

CHALMERS



Detaljkonstruktion av automatiserat magasin för planteringsaggregat

Detail design of automated magazine for planting aggregates
Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

Mattias Augustsson
Anton Dahl-Jendelin

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2015
Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 128/2015

EXAMENSARBETE INOM HÖGSKOLEINGENJÖRSPROGRAMMET MASKINTEKNIK

Detaljkonstruktion av automatiserat magasin för
planteringsaggregat

– Vidareutveckling av slutgiltigt koncept från examensarbete AMP (Almquist & Brandt 2014)

MATTIAS AUGUSTSSON
ANTON DAHL-JENDELIN

Institutionen för material- och tillverkningsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2015

Detaljkonstruktion av automatiserat magasin för planteringsaggregat
– Vidareutveckling av slutgiltigt koncept från examensarbete AMP (Almquist & Brandt 2014)
MATTIAS AUGUSTSSON
ANTON DAHL-JENDELIN

© MATTIAS AUGUSTSSON & ANTON DAHL-JENDELIN, 2015

Examensarbete
Institutionen för material- och tillverkningsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 (0)31-772 10 00

Förord

Denna rapport dokumenterar den detaljkonstruktion som utfördes inom ramen för examensarbete vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet genomfördes den sjätte terminen på högskoleingenjörsprogrammet inom maskinteknik, konstruktion under våren 2015 och omfattar 15hp. Rapporten syftar till att med hjälp av erfarenheter från tidigare projekt realisera konstruktionsunderlag för ett automatiserat magasin till ett av de planteringsaggregat som används till mekaniserad föryngring av granskog. Arbetet har genomförts i samarbete med Fagerström Industrikonsult i Göteborg med stöd från deras underleverantörer.

Vi vill även i detta förord passa på att ge ett personligt tack till de personer som har varit oss till stor hjälp under resans gång.

Fagerström Industrikonsult

Johan Almquist

Carl-Johan Fagerström

Chalmers Tekniska Högskola

Gert Persson

Södra skog

Johan Henriksson

Sveriges Lantbruksuniversitet

Back Tomas Erson

Sammanfattning

Idag sker återplantering av skog i stor utsträckning manuellt. Detta är tidskrävande och inte särskilt kostnadseffektivt. Därför är en mekaniserad förnyring av skogsindustrin att föredra. Syftet med arbetet blir således att detaljkonstruera ett redan framtaget koncept på en maskin som automatiskt laddar granplantor i ett planteringsrör. Detta koncept togs fram under ett examensarbete AMP (Almquist & Brandt, 2014), vid Fagerström Industrikonsult AB, och är det tredje i raden av examensarbeten inom samma område.

Granplantorna laddas i maskinen via kassetter som placeras i en utdragbar låda. När kassetterna är på plats skjuts lådan in via en släde med tillhörande linjärmoduler som möjliggör förflyttningen. Plantorna laddas därefter en och en i planteringsröret. Orientering av plantorna inne i maskinen sker via hydraulik. Även frånskiljning av planta från kassett sker hydrauliskt. Detta möjliggör en snabb och smidig återplantering av granskog. Arbetet består i att detaljkonstruera maskinen. Ingen fysisk prototyp tas fram. För att uppnå en teoretisk bredd i arbetet så utförs även FEM-analys på kritiska delar i konstruktionen och materialval görs på utvald komponent.

Summary

Today's reforestation is mostly manual-made by hand. This is a time-consuming process and not particularly cost effective. Hence, a mechanized regeneration of the forest industry would be preferable. The purpose of this thesis must therefore be that a detailed construction is made of an already developed concept on a machine that automatically loads spruce seedlings in a planting tube. This concept was established in the thesis AMP (Almquist & Brant, 2014), made at Fagerström Industri Konsult AB, and it is the third in a series of reports in the same field.

Spruce seedlings are loaded into the machine via cassettes that are placed in a pull-out drawer. When the cassettes are locked in place, the box is pushed via a sled mounted on linear modules that allow linear movement. The plants are then loaded one by one in to the planting tube. Orientation of the plants in the machine is made hydraulically, even separation of plants from the cassette is done hydraulically. This allows for a quick and smooth reforestation. The report consists of the detailed construction of the machine, no physical prototype will be developed. To achieve a theoretical width of the work, a FEM analysis is performed on critical parts of the construction and a throw material selection is made on a selected component.

INNEHÅLL

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Precisering av frågeställningen	1
2 TEORETISK REFERENSRAM	2
2.1 Befintliga komponenter	2
2.1.1 Plantkassett	2
2.1.2 Planteringsaggregat	3
2.2 Tidigare projekt.....	4
2.2.1 Slutligt koncept AMP	5
2.2.2 Den yttre ramen	6
2.2.3 Skenan	6
2.2.4 Vaggan	7
2.3 Hydraulik och pneumatik	7
3. METOD	8
3.1 Datainsamling	8
3.2 Framtagning av lösningar till delfunktioner.....	8
3.3 Detaljkonstruktion	8
3.4 FEM-analys	9
3.5 Materialvalsprocess	9
4. GENOMFÖRANDE	11
4.1 Detaljkonstruktion av släde.....	11
4.2 Detaljkonstruktion av ram.....	13
4.3 Detaljkonstruktion av vaggan	15
4.4 Materialval	19
4.5 FEM-analys	22
4.5.1 Randvillkor	22
4.5.2 Analys av maximal utböjning.....	23
4.5.3 Analys av Von Mises-spänningar.....	24
4.6 Viktoptimering	25
5. SAMMANSTÄLLD KONSTRUKTION	27
5.1 Utveckling av sammanställd konstruktion	27

5.1.1 Förändringar på Ramen.....	28
5.1.2 Förändringar på Vaggan	29
5.1.3 Förändringar på släden.....	30
5.1.4 Fästelement	30
5.2 Arbetscykel för AMP 2.0	31
5.3 Slutligt koncept	34
6. SLUTSATS	35
7. FRAMTIDA ARBETE.....	36
REFERENSER.....	37
BILAGOR	38

Beteckningar

- Bracke P11.a: Planeringsaggregat för skogsindustrin utvecklat av Bracke forest.
- HIKO V-93: Plantkassett för odling av plantskott.
- AMP: Koncept för ett automatiserat magasin för planteringsaggregat från rapport *Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat* (Almquist & Brandt, 2014)

1 INLEDNING

I detta kapitel beskrivs bakgrunden, syftet, avgränsningar samt precisering av frågeställning som ligger till grund för arbetet.

1.1 Bakgrund

Skogsplantering i Sverige sker idag i stor utsträckning manuellt då de befintliga lösningarna för mekaniserad skogsplantering inte är tillräckligt effektiva. Skogsindustrin har på senare år eftersökt att kostnadseffektivisera den mekaniserade föryngringen och *Fagerström Industrikonsult AB* (hädanefter *Fagerström*) har då varit inblandade i vidareutvecklingen av ett automatiserat magasin avsett att mata planteringsaggregat med granplantor. Fagerströms inblandning har resulterat i två funktionsmodeller där plantor fylls på i magasinet kassetvis vilket gav goda resultat för lönsamhet men visade att konstruktionen inte var pålitlig nog vid praktiskt arbete. En ny konceptgenerering genomfördes i examensarbetet AMP (Almquist & Brandt, 2014), med tidigare erfarenheter som stöd, där resultatet nu avses realiseras i form av en detaljkonstruktion.

Denna konceptgenerering resulterade i att fyra delfunktioner identifierades för planteringsaggregatets automatiska magasin.

1. Klargöra kassetter för att avskilja plantor.
2. Skilja planta från kasset.
3. Orientera planta för avlämning.
4. Lämna planta i planteringsrör på signal.

1.2 Syfte

Att genomföra detaljkonstruktion samt komponentval utifrån slutgiltigt koncept i rapport från examensarbete, Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat (Almquist & Brandt, 2014). Målet med detaljkonstruktionen är att den skall kunna nyttjas under nästa steg i processen, byggnation av en prototyp.

1.3 Avgränsningar

- Ingen fysisk prototyp ska tas fram.
- Konstruktionen begränsas till att fungera tillsammans med planteringsaggregat Bracke P11.a.
- Konstruktionen begränsas till att fungera tillsammans med HIKO V-93 plantkassetter.
- FEM-beräkningar utförs endast på kritiska delar.
- Materialval sker endast på utvald komponent.
- Givare samt styrenheter skall inte behandlas i projektet.

1.4 Precisering av frågeställningen

- Uppfylla ställda krav enligt kravspecifikation från ovan nämnda rapport.
- Uppfylla mekanisk funktion enligt ovan nämnda rapport.
- Nyttja hydraulik i största möjliga mån.
- I mån av tid tas ritningar fram med hjälp av den slutliga CAD-modellen.

2 TEORETISK REFERENSRAM

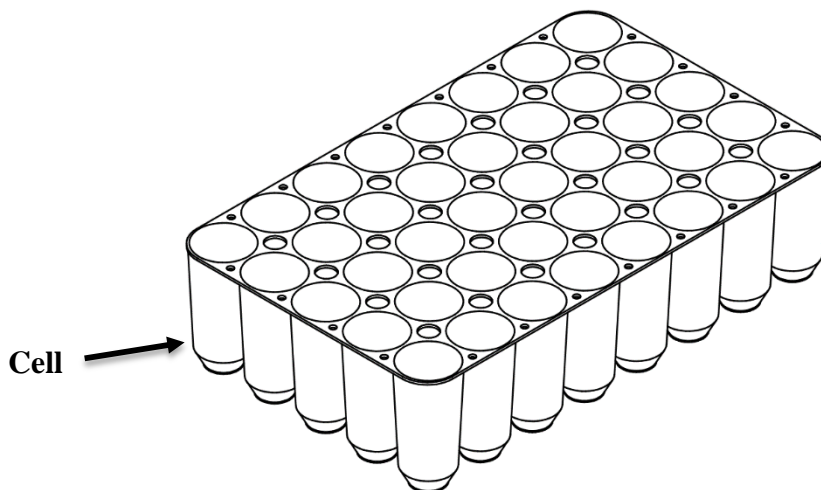
I följande kapitel beskrivs tidigare arbeten inom området som denna rapport är en fortsättning på enligt tidigare definierade förutsättningar. Här ges en tydlig översikt av tidigare erfarenheter och projekt för automatiskt mekaniserad återplantering av skog.

2.1 Befintliga komponenter

Det finns befintliga komponenter som idag redan används i fält i samband med återplantering av skog. Ett exempel på detta är de plantkassetter som används för odling av täckrotsplanta på plantskolan samt själva planteringsaggregatet Bracke p11.a som är tillverkat av Bracke Forest (Bracke forest, 2015).

2.1.1 Plantkassett

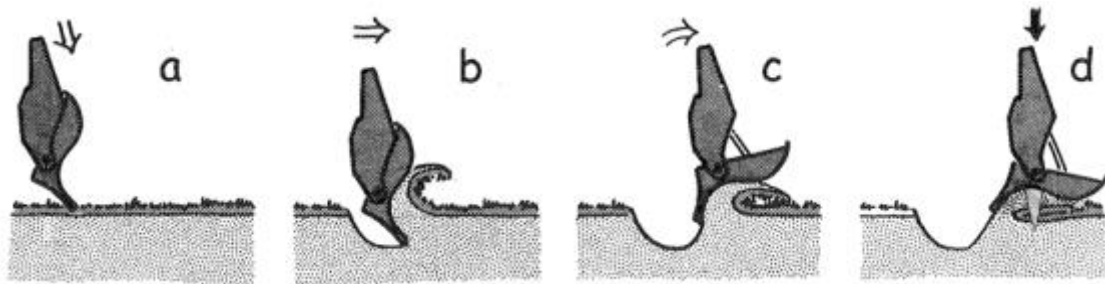
En av de kassetter som används vid Södra skogs plantskola och är den som skall användas i magasinet är av modellen HIKO V-93 och tillverkas av BBCAB, (BCCAB, 2015). Kassetterna är gjorda i högkvalitativ polypropen (PP) och mäter ca 352x216x87 mm i yttermått. HIKO V-93 innehåller 40 celler med plats för en planta i varje cell och tål upprepad användning innan kassering. *Se figur 1 nedan.*



Figur 1- Plantkassett HIKO V-93

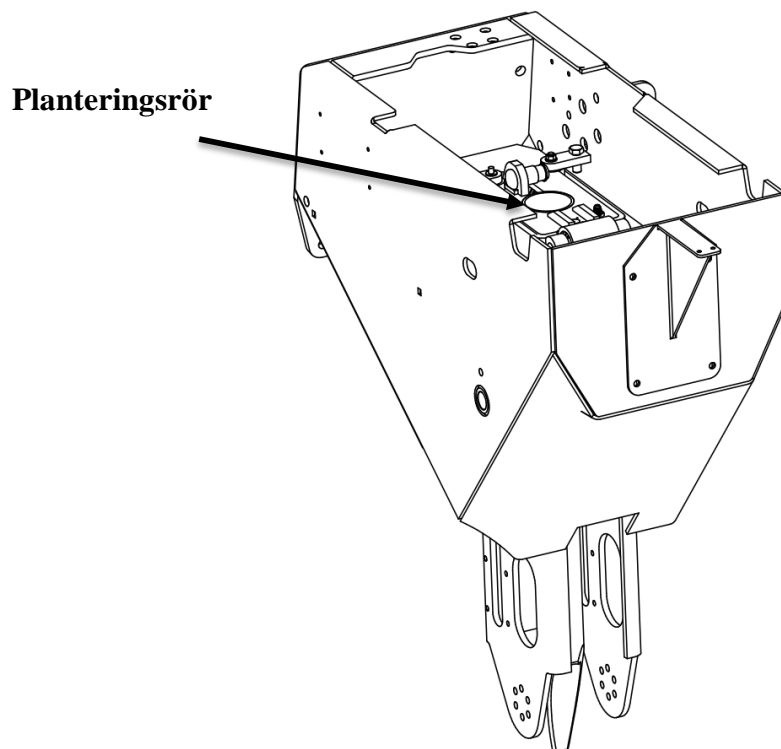
2.1.2 Planteringsaggregat

Bracke Forest har utvecklat ett planteringsaggregat, Bracke P11.a, *se figur 3 nedan*. Detta aggregat gör det möjligt att utföra planeringsprocessen maskinellt med hjälp av grävmaskin, aggregatet utför både markberedning och plantering. Första steget i denna process är att vända en torva, *se a-c i figur 2 nedan*. Nästa steg är att sänka ner ett planteringsrör som sätter plantan i den vända torvan, *se d i figur 2 nedan*.



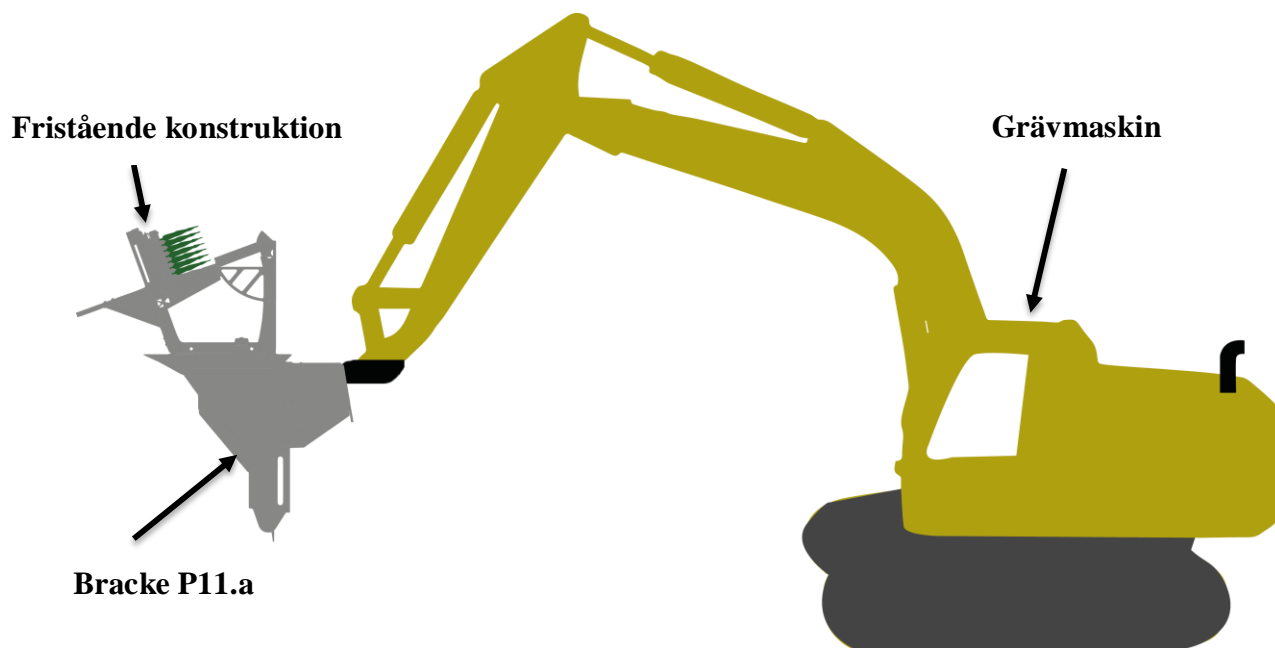
Figur 2 - Arbetsprocess för Bracke P11.a (Hallonborg, Mattsson, von Hofsten, & Thorsén, 1997)

En ny planta laddas i planteringsröret med hjälp av en fristående konstruktion monterad på ovansidan av Bracke P11.a (Bracke forest, 2015), och processen börjar om för att plantera nästa planta.



Figur 3 - Bracke P11.a

För att visa hur ovan nämnda komponenter är tänkt att fungera tillsammans vid drift så görs en illustrativ figur. Denna figur innehåller grävmaskinen, planteringsaggregat Bracke P11.a och tillhörande fristående konstruktion, *se figur 4 nedan*.



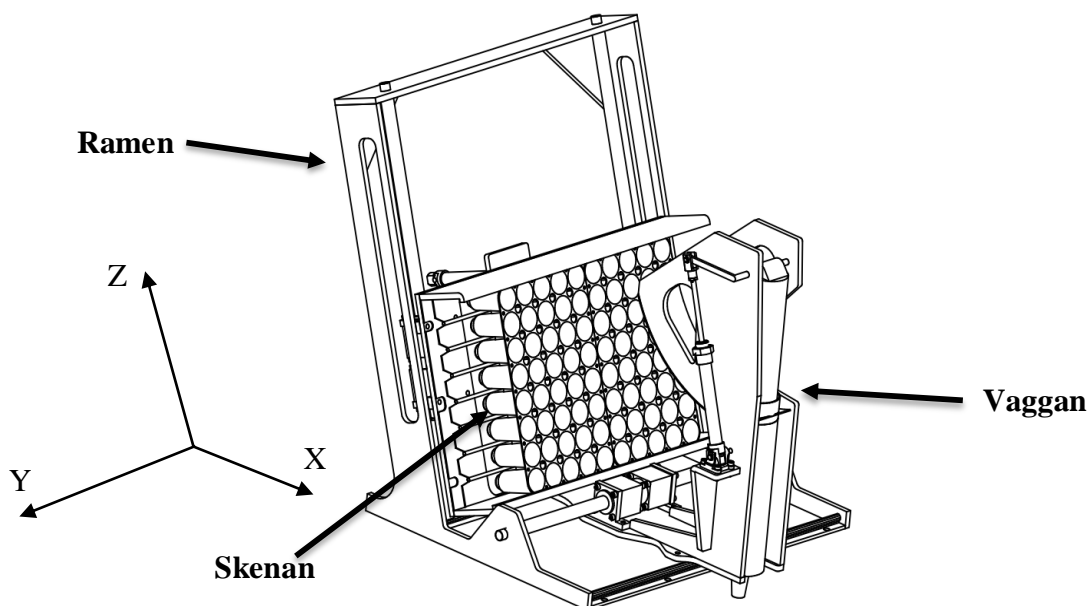
Figur 4 – Planteringskomponenter vid bruk

2.2 Tidigare projekt

Det har tidigare utförts en doktorsavhandling *Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden* (Ersson, 2014), ett examensarbete *Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat* (Almquist & Brandt, 2014) samt en fältstudie inom området. Det senaste i raden av projektarbeten är rapporten skriven av Almquist & Brandt och är den som till största del ligger som teoretisk referens för fortsatt arbete. De har i sin tur använt tidigare rapporter och fältstudien som grund för sitt arbete.

2.2.1 Slutligt koncept AMP

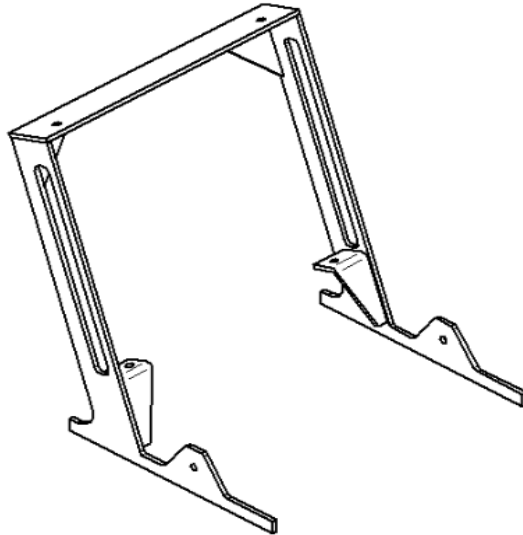
Det slutliga konceptet från rapporten *Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat* (Almquist & Brandt, 2014), bygger på tre huvuddelar. En vaggan för hämtning samt avlämning av planta, en skenan som fungerar som magasin för två plantkassetter samt en yttre ram där ovan nämnda delar är monterade. Vaggan består av en pneumatisk cylinder för att avskilja plantan från kassetten genom utstötning från baksidan. På motsatt sida sitter en cylinder för att ta emot den utstötta plantan, cylindern pendlar i XZ-planet för att orientera plantan korrekt för avlämning till planteringsröret. Vaggan rör sig parallellt med skenan i Y-led med hjälp av en hydraulisk cylinder. Skenan är monterad på två glidskenor och kan röra sig linjärt i Z-led med hjälp av två hydrauliska cylindrar, se figur 5 nedan.



Figur 5 – Samman ställning av AMP

2.2.2 Den yttre ramen

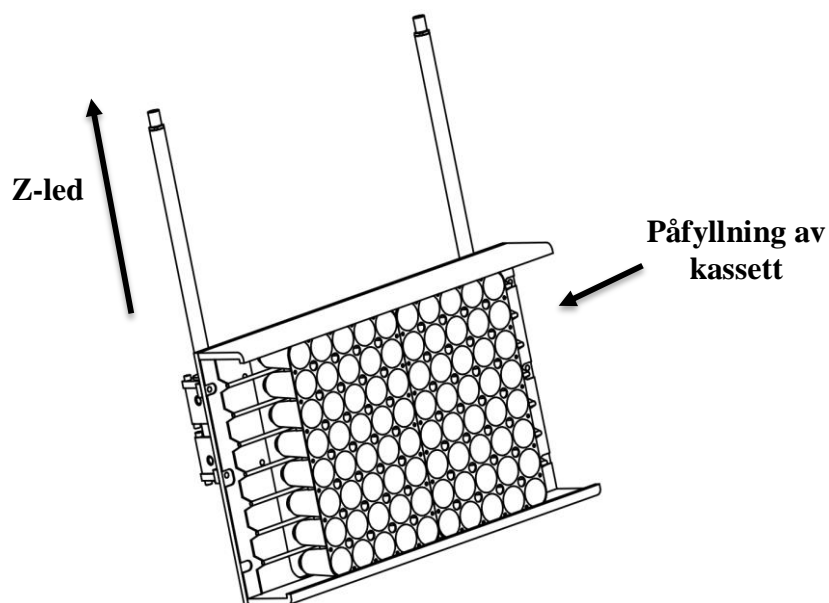
Den yttre ramen fungerar som bas för både skena och vagga. Den består av två plåtar i en stadig konstruktion. I största möjliga mån bör svetsförband användas vid sammanfogning, för att uppnå hög motståndskraft mot yttre påfrestningar, *se figur 6 nedan*.



Figur 6 – Yttre ram

2.2.3 Skenan

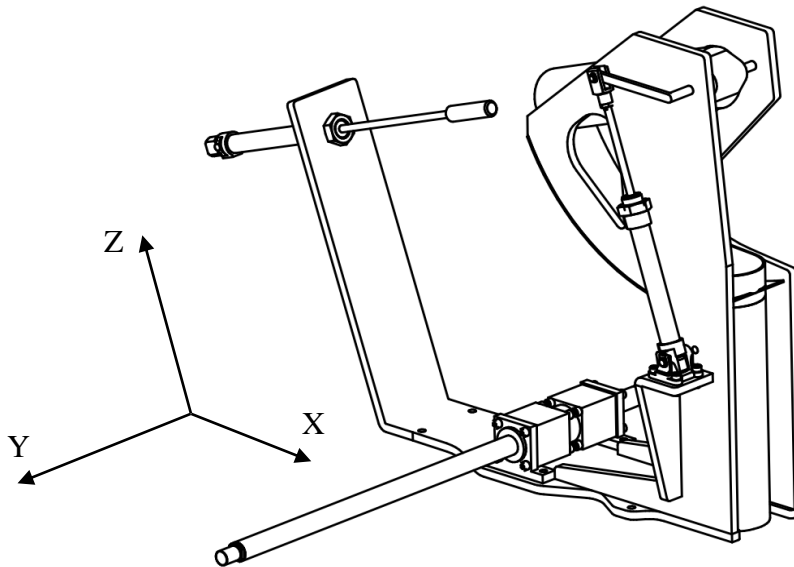
Skenan, *se figur 7 nedan*, fixerar kassetterna i rätt läge samt orienterar plantorna i höjdlid för att avskilja plantan. Denna skena fylls på med kassetter från höger sida. Det finns utrymme för två kassetter vilket ger 2x(8x5) plantor, som är tänkta att stötas ut en och en radvis. När en rad är tömd rör sig skenan i Z-led för att orientera en ny rad plantor för avskiljning.



Figur 4 - Skena

2.2.4 Vaggan

Denna del kan röra sig i Y-led samt längs XZ-planet. Detta för att möjliggöra utskiljning av planta från kassett samt att sedan avlämna planta åt rätt håll i planteringsröret. Vaggan rör sig parallellt med skenan och har en pneumatisk cylinder på baksidan som skjuter ut plantan. Denna cylinder befinner sig vid samma planta som pendeln som tar emot plantan, *se figur 8 nedan*.



Figur 5 - Vagga

2.3 Hydraulik och pneumatik

Det finns en rad olika metoder för att flytta ett objekt från ett ställe till ett annat. En metod är att vätskor och gaser används för att uppnå dessa rörelser och därmed få en förflyttning av energi från ett ställe till ett annat. Hydraulik utnyttjar inkompressibel vätska som överföringsmedium. Vanligast är olja. Pneumatik utnyttjar kompressibel gas, såsom luft eller kväve.

Det är olika karaktäristiska egenskaper hos dessa vätskor och gaser som definierar för- och nackdelar med de olika systemen. Till exempel så har kompressibel gas låg densitet och detta ger en mjukare rörelse hos det pneumatiska systemet, jämfört med ett hydraulsystem. Den höga densiteten hos de inkompressibla vätskorna medför att hydraulsystemet kan arbeta vid betydligt högre tryck, vilket möjliggör stora krafter och tunga förflyttningar. (Parr, 2002)

3. METOD

I följande kapitel beskrivs de metoder och tillvägagångssätt som använts under projektet. Dessa metoder består både i analytiska och praktiska delmoment. De metoder som beskrivs nedan är generellt återgivna och överensstämmer med det sätt de använts på i arbetet.

3.1 Datainsamling

Insamlingen av data inleddes med samtal med Carl Johan Fagerström, VD på Fagerström Industri Konsult, och samtal med Johan Almquist som tidigare utfört examensarbetet AMP (Almquist & Brandt, 2014) och som nu är anställd på Fagerström. Detta gav en bra och övergripande bild av problematiken och vad som gjorts i tidigare projekt samt fältstudier. En fysisk kopia på rapport AMP (Almquist & Brandt, 2014) tillhandahölls vilket gav ytterligare information om bakgrunden till aktuellt projekt.

För att få djupare förståelse om befintliga komponenter i planteringsaggregatet så lästes en rad elektroniska broschyrer. Ett PDF-dokument om HIKO V-93 (BCCAB, 2015) och motsvarande om Bracke P11.a (Bracke forest, 2015) laddades ner från respektive hemsidor, vilket gav ökad teknisk kunskap och en förståelse för befintliga komponenter.

På företaget tillhandahölls tillgång till tidigare CAD-modeller från AMP (Almquist & Brandt, 2014). Syftet med dessa var att användas till att visualisera konceptet och dess funktioner, vilket gav ökad insikt av befintlig idé för lösande av problematiken inför en fortsatt detaljkonstruktion.

3.2 Framtagning av lösningar till delfunktioner

Med hjälp av informationen från kapitel 2, tidigare gjord funktionsanalys, *se bilaga 1*, och kravspecifikation, *se bilaga 2*, från AMP (Almquist & Brandt, 2014), så genomförs en brainstorming kring sätt att lösa de olika delfunktionerna. De förslag som ansågs realiserbara och samtidigt löste funktionen ritades sedan upp i en konceptuell skiss. När en dellösning var klar så hölls ett konstruktionsmöte med handledarna på Fagerström, där konceptet redovisas, diskuteras och vidareutvecklas. Efter utveckling i en rad steg, med ytterligare konstruktionsmöten, var framtagningen av en slutlig dellösning klar.

3.3 Detaljkonstruktion

Vid detaljkonstruktion är den normala arbetsgången den samma som för val av befintliga komponenter vilket betyder att en komponentspecifikation upprättas där krav på komponenten specificeras. Första delen i denna process är att dela in konstruktionens delar i två grupper: (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004)

- Standardkomponenter som finns tillgängliga hos olika leverantörer eller internt inom företaget.
- Unika delar som måste tas fram eller utvecklas för att passa konstruktionsändamålet.

Redan tillgängliga komponenter som kan användas utan anpassning införs direkt i slutkonstruktionen. Detta gäller så väl standardkomponenter som unika delar som använts i tidigare utvecklade projekt. Vid sökande efter nya standardkomponenter eller ny konstruktion av nya detaljer används en process som till stor del består av kreativa moment så som

brainstorming och olika typer av matrisformuleringar men även mer allmänna tillvägagångssätt så som egenskapsanalys och klassisk dimensionering av egenskaper. Målet med detaljkonstruktionen är att ta fram en funktions- och användningsriktig detalj som tillverkas i åtminstone ett exemplar. Konstruktion av ny detalj innefattar tre faser uppbyggnadssätt, utformning samt val av material. Med uppbyggnadssätt menas att konstruktionsparametrar och layout bestäms på detaljnivå, utformningen genomförs genom att dimensioner, färg samt form bestäms. Val av material beskrivs mer utförligt i *kapitel 3.5 nedan*. Dessa tre faktorer är dock mycket beroende av varandra och måste därför hanteras och integreras tillsammans under detaljkonstruktionen för att uppnå ett bra resultat. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004)

Under projektets gång kommer detaljkonstruktionen ske i CAD-programmet Solid Edge ST6. Detta är ett kraftfullt 3D-verktyg till PC där solida detaljer konstrueras, dimensioneras och sätts samman till färdiga produkter. Detaljkonstruktionen kommer att ske till större del på Fagerströms kontor, där kraftfulla arbetsstationer med full licens till Solid Edge programvara tillhandahålls.

3.4 FEM-analys

Finita Element Metoden (FEM) är ett sätt att bestämma fältvariationen för ett visst område, så som förskjutningen och spänninganalys eller värmeutbredning vid temperaturanalys. FEM är en numerisk metod som används för att söka en approximativ lösning för ett visst fälts utbredning där grundproblemet inte går att lösa analytiskt. Huvudproblemet löses genom att dela in problemet i flera delar och lösa dessa var för sig, varje liten del av problemet kallas för ett element som i sin tur är uppbyggd av ett antal noder. Kända fysiska lagar är applicerade på varje litet element som har en väldigt enkel geometri.

En kontinuerlig funktion approximeras sedan med hjälp av delvis linjära funktioner i varje element. De okända variablerna är diskreta värden till den fältvariabel som beräknas vid varje nod. Efter detta fastställs ekvationer för varje element, denna process leder till att man får ett antal algebraiska ekvationer för hela systemet vilka enkelt kan lösas för att få reda på fältdistributionen. (Lin & Quek, 2003)

CATIAs Generative Structural Analysis (GAS) kommer att användas för att analysera och beräkna FEM av de delar som består av flera ingående komponenter. Även lättare beräkningar kommer att genomföras i Solid Edge inbygga FEM-verktyg Simulation Express.

3.5 Materialvalsprocess

Med hjälp av CES programvara och tillhörande databas genomförs en materialvalsprocess på en kritisk del i konstruktionen. Denna process sker enligt Ashbys metod för materialval som består av fyra steg (Ashby, Shercliff, & Cebon, 2010):

Translation: Översätt designkraven till mekaniska, termiska, elektriska egenskaper som materialet måste uppfylla. Det är viktigt skilja på krav och önskemål.

Urval: Eliminera de materielgrupper som inte möter kraven.

Rangordning: Identifiera de kandidater som löser uppgiften bäst. Detta görs genom att identifiera ett s.k. materialindex. Detta materialindex kan bestå av en eller flera materialparametrar som antingen skall maximeras eller minimeras för att få de bästa egenskaperna.

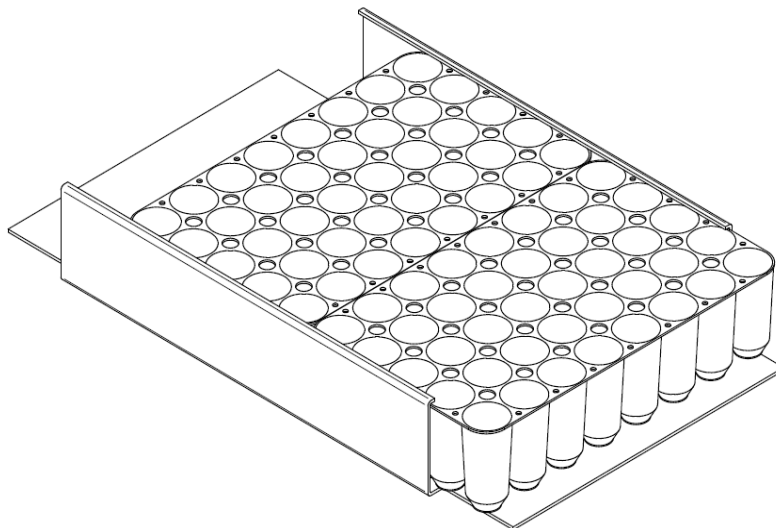
Dokumentation: Går ut på att en detaljerad profil av toppkandidaterna skrivs. På grund av tidsåtgången kan detta ej göras på mer än ett fåtal av kandidaterna som kan lösa uppgiften. Profilerna skall vara tydliga och förklarande, gärna med bilder och/eller diagram.

4. GENOMFÖRANDE

I följande kapitel beskrivs genomförandet av arbetet. Hela processen från delkoncept till färdiga delar behandlas, medan sammanställningen av dessa delar behandlas i *kapitel 5, sammanställd konstruktion*.

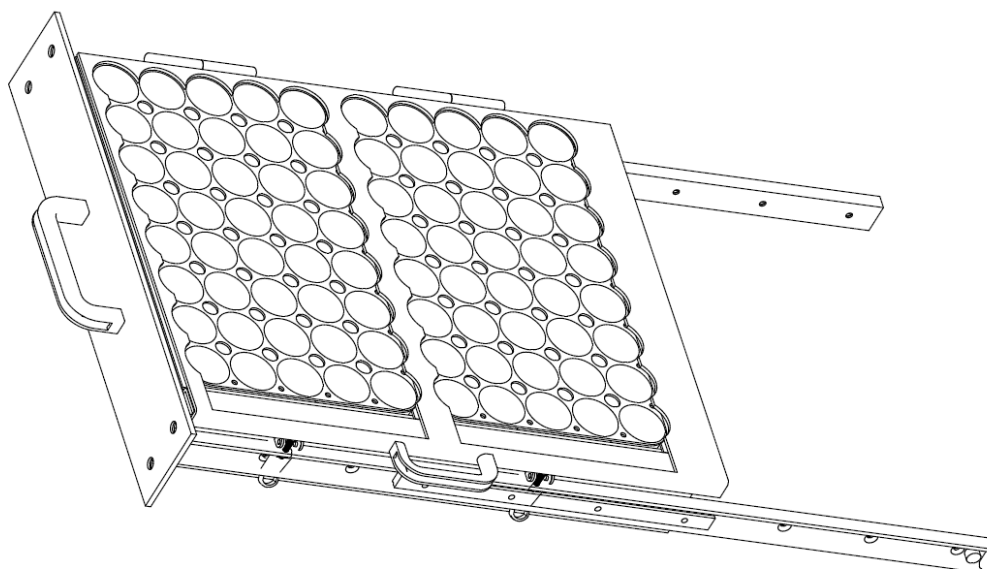
4.1 Detaljkonstruktion av släde

Efter framtagning av en lösning till delfunktionen ”En smidig laddning och fixering av kassetterna i planteringsaggregatet”, *se bilaga 1*, påbörjades konstruktionen av första solidmodellen. Denna kallas släde v1, *se figur 9 nedan*. Denna modell är tänkt att sitta fäst i ramen, inuti planteringsaggregatet. Den matas med kassetter från sidan och fixerar två kassetter i rätt läge, för att sedan lätt kunna trycka dit en ny kassett varpå en redan tömd kassett automatiskt faller ut på andra sidan. Denna modell hade en rad svårigheter. Bland annat krävdes en avancerad lösning för att få till både fixering, och att den skulle gå att mata från en sida. En annan svårighet är att personen som ska ladda kassetterna måste sträcka sig in i själva konstruktionen för att göra detta.



Figur 6- Släde v1

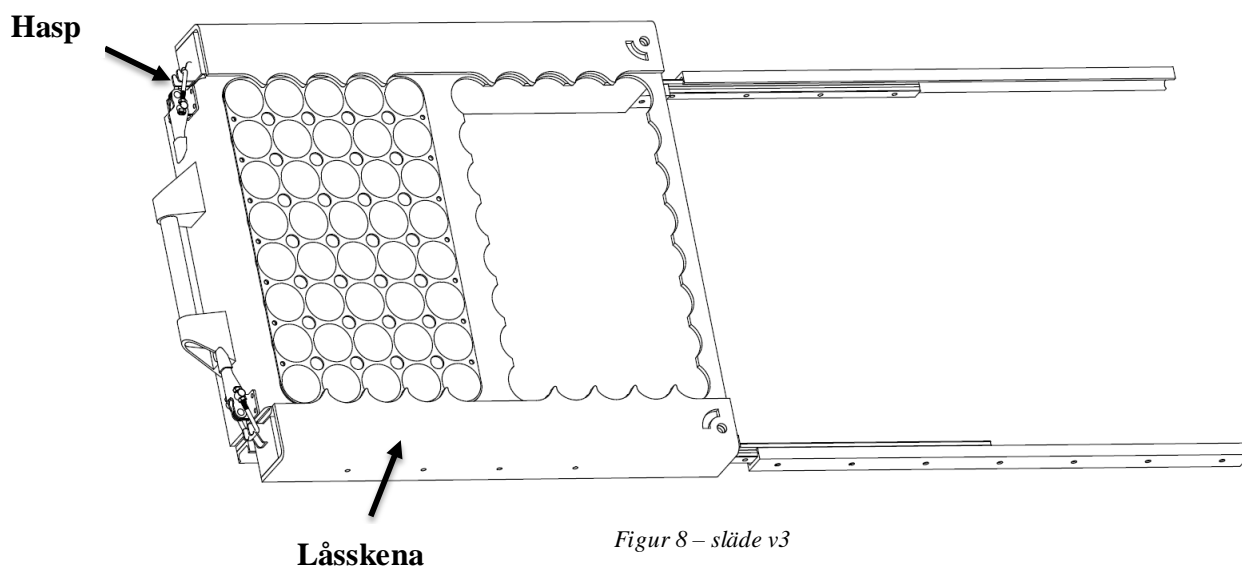
Efter konstruktionsmöte med Carl Johan Fagerström och Johan Almquist så arbetades en ny modell fram. Denna kallas släde v2, *se figur 10 nedan*. Släde v2 skiljer sig från konceptet som AMP (Almquist & Brandt 2014) beskriver som skenan. Denna modell är tänkt att fungera som en utdragbar låda. Hela släden kan dras ut ur planteringsaggregatet och laddas manuellt. I denna släde finns två färdiga platser för kassetter och dessa fixeras efter laddning med hjälp av ett lock på framsidan av lådan. Lådan i sig rör sig in och ut ur planteringsaggregatet med hjälp av en linjärmodul monterad på varsin sida av släden.



Figur 7 – Släde v2

Ett problem som visualiserades först när släde v2 var färdig, var att granplantorna, som är ca 20-40 cm enligt Johan Henriksson (Henriksson, 2015), produktionschef på Södras plantskola, skulle försvåra själva stängningen av locket och därmed även försvåra fixeringen av kassetterna.

Ytterligare ett konstruktionsmöte med Fagerström hölls för att rådfråga kring slädens slutliga utformning. Detta möte ledde till den slutliga modellen, släde v3. Även denna är en låda, monterad på linjärmoduler, som dras ut ur planteringsaggregatet vid laddning av kassetter. Men istället för ett lock som fixerar kassetterna så monteras en skena i överkant och en skena i underkant på släden. Dessa spänns åt med en hasp vid fixering och de fälls enkelt ut åt vardera hållet vid laddning av nya kassetter, *se figur 11 nedan*.



Figur 8 – släde v3

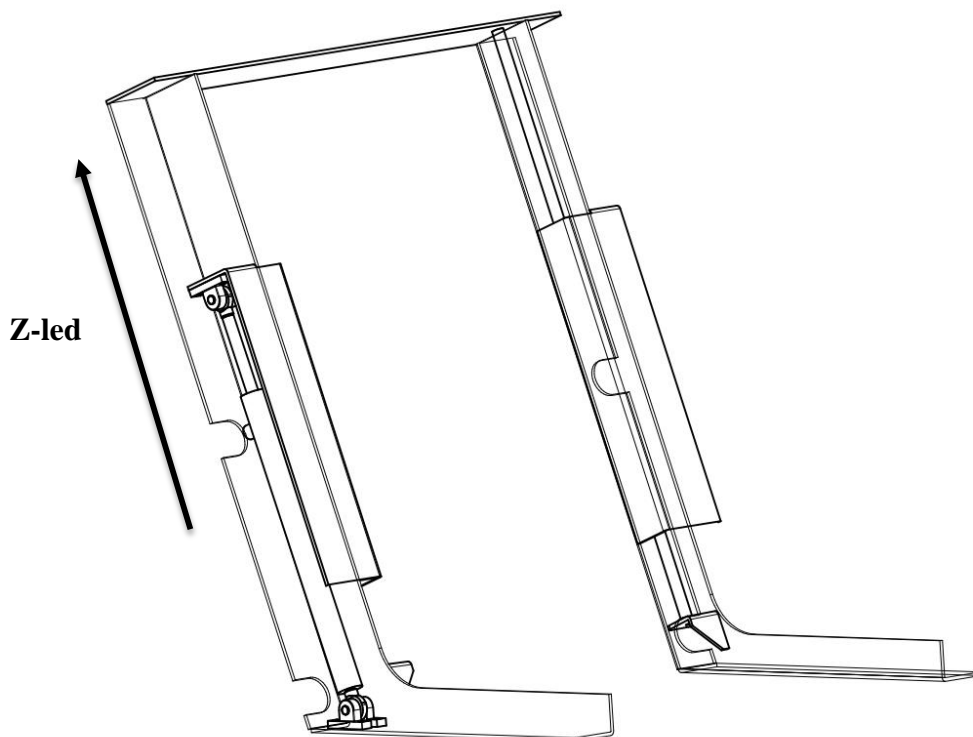
För att kunna behålla en helt L-formad låsskena i över- och underkant så monteras en kloss i plast som även agerar stopp i ändläge för inspanning.

4.2 Detaljkonstruktion av ram

Lösningen till delfunktionen ”orientera planta för avlämning”, *se bilaga 1*, består av två sidoplåtar samt en toppplåt för att ge den dess yttre form samt för att ge utrymme för infästning av övriga komponenter. Konstruktionen består av 5mm plåt för att ge den god stabilitet vilket krävs för att klara både vikten av de komponenter som är fästa på ramen då den är hjärtat i konstruktionen, samt yttre påverkan i form av vibrationen samt accelerationskrafter från rörelser av lastmaskinen.

Rörelsen i Z-led åstadkoms med hjälp av två hydraulcylindrar monterade en på varje sida av sidoplåtarna, *se figur 12 nedan*, med en slaglängd som är tillräckligt stor för att klara av att orientera varje planta i kassetten för avlämning. Hydraulcylindrarna är utrustade med absolut linjärgivare för att kontrollera positionen även efter att strömbrott skett. Detta för att minska risken att skada utrustningen.

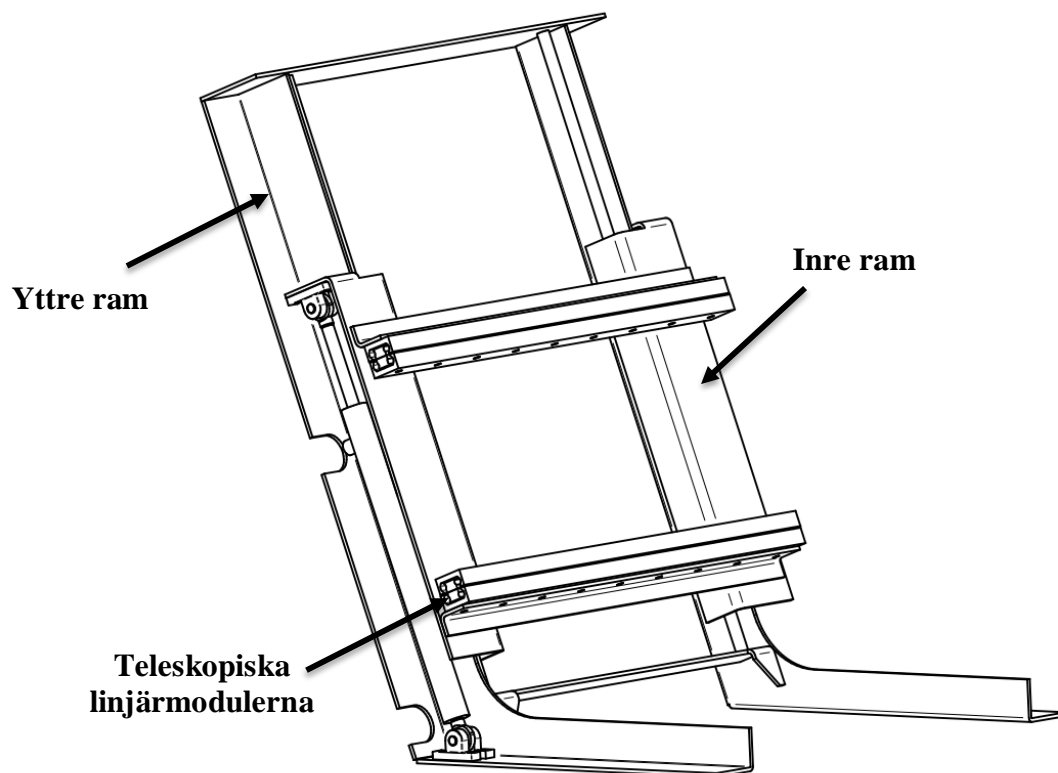
För att hydraulcylindrarna inte skall kunna belastas snett under lyft- eller sänksekvensen används ett skensystem. Dessa skenor gör att slädens rörelse blir linjär i Z-led.



Figur 9- Ram v1

Efter att FEM-analys genomförts på de teleskopiska linjärmodulerna samt samtal med tillverkaren valdes IBC LCAD 43 serien att används för in och utdrag av släden dels tack vare goda mekaniska egenskaper och dels att slaglängden är över 100 % av ursprungslängden vilket förenklar konstruktionen för laddningen av kassetter då detta sker utanför maskinen i sig.

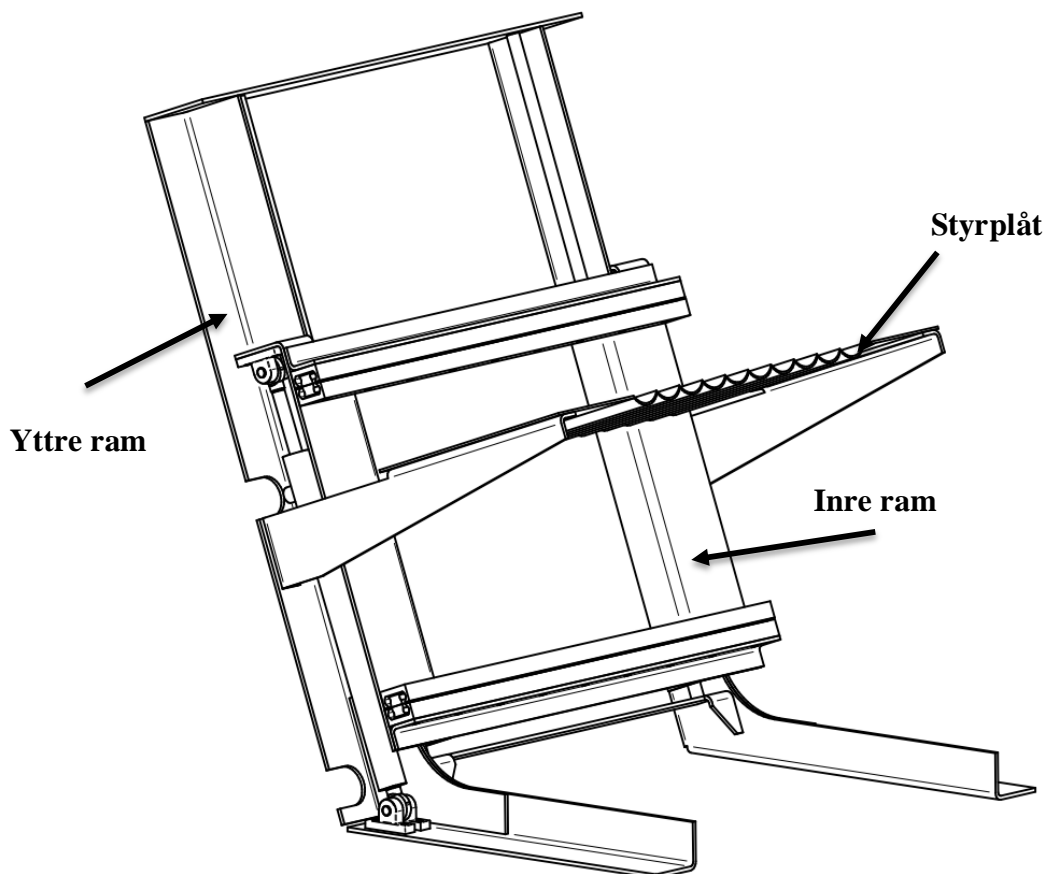
För att öka styrkan i konstruktionens nedre kant byts de två separata fästena för den horisontella rälsen ut mot ett gemensamt fäste som sträcker sig mellan insidan på rälssidorna. Rälsen i sin tur består av en $\text{Ø}20\text{mm}$ ytbehandlad rundstång för att minska friktionen. I den inre ramen används rälsblock från IGUS. Fördelen med dessa är att de tål smutsiga miljöer och är helt underhållsfria. Dessa block valdes för att Fagerström tidigare har fått goda resultat med samma typ av lösning i tidigare applikationer samt att de är helt utan rörliga delar och mycket kostnadseffektiva. Resultatet av ovan nämnda förändringar gav Ram v2, som illustreras i figur 13 nedan.



Figur 10 - Ram v2

Efter överläggning under ett konstruktionsmöte tillsammans med Fagerström beslutades att konstruktionen måste förstärkas i övergången mellan den horisontella- och vertikala delen. En extra 5mm plåt läggs utanpå befintlig konstruktion utformad för att passa ramens ytterlinjer. På samma möte bestämdes även att den styrplåt som fanns i konceptet AMP (Almquist & Brandt, 2014) skall innefattas i detaljkonstruktionen. Denna plåt behövs för att på ett säkert sätt styra plantan in i cylindern fäst i vaggan utan risk för att den kläms och skadas eller hamnar utanför cylindern.

Vid sammanställning med släden upptäcktes även att den inre ramen där de linjära teleskopmodulerna var fästa var för smal för att släden skall få plats i mellan. Detta gör att avståndet ökas mellan dessa. Efter genomförda förändringar blev Ram v3 resultatet, *se figur 14 nedan*.

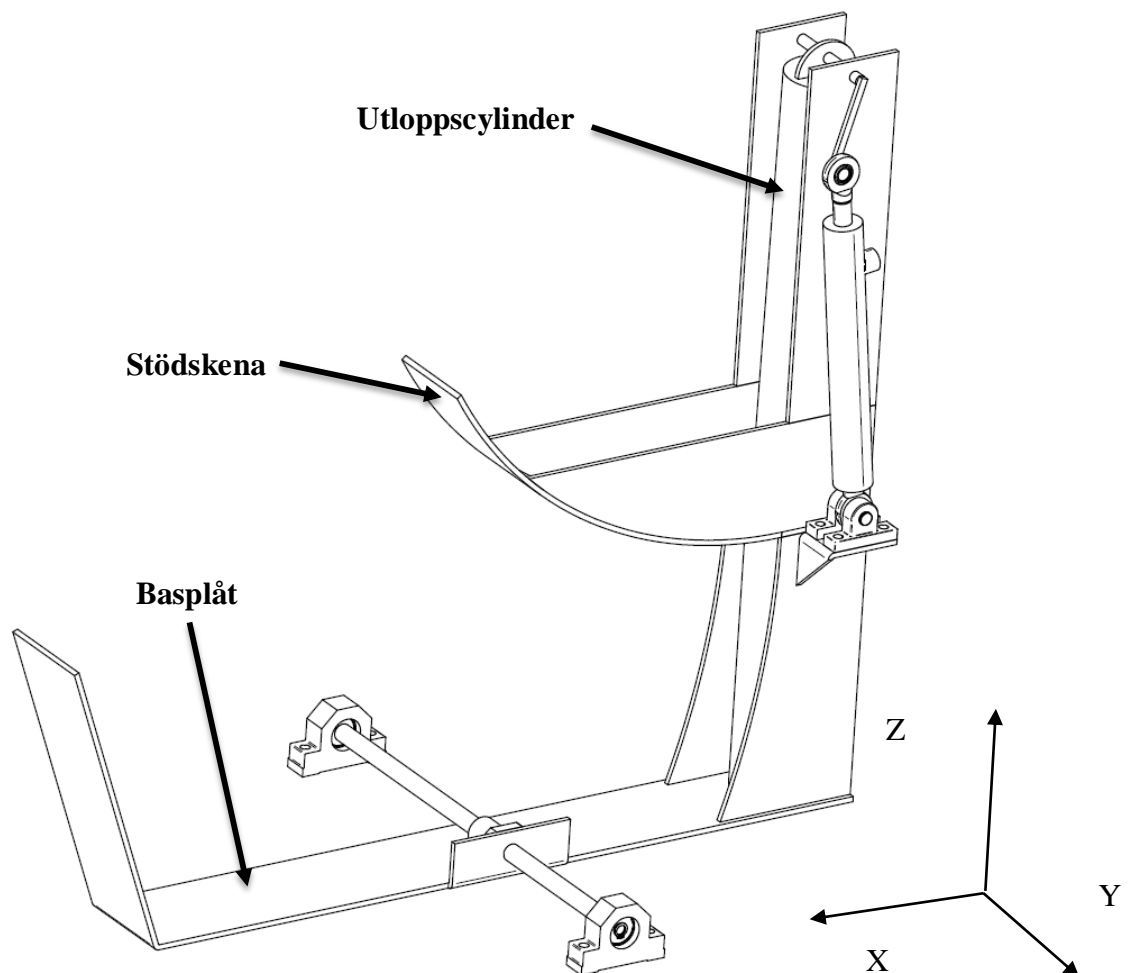


Figur 11- Ram v3

4.3 Detaljkonstruktion av vaggan

För att lösa delfunktionen ”Lämna planta i planteringsrör på signal”, se bilaga 1, så krävs en rörelse i Y-led, och ytterligare en rörelse i XZ-planet. Rörelsen i Y-led sker via en hydrauldriven kulskriv och möjliggör för att orientera vaggan vid rätt planta innan avlämning. Rörelsen i XZ-led sker med hjälp av en hydraulcylinder, monterad till en hävarm, som i sin tur är stelt fixerad i utloppscylinern. När denna hydraulcylinder slår ut så roterar utloppscylinern från det läge där plantan kan skjutas in i cylindern, till ett läge där den avlämnar plantan i planteringsröret.

För att förhindra plantan att lämna utloppsröret för tidigt så monteras en skena med samma lutning som rotationsbanan hos cylindern, vilket gör att plantan är låst i utloppscylinern under rörelsen i XZ-led. Plantan kan inte heller vända sig i utloppsröret efter själva avskiljningen från kassetten och torvklumpen hamnar således alltid nedåt i planteringsröret. Denna modell kallas vaggan v1, se figur 15 nedan.



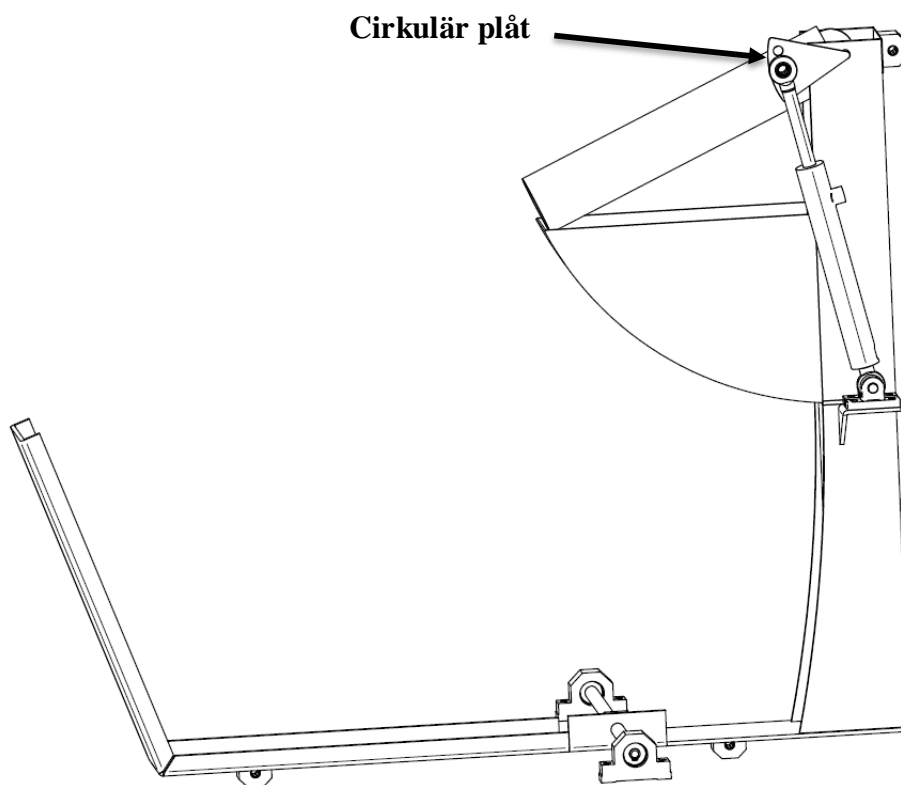
Figur 12 - Vaggan v1

Under ett konstruktionsmöte tillsammans med representant från Fagerström tas en rad punkter fram som behöver förbättras och optimeras hos Vagga v1. Basplåten som är själva grunden i modellen består i första utförandet enbart av en platt, bockad plåt.

För att stadga upp denna basplåt bockades kanterna upp. Det var tänkt att stabilisera hela vaggan som till största del har sin vikt fördelad högt upp, i vardera änden.

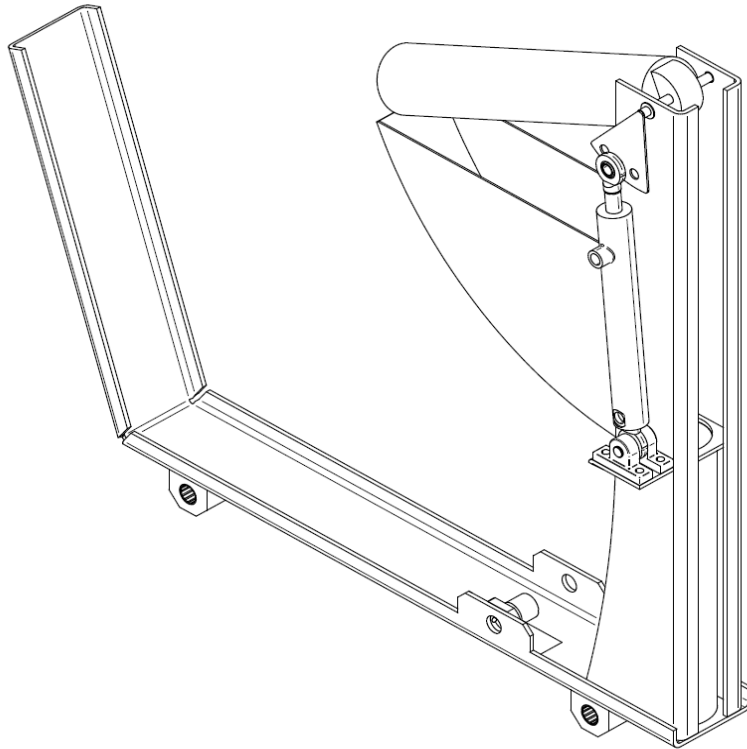
Ytterligare en förändring som utfördes på Vagga v1 var att ändra den hävarm som tidigare bara bestod av en enkel pinne, till att nu bestå av en cirkulär plåt med flera hål så att anpassning till hydraulcylindern skulle bli så enkel som möjligt vid montering. Under vaggan och längst upp vid utloppscylindern monterades linjärmoduler för att slippa så kallad "byrålådeeffekt" när vaggan ska röra sig längs Y-led med kulskruven.

Den stödskenan som ska agera stopp för plantan när den är avlämnad i utloppsröret ges en ny geometri, som leder till att minimera avståndet mellan dessa två detaljer. Risken för att torvklumpen ska hamna i kläm minskar i och med denna korrigerig. De sidoplåtar som löper längs stödskenan förlängs för ytterligare fixering av plantan när den är i utloppscylindern. Denna modell kallas Vagga v2, se figur 16 nedan.



Figur 13 – Vagga v2

Ytterligare ett konstruktionsmöte kring vaggans utformning hålls med Fagerström. Enbart små detaljförändringar visar sig nödvändiga efter detta möte. Basplåten bockas istället längs hela kanten och de vertikala plåtar som håller cylinder och stödskena på plats görs om till en sammanhängande plåt som även den bockas i vertikalt led. Dessa förändringar utförs med syfte att stabilisera vaggan. Hela konstruktionen kan under plantering ibland utsättas för stötar i sidled, vilket ger risk för oönskade påfrestningar på dess avlånga geometrier.

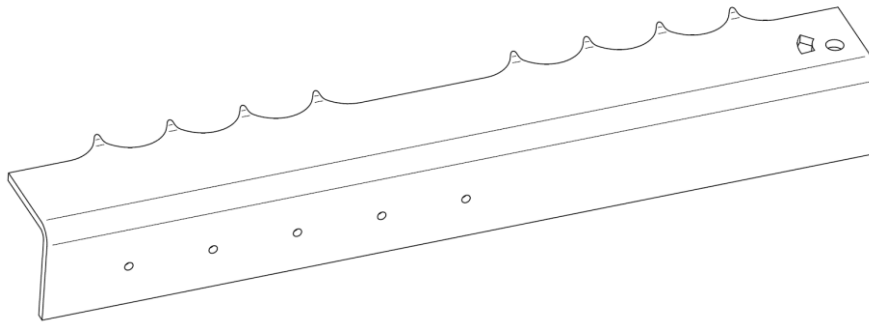


Figur 14 – Vagga v3

De tidigare nämnda linjärmodulerna som sitter undertill blir fler till antalet. Detta för att säkerställa en jämn och stabil rörelse i Y-led. Linjärmodulen som sitter i toppen tas bort, då en tänkt idé om att fixera överdelen av vaggan med hjälp av ramen uppkom under konstruktionsmötet. Ovan nämnda förändringar leder till att Vagga v3 tas fram, *se figur 17 ovan*.

4.4 Materialval

Komponenten som materialvalet utförs på är de två skenorna på utsidan släden, *se figur 18 nedan*. Dessa är tänkta att låsa fast kassetterna och fixera dem. Låsskenorna har en avancerad geometri och måste även klara av yttre påfrestningar genom spännhakar som låser skenorna i sina ändlägen.



Figur 15- Låslist

Första steget i materialvalsprocessen är att identifiera krav och önskemål för komponenten.

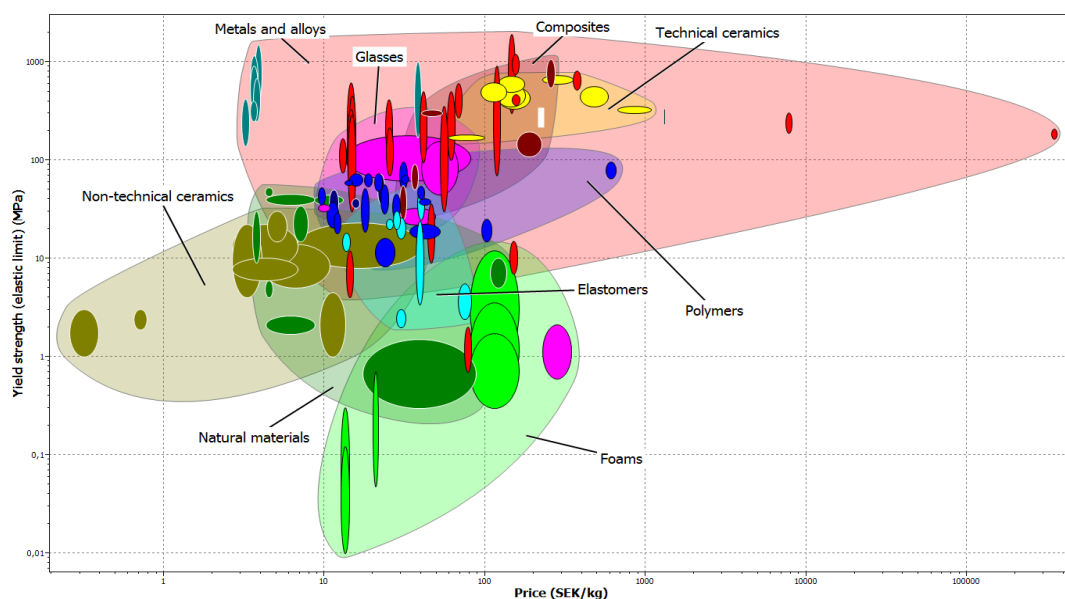
Krav: lågt pris, hög sträckgräns, utmattningshållfast.

Önskemål: korrosionsbeständigt, bearbetbarhet.

Mål: minimera vikt

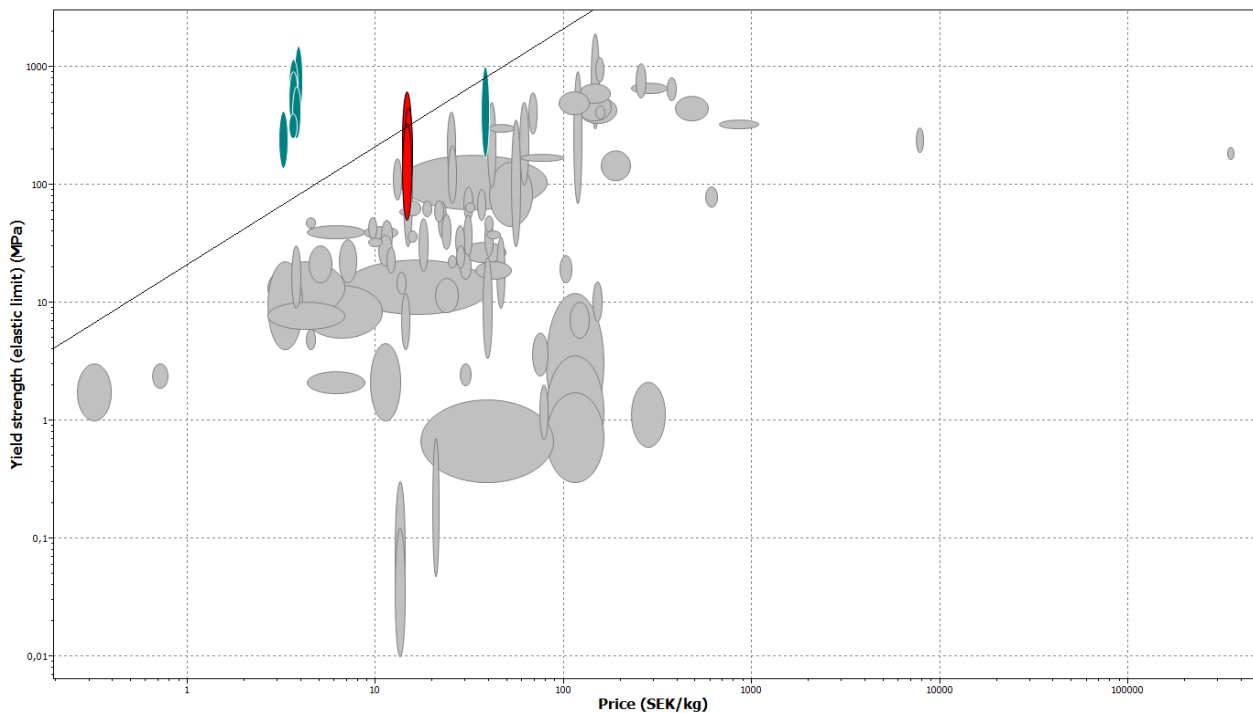
Fri variabel: material

I nästa steg elimineras materialgrupper som inte möter de krav och önskemål som är ställda ovan. Denna eliminering sker via CES EduPack 2014. I första urvalet ställs sträckgräns mot pris i ett diagram. *Figur 19 nedan* visar alla material i form av bubblor och de större färgade områdena indikerar materialgrupper och är namnsatta.



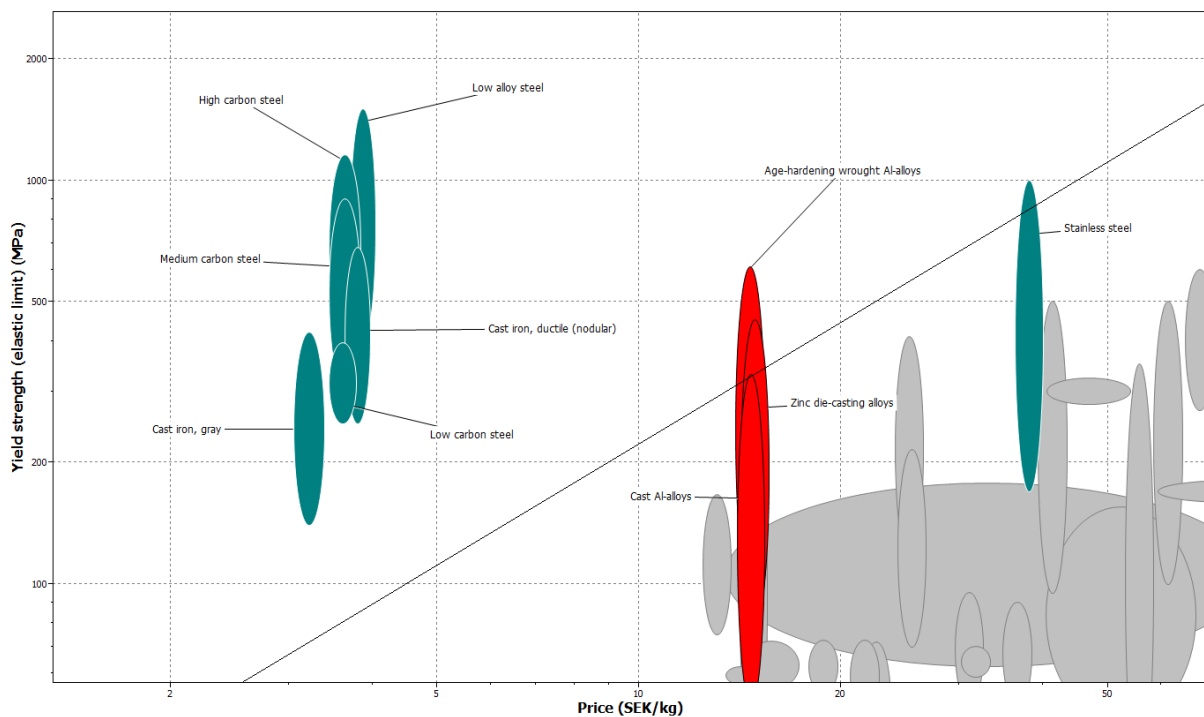
Figur 16 – Övergripande materialdiagram

Urvalet görs med hjälp av en linje med förutbestämd lutning som läggs på diagrammet. Detta visualiserar enkelt vilka material som hamnar över respektive under de ställda kraven.



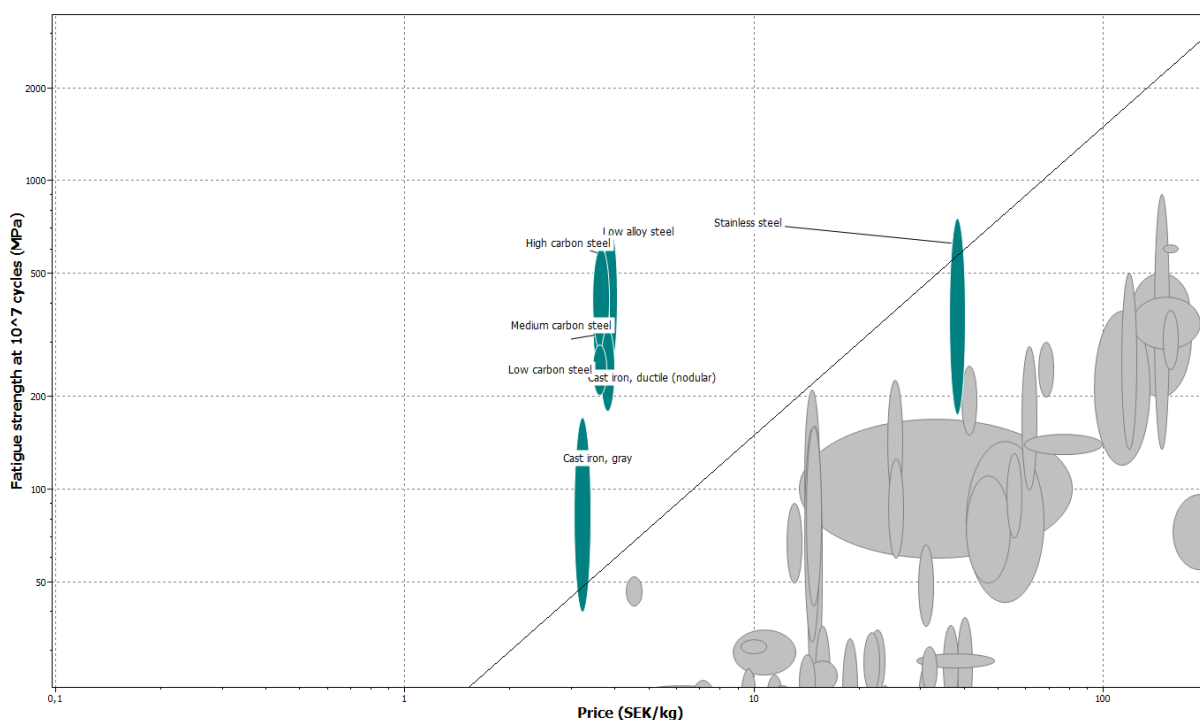
Figur 17 – Sträckgräns mot pris med eliminerade material

Figur 20 ovan visar hur en rad material i diagrammet har blivit gråmarkerade. De befinner sig under linjen och blir därmed eliminerade. En zoomning på det intressanta området görs och figur 21 nedan visar vilka material som nu återstår.



Figur 21 – Zoom av återstående material

Ytterligare ett krav på komponenten är god utmattningshållfasthet. Därför ställs även detta index mot priset på samma sätt som sträckgränsen för att ta reda på om några nya material dyker upp som möjliga kandidater.



Figur 22 – Utmattningshållfasthet mot pris med icke eliminerade material

Figur 22 ovan visar utmattningshållfastheten ställd mot priset på samma sätt som tidigare. Vid en jämförelse av de två olika diagrammen ges att utmattningshållfastheten som materialindex ger sju möjliga material medan sträckgränsen möjliggör tio stycken material. Eftersom de sju material som visas i figuren ovan är gemensamma för båda elimineringarna så blir de dessa material som kvarstår efter urvalsprocessen. Dessa är:

- Låglegerat stål
- Lågkolstål
- Högkolstål
- Mediumkolstål
- Rostfritt stål
- Gjutjärn, ductile
- Gjutjärn, grå

Nu återstår en rangordning av dessa material innan dokumentationen och det slutliga materialvalet görs. Denna rangordning sker med hjälp av ett materialindex, sammansatt av flera parametrar. I tidigare diagram fick en ensam parameter stå som index men för att få en mer övergripande rangordning skapar man ett materialindex som ger ett bredare mått på hur bra materialen uppfyller kraven. Beroende på hur detta materialindex sammanställs så ska det antingen vara så stort eller så litet som möjligt. Ekvationen nedan beskriver valt materialindex.

$$M = \frac{\sigma_s \cdot \sigma_u}{D \cdot P} \quad (1)$$

Detta index innehåller densiteten D , och priset P , i nämnaren. Två värden som ska minimeras enligt kraven. Täljaren består av sträckgräns σ_s , och utmattningssträckgräns σ_u , vid 10^7 cykler, vilket gör att materialindex, M , optimeras om det är så stort som möjligt. Värdena i tabellen nedan är tagna från CES EduPack 2014 databas. Dessa värden är det lägsta i respektive spann.

Tabell 1- Material parametrar

	σ_s [MPa]	σ_u [MPa]	D [kg/m ³]	P [sek/kg]	M
Rostfritt stål	170	175	7,6	36,3	108
Låglegerat stål	400	248	7,8	3,71	3428
Gjutjärn, ductile	250	180	7,05	3,65	1749
Gjutjärn, grå	140	40	7,05	3,06	265
Lågkolstål	250	203	7,8	3,45	1886
Mediumkolstål	305	229	7,8	3,45	3389
Högkolstål	400	281	7,8	3,45	4177

Tre tydliga toppkandidater utmärker sig i tabellen ovan. Högst i rangordningen hamnar höglegerat kolstål. Vidare studie av detta material i CES EduPack 2014, visar att tidigare användningsområden av höglegerade kolstål inte stämmer överens med den aktuella komponentens. Därför studeras låglegerat stål mer ingående då det materialet fick näst högst materialindex i rangordningen. Detta stål passar behoven bättre och tidigare användningsområden för materialet är bland annat rör och profiler. Sammantaget ger detta det slutliga valet av material till de två listerna. Låglegerat stål.

4.5 FEM-analys

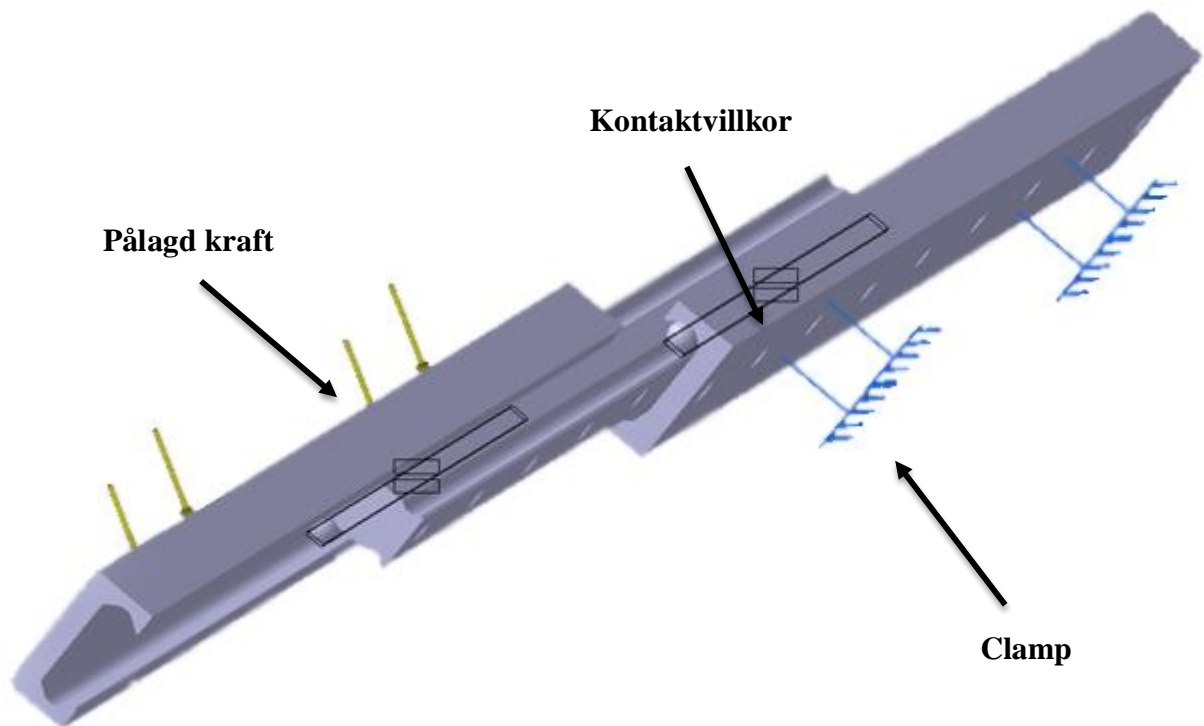
Efter samtal med Fagerström Industrikonsult bestämdes att konstruktionens mest kritiska del var de teleskoprälsar som fäster släden med ramen. Detta dels på grund av slädens vikt och dels på grund av rälsens långa slaglängd. Rälsarna skall inte bara klara statisk belastning utan även dynamisk belastning som uppstår både vid normal drift samt vid laddning av nya kassetter. Enligt leverantören (IBC Wälzlager GmbH) är både räls och lagerkullor tillverkade av ett låglegerat höghållfast stål med DIN märkning 1.7792.

4.5.1 Randvillkor

För att kunna genomföra de beräkningar i CATIA som krävs för analysera belastningen behövs randvillkor läggas på modellen. För att simulera den fasta inspänningen i ramen användes villkoret "clamp", *se figur 23 nedan*, vilken låser hela ytan från att deformera i alla riktningar.

Kulorna, som rullar i räls halvorna är åtta till antalet på varje över och undersida i de två lagren, ersattes med fyra kortare stavar för att underlätta simulering och minimera antalet randvillkor samt för att spara beräkningstid. På stavarna lades sedan ett "kontaktvillkor", *se figur 23 nedan*, för att fungera som den reella kontakten mellan kulorna och yttre- samt innerräls.

Ytterligare ett villkor lades på den rälsdel som i CAD-modellen är fäst i släden. Detta för att simulera den verkliga pålagda kraften som verkar på rälsen till följd av slädens tyngd, *se figur 23 nedan*.



Figur 23 - Randvillkor för räls

4.5.2 Analys av maximal utböjning

Den maximala utböjningen i rälsen, till följd av den pålagda kraften, uppkommer längst ut i den utdragna delen av rälsen. Enligt beräkningar i Catia blir denna maximala utböjning 2,47 mm. Detta visualiseras till höger i *figur 24 nedan*. Den vänstra delen är fast inspänd vilket leder till att den inte får någon utböjning alls, blått område till vänster i *figur 24 nedan*.



Figur 24 – Maximal utböjning för räls

För att veta om denna utböjning är trovärdig utförs förenklade handberäkningar (Dahlberg, 2001) på belastningsfallet. Rälsen kan förenklas till en fast inspänd balk och beräknas som ett elementarfall. Den utdragna delen av rälsen har slaglängden 0,762m och den motsvarar den totala längden vid beräkningar då resterande del är fast inspänd. Höjden är 0,043m och bredden är 0,022m. Den pålagda kraften delas upp i en x- och en y-komponent, där kraften i y-led är 180N och kraften i x-led är 100N.

P = Pålagd kraft
 L = Totala längden
 E = Elasticitetsmodulen
 I = Yttröghetsmomentet
 H = Höjden
 B = Bredden

$$\delta_y = \frac{P_y L^3}{3EI_y} \quad (2)$$

$$\delta_x = \frac{P_x L^3}{3EI_x} \quad (3)$$

$$I_y = \frac{BH^3}{12} \quad (4)$$

$$I_x = \frac{B^3H}{12} \quad (5)$$

Ekvation 2 och 4 ger tillsammans $\delta_y = 0,867\text{mm}$ och ekvation 3 och 5 ger $\delta_x = 1,84\text{mm}$. För att få den maximala utböjningen för balken i xy-led beräknas hypotenusan mellan dessa komponenter.

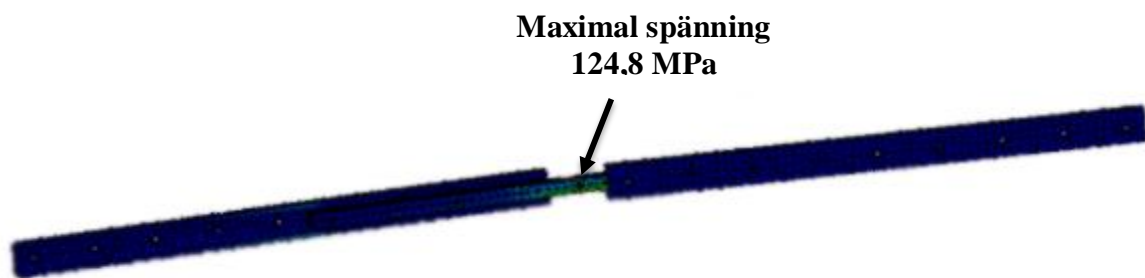
$$\delta_{\text{tot}} = \sqrt{\delta_y^2 + \delta_x^2} = 2,034\text{mm} \quad (6)$$

Resultatet av handberäkningarna skiljer sig från det resultat Catia beräknat. Skillnaden mellan dessa utböjningar är ungefär 0,46 mm. Denna skillnad beror med största sannolikhet på att handberäkningarna är gjorda på en förenklad modell av det verkliga fallet. Rälisen är till exempel en U-profil vilket Catia tar hänsyn till men som försummas i handberäkningarna där yttröghetsmomentet som används är för en rektangulär solid balk. Den smalare mellandelen av rälisen tas inte heller hänsyn till i handberäkningarna, vilket ger upphov till ytterligare skillnader i resultat.

Slutsatsen som dras av analysen av den maximala utböjningen är att Catias beräkningar är trovärdiga och mer noggranna än handberäkningar.

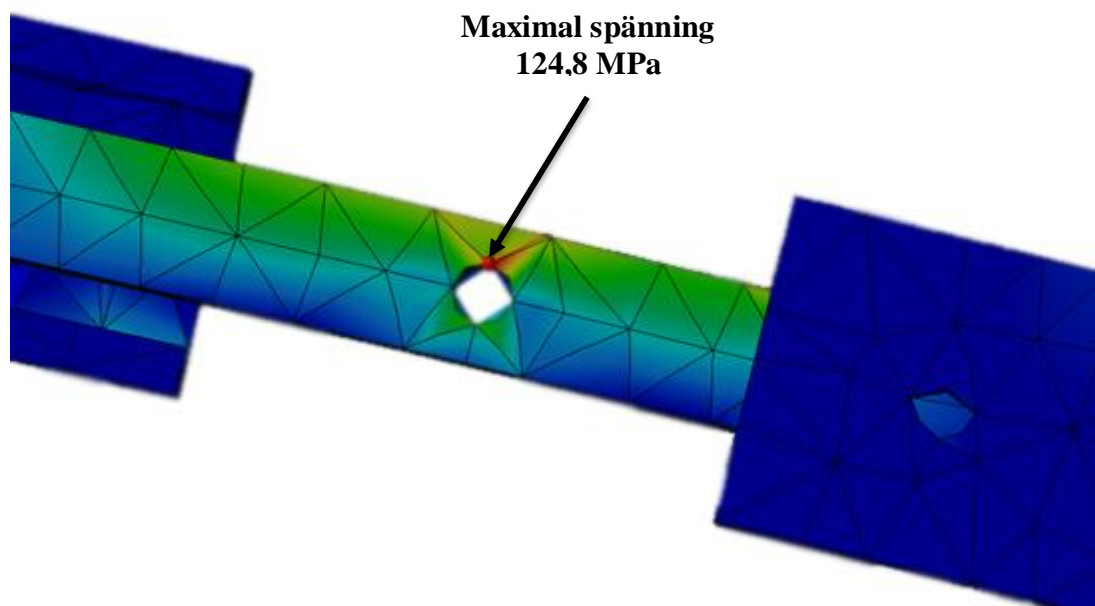
4.5.3 Analys av Von Mises-spänningar

Den maximala spänningen beräknad i Catia uppkommer i den smalare mittendelen av rälisen. Det är högst troligt att den hamnar just där då tvärsnittsarenan är som minst på detta ställe. Spänningen beräknas till 124,8 MPa och den är markerad i *figur 25 nedan*.



Figur 25 – Von Mises-spänning för räls

För att avgöra exakt var detta lokala spänningsmaximum uppkommer så görs en zoom på det intressanta området och denna visualiseras i figur 26 nedan.



Figur 26 – Zoom av intressant område av Von Mises-spänning

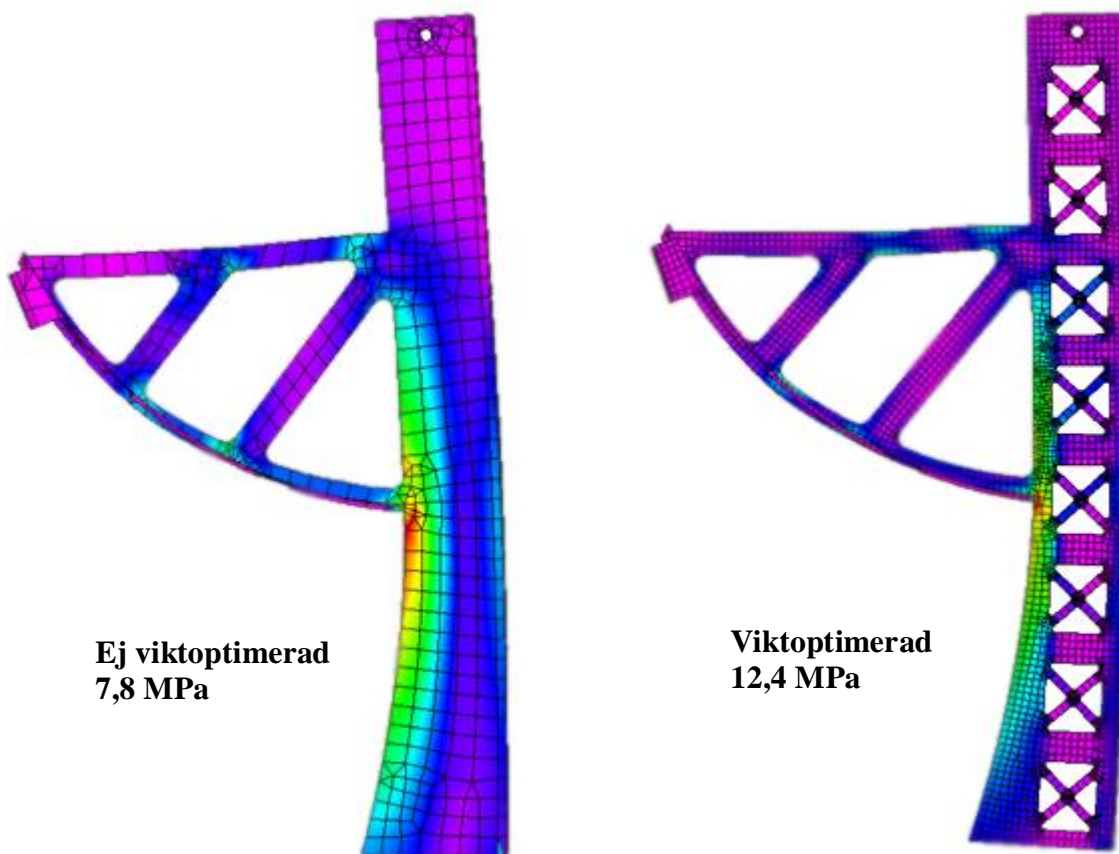
Figur 26 ovan visar att den högsta spänningen uppkommer kring hålet på den smala mittendelen. Texttrutan anger globalt maximum för Von Mises-spänningen. Denna del av rälsen har absolut minst tvärsnittsarea vilket ger upphov till denna spänningskoncentration. När den totala utböjningen analyserades kunde förenklade handberäkningar göras, men när det gäller analysen av Von Mises-spänningar så antas Catias beräkningar trovärdiga. Enligt broschyr från Hertsch AG så är sträckgränsen för materialet i rälsen 490 MPa vilket gör att den klarar aktuellt belastningsfall med god marginal.

4.6 Viktoptimering

En viktoptimering av ramen och vaggan utförs innan den slutliga konstruktionen sammanställs. Denna viktoptimering sker med hjälp utav ett verktyg i Solid Edge som tar bort onödigt material. Ett mönster skapas för att sedan enkelt läggas på ytor där inga detaljer sitter monterade. Solid Edge beräknar och tar bort materialet som fanns där mönstret lades på. Detta resulterar i en hålbild i detaljer som tidigare varit helt solida. Detta leder till en minimering av den enskilda detaljens vikt, och därmed även en viktoptimering på den slutliga sammanställningen.

För att säkerställa att denna viktoptimering inte påverkar konstruktionens hållfasthet så utförs en enkel FEM-analys på en detalj både före och efter det pålagda mönstret. För att visa tillvägagångssättet analyseras sidoplåten på vaggan. Sidoplåten påverkas både av accelerationskrafter samt krafter till följd av vikt från andra komponenter som sitter monterade i toppen av denna plåt.

Vikten av dessa komponenter är 20kg vilket motsvarar en pålagd kraft i Solid Edges FEM-verktyg på 200N. Resultatet av denna analys illustreras i figur 27 på nästa sida, där det röda området är den maximala spänningskoncentrationen för respektive fall.



Figur 27 - Spänningskoncentration för vaggans sidoplåt

Slutsatsen av denna FEM-analys är att spänningskoncentrationen hamnar på samma ställe i båda belastningsfallen. Avläsning av största spänning i det första fallet, *vänster i figur 27 ovan*, gav 7,8 MPa vilket är en mycket låg spänning. Andra fallet, *höger i figur 27 ovan*, där material är utskuret efter tidigare nämna mönster gav en maximal spänning på 12,4 MPa. Detta är en ökning men anses fortfarande vara en mycket låg spänning. Slutsatsen blir att spänningen ökar något vid denna typ av viktoptimering men det kommer inte att påverka hållfastheten märkbart.

Totalt utförs viktoptimering på 7 detaljer. Tabellen nedan visar resultatet av detta.

Tabell 2 - Resultat av viktoptimering

	Före[kg]	Efter[kg]	Viktminskning[kg]
Sidoplåt (vagga)	4,473	3,776	1,394 (två stycken)
Basplåt (vagga)	6,855	5,396	1,459
Fäste stödplåt (ram)	2,889	2,451	0,876 (två stycken)
Ramtop (ram)	2,8	2,071	0,729
Ramsida vänster	9,585	7,258	2,327
Ramsida höger	9,585	7,258	2,327
Kantplåt (ram)	3,446	3,173	0,546 (två stycken)
Totalt			9,658

Den totala viktoptimeringen på 9,658 kg motsvarar 8,18 % av den totala konstruktionens vikt.

5. SAMMANSTÄLLD KONSTRUKTION

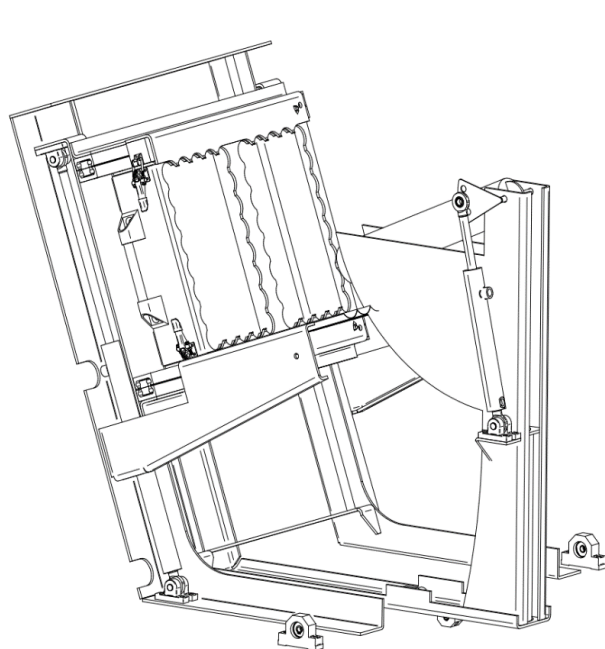
I detta kapitel behandlas den slutliga konstruktionen. Den benämns nedan som AMP 2.0. Det är en konstruktion sammansatt av de tidigare beskrivna delarna vaggan, ramen och släden. Utvecklingen av AMP 2.0 sker på samma sätt som för respektive delkonstruktion. Alltså med hjälp av löpande konstruktionsmöten med handledare på Fagerström.

Första steget vid sammanställningen av delarna är att utföra en kollisionsanalys. Detta för att säkerställa att inga rörliga delar stöter samman med varandra vid användning av AMP 2.0. Andra steget är att göra hål och montera skruvar/muttrar på alla ställen där detta behövs. Dessa skruvar och muttrar läggs även de till i lisan för köpdetaljer, *se bilaga 3*.

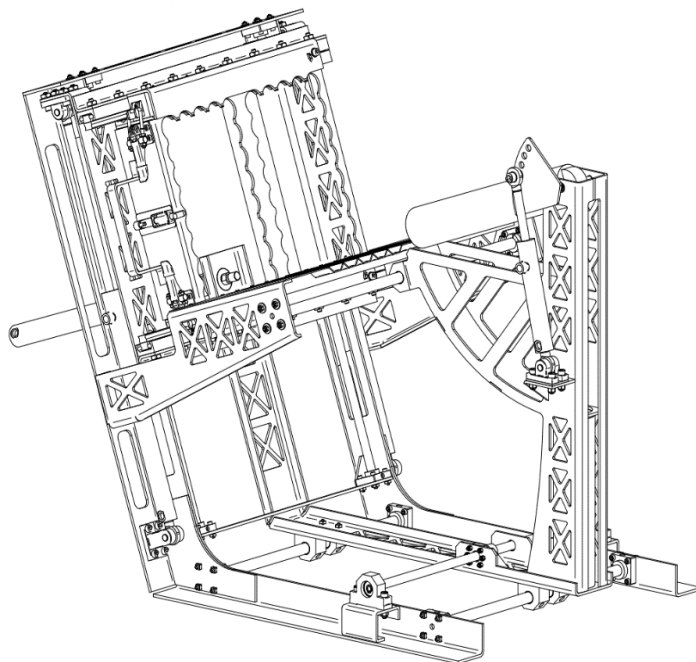
Bilaga 4 innehåller sammanställningsritningar på delkonstruktionerna vaggan, ramen och släden och *bilaga 5* innehåller renderade 3D-bilder på den slutliga konstruktionen.

5.1 Utveckling av sammanställd konstruktion

Efter att en slutlig CAD-modell satts ihop upptäcktes direkt en rad problem då delkonstruktionerna utvecklades enskilt och med målet att endast lösa det aktuella problemet för varje delfunktion. Arbetet fortsatte med att få de olika delkonstruktionerna att passa och fungera tillsammans för att lösa huvudfunktionen. Detta krävde en del stora anpassningar på samtliga delar. Dessa anpassningar behandlas vidare i kap 5.1.1. *Figur 28a* nedan visar AMP 2.0 utan anpassningar, och *figur 28b* nedan visar AMP 2.0 med anpassningar, viktoptimering och skruvförband.



Figur 28a - AMP 2.0 direkt efter sammansättning av delkonstruktionen



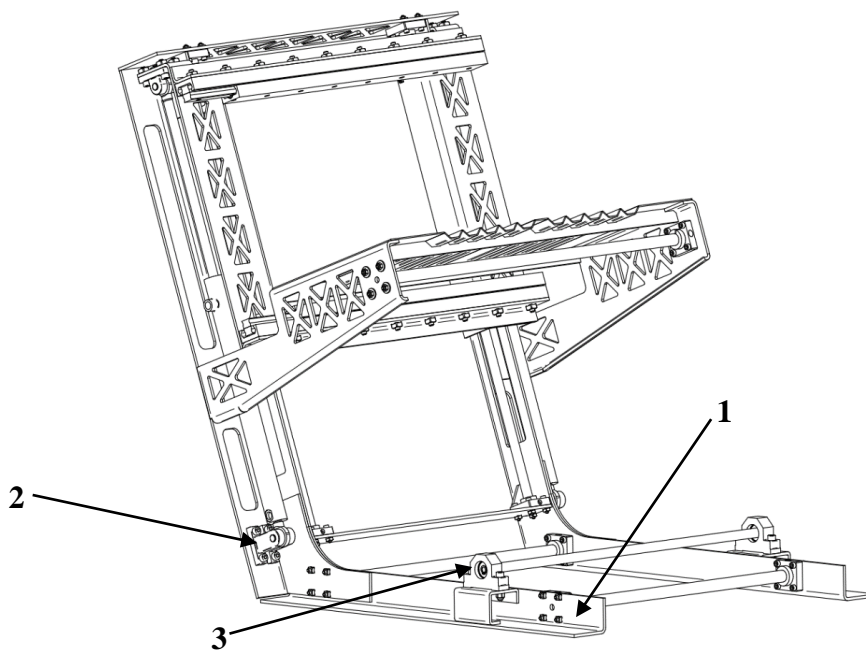
Figur 28b- AMP 2.0 färdig konstruktion

5.1.1 Förändringar på Ramen

För att anpassa ramen till vaggan förlängdes bottenprofilen med 200 mm. Detta för att ge konstruktionen mer stabilitet och för att ge mer utrymme för ingående delar. En av dessa var de rundstänger som vaggan ”glider” på med hjälp av lagerblocken från IGUS. För att ge AMP 2.0 mer stabilitet och motståndskraft mot slag och stötar monterades en överskjutande räls i styrplåtens undersida, *se figur 29 punkt 1*. Genom att sätta denna räls högt upp i Z-led motverkas vaggans möjlighet att välta i sidled samtidigt som belastningen på övriga fästelement minskar.

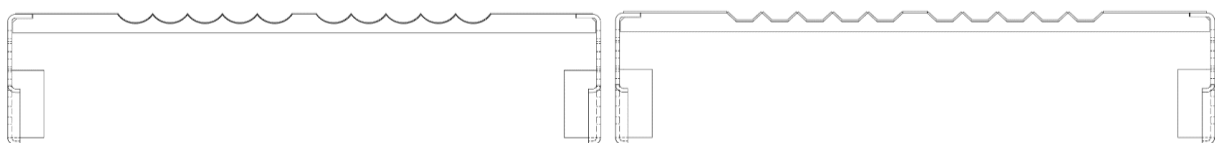
En kortare hydraulcylinder monterades vilket ledde till att det nedre fästet flyttades från den horisontella till den vertikala delen av ramen. Detta medförde dock att fästet var tvunget att modifieras, avståndet ökades mellan rotationscentrum och fästets infästningspunkt för att cylindern skulle gå fri från kollision med fästets botten. *se figur 29 punkt 2*.

Som nämnts tidigare används en kulskruv, driven med hjälp av en hydraulmotor för att flytta vaggan i y-led. Kulskraven är lagrad i ändarna med hjälp av lagerblock från SKF. För att göra AMP 2.0 till en fristående enhet flyttades fästen från att vara svetsade i planteringsaggregatet till att istället vara fästa i själva ramen. *se figur 29 punkt 3*.



Figur 29 - AMP 2.0 ram

Under ett konstruktionsmöte diskuterades tillverkningsmetod av alla ingående komponenter. Resultatet blev att plåten som styr plantan från att den lämnar kassetten mot utloppscylindern i vaggan skulle bli mycket svår att tillverka. Den pressade plåten byttes till tio stycken individuellt bockade plåtar som svetsas ihop för att fylla samma funktion. *Se figur 30 nedan*.



Figur 30a - Styrplåt tidigare

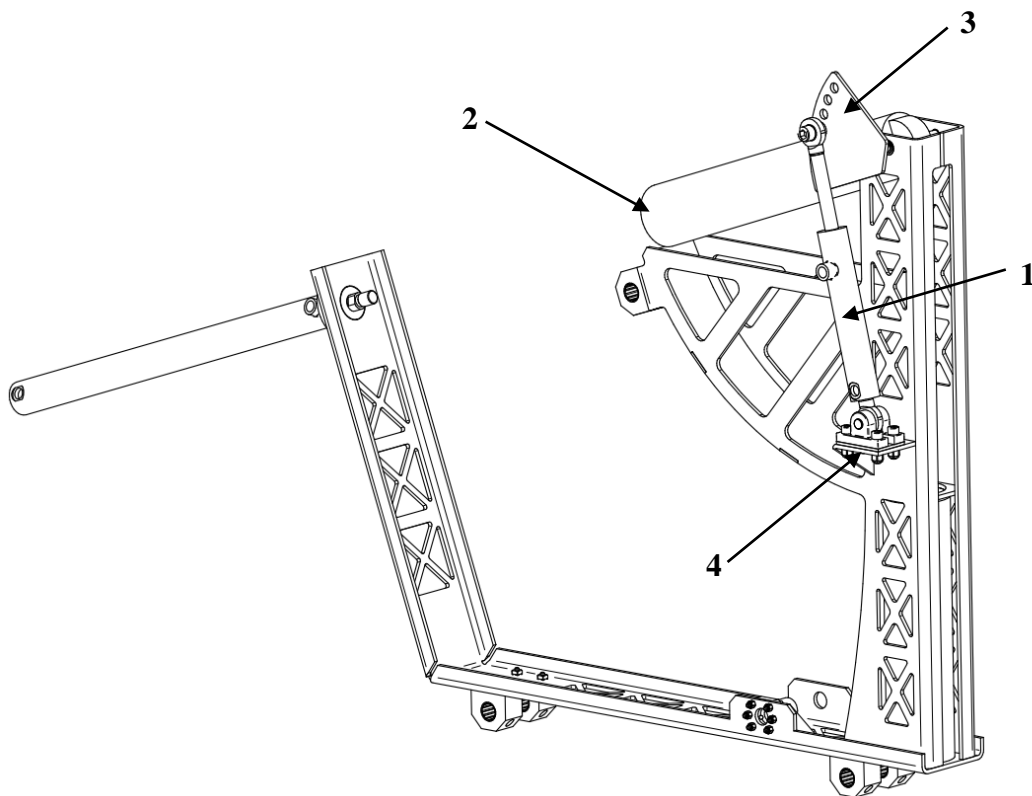
Figur 30b - Styrplåt aktuell

5.1.2 Förändringar på Vaggan

För att lättare kunna styra cylinderns läge byttes hydraulcylindern som drev rotation mot en hydraulcylinder med kortare slaglängd. Detta gjorde att cylinderns ändlägen kunde synkroniseras med hydraulcylinderns mekaniska stopp. *Se figur 31 punkt 1.*

För att vaggan skulle kunna hämta plantan i rätt läge var cylinderns rotationspunkt tvungen att sänkas med 75mm. Detta berodde till största del på att cylinderfästen ändrades på ramen. En extra uppsättning IGUS glidlagerblock monterades på vaggans sidoplåt för att passa på rundstången som monterats på ramen för att bidra till konstruktionens stabilitet. *Se figur 31 punkt 2.*

På ett av de sista konstruktionsmötena med Fagerström diskuterades den genomgående axeln som löper genom cylindern. Resultatet blev en montering av en större ”tårtbit” med flera hål för att ge en bättre möjlighet till finjusteringen av cylinderns rörelse samt för att kunna svetsa 360° runt axeln. *Se figur 31 punkt 3.* För att ytterligare kunna trimma in rörelsen flyttades fäste för hydraulcylinder ner 5mm i z-riktningen, detta för att få plats med ett antal shimsbrickor. *Se figur 31 punkt 4.*

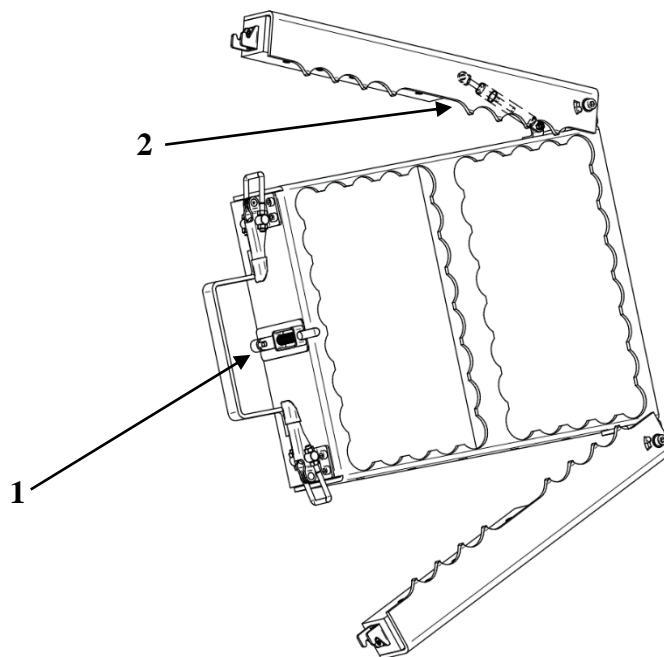


Figur 31- AMP 2.0 Vagga

5.1.3 Förändringar på släden

För att kunna garantera att släden var låst i det inre läget konstruerades en fjäderbelastad låsmekanism. I samband med inpassning av låsmekanismen ansågs det att befintligt handtag skulle hamna för nära låset, vilket i sin tur betydde att de skulle bli svårt att dra ut släden för operatören om den hade handskar på sig. Detta ledde till att ett nytt mycket större handtag konstruerades. *Se figur 32 punkt 1.*

Enligt handledarna på Fagerström bör i- och urladdning av kassetter underlättas vilket ledde till att en gasfjäder monterades i den övre låslisten på släden. Gasfjäders fjäder håller upp låslisten i det övre läget så att operatören kan använda båda händerna för att effektivare kunna ladda magasinet med nya kassetter. *Se figur 32 punkt 2.*



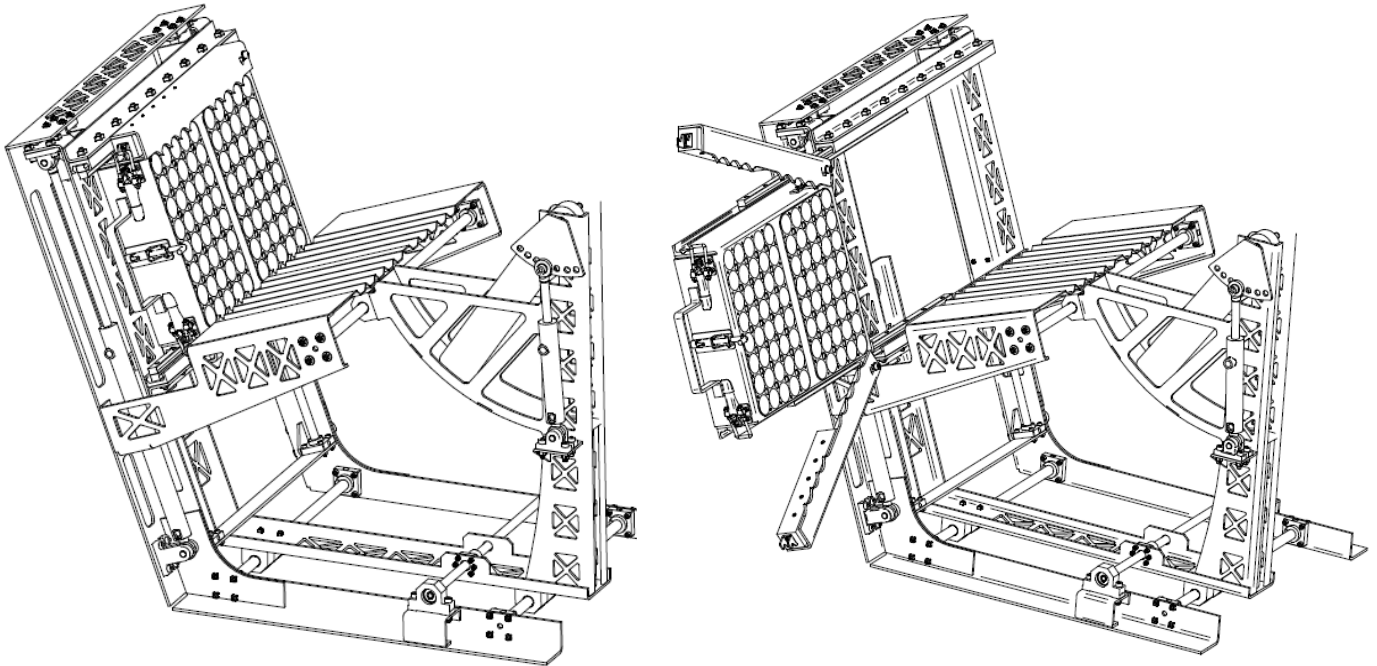
Figur 32 - AMP 2.0 släde

5.1.4 Fästelement

Under detaljkonstruktionens slutskede efter att det säkerställts att de ingående delarna var korrekt placerade i förhållande till varandra utfördes val vilka fästelement som skulle användas och var. Enligt önskemål från Fagerströms skulle så många delar som möjligt svetsas men på de ställen detta inte gick används istället insexskruv och i största majoritet svetsbultar. Detta på grund av de vibrationer och slag som uppstår under drift som i sin tur kan leda till att bultarna lossar av sig själv.

5.2 Arbetscykel för AMP 2.0

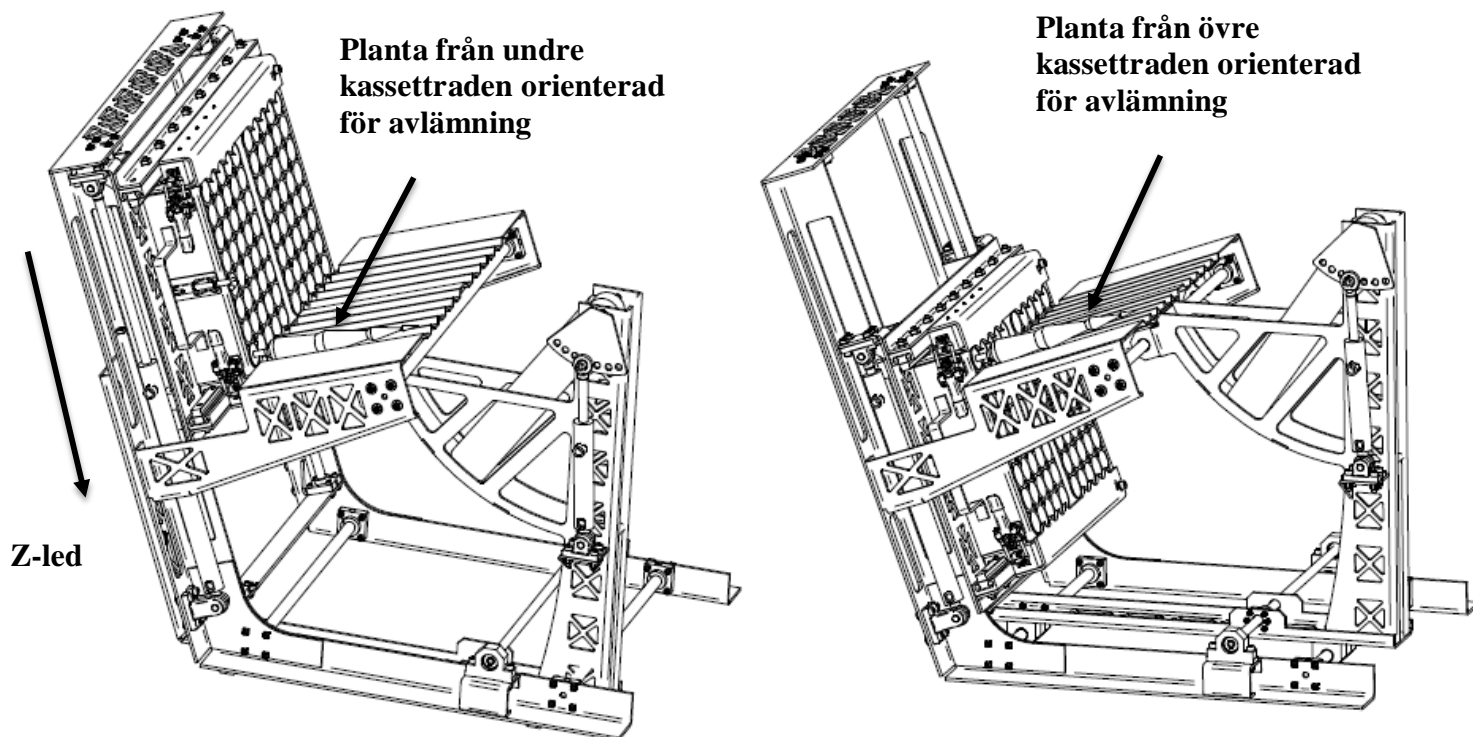
Första steget i arbetscykeln är att ladda maskinen med nya kassetter. Låsningen på släden avlägsnas och hela släden dras ut via linjärmoduler med hjälp av ett handtag på slädens kortsida. När linjärmodulerna är i sitt yttre ändläge så lossas hasparna för sidoplåtarna på skenan och sidoplåtarna fälls ut, *se till höger i figur 33 nedan.*



Figur 33 - AMP 2.0 med släde utdragen och öppen(höger) och släde inne och stängd(vänster)

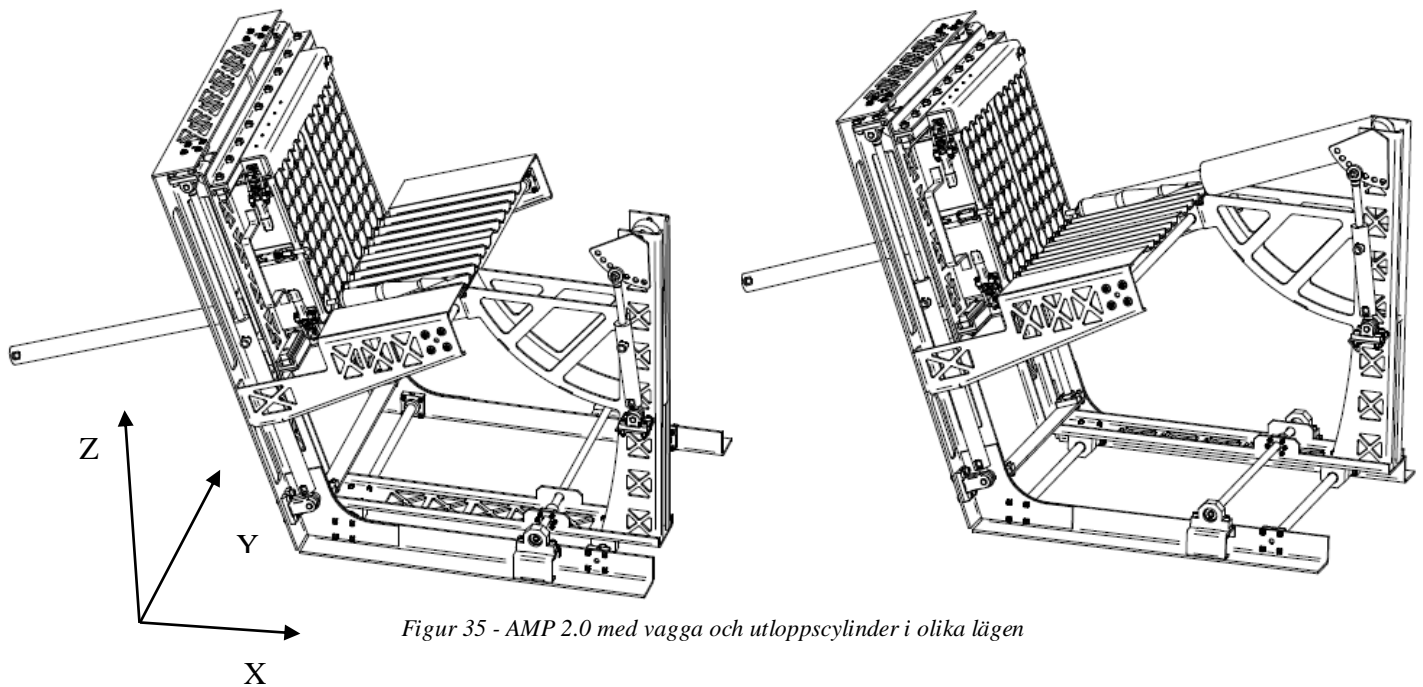
När de tomma kassetterna är utbytta mot nya kassetter med granplantor så fälls sidoplåtarna in igen och fixerar kassetterna i släden. Dessa spänns fast och släden är redo att med hjälp av montören skjutas in i AMP 2.0 igen, nu fulladdad.

Nästa steg i arbetscykeln är att orientera planta för avlämning. Denna orientering sker i Z-led, med hjälp av två hydraulcylindrar som sitter monterade på ramen. När dessa hydraulcylindrar förflyttar sig så sker samma förflyttning av släden då den sitter monterad i den del av ramen som påverkas av hydraulrörelsen. På så sätt hamnar rätt rad av plantor i position för avlämning vid stödplåten, *se figur 34 nedan*.



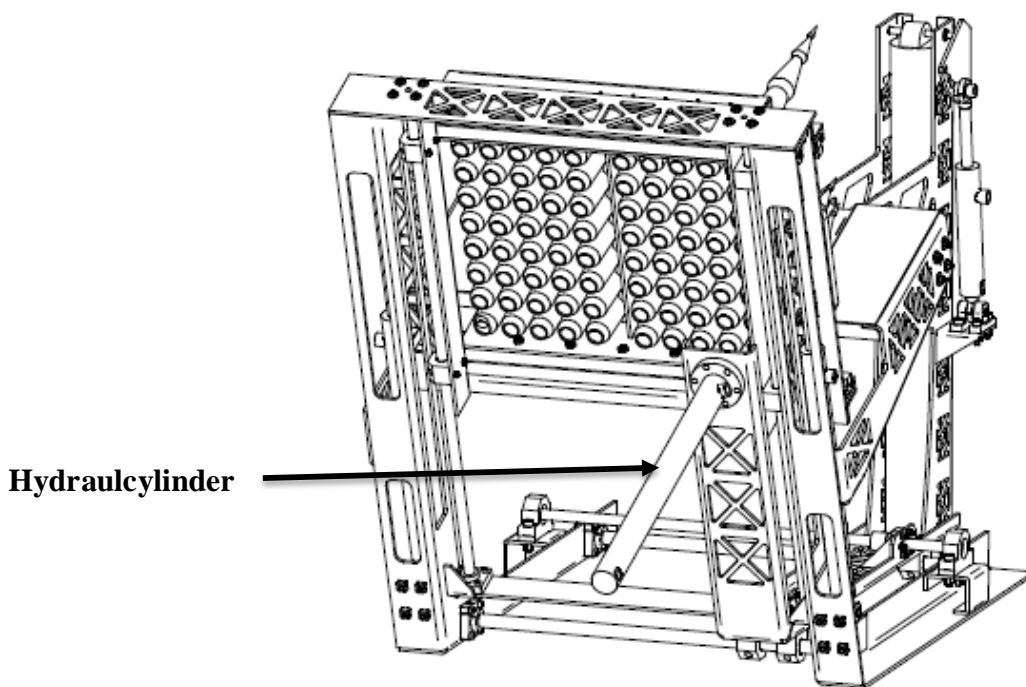
Figur 34- AMP 2.0 med släde i övre läge(vänster) och undre läge(höger)

Tredje steget i arbetscykeln är att vaggan orienterar sig i Y-led med hjälp av en hydrauldriven kulskruv för att utloppsröret ska vara på samma position som plantans fixa Y-position. När vaggan är orienterad i Y-led så rör sig vaggans utloppscyliner i XZ-planet med hydraulcylinder för att kunna ta emot plantan i ena ändläget och avlämna plantan i planteringsröret i andra ändläget. *Till höger i figur 35 på nästa sida* är utloppscylindern i läge för avhämtning av planta ur kassett och vaggan är i position för att hämta plantan i raden längst till höger. *Till vänster i figur 35 på nästa sida* är utloppscylindern i det läge där plantan lämnas i planteringsrör i Bracke P11.a, och vaggan är i position för att hämta plantan i raden längst till vänster.



Figur 35 - AMP 2.0 med vagger och utloppscylinder i olika lägen

Sista steget i arbetscykeln för AMP 2.0 är själva avskiljningen av plantan från kassetten. Detta sker med en hydraulcylinder på baksidan av ramen. Denna cylinder är fäst i vaggan och befinner sig därmed på samma position som utloppscylindern men på baksidan av kassetterna. När de tidigare stegen i arbetsprocessen är utförda och plantan är orienterad för avlämning kan hydraulcylindern på baksidan slå ut maximalt och därmed knuffa ut rätt planta ur kassetten in i utloppsröret, *se figur 36 nedan.*



Figur 36 - AMP 2.0 baksida

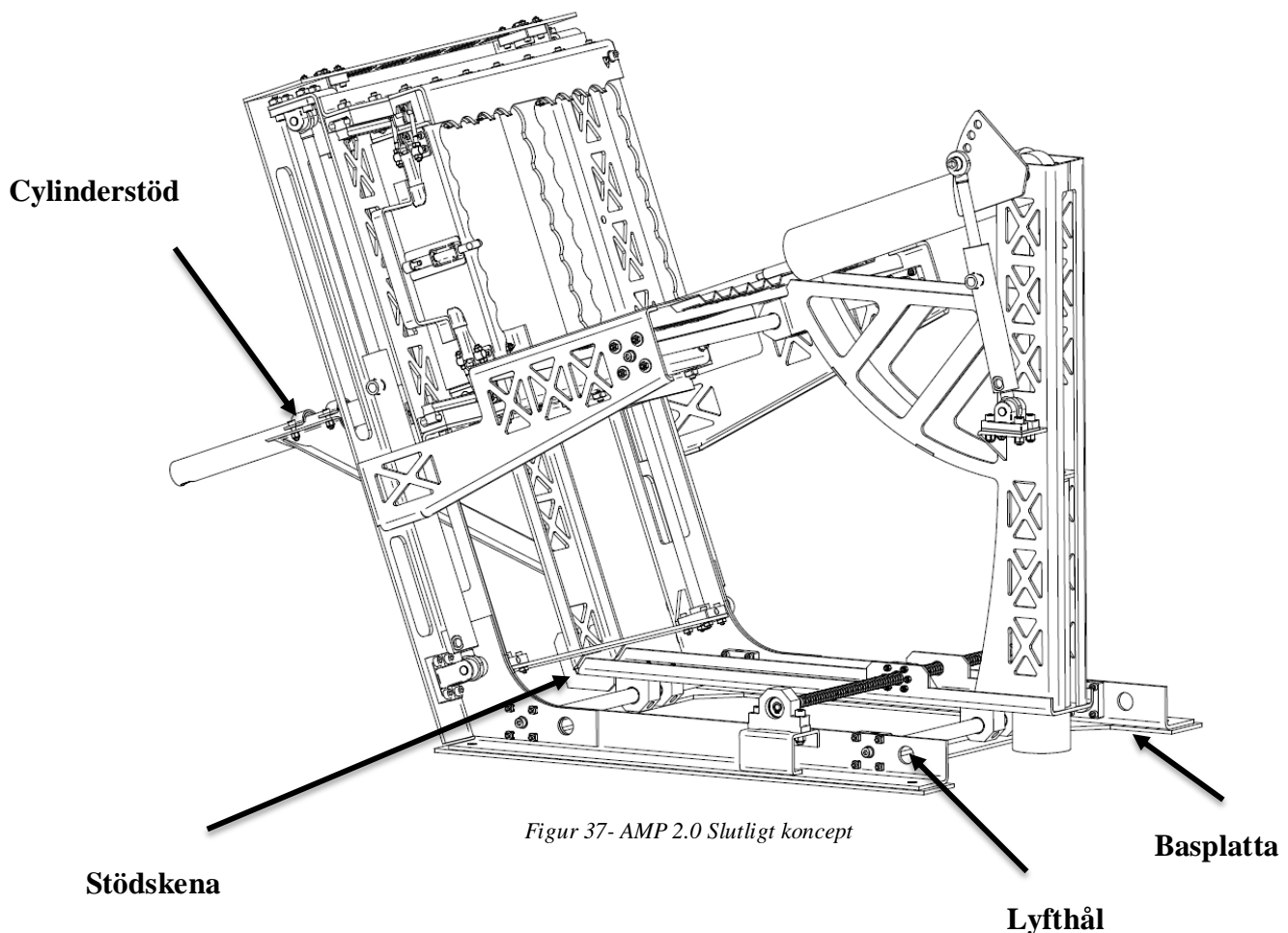
5.3 Slutligt koncept

Ett absolut sista konstruktionsmöte med Fagerström hölls för att fastställa solidmodellen. Under detta möte upptäcktes fyra punkter som behövde förbättras. Först och främst måste man kunna lyfta AMP 2.0 på ett enkelt sätt. Därför ansätts fyra hål i den nedre delen av ramen. Dessa hål sitter parallellt med varandra för att man enkelt ska kunna föra in stänger i konstruktionen och i sin tur lyfta AMP 2.0 med dessa stänger.

Hydraulcylindern på baksidan av AMP 2.0, som visualiserades i figur 36 i föregående kapitel, behövde ytterligare stöd då den är utsatt för stötar och vibrationer. Detta åtgärdas med cylinderstöd som fixerar cylindern och förhindrar att den kan böja sig.

Ytterligare en detalj som behövde förbättras var vaggans basplåt och en förstärkning av den del av plåten som är kraftigt bockad krävdes. Detta sker i form av två skenor som läggs tvärs över den bockade delen. Detta bör ge tillräckligt stöd för vaggan att utföra sin tänkta uppgift.

Sista förändringen var att lägga till en basplatta som hela AMP 2.0 svetsas fast på. Denna basplatta är tänkt att förenkla installation och byggnation av konstruktionen. Det blir denna basplatta man utgår ifrån när resten av AMP 2.0 ska byggas. På så sätt säkerställer man att avstånd och vinklar mellan ramsidorna blir rätt. I figur 37 nedan visas dessa slutliga förbättringar.



6. SLUTSATS

Syftet med arbetet var att genomföra detaljkonstruktion samt komponentval utifrån slutgiltigt koncept i rapport från examensarbete, Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat (Almquist & Brandt, 2014). Då fullständig detaljkonstruktion genomförts med tillhörande komponentval så anses syftet med arbetet vara uppfyllt.

Utöver detta huvudsakliga syfte så preciserades frågeställningen ytterligare, och en rad delmål ställdes upp. Ett utav dessa mål var att uppfylla ställda krav enligt kravspecifikation från ovan nämnda rapport. Denna kravspecifikation, *se bilaga 2*, har uppfyllts på alla ställda krav. Även större delen av de önskemål som ställdes i denna kravspecifikation är uppfyllda. Det har inte tagits någon hänsyn till önskemålet om att ge återkoppling av status på magasin till operatör under arbete. Detta då arbetet avgränsades till att inte behandla givare och att ge återkoppling sker med största sannolikhet med någon typ av givare.

Ytterligare ett önskemål som inte är uppfyllt med säkerhet är den totala kostnaden som enligt tidigare kravspecifikation (Almquist & Brandt, 2014) skulle ligga på under tvåhundrausen kronor. Den verkliga kostnaden kan enbart uppskattas då en exakt siffra tillkommer först vid själva beställningen och tillverkningen. Dessutom var en avgränsning i detta arbete var att ingen fysisk prototyp skulle tas fram.

Ett delmål i preciseringen av frågeställningen var att AMP 2.0 skulle uppfylla mekanisk funktion enligt AMP (Almquist & Brandt, 2014). Konstruktionen skulle alltså kunna utföra de delfunktioner, *se bilaga 1*, som tagits fram för tidigare koncept. Dessa funktioner har uppfyllts fullt ut då arbetsgången har kretsat kring att lösa en delfunktion i taget och därefter sätta ihop det till en slutlig konstruktion. På så sätt säkerställs att alla delar i konstruktionen uppfyller respektive mekanisk funktion.

Ett önskemål från Fagerströms var att hydraulik skulle nyttjas till största möjliga mån, då ett aggregat på 125 bar redan fanns tillgängligt på grävmaskinen. Detta har lett till att alla rörelser som förekommer i AMP 2.0 sker med hydraulcylindrar och hydrauldriven kulskruv.

Att utföra ett materialval var något vi själva gärna ville göra då detta område intresserat oss genom skolgången. Det visade sig att det resultat som framkom av detta val överensstämde med de material som Fagerström Industri Konsult AB faktiskt använder sig av till större delen av sin produktion.

I mån av tid skulle även ritningar tas fram. Då arbetet med detaljkonstruktionen gick snabbare än väntat möjliggjorde det att sammanställningsritningar togs fram i slutet av projektet. En ritning på vaggan, en på ramen och en på släden samt en sammanställning på hela AMP 2.0, *se bilaga 4*.

Om resultatet av arbetet är trovärdigt eller inte är svårt att analysera utan att tillverka en prototyp. Alla komponenter som valts finns tillgängliga för beställning, och måttsättningen är anpassad till Bracke P11.a, HIKO V-93 med täckrotsplanta. Konstruktionen bör därför med största sannolikhet fungera i praktiken.

7. FRAMTIDA ARBETE

Vidare bör arbetet med AMP 2.0 kretsa kring den fysiska byggnationen av planteringsaggregatet och att utföra test tillsammans med de komponenter den är tänkt att fungera med. Ytterligare utveckling skulle vara att optimera delar för att förenkla tillverkningen av AMP 2.0. I dagsläget är den utformad att utföra delfunktionerna och detta kan ha genererat onödigt komplicerade geometrier.

Ritningar till alla enskilda detaljer behöver tas fram innan arbetet med att bygga AMP 2.0 kan påbörjas. Ett annat stort arbete som måste utföras i framtiden är att montera och programmera alla givare som behövs för att köra AMP 2.0. Dessa givare ska kontrollera de flesta positionerna på rörliga delar, och eftersom aggregatet består av en rad system så blir detta arbete omfattande.

I dagsläget är inte AMP 2.0 utvecklad för att möjliggöra enkel transport och installation av aggregatet. Även detta är något som bör arbetas vidare med i framtiden.

REFERENSER

- Almquist, B., & Brant, A. (2014). *Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat*. Institutionen för produkt- och produktionsutveckling. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Ashby, M., Shercliff, H., & Cebon, D. (2010). *Materials : engineering, science, processing and design* (2 uppl.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- BCCAB. (den 30 Mars 2015). Hämtat från HIKO V-93: http://www.bccab.com/Produkt-Growing-Systems-eng.php?sd_esp_1_pid=32
- Bracke forest. (den 30 Mars 2015). Hämtat från Bracke P11.a: http://www.brackeforest.com/app/projects/brackeAllNew/images/P11aSVEwww_12.pdf
- Dahlberg, T. (2001). *Formelsamling i hållfasthetslära* (3:e uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Ersson, B. T. (2014). *Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden*. Umeå: Arkitektkopia AB.
- Hallonborg, U., Mattsson, S., von Hofsten, H., & Thorsén, Å. (1997). *Forestry planting machines - a description of the methods and the machines*. Uppsala: Skogsforsk. Uppsala.
- Henriksson, J. (den 20 April 2015). E-mail.
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2004). *Produktutveckling : effektiva metoder för konstruktion och design* (1 uppl.). Stockholm: Liber.
- Lin, G., & Quek, S. (2003). *Finite Element Method : A Practical Course*. Jordan Hill: Butterworth-Heinemann.
- Parr, A. (2002). *Hydraulics and Pneumatics A technician's and engineer's guide*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

BILAGOR

Bilaga 1 – Delfunktioner

Bilaga 2 – Kravspecifikation

Bilaga 3 – Köpdetaljer

Bilaga 4 – Sammanställnings ritningar

Bilaga 5 – Renderade bilder

Bilaga 1 – De fyra delfunktionerna

Sida 1(1)

F1. Klargöra kassetter för att avskilja plantor.

För att kunna avskilja plantor från kassetterna måste kassetterns position vara känd samt att kassetten ska ha intagit position för lossning.

F2. Skilja planta från kassett.

För att kunna leverera en planta till planteringsrör måste plantorna skiljas från kassett, vilket görs genom att skapa motriktade krafter mellan kassett och planta.

F3. Orientera planta för avlämning.

För att plantan ska levereras rätt måste den efter avskiljande från kassett positioneras genom att den orienteras i x- y- och z-led till ett stående läge med torvklump.

F4. Lämna planta i planteringsrör på signal.

När inväntad signal att ladda planta ges, skall denna tas emot och en planta levereras till planteringsrör.

Från examensarbete *Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat* (Almquist & Brandt, 2014)

Bilaga 2 – Kravspecifikation

Sida 1(1)

Kriterium	Krav/Önskemål
Dimensioner i xy-planet ej större än 1960 x 1960 mm	K
Dimensioner i z-led ej större än 925 mm	K
Vikt ej överstigande 200 kg	Ö
Monteringskompatibel med Bracke P11.a planteringsaggregat	K
Kompatibel med Hiko V93-kassetter	K
Minst två kassetter i magasinet	K
Färre antal detaljer än MagMat 1.5	Ö
Medger kompatibilitet för någon av följande driftkällor: 24 V likström, 6 bar pneumatik, 125 bar hydraulik	K
Hydraulisk- och elektrisk drift av rörliga komponenter	Ö
Om plantan vid laddning av planteringsrör släpps ned skall dess väg vara vertikal från punkt A till B	K
Undvik skruvförband där justeringsmån ej krävs	Ö
Tillverkningskostnad ~200´	Ö
Anpassad för att underlätta transport och installation	Ö
Handtag/fästpunkter monterade för att underlätta transport och installation	Ö
Möjlighet att fylla på samt plundra magasin på kassetter utan verktyg	K
Ladda planteringsrör på befintlig signal från Bracke P11.a	K
Planta skall lämnas i planteringsrör orienterad i z-led med torvklumpen nedåt och skottet uppåt	K
Ett kassetbyte överskrider ej 33 s	K
Medge planteringsfrekvens på 8 s	K
Strukturellt tåla praktiskt arbete utan att ta skada från direkta yttre stötar	K
Strukturellt tåla de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete	K
Funktion ej påverkad av de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete	K
Ge återkoppling av status på magasin till operatör under arbete	Ö

Från examensarbete *Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat* (Almqvist & Brandt, 2014)

Bilaga 3 – Köpdetaljer

Sida 1(2)

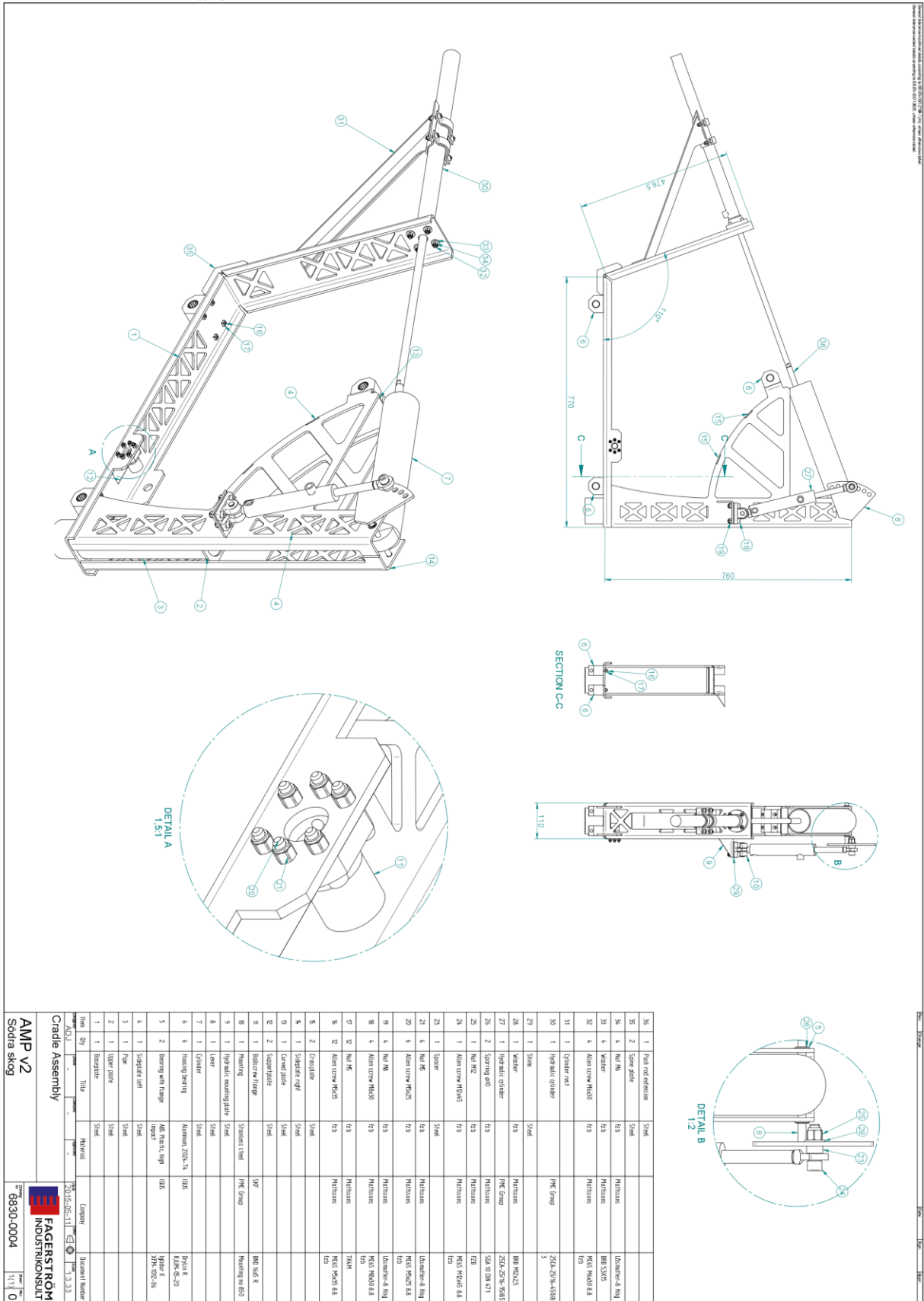
Typ	Position/Funktion	Modell	Tillverkare	Antal
Teleskopisk linjärmodul	Över och undersida på släden för att kunna dra ut släden vid laddning av kassetter	LCAD 43-0690	IBC	2
Spänne	På släden för att spänna fast låsskenor i ändläge	GN851-T2-320	Wiberger	2
Gasfjäder	Underlätta utfällning av låsskenor på släden	15-6EW-9069	Lesjöfors	1
Hydraulcylinder	Möjliggöra förflyttning i y-led från ramen	25ca-25/16-320/85	PMC Group	2
Linjärlager	Stabilisera förflyttningen av vaggan i ramen	RJUM-05-20	IGUS	6
Linjärlager	Stabilisera förflyttningen av vaggan i ramen	RJUM-05-16	IGUS	4
Glidlager	Mellan låsskena och vaggan för att motverka metall mot metall vid rörelse	ZFM-1012-05	IGUS	2
Flänslager	För lättare rotation av cylinder i vaggan	XFM-1012-06	IGUS	2
Hydraulcylinder	Möjliggöra förflyttning av utloppscylinder på vaggan att röra sig i xz-led	25ca-25/16-95/85	PMC Group	1
Hydraulcylinder	Möjliggör utstötning av plantan och transport till vrid cylinder	25ca-25/16-450/85	PMC Group	1
Fäste för hydraulcylinder	Fixering av hydraulcylindern i vaggan	Mounting no 850	PMC Group	3
Lagerblock	Tillbehör till kulskruven som möjliggör vaggans rörelse i y-led	BUF16	SKF	2
Kulskruvs	Den del av kulskruven vaggan sitter fäst vid	BND16x5RNOWPR	SKF	1

Bilaga 3 – Köpdetaljer

Sida 2(2)

Linjärräls fäste	Fäster och avlastar linjärräls	Drylin R WAF-16	IGUS	2
Linjärräls fäste	Fäster och avlastar linjärräls	Drylin R WAF-20	IGUS	6
Bricka	Fästelement	BRB 5,3x15	Mattssons	4
Bricka	Fästelement	BRB 6,4x12	Mattssons	4
Insexskruv	Fästelement	MC6S M6x30	Mattssons	20
Insexskruv	Fästelement	MC6S M8x40	Mattssons	10
Insexskruv	Fästelement	MC6S M5x35	Mattssons	12
Insexskruv	Fästelement	MC6S M5x25	Mattssons	16
Insexskruv	Fästelement	MC6S M8x30	Mattssons	4
Insexskruv	Fästelement	MC6S M12x45	Mattssons	1
Insexskruv	Fästelement	MC6S M8x25	Mattssons	10
Insexskruv	Fästelement	MC6S M8x20	Mattssons	18
Insexskruv	Fästelement	MC6S M6x20	Mattssons	8
Insexskruv	Fästelement	MC6S M4x30	Mattssons	8
Insexskruv	Fästelement	MF6S M8x14	Mattssons	10
Insexskruv	Fästelement	MC6S M8x35	Mattssons	8
Insexskruv	Fästelement	MC6S M6x40	Mattssons	4
Sexkantsmutter	Fästelement	Låsmutter-8 hög M8	Mattssons	10
Sexkantsmutter	Fästelement	Låsmutter-8 hög M5	Mattssons	6
Sexkantsmutter	Fästelement	Låsmutter-8 hög M12	Mattssons	1
Sexkantsmutter	Fästelement	Låsmutter-8 hög M6	Mattssons	12
Sexkantsmutter	Fästelement	ML6M-04 Obeh M8	Mattssons	10
Spår ring	Fästelement	SGA 10 DIN 471	Mattssons	2
Svetsmutter	Fästelement	TK4M M6	Mattssons	16
Svetsmutter	Fästelement	TK4M M5	Mattssons	20
Svetsmutter	Fästelement	TK4M M8	Mattssons	34
Svetsmutter	Fästelement	T6MF-8 M6	Mattssons	8
Svetsmutter	Fästelement	T6MF-8 M5	Mattssons	8
Svetsmutter	Fästelement	TK4M M4	Mattssons	8

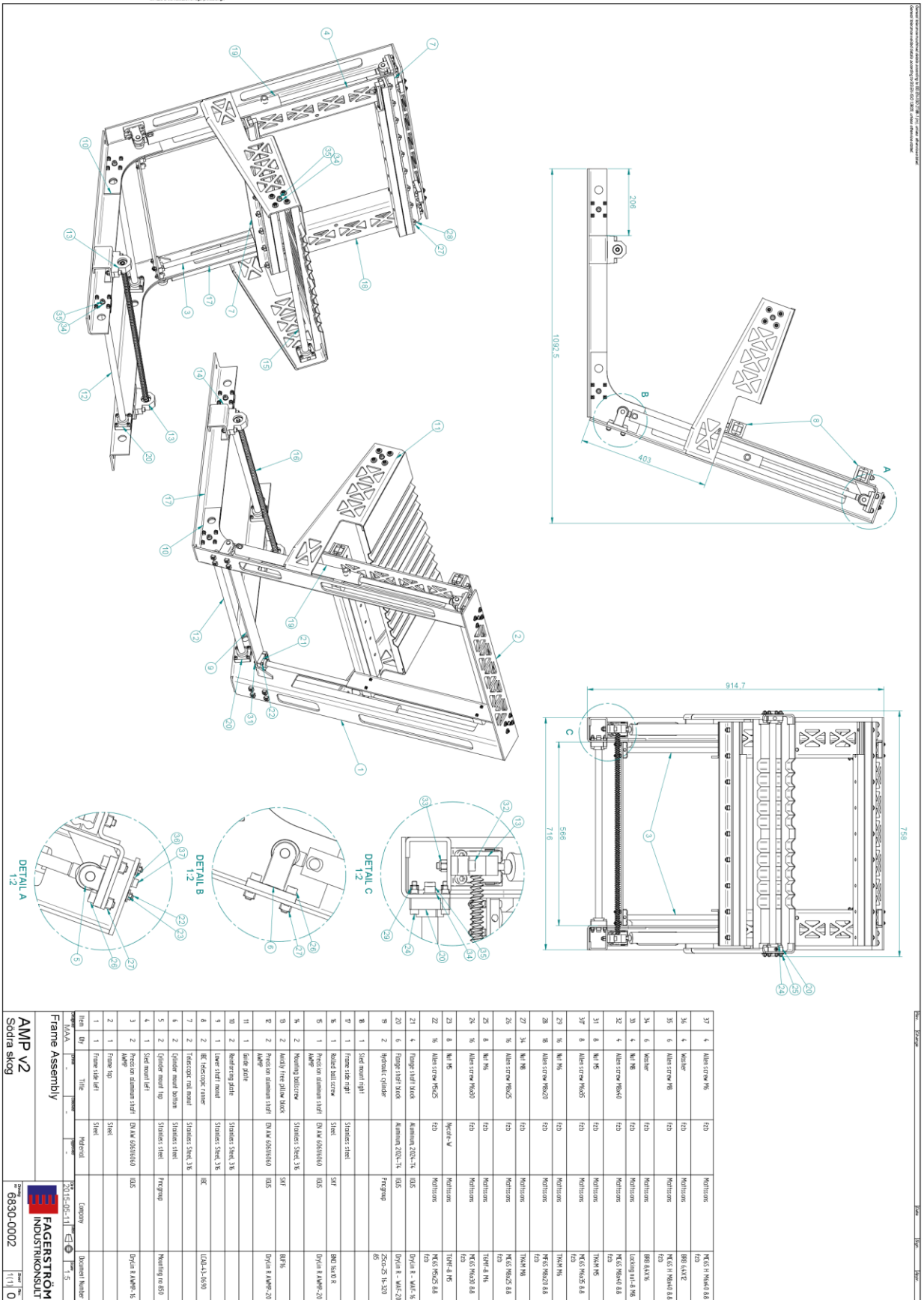
The drawing remains our property and may not allow in its original state or with change, be copied or reproduced, drawn or in any other way processed or translated in any third party, not used for reproduction or change. Any infringement of these conditions will lead to the initiation of legal proceedings.



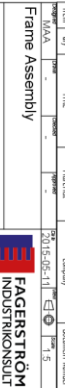
Bilaga 4 – Sammanställningsritningar

Sida 2(4)

The drawing remains our property and may not either in its original state or with change, be copied or modified, shown to or in any other way be communicated to anyone outside the firm, without our written consent. Any infringement of these conditions will be subject to legal proceedings.



AMP v2
Sodra skog



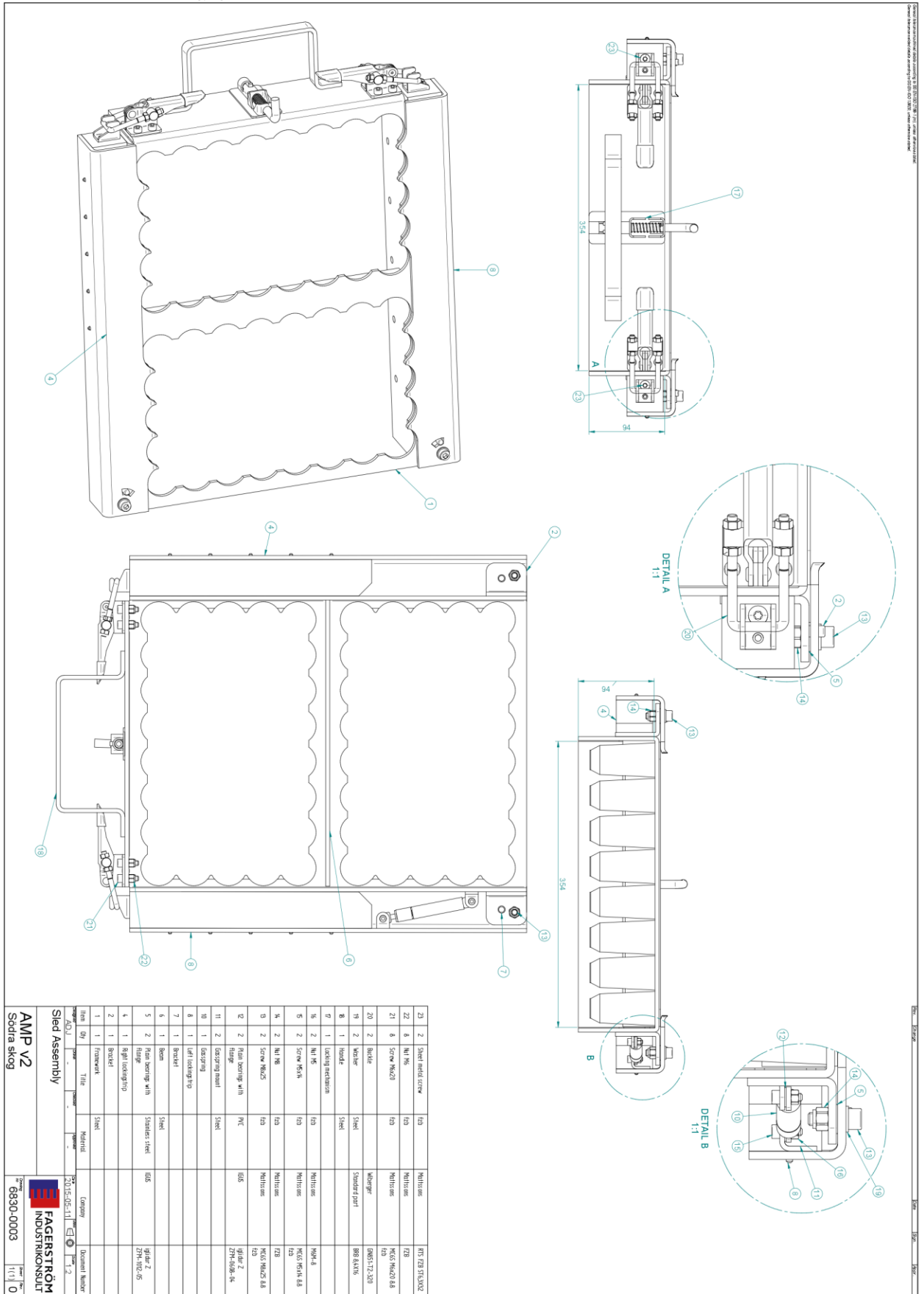
6830-0002

1/1

Bilaga 4 – Sammanställningsritningar

Sida 3(4)

This drawing remains our property and may not otherwise be reproduced or used in any form without our prior written consent. Any infringement of these conditions will result in the initiation of legal proceedings.



AMP v2 - Sled Assembly - 6830-0003 - 11/11/10

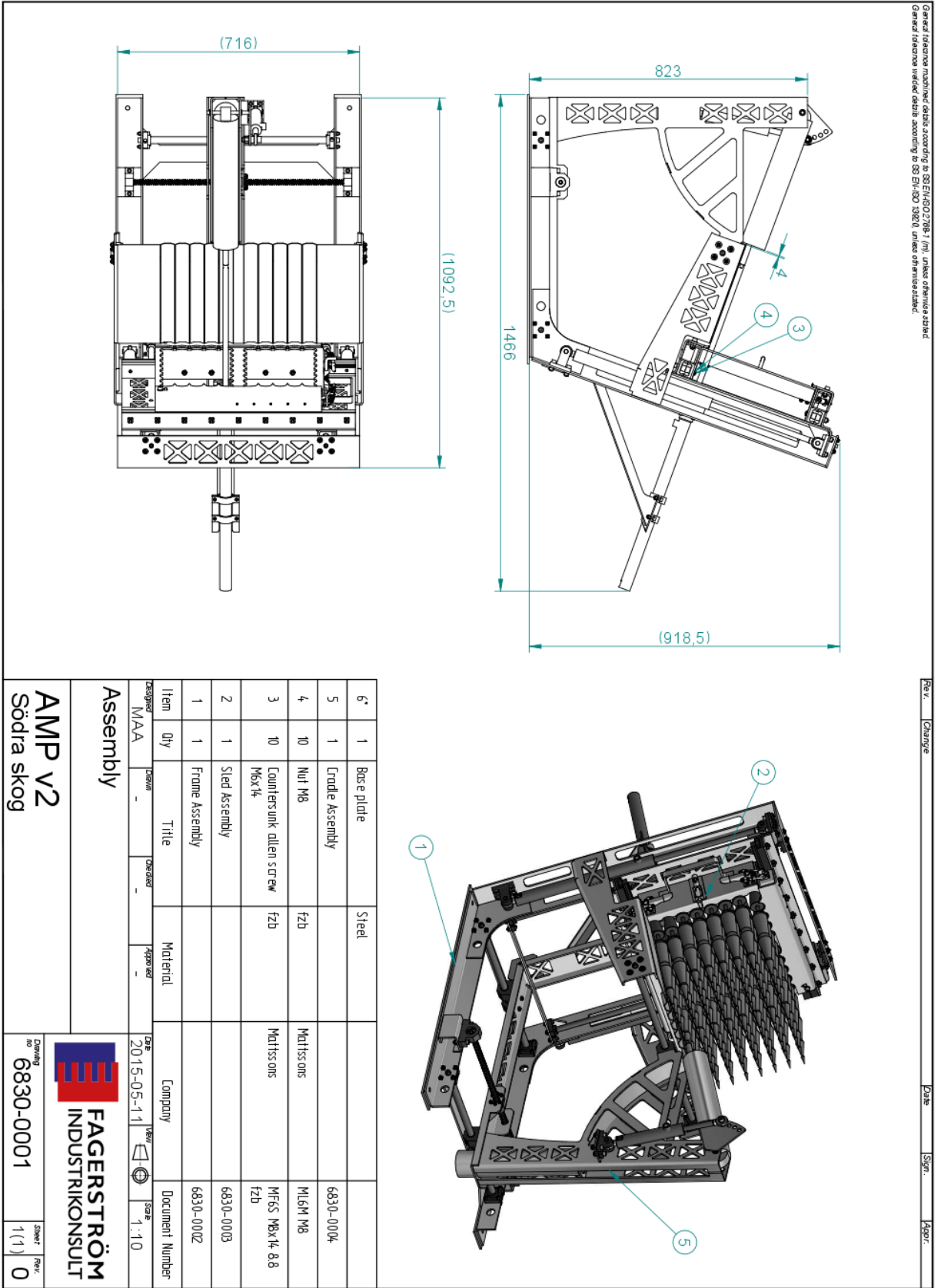
11/11/10 0

Bilaga 4 – Sammanställningsritningar

Sida 4(4)

This drawing remains our property and may not either in its original state or with change be copied or modified, shown to or in any other way communicated to or handed over to any third party, not used for manufacturing purpose. Any infringement of these conditions will lead to the institution of legal proceedings.

General reserve machine details according to SS-ETIAS-2798-1 (m) unless otherwise stated.
General reserve welded details according to SS-EN-100 13620 unless otherwise stated.



Rev. Change Date Sign. Page

