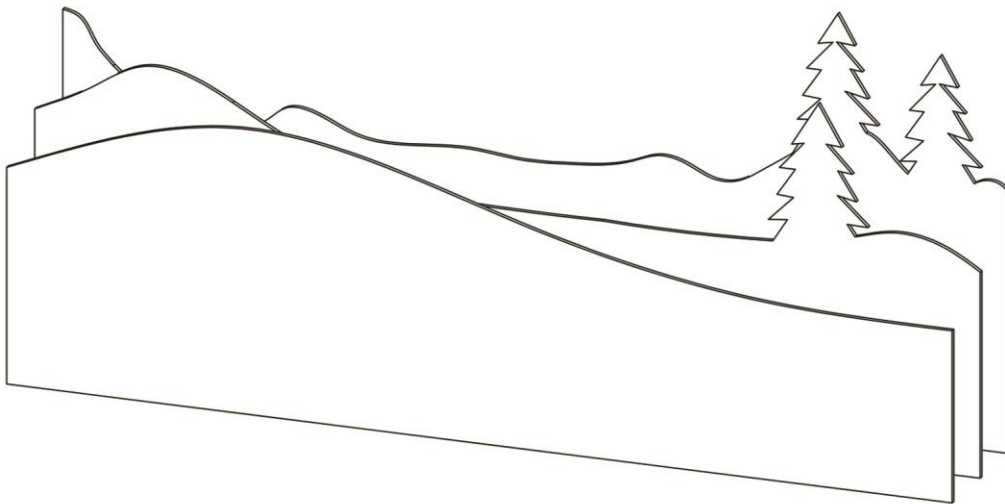




# CHALMERS

---

AAMP®



## Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat

Nyutveckling med erfarenhet från MagMat

Examensarbete inom maskiningenjörsprogrammet

JOHAN ALMQUIST  
ANDREAS BRANDT



EXAMENSARBETE INOM HÖGSKOLEINGENJÖRSPROGRAMMET MASKINTEKNIK

# Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat

*– Nyutveckling med erfarenhet från MagMat*

JOHAN ALMQUIST  
ANDREAS BRANDT

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2014

Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat  
– Nyutveckling med erfarenhet från MagMat  
JOHAN ALMQUIST  
ANDREAS BRANDT

© JOHAN ALMQUIST & ANDREAS BRANDT, 2014

Examensarbete  
Institutionens för Produkt- och produktionsutveckling  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
SE-412 96 Göteborg  
Sweden  
Telefon + 46 (0) 31-772 1000

Omslag:  
Illustration av Sanna Wieslander

---

# FÖRORD

Detta examensarbete avslutar vår utbildning till högskoleingenjörer inom Maskinteknik, teknisk utveckling vid Chalmers tekniska högskola. Projektet syftar till att genomföra en vidareutveckling, alternativt nyutveckling av ett magasin till aggregat ämnade för mekaniserad föryngring av granskog. Arbetet har genomförts med anledning till vår inblandning vid fälttesterna av MagMat 1.5. Projektet har genomförts i samarbete med Fagerström Industrikonsult i Göteborg samt med stöd av Sveriges lantbruksuniversitet. Det har varit mycket intressant att arbeta med projektet och inspirerande att vara omgiven av så hjälpsamma personer från olika universitet, inom olika discipliner. Vi vill även passa på och rikta ett personligt tack till följande individer som verkligen gjort skillnad genom att bidra med sin expertis och sina erfarenheter inom området.

## **Fagerström Industrikonsult**

Carl Johan Fagerström  
Rikard Wennberg

## **Chalmers tekniska högskola**

Mats Alemyr

## **Sveriges lantbruksuniversitet**

Back Tomas Ersson  
Urban Bergsten

## **SWART**

Sanna Wieslander

---

---

Utveckling av automatiserat magasin för planteringsaggregat

*Nyutveckling med erfarenhet från MagMat*

JOHAN ALMQUIST

ANDREAS BRANDT

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling

Chalmers Tekniska Högskola

## **SAMMANFATTNING**

Idag görs den största delen av skogsplantering i Sverige manuellt och detta beror främst på att de befintliga lösningar för mekaniserad skogsplantering inte är tillräckligt effektiva. Då skogsindustrin på senare år eftersökt att kostnadseffektivisera den mekaniserade föryngringen har företaget Fagerström Industri Konsult AB varit inblandade i utveckling 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. Med erfarenhet av tidigare funktionsmodeller avser Fagerström fortsätta utvecklingen av automatiserade magasin och eftersöker därför ett nytt koncept. Detta projekt kommer således att handla om skapandet av ett väl fungerande magasin på konceptuell nivå avsett att mata ett planteringsaggregat med granplantor kassetvis. För att arbeta fram ett nytt koncept nyttjades inledningsvis konventionella systematiska metoder där kravspecifikation, funktioner samt olika lösningsförslag identifieras för att sedan utvärderas och elimineras tills endast ett koncept kvarstår. Slutligen förfinades konceptet genom eliminering av tekniska kontradiktioner med den kreativa metoden Triz. Utvärderingen gav ett koncept som i sitt utförande är mindre än tidigare funktionsmodeller på samtliga ledder. Konceptet innehåller två kassetter, vilket visat sig i genomförda tidsstudier på tidigare konstruerade funktionsmodeller vara tillräckligt för att ge en mer tids- och kostnadseffektiv mekaniserad föryngring. Vidare anses konceptet vara mer pålitligt vid praktiskt arbete då det består av betydligt färre komponenter samt att det har en mer optimerad väg för plantan mellan kasset och aggregatets planteringsrör.

---

---

Development of automated magazine for mechanized planter

*New development with experience from MagMat*

JOHAN ALMQUIST

ANDREAS BRANDT

Department of Product and Production Development

Chalmers University of Technology

## **SUMMARY**

Nowadays the largest part of afforestation in Sweden is done manually due to the existing solutions for mechanized reforestation is not sufficiently cost effective. In recent years the forest industry sought to streamline the cost of mechanized rejuvenation which have involved Fagerström Industri Konsult AB in the development of an automated magazine designed to feed planting units with spruce seedlings. Fagerström's involvement have resulted in two functional models where seedlings loaded in trays were used to fill the magazine. These models yielded good results for profitability but showed that the structure was not reliable enough in practice. With the experience of previous functional models Fagerström intend to continue the development of automated magazines and are therefore seeking a new concept. This project has involved the creation of a functioning magazine at conceptual level intended to feed a planting unit with spruce seedlings loaded in trays. Initially conventional systematic methods were used, where specification of requirements, functions and various proposed solutions were identified. Evaluation and elimination were conducted until only one concept remained. Finally, the winning concept was refined by eliminating technical contradictions with the creative method Triz. The process resulted in a concept that in its execution is generally smaller than previous models. The concept includes two trays, which during the conducted time studies of previously constructed functional models proved to be sufficient for a more time and cost effective mechanized rejuvenation. The concept is also considered to be more reliable in practical work as it consists of fewer components and due to the optimized movement of the plant.

---

---

# INNEHÅLL

1	INLEDNING .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte .....	2
1.3	Avgränsningar .....	2
1.4	Precisering av frågeställning .....	2
1.5	Rapportens disposition .....	2
2	TEORETISK REFERENSRAM .....	3
2.1	Tidigare projekt .....	3
2.1.1	Planteringsaggregat .....	3
2.1.2	Plantkassetter .....	4
2.1.3	Försöksmodeller .....	4
2.1.4	Tidsstudie .....	7
2.2	Egenskaper hos cylinder och tryckmedier .....	8
3	METOD .....	9
3.1	Datainsamling .....	9
3.2	Framställan av kravspecifikation .....	9
3.3	Kundcentrerad planering .....	9
3.4	Funktionsanalys .....	10
3.5	Släktskapsanalys .....	10
3.6	Framtagning av dellösningar .....	11
3.7	Morfologisk analys .....	11
3.8	Pughs relativa beslutsmatris .....	11
3.9	Kesselrings metod .....	12
3.10	Triz .....	12
4	KONCEPTGENERERING .....	15
4.1	Framtagning av kravspecifikation .....	15
4.2	Kundcentrerad planering .....	16
4.3	Funktionsanalys .....	16
4.4	Identifiering av problemområden i magasinets arbetscykel .....	18
4.5	Framtagning av dellösningar .....	18
4.5.1	Funktion 1 - Klargör kassetter för att avskilja plantor .....	19
4.5.2	Funktion 2 - Skilja plantor från kassetter .....	20
4.5.3	Funktion 3 - Orientera planta för avlämning .....	21
4.5.4	Funktion 4 - Lämna planta i planteringsrör på signal .....	25
4.6	Framtagning av lösningsförslag .....	26
4.7	Rangordning av lösningsförslag .....	28
4.7.1	Rangordning med hjälp av Pughs relativa beslutsmatris .....	28
4.7.2	Eliminering av lösningar med Kesselrings metod .....	35
4.8	Eliminering av tekniska kontradiktioner .....	37
5	DISKUSSION .....	39
6	SLUTGILTIGT KONCEPT .....	40
6.1	Automatiserat magasin för plantsättningsaggregat .....	40
6.2	Arbetscykel .....	44
6.3	Alternativ lösning .....	46
7	SLUTSATS .....	47
8	REFERENSER .....	49
	BILAGOR .....	50

---



---

## BETECKNINGAR

MagMat:	Försöksmodell konstruerad för utvärdering av koncept. Förkortningen står för magasin, matning.
Bracke P11.a:	Planteringsaggregat utvecklat av Bracke Forest
70car:	Magasin till planteringsaggregat Bracke P11.a
HIKO V-93:	Kassett för plantor
Transplanter:	Funktionsmodell konstruerad år 2010 avsedd att mata planteringsaggregat direkt från HIKO V-93 kassett.

---

---

# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Idag görs största delen av svensk skogsskörd mekaniserat medan den största delen av landets skogsplantering görs manuellt. Detta beror på att den relativa kostnaden för skogsplantering ökade på 1970-talet i jämförelse med skördarbetet vilket ledde till att intresset för att utveckla den mekaniserade återplanteringen nästan avstannade helt (Ersson 2010). Ersson et.al (2014) beskriver att intresset för mekaniserad skogsplantering dock ökat under det senaste åren och detta främst då de planteringsaggregat som finns idag ger mycket fina planteringsresultat. Vidare talar Ersson et.al (2014) om att de problem som kvarstår är att kostnaden för mekaniserad plantering fortfarande är dyrare än manuell plantering.

"On Nordic clearcuts, today's tree planting machines produce high-quality but costly regenerations. Much of this high cost is attributable to the planting machines' low productivity. One promising way of raising productivity is to lessen the time spent manually reloading seedlings onto the carousels of crane-mounted planting devices."

(Ersson et al. 2014, s. 01)

Med ovanstående problem i fokus har Fagerström Industrikonsult (Fagerström) under ett par års tid varit inblandade i utvecklingen av en funktionsmodell av ett nytt magasin för planteringsaggregat som fylls på kassetervis istället för plantvis. Kassetterna är av typen HIKO V-93 som innehåller 40 stycken plantor. Fördelarna med att fylla på plantor i magasinet kassetervis, jämfört med plantvis är bl.a. tidsvinst då många flyttas i samma rörelse samt att kassetterna kan transporteras direkt från plantskolan till den plats där de skall planteras, utan att skiljas från kassetten, vilket ger ytterligare en positiv effekt, förenklad logistik. Funktionsmodellen benämns MagMat och tillverkades i två versioner, 1.0 samt 1.5 (Wennberg 2013). Utvecklingen påbörjades av studenter vid Luleå tekniska universitet (LTU) under våren år 2011 med målet att finna ett sätt att avskilja plantorna från kassetterna först i samband med plantering samt med önskemålet om att flera kassetter skulle kunna tömmas utan ingrepp från maskinoperatören (Lideskog & Safrani 2011). Därefter konstruerades MagMat version 1.0 samt 1.5 av Fagerström, varefter två försök i fält genomfördes. Under försöken utfördes observationer och tidsstudier av Back Tomas Ersson, doktorand vid Svenska lantbruksuniversitetet (SLU) (Ersson et al. 2014). Fälttesterna visade att MagMat 1.5 gjorde goda resultat för lönsamhet men att konstruktionen inte var pålitlig nog vid praktiskt arbete (Wennberg 2013). MagMat består av en karusell där kassetter laddas, karusellen roterar så att samtliga kassetter kan nå position för utstötning. Väl vid utstötning hissas kassetten upp i en ramp och fem stycken cylindrar stöter ut en rad av plantor bakifrån. Plantorna stöts ut en åt gången ner i en fälla som vänder ner dem i planteringsaggregatets planteringsrör. Enligt Wennberg (2013) fungerade funktionen för utstötning väl men viss optimering krävs för att nå önskad tillgänglighet. Wennberg (2013) berättar vidare att karusellen ej kunde utföra kassetbyte vid praktiskt arbete och att detta främst måste optimeras inför framtida utveckling och en alternativ lösning till karusell-systemet rekommenderas.

Med erfarenhet från konstruktion av MagMat 1.0, MagMat 1.5 samt genomförda försök avser Fagerström fortsätta utvecklingen av ett nytt automatiserat magasin för planteringsaggregat, vilket fortsättningsvis benämns (AMP). Arbetet delas in i tre steg, i ett första skede genomförs konceptutveckling, därefter detaljkonstruktion och slutligen produktion av prototyp.

---

## 1.2 Syfte

Att skapa ett väl fungerande koncept av ett automatiserat magasin avsett för att mata granplantor kassetvis till ett planteringsaggregat. Genererat koncept skall i sin tur fungera som underlag inför detaljkonstruktion av prototyp.

## 1.3 Avgränsningar

Detaljkonstruktion samt kostnadskalkyl av prototyp kommer ej behandlas. Konceptet begränsas att fungera tillsammans med planteringsaggregat Bracke P11.a samt med HIKO V-93 kassetter. Då konceptet skall resultera i en prototyp krävs ej längre uthållighet än en veckas fälttest, vilket motsvarar 2500 cykler.

## 1.4 Precisering av frågeställning

Vilka befintliga dellösningar går och bör användas från tidigare utvecklade koncept, MagMat 1.5, MagMat 1.0 och Transplanter? Då hög tillförlitlighet eftersträvas bör redan befintliga och vid fältstudier väl fungerande lösningar användas om möjligt.

Kan antalet delfunktioner minskas med möjlighet att uppfylla samma huvudfunktion? Då MagMat 1.5 innehöll delfunktioner avskilda från huvudfunktionen önskas motsvarande delfunktioner elimineras för att endast nyttja delfunktioner som uppfyller huvudfunktionen.

Vilken typ av kraftkällor är bästa lämpade för att utföra arbetet? För att undvika överarbete bör redan befintliga kraftkällor på tänkt värdmaskin nyttjas.

Hur många kassetter är lämpligt att fylla på magasinet med åt gången då lämpligt antal kassetter är beroende av tiden för att skifta kasset?

Går det att uppnå någon praktisk fördel genom att mellanlagra plantan, eller plantorna under dess väg från kasset till planteringsrör? Då den yttre miljön innehåller stora rörelser samt vibrationer vilka är svåra att kontrollera kan eventuell mellanlagring ge högre tillförlitlighet?

Med hjälp av ovan beskrivna frågor söks slutligen svar på hur ett nytt koncept bör utformas.

## 1.5 Rapportens disposition

Kapitel 4, konceptgenerering är utformat för att ge hög noggrannhet i spårbarheten i vad som eliminerats och varför. Mycket information kan därför framstå som överflödig för den resultatintresserade läsaren och de anvisas därför att endast läsa fetstilt information i tabeller samt att överväga huruvida kapitel 4.3, framtagning av lösningsförslag läses alls. För de läsare som vill fördjupa sig rekommenderas att bilagorna finns lätt tillgängliga, för att ge ett bättre flöde i läsningen.

---

## 2 TEORETISK REFERENSRAM

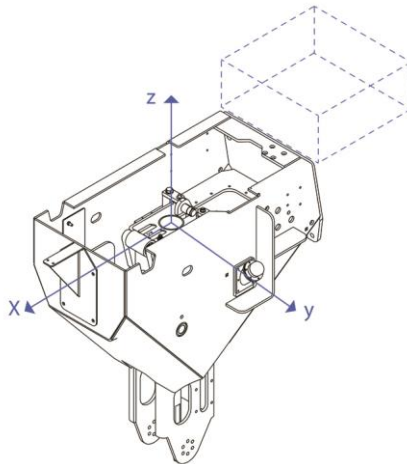
Kapitlet beskriver tidigare forskning inom området mekaniserad återplantering av skog i form av tekniska utvecklingsprojekt samt tids- och ekonomiska effektivitetsstudier.

### 2.1 Tidigare projekt

Data samlas in från tidigare rapporter av framställda funktionsmodeller och dokumentation från tidigare fälttester samt från ett examensarbete vid Luleå tekniska universitet.

#### 2.1.1 Planteringsaggregat

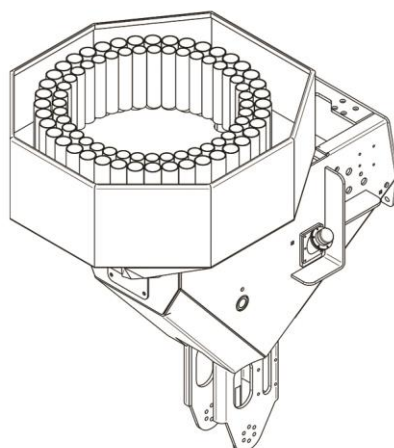
Bracke P11.a är ett planteringsaggregat utvecklat av Bracke forest och den möjliggör att utföra hela planteringsprocessen från markberedning till plantering med en maskin. Planteringsprocessen startar med att aggregatet vänder en torva för att skapa en hög och sedan sänks planteringsrör ner och sätter plantan i den omvända torvan. Planteringsröret återvänder sedan upp och signal för ny planta går hög. Bracke P11.a kan även sätta plantan direkt utan att markbereda och de olika funktionerna styrs från förarhytten (Bracke forest 2014) se figur 2.1.



Figur 2.1. Bracke P11.a

Det koordinatsystem definierat i figur 2.1 ovan med origo i planteringsrörets centrum och med xy-planet parallellt med planteringsrörets överkant. X-axeln ligger parallellt med maskinens bom och z-axelns positiva riktning är stående från Bracke P11.a. Fortsättningsvis nyttjas ovan definierat koordinatsystem vid beskrivning av avlämning av planta, kassetters position samt nya koncepts placering på Bracke P11.a. Den blå, streckade kuben symboliserar ”dött utrymme” där ingen geometri får befinna sig då maskinens bom kräver detta utrymme.

Bracke P11.a har ett tillhörande magasin som går under benämningen 70car avsett att mata planteringsröret med plantor. Magasinet monteras på planteringsaggregatet och har plats för 72 plantor. Men endast 70 av dessa används enligt Ersson et.al (2014) för att undvika att plantor fastnar. 70car kan inte hantera kassetter med plantor utan magasinet måste fyllas manuellt av operatör (Lideskog & Safrani 2011). Magasinet levererar plantor till planteringsröret genom att rotera dess tuber med plantor över hålet för avlämning, se figur 2.2 nedan.

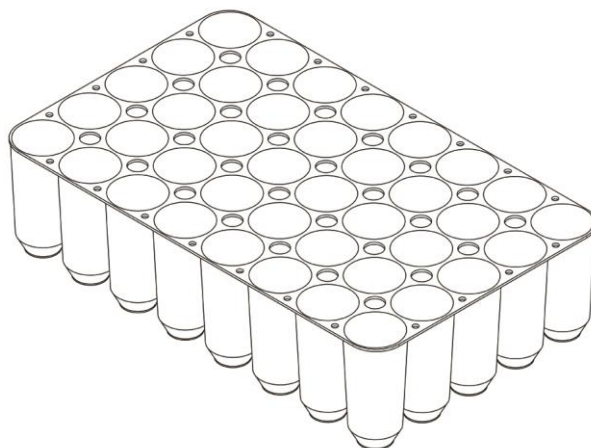


Figur 2.2. 70car och hålet för avlämning av planta på Bracke P11.a.

Planteringsaggregatet är hydrauliskt drivet och kräver ett hydrauliskt tryck på 125 bar samt ett hydrauliskt flöde på minst 100 l/min. Vidare kräver Bracke P11.a ett elsystem på 24V likström samt att den monteras på en grävmaskin med storlek på 14-20 ton. Aggregatet har en kapacitet på 300 plantor per timme och styrs av ett PLC-baserat styrsystem. (Bracke forest 2014).

### 2.1.2 Plantkassetter

HIKO V-93 är den kassett som används vid Södra skogs plantskola för att producera många plantor på en liten yta. Kassetten är tillverkad i plats och innehåller 40 stycken celler där en planta sätts i respektive cell. HIKO V-93 klarar upprepad användning och mäter ca 352 x 216 x 87 millimeter, se figur 2.3 nedan. Kassetterna tillverkas av BCCAB. (BCCAB 2014)



Figur 2.3. HIKO V-93 kassett med utrymme för 40st plantor.

### 2.1.3 Försöksmodeller

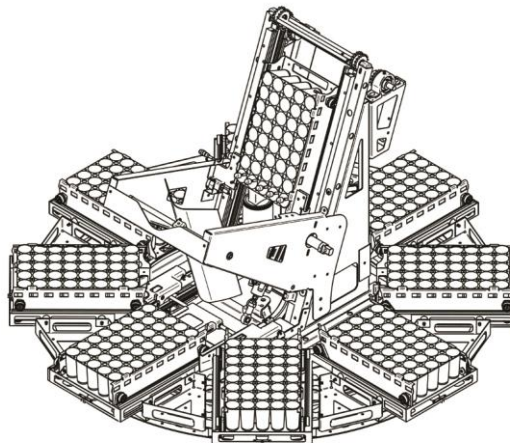
Under åren 2009 och 2010 genomfördes ett projekt vid Luleås tekniska universitet vars mål var att effektivisera mekaniserad skogsplantering genom att minska den tid då operatör manuellt fyller på befintliga magasin t.ex. 70car (kap. 2.2.1). Resultatet blev ett automatiskt system för att separera plantor direkt från den kassett de odlats i och sedan föra dem för avlämning till planteringsaggregatet. Systemet medger att operatören fyller på enheten med två kassetter åt gången för att sedan stöta ut plantorna en och en. Detta system fick namnet Transplanter och en prototyp testades med goda resultat under 2010. Transplanter stöter ut plantorna med hjälp av

---

pneumatiska cylindrar från en vinklad kassett bakifrån ner i en fälla som sedan släpper plantan till planteringsaggregatet. (Lideskog & Safrani 2011).

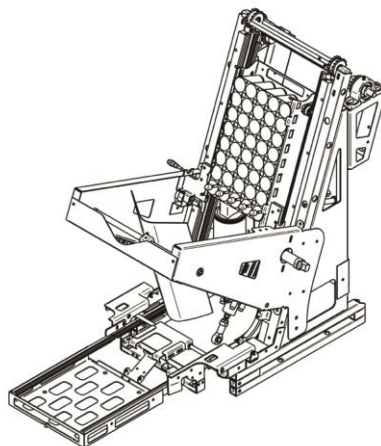
Utveckling av automatiserad skogsvård fortsatte vid Luleås tekniska universitet då Lideskog och Safrani (2011) utförde sitt examensarbete "Konceptutveckling för kostnadseffektiv och tidseffektiv mekanisk skogsplantering". Målet var att vidareutveckla Transplanter med fokus på utstötning av planta samt hantering av kassetter. Resultatet av Lideskog och Safranis (2011) arbete blev MagMat som bygger på Transplanterns utstötningssystem med pneumatiska cylindrar. Men istället för att fylla på med två kassetter åt gången kan nu operatören fylla på med åtta stycken kassetter åt gången. Lideskog och Safrani (2011) löste detta genom att de åtta kassetterna monterades på en karusell runt Transplanterns lutande ramp där plantorna ska stötas ut. En kassett hissas upp till läget för utstötning en åt gången och töms för att sedan hissas ner igen. Karusellen roterar därefter och nästa kassett hissas upp och töms.

Utefter det resultat Lideskog och Safrani (2011) presenterar i sitt examensarbete realiserade och konstruerade Fagerström den första funktionsmodellen MagMat 1.0, se figur 2.4 (Wennberg 2013).

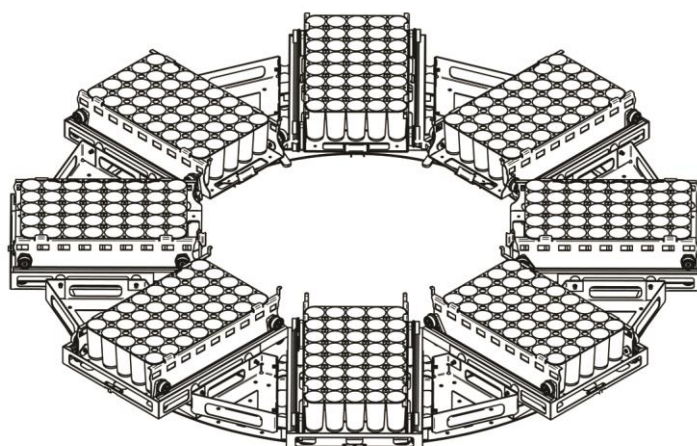


*Figur 2.4 MagMat 1.0 Med plats för åtta kassetter i karusell*

MagMat 1.0 består av en ramp som är konstruerad utefter funktionerna i Transplanter och konceptet med en karusell från MagMat. Kapaciteten i MagMat 1.0 är åtta stycken HIKO V-93 kassetter, se figur 2.5 nedan. (Wennberg 2013). Figurerna 2.5 och 2.6 nedan illustrerar ramp samt karusell separat.

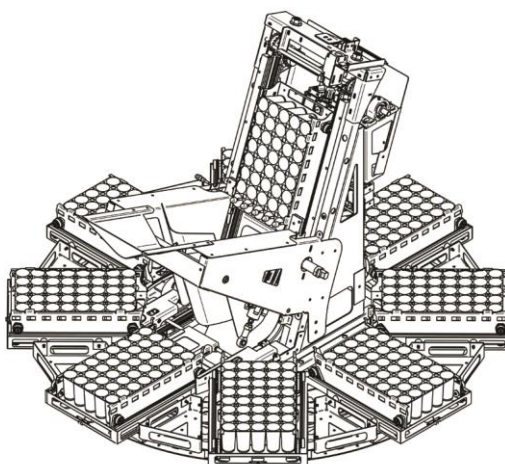


*Figur 2.5 MagMat 1.0s Ramp i vilken kassett hissas upp*



*Figur 2.6 Karusell med plats för åtta kassetter. Illustrerad karusell användes vid både MagMat version 1.0 och 1.5.*

De erfarenheter som drogs utifrån konstruktion av MagMat 1.0 samt de försök som genomfördes resulterade i en vidareutveckling, MagMat 1.5. De huvudsakliga ändringar som gjordes var främst på konstruktion då matning av rampen ändrades funktionsmässigt från en sluten bana till en bana med två ändlägen samt styrningsmässigt i form av mjukvara. MagMat 1.5 illustreras i se figur 2.7 och mäter 1960 mm i diameter och 925 mm i höjd. MagMat 1.5 väger ca 140 kg utan kassetter, men viktmässigt skulle 200 kg inte medföra något problem. (Wennberg 2013)



*Figur 2.7 MagMat 1.5 med gjorda förändringar*

De konstruktionsmässiga ändringarna som gjordes var följande: Ett mekaniskt stopp lades till för att låsa karusellen i rätt läge efter rotation; Brygga i överkant av ramp för att styra ändlägen vid matning av ramp; Momentbegränsande koppling vid drift av bana i ramp för att möjliggöra ny funktion; Ytterligare styrningar under plantans väg mot planteringsröret; Kapsling för styrning, kassett för luftventiler samt utveckling av mjukvaran i styrenheten. Plantans väg i aktuell version är mycket likt den i MagMat 1.0 och de ändringar som gjordes syftade främst till att medge en högre tillförlitlighet för bytet av kassett. Kapaciteten för MagMat 1.5 var likt sin företrädare 8 stycken HIKO V-93 kassetter. De gemensamma erfarenheterna från MagMat 1.0 och MagMat 1.5 har genererat ett antal rekommendationer inför vidare utveckling. (Wennberg 2013)

---

Användandet av induktiva lägesgivare bör eftersträvas samt att antalet skruvförband bör minimeras. Istället bör svetsförband användas där det är möjligt. Vidare bör plantans väg från kassett till planteringsrör optimeras. Likaså trattens utformning som bör vara rundare och brantare. En fälla som sluter runt plantan för att begränsa plantans potentiella flyktvägar bör konstrueras. Infästning mot Bracke P11.a bör omöjliggöra förskjutning av magasinet i samtliga riktningar samt operatören borde få information om magasinets status under drift. Det bör vara enklare att fylla på magasin med kassetter samt förflyttning av kassett mellan dess rader bör förfinas. Fjäderkraft bör undvikas för ändamålet. Slutligen rekommenderas ett bättre styrsystem samt en skyddsbarriär som medger möjlighet att fylla på och plundra magasin på kassetter, samt att söka en alternativ lösning till karusell för lagring av kassetter då antalet underfunktioner bör minskas. (Wennberg 2013)

Identifierade delfunktioner i MagMat 1.0 & MagMat 1.5 är fem stycken till antalet och är disponerade över två huvuddelar, ramp och karusell. Funktionerna benämns: klargöra kassett i ramp; avskiljning av planta från kassett; orientering av planta; lämna planta; positionering av kassett. Vid analys konstaterades att karusellens delfunktion, positionering av kassett, är direkt oberoende av huvudfunktionen, det vill säga sekundär.

En slutsats som drogs av MagMat 1.5 var att de lösningar som valts fungerade mycket väl i verkstadens kontrollerade miljö, dock fungerade de sämre i fält p.g.a. påverkan från yttre fysiska faktorer. De dellösningar som identifierats som väl fungerande och därför aktuella inför nyutveckling är följande: avskiljning av planta från kassett genom utstötning med hjälp av cylinder och orientering samt avlämning av planta med hjälp av en vikbar fälla.

MagMat 1.5 består av totalt 2503 detaljer, spritt över 368 olika materialslag. Uppgifterna tillhandahållna av Fagerström<sup>1</sup>.

#### **2.1.4 Tidsstudie**

Vid de två fälttester som genomförts på MagMat 1.0 och MagMat 1.5 har Back Thomas Ersson genomfört tidsstudier för att enligt Ersson et.al (2014) kunna utvärdera tidsvinsten med att ladda Bracke P11.a med HIKO V-93 kassetter via MagMat istället för manuell laddning plantvis som man idag gör med Bracke P.11a 70car.

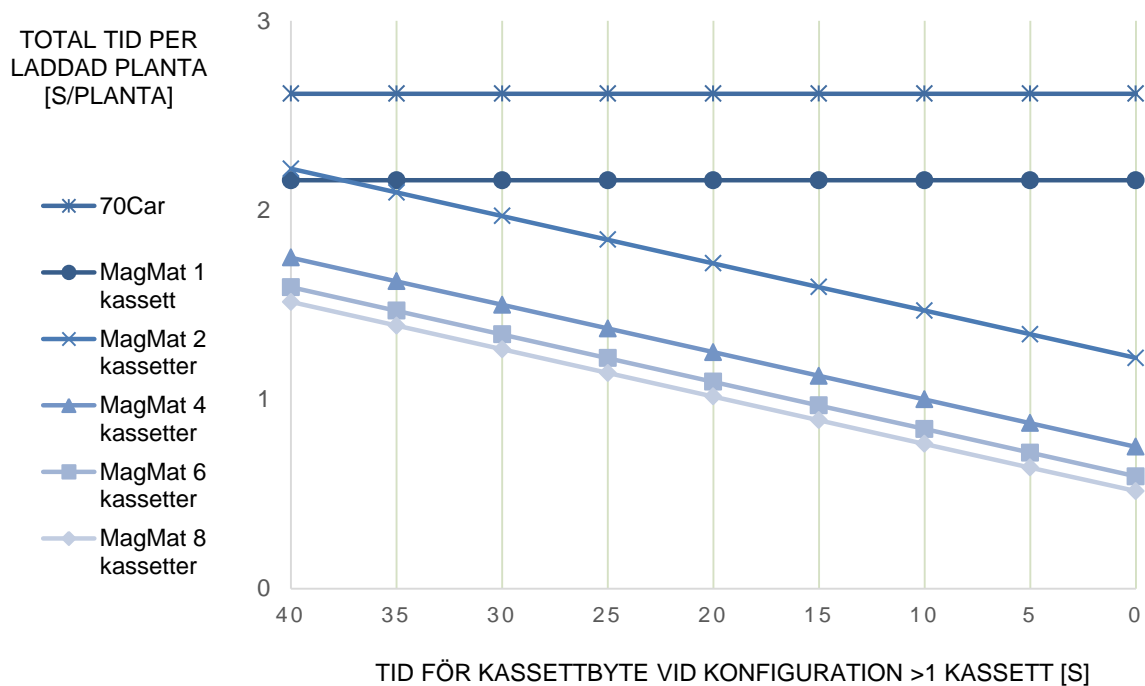
Tidsstudierna genomfördes enligt Ersson et.al (2014) med hjälp av tre operatörer med olika erfarenhet och både laddning av 70car och MagMat mättes. Processen startade då operatören satt i maskinen med stängd dörr och avslutades då operatören laddat magasinen och återvänt till förarhytten. Resultatet av studien gav att total tid per laddad planta var 57 procent lägre för MagMat än 70car. (Ersson et.al 2014).

Vidare studerade Ersson et.al (2014) hur många kassetter en framtid prototyp behöver genom att från sina mätresultat kontrollera hur antal laddade kassetter påverkar tidsvinsten mot 70car i total tid per laddad planta då Ersson et.al (2014) tror att färre antal kassetter leder till en mer robust och driftsäker konstruktion.

---

<sup>1</sup> Carl Johan Fagerström VD Fagerström industrikonsult AB, konstruktionsmöte den 2 maj 2014.





Diagrammet ovan beskriver resultatet av Erssons et.al (2014) tidsstudier där MagMat med olika antal kassetter och 70cars tid per laddad planta visas. Resultatet visar enligt Ersson et.al (2014) att om MagMat håller fyra eller sex kassetter istället för åtta stycken minskar enbart tidsvinsten marginellt. Ersson<sup>2</sup> framförde också under samtal att MagMat med två kassetter ger tillräcklig tidsvinst förutsatt att tiden för automatiskt kassettbodyte inte överstiger 33 sekunder.

## 2.2 Egenskaper hos cylindrar och tryckmedier

Då det finns både pneumatiska samt hydrauliska cylindrar bör hänsyn tas till de skillnader som råder mellan teknikerna inför val av system. Cylinderns verkan skiljer sig stort beroende på vilket tryckmedium som väljs. Om pneumatisk används, d.v.s. en gas används som tryckmedium medför detta ett antal egenskaper. Den största skillnaden mot ett hydrauliskt system med en vätska som tryckmedium är att gas går att komprimera, men vätska approximeras som inkompressibel. På grund av att gasen kan komprimeras kommer den pneumatiska cylindern att verka fjädrande och ansättningen av kraft kommer ske mjukt, till skillnad från en hydraulisk cylinder där kraftansättningen sker direkt och stumt. Ytterligare skillnader är att gas som tryckmedium lätt medför höga kolvhastigheter samt att hastigheten varierar över slaget beroende på cylinderns belastning. Vätska som tryckmedium medför i stället jämna kolvhastigheter och hastigheten varierar mycket lite beroende på cylinderns belastning. Pneumatiska system lämpar sig därför bäst för arbeten med låg belastning och höga hastigheter. Hydrauliska system är bäst lämpade för arbeten med hög belastning utan samma krav på hastighet. (Bergstrand 1969)

<sup>2</sup> Back Tomas Ersson doktorand vid Svenska lantbruksuniversitet, videokonferens 1 november 2013.

---

## 3 METOD

I kapitlet beskrivs de metoder som används för att genomföra en produktutveckling av ett nytt automatiserat magasin för planteringsaggregat (AMP). Inledningsvis nyttjas metoder som kan ses som konventionella metoder inom konceptutveckling och slutligen nyttjades en metod för att eliminera tekniska kontradiktioner. Metoderna nedan kan uppfattas som generellt beskrivna, dock är det på det sätt metoderna använts i projektet och därför med litteraturen väl överensstämmande.

### 3.1 Datainsamling

Inledningsvis fördes samtal med Rikard Wennberg på Fagerström Industrikonsult, ansvarig för utvecklingen och konstruktionen av MagMat 1.0 samt MagMat 1.5. Rikard medverkade även under det ursprungliga projektet, Transplanter, där en metod för att flytta planter från kassetter ute i fält söktes. Fältförsök genomfördes i tre omgångar, ett försök med Transplanter, ett med MagMat 1.0 och ett med MagMat 1.5 respektive. Detta gav en bra bild av problematiken samt ett antal dokument från konstruktion och försök. Det gav även information om ytterligare individer, vilka hade varit involverade i projekten MagMat 1.0 och MagMat 1.5.

Ursprungligen är MagMat 1.0 konstruerad med en konceptutveckling utförd i form av ett examensarbete, Konceptutveckling för kostnadseffektiv och tidseffektiv mekanisk skogsplantering, vid Luleå tekniska universitet som ram. Rapporten återfanns i elektroniskt format vid Luleå tekniska universitet.

Back Tomas Ersson, doktorand vid Svenska lantbruksuniversitetet har medverkat vid fälttester av MagMat 1.0 och MagMat 1.5 för att genomföra tidsstudier med syfte att jämföra tillgänglighet mellan befintlig lösning där planta för planta fylls på (70car) och MagMat som fylls på kassett för kassett. Från Back Tomas erhöles resultatet från dessa studier. Ytterligare två dokument, en artikel och som behandlar fördelarna med ett magasin på planteringsaggregat som medger påfyllnad kassetvis samt en rapport som beskriver mekaniserad återplantering i södra Sverige. För problem rörande teknisk och konstruktionsmässig natur har samtal förts med ingenjörer på Fagerström Industrikonsult.

### 3.2 Framtagning av kravspecifikation

Med stöd av uppgifter från kapitel 2 framställs en kravspecifikation. Olsons kriteriematris nyttjades för att ta hänsyn till hela produktlivscykeln. Metoden bygger på en matris som beskriver samtliga faser i en produkts livscykel och ett antal eventuella produktaspekter i respektive fas. Cellerna är numrerade från 1.1-1.4 till 5.1-5.4. Vid framställan av kravspecifikationen tas hänsyn till samtliga celler i matrisen och eventuella kriterier formuleras. Faser under livscykel som beaktas är följande: alstring, framställning, avyttring, brukning, eliminering. De aspekter som beaktas under respektive fas är följande: process, miljö, människa, ekonomi. Därefter fastställs om kriterierna är krav, respektive önskemål samt om definierade krav är av typen funktionella (F), eller begränsande (B). Slutligen viktas önskemålen, där 5 prioriteras högst och 1 lägst. (Johannesson et.al. 2004).

### 3.3 Kundcentrerad planering

Quality Function Deployment eller kundcentrerad planering är en metod för att strukturera och systematisera produktutvecklingsprocessen med kundens önskemål i fokus (Bergman & Klefsjö, 2007). Bergman och Klefsjö (2007) beskriver vidare kundcentrerad planering som ett system för att översätta kundens önskemål till relevant data för varje steg i

---

produktutvecklingsprocessen. Enligt Bergman och Klefsjö (2007) kan kvalitetshuset användas och beskrivs som en vidareutveckling av matrisdiagram som tar formen av ett hus där kundönskemål listas mot produkttegenskaper. Därefter anges sambanden mellan dem i form av symboler som är värda olika poäng. Med denna metod får man således reda på vilka produkttegenskaper som är de mest centrala att arbeta med för att nå kundens önskemål (Bergman & Klefsjö 2007).

För att identifiera produkttegenskaperna beskriver Johannesson et.al (2004) dessa genom att lista kundens önskemål. Genom att sedan översätta dessa till konstruktionskriterier erhålls de produkttegenskaper som bör användas vid arbetet med kundcentrerad planering. För att sedan upprätta ett kvalitetshus skall man enligt Bergman och Klefsjö (2007) lista de identifierade produkttegenskaperna i husets överkant, kundens önskemål listas vid husets vänsterkant. I området mellan poängsätts nu relationen mellan kundönskemål och produkttegenskap (Bergman & Klefsjö 2007). Johannesson et.al (2004) beskriver den vanligaste förekommande poängskalan som 9 = stark koppling, 3 = medelstark koppling, 1 = svag koppling och 0 = ingen koppling. Kundönskemålen viktas sedan och de poäng de tilldelats genom samband multipliceras med viktningsfaktorn. En vanlig viktskala på kundens önskemål är 1-5 (Bergman & Klefsjö 2007). Johannesson et.al (2014) beskriver metoden som lämplig under en konceptutveckling då produkttegenskaper blir värderade utefter kundens upplevelse av en produkt och materialet kan användas som stöd för att säkerställa hög kvalitet genom fortsatt konceptutveckling.

### 3.4 Funktionsanalys

För att inte begränsa sin lösningsrymd och hitta mer generellt giltiga lösningar bör de funktionella krav som definieras i kravspecifikationen formuleras om så att kraven blir mer breda och abstrakta. Utifrån de breda och abstrakta funktionella kraven kan nu en mening av den framtida produktens huvudfunktion formuleras. Denna formulering ligger sedan till grund för att finna de framtida konceptets funktionsstruktur. Där konceptets samtliga funktioner samt dess samverkan framgår. (Johannesson et.al 2004).

Enligt Johannesson et.al (2004) definieras ofta funktionerna som transformerande funktioner och med detta menas att en input i ett givet tillstånd omvandlas av funktionerna till en output med ett annat tillstånd. Funktionerna kan då ses som en "black box" där "Black boxen" innehåller en funktionsstruktur som omvandlar ett tillstånd till ett annat. Denna metodik kan enligt Johannesson et.al (2004) nyttjas för att genomföra en funktionsanalys. Resultatet bör då bli en funktionsstruktur där de transformerande funktionerna i "black boxen" består av de delfunktioner som krävs för att transformera input till önskad output. Då huvudfunktion bryts ner till ett antal delfunktioner blir det enligt Johannesson et.al (2004) betydligt enklare att söka dellösningar som uppfyller delfunktionerna istället för att söka en komplett lösning från start.

### 3.5 Släktskapsanalys

Metoden lämpar sig enligt Bergman och Klefsjö (2007) då stora mängder verbaldata så som idéer, kundönskemål eller åsikter önskas struktureras. Målet med metoden är att indata ska få ett naturligt släktskap. Med detta menar Bergman och Klefsjö (2007) att diagrammet visar samband mellan den ingående data utifrån association istället för logiska samband. På detta sätt får man en tidig helhetsbild av ett analyserat problem.

Släktskapsanalys lämpar sig då man önskar svar på varför vissa problem uppkommer eller varför vissa saker kan gå fel. Som första steg formuleras denna fråga. Arbetet med denna analys skall ske i grupp och efter att önskad fråga formulerats skall deltagarna genom brainstorming identifiera svar till frågan. Svaren skrivs ner på post-it-lappar som sedan fästs på

---

en tavla eller vägg. Gruppens uppgift blir nu att gruppera de lappar med besläktat innehåll. Grupperingen sker i itereringar tills gruppen är nöjd och då samtliga lappar tillhör en grupp. Grupperna skall sedan namnges med ett för innehållet i gruppen passande namn. Samma indelning genomförs sedan på nytt, men nu med de namngivna grupperna. Då deltagarna färdigställt grupperingen rangordnas de ingående lapparna. På detta sätt kommer de problemområden eller svar som av gruppen anses vara viktigast för att lösa befintligt problem fram (Bergman & Klefsjö 2007).

### **3.6 Framtagning av dellösningar**

Utifrån de delfunktioner som intensifierats i funktionsanalysen skall lösningar på respektive delfunktion nu arbetas fram. Johannesson et.al (2004) rekommenderar för denna uppgift den kreativa metoden brainstorming. Brainstorming utförs enligt Johannesson et.al (2014) av en grupp individer som gemensamt utvecklar varandras idéer genom att stimulera deltagarnas kreativitet för att nå ett bättre resultat än vad den enskilda individen kan åstadkomma. För ett lyckat resultat bör alla idéer som framkommer under sessionen enligt Johannesson et.al (2014) dokumenteras och deltagarna bör också ha förberett ett antal idéer innan sessionens början. Det är även enligt Johannesson et.al (2014) viktigt att de idéer som uppdragats under brainstormingen bearbetas och utvecklas ytterligare direkt efter sessionen.

### **3.7 Morfologisk analys**

Morfologisk analys beskrivs av Johannesson et. al (2004 s. 431) som ett hjälpmedel i problemlösningssprocessen där risken för att missa lösningsalternativ minskas. De dellösningar som identifierats kan enligt Johannesson et.al (2004) kombineras till totallösningförslag. Enligt Johanneson et.al görs detta lämpligt genom att placera delfunktionerna med respektive dellösningar i en morfologisk matris, där en dellösning från varje delfunktion kan kombineras ihop till en totallösning. Antalet olika kombinationer fås enligt Johannesson et.al (2004) genom att antalet dellösningar för varje delfunktion multipliceras med varandra. Då alla kombinationer tas fram bör de totallösningar som inte uppfyller ställda krav, inte är geometriskt och fysikaliska kompatibla eller som av något annat skäl är orimliga enligt Johanneson et.al (2004) sorteras bort. Målet med metoden är enligt Johannesson et.al (2004) att skapa ett antal totallösningalternativ som uppfyller alla krav och där dellösningarna är geometriskt och fysiskt kompatibla.

### **3.8 Pughs relativa beslutsmatris**

De lösningsalternativ som genom Morfologisk analys gått vidare i urvalsprincipen skall nu utvärderas ytterligare och Johanneson et.al (2004) rekommenderar att detta görs med hjälp av Pughs beslutsmatris. I denna metod jämförs lösningarna utifrån de kriterier i kravspecifikationen mot en referens som bör vara en känd fungerande, befintlig eller konkurrerande produkt. Johannesson et.al (2004) rekommenderar att de kriterier som lösningarna skall utvärderas utifrån är önskemål samt de krav som går att överuppfylla. Exempelvis om ett krav på högsta vikt ställs på en detalj och detaljen väger betydligt mindre än ställt krav, kan detta anses vara överuppfyllt.

Kriterierna samt konceptlösningarna förs in i en matris tillsammans med referensprodukten och utvärderas sedan genom poängsättning på hur de uppfyller kriterierna jämfört med referensprodukten (Johannesson et.al 2004). Lösningförslagen skall enligt Johannesson et. al (2004) ges ett plus om de uppfyller kriteriet bättre än referens, en nolla om de uppfyller kriteriet likvärdigt med referens och ett minus om de uppfyller kravet sämre än referens. Poängen summeras sedan och de lösningförslag som får negativ poäng är enligt Johannesson

---

et.al (2004) utifrån kriterierna sämre än referensprodukten och kan därför elimineras. De lösningsalternativ som får positiva poäng eller en nolla är bättre eller lika bra som referensprodukt och bör därför kvarvara i utvärderingsprocessen. Lösningsalternativen kan också enligt Johannesson et.al rangordnas och eliminering sker då utefter den framtagna rangordningen.

### 3.9 Kesselrings metod

Som avslutande utvärderingsmetod rekommenderar Johannesson et.al (2004) Kesslerings metod. I denna metod utvärderas lösningsförslagen mot ett idealfall som till högsta grad uppfyller alla kriterier (Johannesson et.al). Urvalet av kriterier sker enligt Johannesson et.al (2004) på samma sätt som vid utvärdering med Pughs relativa beslutsmatrix.

Det första steget i Kesselrings metod är enligt Johannesson et.al (2004) att vikta kriterierna för att få en kvantitativ och en rättvis bedömning. Det är enligt Johannesson et.al (2004) viktigt att inte godtyckligt vikta kriterierna utefter en förbestämd skala då detta ger en oönskad subjektiv verkan. Johannesson et. al (2004) rekommenderar därför att viktning av kriterier sker med hjälp av en viktbestämningmatrix där kriterierna jämförs och poängsätts parvis mot varandra. Kriterierna viktas mot varandra och ges enligt Johannesson et. al (2004) poäng 1 om det ena kriteriet är viktigare än det andra medan det mindre viktiga kriteriet således får poäng 0. Om kriterierna anses vara lika viktiga ges poäng 0.5. Kriteriernas poäng summeras därefter och delas på den totala summan av alla kriteriers poäng enligt nedan:

$$\sigma_i = \frac{\text{Poängsumma för ett kriterie}}{\text{Total poängsumma}} \quad (1)$$

Det framräknade  $\sigma$ -värdet används sedan enligt Johannesson et.al (2004) för att skala viktfaktorerna till önskad gradering genom att den skalade vikt faktorn  $W_i$  räknas fram enligt:

$$W_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_{imax}} \cdot W_{imax} \quad (2)$$

Där  $W_{imax}$  är största vikt faktorn i vald skala och  $\sigma_{imax}$  är det högsta framräknade värdet i ekvation 2 ovan. Resultatet av dessa beräkningar blir ej subjektiva vikt faktorer efter önskad skala.

De olika lösningsförslagen kan nu utvärderas i en Kesselring matrix där de poängsätts utifrån hur bra de uppfyller de olika kriterierna (Johannesson et.al 2004). Poängskalan kan enligt Johannesson et.al bestämmas godtyckligt men en vanlig förekommande skala är 1-5. Ideallösningen skall enligt Johannesson et.al (2004) ges högsta betyg på samtliga kriterier och lösningförslagen poängsätts sedan utefter hur nära idealfallet de är. De satta poängen multipliceras sedan med viktning faktorn och summeras sedan för respektive lösningförslag. De summerade poängen divideras sedan med ideallösning summerade poäng för att få en faktor på hur nära de olika lösningförslagen är ett idealfall. För att underlätta betygsättning rekommenderar Johannesson et.al (2004) att för de kriterier det är möjligt sätta upp betygen på förhand, med lämpliga gränsvärden så att kriterierna får förbestämda betygsskalor.

### 3.10 Triz

En innovationsmetodik utvecklad av Genrich Altshuller. Metoden bygger på 40 stycken principer vars mål är att lösa problem utan att tvingas till begränsande kompromisser. Metoden och principerna kommer ursprungligen från slutet av 1940-talet och har modifierats och utvecklats mycket sedan dess (Altshuller, 2005). Johannesson et. al (2004) beskriver metoden

---

som TIPS, Theory of inventive problem solving, översatt till svenska, Styr kreativitet och hävdar att metoden lämpar sig väl i kombination med konventionella, systematiska metoder.

Grundläggande bygger Triz på att allting som utför en funktion är ett tekniskt system oavsett hur enkel uppgiften är. Det tekniska systemet kan bestå av endast en delfunktion som då är tillika huvudfunktion, eller ett antal delfunktioner med underfunktioner till respektive delfunktion. Om ett tekniskt system kräver förbättring är första steget att förenkla systemet. Inom Triz består det enklaste tekniska systemet av endast två komponenter samt någon form av energi som överförs mellan de två komponenterna. Vidare är målet med Triz att driva det tekniska systemet mot det ideella stadiet, dvs. endast två komponenter med energi överförs mellan dessa. (Altshuller, 2005). Detta eftersträvas genom följande devis: "It is required to deliver such and such a function without introducing a new mechanism or device into the system" (Altshuller, G. 2005, s. 16).

För att metodisk lösa ett innovativt problem används en Ariz, Algorithm to solve an inventive problem. Algoritmen är uppbyggd i totalt nio steg som beskrivs kort nedan. Steg 1, analysera problemet och beskriv det utan industrispecifika beteckningar som kan vara lösningsfokuserade. Steg 2, analysera problemets utsträckning och definiera den zon i vilken konflikten uppkommer. Steg 3, Formulera det ideala, färdiga resultatet. Steg 4, försök lösa problemet med yttre krafter, system eller substanser som ingår i överordnade system till vilket analyserat problem tillhör. Steg 5, försök lösa problemet med hjälp av standarder eller tidigare liknande lösningar. Om lösning ej funnits, använd matrisen för tekniska kontradiktioner för vägledning. Steg 6, Om ingen lösning funnits bör problemet formuleras om och processen göras om från början. Steg 7, analysera lösningen på problemet, var nyttjad lösning mest optimal? Steg 8, implementering av funnen lösning. Steg 9, kontroll av funnen lösning. Stämmer praktiskt använd arbetsgång överens med den teoretiskt föreslagna av algoritmen? (Altshuller, 2005).

För att definiera ett problem används enligt Altshuller (2005) ett antal attribut, vilka är de som kan förbättras inom ett tekniskt system. Attributen har identifierats genom analys av ett stort antal patent. Då metoden inte är vitt spridd listas för tillgängligheten samtliga attribut nedan.

- |  |   |
|--|---|
| 1. Weight of a mobile object.              | 21. Power.  |
| 2. Weight of a stationary object.          | 22. Loss of energy.                                   |
| 3. Length of a mobile object.              | 23. Loss of substance.                                |
| 4. Length of a stationary object.          | 24. Loss of information.                              |
| 5. Area of a mobile object.                | 25. Loss of time.                                     |
| 6. Area of a stationary object.            | 26. Amount of substance.                              |
| 7. Volume of a mobile object.              | 27. Reliability.                                      |
| 8. Volume of a stationary object.          | 28. Accuracy of measurement.                          |
| 9. Speed.                                  | 29. Accuracy of manufacturing.                        |
| 10. Force.                                 | 30. Harmful factors acting on an object from outside. |
| 11. Tension / pressure.                    | 31. Harmful factor developed by an object.            |
| 12. Shape.                                 | 32. Manufacturability.                                |
| 13. Stability of composition.              | 33. Convenience of use.                               |
| 14. Strength.                              | 34. Repairability.                                    |
| 15. Time of action of a moving object.     | 35. Adaptability.                                     |
| 16. Time of action of a stationary object. | 36. Complexity of a device.                           |
| 17. Temperature.                           | 37. Complexity of control.                            |
| 18. Brightness.                            | 38. Level of automation.                              |
| 19. Energy spent by a moving object.       | 39. Capacity / productivity                           |
| 20. Energy spent by a stationary object.   |   |

---

Med hjälp av attributen ovan kan vid eventuell teknisk kontradiktion en princip till lösning sökas i matrisen för tekniska kontradiktioner. Matrisen består av 39 x 39 celler, där samtliga attribut förekommer i både x- och y-led. Det attribut som önskas förbättras markeras på y-axeln och det som blir sämre längs x-axeln. Där de två attributen möts ges eventuella förslag på princip för att lösa problemet. Principerna är 40 stycken till antalet och är utformade för att ge vägledning i hur aktuellt problem kan lösas utan oönskade kompromisser (Altshuller, 2005).

## 4 KONCEPTGENERERING

I kapitlet nedan beskrivs arbetsgången med resultaten från respektive metod under genomförd konceptgenerering. Inledningsvis presenteras en kravspecifikation baserad på uppgifter från tidigare utvecklingsprojekt, därefter följer de metoder som nyttjats under projektet.

### 4.1 Framställan av kravspecifikation

Baserat på uppgifter från kapitel 2 har följande kravspecifikation enligt tabell 4.1 nedan framställts. Kriterierna är littererade från A till X och indelade enligt Olssons kriteriematris (Johannesson et. al. 2004). "K" står för krav och "Ö" står för önskemål. "B" står för begränsande krav- önskemål och "F" står för funktionellt krav.

Tabell 4.1. Kravspecifikation

Cell	Kriterium	K/Ö	Vikt	F/B
A 1.1	Dimensioner i xy-planet ej större än 1960 x 1960 mm	K	-	B
B 1.1	Dimensioner i z-led ej större än 925 mm	K	-	B
C 1.1	Vikt ej överstigande 200 kg	Ö	2	B
D 1.1	Monteringskompatibel med Bracke P11.a panteringsaggregat	K	-	B
E 1.1	Kompatibel med Hiko V93-kassetter (tom och påfylld)	K	-	B
F 1.1	Minst två kassetter i magasinet (2 x 40 plantor)	K	-	F
G 1.1	Färre antal detaljer än MagMat 1.5	Ö	4	B
H 1.1	Medger kompatibilitet för någon av följande driftkällor: 24 V likström, 6 bar pneumatik, 125 bar hydraulik	K	-	B
I 1.1	Hydraulisk- och elektrisk drift av rörliga komponenter	Ö	4	B
J 1.1	Om plantan vid laddning av planteringsrör släpps ned skall dess väg vara vertikal från punkt A, till B.	K	-	F
K 2.1	Undvik skruvförband där justeringsmån ej krävs	Ö	5	B
L 2.4	Tillverkningskostnad ~200'.	Ö	1	B
M 3.1	Anpassad för att underlätta transport och installation	Ö	2	B
N 3.3	Handtag / fästpunkter monterade för att underlätta transport och installation	Ö	3	B
O 4.1	Möjlighet att fylla på samt plundra magasin på kassetter utan verktyg	K	-	B
P 4.1	Ladda planteringsrör på befintlig signal från Bracke P11.a	K	-	F
Q 4.1	Planta skall lämnas i planteringsrör orienterad i z-led med torvklumpen nedåt och skottet uppåt	K	-	F
R 4.1	Ett kassetbyte överskrider ej 33 s	K	-	B
S 4.1	Medge planteringsfrekvens på 8 s	K	-	B
T 4.2	Strukturellt tåla praktiskt arbete utan att ta skada från direkta yttre stötar	K	-	F
U 4.2	Strukturellt tåla de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete	K	-	F
V 4.2	Funktion ej påverkad av de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete	K	-	F
X 4.3	Ge återkoppling av status på magasin till operatör under arbete	Ö	1	B



---

I tabell 4.2 nedan redovisas samtliga referenser till kriterier ingående i kravspecifikationen.

**Tabell 4.2. Referenser till kriterier**

Kriterier	Referens
A, B, C, D, I, J, K, O, P, X	Wennberg 2013
E, S	Lideskog & Safrani 2011
F, R, S	Ersson et.al 2014
G, L, M, N	Fagerström <sup>3</sup>
H, Q	Bracke forest 2014

## 4.2 Kundcentrerad planering

Kriterier från kravspecifikationen översätts till kundönskemål. Önskemålen ställs därefter mot tekniska egenskaper som påverkar respektive önskemål i en QFD där viktning i form av svårighet att uppnå samt prioritering av kundönskemål gjorts. Fem betyder högst prioriterat och ett betyder lägst prioriterat. Slutligen har de tekniska egenskaper som genom analysen bedömts som viktigast för en lyckad utformning av ett automatiserat magasin för användning tillsammans med ett planteringsaggregat Bracke P11.a rangordnats som tänkt vägledning inför eventuell detaljkonstruktion. För fullständig analys se bilaga 1. De tre tekniska egenskaper som rangordnades högst var följande:

1. Utformning/geometri
2. Antal detaljer
3. Kompatibel infästning med Bracke P11.a.

Då utvecklingen av ett planeringsmagasin med kassetthantering fortfarande befinner sig i forskningsstadiet och inga befintliga produkter finns på marknaden har konkurrensanalys inte tagits i beaktande under arbetet med QFD diagrammet.

## 4.3 Funktionsanalys

Funktionsanalysens första steg var att abstraktisera de funktionella krav som framkommit i kravspecifikationen enligt tabell 4.1. Målet med detta var att eliminera de begränsande faktorerna i kraven så att lösningsökningen blir bredare. I tabell 4.3 nedan visas de abstraktiserade funktionella krav från kravspecifikationen.

**Tabell 4.3. Abstraktiserade funktionella krav**

Cell	Abstraktiserat kriterium
F 1.1	Magasinet rymmer flera kassetter
J 1.1	Laddning genom släpp av planta sker vertikalt
P 4.1	Ladda planteringsrör på signal
Q 4.1	Planta lämnas med torvklumpen nedåt
T 4.2	Ej utsätts för direkta yttre stötar
U 4.2	Strukturellt ej påverkas av vibrationer
V 4.2	Funktion ej påverkas av vibrationer

---

<sup>3</sup> Carl Johan Fagerström VD Fagerström industrikonsult AB, konstruktionsmöte den 2 maj 2014.

De abstrakta krav som visas i tabell 4.3 ovan användes sedan för att formulera önskad huvudfunktion i en abstrakt och bred mening. Huvudfunktionen för en framtida produkt är således:

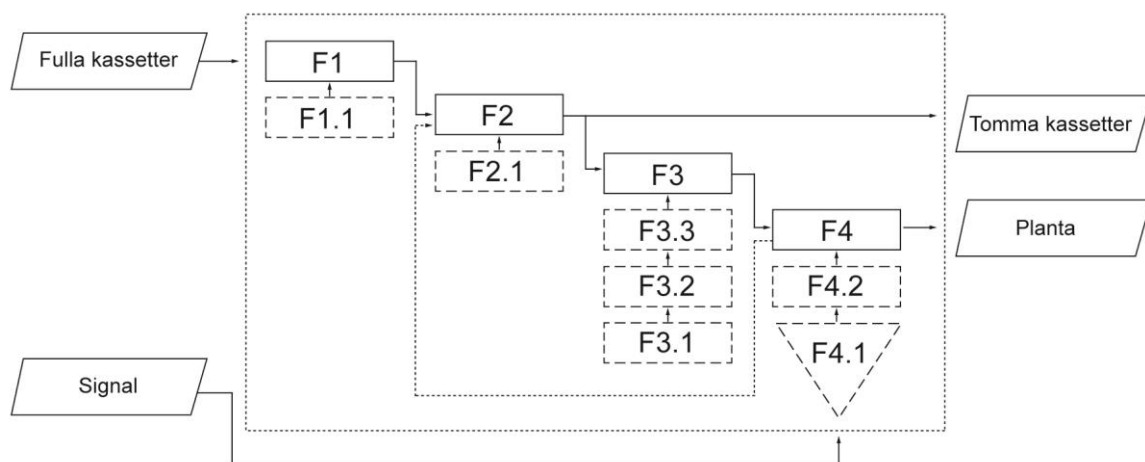
*AMP påfylld med flera kassetter skall på signal ladda planteringsrör med torvklumpen nedåt utan att påverkas av yttre stötar eller vibrationer, varken strukturellt eller funktionellt.*

Utifrån den nu definierade huvudfunktionen konstruerades en "black box" där ingående operand är, *flera kassetter* och önskad utgående operand är *planta i planteringsrör*. Huvudfunktionens uppgift är således att från ett flertal kassetter avskilja plantorna och ladda dem i planteringsröret, en och en, se figur 4.1 för huvudfunktion.

*Flera kassetter* ⇒ ■ ⇒ *Planta i planteringsrör*

Figur 4.1. Black box beskrivande huvudfunktion.

För att lättare finna en komplett lösning bryts huvudfunktionen ner i delfunktioner så att lösningar och tekniker som endast löser en delfunktion kan identifieras. Delfunktionerna blir nu de transformerande funktioner inuti black boxen som ser till att input transformeras till önskad output. Funktionsanalys med ingående funktionsstruktur samt de delfunktioner som definierats presenteras i figur 4.2 nedan.



Figur 4.2. Funktionsschema, delfunktioner med respektives underfunktioner

De fyra identifierade delfunktionerna F1, F2, F3 och F4 presenteras schematiskt i figur 4.2 ovan. Delfunktionerna är uppdelade i ett antal underfunktioner som krävs för att uppfylla önskad delfunktion. Underfunktionerna littereras Fx.i. Ytterligare två operand, en ingående samt en utgående krävs för att uppfylla huvudfunktionen. De är den signal som meddelar att planta ska laddas och den att tömda kassetter lämnar systemet.

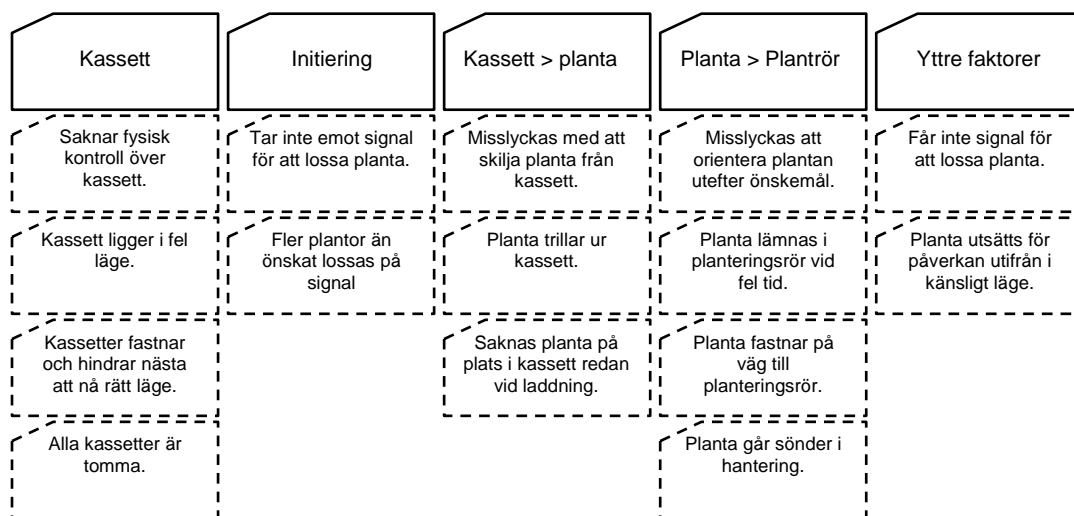
De fyra delfunktionerna samt dess underfunktioner beskrivs nedan:

- F1. Klargöra kassetter för att avskilja plantor.  
För att kunna avskilja plantor från kassetterna måste kassetten vara känd samt att kassetten ska ha intagit position för lossning (F1.1).

- 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 (F2.1).
- F3. Orientera planta för avlämning.  
För att plantan ska leveras rätt måste den efter avskiljande från kassett positioneras genom att den orienteras i x- (F3.1), y- (F3.2) och z-led (F3.3) till ett stående läge med torvklump nedåt.
- F4. Lämna planta i planteringsrör på signal.  
När inväntad signal att ladda planta ges, skall denna mottagas (F4.1) och en planta levereras till planteringsröret (F4.2).

#### 4.4 Identifiering av problemområden i magasinets arbetscykel

För att identifiera eventuella problemområden i magasinets arbetscykel nyttjades metoden släktskapsanalys. Analysen beskriver de fel som kan uppstå under processen planta i kassett till planta i planteringsrör. Resultatet presenteras i figur 4.3 nedan och beskriver ett antal olika fokusområden där fel bedöms uppstå. Områdena lyder som följer: yttre faktorer, kassett, initiering, kassett till planta och planta till planteringsrör. Samtliga eventuella fel har prioriterats inbördes inom respektive fokusområde, där högst prioriterat fel ligger högst upp och bör därför främst undvikas. Därefter enligt fallande prioritering och lägre klassat problem som blir aktuellt först efter att högre prioriterat fel har hanterats.



Figur 4.3. Släktskapsdiagram beskrivande möjliga problemområden i process.

Används som stöd vid framtagning av dellösningar samt vid inbördes bedömning av lösningar i senare metoder.

#### 4.5 Framtagning av dellösningar

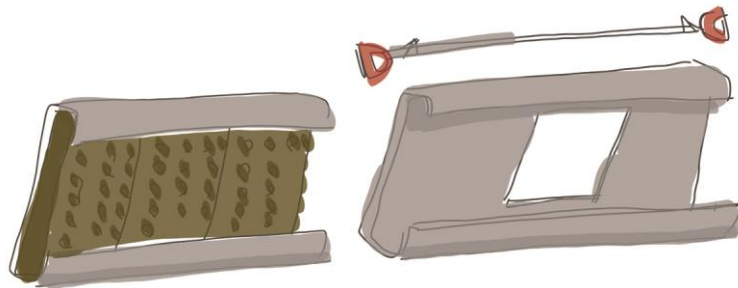
Utifrån de delfunktioner som identifierats i funktionsanalysen arbetades olika dellösningar till respektive delfunktion fram med hjälp av brainstorming. De eventuella problem som uppdagats i släktskapsanalysen togs även i beaktande under brainstormingen. Sessionen började med en stunds enskilt arbete med framtagning av olika dellösningar som sedan diskuterades och utvecklades gemensamt. Dellösningarna är namngivna med första siffran

utefter vilken funktion de löser, andra siffran i fallande ordning och ett A som står för att det är en dellösning. Detta kan beskrivas genom att den första dellösningen som löser delfunktion 2 namnges till A21. Dellösningarna med tillhörande skisser som uppkommit vid brainstormning och utvecklats efter sessionen presenteras nedan.

#### 4.5.1 Funktion 1 - Klargör kassetter för att avskilja plantor

Nedan presenteras de lösningar som ser till att kassetten befinner sig i rätt position för att kunna avskilja plantor från kassetter.

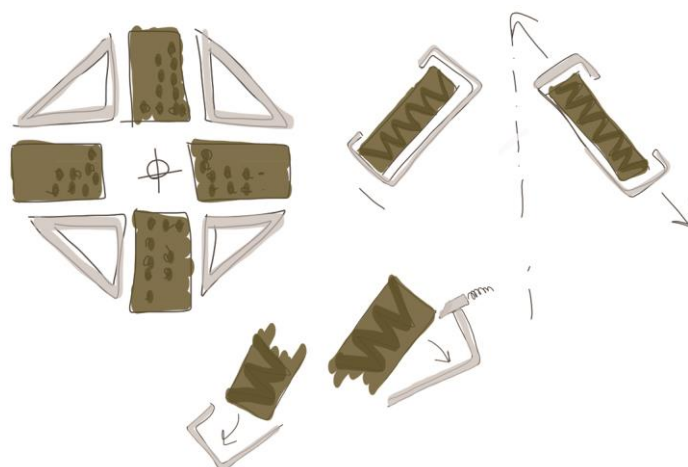
##### Dellösning A11 – Radmagasin



Figur 4.4. Radmagasin.

Radmagasinet i figur 4.4 består av en yttre ram som förflyttas vertikalt och en inre skena med plats för tre kassetter som förflyttas horisontellt inuti den yttre ramen. På detta sätt löser den inre och yttre ramen både kassetbyte och att alla plantrader kan nås för utstötning av planta. Magasinet står med en vinkel mindre 90 grader mot xy-planet. Kassetterna fylls på genom att de matas in från sidan.

##### Dellösning A12 – Pyramid



Figur 4.5. Pyramidmagasin.

Magasinet i figur 4.5 består av fyra stycken kassettplatser placerade i en pyramid runt en kvadratisk platta. När en kassett tömts på plantor roterar pyramiden ett kassetsteg så att nästa kassett når position för att lossa. Varje kassett kan förflytta sig vertikalt för att samtliga

---

plantrader skall kunna nå för avskiljning. Kassetterna plundras och laddas i sina fasta positioner och magasinet kan roteras manuellt så att alla kassettpositioner blir lätta att nå.

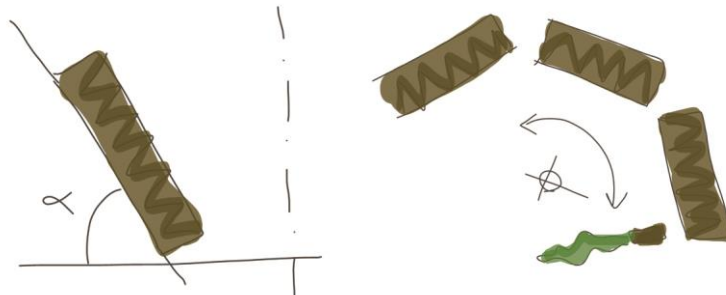
### Dellösning A13 - Rörligt bord



Figur 4.6. Rörligt bord.

Rörligt bord i figur 4.6 består av ett inre bord med två fasta platser för kassetter som kan röra sig horisontellt. Det inre bordet rör sig inuti en yttre ram som medger vertikal förflyttning. Rörligt bord kan på detta sätt förflyttas så att samtliga plantpositioner i de två kassetterna kan nås och medger då utstötning från endast en position.

### Dellösning A14 – Halvmåne



Figur 4.7. Halvmåne.

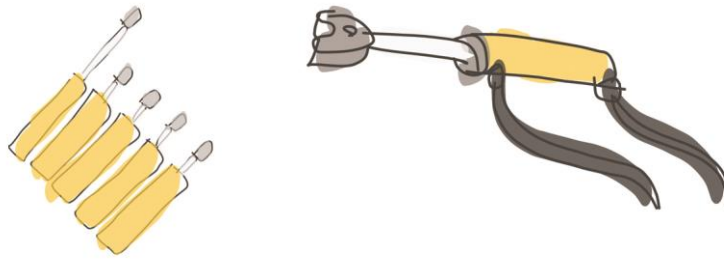
Halvmånen i figur 4.7 består av en ram formad som en halvmåne med plats för tre kassetter där en av kassettplatserna är position för att lossa. Varje kassettp plats kan förflyttas vertikalt för att medge lossning av samtliga plantrader. Då en kassett tömts roterar halvmånen ett kassetsteg och nästa kassett kan lossas. Halvmånen befinner sig in mot grävmaskinen då de är laddade och roterar utåt när de tömts, vilket underlättar både laddning och lossning.

### 4.5.2 Funktion 2 - Skilja plantor från kassetter

Nedan beskrivs de alternativ som kan avskilja plantan från kassett för att sedan kunna orientera den till planteringsröret.

---

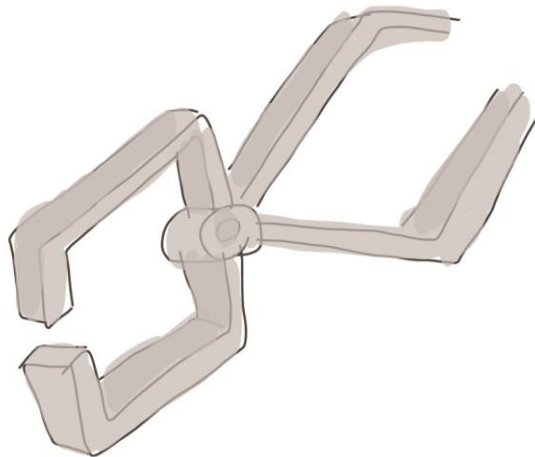
## Dellösning A21 – Cylinder



*Figur 4.8. Cylinder, hydrualisk eller pneumatisk.*

Cylinder används för att avskilja plantan från kassett med stöt eller skjuvning på torvklumpens undersida. Denna dellösning är inspirerad av MagMat 1.5:s dellösning för avskiljning av plantor (kap 2.1.5) och illustreras i figur 4.8.

## Dellösning A22 – Klo



*Figur 4.9. Klo.*

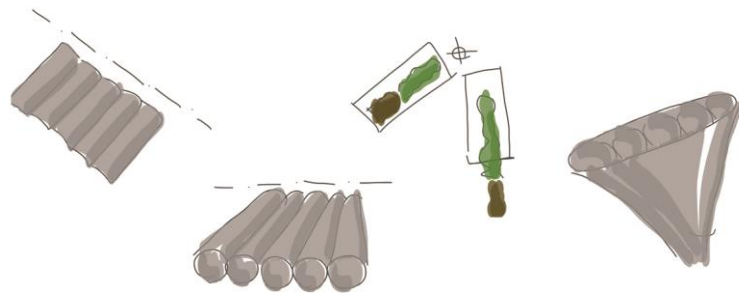
Klo i figur 4.9 används för att avskilja plantan från kassett genom att klon greppar tag i skottet och drar ut plantan från kassetten.

### 4.5.3 Funktion 3 - Orientera planta för avlämning

Nedan beskrivs de dellösningar som orienterar plantan efter utstötning med rätt orientering till planteringsröret på Bracke P11.a.

---

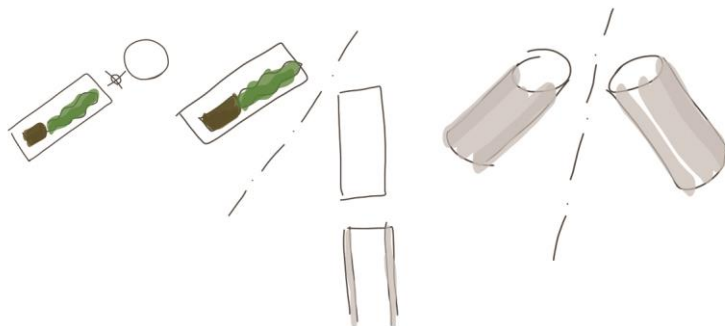
## Dellösning A31 – Pendel



*Figur 4.10. Pendel för tvåaxlig orientering.*

Plantorna skjuvas ut en och en i varsin cylindrisk kammare tillhörande en pendel, illustrerad i figur 4.10. Plantan pendlas sedan ner och släpps i en tratt ovanför planteringsröret. Tratten har fem kanaler, en för varje kammare i pendeln för att säkerställa att plantan ej hamnar på tvären under fallet mot planteringsröret.

## Dellösning A32 - Konisk revolver

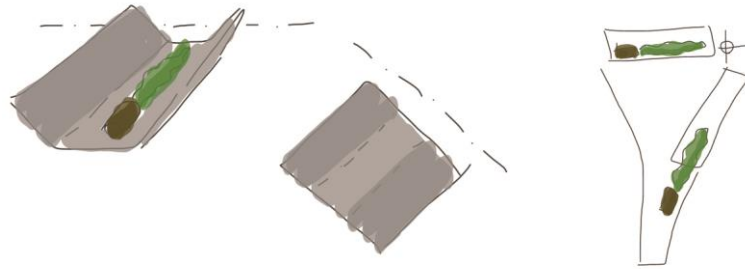


*Figur 4.11. Konisk revolver med två kammare för treaxlig orientering.*

Plantan skjuvas ut från kassetten in i en konisk revolver med två kammare illustrerad i figur 4.11. När en kammare fylls med en planta roterar revolvern 90 grader. Plantan befinner sig nu i kammaren och vilar på en plåt som följer revolverns rörelse. För att lämna plantan roterar revolvern ytterligare 90 grader där den följande plåten upphör och plantan släpps vertikalt ner i planteringsröret.

---

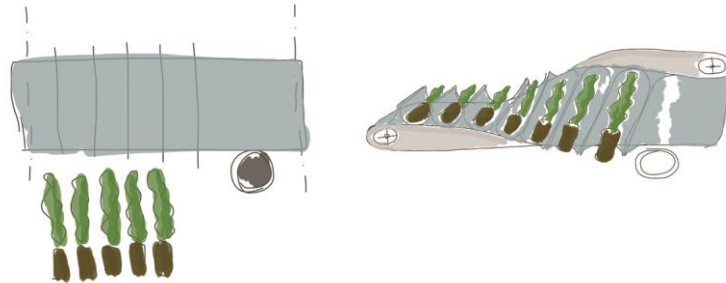
## Dellösning A33 – Fålla



*Figur 4.12. Fålla för att tvåaxlig orientering.*

Fållan i figur 4.12 är den dellösning som MagMat och Transplanter (kap. 2.1.4) nyttjar för att utföra orientering av planta. Plantan stöts ut på en fålla som sedan viker ner plantan i planteringsröret med torvklumpen först.

## Dellösning A34 – Rullband



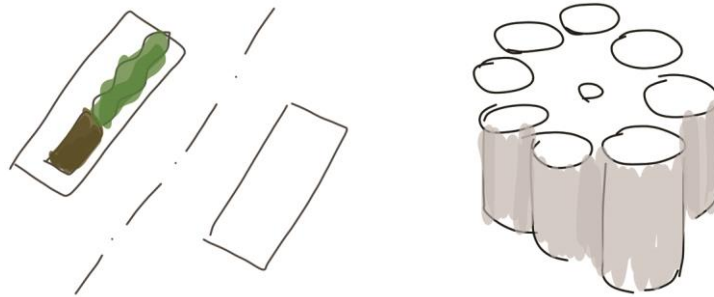
*Figur 4.13. Rullband för treaxlig orientering.*

Plantorna skjuvas ut fem åt gången liggand på ett rullband, illustrerat i figur 4.13. Rullbandet har fack för plantorna och gör sedan en 90 graders vridning för att ge dem en stående position. Slutligen släpps plantorna i planteringsröret med torvklumpen först.



---

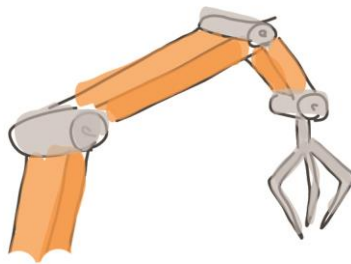
## Dellösning A35 – Revolver



*Figur 4.14. Revolver för tvåaxlig orientering.*

I figur 4.14 ovan skjuvas plantorna in i en revolver med ett antal kammare som sedan roterar för att orientera plantan till planteringsröret. Revolverns kammare ligger parallellt med rotationsaxeln.

## Dellösning A36 – Plockrobot

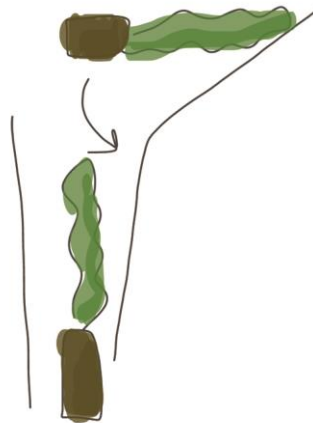


*Figur 4.15. Plockrobot för treaxlig orientering.*

Plockroboten i figur 4.15 plockar plantorna ur kassetter, orienterar och släpper dem sedan rätt orienterade i planteringsröret.

---

## Dellösning A37 – Tratt



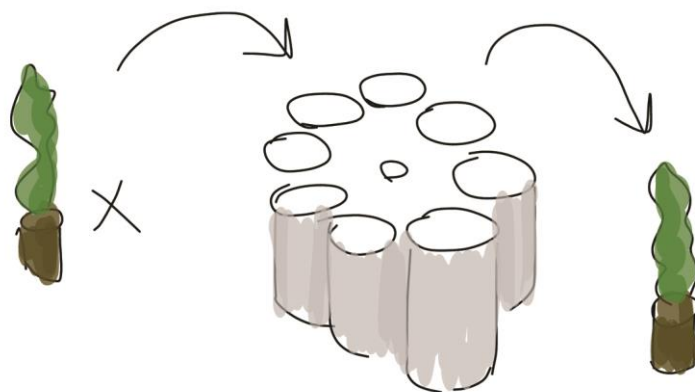
Figur 4.16. Tratt för treaxlig orientering.

Plantan stöts i figur 4.16 ut i en tratt och då torvklumpen har högre vikt än skottet ser gravitationen och tratten till att plantan orienteras med torvklumpen först till planteringsröret.

### 4.5.4 Funktion 4 - Lämna planta i planteringsrör på signal

Nedan presenteras de dellösningar som ser till att plantan lämnas på given signal i planteringsröret.

## Dellösning A41 – Buffert

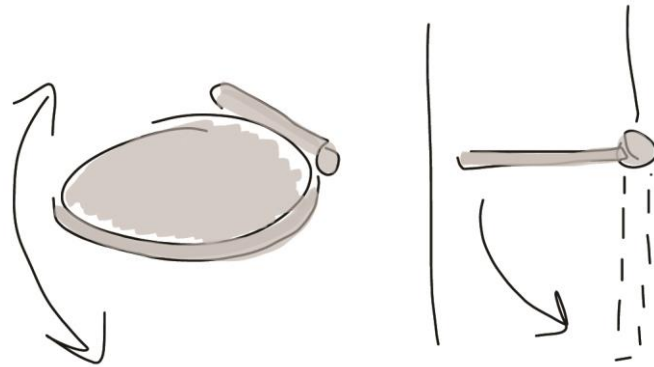


Figur 4.17. Buffert

Plantorna lämnas i figur 4.17 i en buffert som sedan släpper plantorna en och en till planteringsröret. Bufferten är svår att ge en generell utformning då den är helt beroende av de lösningar med vilka den kombineras.

---

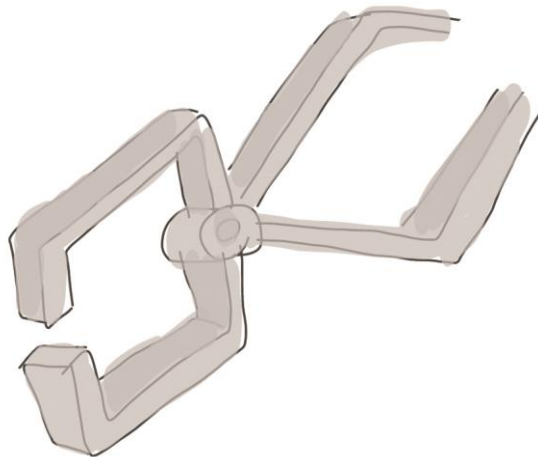
## Dellösning A42 – Grind



*Figur 4.18. Grind.*

En grind ovanför planteringsröret öppnas på signal av Bracke P11.a så att plantan släpps. Grinden är illustrerad i figur 4.18 ovan.

## Dellösning A43 – Klo



*Figur 4.19. Klo*

En klo håller i plantan tills signalen från Bracke P11.a ges då plantan släpps ned i planteringsröret. Klon är illustrerad i figur 4.19 ovan.

## 4.6 Framtagning av lösningsförslag

För att kombinera och ta fram kompletta lösningsförslag användes morfologisk analys där en morfologisk matris beskriver samtliga delfunktioner tillsammans med samtliga lösningar för respektive delfunktion. Se figur 4.20 nedan.

Delfunktion	Dellösningar						
F1	A11	A12	A13	A14			
F2	A21	A22					
F3	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
F4	A41	A42	A43				

Figur 4.20. Morfologisk matris med samtliga dellösningar

Antalet möjliga kombinationer fastställdes med hjälp av multiplikationsprincipen inom kombinatoriken. Exempel: Antal dellösningar för delfunktion F1 multiplicerat med antal dellösningar för delfunktion F2 ger totalt antal kombinationer  $[F1(2st) * F2(2st) = 4st \text{ komb.}]$  Därefter användes Matlab för att med hjälp av en matematisk funktion, Allcomb definiera samtliga möjliga kombinationer. För redogörelse av funktionen, se bilaga 2.

Därefter genomfördes manuellt en eliminering av lösningskombinationer som innehöll redundant funktionalitet. Det vill säga att flera dellösningar uppfyllde, eller kunde uppfylla samma delfunktion. I de fall då ingående dellösningar i aktuellt alternativ direkt stred mot varandras teknik föll även de bort. Se bilaga 3 för samtliga möjliga kombinationer. Sammanlagt genomfördes fyra itereringar under den morfologiska analysen och de kombinationer som föll bort beskrivs nedan.

Eliminerade kombinationer oberoende av typ av magasin är följande: A21 i kombination med A43., nyttjade av klo för funktion F4 när cylinder nyttjats för F2. A22 i kombination med A31, A32, A33, A34, A35, A37 och A43. Nyttjas klo för funktion F2 och funktion F4 bör greppet inte släppas under plantans väg från kassett till planteringsrör för att mellanlagra denna då detta medför ökad risk för fel i orienteringen. A33 i kombination med A41 då båda dellösningarna uppfyller delar av funktion F3. A37 i kombination med A41 då även de båda uppfyller funktion F3. A13 i kombination med A36 då de båda uppfyller funktion F3. A21 i kombination med A36 då de båda uppfyller funktion F2. A31 i kombination med A41 då A31 kan nyttjas som buffert. A22 i kombination med A31, A32, A33, A34 och A35 då nyttjande av klo för funktion F2, utan att använda A36, eller A37 för funktion F3 elimineras då greppet även här bör hållas tills funktion F4 skall uppfyllas. A42 i kombination med A32, A34 och A35 då mellanlagring med efterföljande grind, eller mellanlagring båda uppfyller funktion F4. Dellösning A35 uppfyller inte funktion F3 under realistiska förhållanden och samtliga kombinationer med A35 elimineras. A36 i kombination med A43 då inget arbete kan utföras mellan planteringsarna samt med tanke på eventuella skador på plantan då den hanteras med klo. A22 i kombination med A37 då båda uppfyller funktion F3. A36, plockrobot elimineras helt då den ej anses lämpad för vibrationsrik miljö med stora deaccelerationer. A11 i kombination med A32 då dellösning A32 kräver påfyllnad av sin kammare från en och samma position. A12 i kombination med A32 då dellösning A32 kräver påfyllnad av sin kammare från en och samma position. A13 i kombination med A31 till fördel för A13 i kombination med A32 på grund av mindre fördröjning. A13 i kombination med A33 då båda dellösningarna uppfyller funktion F3. A13 i kombination med A34 då båda dellösningarna uppfyller funktion F3. A15 i kombination med A32 då konisk revolver kräver att påfyllnad av dess kammare sker från en och samma position

---

De kombinationer som återstod efter genomförd eliminering är beskrivna nedan. Anledningen till att de undgick eliminering är främst att de saknade direkt redundant funktionalitet samt att de anses vara bäst bland alstrade realistiska kombinationer. De dellösningar som kvarstår klassas som möjliga fullständiga lösningar och littereras  $B_i$ .

- B1. A11, A21, A31, A42, Radmagasin med 5 cylindrar, pendel och grind.
- B2. A11, A21, A33, A42, Radmagasin med 5 cylindrar, fålla och grind.
- B3. A11, A21, A34, A41, Radmagasin med 5 cylindrar, rullband och grind.
- B4. A11, A21, A37, A42, Radmagasin med 5 cylindrar, tratt och grind.
- B5. A12, A21, A31, A42, Pyramid med 5 cylindrar, pendel och grind.
- B6. A12, A21, A33, A42, Pyramid med 5 cylindrar, fålla och grind.
- B7. A12, A21, A34, A41, Pyramid med 5 cylindrar, rullband och buffert.
- B8. A12, A21, A37, A42, Pyramid med 5 cylindrar, tratt och grind.
- B9. A13, A21, A32, A41, Rörligt bord med 1 cylinder, konisk revolver och buffert.
- B10. A14, A21, A31, A42, Halvmåne med 5 cylindrar, pendel och grind.
- B11. A14, A21, A33, A42, Halvmåne med 5 cylindrar, fålla och grind.
- B12. A14, A21, A34, A41, Halvmåne med 5 cylindrar, rullband och buffert.
- B13. A14, A21, A37, A42, Halvmåne med 5 cylindrar, tratt och grind.

Efter ytterligare analys av återstående kombinationer konstaterades att det fortfarande existerade viss redundant funktionalitet, vilken eliminerades genom att minska antalet dellösningar i samtliga kombinationer. Det var uteslutande funktion F4 som uppfylldes av dellösning ämnad för funktion F3 samt F4. Då dellösningen ämnad för funktion F3 i samtliga fall även kunde uppfylla funktion F4 eliminerades en delfunktion från alla 13 kombinationer. Exempelvis ansågs rullband uppfylla funktionen som buffert samt avlämnande av planta kan ske genom stegning av bandet. Lösningarna littereras nu  $C_i$  och bedöms uppfylla samtliga krav. Se bilaga 4 för fullständig redogörelse för kombination C1 t.o.m. C13.

- C1. A11, A21, A31, Radmagasin med 5 cylindrar och pendel.
- C2. A11, A21, A33, Radmagasin med 5 cylindrar och fålla.
- C3. A11, A21, A34, Radmagasin med 5 cylindrar och rullband.
- C4. A11, A21, A37, Radmagasin med 5 cylindrar och tratt.
- C5. A12, A21, A31, Pyramid med 5 cylindrar och pendel.
- C6. A12, A21, A33, Pyramid med 5 cylindrar och fålla.
- C7. A12, A21, A34, Pyramid med 5 cylindrar och rullband.
- C8. A12, A21, A37, Pyramid med 5 cylindrar och tratt.
- C9. A13, A21, A32, Rörligt bord med 1 cylinder och konisk revolver.
- C10. A14, A21, A31, Halvmåne med 5 cylindrar och pendel.
- C11. A14, A21, A33, Halvmåne med 5 cylindrar och fålla.
- C12. A14, A21, A34, Halvmåne med 5 cylindrar och rullband.
- C13. A14, A21, A37, Halvmåne med 5 cylindrar och tratt.

## 4.7 Rangordning av lösningsförslag

I detta kapitel visas resultatet för lösningsförslag som utvärderades och rangordnas med hjälp av Pughs beslutsmatris och Kesselrings metod.

### 4.7.1 Rangordning med hjälp av Pughs relativa beslutsmatris

För att rangordna kombinationer ställdes C1-C13 mot referensprodukten, 70car från Bracke forest, i en relativ beslutsmatris. 70car användes som referens då den är en i dag fungerande

lösning som används, dock uppfyller den inte samtliga krav på funktionalitet som ställs på nyutveckling av magasin, vilket också är den grundläggande anledningen till aktuell nyutveckling. För att uppnå ett mer rättvist resultat användes utöver önskemål från kravspecifikationen även ett antal kriterier i form av krav som är möjliga att "överuppfylla". Önskemålen var följande: O, T, U, V. Ett krav uteslöts från beslutsmatrisen då det är svårt att uppskatta tillverkningskostnad för lösningsalternativ samt för referensens produkt. För att ytterligare säkerställa att likvärdig bedömning görs nyttjades ett antal tekniska bedömningsgrunder som littereras  $Q_i$ . Beteckningarna inom parentes beskriver för vilka kriterier de tekniska bedömningsgrunderna nyttjades.

- Q1. Krav på toleranser (V).
- Q2. Antal detaljer (T, U).
- Q3. Krav på noggrannhet i rörelse (V).
- Q4. Svårighet att uppnå noggrannhet i rörelse (V).
- Q5. Antal rörelser för att tömma kassett (V).
- Q6. Antal rörelser för att byta kassett (V).
- Q7. Antal dellösningar (T, U).
- Q8. Fysisk kontroll över planta efter utstötning ur kassett (V).
- Q9. Ej utsatt placering av magasin (T).
- Q10. Yttergeometri i x- y-led större än Bracke P11.a (T).
- Q11. Tidsfördröjning i avlämnande av planta efter given signal (V).

De lösningsförslag som presterade lika bra resultat, eller bättre än referens behölls för vidare utveckling och utvärdering. Fullständigt resultat av beslutsmatrisen presenteras i tabell 4.4 nedan.

**Tabell 4.4. Relativ beslutsmatris**

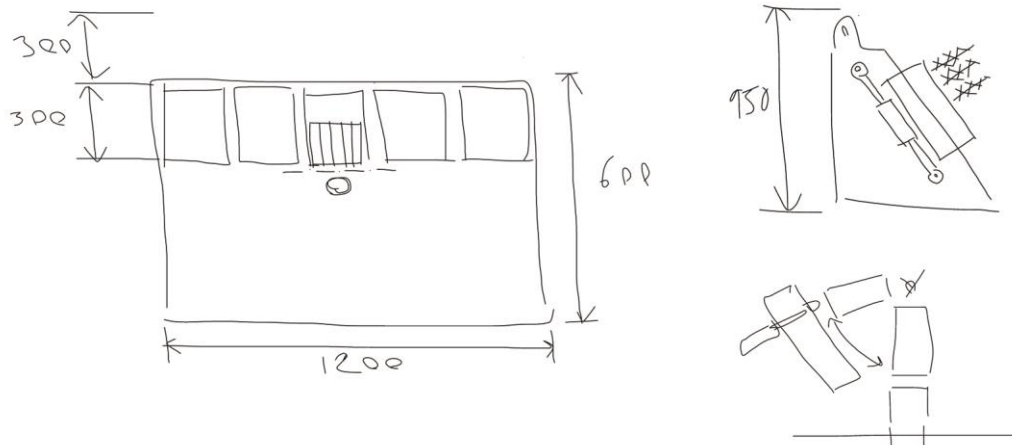
Kriterium	Lösningalternativ													
	ref	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
G		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
T		0	0	0	+	0	0	-	0	0	-	-	-	-
U		-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-
V		0	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-
X		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$\Sigma +$		3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$\Sigma 0$		7	6	7	5	6	6	5	6	8	5	5	5	5
$\Sigma -$		2	3	2	3	3	3	4	3	1	4	4	4	4
$\Sigma \text{ tot}$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>
<b>Rang</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Vidare</b>		<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>NEJ</b>	<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>NEJ</b>	<b>NEJ</b>	<b>NEJ</b>	<b>NEJ</b>

Nedan följer de åtta lösningsförslag som presterade lika bra, eller bättre resultat än referens i resultmatrisen. Presentation av de alternativ som inte tog sig vidare framkommer i tabell 4.4 ovan och på vilka punkter de brast. De åtta lösningsförslag som gick vidare i processen genomgick ytterligare en itterering för att definieras ytterligare och littereras  $D_i$ .

### Lösningsförslag D1, Radmagasin med 5 cylindrar för utstötning och pendel.

Magasinet består av en yttre ram som förflyttas vertikalt och en inre skena med plats för tre kassetter som förflyttas horisontellt inuti den yttre ramen. Kassetterna fästs på högkant med en vinkel mindre än 90 grader mot xy-planet i den inre skenan med hjälp av fjädrande låsklackar där kassetten förs in från sidan. Avskiljning av plantor från kassetten sker med fem hydrauliska cylindrar, en per plantrad, där de en i taget skjuvar ut en planta. När en rad tömts flyttar sig den yttre ramen ett plantsteg negativt i yz-led. När en kassett är tömd återgår den yttre ramen till grundposition och den inre ramen förflyttas i x-led en kassettbredd för att påbörja lossning av nästkommande kassett. Förflyttning av den yttre och inre ramen utövas av hydrauliska cylindrar där givare fastställer korrekt position.

På signal från Bracke P11.a skjuvas plantan ut från kassetten och in i en cylindrisk pendel som under svängning följer en plåt utefter pendelns bana och släpper slutligen plantan i planteringsröret. De fem platserna på en rad i en kassett motsvaras var och en av en cylindrisk kammare i pendeln. Plantan släpps i en tratt för att orientera plantan i y-led mot planteringsrörets centrum. Då samtliga kassetterna är tömda på plantor byts de ut genom att låsklacken lyfts manuellt och kassetterna puttas ut ur skenan från sidan. Placeringen av magasinet är på Bracke P11.a parallellt med x-axeln och avlämnande av plantan sker centrerat i planteringsröret, se figur 4.21 nedan.

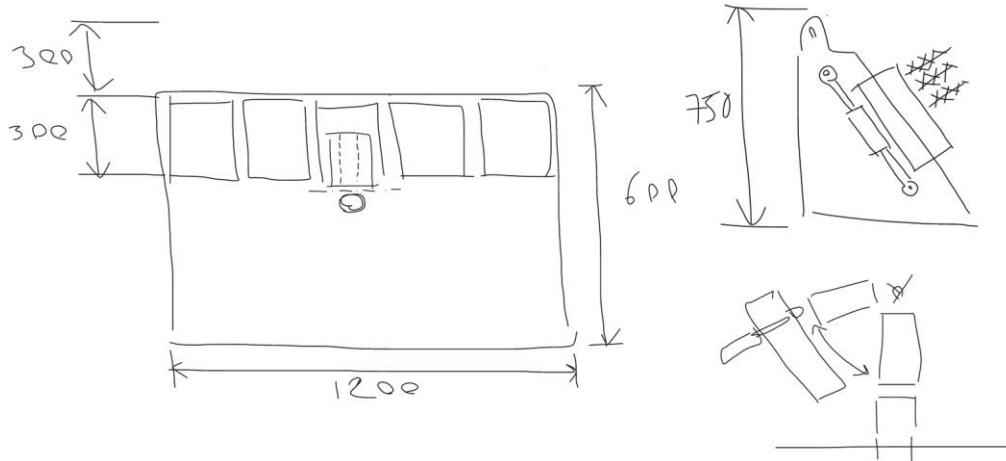


Figur 4.21. Lösningsförslag D1.

### Lösningsförslag D2, Radmagasin med 5 cylindrar för utstötning och fälla.

Magasinet består av en yttre ram som förflyttas vertikalt och en inre skena med plats för tre kassetter som förflyttas horisontellt inuti den yttre ramen. Kassetterna fästs på högkant med en vinkel mindre än 90 grader mot xy-planet i den inre skenan med hjälp av fjädrande låsklackar där kassetten förs in från sidan. Avskiljning av plantor från kassetten sker med fem hydrauliska cylindrar, en per plantrad, där de en i taget skjuvar ut en planta. När en rad tömts flyttar sig den yttre ramen ett plantsteg negativt i yz-led. När en kassett är tömd återgår den yttre ramen till grundposition och den inre ramen förflyttas i x-led en kassettbredd för att påbörja lossning av nästkommande kassett. Förflyttning av den yttre och inre ramen utövas av hydrauliska cylindrar där givare fastställer korrekt position.

Hantering av plantan är här lik den som används i funktionsmodellerna, MagMat och Transplanter (se kap 2.2.3). Där stöts plantan ut från kassetten, en i taget, in i en fålla som sedan viks ned och plantan faller ned i planteringsröret. Utstötningen startar på signal från Bracke P11.a. Placeringen av magasinet är på Bracke P11.a parallellt med x-axeln och avlämnandet av plantan sker centrerat i planteringsröret, se figur 4.22. nedan.



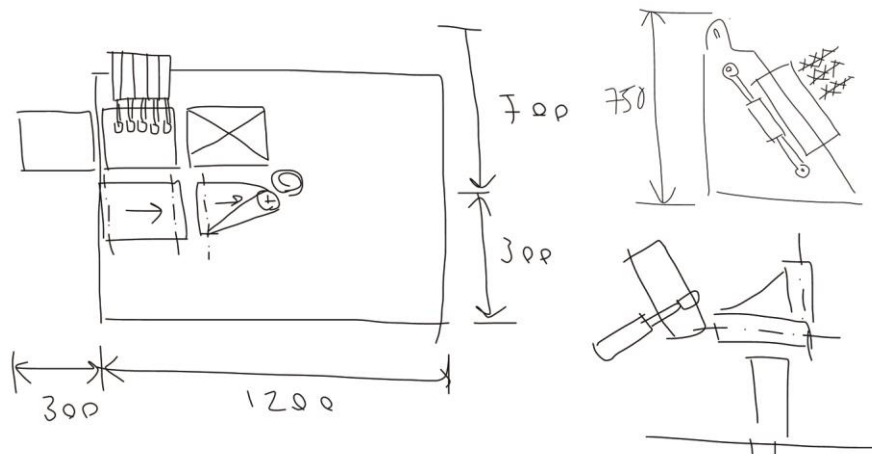
Figur 4.22. Lösningförslag D2.

### Lösningförslag D3, Radmagasin med 5 cylindrar för utstötning och transportband.

Magasinet består av en yttre ram som förflyttas vertikalt och en inre skena med plats för två kassetter som förflyttas horisontellt inuti den yttre ramen. Kassetterna fästs på högkant med en vinkel mindre än 90 grader mot xy-planet i den inre skenan med hjälp av fjädrande låsklackar där kassetten förs in från sidan. Avskiljning av plantor från kassetten sker med fem hydrauliska cylindrar, en per plantrad, där de samtidigt skjuvar ut fem plantor åt gången ur kassetten. När en rad tömts flyttar sig den yttre ramen ett plantsteg negativt i yz-led. När en kassett är tömd återgår den yttre ramen till grundposition och den inre ramen förflyttas i x-led en kassettbredd för att påbörja lossning av den andra kassetten. Förflyttning av den yttre och inre ramen utövas av hydrauliska cylindrar där givare fastställer korrekt position.

När plantorna lämnat kassetten skjuvas de ut på ett transportband med separata fack som ger plats för de fem plantorna. Bandet drivs med en hydraulisk motor. På väg mot planteringsröret gör transportbandet en vändning på 90 grader vilket för plantorna från liggande till stående läge. Bandet är inkapslat med ett skyddande hölje som även utgör det golv plantorna står på då de nått stående läge. Bandet är placerat så att det med plantorna i stående läge passerar planteringsröret. När ett fack på transportbandet passerar bredvid transportbandet faller således plantan ner i röret. Vid signal från Bracke P11.a förflyttas bandet ett steg vilket motsvarar avståndet mellan två plantfack och en givare vid bandets slut beordrar ytterligare förflyttning om något fack saknar planta. Då lossningsposition är tömd på plantor beordras automatiskt avskiljning av nästa rad plantor i kassetten och ytterligare fem plantor skjuvas ut på transportbandet. Placeringen av magasinet är på Bracke P11.a parallellt med x-axeln och avlämnandet av plantan sker centrerat i planteringsröret, se figur 4.23 nedan.



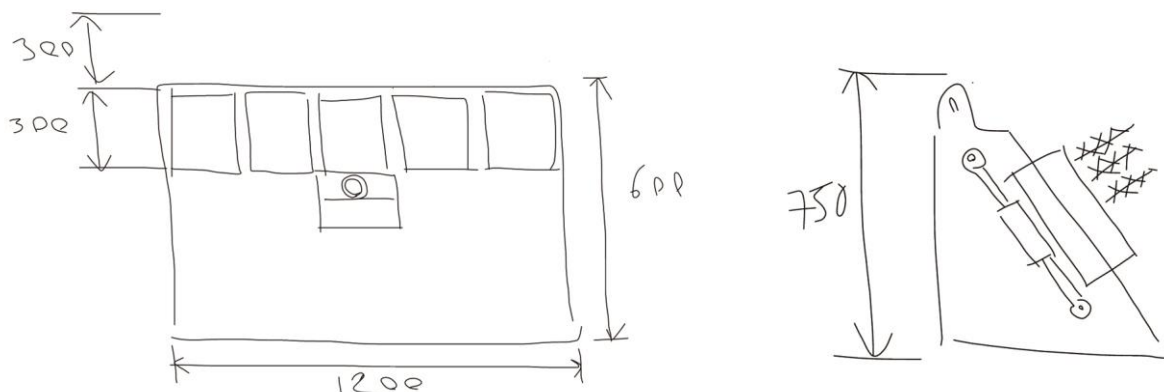


Figur 4.23. Lösning D3.

#### Lösning D4, Radmagasin med 5 cylindrar för utstötning och tratt.

Magasinet består av en yttre ram som förflyttas vertikalt och en inre skena med plats för tre kassetter som förflyttas horisontellt inuti den yttre ramen. Kassetterna fästs på högkant med en vinkel mindre än 90 grader mot xy-planet i den inre skenan med hjälp av fjädrande låsklackar där kassetten förs in från sidan. Avskiljning av plantor från kassetten sker med fem hydrauliska cylindrar, en per plantrad, där de en i taget skjuvar ut en planta. När en rad tömts flyttar sig den yttre ramen ett plantsteg negativt i yz-led. När en kassett är tömd återgår den yttre ramen till grundposition och den inre ramen förflyttas i x-led en kassettbredd för att påbörja lossning av nästkommande kassett. Förflyttning av den yttre och inre ramen utövas av hydrauliska cylindrar där givare fastställer korrekt position.

Då plantan stötts ut styrs skottet mot ena väggen i den tratt vilken leder mot planteringsröret. När plantans torvklump är helt utstött ur kassetten börjar den falla mot trattens förträngning. Då skottet sedan tidigare har stöd mot trattens vägg ser gravitationen till att plantan faller med torvklumpen först på sin väg ner i planteringsröret. Placeringen av magasinet är på Bracke P11.a parallellt med x-axeln och avlämnandet av plantan sker centrerat i planteringsröret, se figur 4.24 nedan.

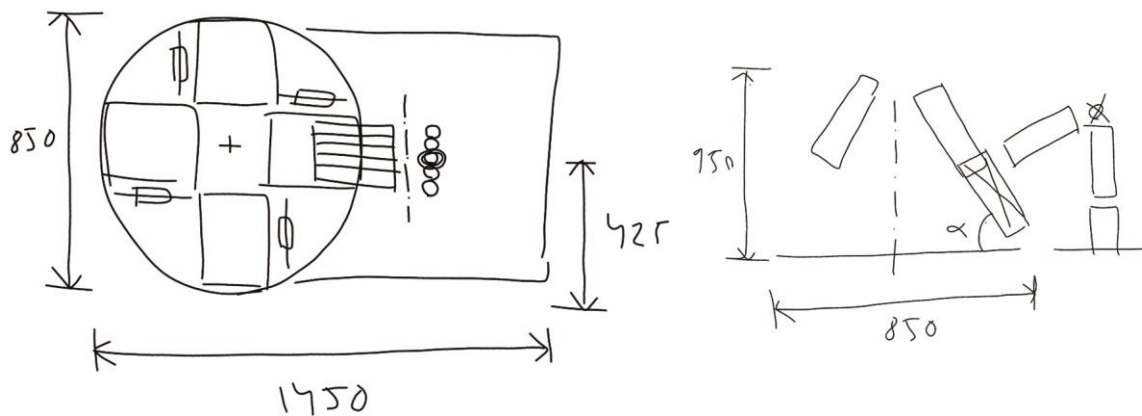


Figur 4.24. Lösning D4.

### Lösningförslag D5, Pyramid med 5 cylindrar för utstötning och pendel.

Magasinet består av fyra stycken kassettplatser placerade i en pyramid. I toppen bildas en kvadratisk platta och i botten en oktagon. Plantorna skjuvas ut, en i taget med hjälp av fem hydrauliska cylindrar. Kassetten töms rad för rad och när en rad är tom förflyttas kassetten med hjälp av en hydraulisk cylinder i negativ xz-led. Varje kassettplats har varsin cylinder för förflyttning i xz-led. När en kassett är tömd roterar pyramiden ett steg och nästa kassett når då positionen för avskiljning. Kassetterna låses i pyramiden med fjädrande låsklackar och plundras genom att låsklacken lyfts manuellt.

På signal från Bracke P11.a skjuvas plantan ut från kassetten och in i en cylindrisk pendel som under svängning följer en plåt utefter pendelns bana och släpper slutligen plantan i planteringsröret. De fem platserna på en rad i en kassett motsvaras var och en av en cylindrisk kammare i pendeln. Plantan släpps i en tratt för att orientera plantan i y-led mot planteringsrörets centrum, se figur 4.25 nedan. Magasinet placeras på Bracke P.11a likt 70car och MagMat (se kap 2.1.1 och 2.1.4).

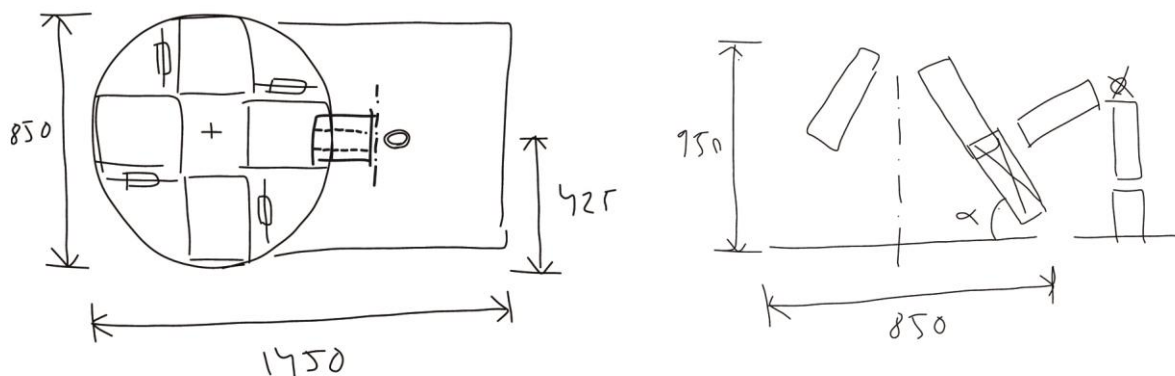


Figur 4.25. Lösningförslag D5.

### Lösningförslag D6, Pyramid med 5 cylindrar för utstötning och fålla.

Magasinet består av fyra stycken kassettplatser placerade i en pyramid. I toppen bildas en kvadratisk platta och i botten en oktagon. Plantorna skjuvas ut, en i taget med hjälp av fem hydrauliska cylindrar. Kassetten töms rad för rad och när en rad är tom förflyttas kassetten med hjälp av en hydraulisk cylinder i negativ xz-led. Varje kassettplats har varsin cylinder för förflyttning i xz-led. När en kassett är tömd roterar pyramiden ett steg och nästa kassett når då positionen för avskiljning. Kassetterna låses i pyramiden med fjädrande låsklackar och plundras genom att låsklacken lyfts manuellt.

Hantering av plantan är här lik den som används i funktionsmodellerna, MagMat och Transplanter (se kap 2.2.3). Där stöts plantan ut från kassetten, en i taget, in i en fålla som sedan viks ned och plantan faller ned i planteringsröret, se figur 4.26 nedan. Utstötningen startar på signal från Bracke P11.a. Magasinet placeras på Bracke P11.a på samma sätt som 70car och MagMat (se kap 2.1.1 och 2.1.4).

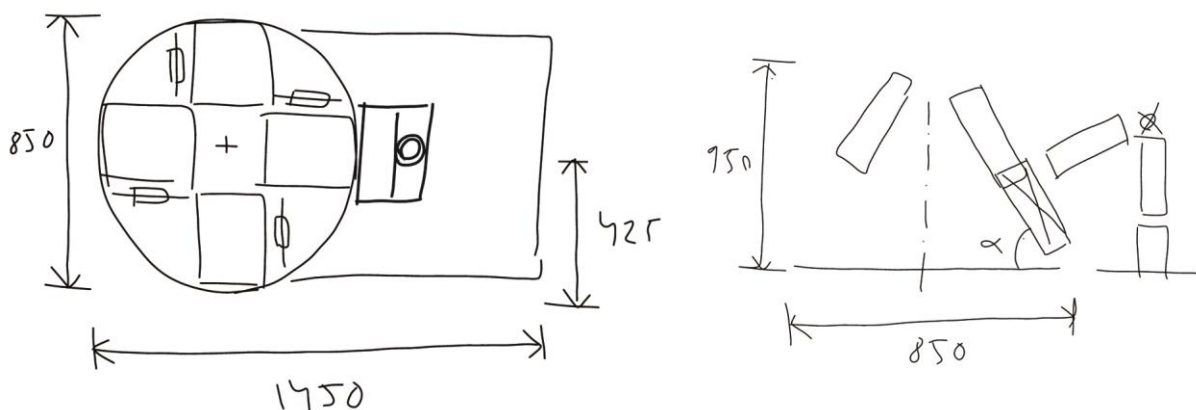


Figur 4.26. Lösningförslag D6.

### Lösningförslag D8, Pyramid med 5 cylindrar för utstötning och tratt.

Magasinet består av fyra stycken kassettplatser placerade i en pyramid. I toppen bildas en kvadratisk platta och i botten en oktagon. Plantorna skjuvas ut, en i taget med hjälp av fem hydrauliska cylindrar. Kassetten töms rad för rad och när en rad är tom förflyttas kassetten med hjälp av en hydraulisk cylinder i negativ xz-led. Varje kassettplats har varsin cylinder för förflyttning i xz-led. När en kassett är tömd roterar pyramiden ett steg och nästa kassett når då positionen för avskiljning. Kassetterna låses i pyramiden med fjädrande låsklackar och plundras genom att låsklacken lyfts manuellt.

Då plantan stötts ut styrs skottet mot ena väggen i den tratt vilken leder mot planteringsröret. När plantans torvklump är helt utstött ur kassetten börjar den falla mot trattens förträngning. Då skottet sedan tidigare har stöd mot trattens vägg ser gravitationen till att plantan faller med torvklumpen först på sin väg ner i planteringsröret, se figur 4.27 nedan. Magasinet placeras på Bracke P11.a på samma sätt som 70car och MagMat (se kap 2.1.1 och 2.1.4).



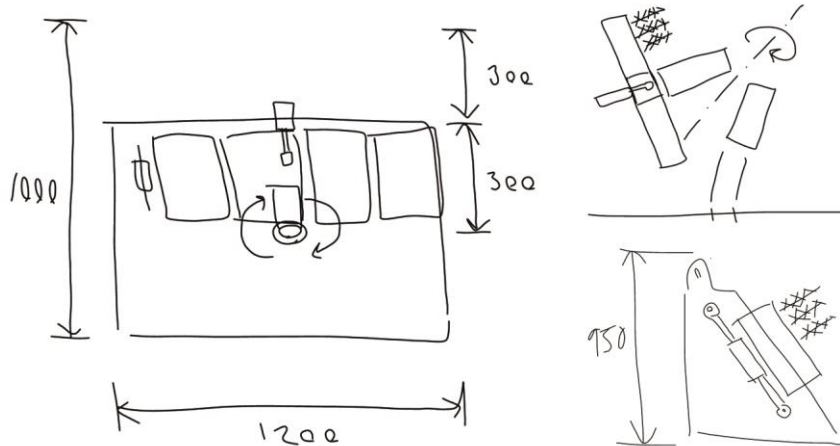
Figur 4.27. Lösningförslag D8.

### Lösningförslag D9, Rörligt bord med 1 cylinder för utstötning och konisk revolver.

Magasinet i aktuellt lösningförslag består av ett bord med två fasta platser för kassetter. Kassetterna fästs på högkant bredvid varandra och fixeras med hjälp av fjädrande låsklackar. Vinkeln mellan kassettbordet och xy-planet är mindre än 90 grader och större än 30. Plantorna skjuvas endast ut från en och samma position med hjälp av en hydraulisk cylinder vilket medför att kassetten måste flyttas efter varje planta som avskiljs innan ytterligare en

kan skjuvas ut. Detta görs genom att hela bordet flyttas i x-led ett plantsteg vid varje utstötning. Eftersom kassetterna fixeras tätt ihop kan samma rad tömmas på båda kassetterna innan förflyttning i yz-led krävs. När båda kassetters rader är tömda förflyttas hela bordet negativt i yz-led ett plantsteg för att möjliggöra lossning av nästkommande rader. Förflyttningarna i både x-led och yz-led utförs av hydrauliska cylindrar där givare fastställer korrekt positionering. Tomma kassetter byts genom att manuellt lyfta låsklackarna.

Plantan skjuvas ut från kassetten och in i en konisk revolver med två kammare. När en kammare fylls med en planta roterar revolvern 90 grader. Plantan vilar då på ett underlag som följer revolverns rörelse. Vid signal från Bracke P.11a roterar revolvern ytterligare 90 grader där det följande underlaget upphör och plantan faller vertikalt ner i planteringsröret. Samtidigt som den ena revolverkammaren befinner sig ovanför planteringsröret och faller en planta, befinner sig den andra kammaren vid position för avskiljning och kan således ta emot nästa planta som skjuvas ut. Kamrarna är således separerade med 180 grader i axiell led. Placeringen av magasinet är på Bracke P11.a parallellt med x-axeln och avlämnande av plantan sker centrerat i planteringsröret, se figur 4.28 nedan.



Figur 4.28. Lösningförslag D9.

#### 4.7.2 Eliminering av lösningar med Kesselrings metod

För att ge en rättvis utvärdering viktades kriterierna enligt parvis jämförelse, se tabell 4.5 nedan.

Tabell 4.5. Parvis jämförelse av kriterier med skalade viktfactorer

	C	G	I	K	F	O	M	N	X	T	U	V	$\Sigma$	$\sigma_i$	$W_i$	
C	-	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	0,05	<b>3</b>	
G	1	-	0	0,5	0	0	1	1	1	0	0	0	4,5	0,08	<b>4</b>	
I	1	1	-	1	0	1	1	1	1	1	0	0	8	0,14	<b>1</b>	
K	1	0,5	0	-	0	1	1	1	1	0	0	0	5,5	0,10	<b>5</b>	
F	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	0	0	9	0,16	<b>8</b>	
O	1	1	0	0	0	-	1	1	1	1	0	0	6	0,11	<b>5</b>	
M	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
N	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	1	0,02	<b>1</b>	
X	0	0	0	0	0	0	1	1	-	0	0	0	2	0,04	<b>2</b>	
T	1	1	0	1	0	0	1	1	1	-	0	0	6	0,11	<b>5</b>	
U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0	10	0,18	<b>9</b>	
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	11	0,20	<b>10</b>	
													$\Sigma$	56	1	-

De lösningar som presterade lika bra, eller bättre än referensprodukten, 70car utvärderades med Kesselrings metod enligt kap. 3.8. Betygsskalor för kriterier användes där det ansågs praktiskt genomförbart samt för att underlätta utvärdering. Följande kriterier betygssattes: (C) vikt - genom uppskattad vikt på ingående dellösningar, (G) detaljer - genom uppskattat antal detaljer på ingående dellösningar, (I) drift - antal typer av kraftkällor samt totalt antal enheter för utförande av arbete, (K) toleranser - bedömt antal kritiska toleranser med hänsyn till rörliga detaljer samt givarpositioner som ej kan svetsas, (F) kassetter - antal kassetter i magasinet. Då ett antal kriterier anses vara produkter av andra kriterier sammantaget är det svårt att ge dem betygsskalor och bedömningen har där gjorts individuellt. Se tabell 4.6 nedan för betygsskalor.

**Tabell 4.6. Betygsskalor**

Vikt (C)	Detaljer (G)	Kassetter (F)	Drift (I)	Kritiska förband (K)
1 < 300	1 < 1000	1 2 st	1 >2typ(>10)	1 $\geq 20$
2 < 250	2 < 800	2 3 st	2 2typ(<10)	2 < 20
3 < 200	3 < 600	3 4 st	3 1typ( $\geq 10$ )	3 < 10
4 < 150	4 < 400	4 6 st	4 1typ(<10)	4 < 5
5 < 100	5 < 200	5 8 st	5 1typ( $\leq 5$ )	5 0

Resultatet av Kesselrings kriterieviktmatris presenteras i tabell 4.7 nedan. Samtliga lösningsförslag vägs mot en ideal lösning, benämns *ref* i tabell 4.7.

**Tabell 4.7. Kesselrings kriterieviktmatris**

		Lösningalternativ																
		ref	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D8		D9	
K	$W_i$	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T
C	3	15	2	6	2	6	2	6	3	9	2	6	2	6	2	6	3	9
F	8	40	2	16	2	16	1	8	2	16	3	24	3	24	3	24	1	8
G	4	20	3	12	3	12	3	12	4	16	2	8	2	8	3	12	3	12
I	1	5	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	5	5
K	5	25	3	15	3	15	2	10	3	15	2	10	2	10	2	10	3	15
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
O	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	3	15	3	15	3	15	4	20
T	5	25	3	15	3	15	2	10	3	15	4	20	4	20	4	20	3	15
U	9	45	4	36	4	36	4	36	4	36	4	36	4	36	4	36	4	36
V	10	50	3	30	2	20	2	20	2	20	2	20	1	10	1	10	4	40
X	2	10	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
$\sum T$		<b>265</b>	<b>168</b>		<b>158</b>		<b>139</b>		<b>165</b>		<b>151</b>		<b>141</b>		<b>145</b>		<b>169</b>	
$\sum T/\sum T_{max}$		<b>1</b>	<b>0,63</b>		<b>0,60</b>		<b>0,52</b>		<b>0,62</b>		<b>0,57</b>		<b>0,53</b>		<b>0,55</b>		<b>0,64</b>	
<b>Rang</b>			<b>2</b>		<b>4</b>		<b>8</b>		<b>3</b>		<b>5</b>		<b>7</b>		<b>6</b>		<b>1</b>	

Efter genomförd eliminering var det två lösningsförslag som presterade mycket lika resultat och därför beslutades att de båda skulle utvärderas ytterligare. De alternativ som presterade bäst var D1 och D9. Det visade sig att de båda lösningsförslagen innehöll en intressant teknisk kontradiktion. Det ena förslaget svagheter var det andra förslaget styrkor och omvänt.

---

Motsättningen består i att lösningsförslag D9 kräver förflyttning av kassetten mellan varje avskild planta för att orientera denna i x-led mot planteringsröret. Detta ger hög noggrannhet i plantans förflyttning efter det att den lämnat kassetten, men medför ett stort antal förflyttningar av kassetterna. Lösningsförslaget D1 som nyttjar fem stycken cylindrar för avskiljning av plantan behöver inte förflytta kassetten mellan varje avskild planta. Detta medför att ett mycket litet antal förflyttningar behöver genomföras med kassetterna, samtidigt medför det att plantan måste orienteras i x-led mot planteringsröret efter det att den lämnat kassetten. Vilket medför en högre risk för att plantan inte når planteringsröret enligt krav.

#### 4.8 Eliminering av tekniska kontradiktioner

Då de två kvarvarande lösningarna innehåller en teknisk kontradiktion valdes att utvärdera de två med hjälp av Triz, steg 5. Lösningarna formulerades i Triz formulär ett och två för att identifiera de attribut som skall förbättras enligt de 39 egenskaper som går att förbättra i ett tekniskt system och för att formulera lösningarnas tekniska kontradiktion för att sedan söka lösningar till motsättningarna.

Då nackdelen med lösning D1 är att då plantan lämnat kassetten måste den fortfarande orienteras i x-led genom tratten för att nå planteringsröret valdes attribut #31 "Harmful factors developed by an object" till att elimineras. Detta då pendeln tillsammans med tratten som med dess skiljeväggar kan skapa faktorer som gör att plantan fastnar och därför inte når planteringsröret. Vidare formulerades den tekniska kontradiktionen genom att ett konventionellt sätt för att eliminera attribut #31 angavs som D9 delösning A13 – rörligt bord då denna inte kräver någon orientering i x-led efter att plantan lämnat kassetten. Delösning A13 kräver dock en extra rörelse för att utföra sin givna uppgift. Då denna konventionella metod används valdes attribut #37 "Complexity of control" som de attribut som försämras då de rörliga bordet kräver komplex styrning för att magasinet skall finna samtliga plantors positioner. Den tekniska kontradiktion som då utformades är följande: Om problem under plantans väg elimineras genom att en extra rörelse adderas kommer komplexiteten i styrningen att försämras då orientering i matris krävs. Se bilaga 5 för fullständigt ifyllda formulär.

De rekommenderade principerna hämtades därefter ur Triz contradiction matrix för eliminering av attribut #37 samt den egenskap som försämras om problemet reduceras konventionellt är attribut #39. Enligt matrisen blev principerna som bör nyttjas för lösningssökning följande: 1 segmentation, 2 Extraction, 21 rushing trough och 27 disposable. Den princip som användes för att lösa kontradiktionen var Extraction där rekommendationen var att ta bort den störande delen eller egenskapen från ett objekt. Detta applicerades på tratten (A31) och vid djupare analys framgick det att skiljevägarna som styr plantan kräver en viss vinkel vid trattens avsmalnande och kan därför orsaka att plantan fastnar. Skiljevägarna i lösning D1s tratt tas således bort och tratten kan nu utformas för att optimera plantans väg ner i planteringsröret.

Lösning D9 utvärderades på liknande sätt som D1 men här valdes istället att attributet #37 "Complexity of control" skall förbättras och den konventionella metod för att förbättra detta är lösning D1 utstötningsprincip med fem positioner och fem cylindrar. De attribut som försämras med denna konventionella lösning valdes till attribut #36 complexity of a device då plantan nu måste orienteras i x-led eftersom den stöts ut från fem olika positioner vilket ökar komplexiteten i orientering och avlämnande av plantan. Den tekniska kontradiktionen blev således: Om komplexiteten i styrningen förbättras genom att addera 4 cylindrar för utsötning, kommer komplexiteten i orientering samt avlämnande av planta att öka (negativt). För fullständigt ifyllda formulär se bilaga 6. Triz contradiction matrix gav sedan följande

---

principer att arbeta med: 10 Prior action, 15 Dynamicity, 28 Replacement of Mechanical System och 37 thermal expansion. Prinsip 15 säger att om ett objekt är fast så gör det istället rörligt, eller att dela upp två element genom att ändra dess position relativt mot varandra. Med dessa principer utvecklades konceptet genom att göra utstötningscyindern och den koniska revolvorn rörliga i x-led medan magasinet bara rör sig i zy-led. På så sätt har rörelserna delats upp till två delar som utför en endimensionell rörelse var vilket minskar komplexiteten i styrningen.

De genom Triz utvecklade förslagen littereras  $E_i$  och är följande:

E1 - Radmagasin med 3 kassetter och 5 cylindrar med en 5 kammrad pendel och tratt utan skiljeväggar.

E9 - Rörligt bord med 2 kassetter. Magasinet är rörligt i zy-led. En vagg, rörlig i x-led bär med sig en cylinder för utstötning och en 1 kammrad pendel som lämnar plantan direkt i planteringsröret.

---

## 5 DISKUSSION

I följande kapitel diskuteras de resultat som framkommit under konceptgenereringen och de faktorer som varit avgörande för resultatets utformning. Vidare diskuteras de två vinnande koncepten för att komma fram till ett slutgiltigt koncept.

Vid eliminering av lösningförslag i kapitel 4.7 visade det sig att de kriterier som kom att spela en avgörande roll var kriterierna som behandlade att funktion samt struktur inte får påverkas negativt av rådande miljö vid praktiskt arbete. Dessa kriterier var, kriteriet T att strukturellt tåla praktiskt arbete utan att ta skada från direkta yttre stötar, kriteriet U att strukturellt tåla de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete och kriteriet V att funktion ej påverkas av de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete. Vid utvärdering med Pughs relativa beslutsmatris var det endast vid dessa kriterier som de olika lösningförslagen skilde sig åt när de jämfördes mot Bracke Forests befintliga lösning 70car. Detta fick således en betydande roll i vilka lösningförslag som gick vidare från den första elimineringen. Vidare då kriterierna viktades inför utvärdering med Kesselrings metod fick kriteriet U och V de högsta poängen och kom således att vara avgörande även vid denna eliminering. Dock skilde sig resultatet mer åt i Kesselrings än i Pughs elimineringsmetod då betygsskalan var bredare. Utvärderingen av koncepten kom att handla mycket om att bedöma de olika lösningarnas potential att klara av att arbeta i rådande miljö. Att dessa kriterier kom att vara avgörande ses som lämpligt då de tidigare funktionsmodellerna visat att tekniken fungerade väl i labbmiljö, men miljön vid praktisk plantering gör det problematiskt för att nå önskad funktionalitet.

De två från elimineringen vinnande koncepten D1 och D9 var till utformningen ganska lika och som beskrivet i kapitel 4.7.2 och kapitel 4.8 var den enas fördelar den andras nackdelar och omvänt. Då nackdelen med D1 är att plantans väg efter utstötning blir osäker då den fortfarande måste orienteras i x-led. Nackdelen med D9 är att styrningen av kassetten blir komplex då den måste orienteras längs två axlar och därför bedöms att den efter Triz bästa lösningen på ovanstående kontradiktion är E9. Detta då den tidigare komplexa rörelsen av kassetten nu delats upp så att två komponenter rör sig i varsin linjär rörelse relativt varandra. Plantans väg efter utstötning är i lösning E9 fortfarande lika säker som i lösning D9. Dock bedöms den koniska revolverns utformning som mer komplex än pendelns då revolvern rör sig i tre plan medan pendeln endast rör sig i ett plan. Revolvern i lösning E9 byts således ut mot lösning E1s pendel. Lösning E9 kan konstrueras med endast fem cylindrar, två stycken för orientering av kassetter, en för utstötning av planta, en för orientering av pendel och en för pendelns rotation bedöms denna lösning som mycket simpel. På grund av ovanstående anledningar är lösning E9 med pendel det koncept som har bäst potential att uppfylla funktionen och är således det vinnande koncept som bör vidareutvecklas.

Vid utvärdering av koncepten upptäcktes vissa problem då lösningar skulle placeras på planteringsaggregatet. Detta då konceptutveckling försökts hållas väldigt öppen och funktionell vilket ledde till att design och infästning mot planteringsaggregatet glömdes bort en aning. Det vinnande konceptet E9s placering på Bracke P.11a modifierades således från den placering längst x-axeln beskriven i kap 4.7.1 till att magasinet placeras längst med y-axeln med planteringshålet centrerat relativt magasinet form.

Avslutningsvis bör nämnas att utförd QFD-analys ej nyttjats som stöd i konceptutvecklingen, men kan om möjligt vara till hjälp under eventuell framtida detaljkonstruktion.



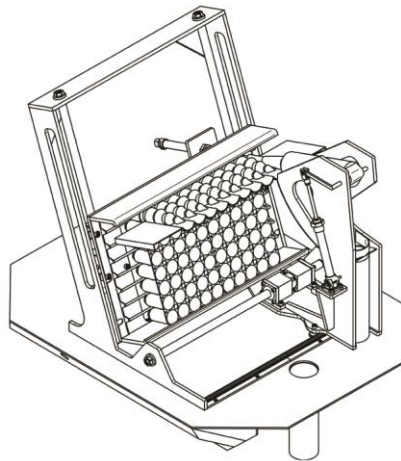
---

## 6 SLUTGILTIGT KONCEPT

Lösningförslag E9 kommer fortsättningsvis att benämnas AMP enligt tidigare beskriven betäckning. AMP modellerades med hjälp av CAD-verktyg för visualisering av koncept. Inledande beskrivs hur AMP är utformad och funktionen av dess olika delar. Därefter beskrivs hur AMPs arbetsgång planeras i kombination med Bracke P11.a samt operatör.

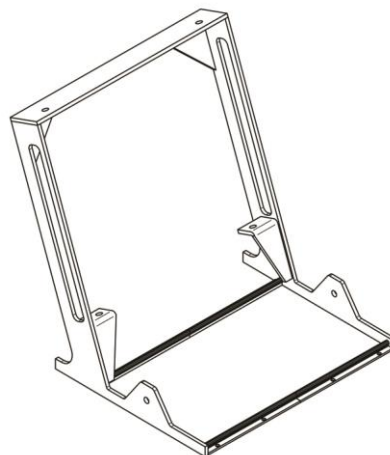
### 6.1 Automatiserat magasin för plantsättningsaggregat

AMP bygger på en skena och en vagger infästa i en yttre ram. Skenan är påfylld med två kassetter och kan röra sig linjärt i xz-planet med hjälp av två hydrauliska cylindrar. Vaggan består av en teleskopisk, pneumatisk cylinder för att avskilja plantan från kassett samt en cylinder som tar emot avskild planta och pendlar i xz-planet för att orientera plantan samt lämna den i planteringsröret. Vaggan kan röra sig längs y-axeln parallellt med skenan med hjälp av en hydraulisk cylinder. Något som är intressant är att AMP i sitt nuvarande utförande helt har eliminerat tiden för kassettbytet, vilket var en viktig punkt i tidigare konstruktioner, MagMat 1.0 samt MagMat 1.5. Se AMP i figur 6.1 nedan.



*Figur 6.1. Beskriver de tre huvuddelarna, ram, skena och vagger i AMP.*

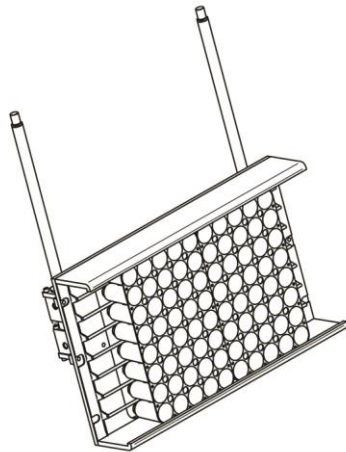
Den yttre ramen består i huvudsak av två grova plåtar och fungerar som bas för både skena och vagger och ger således en stadig konstruktion. För att ge hög motståndskraft mot fysiska påfrestningar används svetsförband för att foga samman detaljer i största möjliga utsträckning. Ramen visas i figur 6.2 nedan.



*Figur 6.2. Bärande ram för AMPs funktioner.*

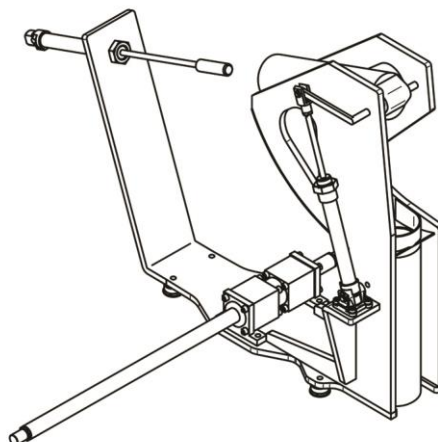
---

Skenan är den del som fixerar kassetterna i sitt läge för att avskilja plantan samt orienterar plantorna i xy-led. Skenan fylls på genom att kassetten förs in från sidan, två till antalet. Kassetterna står upprätt och tätt ihop. De bildar således en matris med tio stycken kolumner och åtta stycken rader med plantor. Kolumnerna är numrerade från vänster till höger, 1 till och med 10. Raderna är numrerade uppifrån och ned, 1 till och med 8. Plantorna avskiljs från kassetten en och en, kolumn för kolumn. Första plantan stöts ut från cell 10.8. Plantorna avskiljs därefter från cellerna i ordningen 9.8, 8.8, ... ,1.8. När en rad är tömd rör sig skenan linjärt i xz-planet för att orientera och klargöra en ny rad med plantor för avskiljning. Proceduren upprepas tills samtliga plantor har lämnat kassetterna. Skenan illustreras I figur 6.3 nedan.



*Figur 6.3. Skena för att fixera kassetter, här påfylld med två kassetter.*

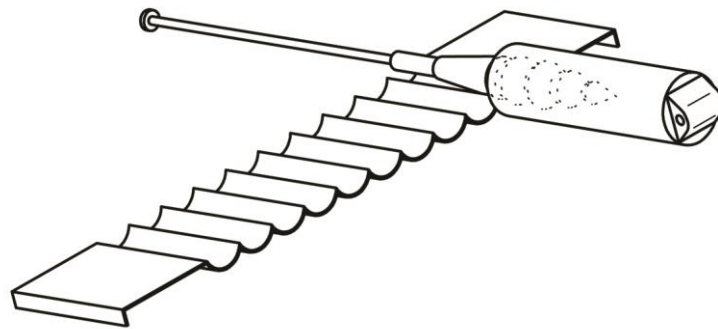
Vaggan illustreras I figur 6.4 nedan och är den del som orienterar plantan i y-led samt i xz-planet för att lämna den i planteringsröret med torvklumpen nedåt. Detta görs med hjälp av en cylinder som pendlar runt en axel i dess övre ände. Plantan kan således vändas för att lämnas med torvklumpen först. Vaggan rör sig parallellt med skenan längs y-axeln med hjälp av en hydraulisk cylinder för att nå rätt cell för att avskilja en planta samt för att nå läget över planteringsröret för att lämna plantan. Vaggan för även med sig den pneumatiska cylinder som avskiljer plantan från kassetten. På så vis befinner sig cylindern för att avskilja plantan och pendeln för att ta emot plantan alltid vid samma cell och risken för att fel planta stöts ut är således eliminerad.



*Figur 6.4. Vagga med pendel och cylinder för att avskilja planta från kassett.*

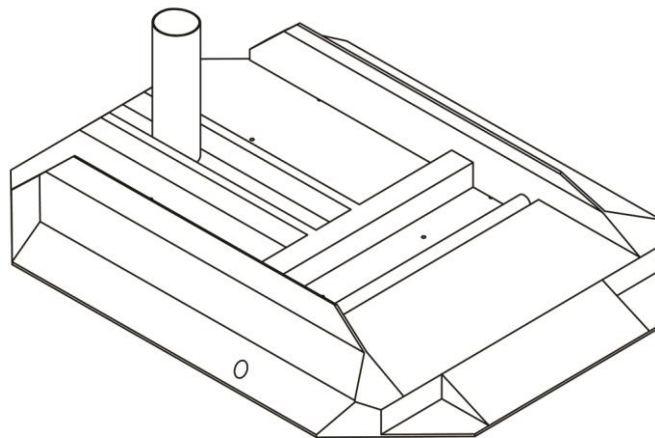
---

För att styra plantan på dess väg in i pendelns cylinder, efter det att torvklumpen lämnat kassetten, används en styrplåt. Plåten styr plantans skott mot cylindern enligt figur 6.5 nedan.



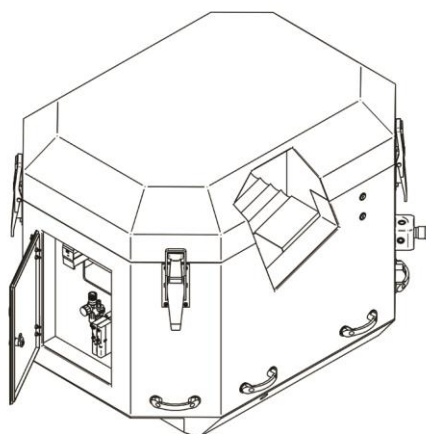
*Figur 6.5. Styrplåt med planta på väg in i pendelns cylinder.*

Infästningen mot aggregatet är av samma typ som används för magasinet 70car. På så vis säkerställs god infästning mot Bracke P11.a. Placeringen är den samma som för 70car för att ge mycket utrymme för maskinens bom, vilket möjliggör plantering nära maskinen. För infästning mot planteringsaggregat, se figur 6.6 nedan.



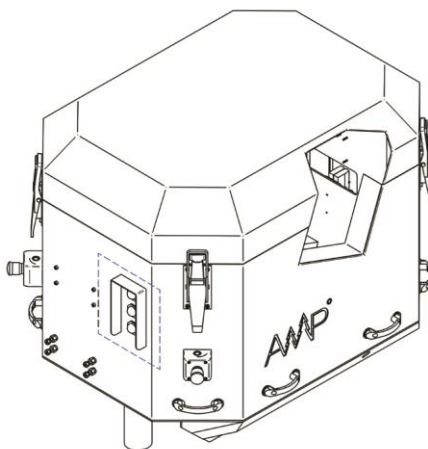
*Figur 6.6. Infästning mot Bracke P11.a visas upp och ned för tydlighet.*

För att skydda konstruktionen från påverkan utifrån gjordes valet att använda en barriär. Då det främst är för att skydda mot slag och stötar från eventuella kollisioner med omgivande miljö kan dock en rörkonstruktion med galler, eller liknande användas och kapslingen på AMP är endast för att illustrera möjligheten. I illustrerad kapsling är styrsystem samt luftpanel och ventiler skyddade i ett skåp på kapslingens framsida, se figur 6.7.



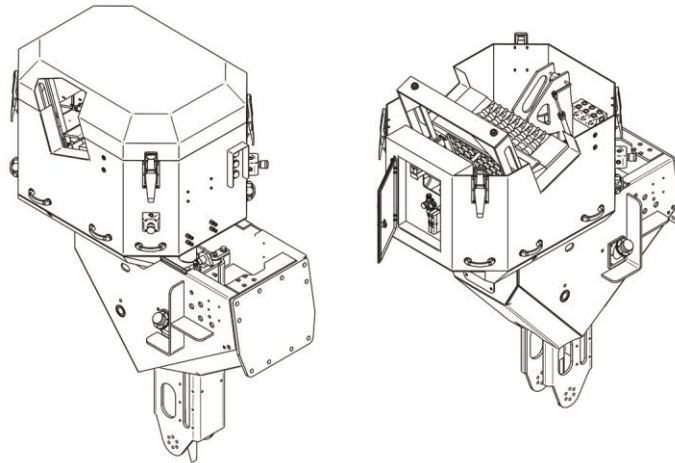
*Figur 6.7. Kapsling med skåp för elektronik och ventiler.*

AMP nyttjar endast en ingående signal från Bracke P11.a och ger ingen återkoppling till aggregatet att planta har lämnats i planteringsröret då Bracke P11.a själv har en givare som indikerar när det finns en planta i planteringsröret. Operatören ges dock information om vad som sker under kapslingen med hjälp av röd, gul och grön ljussignal. Grön betyder att AMP är klar och väntar på signal, gul betyder att AMP arbetar och häftiga rörelser bör undvikas och röd signal betyder att ett fel har inträffat. Blinkande röd signal betyder att samtliga kassetter är tömda och att magasinet behöver fyllas på. Blå, streckad markering i figur 6.8 markerar ljuspanelen.



*Figur 6.8. Ljuspanel för återkoppling mot operatör.*

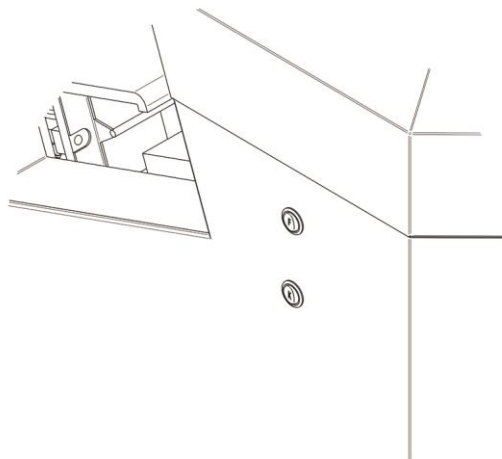
I figur 6.9 nedan visas AMP monterad på planteringsaggregat Bracke P11.a med och utan lock. För fler vyer med yttermått se bilaga 7. För renderade bilder i färg, se bilaga 8. I beskrivet utförande väger AMP utan kapsling strax över 100 kg och kapslingen med infästning mot planteringsaggregatet väger även det strax över 100 kg.



*Figur 6.9. AMP monterad på Bracke P11.a.*

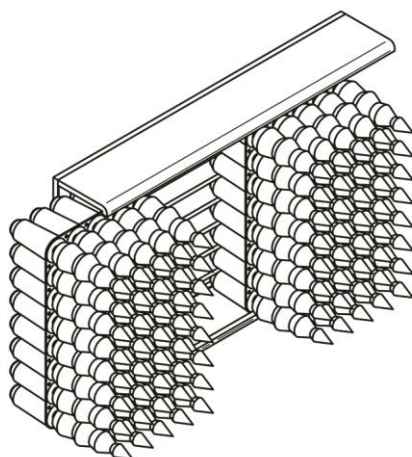
## 6.2 Arbetscykel

Förutsättning är att AMP är monterad på ett Bracke P11.a aggregat samt maskinoperatören finns tillgänglig. Inledningsvis behöver AMP kraftsättas med tryckluft, hydraulik samt 24V likström. Därefter trycker operatören på knappen för att fylla på magasinet (F) på AMPs vänstra sida sett ur positiv x-riktning. Se figur 6.10 nedan.



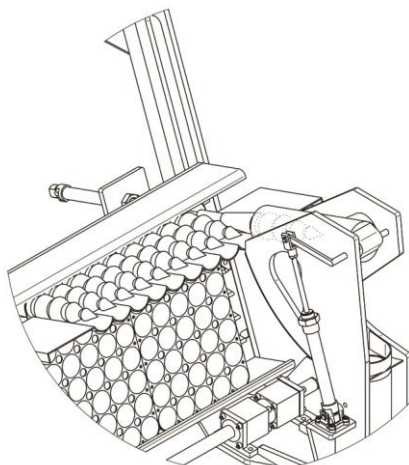
*Figur 6.10. Operatörspanel på sidan av AMP.*

Två kassetter skjuts in i skenan, se figur 6.11 nedan. Kassetterna fixeras i y-led med lämplig teknisk lösning. Därefter kvitterar operatören att magasinet är påfyllt genom att trycka på knappen för klar (K) enligt figur 6.10 ovan.



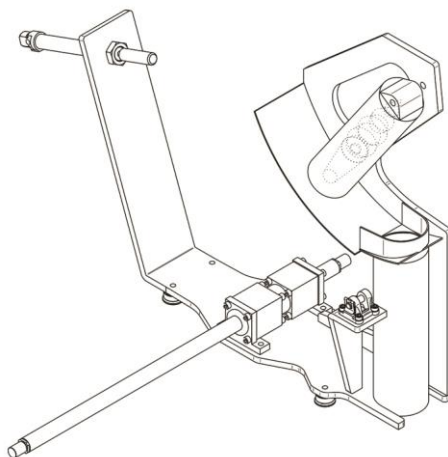
*Figur 6.11. Skena under påfyllnad av kassett.*

Vaggan går nu till cell 10.8 och inväntar signal från Bracka P11.a. När signal mottagits från Bracke P11.a stöts plantan ut ur kassetten och in i pendelns cylinder, se figur 6.12 nedan.



*Figur 6.12. Planta stöts ut ur kassett och in i pendelns cylinder.*

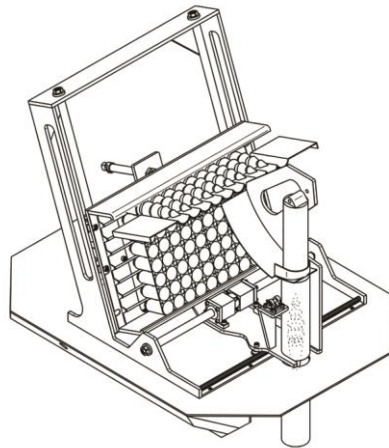
När plantan ligger säkert i pendeln och cylindern för utstötning har återgått svänger pendeln halva sitt slag och stannar således strax innan öppningen vid planteringsröret. Samtidigt rör sig vaggan i y-led till läget över planteringsröret. enligt figur 6.13 nedan.



*Figur 6.13. AMP på väg mot planteringsrör.*

---

När vaggan når läget över planteringsröret svänger pendeln resterande delen av sitt slag och släpper plantan ner i planteringsröret, se figur 6.14 nedan.

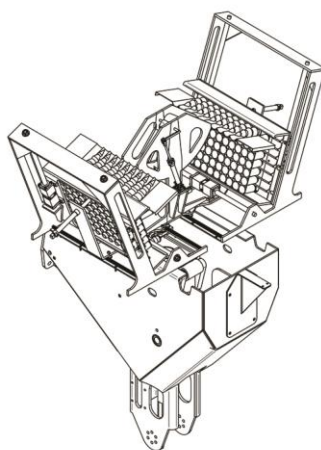


*Figur 6.14. Planta faller ner mot planteringsröret på Bracke P11.a.*

Därefter återgår pendeln till läget för att ta emot avskild planta. Samtidigt rör sig vaggan i y-led till cell 9.8 och väntar på signal från Bracke P11.a för att stöta ut nästa planta. Proceduren upprepas enligt beskrivningen i kapitel 6.1. AMP har endast en kritisk rörelse och det är den då cylindern skjuter ut och avskiljer plantan från kassetten. Innan plantan når pendelns skyddande cylinder och denna har svängt halva sitt slag finns det vid eventuella häftiga rörelser risk för att plantan inte når pendelns cylinder. Risken har dock eliminerats genom att avskiljningen av plantan sker medan Bracke P11.a slutför framförvarande planteringscykel och är således relativt stillastående.

### **6.3 Alternativ lösning**

Värt att nämna är att AMP som beskrivet i kapitel 6 går att utforma för fyra stycken kassetter, istället för två. Dock krävs tidsstudier för att avgöra vilka skillnader det skulle göra i avseende på produktiviteten. Se figur 6. 15 nedan för alternativ AMP med fyra kassetter.



*Figur 6.15. Alternativ lösning av AMP med fyra stycken kassetter.*

---

## 7 SLUTSATS

Det slutgiltiga konceptet benämns AMP och består av tre huvuddelar, en ram, en skena med plats för två kassetter och en vagger som flyttar plantan från kassetten till planteringsröret. AMP består av betydligt färre komponenter än MagMat samt att kassettbodytet är eliminerat och bedöms därför vara en mer pålitlig lösning vid praktiskt arbete. Målet på 2500 cykler vid eventuell fälttest bedöms även det som möjligt att nå efter detaljkonstruktion.

Kontroll av AMP genomfördes mot ställda kriterier i kravspecifikationen. Samtliga kriterier uppfylldes, men några av dem är svåra att ge en god bedömning, exempelvis tillverkningskostnad. Då ingen detaljkonstruktion genomförts lämnas ingen prisindikation då val av tillverkningsmetod samt material kan ge stort utslag på pris. Vidare har i konceptet nyttjats såväl pneumatiska samt hydrauliska cylindrar och detta skall endast ses som ett förslag då det gjordes med enda anledning att hålla vikten låg på rörliga komponenter. Slutligen är det tre kriterier som visat sig vara kärnan i ett lyckat koncept, vilka är, strukturellt tåla praktiskt arbete utan att ta skada från direkta yttre stötar, strukturellt tåla de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete samt att funktion ej blir påverkad av de vibrationer som uppkommer vid praktiskt arbete. Då det är mycket svårt att verifiera att AMP kommer uppfylla nämnda krav anses dock AMP vara det lösningsalternativ som har bäst chanser att uppfylla nämnda kriterier och accepteras därför i sin nuvarande form. Kriterierna hanteras genom att innesluta AMPs funktioner med en skyddande kapsling, hålla nere antalet detaljer och rekommendera nyttjandet av svetsförband framför skruvförband samt att den kritiska rörelsen då plantan flyttas mellan kassett och pendel sker då planteringsaggregatet är relativt stillastående för att undvika att plantan lämnar tänkt väg.

Därefter genomförs kontroll mot frågeställning där två tekniker från tidigare konstruktioner av MagMat nyttjas även i AMP. Teknikerna är avskiljning av planta från kassett med hjälp av en utskjutande cylinder samt att orienteringen av plantan sker med hjälp av en fälla. Dock är fällan i AMP modifierad för att omsluta plantan, helt enligt de förbättringspunkter som identifierades under fälttester genomförda med MagMat.

Även antalet delfunktioner gick att minska från fem stycken i tidigare konstruktion, MagMat, till fyra i AMP. En positiv effekt av detta är att samtliga delfunktioner ingår i primär huvudfunktion och det finns ingen sekundär funktion, vilket det gjorde i MagMat 1.5.

Typ av kraftkällor som avses användas är främst 125 bars hydraulik för rörelser samt 24V likström för styrning. 6 bars pneumatik har som sagt dock nyttjats för att avskilja plantan samt svänga pendeln i AMP med syfte att hålla nere vikten på rörliga komponenter. Men motsvarande funktion går att nå med hydrauliska cylindrar om endast ett kraftmedium önskas.

Då AMP tömmer samtliga i magasinet påfyllda kassetter utan att behöva byta kassett finns ingen tidsåtgång för kassettbodyte och lämpligt antal kassetter i magasinet är därför två stycken. Att tiden för kassettbodytet är helt eliminerad betyder att det tar minst 33 sekunder mindre att tömma två kassetter, förutsättning är dock att påfyllning och plundring av magasinet kan ske lika tidseffektivt som i tidigare lösningar. AMP med 4 kassetter är absolut en möjlig lösning, dock presterar den sämre på de rent fysiska kriterierna och vi bedömer därför att två kassetter är rätt väg att gå.

Det visade sig också att mellanlagring av plantan, eller plantorna, på dess väg från kassett till planteringsrör inte tillför någon ökad tillförlitlighet i processen. Istället nyttjas planering av



---

AMPs arbetscykel så att de kritiska momenten sker vid lämpligt steg i Bracke P11.a arbetscykel. På så vis kan de båda systemens arbetscykler ske parallellt utan någon väntan dem sinsemellan.

Avslutningsvis skulle en realisering av AMP betyda en trovärdig lösning på ett magasin för mekaniserade planteringsaggregat, vilka kan fyllas på med kassetter dirket från plantskolan. AMP är i sitt utförande mindre än MagMat 1.5 på samtliga ledder, trots att AMP är inkapslad, dock rymmer AMP färre kassetter än MagMat, men tidigare genomförda tidsstudier visar att två kassetter är tillräckligt för att ge en mer tids- och kostnadseffektiv mekaniserad föryngring.

Framgent bör även nyttjandet av andra kassetter än HIKO V-93 undersökas samt vilken påverkan användandet av kassetter i planteringsaggregatets magasin ger på logistikkedjan. Slutligen bör nya tidsstudier genomföras på eventuellt konstruerad prototyp.

---

## 8 REFERENSER

Altshuller, G. (2005). 40 principles Extended Edition: TRIZ Keys to Technical Innovation. Worcester, MA: Technical innovation center, Inc.

Bracke forest. 2014. Planter P11.a. Bracke forest.  
<http://www.brackeforest.com/app/projects/brackeAllNew/images/P11aENWeb.pdf> (Hämtad 2014-03-31)

BCCAB (2014). HIKO V-93 [http://www.bccab.com/Produkt-growing-systems-swe.php?sd\\_esp\\_1\\_pid=159](http://www.bccab.com/Produkt-growing-systems-swe.php?sd_esp_1_pid=159) [2014-01-03]

Bergman, B. & Klefsjö, B. (2007). Kvalitet: från behov till användning. Lund: Studentlitteratur AB

Bergstrand, G. (1969). Handbok i cylinderteknik. Stockholm: AB Mecman

Ersson, B.T. (2010). Possible concepts for mechanized tree planting in southern sweden - An Introductory essay on forest technology. Umeå: Svergies lantbruksuniversitet. (Arbetsrapport: 269)

Ersson, B.T. Bergsten, U. & Lindroos, O. (2014). Reloading mechanized tree planting devices faster using a seedling tray carousel. *Silva Fennica* 48 (2) 1064. ISSN 2242-4075

Lideskog, H. & Safrani, E. (2011). Konzeptutveckling för kostnadseffektiv och tidseffektiv mekanisk skogsplantering. Luleå: Luleå tekniska universitet. (Examensarbete inom Institutionen för teknikvetenskap och matematik/Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle).

Johannesson, H. Persson, J.K. & Pettersson, D (2005). Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design. Stockholm: Liber AB

Wennberg, R. (2013). Projektrapport MagMat - Testbänk i fält: Redogörelse av version 1.0 samt 1.5. Göteborg: Fagerström industrikonsult AB

---

## **BILAGOR**

Bilaga 1 - QFD

Bilaga 2 - Allcomb

Bilaga 3 - Samtliga lösningskombinationer

Bilaga 4 - Skisser C1-C13

Bilaga 5 - Triz D1

Bilaga 6 - Triz D9

Bilaga 7 - AMP vyer med mått

Bilaga 8 - Renderade bilder

KUNDKRAV/KUNDÖNSKEMÅL	↑ MAX ↓ MIN • TAGET																VIKTNING
	↓	•	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	•	↓	↓	•	↓	↓	•	
PRODUKTEGENSKAPER	Geometri / utformning	Material	Godssocklek	Vikt	Toleranser	Hållfasthet	Utrållighet	Tilverkningskostnad	Antal detaljer	Kompatibel infästning	Delbar	Tid för påfyllnad av kasset	Nyttja drivkällor från Bracke P11.a	Tid för kassetbyten	Tid för planteringsfrekvens	Gränssnitt för operatör	
Liten storlek	●	○	●	●	○	●		●	●	●	●						5
Låg Vikt	●	●	●	●		●			●		●		●				2
Gå att montera på Bracke P11.a	●			●	○				○	●							5
Kompatibel med Hiko V93-kassetter	●				●			○	●	●		●			●		5
Rymma fler planter än 70car	●			●	○			●	●			●		●	●		5
Enkel konstruktion	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	4
Drivs med elektronik	●			○	●		●	●	●		●		●	●	●		3
Drivs med pneumatik	●			○	●		●	●	●		●		●	●	●		1
Drivs med hydraulik	●			○	●		●	●	●		●		●	●	●		5
Lågt Pris		●	●		●	●	○	●	●		○		●			●	2
Robust konstruktion	●	○	○		●	○	●		●		●			●	●		3
Enkel att transportera	●			●							●	●	○				2
Går fort att fylla på kassetter	●				○							●					4
Samverka med Bracke P11.a	●									●					●		5
Snabba kassetbyten	●													●			4
Snabb planteringsfrekvens	●														●		4
Okänslig mot miljöpåverkan vid praktiskt arbete	●	●	●	○	●	●			●		●		●				5
Visa status								●			●					●	1
Plantan faller vertikalt	●									●							5
MÅLVÄRDEN	x:1510 y:1510 z:925	svets- bart	10	200	1	$\sigma_{\text{t}} = 210$ MPa	2500	200'	TOT:2503 Olika:368	Bila- ga 1	2	2	H: 120 P: 6 E: 24 m	33	8	Ledig Arbetar Fel	
ENHET	mm	-	mm	kg	mm	MPa	Cyk	SEK	st	-	st	s	H: bar P: bar E: V	s	s	-	
SVÄRIGHET ATT UPPNÅ	2	-	-	4	5	-	-	-	2	1	1	2	1	-	2	-	
TEKNISK PRIORITERING	519	101	99	137	133	87	68	125	293	225	146	168	164	129	189	27	
	①			⑥	⑥				②	③	⑥	⑤	⑤		④		

```

%% Beräkningar av möjliga lösningskombinationer
clear all
clc
F1=[11 12 13 14];
F2=[21 22];
F3=[31 32 33 34 35 36 37];
F4=[41 42 43];
allcomb(F1, F2, F3, F4)

- - -

function A = allcomb(varargin)

error(nargchk(1,Inf,nargin)) ;

NC = nargin ;

if ischar(varargin{end}) && (strcmpi(varargin{end},'matlab') || strcmpi(varargin{end},'john')),
    NC = NC-1 ;
    ii = 1:NC ;
else
    ii = NC:-1:1 ;
end

if any(cellfun('isempty',varargin(ii))),
    warning('ALLCOMB:EmptyInput','Empty inputs result in an empty output.') ;
    A = zeros(0,NC) ;
elseif NC > 1
    isCellInput = cellfun(@iscell,varargin) ;
    if any(isCellInput)
        if ~all(isCellInput)
            error('ALLCOMB:InvalidCellInput', ...
                'For cell input, all arguments should be cell arrays.') ;
        end
        ix = cellfun(@(c) 1:numel(c), varargin,'un',0) ;

        [ix{ii}] = ndgrid(ix{ii}) ;

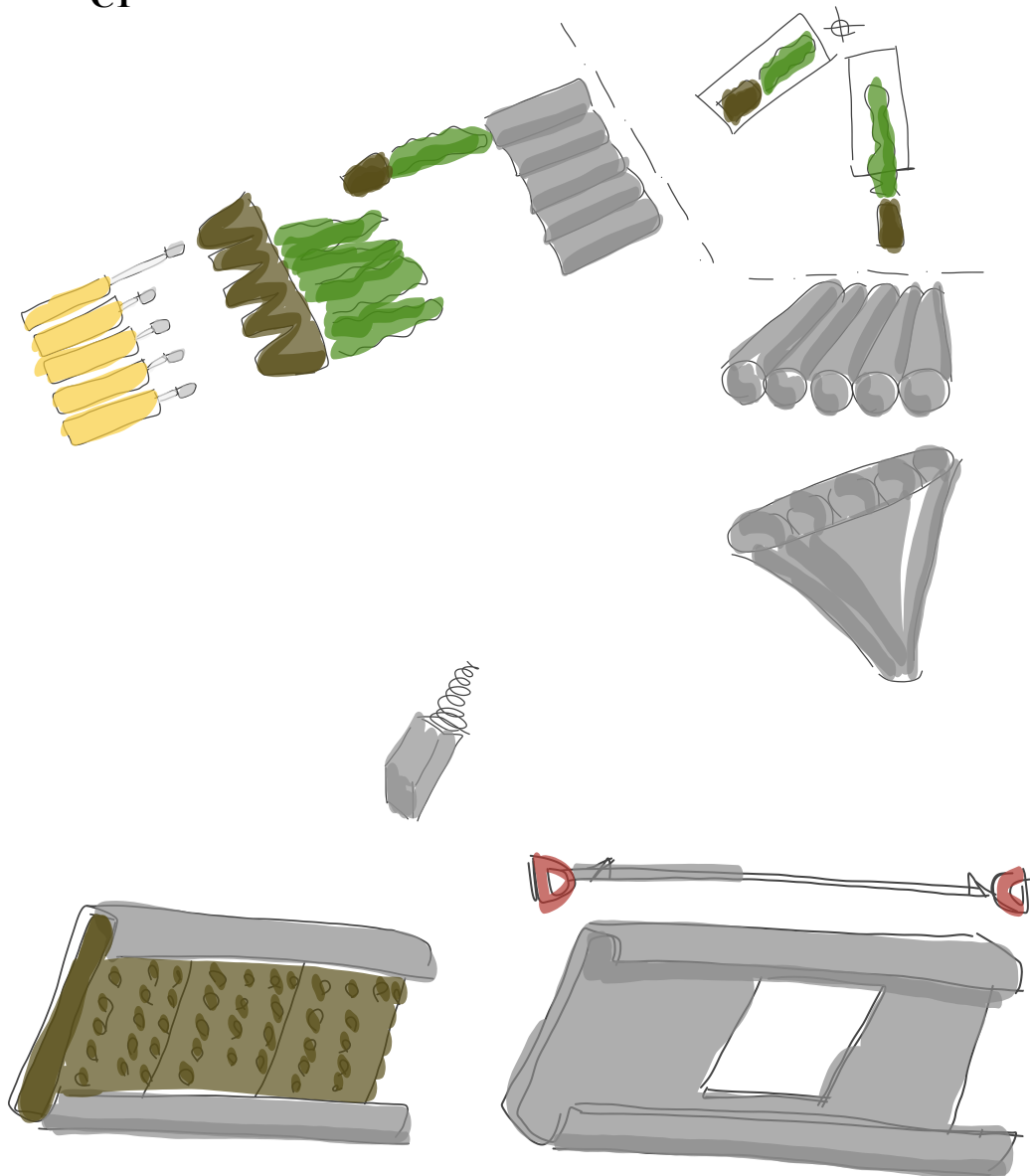
        A = cell(numel(ix{1}),NC) ;
        for k=1:NC,
            A(:,k) = reshape(varargin{k}(ix{k}),[],1) ;
        end
    else
        [A{ii}] = ndgrid(varargin{ii}) ;
        A = reshape(cat(NC+1,A{:}),[],NC) ;
    end
elseif NC==1,
    A = varargin{1}{:} ;

else
    A = zeros(0,0) ;
end

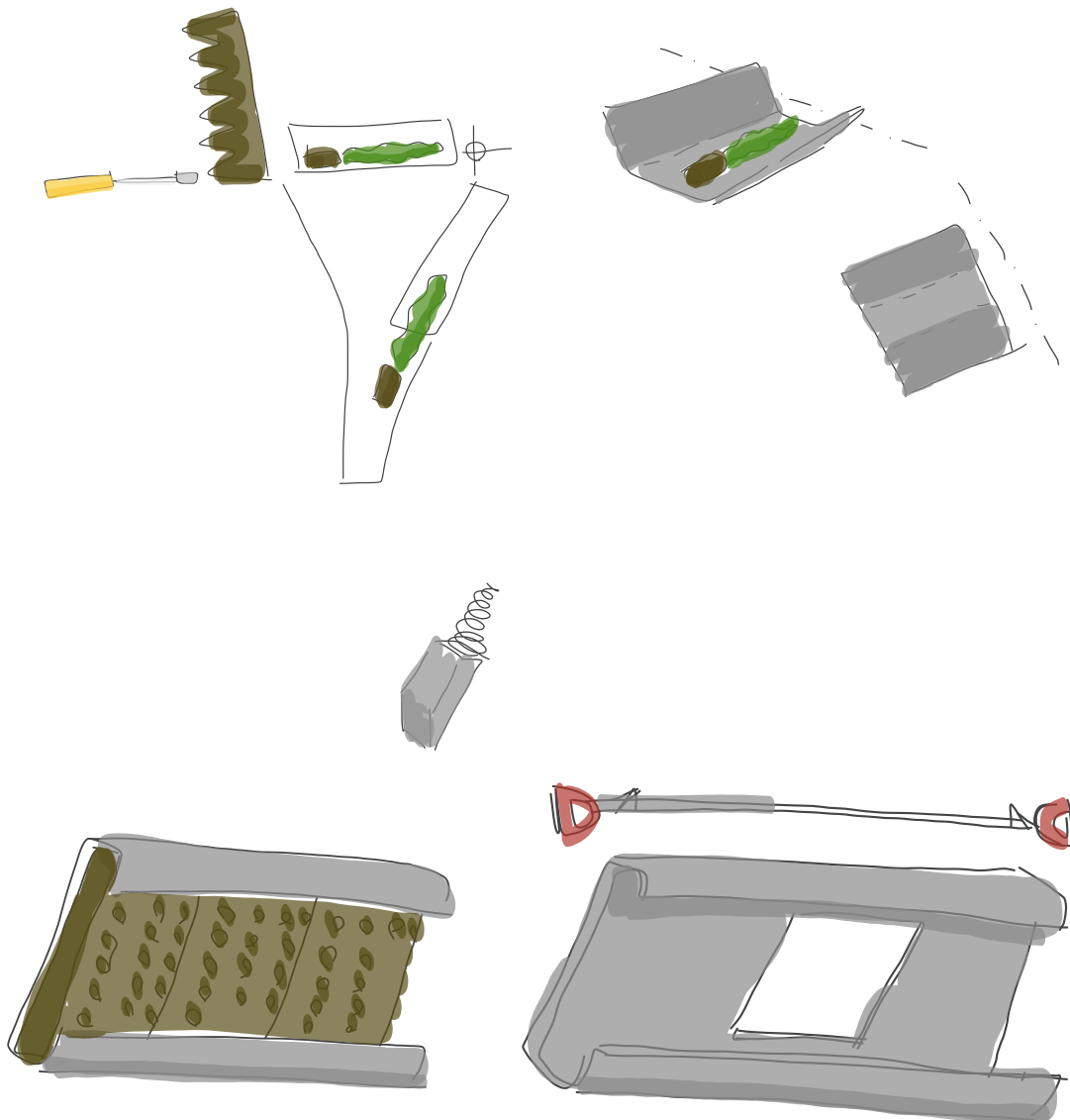
```

168 st lösningar (4 x 2 x 7 x 3)	12	22	31	43	14	21	33	41
	12	22	32	41	14	21	33	42
11 21 31 41	12	22	32	42	14	21	33	43
11 21 31 42	12	22	32	43	14	21	34	41
11 21 31 43	12	22	33	41	14	21	34	42
11 21 32 41	12	22	33	42	14	21	34	43
11 21 32 42	12	22	33	43	14	21	35	41
11 21 32 43	12	22	34	41	14	21	35	42
11 21 33 41	12	22	34	42	14	21	35	43
11 21 33 42	12	22	34	43	14	21	36	41
11 21 33 43	12	22	35	41	14	21	36	42
11 21 34 41	12	22	35	42	14	21	36	43
11 21 34 42	12	22	35	43	14	21	37	41
11 21 34 43	12	22	36	41	14	21	37	42
11 21 35 41	12	22	36	42	14	21	37	43
11 21 35 42	12	22	36	43	14	22	31	41
11 21 35 43	12	22	37	41	14	22	31	42
11 21 36 41	12	22	37	42	14	22	31	43
11 21 36 42	12	22	37	43	14	22	32	41
11 21 36 43	13	21	31	41	14	22	32	42
11 21 37 41	13	21	31	42	14	22	32	43
11 21 37 42	13	21	31	43	14	22	33	41
11 21 37 43	13	21	32	41	14	22	33	42
11 22 31 41	13	21	32	42	14	22	33	43
11 22 31 42	13	21	32	43	14	22	34	41
11 22 31 43	13	21	33	41	14	22	34	42
11 22 32 41	13	21	33	42	14	22	34	43
11 22 32 42	13	21	33	43	14	22	35	41
11 22 32 43	13	21	34	41	14	22	35	42
11 22 33 41	13	21	34	42	14	22	35	43
11 22 33 42	13	21	34	43	14	22	36	41
11 22 33 43	13	21	35	41	14	22	36	42
11 22 34 41	13	21	35	42	14	22	36	43
11 22 34 42	13	21	35	43	14	22	37	41
11 22 34 43	13	21	36	41	14	22	37	42
11 22 35 41	13	21	36	42	14	22	37	43
11 22 35 42	13	21	36	43				
11 22 35 43	13	21	37	41				
11 22 36 41	13	21	37	42				
11 22 36 42	13	21	37	43				
11 22 36 43	13	22	31	41				
11 22 37 41	13	22	31	42				
11 22 37 42	13	22	31	43				
11 22 37 43	13	22	32	41				
12 21 31 41	13	22	32	42				
12 21 31 42	13	22	32	43				
12 21 31 43	13	22	33	41				
12 21 32 41	13	22	33	42				
12 21 32 42	13	22	33	43				
12 21 32 43	13	22	34	41				
12 21 33 41	13	22	34	42				
12 21 33 42	13	22	34	43				
12 21 33 43	13	22	35	41				
12 21 34 41	13	22	35	42				
12 21 34 42	13	22	35	43				
12 21 34 43	13	22	36	41				
12 21 35 41	13	22	36	42				
12 21 35 42	13	22	36	43				
12 21 35 43	13	22	37	41				
12 21 36 41	13	22	37	42				
12 21 36 42	13	22	37	43				
12 21 36 43	14	21	31	41				
12 21 37 41	14	21	31	42				
12 21 37 42	14	21	31	43				
12 21 37 43	14	21	32	41				
12 22 31 41	14	21	32	42				
12 22 31 42	14	21	32	43				

C1

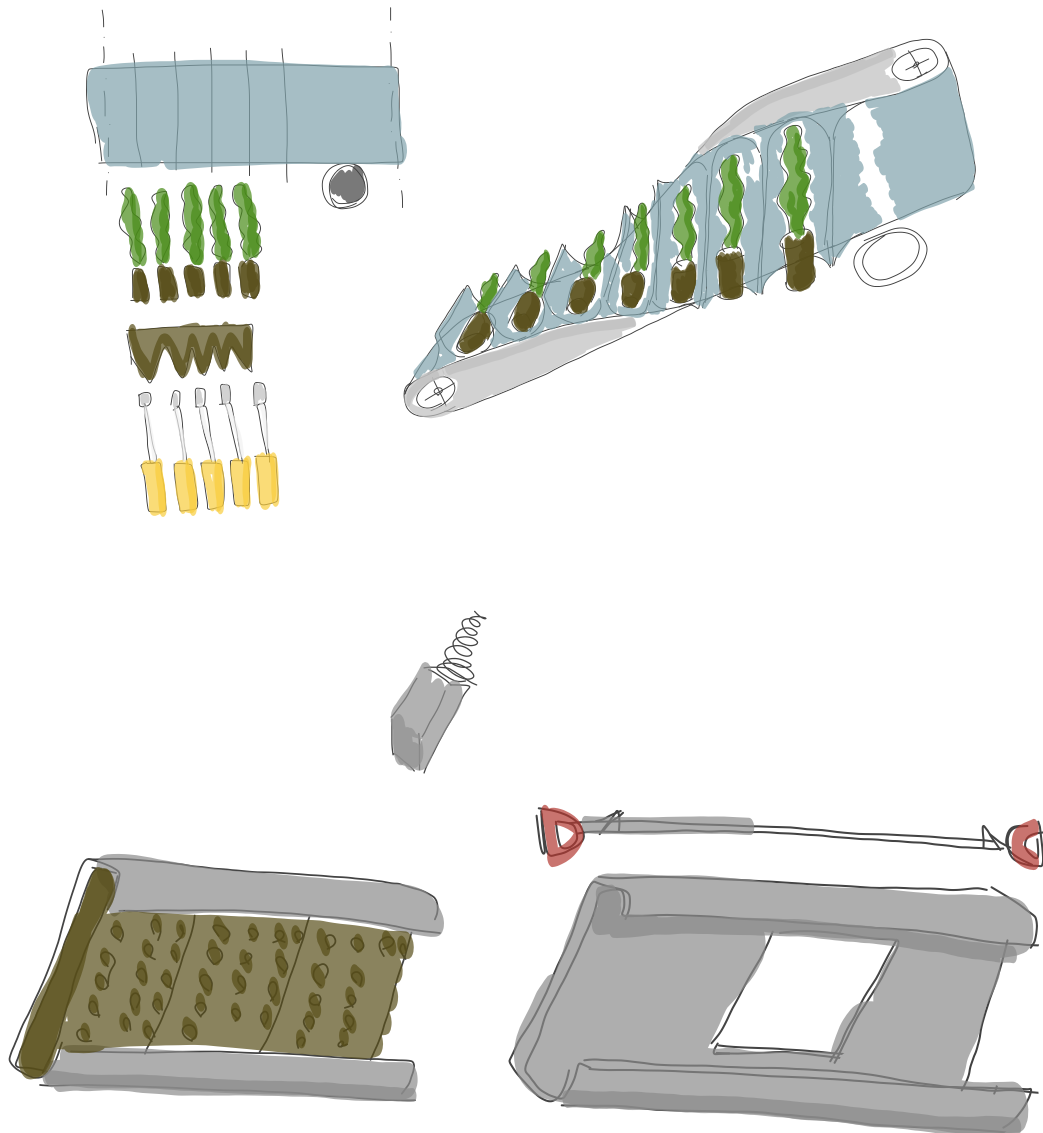


C2

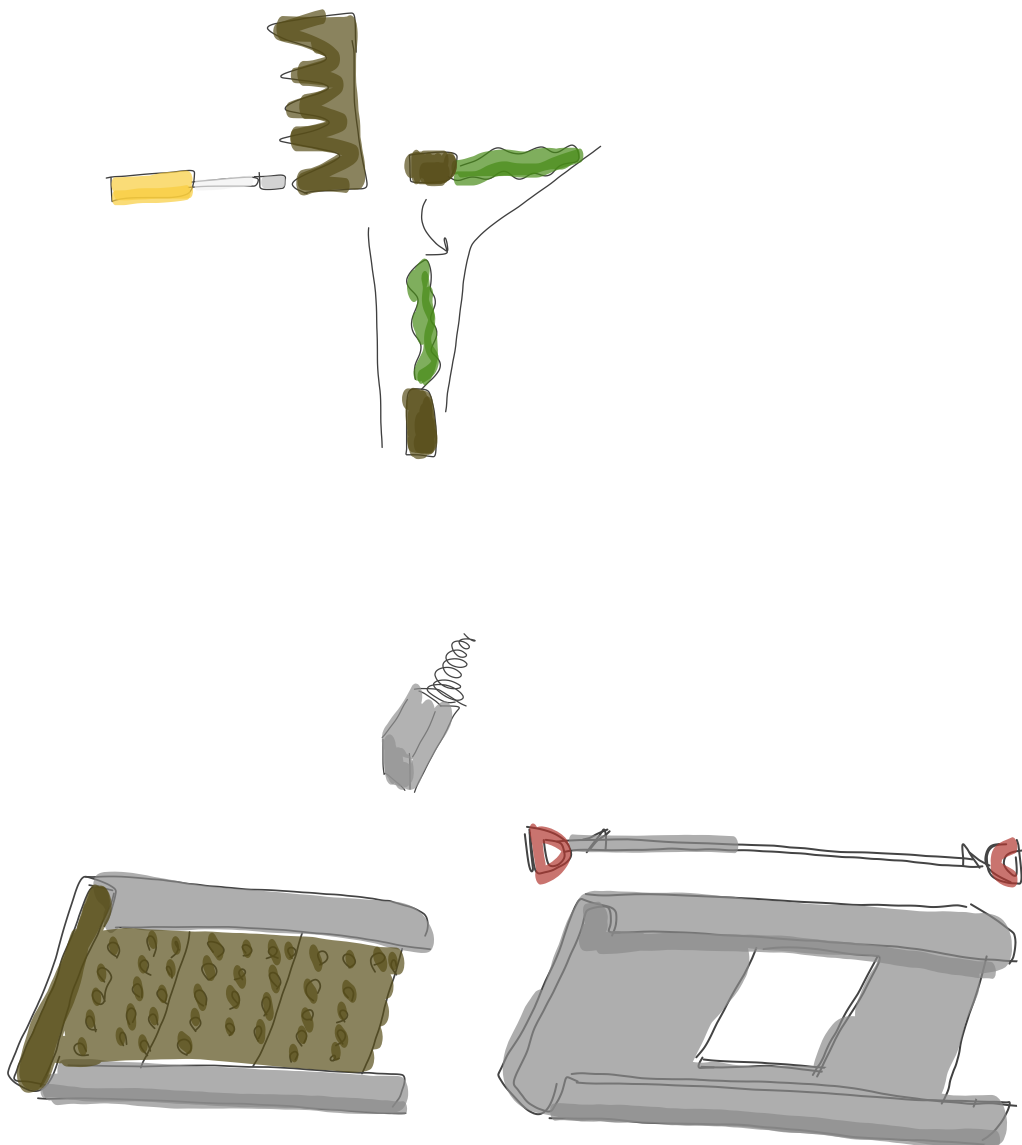




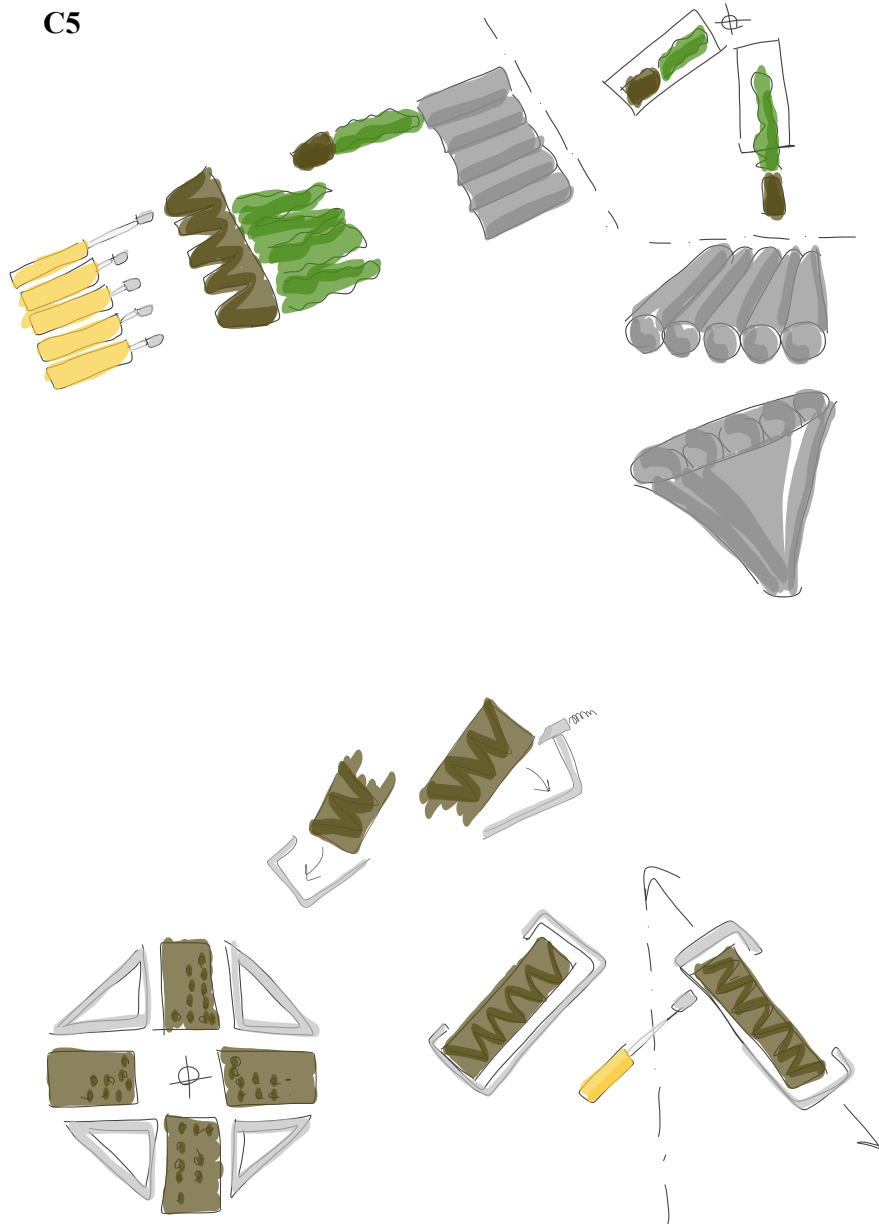
C3



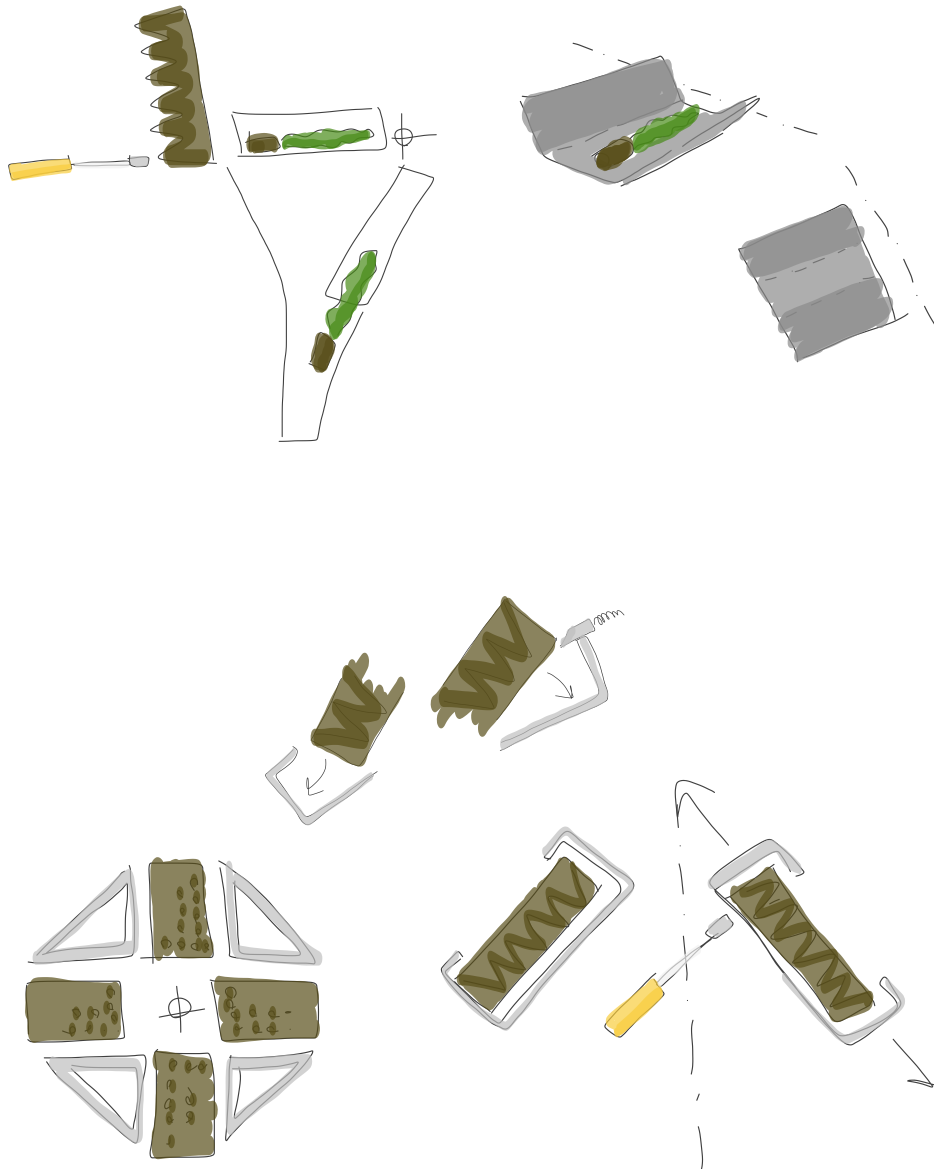
C4



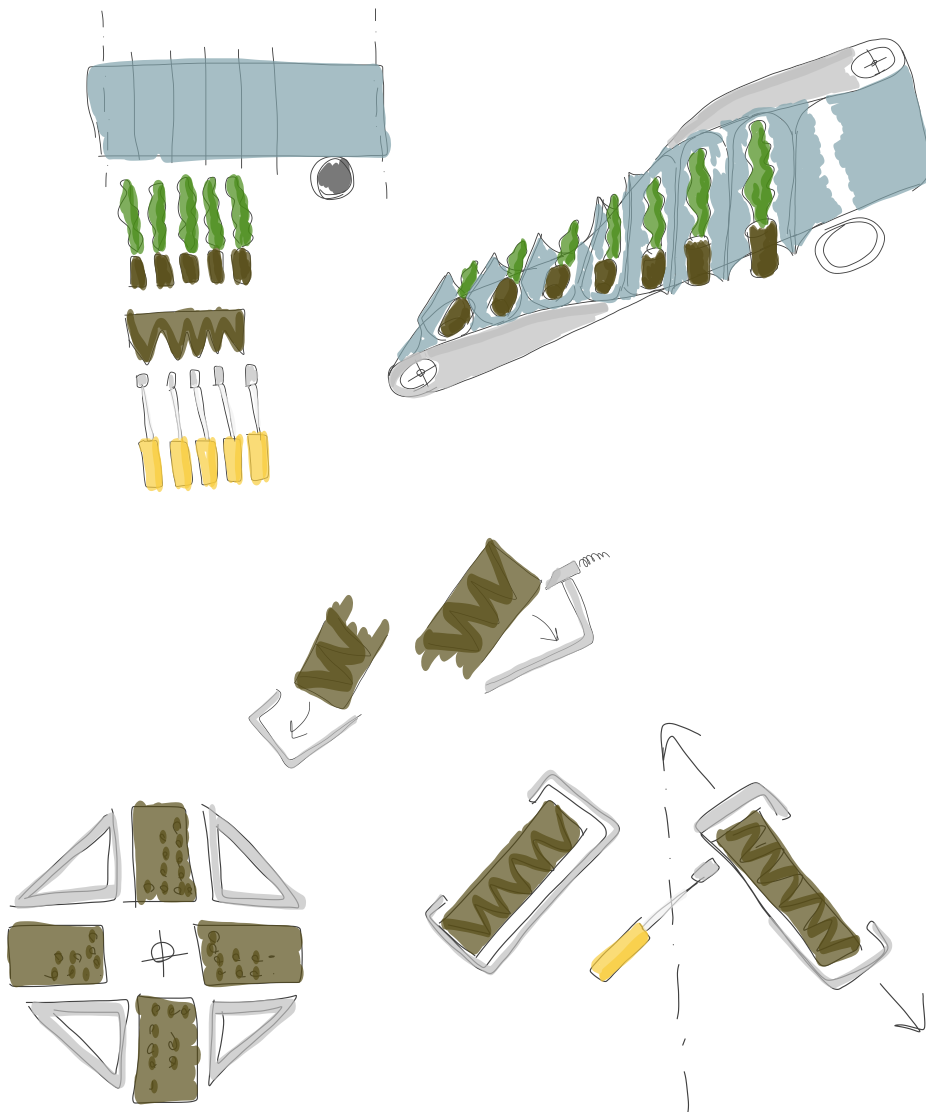
C5



C6



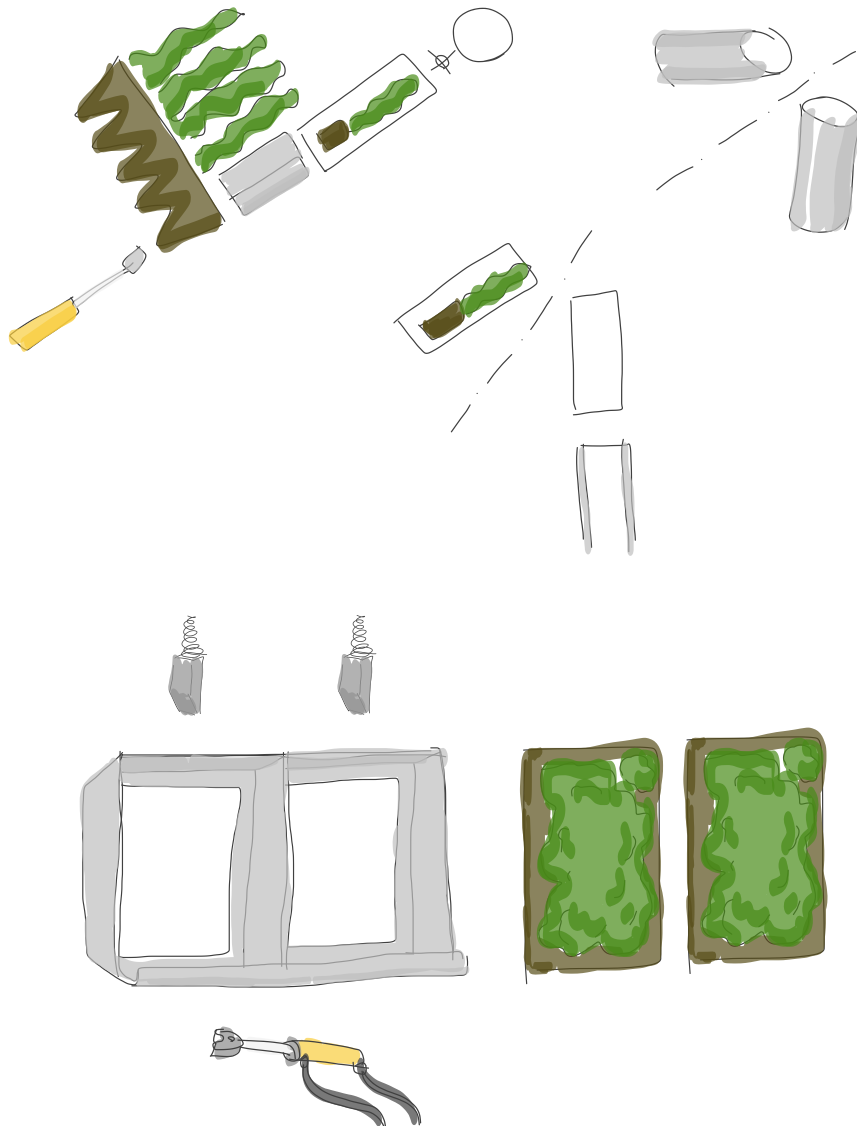
C7



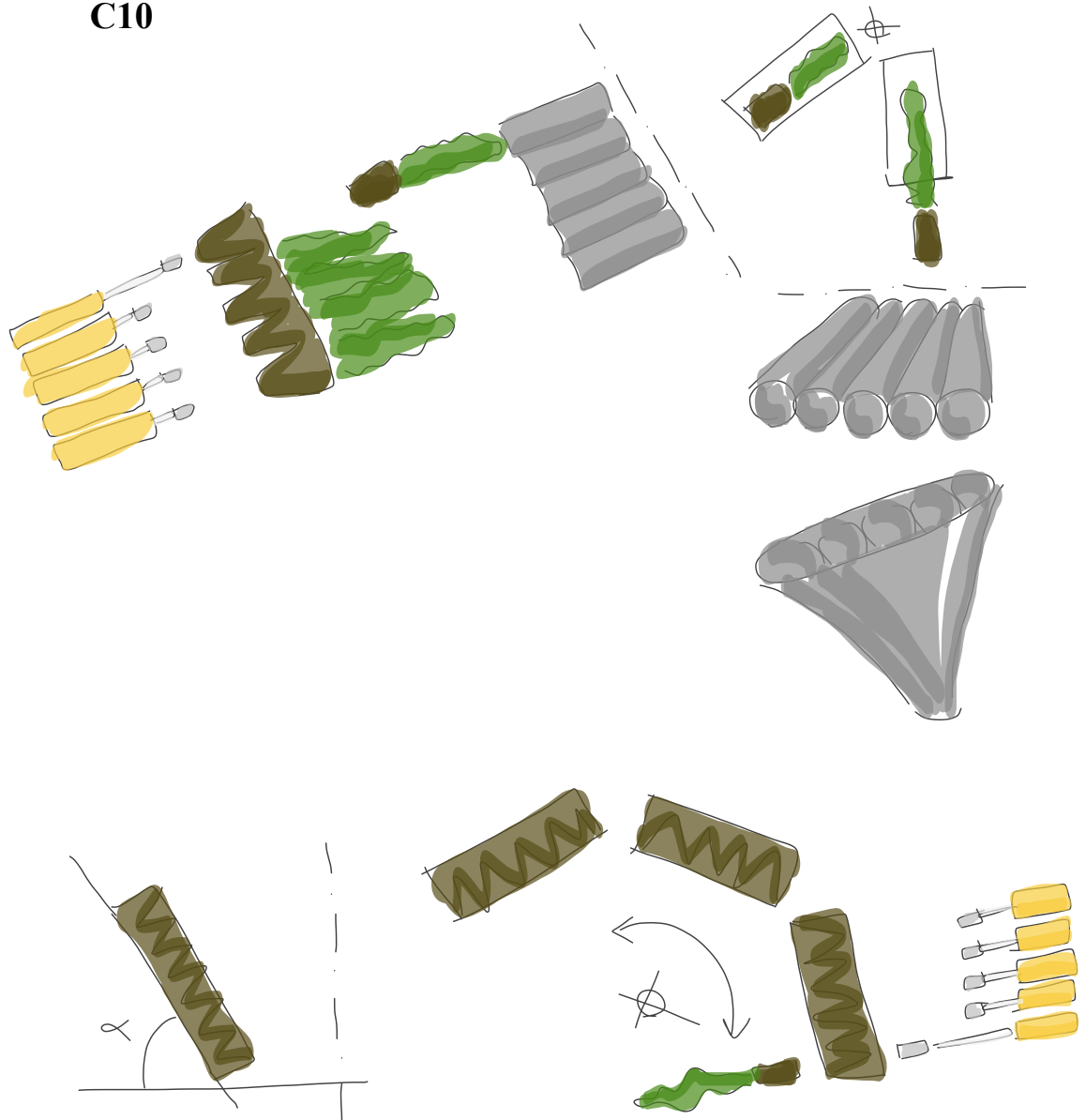
C8



C9

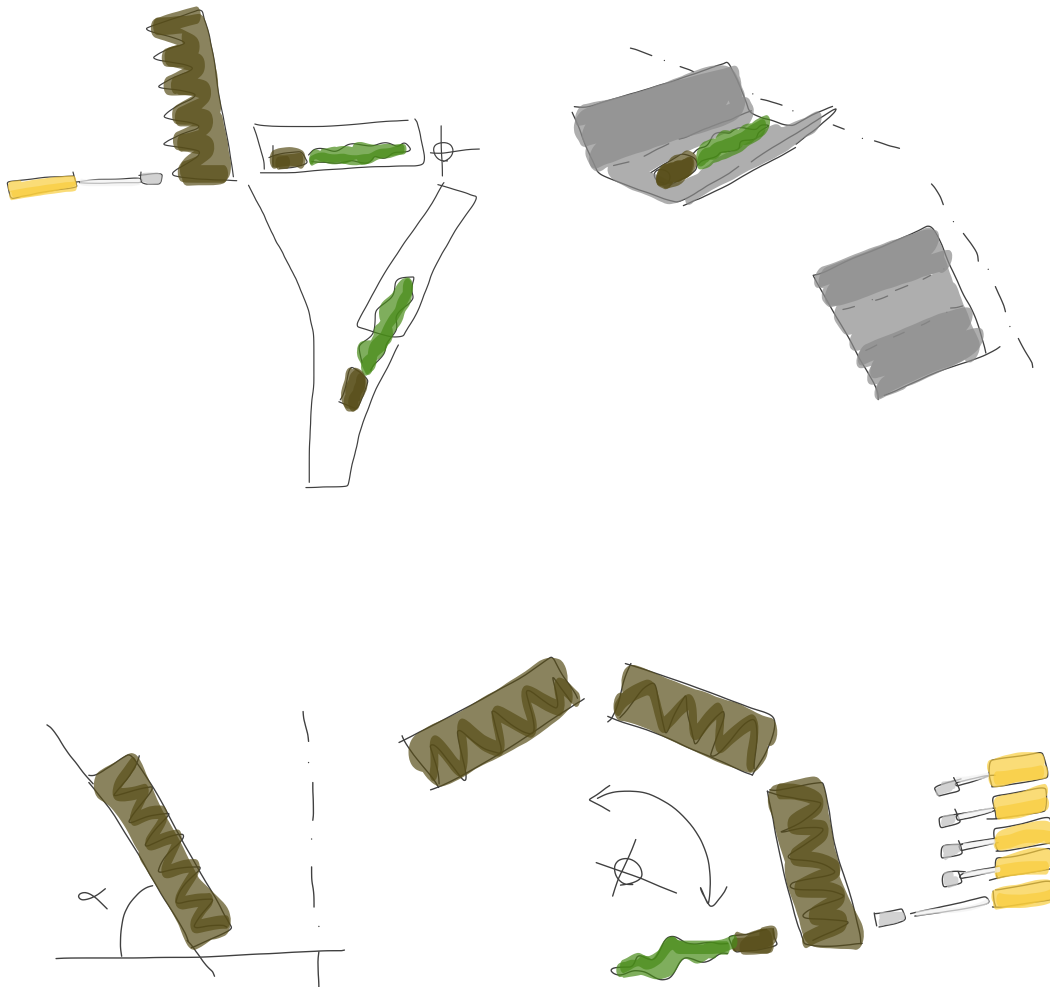


C10

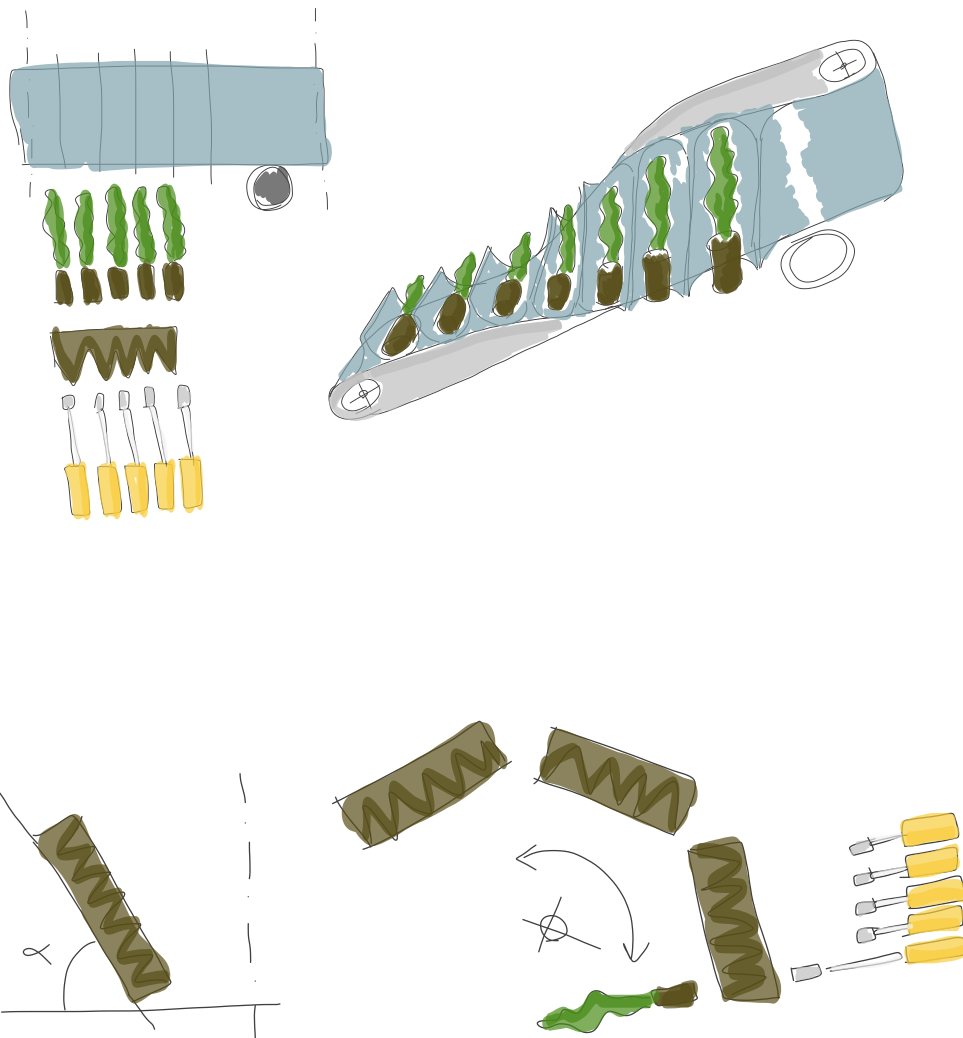




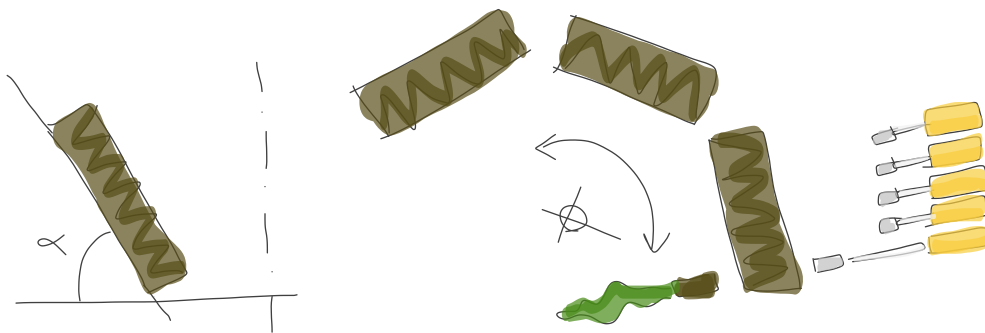
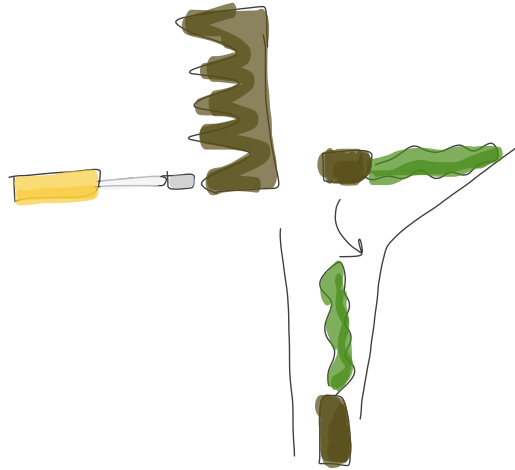
# C11



C12



### C13



Form F-1,2:

Lösningförslag: D1

## Formulering av attribut som skall förbättras

**1. Namn på tekniskt system:**

AMP

**2. Definiera systemets mål. Systemet är konstruerat för:**

AMP påfylld med flera kassetter skall på signal ladda plantrör med torvklumpen nedåt utan att påverkas av yttre stötar eller vibrationer, varken strukturellt eller funktionellt.

**3. Ange det tekniska systemets huvudelement samt dess funktioner:**

<i>Namn på element</i>	<i>Funktion</i>
1. Radmagasin	1. Klargöra kassett
2. Cylinder (x5)	2. Avskilja planta från kassett
3. Pendel (x5)	3. Orientera planta
4. Tratt (5 >1)	4. Lämna planta
5.	5.

**4. Beskriv arbetsgången inom det tekniska systemet:**

På given signal stöter cylindern ut en planta i taget som via pendeln släpps ned i tratten för att slutligen plantröret.

**5. Fastställ vilket attribut som skall förbättras eller som skall elimineras**

Attribut # 31. Plantans väg efter den lämnat kassetten skall ej skapa problem

(ex. plantan kläms, eller fastnar).

Form F-1,2:

Lösningförslag: D1

## Formulering av teknisk kontradiktion

Utveckla antingen stycke 1, eller 2.

### 1. Ange vilket attribut som skall förbättras

a. Attributet är:

---

b. Ange en konventionell för att förbättra attributet:

---

---

c. Ange ett attribut som blir sämre om du förbättrar attribut angivet i 1a enligt 1b.

---

d. Formulera teknisk kontradiktion enligt: om attribut 1a. förbättras (ange hur 1b.), kommer attribut 1c. att försämrans.

---

---

### 2. Ange vilket attribut som skall reduceras, elimineras eller neutraliseras

a. Attributet är:

Attribut # 31. Tratten skall ej skapa problem för plantan under dess väg mot plantröret

b. Ange en konventionell lösning för att reducera, eliminera eller neutralisera attributet:

1 väg med 1 extra rörelser. ( dellösning A13 - rörligt bord)

c. Ange ett attribut som blir sämre om du reducerar, eliminerar eller neutraliserar attribut 2a enligt 2b.

#37 Complexity of control.

d. Formulera teknisk kontradiktion enligt: om attribut 2a. reduceras, elimineras eller neutraliseras (ange hur 2b.), kommer attribut 2c. att försämrans.

Om problem under plantans väg elimineras genom att en extra rörelse adderas kommer

komplexiteten i styrningen att försämrans då orientering i matris krävs.

eller kommer andra negativa attribut intensifieras?

---

Form F-1,2:

Lösningförslag: D9

## Formulering av attribut som skall förbättras

1. **Namn på tekniskt system:**

AMP

2. **Definiera systemets mål. Systemet är konstruerat för:**

AMP påfylld med flera kassetter skall på signal ladda plantrör med torvklumpen nedåt utan att påverkas av yttre stötar eller vibrationer, varken strukturellt eller funktionellt.

3. **Ange det tekniska systemets huvudelement samt dess funktioner:**

<i>Namn på element</i>	<i>Funktion</i>
1. Rörligt bord	1. Klargöra kassett
2. Cylinder (x1)	2. Avskilja planta från kassett
3. Konisk revolver (2 kammare)	3. Orientera planta
4. Konisk revolver (1 fylld kammare)	4. Lämna planta
5.	5.

4. **Beskriv arbetsgången inom det tekniska systemet:**

Cylindern stöter ut en planta i taget som mellanlagras i revolvren och sedan släpps ned i plantröret på given signal. Därefter stöts nästa planta ut osv...

5. **Fastställ vilket attribut som skall förbättras eller som skall elimineras**

Attribu # 37. Complexity of control

Form F-1,2:

Lösningförslag: D9

## Formulering av teknisk kontradiktion

Utveckla antingen stycke 1, eller 2.

1.

a. *Attributet är:*

Attribu # 37. Complexity of control

b. *Ange en konventionell metod för att förbättra attributet:*

5 positioner för utstötning (5x cylindrar)

c. *Ange ett attribut som blir sämre om du förbättrar attribut angivet i 1a enligt 1b.*

Attribut # 36

d. *Formulera teknisk kontradiktion enligt: om attribut 1a. förbättras (ange hur 1b.), kommer attribut 1c. att försämrans.*

Om komplexiteten i styrningen förbättras genom att addera 4 cylindrar för utstötning, kommer komplexiteten i orientering samt avlämnande av planta att öka (netativt).

2. **Ange vilket attribut som skall reduceras, elimineras eller neutraliseras**a. *Attributet är:*b. *Ange en konventionell lösning för att reducera, eliminera eller neutralisera attributet:*c. *Ange ett attribut som blir sämre om du reducerar, eliminerar eller neutraliserar attribut 2a enligt 2b.*d. *Formulera teknisk kontradiktion enligt: om attribut 2a. reduceras, elimineras eller neutraliseras (ange hur 2b.), kommer attribut 2c. att försämrans.*

eller kommer andra negativa attribut intensifieras?

