som en hasp som låser fast dörrarna i väggen, se figur 31.



Figur 30: Handtagslås och låspinne
Blå detalj: låsplatta
Gul detalj: handtagsstöd
Grön detalj: handtagslås
Rosa detalj: låspinne
Svart detalj: gummihandtag på pinnen, se markering i figuren



Figur 31: Lås på kortsidan
Blå detalj: låspinne
Gul detalj: låsplatta
Grön detalj: sprint
Röd detalj: fjäder
Rosa detalj: låsningsbricka

Etebra's VD ville ha fästen för grimmor på olika ställen i djurtransportboxen. Detta för att möjliggöra för lantbrukare att djuren ska kunna ha grimma på sig och sedan fästas i boxen så de står stilla vid transport. 7 grimfästen placerades ut på de olika väggarna i boxen, lantbrukare kan då använda det fästet som passar bäst vid olika situationer, se figur 32.

Figur 32: Grimfäste
Grön detalj: grimfäste

I kapitel *"4.3.1.1 Golv"* nämndes det att på 70x50 mm balkarna ska det placeras stora BM-fästen, se figur 33. Dessa köps direkt hos återförsäljare och svetsas sedan fast på balkarna. Stora BM-fästen fästs i traktorns främre del. Se högra delen av figur 33 nedan som visar vart på traktorn som BM-fästen fästs.

Figur 33: Stora BM-fästen
Koppar detalj: Stora BM-fästen (vänster bild)
Placering av stora BM-fästen på traktor (höger bild)

4.3.2 Hållfasthetsberäkningar

4.3.2.1 Stål

Tillsammans med maskiningenjören från Sigma Industry i Växjö gjordes det hållfasthetsberäkningar. Efter att konstruktionen var färdig beräknads det först på dem krafterna som uppstår. Materialet som det beräknades först på var stål. Eftersom djurtransportboxen enbart kommer lyftas på en sida och att plattjärnen kommer få ta mest påfrestningar görs beräkningarna på plattjärnen. Det är totalt fyra plattjärn. Med hjälp av jämviktsekvationer beräknas kraften i y-led:

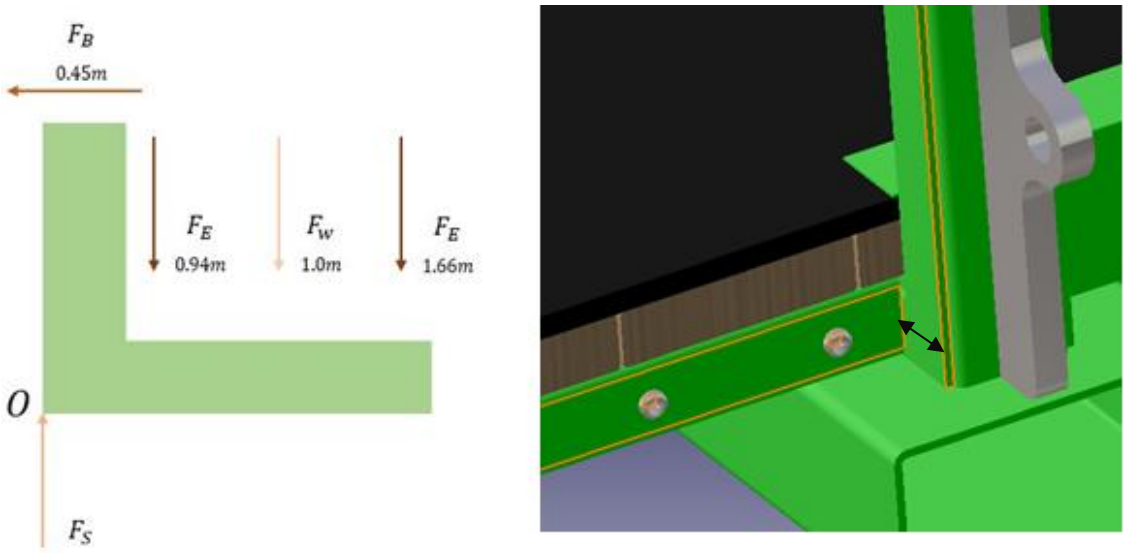
$$\uparrow F_y: \quad F_s = n * 2F_E + F_w = 1.5 * 2 * 750 * 9.82 + 890 * 9.82 \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_s = 30\,835\ N$$

$F_E = Djurens\ vikt, 750\ kg/djur$ på $djurtransportboxen\ multiplicerat\ med\ gravitationen$

$F_w = Vikten$ på $djurtransportboxen\ 890\ kg\ multiplicerat\ med\ gravitationen$

$n = Säkerhetsfaktor\ 1{,}5$



Figur 34: Krafter som påverkar plattjärnet (vänster), samt avståndet 0,45 m mellan de markerade ytorna

Värdena i figur 34 ovan är krafternas avstånd i meter från O-punkten. De används för att beräkna momentet som varje kraft utgör på punkten O. $0.94\ m$ är centrum på var det första djuret står i djurtransportboxen, $1.66\ m$ är centrum för det andra djuret. $1.0\ m$ är avståndet från punkten O till djurtransportboxens centrum. $0.45\ m$ är avståndet från punkten O till den yta där lasten börjar, se högra delen av figur 34 ovan.

Momentet kring punkten O:

$$\curvearrowright M_0: \ n * (0.94F_E + 1.66F_E) + 1.0F_w = 0.45F_B \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_B = \frac{n * 2.6F_E + F_w}{0.45} = \frac{2.6 * 1.5 * 750 * 9{,}82 + 890 * 9.82}{0.45} \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_B = 83\,250\ N$$

Beräknar skjuvspänningen som sker i plattjärnen med den kraft som sker i y-led:

$$\tau = \frac{F_S}{n * A} = \frac{30835}{4 * 190} \approx 40.6\ MPa \approx 41\ MPa$$

För att beräkna materialets hållfasthet vid skjuvning användes formeln $S_{S_y} = 0{,}58 * S_y$ [8]:

$$Sträckgräns = S_y = 700\ MPa \quad \Longrightarrow \quad S_{s_y} = 0.58 * 700 = 406\ MPa$$

$$41\ MPa < 406\ MPa$$

Figur 35: Skruvarna som fäster ihop plattorna.

För att beräkna antalet skruvar som behövs för att fästa ihop plattorna mellan golvkonstruktionen samt ena långsidan, se figur 35, används följande formel:

$$\sigma = \frac{F_B}{n * A} \quad \Longrightarrow \quad n = \frac{F_B}{\sigma * A} = \frac{83250}{640 * 36.6} = 3.55$$

$\sigma = Sträckgräns\ för\ M8\ skruv\ med\ hållfasthetsklass$ 8.8 [25]

$A =$ *Arean på skruvhuvuden* [25]

$n =$ *Antalet skruvar*

$F_B = Momenten\ kring\ punkten\ O, enligt\ momentberäkningar$

Uträkningen visar att 3.55 skruvar behövs vilket avrundas uppåt till fyra skruvar som fäster plattorna i varandra. I grundkonstruktion var det två skruvar, vilket inte är tillräckligt för att det ska hålla.

4.3.2.2 Aluminium

Beräkningar görs även i aluminium för att veta hur stora krafter som påverkar konstruktionen. Djurtransportboxen väger 534 kg och sträckgränsen på materialet är 260 MPa. Samma formler används som i *"4.3.2.1 Stål"*. Beräkningarna görs på dem fyra plattjärnen, se figur 34. Med hjälp av jämvikts ekvationer beräknas kraften i y-led:

$$\uparrow F_y: \quad F_s = n * F_E + F_w = 1.5 * 2 * 750 * 9.82 + 534 * 9.82 \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_s = 27\,339\ N$$

$F_E = Djurens\ vikt, 750\ kg/djur$ på $djurtransportboxen\ multiplicerat\ med\ gravitationen$

$F_w = Vikten$ på $djurtransportboxen\ 534\ kg\ multiplicerat\ med\ gravitationen$

$n = Säkerhetsfaktor\ 1{,}5$

Momentet kring punkten O:

$$\curvearrowright M_0: \ n * (0.94F_E + 1.66F_E) + 1.0F_w = 0.45F_B \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_B = \frac{n * 2.6F_E + F_w}{0.45} = \frac{2.6 * 1.5 * 750 * 9{,}82 + 534 * 9.82}{0.45} \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_B = 75\,483\ N$$

Skjuvspänningen för materialet beräknas likt för stål enligt nedan formel:

$$\tau = \frac{F_S}{n * A} = \frac{27\,339}{4 * 190} \approx 36\ MPa$$

För att beräkna materialets hållfasthet vid skjuvning används formeln $S_{S_y} = 0{,}58 * S_y$ [8]:

$$Sträckgräns = S_y = 260\ MPa \quad \Longrightarrow \quad S_{S_y} = 0.58 * 260 = 151 MPa$$

$$36\ MPa < 151\ MPa$$

Antalet skruvar, se figur 35, som behövs beräknas med följande formel:

$$\sigma = \frac{F_B}{n * A} \qquad \Longrightarrow \qquad n = \frac{F_B}{\sigma * A} = \frac{75\,483}{640 * 36.6} = 3{,}2$$

$\sigma = Sträckgräns\ för\ M8\ skruv\ med\ hållfasthetsklass\ 8.8$ [25]

$A =$ $Arean$ på $skruvhuvuden$ [25]

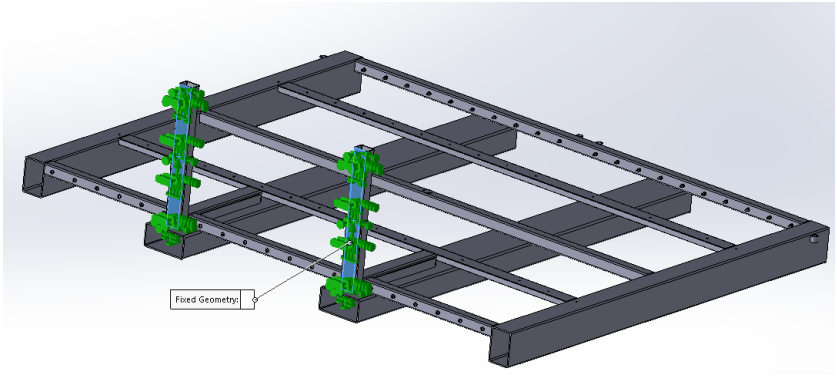
$n =$ $Antalet\ skruvar$

$F_B = Momenten\ kring\ punkten\ O, enligt\ momentberäkningar$

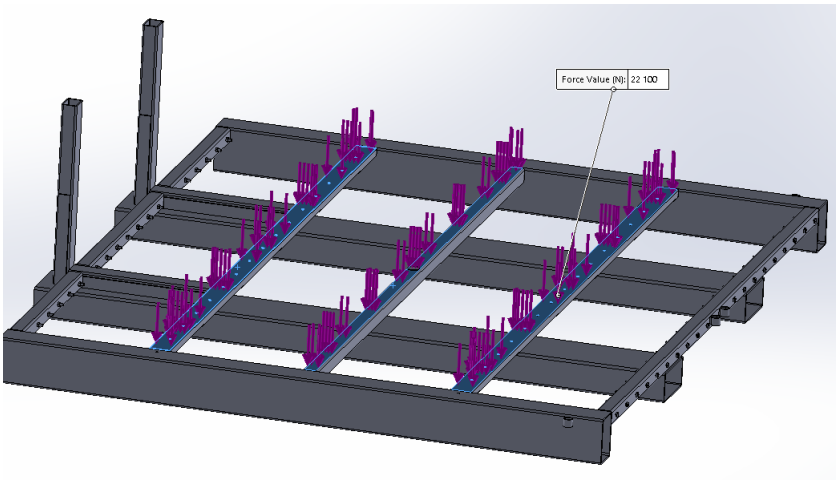
Uträkningen visar att 3,2 skruvar behövs vilket avrundas uppåt till fyra skruvar som fäster plattorna i varandra. I grundkonstruktion var det två skruvar, vilket inte är tillräckligt för att det ska hålla.

4.3.3 FEM-beräkningar

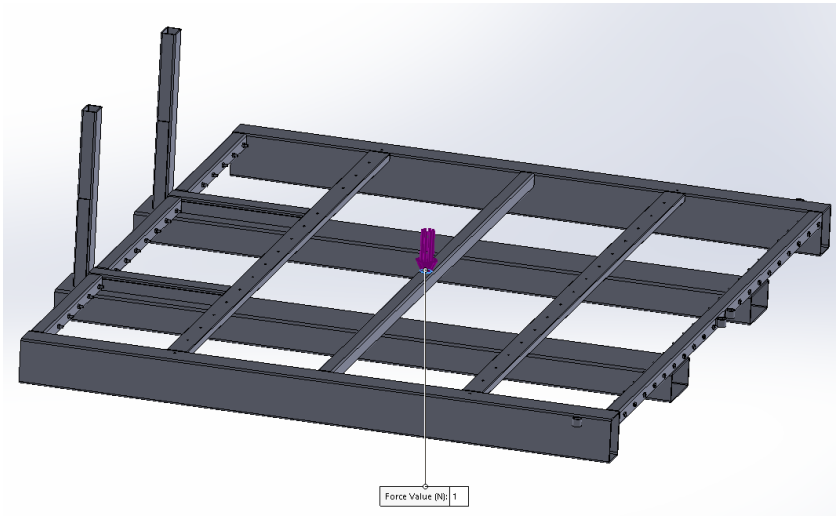
Samtliga FEM-beräkningar i rapporten är gjorda enligt följande figurer. Figur 36 visar fixturer vilket är där djurtransportboxen kommer lyftas. Figur 37 visar vart den utbredda lasten som djuren ger är placerad. Värdena har tagits från två kors sammanlagda vikt på 1500 kg med säkerhetsfaktor 1,5 samt multiplicerat med gravitationen för att få kraften. För att visa var kraften av djurtransportboxens egenvikt är placerad visar figur 38 en kraft på 1 N. Denna kraft har varierat vid varje FEM-beräkning då de olika konstruktionerna har olika egenvikter, därav stämmer inte värdet på denna kraft.



Figur 36: FEM-beräkning, fixturer



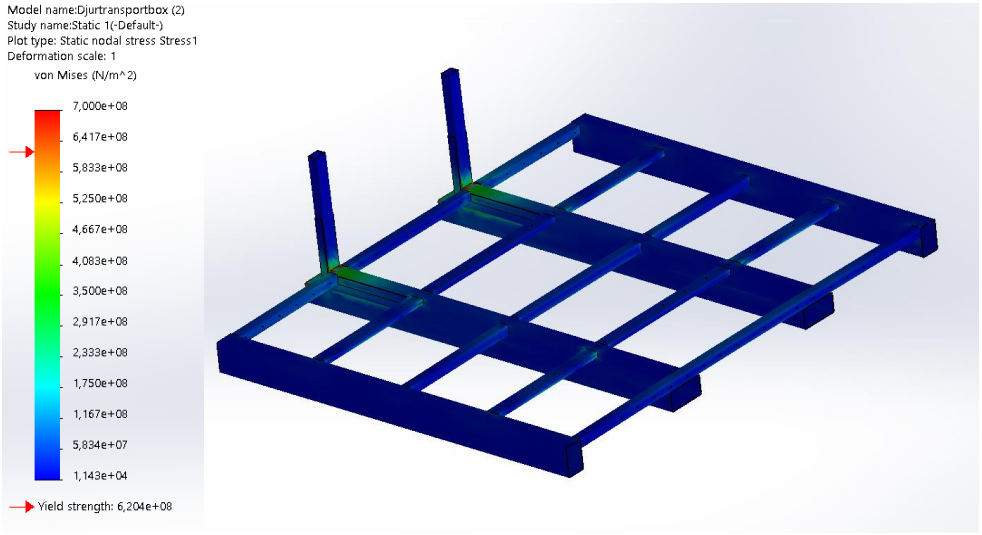
Figur 37: FEM-beräkning, utbredd last



Figur 38: FEM-beräkning, kraft från egenvikt

4.3.3.1 Stål

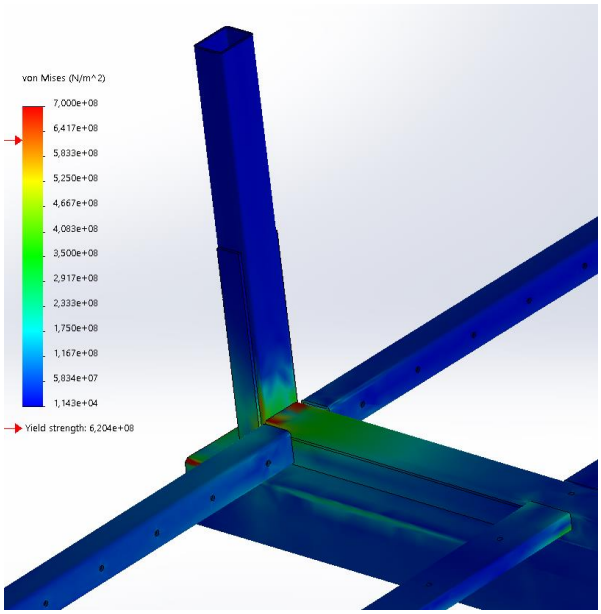
Tillsammans med maskiningenjören från Sigma Industry, Växjö, gjordes FEM-beräkningar på golvets konstruktion då det är där de sker mest på frestningar. Djurtransportboxen vägde 890 kg och i beräkningarna räknades det med sträckgränsen 700 MPa. Mesh details finns i bilaga 15. I 50x70 mm balkarna, dem som sticker upp från golvet, där sattes det fixturers och dem krafterna som påverkar, se tidigare figur 39, är totala lasten $F_E = 22095\ N$ och djurtransportens vikt $F_w = 8740\ N$. Resultatet visade att det inte blev mycket spänningar på golvets konstruktion se figur



Figur 39: FEM-beräkning på golvet för stål

39.

Där det blev mest spänningar var där fästet kommer i kontakt med golvet, se figur 40. Det är naturligt att de blir högre spänningar i hörnen där de kan koncentreras. Spänningarna vid hörnen är $6{,}204 * 10^8\ N/m^2 \approx 620\ MPa$ och sträckgränsen i materialet är 700 MPa vilket

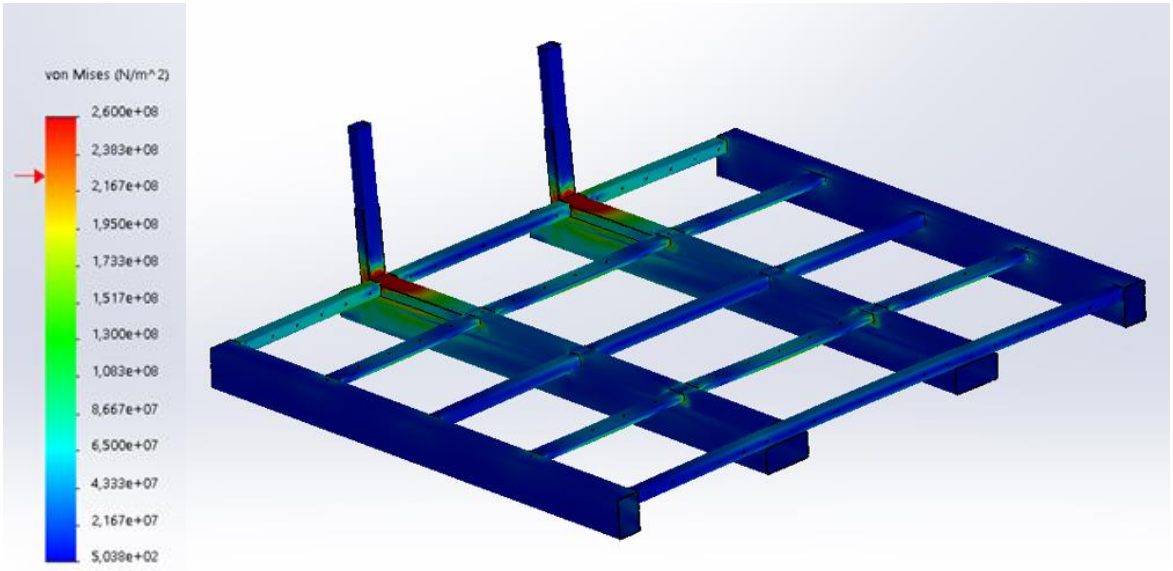


Figur 40: Spänningar i hörnen

betyder att konstruktionen håller.

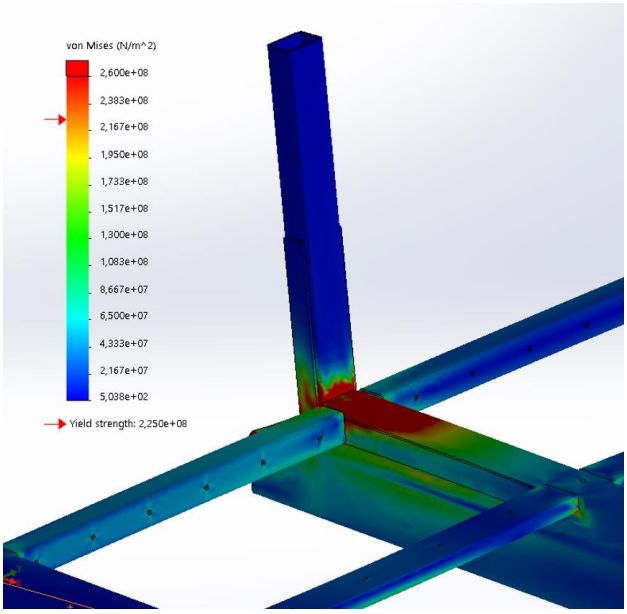
4.3.3.2 Aluminium

FEM-beräkningarna på aluminium blev mycket mer spänningar i förhållande till materialets sträckgräns. Fixturer och krafter var dem samma som i *"4.3.3.2 Stål"*. Mesh details finns i bilaga 16. Spänningarna sker på samma ställe som det gjorde på stål, där fästet kommer i kontakt med golvet, se figur 41. Det sker mer spänningar utåt på balkarna som är dem gröna färgerna. Det går att se att konstruktionen deformeras i balkarna som går från kortsida till kortsida.



Figur 41: FEM-beräkningar på golvet för aluminium

I figur 42 är en tydligare bild på hur spänningarna breder ut sig. Det är höga spänningar i konstruktion vid 50x70 mm balkarna med en spänning upp mot $2{,}250 * 10^8\ N/m^2 \approx 225\ MPa$. Spänningarna går ut på balkarna och har spänningar kring $1{,}300 * 10^8\ N/m^2 \approx 130\ MPa$.



Figur 42: Spänningar i hörnen

4.3.4 Jämförelse av material

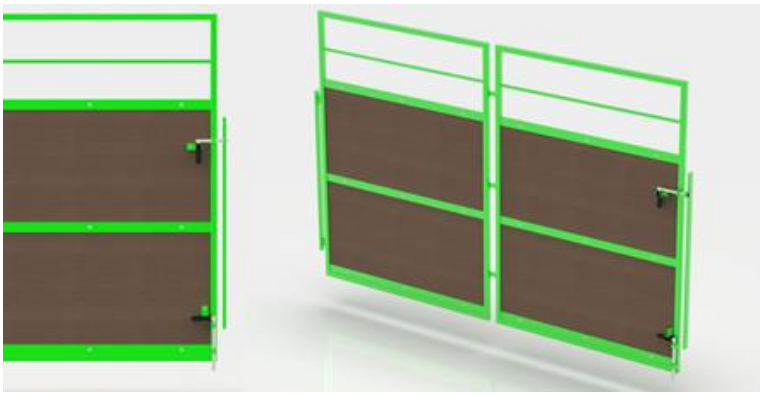
Efter hållfasthetsberäkningar och FEM-beräkningarna var färdiga jämfördes dem olika materialen och kollade på vilka skillnader de blev. Det blev mycket mer spänningar i konstruktionen med aluminium jämfört med stål. I aluminiumkonstruktionen behövs det gå upp i storlek på balkarna men i stålkonstruktionen går att gå ner i storlek på vissa balkar.

4.3.5 CAD-iteration

CAD-iterationen består dels av nya koncept dels på utveckling av djurtransportboxen efter FEM-beräkningar samt hållfasthetsberäkningar. Då beräkningarna skiljer sig åt på stål och aluminium kommer det bli två olika CAD-iterationer.

4.3.5.1 Avgränsare

I marknadsundersökningen upptäcktes det att den avgränsare som önskades var en avgränsare som är flyttbar. Vissa lantbrukare var inte intresserade av att ha en avgränsare i djurtransportboxen. Detta medför att avgränsaren blir ett tillköp för djurtransportboxen och därför inte kan vara fastmonterad i boxen. Det löstes på så vis att om en lantbrukare köper till en avgränsare monteras 28x15 mm balkar till på kortsidorna med hjälp av M8 skruvar. Avgränsaren är byggd i två sektioner med gångjärn i mellan för att kunna vika avgränsaren. De är uppbyggda likt dörrarna med 30x30 mm balkar med marinplywood samt U-lister och platta lister och Ø18 mm cylindriska rör, se figur 43.

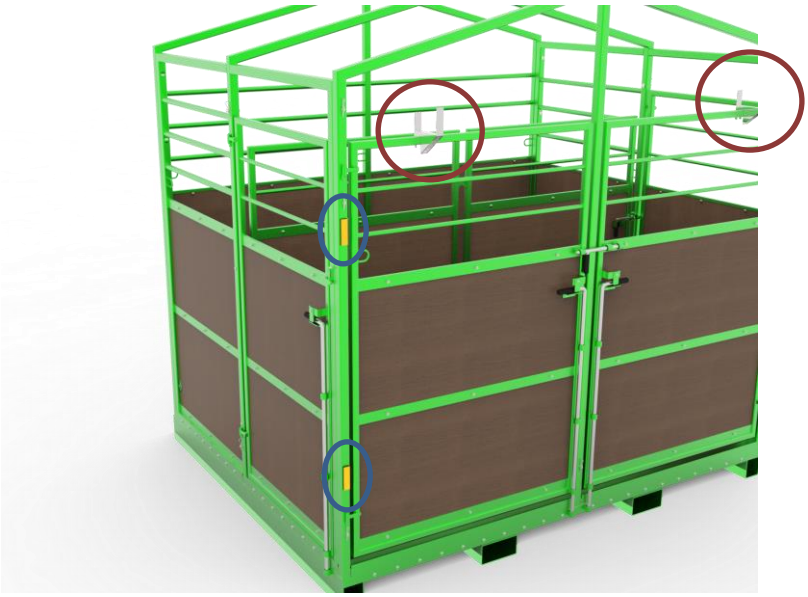


Figur 43: Avgränsare

På ena 28x15 mm balken sitter det gångjärn som möjliggör att avgränsaren kan roteras kring den. På änden av avgränsaren är det ett lås som låses fast i väggen. På ena sidan har avgränsaren lås som sätter fast den i golvet. Därför behövde hål göras i boxen för att kunna ställa upp avgränsaren på rätt ställe.

4.3.5.2 Krokar

Lantbrukare önskade avtagbara krokar för att kunna ha med sig grindar på boxen. Samtliga ville ha fyra krokar eller fler men fyra stycken var det vanligaste önskemålet. Dock eftersom boxen är liten jämfört med en djurtransportvagn finns inte utrymme för fyra krokar utan endast två. Krokarna placeras på 30x30 mm balkarna på långsidans dörrar, se figur 44. På dessa två krokar kan två grindar tas med vid användning av boxen för att enklare kunna fånga in djur.



Figur 44: Krokar (röd ring) och reflexer (blå ring)

4.3.5.3 Övriga utvecklingar

En delfunktion som är viktig är att djurtransportboxen ska ha reflexer för att synas i mörker. Reflexerna kan placeras både på balkar och på marinplywooden som finns på väggarna. Det viktigaste är att reflexerna ska synas oavsett om grindar hänger på eller inte, se figur 44 i kapitel *”4.3.5.2 Krokar”*.

Något som önskades av några lantbrukare var ett fäste för gödselskrapa eller skyffel. Två av dessa fästen kan placeras på dörrarna på långsidan alternativt på väggen på långsidan med stora BM-fästen. Detta är inte något som utvecklas i CAD utan det köps i sådana fall färdigt hos återförsäljare, se figur 45 nedan för en bild av hur fästen kan placeras på djurtransportboxen.

Figur 45: Fästen för gödselskrapa

Från intervjuer från tidigare kurs samt från VD'n på Etebra fanns ett önskemål om ett utseende som visar att boxen innehåller djur. Detta kan göra att mötande trafik tar det lugnare när de ser att det är levande djur som transporteras. Ett eget utseende kommer inte göras i detta projekt men då en eventuell framtida djurtransportbox kommer att säljas av Etebra Maskin & Vagn AB kan djurtransportboxen visa att den innehåller djur på samma vis som Etebra's djurtransportvagn gör i nuläget enligt figur 46 nedan.

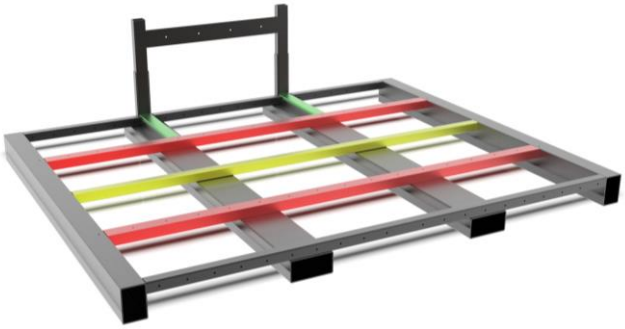
Figur 46: Etebra's djurvagn som visar innehåll av djur

4.3.5.4 Optimering stål

Enligt de hållfasthetsberäkningar som gjordes på djurtransportboxen i materialet stål krävs det att de plattor som är fast skruvade mellan golv och vägg, se figur 47 nedan, behöver fler skruvar. I den CAD-modell som gjordes var det två skruvar och i utvecklingen krävs det att det är minst fyra skruvar för att det ska hålla.

Figur 47: Fyra skruvar istället för två skruvar efter optimering

Stålkonstruktionen hade kunnat optimeras till mindre storlek på balkar för att få boxen att väga mindre. Detta skulle dock vara som ett nytt stort projekt att göra och har därför inte gjorts. Det som dock har gjorts är att förkorta 70x50 mm balkarna som är i golvkonstruktionen och istället förlängt U-balkar samt 50x50 mm balkar som istället går från kortsida till kortsida enligt figur 48 nedan. Då u-balkarna nu går från kortsida till kortsida istället för att svetsas fast i 70x50 mm balkarna krävs det att u-balkarna är 70x50 mm istället för 70x25 mm. Tjockleken på de nya U-balkarna är 4 mm istället för 3 mm, på grund av sortiment på Stena Stål's hemsida. Om balkarna hade fortsatt vara 70x25 mm blir det ett luftutrymme mellan u-balkens undersida till 200x100 mm balkarna. U-balkarna går heller inte att placeras direkt på rektangulära balkarna då trallen placeras på u-balkarna, vilket hade lett till ett ojämnt golv. Då svets ofta kan spricka vid hög belastning är optimeringen bättre då det blir mindre svets i golvkonstruktionen mellan balkarna.



Figur 48: Golv optimering
Grön balk: 70x50 mm
Röd balk: u-balk 70x50 mm
Gul balk: 50x50 mm

4.3.5.5 Optimering aluminium

Eftersom det blev mycket spänningar i FEM-beräkningarna kommer inte någon optimering görs på aluminium. Detta görs på grund av att det var mycket som behövde ändras i konstruktionen. Det som hade behövs ändras på var tjocklek på balkar och detta skulle ta för långt tid. Samt att det hade behövts något stag eller vinklad plåt.

4.3.6 Kostnadskalkylering

Kostnadskalkylering är utfört för djurtransportboxen i både stål och aluminium. Priserna är tagna från följande återförsäljare:

- Stålbalkar: *Stena Stål* [23]
- Aluminiumbalkar: *BE Group AB* [24]
- Marinplywood: *Beijer Byggmaterial Jönköping* [26]
- Tryckimpregnerat trall: *Byggmax Jönköping* [27]
- Gummimatta: *Stallmagasinet* [28]
- Stora BM-fästen: *Totalredskap* [29]

4.3.6.1 Stål

Stålkonstruktionens kostnadskalkyl är beräknad både före och efter optimeringen som beskrivs i kapitel *”4.3.5.4 Optimering stål”*. I detta avsnitt kommer endast en tabell efter optimeringen att visas men skillnaderna i kostnaden kommer ändå att redovisas. Avgränsaren är medräknat i kostnadskalkylen men inte övriga små detaljer så som reflexer, fästen, lås, grimfästen och krokar. Se tabell 10 i figur 49 nedan för kostnadskalkyl på inköp av material på konstruktionen i stål.

Tabell 10: Kostnadskalkyl stål

Stålkonstruktion	kg/m	kr/kg	kr/m	kr/m2	kr/st	m2	m (exakt)	Antal (st)	m (balk)	Antal balkar	Pris (kr)
Rektangulära balkar											
200x100 t=5	22,3	33,5					4,182		12	1	3124,1631
150x100 t=5	18,3	33					4		12	1	2415,6
70x50 t=4	6,71	31,2					2,124		6	1	444,663648
Kvadratiska balkar											
50x50 t=4	5,45	33					6,84		6	2	1230,174
40x40 t=4	4,2	33					36,008		6	7	4990,7088
30x30 t=3	2,36	33					33,272		6	6	2591,22336
Rörbalkar											
D28 t=2			99,3				13,02		6	3	1292,886
D18 t=2			74,9				7,64		6	2	572,236
U balkar											
70x50 t=4	4,96	42,5					4,6		6	1	969,68
Plyfa 1200x2700					1180			5			5900
1200x890											
1200x1190											
1144x810											
1144x1100											
Trall											
34x145			31,45				34	9	4,2		1069,3
Gummimatta											
2500x2000 t=14				559		5					2795
Cylinder/kvadrat (solid)											
D30	5,55	29,8					3,3		6		545,787
40x40	12,56	31,9					0,07		6		28,04648
Plåt 2mm (3000x1500)					1994,4	4,5		1			1994,4
56x94 t=2 (golv långsida)											
56x44 t=2 (golv kortsida)											
U 47x14x15 t=2											
L 47x12 t=2											
I 45 t=2											
Plåt 5mm (2000x1000)					1816	2		1			1816
500x300 t=5 (plattjärn)											
958x100 t=5 (platta)											
700x100 t=5 (platta)											
BM fästen (2st)					1295			1			1295
Total summa											**33074,8684**

Figur 49: Kostnadskalkyl 1

I tabell 10 i figur 49 ovan går det att se att slutpriset på inköp av material för en djurtransportbox är ungefär 33 075 kr. Detta är som tidigare nämnt priset efter optimeringen, priset innan optimeringen ligger ungefär på 33 190 kr. Det är inte jättestor skillnad på priset innan och efter optimering men priset blev lägre vilket är önskat resultat.

Observera att priset på stål är beräknat utan att räkna hur mycket spill det blir på balkarna som köps in och liknande, vilket göra att priset kan bli högre. Observera också att detta är inköpspriser på Stena Ståls hemsida och det kan finnas andra återförsäljare som är billigare eller dyrare, alternativt att tillverkande företag har andra inköpspriser hos sina egna kunder.

4.3.6.2 Aluminium

I kostnadskalkylen för aluminium är avgränsaren inräknat, men precis som i stålkalkylen är inte reflexer, fästen, lås, grimfästen och krokar medräknat i priset. Se tabell 11 i figur 50 nedan för kostnadskalkyl på aluminium.

Tabell 11: Kostnadskalkyl aluminium

Aluminiumkonstruktion	kg/balk	kr/kg	kr/m	kr/m2	kr/st	m2	m (exakt)	m (balk)	Antal (st)	Pris (kr)
Rektangulära balkar										
200x100 t=5	37,8	91,49					4,182	6	1	3458,322
150x100 t=5	31,38	91,49					4	6	1	2870,9562
70x50 t=4	14,52	91,49					5,094	6	1	1328,4348
Kvadratiska balkar										
50x50 t=4	11,94	91,49					6,7	6	2	2184,7812
40x40 t=4	9,36	91,49					36,008	6	7	5994,4248
30x30 t=3	5,28	91,49					33,272	6	6	2898,4032
Rörbalkar										
D28 t=2	2,04	91,49					13,02	6	3	559,9188
D18 t=2	1,26	91,49					7,64	6	2	230,5548
U balkar										
70x25 t=3	9,36	91,49					4,32	6	1	856,3464
Plyfa 1200x2700					1180				5	1180
1200x890										
1200x1190										
1144x810										
1144x1100										
Trall			31,45				34	4,2	9	1188,81
34x145			31,45				34	9	4,2	
Gummimatta				559		5				2795
2500x2000 t=14				559		5				
Cylinder/kvadrat (solid)										
D30	11,46	94,88					3,3	6	1	1087,3248
40x40	26,88	94,88					0,07	6	1	2550,3744
Plåt 2mm (3000x1500)	10,8	89,28				2			2	1928,448
56x94 t=2 (golv långsida)										
56x44 t=2 (golv kortsida)										
U 47x14x15 t=2										
L 47x12 t=2										
I 45 t=2										
Plåt 5mm (2000x1000)	27	89,28				2			1	2410,56
500x300 t=5 (plattjärn)										
958x100 t=5 (platta)										
700x100 t=5 (platta)										
BM fästen (2st)					1295				1	1295
Total summa										**34817,6594**

Figur 50: Kostnadskalkyl 2

Kostnadskalkyl för aluminium är beräknat på det konceptet som gjordes beräkningar på och inköpspriset enligt Stena Stål's och BE Group AB's prislistor blev ungefär 34 820 kr. Den konstruktionen höll inte i FEM-beräkningarna vilket betyder att de balkar som i nuläget finns i golvet på boxen inte är tillräckliga vilket gör att priset inte stämmer helt. Balkarna i golvet hade behövt gå upp i storlek och priset hade ökat då vikten på balkarna ökar.

4.3.7 Slutprodukt

Slutprodukten kommer att vara gjord av stålet EN 10219 S355J2H, se bilaga 8 för materialets egenskaper. Stål valdes på grund av att stålkonstruktionen har optimerats, vilket inte aluminium har, se kapitel *"4.3.5.4 Optimering stål"* och *"4.3.5.5 Optimering Aluminium"*. Stål är billigare än aluminium enligt kostnadskalkylerna i kapitel *"4.3.6 Kostnadskalkyl"*. Skillnaderna på konceptet som beskrevs i kapitel *"4.3.1 CAD"* och slutkonceptet är främst golvkonstruktionen samt detaljer.

4.3.7.1 Hållfasthetsberäkningar slutprodukt

Beräkningar görs på slutprodukten i stål för att veta hur stora krafter som påverkar konstruktionen. Djurtransportboxen väger 873 kg och sträckgränsen på materialet är 700 MPa. Samma formler används som i *"4.3.2.1 Stål"*. Beräkningarna görs på dem fyra plattjärnen, se figur 34. Med hjälp av jämvikts ekvationer beräknas kraften i y-led:

$$\uparrow F_y: \quad F_s = n * F_E + F_w = 1.5 * 2 * 750 * 9.82 + 873 * 9.82 \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_s = 30\,668\ N$$

$F_E = Djurens\ vikt, 750\ kg/djur$ på $djurtransportboxen\ multiplicerat\ med\ gravitationen$

$F_w = Vikten$ på $djurtransportboxen\ 873\ kg\ multiplicerat\ med\ gravitationen$

$n = Säkerhetsfaktor\ 1{,}5$

Momentet kring punkten O:

$$\curvearrowright M_0: \ n * (0.94F_E + 1.66F_E) + 1.0F_w = 0.45F_B \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_B = \frac{n * 2.6F_E + F_w}{0.45} = \frac{2.6 * 1.5 * 750 * 9{,}82 + 873 * 9.82}{0.45} \quad \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \quad F_B = 82\,881\ N$$

Skjuvspänningen för materialet beräknas likt för stål enligt nedan formel:

$$\tau = \frac{F_S}{n * A} = \frac{30\,688}{4 * 190} \approx 40{,}4\ MPa \approx 41\ MPa$$

För att beräkna materialets hållfasthet vid skjuvning används formeln $S_{S_y} = 0{,}58 * S_y$ [8]:

$$Sträckgräns = S_y = 700\ MPa \quad \Longrightarrow \quad S_{S_y} = 0.58 * 700 = 406 MPa$$

$$41\ MPa < 406\ MPa$$

Antalet skruvar, se figur 35, som behövs beräknas med följande formel:

$$\sigma = \frac{F_B}{n * A} \qquad \Longrightarrow \qquad n = \frac{F_B}{\sigma * A} = \frac{82\,881}{640 * 36.6} = 3{,}54$$

$\sigma = Sträckgräns\ för\ M8\ skruv\ med\ hållfasthetsklass\ 8.8$ [25]

$A =$ $Arean$ på $skruvhuvuden$ [25]

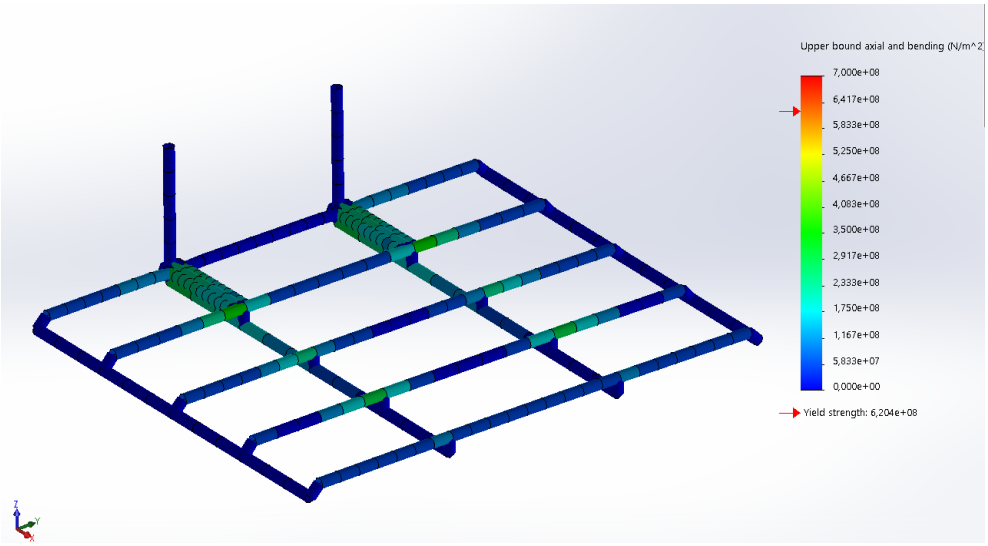
$n =$ $Antalet\ skruvar$

$F_B = Momenten\ kring\ punkten\ O, enligt\ momentberäkningar$

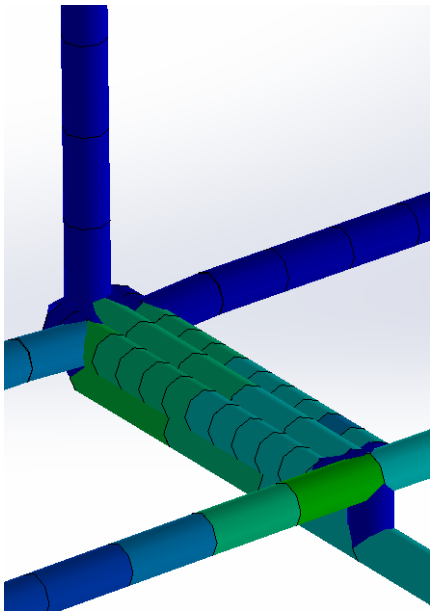
Uträkningen visar att 3.54 skruvar behövs vilket avrundas uppåt till fyra skruvar som fäster plattorna i varandra, vilket är samma antal som tidigare hållfasthetsberäkningar.

4.3.7.2 FEM-beräkningar slutprodukt

FEM-beräkningar gjordes igen på slutprodukten med samma laster som i kapitel *"4.3.3.1 Stål"* för att visa att konstruktionen håller. Mesh details finns i bilaga 17. Figur 51 nedan visar en helhetsbild och figur 52 visar närmare på spänningarna där fästet kommer i kontakt med golvet. Spänningarna vid hörnen blir ungefär $6{,}204 * 10^8\ N/m^2 \approx 620\ MPa$. På grund av att FEM-beräkningarna inte ville räkna klart behövdes det göra en förenkling av modellen där datorn räknar om allt till balkar. Därav det annorlunda utseendet jämfört med tidigare FEM-beräkningar, dock är detta inget som påverkar resultatet.



Figur 51: FEM-beräkning på golvet för stål



Figur 52: Spänningar i hörnen

4.4 Renderingar

Renderingarna i figur 53 nedan är gjorda i KeyShot 10. På första bilden är djurtransportboxens samtliga dörrar stängd samt avgränsaren stängd. Däremot på andra bilden visas det när dörrarna på långsidan är öppna samt avgränsaren vikt. Resterande bilder visar ena kortsidan, långsidan med BM-fästen samt golvets grundkonstruktion.

Figur 53: Slutprodukt

4.5 Övriga delfaser

4.5.1 Assembly

Djurtransportboxen är tänkt att tillverkas i olika moduler, som beskrivs i kapitel *”4.3.1 CAD”*. När djurtransportboxen levereras kommer dock dörrarna vara monterade på respektive vägg samt de övriga detaljerna kommer också vara monterade på djurtransportboxen. Vid eventuellt tillköp av en avgränsare är denna också tänkt att levereras i en modul.

4.5.2 Distribution

Kravet från Etebra var att djurtransportboxen skulle kunna levereras i relativt platta paket för att minska fraktkostnader jämfört med ifall boxen skulle levereras ihopsatt. Konceptet på djurtransportboxen är byggd i sex moduler utan avgränsare, ifall lantbrukare vill köpa till en avgränsare blir det sju moduler. Utöver det kommer det tillkomma en liten förpackning med saxpinnebultar som används för att sätta fast modulerna i varandra.

Golvet blir det paket som inte blir platt då cylindrarna och de balkar som står på ena långsidan måste finnas med för att göra konstruktionen stabil efter montering. Oavsett går det att frakta flera djurtransportboxar till återförsäljare eller lantbrukare då paketen tar betydligt mindre plats än monterade djurtransportboxar.

4.5.3 Installation

När lantbrukaren tar emot sin leverans är där sex alternativt sju moduler, beroende på avgränsare, som behöver monteras ihop. Varje vägg monteras då på golvet i turordning och takbalken i mitten monteras fast på kortsidorna. Det blir lite mer jobb för lantbrukaren men däremot blir produkten också billigare då transportpriserna förväntas minska relativt mycket.

4.5.4 Clean

Att rengöra djurtransportboxen efter användning är nödvändigt då djurens avföring och urin är starkt och kan förstöra materialet ifall det inte sköljs av från boxen. För att underlätta städningen finns inga lister på insidan av väggarna och på långsidorna är det en glipa på 30 mm från väggarna till golvet. Detta gör att användaren enkelt kan skölja av golvet och vattnet rinner av längs sidorna. Vid mycket avföring går det att öppna dörrarna på långsidan alternativt kortsidorna och skyffla av avföringen.

4.6 Resultat frågeställning 1

Frågeställning 1 lyder följande:

> *Vilken konstruktion på djurtransportboxen krävs för att uppnå kravspecifikationen, samt krav gällande hållfasthet?*

FEM-beräkningarna visade att grundkonstruktionen var bra men att det fanns spänningar där fästet kommer i kontakt med golvet. Spänningarna påverkar inte på något negativt sätt så grundkonstruktionen skulle kunna användas som den är då den uppfyller kravspecifikationen. Eftersom grundkonstruktionen är tung gjordes det en optimering för att grundkonstruktionen skulle bli lättare. Grundkonstruktionen vägde 890 kg medan den optimerade konstruktionen vägde 873 kg vilket är en skillnad på 17 kg.

Aluminiumkonstruktionen vägde 534 kg vilket är 339 kg lättare än stålkonstruktionen som vägde 873 kg. I FEM-beräkningarna blev det höga spänningar i aluminiumkonstruktionen vilket påvisade att det hade behövts många ändringar in konstruktionen, det gjorde att konstruktionen inte vidareutvecklades.

Hållfasthetsberäkningarna visade att det behövdes fler skruvar på plattorna mellan golvet och ena långsidan, både i stålkonstruktionen och i aluminiumkonstruktionen. Innan beräkningarna var det två skruvar i grundkonstruktionen men det skulle inte hålla och det behövs minst fyra skruvar i båda konstruktionerna.

4.7 Resultat frågeställning 2

Frågeställning 2 lyder följande:

> *Vad finns för skillnader i olika material gällande kostnad samt hållfasthet?*

Stålet EN 10219 S355J2H och aluminiumet EN-AW 6082 T6 har vissa skillnader i både hållfasthet och kostnad. Kilopriset för materialen skiljer sig enligt följande:

- Stål (EN 10219 S355J2H)
    - Intervall mellan 29,8–42,5 kr/kg
    - Snittpris 33,4 kr/kg
    - Totalkostnad djurtransportbox innan optimering: 33 190 kr
    - Totalkostnad djurtransportbox efter optimering: 33 075 kr
- Aluminium (EN-AW 6082 T6)
    - Intervall mellan 91,49–94,88 kr/kg
    - Snittpris 92,1 kr/kg
    - Totalkostnad djurtransportbox: 34 820 kr (ingen optimering gjord)

Dock skiljer sig kilo per balk också mycket. En 50x50 mm balk som är 4 mm tjock väger endast 1,99 kg/m i aluminium medan den väger 5,45 kg/m i stål. Det gör att skillnaden i vikt kan bli väldigt stor. Djurtransportboxens vikt beroende på material skiljer där med mycket vid likadan konstruktion:

- Stål – 890 kg (873 kg efter optimering av material)
- Aluminium – 534 kg (ingen optimering gjord)

Eftersom materialen har olika sträckgräns tål materialen olika mycket kraft. Stål har en sträckgräns på 700MPa och aluminium har en sträckgräns på 260MPa. Detta samt materialets vikts påverkan märktes i hållfasthetsberäkningarna på plattjärnen i golvet och M8 skruvarna som fäster golvet och ena långsidan enligt följande:

- Plattjärn
    - Stål: plattjärnen fick skjuvspänningen 41 MPa
    - Aluminium: plattjärnen fick skjuvspänningen 36 MPa
- M8 skruvar med hållfasthetsklass 8.8
    - Stål: antalet skruvar som behövs är fyra stycken
    - Aluminium: antalet skruvar som behövs är fyra stycken

5 Analys

5.1 Frågeställning 1

Vilken konstruktion på djurtransportboxen krävs för att uppnå kravspecifikationen, samt krav gällande hållfasthet?

Enligt de hållfasthetsberäkningar samt FEM-beräkningar som gjordes på de olika koncepten krävdes en konstruktion i stål istället för aluminium. Detta då aluminium har mycket brister och hade behövt göras en helt ny grund med större balkar och tillägg av stag och vinklade plåtar. Slutkonceptet på djurtransportboxen ska däremot hålla enligt hållfasthetsberäkningar och FEM-beräkningar som gjordes i de två kapitlen *"4.3.7.1 Hållfasthetsberäkningar slutprodukt"* och *"4.3.7.2 FEM-beräkningar slutprodukt*".

Slutprodukten håller för sin egenvikt på 873 kg samt två djurs vikt på totalt 1500 kg samt en säkerhetsfaktor på 1,5. De formler som använts är jämviktsekvationer, momentkraft och skjuvspänning vid plattjärnen samt antalet skruvar i plattorna som behövs för att fästa väggen i golvet. Enligt beräkningarna på plattjärnen håller de 4 plattjärnen då de klarar av 406 MPa och endast utsätts för knappt 41 MPa. Antalet skruvar som krävs är minst 4 styck M8 skruvar med hållfasthetsklass 8.8. Detta beräknas med hjälp av momentkraften kring plattjärnen. Det går att se i FEM-beräkningarna att ytterligare optimering kan göras på golvet då det är mycket hållbart i nuläget, dock krävs det att de två stora rektangulära balkarna är 200x100 mm då vid användning av hjullastare måste dess truckgafflar kunna placeras in i balkarna enligt kravspecifikationen. Det medför att det är svårt att göra några stora förändringar i golvet. Då golvet är tillräckligt hållbart går det att ta en hypotes kring att väggarna också är överdimensionerade och hade kunnat tillverkas med mindre dimensioner. Dock har djur mycket krafter och ifall djuret skulle påfresta väggen är det viktigt att denna håller, därav är dimensionerna fortsatt stora då beräkningar på dessa krafter saknas.

5.2 Frågeställning 2

Vad finns för skillnader i olika material gällande kostnad samt hållfasthet?

Enligt de hållfasthetsberäkningar som gjordes i stål och aluminium visades skjuvspänningarna i plattjärnen samt antal skruvar som behövdes för att det skulle hålla att fästa ena långsidan i golvkonstruktionen via två plattor.

I konstruktionen som är gjord av aluminium har plattjärnen skjuvspänningar på 36 MPa vilket är lägre än materialets brottgräns som är på 260 MPa, enligt dessa beräkningar ska alltså plattjärnen hålla för konstruktionens egenvikt samt djurens krafter. I stålkonstruktionen var skjuvspänningarna 41 MPa och materialet klarar 406 MPa när utmattningsgränsen är medräknad. Det går då att se att plattjärnen i både stål och aluminium håller för egenvikten samt last på 1500 kg med säkerhetsfaktor 1,5. Med tanke på hur mycket tyngre stålkonstruktionen är utsätts plattjärnen i stål för betydligt lägre skjuvspänningar i förhållande till materialens sträckgräns.

Vid lyft av djurtransportboxen behöver det vara rätt antal skruvar som fäster den ena långsidan i golvkonstruktionen. Skruvarna som används är M8 skruvar med hållfasthetsklass 8.8 vilket är en tillåten spänning på 640 MPa. Skruvarna har arean 36,6 mm² enligt standarder och med beräkning med momentkraften visas det att antalet skruvar som behövs i konstruktionen för aluminium är fyra styck M8 skruvar för att inte skruvarna riskerar att knäckas. Eftersom konstruktionen inte håller enligt FEM-beräkningar hade konstruktionen behövts förstärkas vilket antagligen ger en högre vikt. En hypotes kan tas att antagligen hade ännu fler skruvar behövts vid eventuell iteration av djurtransportboxen i aluminium där boxen klarar av de krafter den kommer utsättas för. I stålkonstruktionen som håller enligt FEM-beräkningarna krävs också fyra skruvar, vilket är samma antal som i den nuvarande aluminiumkonstruktionen. Detta antal kommer inte behöva ökas på djurtransportboxen i stål då den hade kunnat göras ännu lättare än den är idag. Ifall hypotesen stämmer kräver alltså en hållbar aluminiumkonstruktion fler skruvar än vad en stålkonstruktion gör, trots stora viktskillnader, då stålkonstruktionen har mindre momentkraft.

Enligt FEM-beräkningarna hade konstruktionen i aluminium inte klarat av krafterna som djuren ger. Bristerna finns i golvet främst vid mötet av 70x50 mm balkarna, se figur 42, men konstruktionen runt om är också drabbad av för höga spänningar. En hypotes som kan tas är att vid iteration av konstruktionen hade golvet behövt byggas på ett annat sätt med hjälp av stag och vinklade plåtar samt gå upp i dimension på balkarna. Vid iteration i konstruktionen hade kostnaderna för konstruktionen ökat eftersom balkarna då kommer väga mer och balkarnas pris avgörs av kilopriset på materialet. Stålkonstruktionen däremot höll i FEM-beräkningarna och mer material hade kunnat tas bort och ändå hålla för krafterna som den utsätts för. Detta har med materialens skillnader i sträckgräns att göra. Det utvalda aluminiumet i detta projekt har endast 260 MPa som sträckgräns medan det utvalda stålet har en sträckgräns på 700 MPa.

Gällande kostnad på djurtransportboxen skiljer kilopriset på materialen mycket enligt återförsäljarnas prislistor. Detta kan dock variera beroende på avtal mellan återförsäljare och tillverkare av djurtransportboxen. Aluminium är ungefär tre gånger så dyrt som stål, dock väger aluminium betydligt mindre vilket gör att konstruktionen i helhet inte blir mycket dyrare i aluminium än vad den är i stål. Om hypotesen kring att aluminiumkonstruktionen behöver gå upp mycket i dimension stämmer kommer dock priset på boxen i aluminium att öka. Eftersom stålkonstruktionen är överdimensionerad kommer priset på boxen i stål däremot minska. Detta medför att kostnadsmässigt kommer det vara billigare att tillverka djurtransportboxen i stål än i aluminium, baserat på de prislistor som användes vid kostnadskalkylen.

6 Diskussion och slutsatser

6.1 Implikationer

Aluminiumkonstruktionen behöver konstrueras om för att den ska uppnå hållfastheten. Ändringar som behövs göras är storlek på balkar och någon uppstagning så det inte blir lika höga spänningar förhållande till sträckgränsen. På grund av att det inte finns mycket tid att kunna ändra konstruktionen gjordes inte det. Dessa ändringar kommer troligtvis göra att aluminiumkonstruktionen hade klarat av dem krafter som påverkar konstruktionen och då hade det blivit en konstruktion som hade blivit mycket lättare än stålkonstruktionen.

Eftersom inte examensarbetet tar hänsyn till tillverkningsprocess, verktyg, intäkter, löner och liknande utgifter som vanligtvis tillkommer går det bara att spekulera vad som skulle tillkomma i kostnadskalkyleringen och vad den slutliga kostnaden blir på djurtransportboxen. Vid tillverkning hade kostnader på maskiner så som att kunna kapa balkarna i rätt storlek och kunna blästra materialet tillkommit. Andra kostnader hade varit svetsning och lackering på materialet som hade tillkommit i kostnadskalkyleringen. Eftersom djurtransporten ska levereras i ett platt paket kommer det komma till en fraktkostnad. Antalet djurtransportboxar som går att leverera samtidigt och hur mycket billigare jämfört att bara leverera en djurtransportbox i taget kan också visas i kostnadskalkylen.

Examensarbetet var beroende av att Sigma kunde hjälpa till vilket resulterade till att FEM-beräkningar inte gjordes den tid det skulle göras enligt GANTT-schemat som orsakade en försening i projektet. Hade detta inte hänt hade det eventuellt funnits utrymme för att titta mer på optimeringen av stålkonstruktion.

6.2 Slutsatser och rekommendationer

Den huvudsakliga uppgiften i examensarbetet var att utveckla djurtransportboxen så den uppfyller kravspecifikationen och göra en förbättrad konstruktion. Genom att göra FEM-beräkningar på grundkonstruktionen visar de om den uppfyller hållfastheten och om det går att göra en förbättrad konstruktion.

6.2.1 Uppfyllnad av kravspecifikation - djurtransportbox

En del krav var redan uppfyllda under Näringsförlagd kurs, NFK. Resterande krav uppfylldes i examensarbetet. Kraven som uppfylldes i examensarbetet var följande:

- Frakta djur 1 500 kg med en säkerhetsfaktor på 1.5
- Reflexer
- Material anpassat för väder, krafter och ekonomi
- Krokar till grindar
- Avgränsare
- Utseende som visar att boxen innehåller djur
- Fästen för gödselskrapa/skyffel

Alla krav är uppfyllda förutom ett krav. Kravet som inte uppfylls är förvaring för grimmor och krokar. Ett av de uppfyllda kraven uppfylldes delvis. Lantbrukarna önskade avtagbara krokar till grindar och ville helst ha minst fyra krokar. I projektet finns dock endast två krokar med på grund av platsbrist på väggarna, dock får två grindar plats på två krokar.

Utifrån FEM-beräkningarna som gjordes på stål visar det att grundkonstruktionen uppfyller kraven, att det inte blir mycket spänningar men även att det går att optimera konstruktionen så att den blir lättare och att det blir billigare. Den optimerade konstruktionens vikt blev 873 kg och grundkonstruktionen vägde 890 kg, alltså blev det en förbättring på 17 kg och att det blev då 115 kr billigare då det sparas på material. Alltså är optimeringen bättre än vad grundkonstruktionen var.

Slutresultatet är bättre än den första konstruktionen gällande vikt och kostnad. För att få ett bättre resultat rekommenderas det att göra en optimering på slutresultatet så den blir ännu lättare och där med blir billigare, det kommer göra att det sparas på material.

6.2.2 Uppfyllnad av kravspecifikation – avgränsare

Avgränsare är en del av kravspecifikationen för djurtransportboxen, men har även en egen kravspecifikation då det är flera olika viktiga funktioner. Då en avgränsare inte fanns med i tidigare projekt var inga krav tidigare uppfyllda. De krav som uppfyller kravspecifikationen är följande:

- Skilja djur
- Använda samtliga fyra dörrar
- Vara avtagbar
- Vara flyttbar
- Vara lätthanterlig
- Vara stabil
- Anpassade mått efter standard och lagar
- Minimala glipor vid golv

Det krav som inte helt uppfylldes var kravet om inga utstickande delar. I nuläget sticker skruvarna som fäster marinplywooden i listerna ut på ena sidan. Låsen och handtaggstöden som de olika låshandtagen vilar på är också utstickande.

6.3 Vidare arbete eller forskning

Vidare arbete och forskning på djurtransporboxen kan göras i flera olika riktningar. Ett alternativ är att arbeta vidare med konstruktion som är gjord av stål, vilket är slutprodukten i detta projekt. Då det knappt finns några kritiska spänningar i konstruktionen hade balkstorlekarna kunnat bli betydligt mindre i hela djurtransportboxen, både i golvet och i samtliga väggar. U-balkarna i golvet hade inte behövt vara lika breda som de är idag för att ändå kunna bära upp trallgolvet. Något som hade gått att applicera på både stål- och aluminiumkonstruktionerna är ett litet förvaringsutrymme som vissa av lantbrukarna önskade på sin box, detta har inte fokuserats på under projektet då intresset varit relativt liten.

Vidare arbete på djurtransportboxen i aluminium hade varit ett stort projekt då mycket av konstruktionen hade behövt göras om. Förslagsvis med hjälp av vinklade plåtar och stag för att förstärka golvets konstruktion. Balkarna hade antagligen också behövt vara i större dimensioner för att få en säker konstruktion. Konstruktionen i väggarna är enligt hypotesen inte ett problem och hade varit tillräckliga så som de är utformade idag, men det finns idag inget svar på den hypotesen.

En iteration bör göras på avgränsaren då låsningen i ena sidan sticker ut vilket skulle kunna skada djuret när den går in från kortsidan. Skruvar och handtagsstöd sticker ut i avgränsaren. I kravspecifikationen finns det ett krav att det inte ska vara några ut stickade detaljer. För att avgränsaren ska uppnå alla krav behövs en ny konceptutveckling göras. Det hade behövts nya lösningar på låsningssystemet, så det inte finns några utstickande detaljer. Det skulle resultera i att det kommer bli säkrare både för djuren och för lantbrukaren för att undvika skador. Alternativt att avgränsaren har ett helt annorlunda utseende än vad den har idag.

Ett område som hade kunnat forskats vidare på är kostnadskalkylerna för både stål och aluminium. För detta hade det krävts en tillverkare samt tillverkarens leverantörer för att veta kostnaden på inköp av olika material och detaljer. Något som hade kunnat kalkyleras är kostnaden av tillverkning av x antal djurtransportboxar, alltså vad skillnaden är i pris ifall 50 djurtransportboxar tillverkas eller om endast en box tillverkas. Detta har inte tagits hänsyn till i detta projekt då kostnadskalkylerna endast är beräknade på materialkostnader av en djurtransportbox. Anledningen till att priset hade varierat beroende på antal som tillverkas är för att spill av material hade kunnat minskas och leverantörspriserna samt frakten på materialet minskas beroende på hur många kilo av varje profil som beställs. I priset på tillverkning av en djurtransportbox kan mycket annat inkluderas, då de kostnadskalkyler som gjorts inte innefattar priset av detaljer. Dessa detaljer som inte är inkluderade är skruvar, muttrar, fästen för gödselskrapa, grimfästen och reflexer. Något som kostnadskalkylerna inte heller visar är val av tillköp på avgränsare och krokar då avgränsare är inkluderat i de kostnadskalkyler som gjorts i projektet.

Andra viktiga faktorer som påverkar priset som djurtransportboxen senare kommer säljas för som saknas i kostnadskalkylerna är många. En av de är löner till de som på något vis arbetar med djurtransportboxen. Det kan bland annat vara konstruktörer, svetsare, montörer och testpersoner som ska ha löner. Lokaler att tillverka i samt alla verktyg och maskiner som behövs och är också sådant som inkluderas i slutpriset för produkten, samt att företaget säljer produkten med en marginal för att gå i vinst på sålda produkter.

En viktig aspekt i dagens samhälle som inte finns med i detta projekt är miljöaspekten. Detta hade kunnat vara en del av vidare arbete med djurtransportboxen för att titta vilket val av material som har minst miljöpåverkan. Det går också undersöka vilken typ av frakt, tillverkningsmetod, tillverkningsställe och verktyg som är mest miljövänlig.

Referenser

[1] Sigma Group, ”Om Sigma Group”, *Sigma Group,* [Online]. (Hämtad 2021-06-07) Tillgänglig: https://www.sigma.se/sv/om-oss/

[2] Jönköping Univeristy, ”Näringslivsförlagd kurs (NFK)”, *Tekniska Högskolan,* [Online]. (Hämtad 2021-04-30). Tillgänglig: https://ju.se/om-oss/tekniska-hogskolan/samarbeta/naringslivsforlagd-kurs-nfk.html

[3] H. Johanesson, J-G. Persson och D. Pettersson, “4.1.4 Produktutveckling”, ”2.1 Drivkrafter”, ”5.1.4 Produktspecificering”, ”4.4.3 Konceptutveckling – konceptgenerering”, ”5.1.7 Utvärdera, bedöma och välja lösningar” i *Produktutveckling – Effektiva metoder för konstruktion och design,* Upplaga 2, Stockholm: Liber AB, 2013. pp 97-98, 25-26, 150-152, 119-120, 179 och 184.

[4] D. G. Ullman, “About the author”, “1.2 What is the design process” i *The Mechanical Design Process,* Upplaga 6, Aerona St. Independence Oregon: David G. Ullman LLC. pp 3-6.

[5] GRANTA EduPack 2021 R1, “Materials Science and Engineering”. Upplaga 10, Cambridge: Granta Design 2018.

[6] NE, “Brainstorming” i *Nationalencyklopedin*. [Online]. (Hämtad 2021-03-18). Tillgänglig: https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/brainstorming.

[7] N. Apazidis, ”4.1 Kraftsystem” och ”6.1 Jämviktsvillkoren” i *Mekanik 1, Statik och partikeldynamik*, Upplaga 2, Lund: Studentlitteratur AB, 2013. pp 43, 79-80.

[8] T. Dahlberg, ”2.2 Normal spänning”, ”6.2 Skjuvspänning”, ”15.1 Materialdata vid spänningsutmattning” i *Teknisk hållfasthetslära*, Upplaga 3, Lund: Studentlitteratur AB, 2001. pp 16, 89-90, 265

[9] S. S. Rao, “1.1 Basic Concept, 1.3 Generel Applicability of the method, 1.5 General Description of the Finite Element Method, 2.5 Automatic Mesh Generation” i *The finite element method in engineering*, Upplaga 6 Oxford: Elsevier Butterworth-Hein, 2018. pp 3,6,10,69

[10] P. Alnestig and A. Segerstedt, ”1.1 Introduktion” i *Produktkalkyler*, Upplaga 2. Malmö: Liber, 2008. pp 10-12.

[11] Etebra, ”MOVA – Djurtransportvagnar”, *Etebra Maskin & Vagn AB,* [Online]. (Hämtad 2021-02-10). Tillgänglig: https://www.etebra.nu/produkter/djurvagnar.aspx

[12] Runstens, ”Djurtransportbur för lastmaskin”, *Runstens reparation och smide,* [Online]. (Hämtad 2021-02-10). Tillgänglig: https://runstenssmide.se/?wpcproduct=verkstol

[13] Dalums, ”DALUM – Djurtransportbur”, *Dalums Mekaniska Verkstad AB,* [Online]. (Hämtad 2021-02-10). Tillgänglig: https://www.dalumsmekaniska.se/vagnar/lantbruk

[14] Rolland, ”Rolland RV Djurtransport”, *Närlant*, [Online]. (Hämtad 2021-02-12). Tillgänglig: https://www.narlant.se/product/rolland-v-djurvagnar

[15] Lantbrukskonsult, ”Djurtransportvagnar LST”, *Lantbrukskonsult i Blekinge,* [Online]. (Hämtad 2021-02-12). Tillgänglig: http://www.lantbrukskonsult.se/djurtransportvagnar

[16] Utnäs vagnar, ”Djurtransportvagn”, *Utnäs Industri*, [Online]. (Hämtad 2021-02-12). Tillgänglig: http://www.utnasindustri.se/

[17] Humus, “Djurtransport 6L”, *Humus,* [Online]. (Hämtad 2021-02-12). Tillgänglig: http://www.humus.ee/se/produkter/djurtransport/6l-7

[18] SSAB, “Product Manager, Tubes & Sections”, *SSAB*. Information om stål, Teams-möte, 2021-02-24

[19] BE Group AB “Hålprofiler (VKR, KKR, VCKR. KCKR)”, *BE Group AB,* [Online]. (Hämtad 2021-02-17). Tillgänglig: https://www.begroup.se/produkter/stal-stalror/halprofiler/

[20] Alutrade, ”Konstruktion”, *Alutrade*, Information om aluminium, e-mail, 2021-02-19

[21] BE Group Sverige AB, ”Produktchef för aluminium”, *BE Group Sverige AB*, Information om aluminium, e-mail 2021-02-22

[22] Svenskt Aluminium, ”Olika legeringar för olika ändamål”, *AluPro Nordic,* [Online]. (Hämtad 2021-02-17). Tillgänglig: http://www.packalu.se/sv/legeringar/legeringar.php

[23] Stena stål, ”Stena ståls prislista”, *Stena Stål,* [Online]. (Hämtad 2021-03-12). Tillgänglig: https://www.stenastal.se/prislistor/

[24] BE Group AB, “Prislista”, *BE Group AB,* [Online]. (Hämtad 2021-04-15). Tillgänglig: https://www.begroup.se/fileadmin/user_upload/images_and_files/Sweden/Documents_and_files_BE_Group_Sweden/Pricelist_and_stocklist/Prislista_aluminium_2019-01-14.pdf

[25] K. Björk, “Svensk skruvstandard” i *Formler och tabeller för mekanisk konstruktion*, Upplaga 8. Spånga: Karl Björks Förlag HB, 2. pp 16.

[26] Beijer Byggmaterial, ”Butikssäljare”, *Beijer Byggmaterial Jönköping*, Information om marinplywood, e-mail 2021-03-30

[27] Byggmax Jönköping, ”34x145 Trall Impregnerad”, *Byggmax,* [Online]. (Hämtad 2021-04-15). Tillgänglig: https://www.byggmax.se/34x145-trall-impregnerad-gr%C3%B6n-p08734145?gclid=EAIaIQobChMI77aH9sDV7wIVDeqyCh2EBAIbEAAYAiAAEgLhb_D_BwE

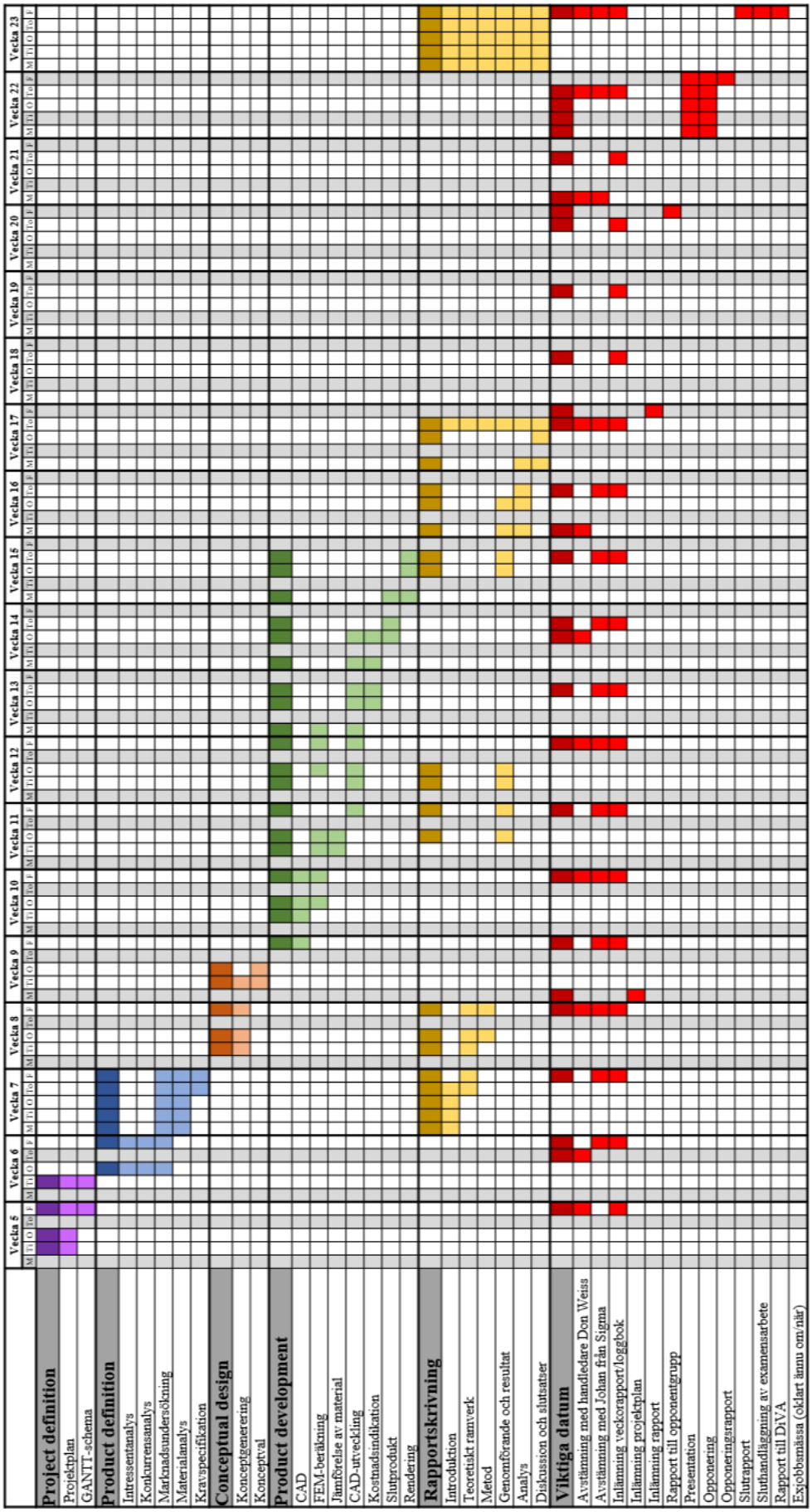
[28] Stallmagasinet, ”Modin – Rulle 14mm”, *Stallmagasinet AB,* [Online]. (Hämtad 2021-04-15). Tillgänglig: https://stallmagasinet.se/modin-rulle-14mm/

[29] Totalredskap, ”Stora BM Redskapsfäste”, *Totalredskap*, [Online]. (Hämtad 2021-04-15). Tillgänglig: https://www.totalredskap.se/sv/adaptrar-fasten/redskapsfaste/stora-bm-redskapsfaste.html

Bilagor

Bilaga 1	GANTT-schema
Bilaga 2	Marknadsundersökning från Näringslivsförlagd kurs
Bilaga 3	Marknadsundersökning tabell 1-5
Bilaga 4	Marknadsundersökning tabell 6-9
Bilaga 5	Marknadsundersökning tabell 10-14
Bilaga 6	Marknadsundersökning tabell 14-18
Bilaga 7	Marknadsundersökning tabell 19
Bilaga 8	Egenskaper för stål
Bilaga 9	Egenskaper för aluminium
Bilaga 10	Avgränsare på Etebra's djurvagn
Bilaga 11	Ritning på plattjärn
Bilaga 12	Ritning på L-list
Bilaga 13	Ritning på U-list
Bilaga 14	Ritning på I-list
Bilaga 15	Mesh details - Stål
Bilaga 16	Mesh details - Aluminium
Bilaga 17	Mesh details – Stål Optimering

Bilaga 1


Vecka 5
Vecka 6
Vecka 7
Vecka 8
Vecka 9
Vecka 10
Vecka 11
Vecka 12
Vecka 13
Vecka 14
Vecka 15
Vecka 16
Vecka 17
Vecka 18
Vecka 19
Vecka 20
Vecka 21
Vecka 22
Vecka 23
M Ti O To F
Project definition
Projektplan
GANTT-schema
Product definition
Intressentanalys
Konkurrensanalys
Marknadsundersökning
Materialanalys
Kravspecifikation
Conceptual design
Konceptgenerering
Konceptval
Product development
CAD
FEM-beräkning
Jämförelse av material
CAD-utveckling
Kostnadsindikation
Slutprodukt
Rendering
Rapportskrivning
Introduktion
Teoretiskt ramverk
Metod
Genomförande och resultat
Analys
Diskussion och slutsatser
Viktiga datum
Avstämning med handledare Don Weiss
Avstämning med Johan från Sigma
Inlämning veckorapport/loggbok
Inlämning projektplan
Inlämning rapport
Rapport till opponentgrupp
Presentation
Opponering
Opponeringsrapport
Slutrapport
Slutlämning av examensarbete
Rapport till DiVA
Exjobbsmässa (oklart ännu om när)

Bilaga 2

Marknadsundersökning - NFK

Hur förflyttar ni era djur idag?
Djurtransport
Plats för antal djur: 2, 3, 6, eller 14
Mova Dtv 6

Har ni behov av en mindre djurtransport när ni förflyttar djuren?
Nej - 3
Ja – 2

Vad fungerar bra med sättet ni använder idag?
Lätt vikt
Plats för mycket djur
Öppen konstruktion → enkelt att köra intill stalldörr

Vad fungerar mindre bra med sättet ni använder idag?
Smala och tunga dörrar
För stor vagn vid förflyttning av färre antal djur
Plåtväggar och plåtgolv → högt ljud

Med vilket/vilka hjälpmedel vill ni kunna förflytta djurtransportboxen?
Traktor
Hjullastare

Vilka djur vill ni kunna använda produkten till?
Nötkreatur 2 kor/högdräktiga kvigor
3 eller fler ungdjur

Vad skulle kunna underlätta det kroppsliga arbetet med djurtransportboxen?
Lätta dörrar
Vinsch för att dra in djuren

Vad anser ni är viktigt för både er och djurens säkerthet?
Halkfritt golv
Släta ytor
Fästen för grimmor
Utgång på kortsidan
Inga stora avstånd så djur kan fastna med ben/huvud

Skulle det vara fördel/nackdel att kunna öppna boxen på båda kortsidorna? Varför?
Fördel – 4 Underlätta vid avlastning, djur slipper vända/backa
Samlingsfolla
Komma intill djurstall
Tjur och kviga kan stå åt olika håll
Nackdel – 1 Vill ha dörrar på långsidan

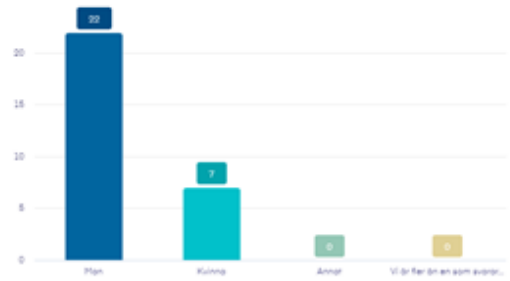
Finns det önskemål gällande utseende/material och insida på djurtransportboxen?
Släta väggar
Bred och inte för lång
Material som tål rengöring, rost och dämpar ljud
Halkfritt golv

Finns det andra funktioner/hjälpmedel ni önskar fanns på/till er djurtransport?
Hänga fångstgrindar
Förvaring och fästen för grimmor
Fäste för gödselskrapa
Vinsch
Avtagbart tak

Övriga tips och idéer?
Svängdörrar
Snygg design som visar att den innehåller djur
Stabil men inte för tung
Lättanvända lås

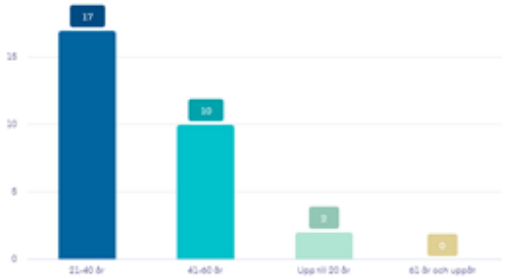
Bilaga 3

1. Kön



Enkätfråga 1 - Kön
Män: *22*
Kvinnor: *7*
Annat: *0*
Vi är fler än en som svarar: *0*

2. Ålder

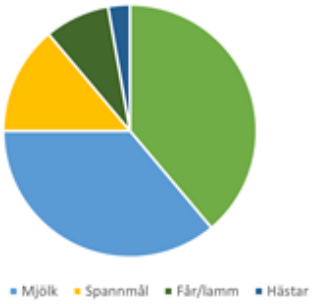


Enkätfråga 2 - Ålder
Upp till 20 år: *2*
21-40 år: *17*
41-60 år: *10*
61 år och uppåt: *0*

3. Vart i Sverige bor du?

Enkätfråga 3- Vart i Sverige bor du?
Götaland: *16*
Svealand: *9*
Norrland: *3*
Jag bor inte i Sverige, jag bor i...: *1 (Finland)*

4. Vad driver ni för typ av lantbruk?

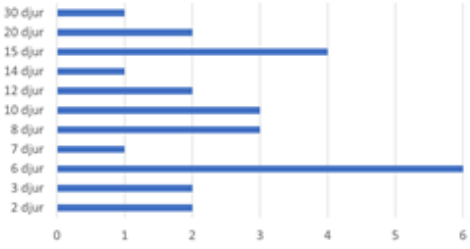


Enkätfråga 4- Vad driver ni för typ av lantbruk?
Nötkreatur: *14*
Mjölkproduktion: *13*
Spannmål: *5*
Får/lamm: *3*
Hästar: *1*
(Observera att samma person kan ha valt flera alternativ, därav fler än 29 svar)

5. Vad använder ni för djurtransporter i nuläget?
Del 1 - Typ av transport

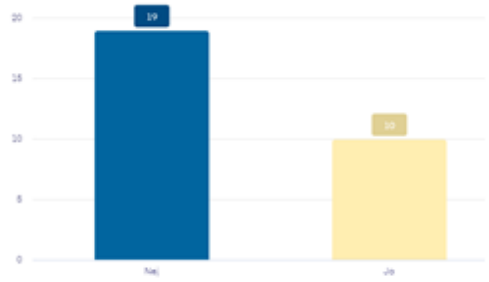
Enkätfråga 5 - Djurtransporter i nuläget, del 1
Traditionell djurtransportvagn: *25*
Hästtransport: *3*
Djurtransportbox: *2*
Lastbil: *3*

5. Vad använder ni för djurtransporter i nuläget?
Del 2 - Antal djur

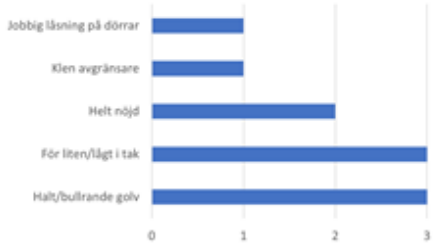


Enkätfråga 5- Djurtransporter i nuläget, del 2
Avläs diagrammet för information om hur många djur som får plats på djurtransporter som lantbrukarna använder.

Bilaga 4



Enkätfråga 6 - Har ni en djurtransportbox i nuläget?
Nej: *19*
Ja: *10*



Enkätfråga 7 - Om JA: Vad fungerar bra/mindre bra med den box ni har idag?
Fortsättning på fråga 6.

Enkätfråga 8 - Om NEJ: Del 1: Känner ni behov av en djurtransportbox?
Ja: *8*
Nej: 6
Inget/orelevant svar: 5

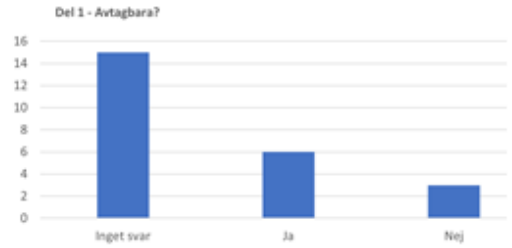
Enkätfråga 8 - Om NEJ: Del 2: Varför?

Enkätfråga 8 - Om NEJ: Del 3: Varför inte?

Enkätfråga 9 - Önskar ni krokar till grindar på utsidan av boxen?
Nej: *19*
Ja: *10*

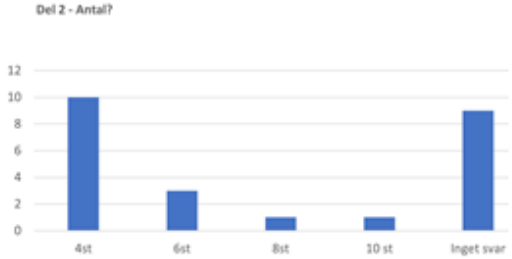
Bilaga 5

10. Om JA: Vill ni att de ska vara avtagbara? Hur många?



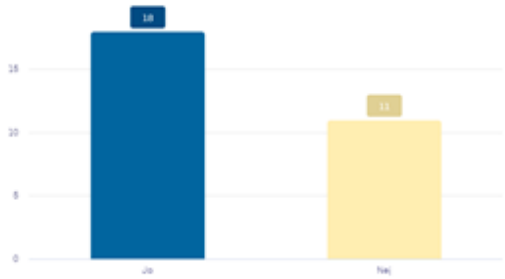
Enkätfråga 10 - Om JA: Del 1: Avtagbara?
Fortsättning på fråga 9.

10. Om JA: Vill ni att de ska vara avtagbara? Hur många?



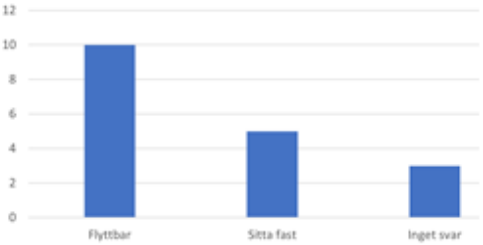
Enkätfråga 10 - Om JA: Del 2: Antal?
Fortsättning på fråga 9.

11. Önskar ni en avgränsare för att dela upp djuren i boxen?



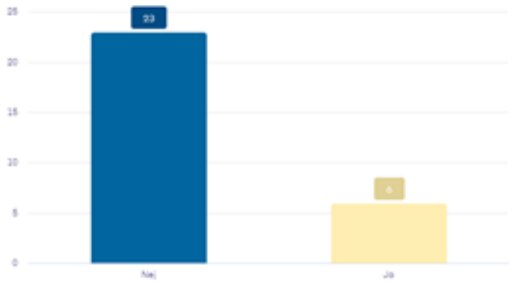
Enkätfråga 11 - Önskar ni en avgränsare för att dela upp djuren i boxen?
Ja: *18*
Nej: *11*

12. Om JA: Vill ni att den ska gå att få bort? Vara flyttbar? Sitta fast



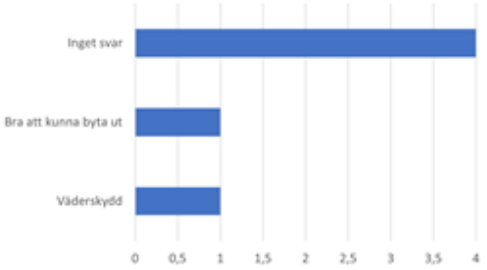
Enkätfråga 12 - Om JA: Vill ni att den ska gå att få bort? Vara flyttbar? Sitta fast?
Fortsättning på fråga 11.

13. Önskar du ett avtagbart tak på din djurtransport?



Enkätfråga 13 - Önskar du ett avtagbart tak på din djurtransport?
Nej: *23*
Ja: *6*

14a. Om JA: Varför?



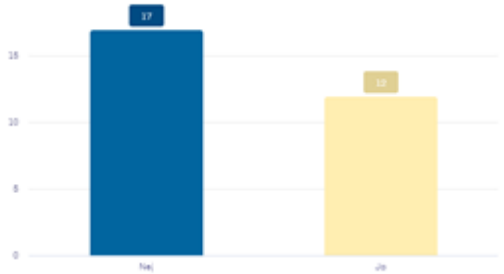
Enkätfråga 14 - Om JA: Varför?
Fortsättning på fråga 13.

Bilaga 6

14b. Om NEJ: Varför inte?

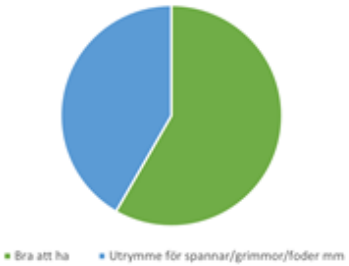
Enkätfråga 14 - Om NEJ: Varför inte?
Fortsättning på fråga 13.

15. Är det viktigt att det finns tex fäste för gödselskrapa? Förvaring för grimmor och krokar?



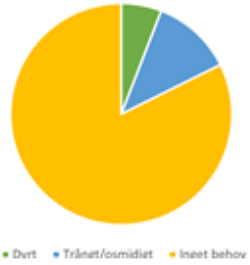
Enkätfråga 15 - Är det viktigt att det finns tex fäste för gödselskrapa? Förvaring för grimmor och krokar?
Nej: *17*
Ja: *12*

16a. Om JA: Varför?



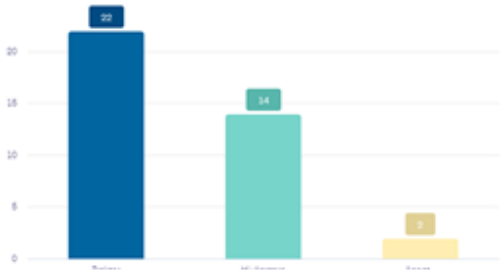
Enkätfråga 16 - Om JA: Varför?
Fortsättning på fråga 15.

16b. Om NEJ: Varför inte?



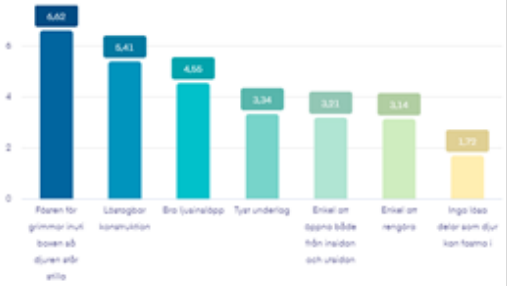
Enkätfråga 16 - Om NEJ: Varför inte?
Fortsättning på fråga 15.

17. Om ni hade haft/har en djurtransportbox, vad hade ni velat kunna förflytta den med?



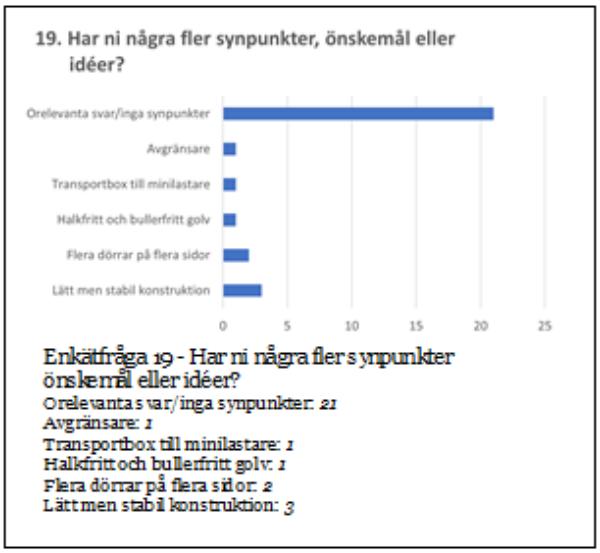
Enkätfråga 17 - Om ni hade haft/har en djurtransportbox, vad hade ni velat kunna förflytta den med?
Traktor: *22*
Hjullastare: *14*
Annat: *1 (minilastare)*

18. Vad tycker du är viktigast med en djurtransportbox? Rangordna svaren nedan.



Enkätfråga 18 - Vad tycker du är viktigast med en djurtransportbox?
Observera att varje alternativ blev placerade från plats 1-7. Figuren visar vilken snittplats alternativet fick vilket betyder att de alternativ som fick HÖGST placering får LÄGST poäng. Alltså, viktigast är från höger till vänster i figuren.

Bilaga 7


19. Har ni några fler synpunkter, önskemål eller idéer?
Orelevanta svar/inga synpunkter
Avgränsare
Transportbox till minilastare
Halkfritt och bullerfritt golv
Flera dörrar på flera sidor
Lätt men stabil konstruktion
0
5
10
15
20
25
Enkätfråga 19 - Har ni några fler synpunkter önskemål eller idéer?
Orelevanta svar/inga synpunkter: 21
Avgränsare: 1
Transportbox till minilastare: 1
Halkfritt och bullerfritt golv: 1
Flera dörrar på flera sidor: 2
Lätt men stabil konstruktion: 3

Bilaga 8

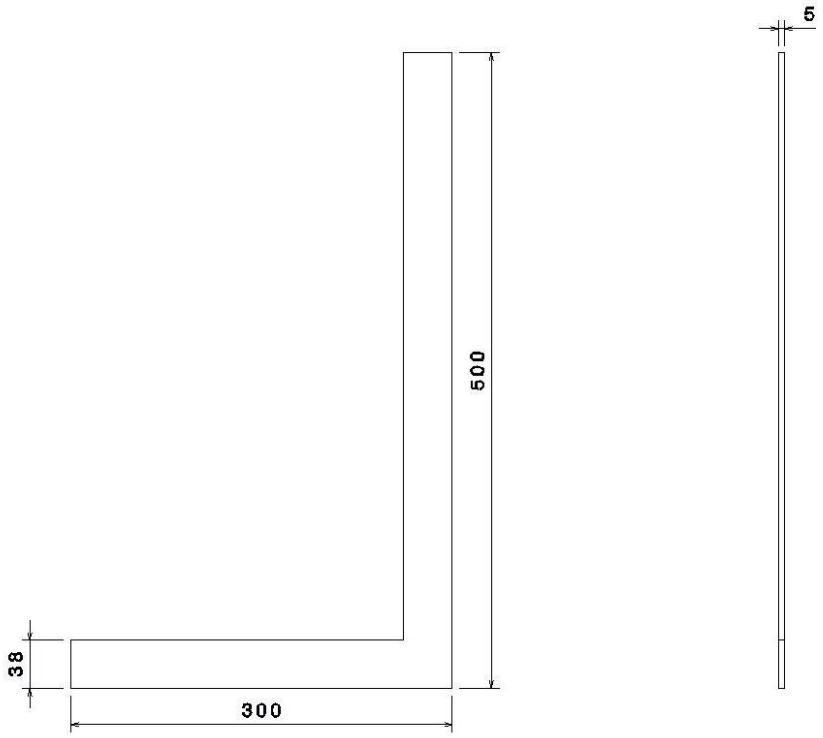
STEEL EN 10219	
Elasticitetsmodul	210 GPa
Poisson Ratio	0.3
Densitet	7850 kg/m^3
Sträckgräns	700 MPa

Bilaga 9

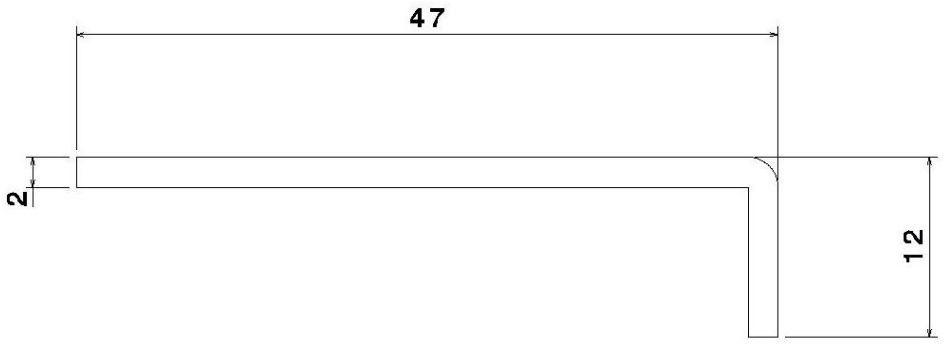
EN AW-6082 T6	
Elasticitetsmodul	69 kPa
Poisson Ratio	0.33
Densitet	2700 kg/m^3
Sträckgräns	260 MPa

Bilaga 10

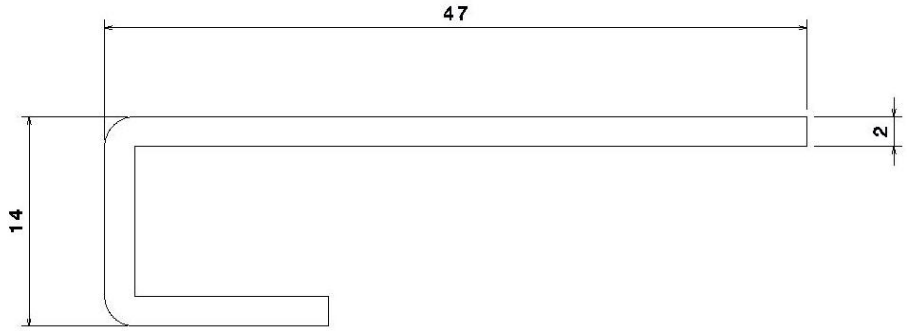
Bilaga 11



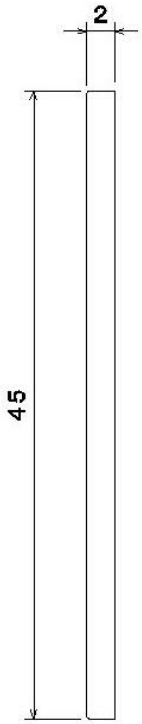
Bilaga 12



Bilaga 13



Bilaga 14



Bilaga 15

Mesh Details - Stål	
Study name	Static 1 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard Mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Mesh Control	Defined
Element size	50,8412 mm
Tolerance	2,54206 mm
Mesh quality	High
Total nodes	130518
Total elements	66272
Maximum Aspect Ratio	544,79
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	34,7
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	26,1
% of distorted elements (Jacobian)	0
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh (hh:mm:ss)	00:00:32

Bilaga 16

Mesh Details - Aluminium	
Study name	Static 1 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard Mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Mesh Control	Defined
Element size	134,696 mm
Tolerance	6,73482 mm
Mesh quality	High
Total nodes	1128366
Total elements	576391
Maximum Aspect Ratio	8835,9
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	58,1
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	2,25
% of distorted elements (Jacobian)	0
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh (hh:mm:ss)	00:01:18

Bilaga 17

Mesh Details - Stål (optimering)	
Study name	Static 1 (-Default-)
Analysis type	Static
Mesh type	Beam Mesh
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect	Off
Soft Spring	Off
Inertial Relief	Off