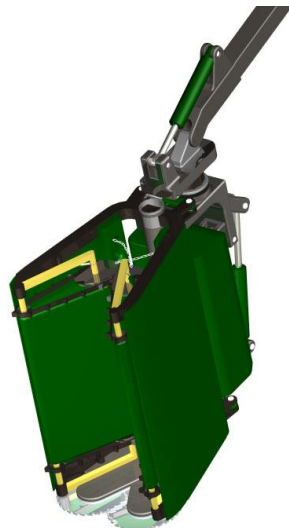


# Teknikutveckling av aggregat för kontinuerligt ackumulerande skörd i unga skogar



Julia Forsberg  
Rikard Wennberg

Civilingenjörsexamen  
Maskinteknik

Luleå tekniska universitet  
Institutionen för teknikvetenskap och matematik/Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle

## **Förord**

Detta 30 poängs examensarbete har utförts som avslutning på våra civilingenjörsutbildningar inom Maskinteknik och Teknisk design vid Luleå tekniska universitet. Projektet syftar till att genomföra en tillämpad produktutvecklingsprocess och har drivits tillsammans med Sveaskog AB och Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Projektet är ett resultat av gränsöverskridande samarbete på många plan. Studenterna representerar olika program vid Luleå tekniska universitet, arbetet har utförts på Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå och beställare har varit Sveaskog AB.Handledning har skett från samtliga inblandade parter. Att studenter examensarbetar tillsammans över programgränserna tillhör ovanligheten, likaså att produktutvecklare och konstruktörer kliver in i ett skogsbolag. Det har varit en mycket kreativ miljö där synergien i att blanda så många förmågor, kunskaper och kompetenser som möjligt i ett projekt fått råda.

Vi skulle vilja rikta ett varmt tack till alla som bidragit med idéer både under kreativa sessioner och ibland bara när tillfälle givits. Vi skulle även vilja rikta ett särskilt tack till följande människor som med kunskap, yrkesskicklighet och erfarenhet hjälpt och väglett oss genom vitt skilda aktiviteter i arbetet, utan er hade resultatet inte varit lika framgångsrikt.

### **Sveaskog AB**

Stefan Mattsson  
David Berglund  
Bo Ernstsson  
Bengt Karlsson  
Lennart Hult  
Anders Fredriksson

### **Sveriges lantbruksuniversitet**

Dan Bergström  
Urban Bergsten  
Tomas Nordfjell  
Thomas Hörnlund

### **Luleå tekniska universitet**

Michael Lundin

### **Övriga**

Hannes Färnstrand, Lycksele Industriservice AB  
Håkan Nyberg, Kedjeteknik AB  
Joakim och Mikael Axelsson, Markttjänst i Fredrika AB  
Per Annemalm, Komatsu Forest Sweden HB  
Johannes Nilsson, Vimek AB

Luleå den 4 februari 2011

Julia Forsberg & Rikard Wennberg

## Sammanfattning

Examensarbetet är en kollaboration mellan Luleå tekniska universitet, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå och Sveaskog AB. Det övergripande målet var att utveckla och verifiera en mekanisk lösning för kontinuerlig skörd i klens bestånd. Skogsvård och skogsbränsleuttag som en kombinerad lösning pekar på en minskad röjningskostnad för eftersatta bestånd. År 2009 fanns det cirka en miljon hektar eftersatta bestånd i Sverige, och med det potential att hämta stora mängder skogsbränsle. Ett första uttag på 64 TWh för att senare kunna ge ett årligt uttag på 5-10 TWh. Denna energikälla har stor betydelse för den svenska energianvändningen eftersom bibränslet under år 2009 stod för 31,7% av den totala energianvändningen i Sverige.

Konceptet som utvecklats under projekts gång är ett kranpetsmonterat aggregat för kontinuerlig ackumulering av träd vid skörd i unga skogar. Aggregatet är konstruerat för användning på skördare i viktlassen 15-20 ton. Dess uppgift är att kontinuerligt skörda alla träd i en korridor på 1x10 meter under en krancykel. Aggregatet ska användas i bestånd där brösthöjdsdiametern är 4-10 centimeter och trädhöjden är 5-10 meter. Efter analys av beståndsdata drogs slutsatsen att totalvikten på alla träd inom en yta på tio kvadratmeter sällan överstiger 300 kg. Aggregatet ska därför klara att skörda 350 kg i en korridor. Funktionsanalysen gav att kontinuerlig skörd bestod i subfunktionerna avskiljning, ackumulering och nivellering (kontinuerligt följa markprofilen). Under projektet har fokus varit att lösa funktionen för ackumulering, då en slutsats från tidigare utförda tidsstudier på konventionella aggregat för skogsbränsleuttag visar att 60-70% av tidsåtgången till kranarbetet går åt till fällning och sammanföring av träd.

Det har i projektet genomförts en undersökning av existerande flerträdshanterande aggregat på marknaden samt studier på relaterad teknologi och patentlydokument inom området. Syftet med undersökningen var att ta fram alternativa avskiljningsmetoder och ackumuleringsfunktioner som skiljer sig från dagens konventionella teknik. Konceptutveckling har skett tillsammans med en fokusgrupp bestående av representanter från Sveaskog AB och Sveriges lantbruksuniversitet. Det slutgiltiga konceptet är ett aggregat med avskiljning i form av två omlottgående klingor och ett system för kontinuerlig ackumulering. Kapade träd förs stående in i aggregatet med kedjematning. Kedjorna fungerar som en mekanisk backventil. När träden passerat kedjorna finns ett länksystem av kättingar som ackumulerar träden. För att verifiera ackumuleringsfunktionen byggdes och testades en prototyp med eldriven bandmatning samt kättingar för ackumulering. Slutsatser från testerna visade att inmatning av träd bör ske med ett lägre varvtal än 200 varv/minut och att kedjematningen bör bestå av två par kedjor som arbetar parallellt. Testerna visade också att det är möjligt att ackumulera träd kontinuerligt.

## Abstract

This master thesis is a collaboration between Luleå University of Technology, Swedish University of Agricultural Sciences in Umeå and Sveaskog AB. The primary goal was to develop and verify a mechanical solution for continuous thinning in young dense forests. The combination of silviculture and biomass production shows reduced costs for pre-commercial thinning. One million hectares of forest land is covered with young dense stands in Sweden. The content of those areas consists of a large amount of biomass. The first yield corresponds to 64 TWh and after that the yearly return could be 5-10 TWh. The importance of this energy is highly valued because biomass stands for 31,7% of Sweden's energy usage 2009.

During this project a crane mounted concept for continuous thinning was developed. The harvester head is designed to be used on 15-20 ton harvesters. Within one crane cycle the harvester head should harvest an area of 1x10 meters. The aim is to use the harvester head in stands where the diameter in breast height is between 4-10 centimeters and the trees are between 5-10 meters tall. Data information about young dense stands showed that the total tree mass in the 1x10 meter corridor rarely exceeds 300 kg. The harvester head was designed to manage 350 kg within one crane cycle. The required functions for continuous thinning were set to the following sub-functions; separation, accumulation and grading. The main focus was set towards solving problems around continuous accumulation. Earlier studies on conventional harvester heads for thinning showed that felling and positioning for each tree, or groups of trees, stands for 60-70% of the crane work.

Existing harvester heads on the market were reviewed. Related technology and patent documents were also investigated. The purpose was to generate alternative solutions for separation and accumulation that differs from conventional techniques. The product development was performed in cooperation with a focus group. The focus group consisted of representatives from Sveaskog and the University of Agricultural Sciences in Umeå. The final concept is equipped with two saw blades and a system for continuous accumulation. The separated trees are pushed upright into the harvesting head with a feeding roller chain. After the feeding mechanism has pushed the trees, a chain made of torus-shaped links accumulates the trees. To verify the sub-function accumulation a physical prototype was built and tested. Conclusions from the test were that the rotation speed of the roller chain should be reduced to a speed under 200 revolutions/minute. Further the feeding system should be improved with four chains instead of two. The prototype tests showed that continuous accumulation is possible.

## Nomenklatur

Akkumulering	Samla in, hålla och lagra flera träd.
Avskiljning	Separering av trädstam från stubbe.
Biomassa	Levande material med biologiskt ursprung som inte eller endast i ringa grad omvandlats kemiskt [1].
CAD	Computer Aided Design.
Eftersatt bestånd	Bestånd som är fördelat på många och klena stammar eftersom röjning inte genomförts [1].
Gallring	Beståndsvårdande utglesning av skog med tillvaratagande av gagnvirke [1].
Hektar	Areaenhet. Arean av en kvadrat med 100 meters sida (100x100meter).
Konfliktbestånd	Se Eftersatt bestånd.
Krancykel	De moment som kran inklusive aggregat fullföljer från att tomt aggregat skickas ut i beståndet, via ackumulering, tills det att de ackumulerande stammarna högläggs. Aggregatet är då åter tomt och cykeln kan upprepas.
m <sup>3</sup> fub	Kubikmeter fast mått under bark, avser verklig volym av stam eller stamdel exklusive bark [1].
Nivellering	Utgjämning av höjdskillnader till en enda nivå [1].
Röjning	Beståndsvårdande utglesning av plant och ungskog utan att gagnvirket tas tillvara [1].
Skogsbränsle	Trädbränsle som inte tidigare haft annan användning. Dit räknas bränsle av stammar, grenar och toppar, barr och stubbar samt även bränsle från skogsindustrins avfall och biprodukter som bark, flis och sågspån [1].
Skogskubikmeter/ m <sup>3</sup> sk	Volymen av en kubikmeter beräknad på trädstammar inklusive topp och bark ovan stubbskär [1].
TS	Torrsubstans, material exklusive vatten [1].
Ytstruktur	En av faktorerna som beskriver terrängens svårighet. Graderas i 5 klasser. Hindrens (sten, block och jordhögar) höjd och antal avgör klassen [2].

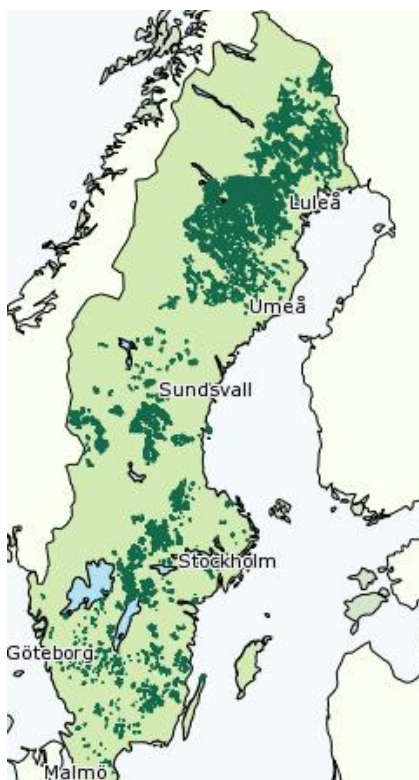
## Innehållsförteckning

1	Introduktion .....	3
1.1	Bakgrund.....	3
1.1.1	Röjning, en långsiktig investering .....	4
1.1.2	"Röjningsberget".....	4
1.1.3	Biobränsle .....	5
1.1.4	Krankorridorgallring .....	6
1.2	Uppgift .....	8
1.2.1	Syfte.....	8
1.2.2	Mål.....	8
1.2.3	Delmål .....	8
1.3	Förutsättningar .....	8
1.4	Avgränsningar .....	10
2	Relaterad teknologi.....	11
2.1	Kontinuerlig hantering av träd .....	11
2.2	Relaterade avskiljningsmetoder .....	14
2.3	Patentsökningar .....	15
3	Nulägesbeskrivning .....	18
3.1	Skenande kostnader för skogsbruket.....	18
3.2	Motormanuell röjning .....	18
3.3	Mekaniserad röjning/Stråkröjning.....	20
3.4	Dagens mekaniserade klenträds hantering med skogsbränsleuttag .....	21
3.5	Nackdelar med dagens teknik .....	23
3.6	Testbänk 1 - Kontinuerlig skörd vid krankorridorgallring med kranspetsmonterat aggregat.....	23
4	Problemklarläggning .....	26
4.1	Produktivitet.....	27
4.2	Korridordata.....	27
4.2.1	Stamantal och totalvikt i en korridor .....	28
4.2.2	Diameter och höjd.....	30
4.2.3	Akkumulering .....	31
4.2.4	Aggregatvikt .....	33
4.3	Fältstudie.....	33
4.4	Behovsanalys .....	35
4.5	Funktionsanalys .....	36
4.6	Kravspecifikation .....	37
5	Konceptframtagning .....	40
5.1	Generering, kategorisering och gallring av idéer .....	41

5.2	Generering och utvärdering av helhetskoncept .....	43
5.3	Konceptutveckling .....	49
5.4	Konceptval .....	50
5.4.1	Vidareutveckling av rörelsemönstret .....	51
5.5	Utveckling av subfunktioner för kontinuerlig ackumulering .....	51
5.6	Delresultat .....	56
6	Prototypkonstruktion .....	57
6.1	Komponentval .....	57
6.1.1	Ram.....	58
6.1.2	Fjädrande inmatningsarmar .....	59
6.1.3	Kedje- och kedjehjulsmatning .....	59
6.1.4	Variabel ackumuleringsvolym - VAV .....	61
6.1.5	Bottenplåt.....	62
6.1.6	Elmotor med växellåda .....	62
6.2	Delresultat .....	63
7	Test av prototyp .....	65
7.1	Delresultat .....	66
8	Resultat .....	71
9	Diskussion .....	76
9.1	Avskiljning.....	77
9.2	VAV - Variabel ackumuleringsvolym .....	78
9.3	En analys av avskiljning och ackumulering i tidsrummet .....	80
9.4	Traditionell kran jämfört mot Accesskran.....	80
10	Fortsatt arbete .....	82
11	Referenser.....	83
12	Bilagor .....	85

# 1 Introduktion

Sveaskog är idag Sveriges största skogsägare med 15% av den produktiva skogsmarken [3]. De är en leverantör av timmer, massaved och biobränsle. De arbetar med markförsäljning och tillhandahåller jakt och fiske samt mark åt lokala företagare inom naturbaserad turism. Figur 1 visar Sveaskogs skogsinnehav i mörkgrön färg. Denna skog hade år 2009 ett bokfört värde om 30 miljarder kronor vilket innebär 3,3 miljoner hektar produktiv skogsmark. För att kunna fortsätta driva ett hållbart och lönsamt skogsbruk krävs det arbetsmetoder och teknik anpassad för att verka i de typer av bestånd som idag finns i Sverige. I eftersatta bestånd, som är en relativt ny företeelse, har Sveaskog dock sett ett behov av teknikutveckling för att kunna hantera dessa på ett lönsamt sätt. Ingen existerande teknik fungerar hittills tillfredsställande. De anser tillsammans med Sveriges lantbruksuniversitet att behovet av sådan teknik är stort och relativt brådskande och har då valt att initiera teknikutveckling genom att erbjuda ett examensarbete.



Figur 1. Sveaskogs skogsinnehav i mörkgrönt [3].

Projektet har genomförts enligt en systematisk produktutvecklingsprocess i de faser som krävs för en kreativ teknikutveckling eller design [4]. Inledningsvis med en förstudie bestående av projektplanering, nulägesbeskrivning och problem-klarläggning. Efter att förstudien var avklarad utfördes konceptgenerering, konceptutvärdering samt koncept-utveckling. När konceptet valts genomfördes en prototypframställning inklusive tester och verifiering. Resultatet togs sedan fram som ett detaljkonstruerat slutgiltigt koncept. Metoden bakom varje fas redovisas i denna rapport i anslutning till respektive delresultat. Projektets tidsplan i form av ett Gantt-schema återfinns i Bilaga 1.

## 1.1 Bakgrund

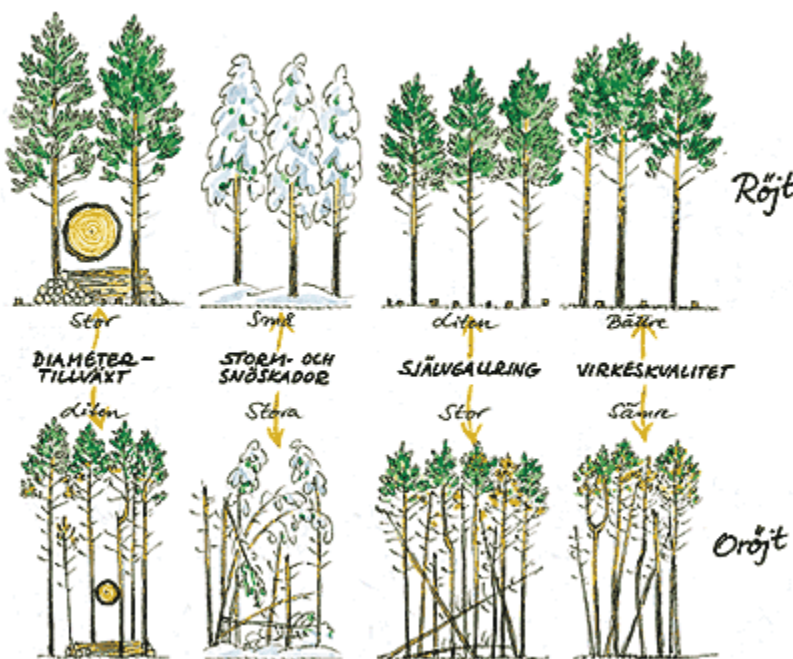
Skogen har stor betydelse för oss i Sverige. Den fyller allt ifrån ekonomiska till känslomässiga behov, exempelvis jakt och rekreation. Av Sveriges totala yta på omkring 41 miljoner hektar består 55,5% av produktiv skogsmark [5]. Skogsnäringen bestående av skogsbruket, trävaruindustrin, samt pappers- och massaindustrin svarar för en dryg tiondel av bruttonationalprodukten och står för ca 50% av den totala nettoexporten för alla svenska



industriprodukter [6]. Det har varit en lönsam bransch en lång tid och det har funnits få förevändningar att undersöka andra kommersiella användningsområden för träråvara. Fossila bränslen dominerar idag världens energiförsörjning och utgör drygt 80% av tillförseln. Men inom några decennier när oljedepåerna sinar kommer vi dock behöva ändra våra vanor kraftigt och ställa om till andra energikällor. En stor global ökning i tillförsel av biomassa kommer sannolikt att krävas och Sverige tillsammans med de nordiska länderna med stora skogsresurser har god potential att möta detta behov genom biomassauttag, framförallt genom ökat uttag av skogsbränsle i unga klena bestånd [7]. Det traditionella skogsbruket utan biomassauttag har till stor del enbart varit inriktat mot att producera massaved och sågtimmer. Det finns dock anledning att tänka om vad gäller såväl skogsskötselsystem, logistik och befintlig teknik med biomassa som ett tredje, konkurrerande sortiment till massaved och timmer [8]. En hållbar skogsskötsel, där skörd av skogsbränsle ur ungskog ingår, kommer kräva särskilda skötselprogram och ny avverkningsteknik [9].

### 1.1.1 Røjning, en långsiktig investering

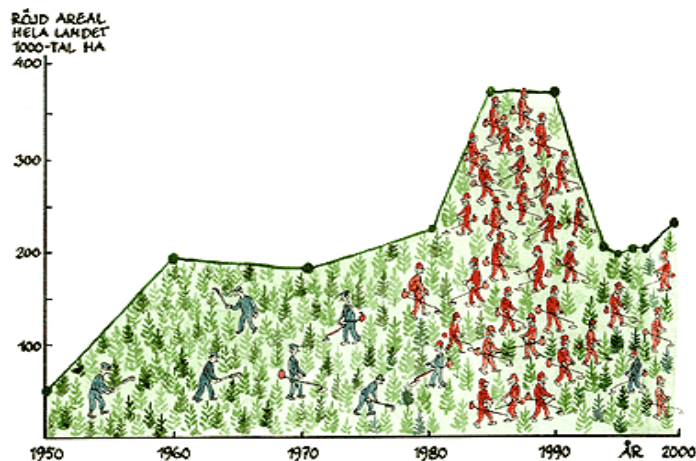
Røjning är normalt sett en beståndsvårdande utglesning av plant och ungskog där gagnvirket inte tas tillvara på [1]. Røjning använder man som åtgärd för att påverka och styra trädens utveckling i ett bestånd [6]. Undviker skogsägaren att røjta är risken stor att tillväxten blir fördelad på fler och klenare stammar vilket medför ett lägre virkespris och att kostnaden för avverkning blir högre. Utförs røjningen korrekt minskar också risken för självgallring och skador som till exempel snöbrott som visas i Figur 2. Målet med røjning är att sänka stamantalet till 2000-2500 stammar/hektar vid medelgodta markförhållanden beroende på trädslaget.



Figur 2. Skillnader mellan röjda och örøjda bestånd [10].

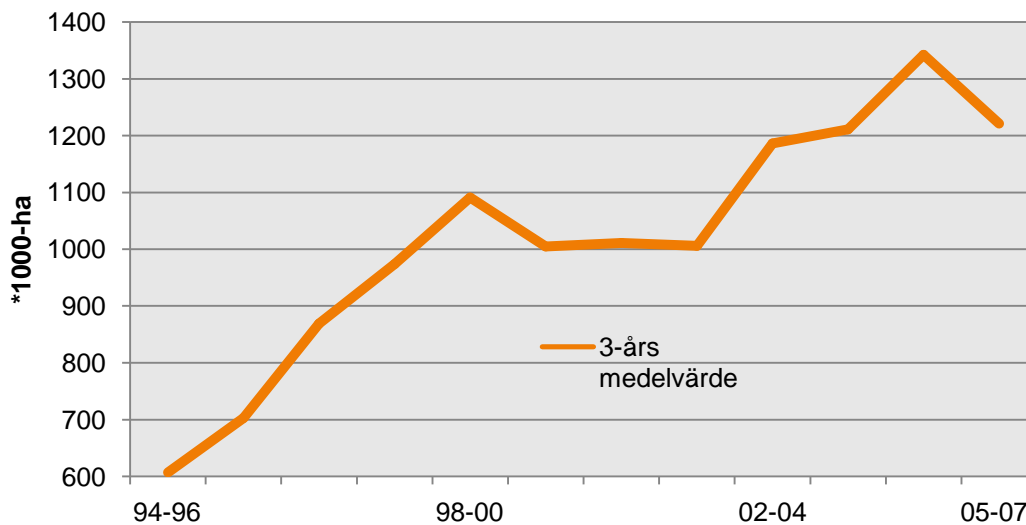
### 1.1.2 "Røjningsberget"

Nuvarande skogsvårdslag trädde i kraft 1994 och beskriver i stora drag ett mer avreglerat skogsbruk där "frihet under ansvar" råder [11]. Skyldigheten att røjta och gallra slopades och man är i stor grad fri att själv välja metoder för sitt skogsbruk, så länge det ger lyckad förnyring. Reformen har dock inneburit att arealen som röjs per år har minskat när man inte är tvingad enligt lag, se Figur 3. En del har inte tagit sitt røjningsansvar, bestånd har blivit eftersatta och i vardagligt tal pratar man om det så kallade røjningsberget eller konfliktbestånd. Konflikt eftersom bestånden har fått växa till sig för mycket för att røjtas traditionellt samtidigt som de håller för dålig kvalitet för att gallras på konventionellt vis. Traditionell motormanuell røjning med röjsåg är dyr i eftersatta bestånd [12]. Ett alternativ för att få lönsamhet eller åtminstone minskade kostnader för røjning i eftersatta bestånd är att ta tillvara på røjningsvirket som bränsle.



Figur 3. Andel röjd areal i Sverige under en 50-årsperiod [10].

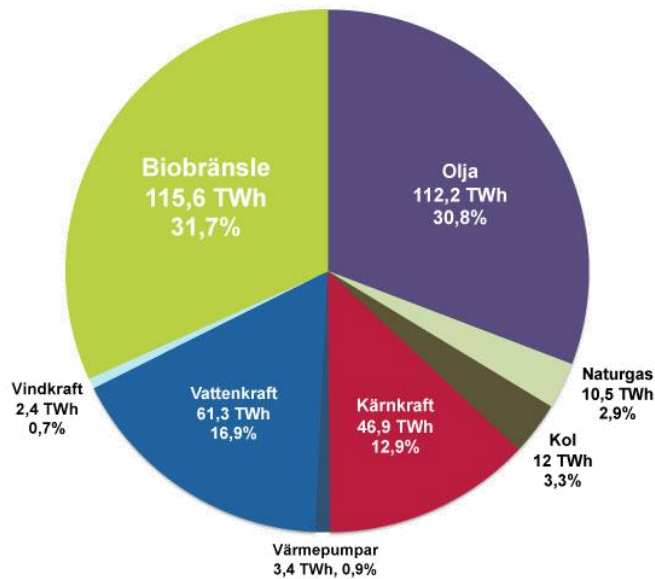
Eftersatta bestånd bestående av klen skog är en stor potentiell källa till skogsbränsle. År 2009 fanns cirka en miljon hektar skog med eftersatt röjning i Sverige [5], se Figur 4. Detta bedöms motsvara ett engångsuttag på cirka 64 TWh energi, därefter ett årligt uttag på 5-10 TWh [13].



Figur 4. Antal 1000-tal hektar med omedelbart röjningsbehov i Sverige fördelat på årsmedelvärde [5].

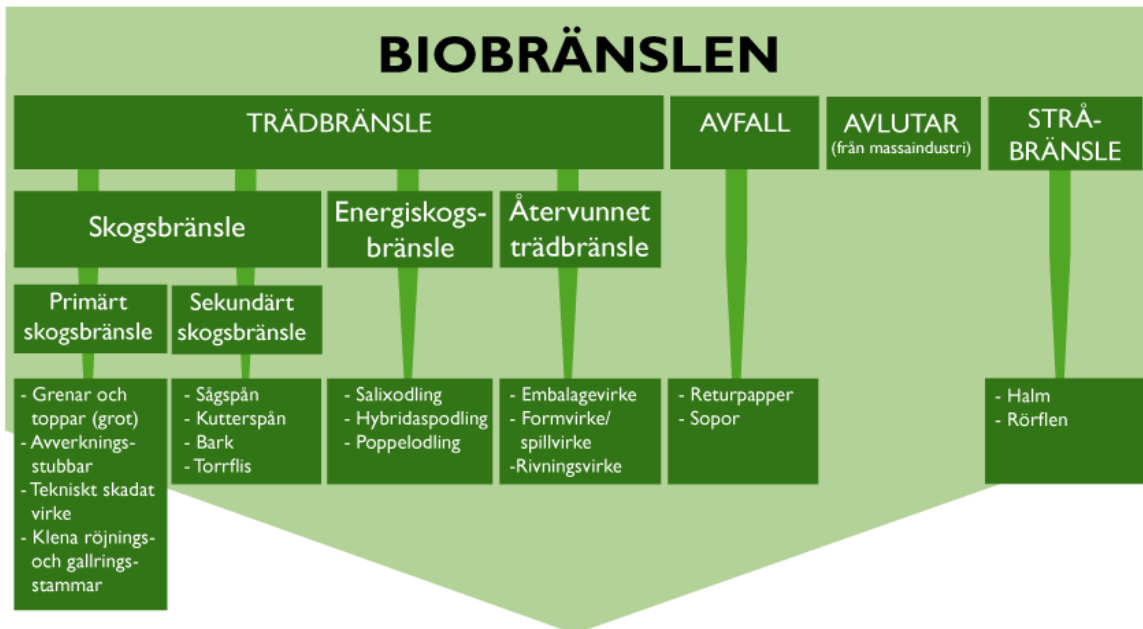
### 1.1.3 Biobränsle

Energimyndigheten sammanställer varje år statistik över Sveriges totala energianvändning och under 2009 bestod 31,7% eller 115,6 TWh av biobränsle som visas i Figur 5. Den totala tillförseln av bioenergi hamnar under 2010 på 137 TWh. Det betyder att bioenergin är större än vattenkraften och kärnkraften tillsammans och att drygt 32% av all energianvändning i Sverige kommer från bioenergi. Bioenergin passerade år 2009 oljan som största energikälla i vår energianvändning. Den största användningen är inom skogsindustrin, där man eldar restprodukter som bark, rötskadad ved och svartlut för att producera el, värme och framöver även drivmedel. I mer än 70% av fjärrvärmens används bioenergi som därmed står för huvuddelen av uppvärmningen i de flesta städer och tätorter i landet [14].



Figur 5. Slutlig energianvändning fördelad på energikällor (Svebios beräkning grundad på Energimyndighetens kortsiktsprognos mars 2010) [14].

Biomassa definieras som levande material med biologiskt ursprung som inte eller endast i ringa grad omvandlats kemiskt [1]. I denna rapport definieras biobränsle som en överordnad nivå vilken omfattar alla bränslen med sitt ursprung i biomassa [8]. Figur 6 beskriver underkategorierna och härnäst kommer benämningen skogsbränsle användas för det uttag som görs vid skörd i unga skogar.

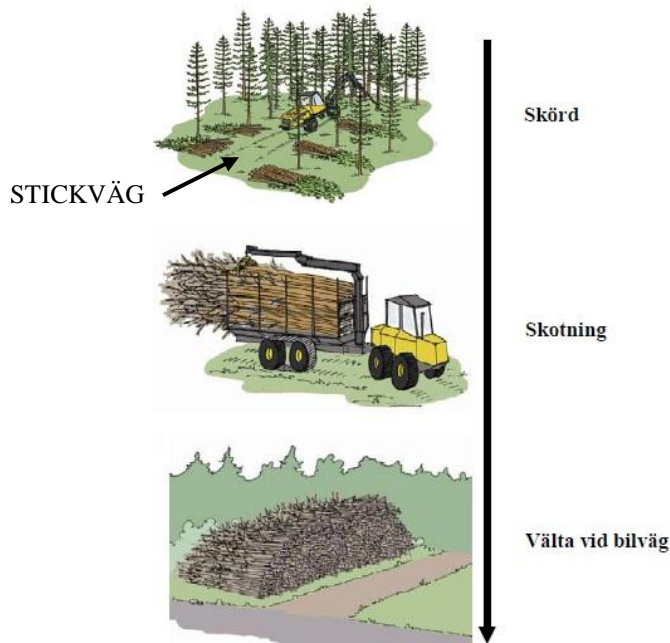


Figur 6. Biobränslens uppdelning i underkategorier [8].

#### 1.1.4 Krankorridorgallring

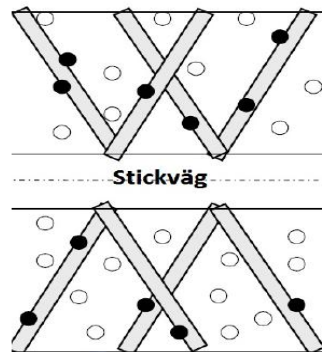
Studier vid Sveriges lantbruksuniversitet visar att en metod benämnd krankorridorgallring har störst potential att ge lönsamhet vid skörd i eftersatta bestånd [7]. Principen för krankorridorgallring bygger på att man i beståndet har

genomgående stickvägsnät där skördarmaskiner och skotare kan ta sig fram för att gallra, ackumulera och skota ut skogsbränsle. Gallringen sker genom kontinuerlig avverkning i korridorer mellan stickvägsnätet. Figur 7 visar tillvägagångssättet med ackumulerande skördarmaskin, högläggning vid stickväg, skotning av högarna och slutligen avlägg vid skogsbilväg. Där flisas antingen skogsbränslet direkt på plats eller transporteras till värmeverken för flisning och förbränning.



Figur 7. Metod för maskinell gallring och uttag av skogsbränsle [15].

Ytorna mellan stickvägarna nås för gallring genom att aggregatet är monterat på en kran. Gallring sker genom att korridorer om ca 1x10 meter tas upp i beståndet med en svepande rörelse mot eller från maskinen med kranen. Samtliga stammar i korridoren avverkas och ackumuleras i aggregatet tills korridoren är skapad och stammarna läggs sedan på hög vid stickvägskanten. Korridorerna kan läggas vinkelrätt mot stickväg, varieras i vinkel eller i överlappande solfjädersmönster för att få så flexibel gallring som möjligt. Metoden som visas i Figur 8 är ett geometriskt korridormönster som både ger ett snabbt arbetssätt och ett resultat där korridorernas utbredning inte är lika synliga som om de konsekvent läggs vinkelrätt mot stickväg. De solida svarta cirkelarna i Figur 8 motsvarar fällda träd och de vita är träd som inte hamnat i korridoren. För att skördaren ska kunna bryta väg genom beståndet krävs det också en skörd av stickväg. Stickvägens area motsvarar 30-40% av den totala ytan som ska skördas.



Figur 8. Schematisk beskrivning av avverkade stammar i korridorer med överlappande solfjädersmönster [7].

## 1.2 Uppgift

Uppgiften i detta examensarbete är att utveckla ett kranspetsmonterat aggregat för kontinuerlig skörd av träd i en korridor om 1x10 meter. Aggregatet ska även kunna höglägga de ackumulerade stammarna vid stickväg eller vid sidan om maskinen då själva stickvägen skapas.

### 1.2.1 Syfte

Minska kostnaden för röjning i klena täta bestånd genom att finansiera maskinell gallring med skogsbränsleuttag. En förutsättning för att nå lönsamhet i dessa bestånd är kontinuerlig skörd.

### 1.2.2 Mål

Utveckla och verifiera en mekanisk lösning för kontinuerlig skörd i klena täta bestånd.

### 1.2.3 Delmål

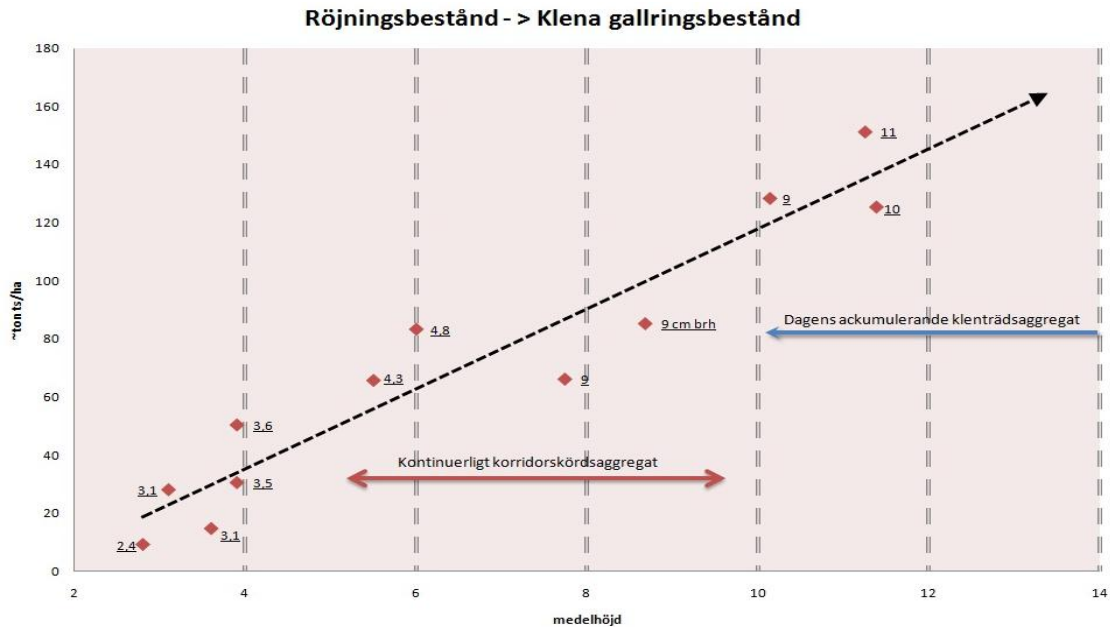
- Visuellt helhetslösning av slutgiltigt koncept (3D-visualisering)
- Detaljkonstruera mekanik och tillverka en prototyp för en av underfunktionerna i aggregatet; ackumulering, avskiljning eller nivellerings teknik (hantera höjdskillnader)
- Styrka konceptets potential för tillverkare och marknad

## 1.3 Förutsättningar

Aggregatet ska användas i klena täta bestånd. Inom ramen för examensarbetet är aggregatets arbetsområde, vad gäller storlek på stammar, begränsat enligt direktiv från Sveaskog:

- **För kontinuerlig skörd:** Trädens diameter i brösthöjd varierar från 4-10 centimeter, trädhöjden varierar mellan 5-10 meter. Medelhöjd för beståndet: 5-8 meter.
- **För extremer i överkant (så kallade vargar):** stubbdiameter maximalt 25 centimeter, trädhöjd maximalt 14 meter.

Figur 9 visar korrelationen mellan medelhöjd på bestånd och dess innehåll av skogsbränsle (ton TS/hektar). Tolv stycken bestånd är plottade med avseende på beståndets medelvärde för stammarnas brösthöjdsdiameter. Förutsättningarna för detta projekt vad gäller kontinuerlig skörd visualiseras med en röd pil. Blå pil representerar ungefär nedre del av spannet för var konventionella flerträdshanterande aggregat är verksamma.



**Figur 9. Aggregatets arbetsområde [16], [17].**

Terrängens beskaffenhet är en avgörande faktor för var mekaniserad avverkning kan ske. Terrängens svårighet beskrivs med ett antal faktorer så som ytstruktur, grundförhållanden, lutning och blockkvot [2]. Inom ramen för detta projekt beaktas faktorn ytstruktur. Det finns fem stycken ytstrukturklasser, varav aggregatet ska vara framförbart i Klass 1 och Klass 2. Dessa motsvarar ”mycket jämn markyta” respektive ”mellanklass” där ett fåtal hinder får förekomma. Hindrens (sten, block och jordhögar) höjd och antal avgör klassen.

Ett aggregat för ackumulerande skörd kan ses som en helhet bestående av tre subfunktioner; avskiljning av stammarna, ackumulering av stammarna samt förmåga till nivellering (kontinuerligt följa markprofilen). Enligt direktiv från Sveaskog har fokus för detta examensarbete varit att detaljkonstruera en lösning för ackumulering, varför produktutvecklingsprocessen genomförts med tyngdpunkt på denna subfunktion.

Aggregatet har i detta projekt sin primära marknad i skogsindustrin som ackumulerande skördaraggregat för klen ungskog. Sekundära marknader kan i ett senare skede tänkas vara dikesröjning, Figur 10, samt skörd av energiskog, exempelvis salix.



**Figur 10. Sekundär marknad för aggregatet; dikesröjning.**

## 1.4 Avgränsningar

Eftersom projekttiden är begränsad till 20 veckor har vissa avgränsningar för arbetet gjorts. Det koncept som är framtaget är konstruerat efter ingenjörsmässiga bedömningar och är inte dimensionerat utifrån lastfall eller externa krafter som påverkar konstruktionen. Konstruktion har inte baserats eller verifierats med hållfasthetsberäkningar.

Prototypen är detaljkonstruerad efter subjektiva bedömningar över vad som kan vara en rimlig konstruktion hållfasthetsmässigt. Det har inte genomförts något strukturerat materialval för koncept eller prototyp. De material som används i prototypen är antingen det som fanns tillgängligt på plats hos Lycksele Industriservice AB, eller som vid beställning hos leverantör antogs vara mest kostnads- och leveranstidseffektivt. Då inget materialval genomförts har heller inga ekonomiska beräkningar genomförts för att uppskatta total konceptkostnad. Projektet har inte heller tagit någon hänsyn till produktionsaspekter så som tillverkningsmetoder eller kostnader.

Konceptet beskriver en schematisk, mekanisk lösning. Det är visualiserat med hydraulcylindrar och rotator för att tydliggöra funktioner, men ska inte betraktas som en definitiv, detaljerad konstruktion. Konceptet har försetts med utrymme för att innehålla mekanik och elektronik, men exempelvis hydraulsystem eller elsystem har inte konstruerats. Sågklingorna har inte heller någon specifik drivning. Slutligen har tidsramen inte medgett att studera hur kranens hastighet påverkar aggregatet, vilken hastighet som krävs för lönsam skörd eller hur hastigheten förbättrar eller försämrar funktionerna för avskiljning och ackumulering.

## 2 Relaterad teknologi

I grova drag krävs det två moment för att skörda kontinuerligt; avskiljning och ackumulering. Nedan finns en sammanfattning av andra system där skörd sker kontinuerligt, därefter presenteras alternativa sätt att avskilja träd på. Den insamlade informationen i detta kapitel användes senare som underlag till idégenereringen.

### 2.1 Kontinuerlig hantering av träd

En maskin kallad fällare-läggare kan ses i Figur 11. Det är en helträdshanterande maskin som ackumulerar med en viss kontinuitet beroende på hur träden är placerade. En fällare-läggare måste hinna greppa om de ackumulerade stammarna innan nästa stam kan avverkas. Detta innebär att om det är en tillräckligt lång sträcka eller tid till nästa träd för att hinna göra omtag om de träd som redan är i greppet, så kommer ackumulering ske kontinuerligt. Om inte, så måste maskinen göra ett stopp för omtag innan nästa träd. Fällare-läggare är vanliga i Nordamerika. Där skördar och transporterar man i stor utsträckning med helträdsmetoden och träden är ofta planterade i långa rader.



Figur 11. Fällare-läggare [18].

Aggregatet har stora ackumulerande armar som arbetar växelvis för att hålla, respektive fånga in nya träd. Träden avskiljs med en stor roterande disk, ofta med vändbara och utbytbara skär, som kan ses i Figur 12. På vissa modeller av roterande diskar är det enbart den yttre delen av skivan som roterar. En fördel med perifer drivning av ”disken” är att träden kan ackumuleras över skivans centrum utan att diskens drivning kommer i vägen. Diameter på disken nedan är 130 centimeter.



Figur 12. Roterande disk med utbytbara skär [19].



Vid skörd av bioenergiskog, till exempel salix, flisas oftast träden direkt vid skörd. Skörden är helt kontinuerlig och det flisade material sprutas direkt i en container som dras av en separat traktor, se Figur 13.



**Figur 13. Metod för skörd av salix [20].**

Salix Maskiner i Hedemora har utvecklat ett system för kontinuerlig helträdshantering som även ska fungera då träden inte står på rad eller i ett förutsägbart mönster. Avskiljningen består av en kedja utan svärd som kan ses som en röd linje i Figur 14. Kedjan följer markens ojämnheter så att stubbhöjden ska bli så låg som möjligt. Träden flyttas kontinuerligt med hjälp av två motgående band. Dessa band börjar i ett "V" med en kraftig vinkel för att fånga in de kapade träden ur ett så brett område som möjligt. Dessa band kan ses som två blå linjer i Figur 14.



**Figur 14. Rodster, maskin för skörd av salix [21].**

Träden läggs sedan av på flaket, Figur 15, mellan stöttorna som sedan fälls undan vid avlastning. Principen att träden avskiljs och ackumuleras kontinuerligt för att sedan läggas samman i en bunt är lik den uppgift som beskrivs i kapitel 1.1.4.



**Figur 15. Rodster, flak för ackumulering av salix [21].**

Liknande mekanik återfinns i system för skörd av sockerrör vilket kan ses i Figur 16. Ett band med stora gummivalkar drar sockerrören in i maskinen. De silverfärgade ”korksruvarna” matar sockerrören mot bandet.



**Figur 16. Maskin för skörd av sockerrör [22].**

I Figur 17 ses gummivalkarna ligga omlott. Sockerrören kläms fast mellan de flexibla valkarna för att matas vidare i maskinen. Figur 17 visar motsatt sida av transportbandet i avseende till ovanstående figur. Denna mekanik med gummivalkar antas ge ett relativt bra grepp om stammarna samtidigt som det är skonsamt för sockerrörens yta.



**Figur 17. Omlottliggande gummivalkar [22].**

## 2.2 Relaterade avskiljningsmetoder

Eftersom det kan antas att avskiljningsenheten bör vara robust blir förmodligen kapsnittet i trädet grovt. Detta bör inte påverka värdet av skogsbränslet i slutänden. Stora roterande diskar är en vanlig avskiljningsmetod på fällareläggare. Det finns några olika lösningar men de flesta har löstagbara hårdmetallskär med relativt stort mellanrum. Vissa diskar har också förmågan att fräsa ner trädet eftersom det också sitter en form av skär på skivans undersida. Skären som täcker diskens undersida går att se i Figur 18.



Figur 18. Fräsdisk med skär även på undersidan [23].

Samma typ av löstagbara hårdmetallskär återfinns även på en avskiljningsmetod bestående av en roterande trumma. Roterande trummor används för att fräsa ner vegetation och dyligt, se Figur 19. Dessa trummaggregat monteras oftast på grävmaskiner och vikten på dessa aggregat varierar mellan 200-1200 kg.



Figur 19. Frästrumma [24].

Som tidigare nämnts sitter det löstagbara skär av hårdmetall på ett urval av dessa roterande diskar och trummor. I Figur 20 ses en annan typ av skär och infästning. Det mer konkava utseendet på skäret ger ett bättre snitt men håller inte skärpan lika länge som ett skär med raka kanter. Det konkava skäret är att föredra då risken för stenkontakt är låg.



Figur 20. Frästrumma med konkava skär [25].

En tredje typ av skär återfinns på en roterande disk som också är tänkt för att röja undan träd och sly. Denna typ av skär har en grov egg jämfört mot andra lösningar och skären kan modifieras med hjälp av en vinkelslip så dess skäryta blir vass. I Figur 21 ses ett modifierat skär till vänster och ett standardskär till höger.

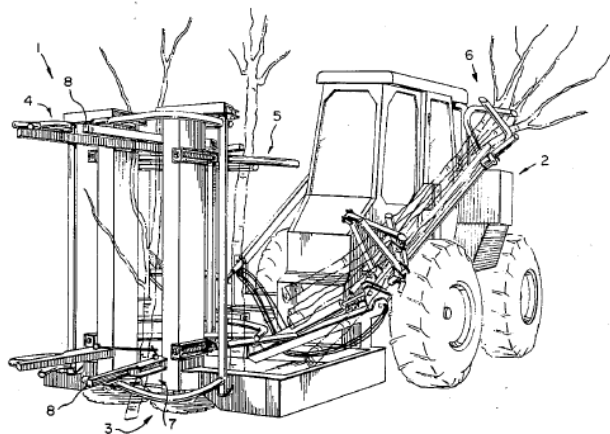


Figur 21. Två typer av roterande disk, till vänster modifierat skär och till höger ett standardskär [26].

### 2.3 Patentsökningar

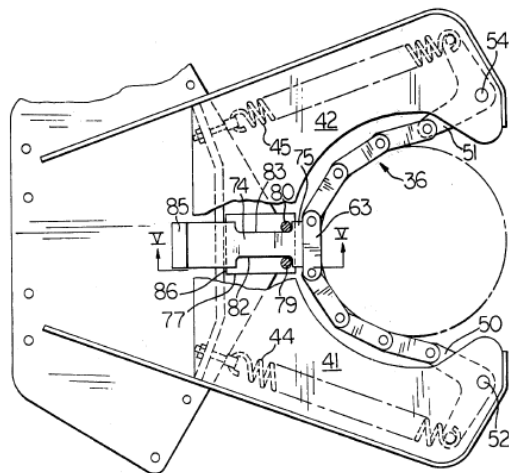
Eftersom problemet i sig inte är av en ny karaktär genomfördes sökningar i det amerikanska patentregistret [27] och i det svenska registret som Patent- och registreringsverket har offentliggjort [28]. Patentsökningen inriktades på att hitta lösningar för kontinuerlig ackumulering eftersom detta ansågs vara det primära problemet. Även här var syftet att använda informationen som underlag till idégenereringen.

De patent som hittades inom det skogliga området är från slutet av 60- till mitten av 70-talet. Nedan beskrivs fyra patent som haft betydelse för fortsatt arbete. Figur 22 visar ett frontmonterat aggregat som liknar det som återfinns på fällare-läggare. Skillnaden med det nedanstående aggregatet är att träden efter att de är kapade ackumuleras lutande i en bunt bakom aggregatet. Att träden ackumuleras lutande beror förmodligen på att sikten då ökas för maskinföraren. Det sitter två stycken band i en V-form för att dra träden in mot kapklingor likt de som återfinns på en röjsåg.



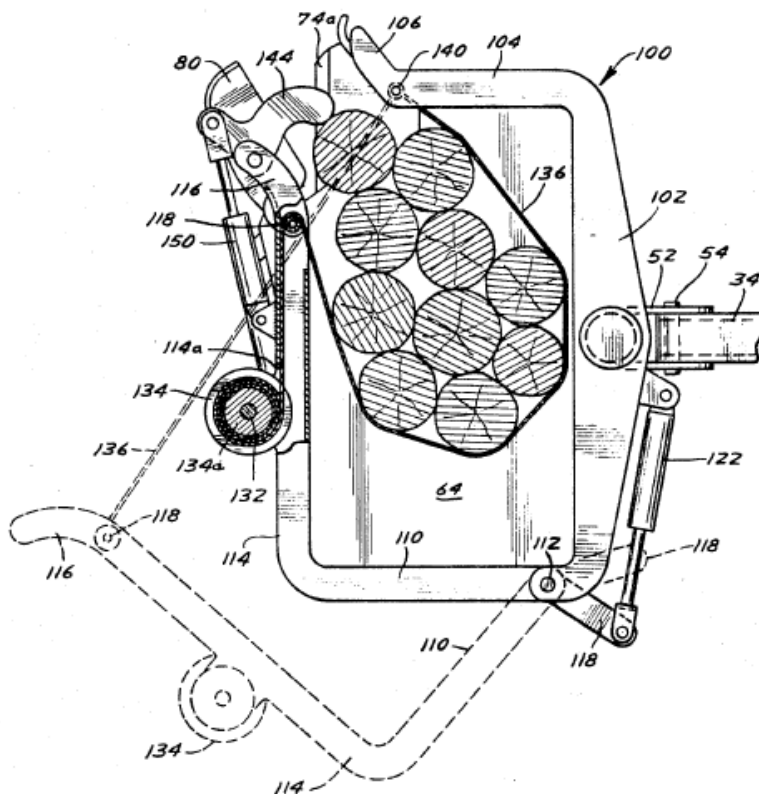
Figur 22. U.S. Patent 4,592,398 [27].

Figur 23 visar ett system där den ackumulerade volymen anpassas efter stammens diameter. Något som talar emot denna lösning är dess hantering av träd som är markant mindre än det i figuren. Kedjan som löper runt stammen kan få problem att greppa mindre träd.



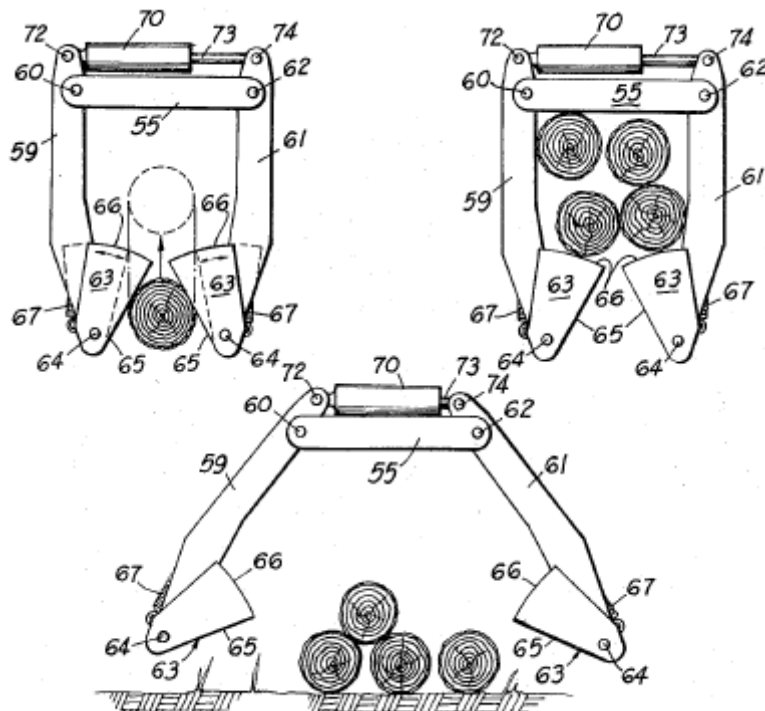
Figur 23. U.S. Patent 4,049,032 [27].

Tillskillnad från ovanstående patent så visar Figur 24 ett aggregat som kan ackumulera ett flertal träd per cykel. Man kan anta att detta system även fungerar om stammarnas diameter är varierande. En nackdel med denna lösning är att inmatningsfunktionen, för kontinuerlig ackumulering, inte ser ut att bli speciellt snabb om man jämför tidigare nämnda bandlösningar.



Figur 24. U.S. Patent 3,468,352 [27].

Figur 25 visar en form av mekanisk backventil som kan ackumulera ett flertal stammar per cykel. En stor fördel med denna konstruktion är att mekaniken är relativt enkel. Aggregatets rörelse måste dock vara snabb för att trädet ska "klicka" fast bakom ventilerna utan att trädet ramlar åt fel håll medan det kapas eller efter det kapats. Detta bedöms vara en nackdel. Ett alternativ är att trädet kapas när det passerar ventilerna men då kan framkomligheten försämrans i täta bestånd.



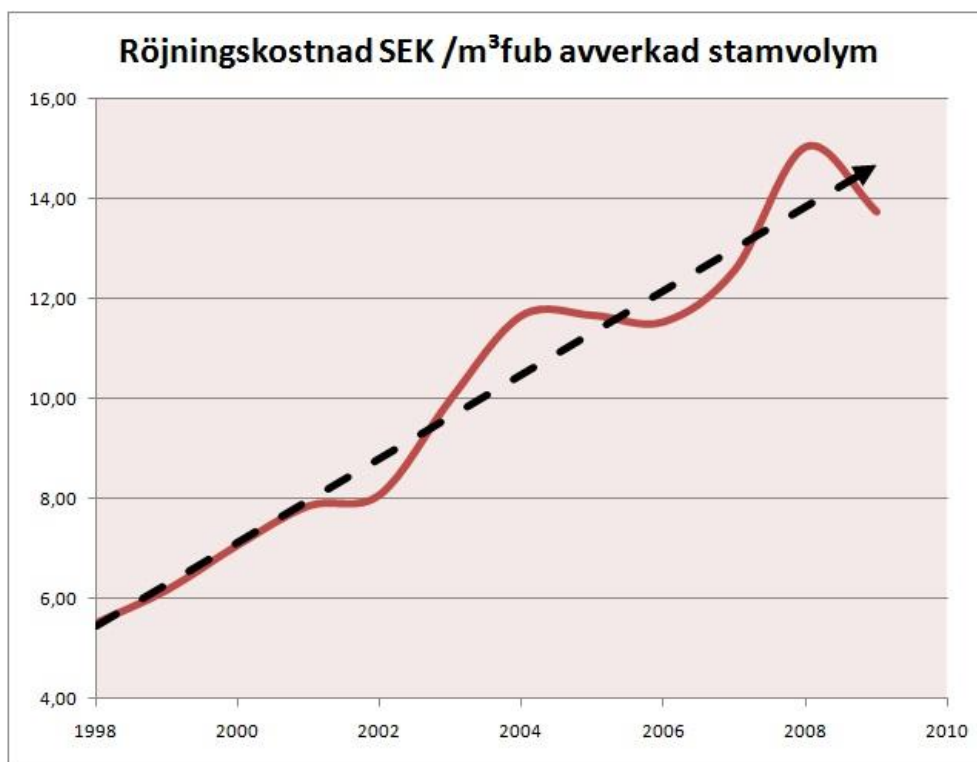
Figur 25. U.S. Patent 3,795,264 [27].

### 3 Nulägesbeskrivning

Nulägesbeskrivningen genomfördes som en studie i vilka tekniker för röjning och gallring i klena bestånd som används i dagsläget. Teknikerna består av motormanuell röjning och olika typer av mekaniserad gallring. En jämförelse gjordes också i hur effektivt dessa tekniker kan appliceras i eftersatta bestånd samt vilken produktivitet som krävs för lönsamhet om skogsbränsleuttag görs i samband med gallring.

#### 3.1 Skenande kostnader för skogsbruket

Det tidigare nämnda röjningsbergets areal låg år 2009 på ca en miljon hektar skog, se Figur 4. Även om trenden pekar nedåt är röjningsbergets existens fortfarande ett faktum och det kommer krävas stora insatser innan vi är tillbaka på de balanserade nivåerna som skymtades under 90-talets början. Att det handlar om stora arealer är bara ett i raden av problem. Medelkostnaden för röjning är 3040 kronor/hektar för Sveaskog [30]. Att det idag finns en miljon hektar skog i akut behov av röjning ger det svenska skogsbruket således en utgift på cirka tre miljarder kronor för att komma i balans. Att kostnaden för att röja dessa konfliktbestånd är hög på beror på att täta bestånd med en hög medelhöjd tar lång tid att röja motormanuellt [29]. Konsekvensen av de stora arealerna med konfliktbestånd går således inte att blunda för längre. Enligt Skogsstyrelsen har kostnader för röjning per avverkad stamvolym ökat kraftigt sedan slutet av 90-talet [5]. Den stigande kostnaden för röjning, Figur 26, medför att det blir mindre vinst för skogsägaren i slutändan. Detta eftersom intäkterna vid gallring och slutavverkning inte utvecklats i samma takt som utgifterna för röjning. Trots att kostnaderna skenar måste skogen underhållas. Men vilka metoder för röjning finns det att tillgå i dagsläget?



Figur 26. Årsvis utveckling av röjningskostnad i SEK/m<sup>3</sup> avverkad stamvolym [5].

#### 3.2 Motormanuell röjning

Denna metod är den vanligaste metoden vid ungskogsröjning och har använts sedan slutet av 50-talet i Sverige. Innan den motordrivna röjsågen introducerades röjde man helt med handkraft, bland annat med såg och olika typer av röjxor, Figur 27.



**Figur 27. Handredskap för röjning: röjxor och såg [9].**

Dagens motormanuella röjning utförs med en röjsåg (motorstyrka 3-4 hästkrafter). En typisk variant visas i Figur 28. Utförs en selektiv röjning menas att man utifrån trädets egenskaper utser potentiella huvudstammar som sparas för att kunna sedan röja bort resterande träd. En negativ selektion kan också utföras. Då utses i stället skadade eller överflödiga stammar för bortröjning.



**Figur 28. Röjsåg för motormanuell röjning [9].**

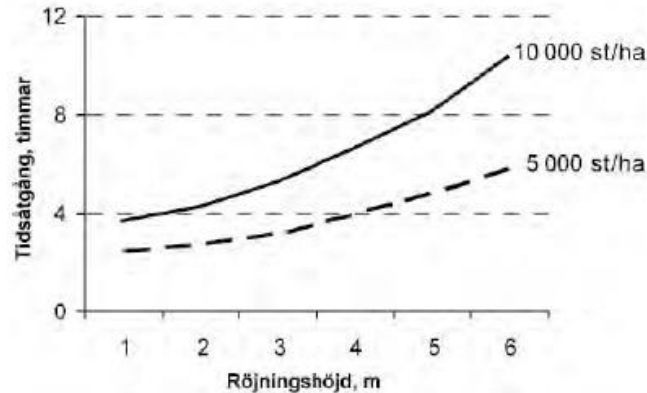
Den vanligaste röjningsformen vid ungskogsröjning är enkelställning. I Figur 29 kan man på vänster sida se de enkelställda granarna, det vill säga stammar utställda med ett regelbundet avstånd. Beroende av önskat stamantal efterröjning varierar avståndet mellan 1-3 meter [9].



**Figur 29. Granar som röjts fram enligt röjningsformen för enkelställning [9].**

Stamantalet innan röjning påverkar i stor utsträckning arbetsinsatsen. Även höjd och diameter är faktorer som påverkar tidsåtgången. I Figur 30 visas tidsåtgången som funktion av beståndets höjd för två olika stamtätheter.





Figur 30. Tidsåtgång för röjning vid olika stamtätheter [29].

### 3.3 Mekaniserad röjning/Stråkröjning

Röjning är inte bara ett manuellt arbete, försök har även gjorts med mekaniserad (maskinell) röjning. Röjningen utförs då med någon form av röjningsaggregat monterat på och manövrerat från en terränggående maskin. Metoden med stråkröjning går ut på att man schematiskt gör genomgående stråk i beståndet för att på så sätt skapa ett glesare bestånd, Figur 30. I figuren är de genomgående stråken markerade med rött. Mellan stråken finns så kallade mellanzoner, dessa kan man antingen lämna orörda eller röja motormanuellt.



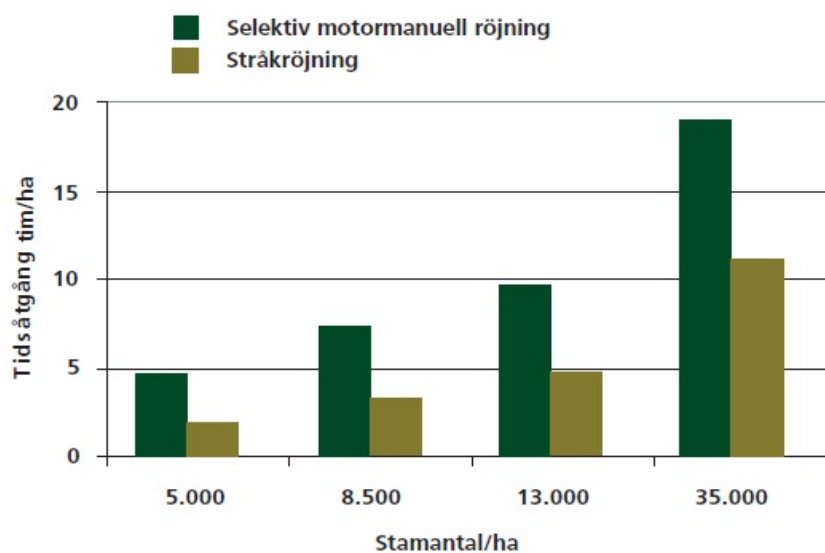
Figur 31. Resultat av stråkröjning, stråken markerade i rött [9].

Skogforsk som är det svenska skogsbrukets forskningsinstitut, finansierat av skogsnäringen och staten [31], har tagit fram en prototyp för stråkröjning enligt Figur 32. Den består av en maskin med en bred grenkross monterad i fronten. Under 2006 och 2007 genomfördes en försöksserie där stråkröjning med grenkrossen (i kombination med selektiv röjning) jämfördes med traditionell selektiv motormanuell röjning. Trots att stråkröjning är en effektiv avverkningsmetod har man svårt att vinna skogsägarnas förtroende att använda sig av tekniken. Troligen på grund av att ingreppet ser relativt våldsamt ut. Bestånden i försöksserien står just nu i träda för att växa till sig och Skogforsk ska senare utvärdera försöken bland annat med avseende på skador på de kvarvarande träden, dess tillväxt och kvalitet [9].



Figur 32. Basmaskin Treemme MM250B utrustad med grenkross FAE för stråkröjning [32].

Trots flera försök att utveckla tekniken, har man inte lyckats få den kommersiell i någon större utsträckning [9]. Man har däremot kunnat visa att metoden med stråkröjning går snabbare och blir 30-40% billigare [33]. I Figur 33 visas att vid extrem stamtäthet ökar tidsåtgången för både motormanuell röjning och stråkröjning. Maskinell stråkröjning i kombination med manuell röjning har visat sig vara ett intressant alternativ, men fortfarande sker det då inget skogsbränsleuttag.



Figur 33. Prestation för stråkröjning (inklusive motormanuell röjning i mellanzonerna) och traditionell motormanuell röjning [33].

### 3.4 Dagens mekaniserade klenträds hantering med skogsbränsleuttag

Skogforsk har studerat de tre vanligaste teknikerna för mekaniserad fällning av klena träd där även ackumulering av stammarna sker. Man ville även hitta en mekaniserad avverkningsteknik som effektivt kan komma åt de stora volymer klena träd som finns i de eftersatta bestånden och ta ut dessa som skogsbränsle. När studien genomfördes, 2009, fanns ett knappt hundratal maskiner som huvudsakligen arbetade med skogsbränsle i Sverige [13]. Tidsstudier visade att det är fällning och ackumulering som är de mest tidskrävande momenten. Samtliga aggregat som studerades hade teknik för flerträds hantering och de avverkade i genomsnitt två till tre träd per krancykel [34]. De tekniker som stod till förfogande bestod i klippande aggregat, de med sågklinga samt de aggregat som hade

sågsvärd. Data för ett urval av ackumulerande aggregat på marknaden finns samlad i Bilaga 2. Ackumulering för samtliga befintliga aggregat sker i princip på samma sätt. Två par med griparmar turas om att växelvis greppa buntens stammar, allt eftersom fler stammar kapas och ska läggas till buntens.

### Klippande aggregat

De klippande aggregaten, Figur 34, delas in i två grupper; giljotiner och knivar. Giljotinen skär av stammen med ett rakt snitt och kräver relativt stort hydrauliskt tryck för att klara grövre stammar. Aggregat med knivar kan antingen ha två, om varandra, motgående knivar eller två knivar där bara en rör sig. Klippande aggregat är relativt billiga i inköp, drift och underhåll, mycket tack vare enkel konstruktion. De har dock ganska långsam avskiljning som kräver mycket kraft. De kan inte heller avverka under körning [13].



Figur 34. Klippande aggregat med giljotin, Naarva-Grip 1500-25E [35].

### Klingor

Aggregat med klinga, Figur 35, kan antingen ha sågtänder, ungefär som på en vanlig röjsåg, eller en sågkedja på en cirkulär skiva. En klinga medger snabb avskiljning av stammen och de kan även användas för att röja bort små stammar som man inte vill ackumulera. Klingor kan avverka under körning, men kan få problem i kuperad eller stenig terräng och i granbestånd med gröna grenar ända ner till stambasen. Där kan det vara svårt att se sten etc. som kan skada klingan [13].



Figur 35. Aggregat med klinga, Bracke C16.b [36]

### Sågsvärd

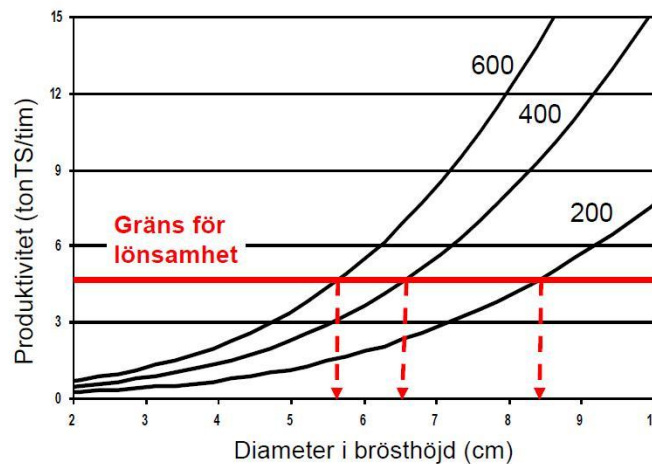
Aggregat med sågsvärd, Figur 36, är i princip vanliga skördaraggregat, extrautrustade för flerträdshantering, och medger snabb avskiljning av stammen. De kan avverka under körning och är flexibla på så vis att det har kvistknivar, vilket gör att de både kan avverka kvistad massaved och okvistad skogsbränsle. Dessa aggregat har även matarvalsar som underlättar nedläggandet av träd. Det kräver dock relativt stor effekt och kedjan kan kränga eller nypa vid avverkning av små träd eller buskar [13].



Figur 36. Aggregat med sågsvärd, Valmet 330.2 DUO [37].

### 3.5 Nackdelar med dagens teknik

Studier som gjorts vid Sveriges lantbruksuniversitet visar att om man klarar av att fälla, och vid stickvägskant höglägga, 4,5 ton TS/timme så har man en lönsam produktion [7]. Produktiviteten är nära knutet till trädstorleken (stamvolymen). En studie gjord av Skogforsk [13] visar att man kommer upp i dessa produktiva nivåer med dagens mekaniserade klenträdhäntering med skogsbränsleuttag när stamvolymen är 20 kg TS/träd. 20 kg TS/träd motsvarar grovt en brösthöjdsdiameter på 8-10 centimeter. I studien avverkade man cirka 6 ton TS/timme. Om man däremot avverkar i ett klenare bestånd där stamvolymen är 15 kg TS/träd sjunker produktiviteten drastiskt, man kommer endast upp i två ton TS/timme. Det är alltså här svagheten i den existerande tekniken finns; den är gjord för att arbeta i gallring ner till cirka tio centimeter i brösthöjdsdiameter, inte i de klenare, stamtäta och eftersatta bestånd som utgör röjningsberget. Med existerande aggregattekniker går 60-70% av tidsåtgången till kranarbete i form av fällning och sammanföring [34]. Den existerande tekniken ackumulerar flera stammar per krancykel, men måste göra ett stopp vid varje ny stam för att kapa och göra omtag runt knippet, vilket gör den ineffektiv i klena bestånd. Med metodutveckling kan man i stort sett använda dagens teknik och uppnå lönsamhet när träden är 6,7 centimeter grova, men om tekniken utvecklas så kan detta uppnås redan vid 5,7 centimeter som visas i Figur 37.



Figur 37. Produktivitet som funktion av diameter vid 200, 400 respektive 600 avverkade träd/timme [7].

### 3.6 Testbänk 1 - Kontinuerlig skörd vid krankorridorgallring med kranpetsmonterat aggregat

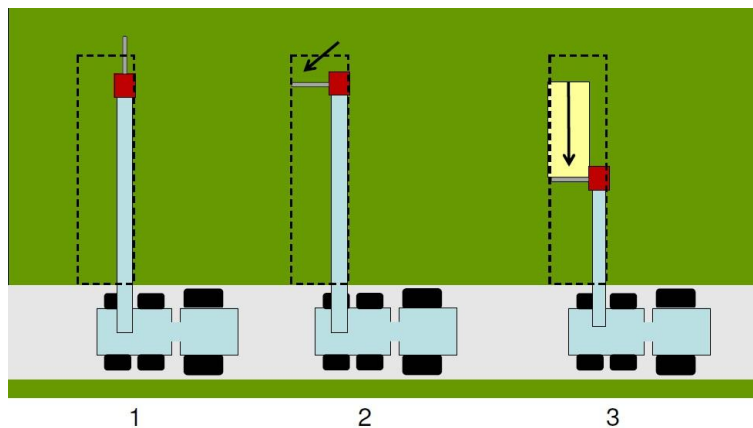
För att kunna möta utmaningen i skogen med de eftersatta bestånden har en form av prototyp tagits fram, en så kallad testbänk. Det är ett aggregat som nyttjar principen för krankorridorgallring och är framtaget för att vara mellantinget till motormanuell röjning och konventionella flerträdhänterande aggregat. Testbänk 1, Figur 38, har tagits fram av Dan Bergström, Urban Bergsten och Tomas Nordfjell vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Syftet

var att utföra tester av kontinuerlig fällning vid krankorridor-gallring. Tester utfördes under en vecka i november 2007 i Vindeln kommun tillsammans med maskinföraren Thomas Hörnlund. Specifikationer för Testbänk 1 finns i Bilaga 3.



Figur 38. Testbänk 1 monterad på kran [7].

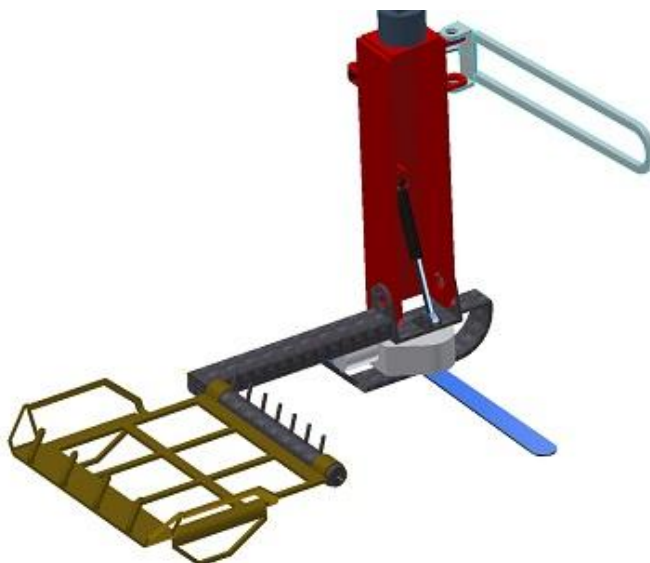
Arbetsmetoden för Testbänk 1 visas i Figur 39. Ytan med de streckade kanterna motsvarar en korridor. Steg 1, aggregatet förs ut i skogen till en given position. Steg 2, aggregatets svärd fälls ut till sågläge. Steg 3, aggregatet dras mot maskinen.



Figur 39. Arbetsmetod för Testbänk 1 [7].

Testerna med Testbänk 1, som fortsättningsvis benämns aggregatet, utfördes med aggregatet monterad på en medelstor skördare, en Gremo som väger cirka tolv ton. Gremon var utrustad med en modifierad kran från Cranab. Kranen har en total räckvidd på 9,3 meter där "stickan" (teleskopiskt utskjutbar bom som står för kranens yttersta del) stod för 3,3 meter av utskjutet. Det genomfördes 15 försök där aggregatet kördes utifrån och in mot maskinen så en korridor bildades med bredd och längd på 1,5 meter respektive 8 meter. Stickans längd utnyttjades vilket medförde att korridoren fälldes i längder om 3,3 meter i stöten. Vid dessa försök var det enbart kranens maximala hastighet längs korridoren som begränsade framryckningshastigheten. Max framryckningshastighet i korridoren blev således 0,4 m/s och då oavsett brösthöjdsdiameter på de fällda stammarna i korridoren. Med kranarmen svängandes i en cirkulär rörelse kunde träd med åtta centimeter i brösthöjdsdiameter kapas med 1,3 m/s och 15 centimeter i brösthöjdsdiameter i 1,0 m/s. Vilket är betydligt snabbare än den teoretiskt framräknade maxhastigheten på 0,71 m/s. Från en fiktiv, centrerad och utifrån korridorens riktning, parallell linje föll 84% av träden inom 20 grader. Träden föll så att stubben pekade mot stickvägen. Resultaten av försöken visar att med krankorridor-gallring och de

uppmätta maxhastigheterna på 1,0 m/s respektive 1,3 m/s kan produktiviteten öka med 79% i dessa bestånd [7]. Resultaten visar även att med denna framryckningshastighet kan man förvänta sig att större delen av stammarna kommer falla i samma riktning. Enhetlig fallriktning bör underlätta konstruktionen av ackumuleringsfunktion. Aggregatet är inte utrustat med en ackumuleringsfunktion i nuläget, något som krävs för operationell drift. Figur 40 visar ett förslag som togs fram externt där en lösning med en uppsamlande släde och en knuff-funktion för att putta träden mot släden är tillfört konstruktionen.



**Figur 40. Prototyp på aggregat med ackumulering (släde) och knuff-funktion [7].**

## 4 Problemklarläggning

Problemklarläggning genomförs för att minska konstruktionsrymden, det vill säga ringa in och definiera i så stor utsträckning som möjligt vilket problem som ska lösas. I detta projekt handlar det konkret om att samla information om och precisera vad aggregatet ska uppfylla för krav.

Inledningsvis analyserades en avhandling från Sveriges lantbruksuniversitet [7]. Där erhöles data för den produktivitet (stammar/timme) och den avverkningshastighet aggregatet måste ha för att resultera i en lönsam skörd. Syftet var att fastställa vad som krävs för att projektets koncept ska bli effektivt i de bestånd det är tänkt att verka i, samt att det inte konkurrerar med befintliga aggregat i grövre bestånd. Vidare analyserades beståndsdata för ett antal typbestånd. Data för trädens massa samt deras koordinater plottades och ett stråk på tio kvadratmeter slumpades ut över beståndet. Syftet var att få fram vilket antal stammar man kan förvänta sig i en slumpad korridor samt vikten av dessa stammar som då motsvarar stråkvikten. Stråkvikten blir den maximala vikt kranen måste kunna hantera i kranspets, utöver vikten för aggregatet. Aggregatets totalvikt bestämdes därefter utifrån data för stråkvikt samt en studie av den krankapacitet som finns att tillgå i dagsläget. Stråkvikten styr i förlängningen vilken kran aggregatet kan användas med, vilken basmaskin som krävs, bränsleförbrukning hos basmaskinen etc. Även förväntad brösthöjdsdiameter och trädhöjd gick att härleda från analyser av bestånd genom att plotta data för dessa. Ett syfte var att finna spridningen för dessa parametrar i respektive bestånd. Det andra var att undersöka vilka bestånd som passade in på Sveaskogs specifikation för brösthöjdsdiameter och trädhöjd.

För att få en verklighetsbaserad bild av eftersatta bestånd, med dess förutsättningar och problem, genomfördes fältstudier i fem representativa bestånd i Norrlands inland. Bestånden förmedlades av Sveaskog. Samtliga bestånd observerades och fotograferades. Syftet var att utifrån reella bestånd bilda sig en uppfattning om exempelvis hur tätt ett bestånd på 6000 stammar/hektar är eller hur stammarna tenderar att fördela sig över ytan. Utanför Vindeln i ett tilltänkt bestånd har även en försökspark skapats av Sveriges lantbruksuniversitet. Den fungerar som en demonstrationsyta av metoden för krankorridorring och har försetts med stickväg, fällda korridorer och höglagda träd. Även försöksparken observerades och fotograferades. Syftet var att få en bra bild av hur olika typer av korridormönster, exempelvis vinkelräta och solfjäderformade, ter sig i verkligheten. Ett solfjäderformat korridormönster medför att ingreppet i skogen inte blir lika tydligt eftersom korridorerna blir svårare att urskilja när de överlappar varandra. Det gick även att jämföra metoden för krankorridorring mot traditionell motormanuell röjning, då båda är utförda bredvid varandra i försöksparken.

Vidare genomfördes en fältstudie av en skördare med ackumulerande aggregat i arbete. De två maskinförarna intervjuades angående deras åsikter kring det aggregat de arbetar med och arbetsmetoden de använder. Maskin med förare följdes och fotograferades därefter under cirka en timme, både inifrån hytten och utifrån. Syftet med att intervjua och studera aggregatet i arbete var att få ett användarperspektiv på dagens konventionella ackumulerande aggregat, vad som fungerar bra samt förbättringar förare skulle vilja se. Syftet var även att få en djupare förståelse för hur konventionella aggregat är konstruerade och arbetar.

Därefter avlades studiebesök med en halvdag vardera hos maskin- och aggregattillverkarna Komatsu Forest (Valmet) i Umeå och Vimek AB i Vindeln. Hos Komatsu hölls en presentation av den förstudie som genomförts i projektet, därefter gav Komatsu en företagspresentation och fabriksvisning. Hos Vimek gavs en företagspresentation samt en fabriksvisning. Syftet med studiebesöken var dels att knyta kontakter och få mer information om dagens befintliga aggregat och dels att diskutera krankorridorring ur ett tillverkarperspektiv. Diskussionen gav bland annat tillverkarens bedömningar om fördelar och nackdelar samt information om tidigare genomförda försök med kontinuerlig ackumulering som aldrig kommersialiserats.

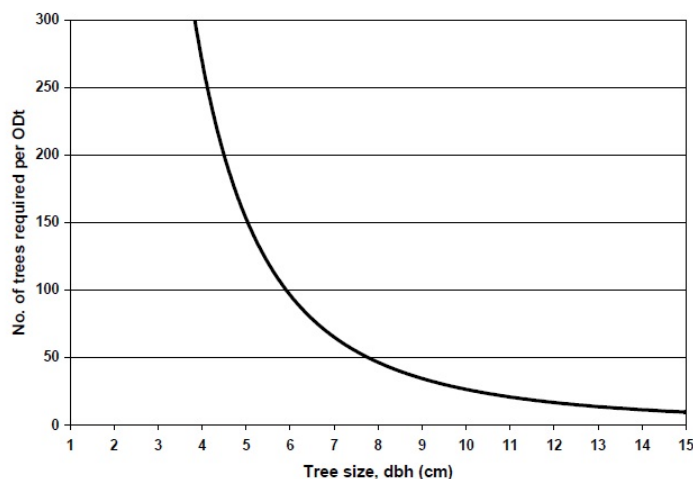
Ur fältstudier, analyser, besök och diskussioner med Sveaskog drogs slutsatser om ett antal behov aggregatet måste tillfredsställa gällande ackumulering och avverkningsriktning. Tillsammans med tre representanter från Sveaskog sammanställdes behoven i syfte att avgöra vilka som skulle tas hänsyn till i konceptutvecklingen. På egen hand genomfördes därefter en funktionsanalys för kontinuerlig ackumulering. Aggregatet som helhet delades upp i en huvudfunktion och flera subfunktioner med syfte att fastställa vad som krävs för moment för att tillfredsställa behoven. Slutligen sammanställdes en kravspecifikation med de behov samt de aggregat- och beståndsdata som

definierats under problemklarläggningen. Hela förstudien utmynnade i en kravspecifikation där de funktionella kraven, vad produkten skall utträta, fastlades [38].

## 4.1 Produktivitet

Dagens konventionella aggregat är bara lönsamma vid användning ner till en viss diameter på stammarna. Det aggregat som ska utvecklas ska inte direkt konkurrera med befintliga aggregat på marknaden, Figur 9. Syftet är att först och främst rikta in sig på eftersatta bestånd med större träd. De tilltänkta bestånden har en höjd på mellan 5-10 meter, en brösthöjdsdiameter på 4-10 centimeter och mer än ~4000 stammar/hektar. En närmare förklaring till de definierade måtten följer i en senare del av detta avsnitt.

För stammar med klenare diameter krävs det enligt Figur 41 ett stort antal träd för att komma upp i ett ton TS [7]. Med en brösthöjdsdiameter på 4-10 centimeter är antalet träd som krävs 25-250 stycken.



Figur 41. Antal träd/ton TS som funktion av stammens brösthöjdsdiameter [7].

För att få ekonomisk lönsamhet i klen skog krävs det att ett högt antal stammar skördas varje timme. Det är uppskattat att maskinen med aggregatet kostar 100€/timme och ett exempel på break-even är lagt på 20€/ton TS. För lönsamhet krävs det cirka fem tonTS/timme vilket motsvarar 300 träd/timme vid en brösthöjdsdiameter på sju centimeter om break-even ligger på 20€/ton TS [7]. Detta är ekvivalent med fem träd/minut eller tolv sekunder/träd. I och med att aggregatet faller stammarna kontinuerligt borde även ackumulering ske kontinuerligt för att maximera produktiviteten hos aggregatet.

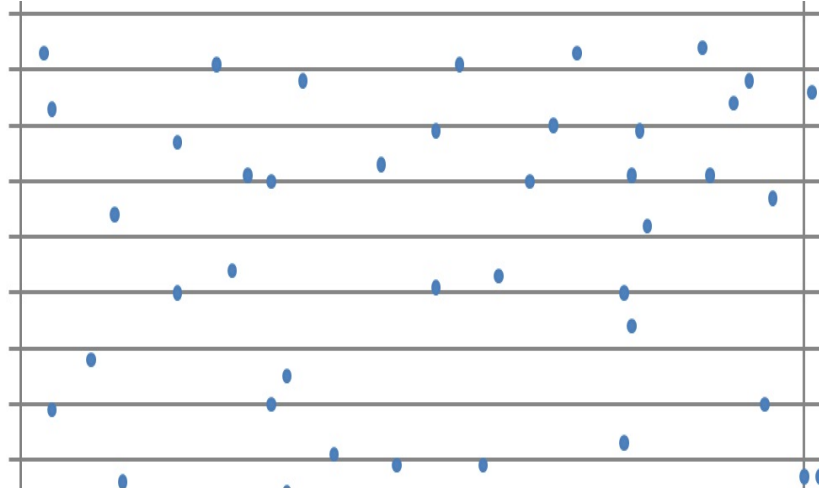
## 4.2 Korridordata

För att definiera de fysiska egenskaperna hos en korridor har data från ett antal bestånd analyserats. Data kommer från Garpenberg-dokumentationen från 70-talet [16]. Man har där kartlagt ett 50-tal typbestånd i både gallrings- och röjningsbestånd och gjort minutiösa sammanställningar över till exempel träds exakta positioner, brösthöjdsdiameter, krongräns, trädhöjd samt massa för helträd och stam. Totalt har tolv bestånd med olika nummer mellan 201 och 604 analyserats, varav fyra visade sig vara representativa som målbestånd för projektet. De fem glesaste bestånden kan verka vara för glesa, men vid inmätning av dessa förkastades alla stammar under fem centimeter i brösthöjdsdiameter vilket medför att stamantalet i verkligheten var större. De fyra bestånd som faller inom ramarna har ett brösthöjdsdiameter-medelvärde på 6,8 centimeter och medelhöjden är sju meter. Stamantalet är 8630 stammar/hektar i medelvärde. Den totala vikten av alla träd i en korridor på 1x10 meter ligger i snitt på 189 kg. I dessa fyra bestånd fanns det 4-20 stammar/korridor utslaget på hela provytan.



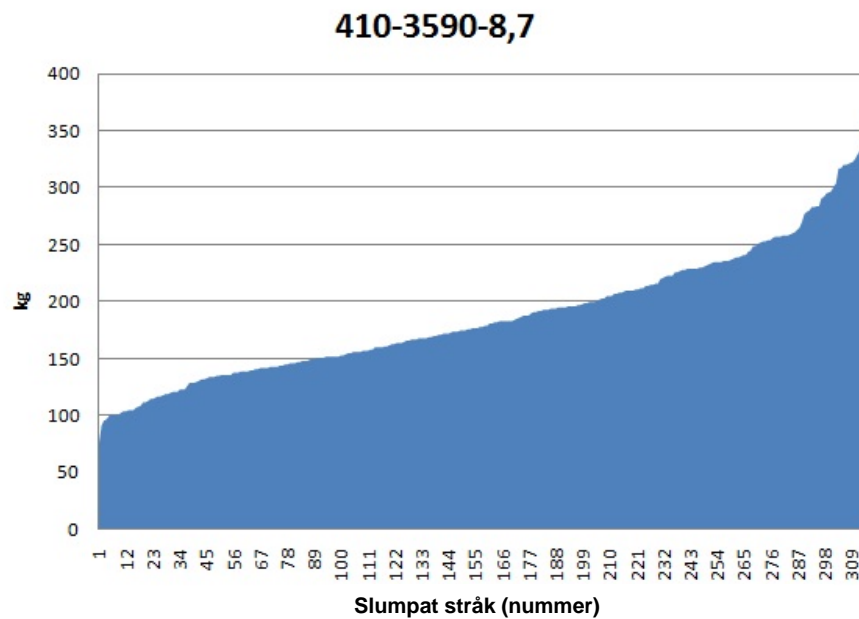
#### 4.2.1 Stamantal och totalvikt i en korridor

Går man in och tittar på enskilda korridorers stamantal och vikt är det lättare att definiera maximala värden och lättare att upptäcka vad som kan komma att bli begränsningar i praktiken. Eftersom korridorerna ligger omlott försvinner det uppskattningsvis 0,5 kvadratmeter för varje korridor eller en kvadratmeter för varannan korridor. Det innebär en skillnad på 5% som kan betraktas försumbart i detta skede. En närmare undersökning av en yta från ett bestånd, Figur 42, visar att variationen av stammar per korridor är stor. Medeltalet är 3,6 stycken stammar/korridor, men räknar man antalet stammar i en slumpmässigt placerad korridor är det inte ovanligt att det finns upp till tio stammar/korridor. Medelvikten för ett träd i just det beståndet är 47 kg vilket medför att den totala vikten blir 470 kg för just den korridoren. Det man kan ha i åtanke är att maskinföraren kan vara lite selektiv i valet av hur korridorerna läggs i beståndet.



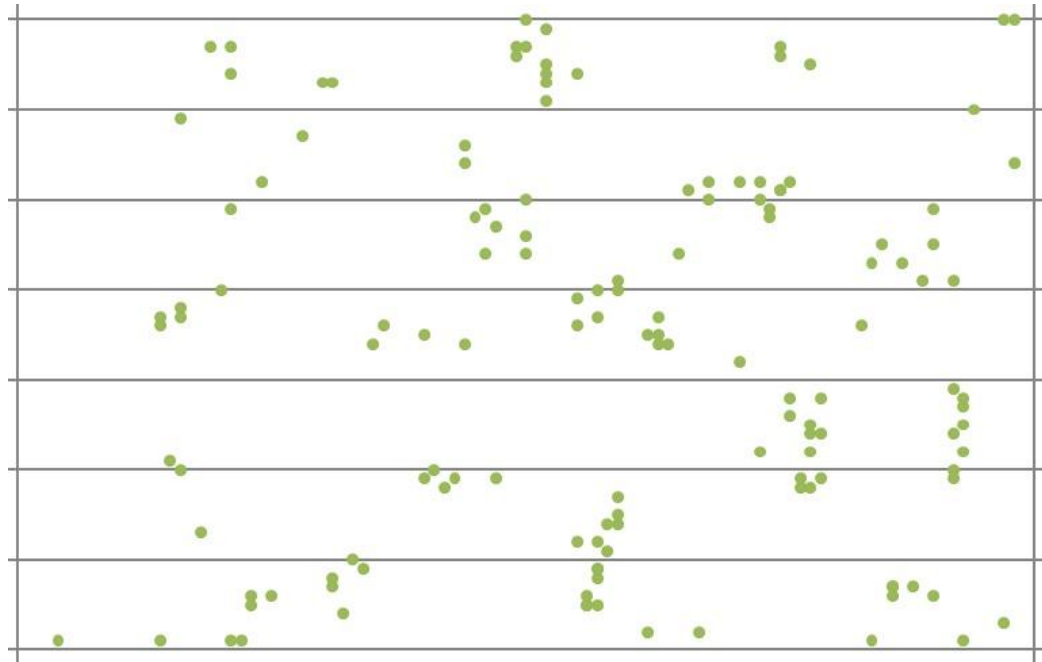
Figur 42. Antal stammar i ett befintligt bestånd nummer 410 fördelat på tänkta korridor [16].

En viktanalys för drygt 300 slumpade stråk i ett bestånd visar i Figur 43 att det är föga sannolikt att komma upp i en total vikt på 470 kg i ett svep av en korridor. Korridorerna är rangordnade efter vikt. Där kan man se att större delen av alla korridorerna hamnar under 300 kg, framför allt i de målbestånd som valts ut.



Figur 43. Stråkvikten för 309 slumpade stråk i bestånd nummer 410 [16].

Undersöks enskilda korridorer i ett bestånd där tätheten är 19 100 stammar/hektar<sup>1</sup>, Figur 44, visas att antal upp emot 40 stycken stammar/korridor inte är ovanligt. En koordinatstudie av enskilda träd i detta bestånd resulterar i att det under samma markering kan finnas mer än ett träd i vissa fall.



Figur 44. Antal stammar i befintligt bestånd nummer 203 fördelat på tänkta korridorer [17].

Man kan beskriva trädens placering så som att de står i klungor eller i fläckar vilket kan medföra att den tekniska lösningen blir mer komplicerat än om träden varit placerad längs en rad med ett jämt mellanrum. Fältstudierna vid tänkbara bestånd visar också att klungbeteendet bland träd är mer en regel än ett undantag, Figur 45.

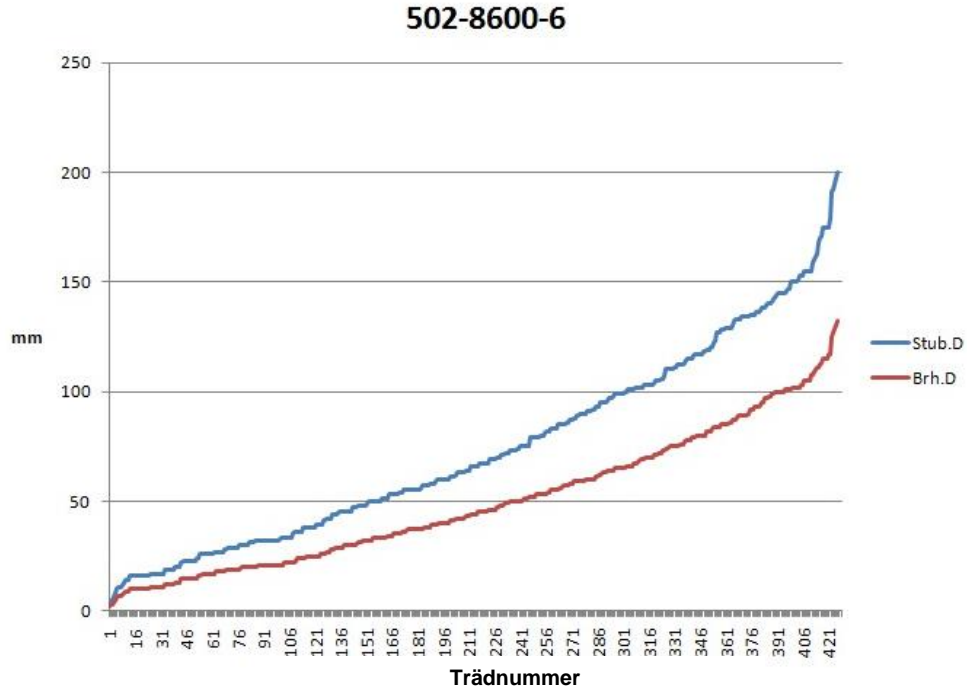


Figur 45. Exempel på träd i klunga.

<sup>1</sup> Som referens: 20 000 stammar/hektar motsvarar i snitt två stammar/kvadratmeter

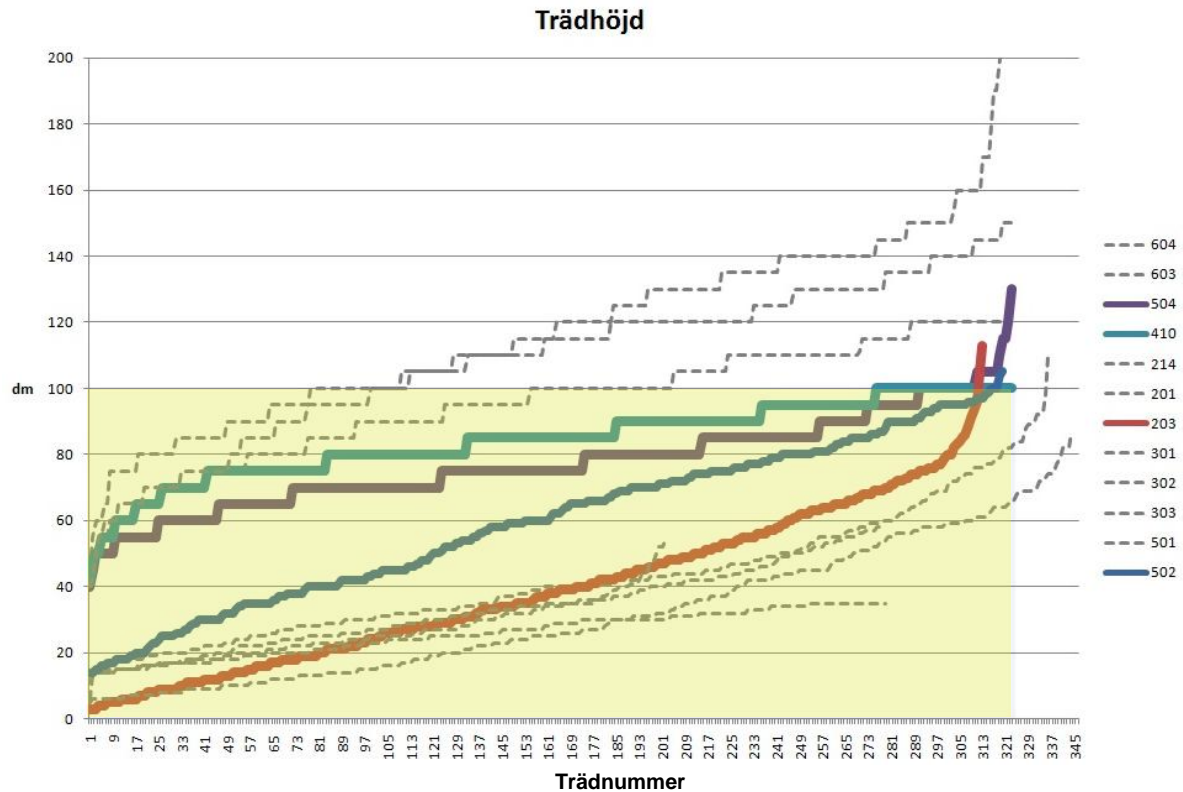
#### 4.2.2 Diameter och höjd

För att definiera andra fysiska förutsättningar för korridorerna är stubbdiameter, brösthöjdsdiameter och trädhöjd intressanta faktorer. En närmare studie av de två förstnämnda faktorerna för drygt 420 träd i ett bestånd visas i Figur 46. Stubbdiameter och brösthöjdsdiameter är där rangordnade i storleksordning. Ett spann med brösthöjdsdiameter upp till tio centimeter innefattar 93% av stammarna i detta bestånd. De stammar som hamnar ovanför detta område klassas som extrema träd (vargar) i detta arbete.



Figur 46. Storleksfördelning på stubb- och brösthöjdsdiameter för 421 träd i bestånd nummer 502 [17].

Trädhöjden antogs påverka den tekniska konstruktionen av aggregatet vilket ledde till en trädhöjdsanalys i bestånden. I Figur 47 är trädhöjd för samtliga tolv analyserade typbestånd plottade. Målbestånden är representerade av grova färgade linjer. Gult tonat område visar att en trädhöjd upp till tio meter omfattar i princip alla träd i de fyra målbestånden.



Figur 47. Samtliga analyserade typbestånd rangordnade efter trädhöjd, målbestånd i grova färgade linjer [16], [17].

#### 4.2.3 Ackumulering

Att samla in, hålla och lagra träd är de moment som gemensamt benämns ackumulering. När träden i en korridor väl är avskilda och ackumulerade måste de även lämnas vid stickvägens kant, se Figur 48. Avståndet mellan varje korridor kan variera mellan 0-3 meter.



Figur 48. Ackumulerade och höglagda träd vid stickvägskant i försöksparken.

När träden ligger vid stickvägen ska bunten vara så pass samlad att det inte blir något större problem för skotaren att plocka upp den, se Figur 49. Aggregatets ackumulering kan påverkas av trädens kvistar men för klenare träd är kvistarna relativt mjuka och bör inte påverka aggregatets konstruktion i någon större utsträckning.



**Figur 49. En 0,6 meter hög bunt vid stickväg redo för skotning.**

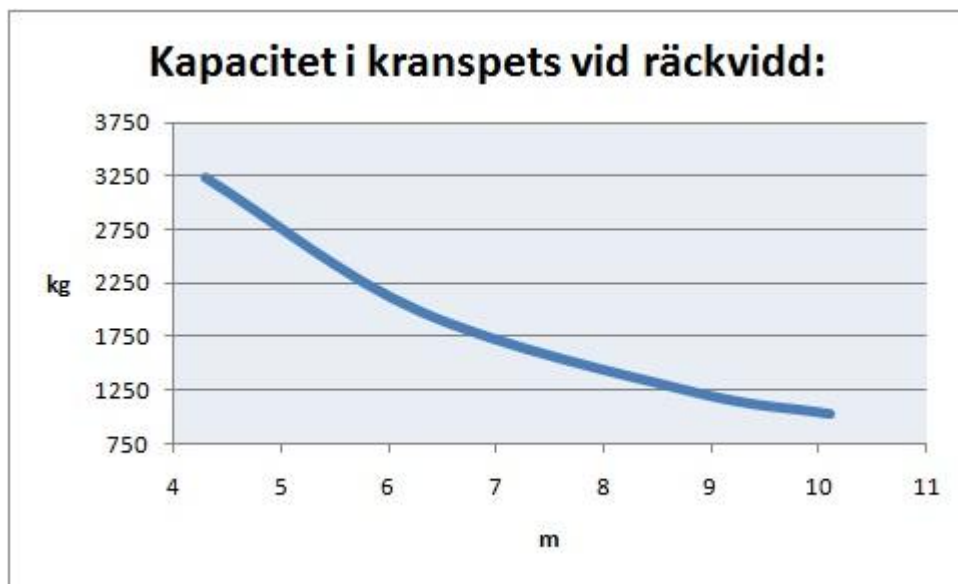
För att underlätta för skotaren borde aggregatet utrustas med ett effektivt gripdon som kan användas vid förflyttning av träd från stickväg till exempelvis en redan skördad korridor. Det finns tre tänkbara scenarion för hur aggregatet skall arbeta. Antingen förs aggregatet ut i beståndet först och skörd sker när aggregatet förs tillbaka in mot basmaskinen. Alternativt gör man på motsatt sätt; aggregatet skördar på väg ut från basmaskinen och förs sen fullastat tillbaka in. Tredje alternativet är en kombination av de två första, det vill säga att skörd sker både på väg ut från basmaskin och på väg tillbaka. Att enbart skörda när aggregatet förs tillbaka in mot basmaskin kan medföra problem i de fall skogen är så tät att aggregatet helt enkelt inte går att skjuta in bland stammarna först. Är skogen så tät som i Figur 50 kan troligen detta problem uppstå. Att aggregatet även skördar på väg ut från basmaskinen kan alltså anses vara en viktig funktion.



**Figur 50. Extremt stamtätt, eftersatt bestånd.**

#### 4.2.4 Aggregatvikt

En skördare i viktclass kring 15 ton har för avsikt att användas vid krankorridor-gallring. De kranar som vanligen används på dessa maskiner kan lyfta omkring ett ton vid en räckvidd på 10 meter [39]. Existerande flerträds-hanterande aggregat på marknaden väger cirka 500 kg, se Bilaga 2. För att se hur vikten av trädmassan i en korridor påverkar aggregatets maxvikt analyseras trädvikten i en korridor närmare. Bestånd nummer 401 väljs eftersom det har högst medelhöjd. I bestånden väger 98% av träden under 120 kg styck. De träd som väger mer än 120 kg anses få till antalet, så därför skulle maskinföraren alternativt kunna hantera dessa träd enskilt för att undvika onödigt stora laster. I bestånd nummer 401 finns det ytor på 1x10 meter som innehåller cirka åtta träd. Studeras koordinaterna för dessa träd ges att träden ofta står i grupp och att det finns en risk att en klunga på cirka fyra medelgrova träd kan stå på en position långt ut från maskinen. Figur 51 visar krankapaciteten hos en vanlig skördarkran. Om skörd påbörjas utifrån (då kranarmen är maximalt utsträckt) och in mot basmaskin ökar den totala vikten för aggregat inklusive last. Följaktligen blir det tvärt om vid motsatt skörderiktning. Vid skörd ut från basmaskinen blir marginalen mindre desto längre kranen skjuts ut. Som beskrivet i tidigare avsnitt är den totala massan i stråket sällan över 300 kg. Kapaciteten på tio meter är ett ton och en ackumulerad stråkvikt på 300 kg ger att aggregatet maximalt kan väga 700 kg vid skörd inifrån och ut. Vid skörd mot maskinen kan aggregatet teoretiskt sett väga ett ton och marginalen blir större desto närmare basmaskinen man skördar.



Figur 51. Krankapacitet i kranpets, avstånd från krancentrum [39].

### 4.3 Fältstudie

För att få en bra verklighetsuppfattning av fördelar och nackdelar med dagens ackumulerande aggregat gjordes i september 2010 en fältstudie i Åsele. Entreprenörerna Joakim och Mikael Axelsson, Markttjänst i Fredrika AB, avverkade där åt Sveaskog. Maskin med aggregat studerades och fotograferades i arbete och förarna intervjuades. Underlaget för intervjun finns i Bilaga 4.

Joakim och Mikael har kört skogsmaskin sedan mitten på 90-talet. Tidigare har de arbetat med slutavverkning och då använt sig av ett John Deere-aggregat. Vid denna gallring kördes för första gången två olika LogMax-aggregat med ackumuleringsfunktion, det vill säga aggregat för uttag av biomassa. De har både LogMax 4000 och 5000-aggregat men använder just nu 4000-aggregatet. Basmaskinen är en Eco Log 560C; cirka 3,1 meter bred och 20 ton tung, Figur 52. Basmaskinen är utrustad med en Eco Log-kran på cirka elva meter. Det är första gången de kör med denna typ av aggregat och i denna typ av bestånd. De har hållit på ett par veckor och beräknas bli klara några dagar efter intervjudagen. Beståndet de arbetar i är gallrat motormanuellt i förväg för att öka sikten för maskinföraren. Beståndet har cirka 3000 stammar/hektar med en medelhöjd på ungefär tolv meter. Det finns ingen uppgift om brösthöjdsdiametern. De har heller inga exakta siffror på hur mycket de avverkar per dag, men

uppskattar att det rör sig om 50 skogskubikmeter/timme och att det i detta bestånd motsvarar avverkning på 200 stammar/timme.



Figur 52. Bröderna Axelsson framför sin skördare EcoLog 560C med aggregat LogMax 4000.

Fördelar med 4000-aggregatet, Figur 53, är att det är lätt. Maskinen påverkas inte alls stabilitetsmässigt av aggregatvikten och de märker en minskning i drivmedelsförbrukning. Precisionen är mycket bra, även med fullt förlängd kran. Beståndet består dock av lite för grova stammar för att 4000-aggregatet ska vara helt optimalt. Greppet är för litet för att ta fler än två grova stammar i många fall, vilket påverkar effektiviteten. Ackumuleringen fungerar även dåligt om stammarna är för klena, mindre än fyra centimeter. Då är avståndet mellan matarhjulerna för stort och stammarna matas inte fram. Bröderna var till en början skeptiska till ackumuleringen som funktion på aggregatet. De trodde det skulle innebära extra moment för att styra från hytten. Men då ackumuleringen sköts med automatik och inte innebär extramanöver för föraren, är de positivt överraskade. En teknisk nackdel med ackumuleringen är att de fjäderbelastade armarna ibland inte fjädrar tillbaka över de skördade stammarna automatiskt och då tappar aggregatet greppet om bunten. Armarna upplevs också lite för korta.



Figur 53. LogMax 4000-aggregat kvistar en bunt stammar, matarhjul och armar markerade.

Vad det gäller brister så sker det mest haveri på kedjan eller noshjulet. Många kedjebytten per skift är ingen ovanlighet. Kedjan hoppar ofta av, garanterat vid stensågning eller om man försöker vinkla aggregatet samtidigt som det kapar. Spänner de kedjan för hårt för att på så vis förhindra att kedjan kränger av så hoppar eller skadas noshjulet istället. Spontant känner Joakim inte att det finns något som saknas på 4000-aggregatet, det finns inget moment som inte går att utföra. Räckvidden är bra och aggregatets lilla storlek gör att åtkomsten är bra, det letar sig in överallt. Sikten från maskinen är också bra, men mycket tack vare att gallringen i förväg är gjord. Kanske skulle 5000-aggregatet lämpat sig bättre i denna typ av bestånd, det är större och kraftigare, men det vägs mot smidighet och bränsleförbrukning. Fördelar med det är att det kan ackumulera mer. Nackdelar förutom storleken jämfört med 4000 upplever de är att de fjädrande ackumuleringsarmarna är för långa. De är i vägen om man ska greppa och skörda endast ett träd i en klunga eller om stammarna står tätt.

Generellt värdesätter de egenskapen driftsäkerhet hos aggregatet. Det är bättre att aggregatet går kontinuerligt, kanske med mindre effektivitet, än att det avverkar snabbt men sen står stilla länge i väntan på reservdelar vid haveri. De värdesätter att en driftstidsgaranti lämnas från leverantör. De tycker också att det är viktigt att ackumulering sker automatiserat, så att inga extra moment tillkommer i körningen.

#### 4.4 Behovsanalys

De data och slutsatser som dragits ur analyser, fältstudier och studiebesök koncentrerades ner till 20 stycken behov, Tabell 1, som ett kontinuerligt ackumulerande aggregat bör tillfredsställa. Sammanställningen gjordes tillsammans med Sveaskog. Även de förutsättningar som givits vid projektstart har beaktats. Källan anger var behovet är funnet eller hämtat ifrån.

**Tabell 1. Behov med respektive källa.**

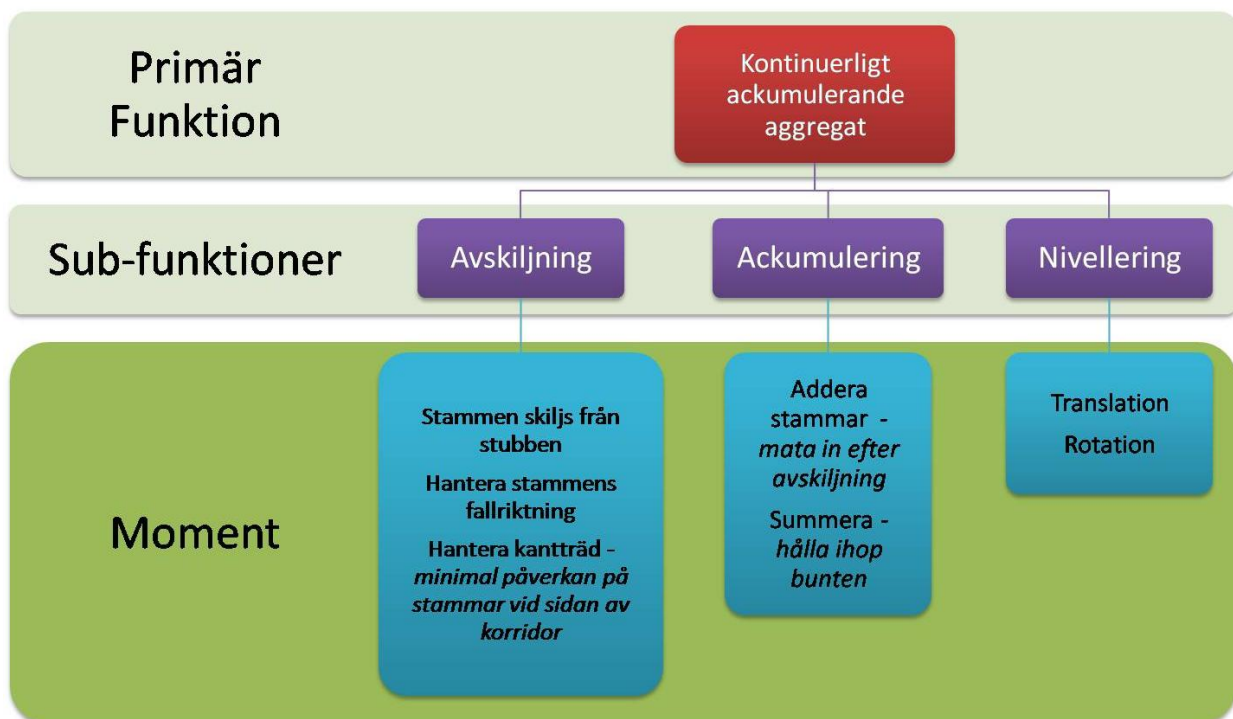
	<b>Behov</b>	<b>Källa</b>
1	Kunna hantera hela träd, okvistade och okapade	Sveaskog
2	Klara varierande terräng	Sveaskog/ Fältstudie
3	Kontinuerligt kunna ackumulera hela träd i korridor	Sveaskog
4	Inte skada kvarvarande träd	Sveaskog
5	Kunna hantera "vargar" selektivt (enstaka avvikande större träd)	Sveaskog
6	Kunna skörda täta fläckar med stammar	Fältstudie
7	Kontinuerligt kunna ackumulera hela träd vid skörd av stickväg	Sveaskog
8	Underlätta för skotning	Sveaskog
9	Kunna skörda trots nedsatt sikt	Fältstudie
10	Kunna hantera redan liggande träd	Sveaskog
11	Ska kunna monteras på existerande basmaskiner	Sveaskog
12	Vara säker att arbeta med	Fältstudie
13	Medge enkel tillverkning	Studiebesök
14	Minimerad vikt	Fältstudie/ studiebesök



15	Klara olika väderförhållanden	Sveaskog
16	God driftsäkerhet	Fältstudie
17	Robust konstruktion	Fältstudie
18	Kunna drivas med tillgängliga energiresurser/ styrsystem från basmaskinen	Sveaskog
19	Enkel att manövrera	Fältstudie
20	God framkomlighet	Fältstudie

#### 4.5 Funktionsanalys

Med utgångspunkt i de behov som listats så krävdes även en analys av de moment och funktioner som aggregatet måste kunna genomföra respektive besitta. Detta för att bryta ner lösningen i flera mindre delar som tillsammans blir en helhet; ett koncept. Funktionsanalysen ger vad kommande konceptgenerering ska fokusera på. En analys av aggregatets moment och funktioner återfinns i Figur 54.



Figur 54. Funktionsanalys.

De subfunktioner som identifierades var avskiljning, ackumulering och nivellering. Enligt förutsättningarna för projektet valdes ackumulering ut som den mest avgörande funktionen för det slutgiltiga konceptet. Funktionen nivellering beaktas inte i någon större utsträckning men finns med under idégenereringen. De moment som kopplas till nivellering i Figur 54 har att göra med manövrering av aggregatet i rymden. Det existerar vedertagna lösningar för detta på konventionella aggregat och dessa lösningar kommer användas för det slutgiltiga koncept. Exempelvis styr en rotator aggregatets rotation och en så kallad slavcylinder länkar aggregatet till kranen. Slavcylindern säkerställer att aggregatet hålls parallellt med marken under rörelse. Avskiljningens betydelse är onekligen stor för

slutkonceptet men eftersom det redan finns existerande lösningar på marknaden kommer större vikt att läggas på att lösa problemen runt ackumulering. De lösningar som finns tillgängliga på marknaden för avskiljning är sågsvärd, klingor och frästrummor. En bedömning var att lägga 80% av tiden på ackumulering och resterande tid på avskiljningsmetoden

#### 4.6 Kravspecifikation

Slutligen, när behov och funktioner var listade, skapades en kravspecifikation för aggregatet. Behovsanalysen har hittills listat vad som ska lösas, kravspecifikationen ger lösningsneutrala ramar. Varje funnet behov har konkretiserats i ett krav eller ett önskemål. Behoven har även kompletterats med en motsvarande utvärderingsparameter för att avgöra hur väl behovet uppfylls. Utvärderingsparametrarna används senare vid utvärdering av koncept. Utvärderingsparametern betygsattes på en skala från 1 till 5. Det gick ut på att bedöma hur väl konceptet löser parametern. Siffran 1 motsvarar kriterierna för ett icke uppfyllt behov och 5 motsvarar ett mer än väl uppfyllt behov. Behovet och utvärderingsparameter har även kategoriserats under respektive subfunktion. Då avgränsningarna för detta projekt lägger fokus på subfunktionen ackumulering har endast utvärderingsparametrarna i denna kategori använts vid utvärdering. För en mer detaljerad beskrivning av de utvärderingsparametrar som använts se kapitel 5.2.

**Tabell 2. Kravspecifikation inklusive utvärderingsparametrar**

	Behov	Specificering	Krav/ Önskemål	Utvärderings- parameter	Subfunktion
1	Kunna hantera hela träd, okvistade och okapade	Mindre träd än de specificerade ska fällas men en ackumulering är ej nödvändig	Ö		
2	Klara varierande terräng	Ytstruktur: 1,2	K	<i>Klara varierande terräng</i> 1 = klass 1 5 = klass 3	Nivellering
3	Kontinuerligt kunna ackumulera hela träd i korridor	Fälla och ackumulera träd i en korridor med följande parametrar <ul style="list-style-type: none"> <li>● Längd och bredd, 10 respektive 1 m</li> <li>● Totala trädvikten max 350kg</li> </ul> Kontinuerlig ackumulering (Målträd) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4-10 cm brösthöjdsdiameter</li> <li>● 6-12 cm stubbdiameter</li> <li>● 5-10 m höjd</li> <li>● 5-8 m medelhöjd</li> </ul> Lägga hög med stubbe mot stickväg	K  K  K	<i>Kontroll av fällda träd i avverkad yta</i> 1 = plockepinn 5 = stammar i centrum av buketten faller kontrollerat	Ackumulering
4	Inte skada kvarvarande träd	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jämförbara skador eller mindre än dagens aggregat</li> </ul>	K	<i>Hänsyn till kvarvarande kanträd i stråk</i> 1= statisk bredd på stråk (stora skador på kanträd)	Ackumulering Avskiljning

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kran i samma linje som avverkat stråk</li> </ul>	K	<p>5= flexibel bredd (anpassar sig efter yttersta stam i stråket, skonar kanträd)</p> <p><i>Kran i förhållande till avverkat stråk</i> 1=stor differens (kranen går bredvid avverkat stråk) 5= inom samma stråk</p>	Ackumulering
5	Kunna hantera "vargar" selektivt (enstaka avvikande större träd)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● max 23 cm brösthöjdsdiameter</li> <li>● max 25 cm stubbdiameter</li> <li>● max 14 m höjd</li> </ul>	K K K		
6	Kunna skörda täta fläckar med stammar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kontinuerlig ackumulering och avverkningshastighet: minst 1,0 m/s minst 1,5 m/s</li> <li>● stammar i centrum av buketten måste falla kontrollerat</li> </ul>	Ö Ö Ö		
7	Kontinuerligt kunna ackumulera hela träd vid skörd av stickväg	<p>Kontinuerlig ackumulering (Målträd)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4-10 cm brösthöjdsdiameter</li> <li>● 6-12 cm stubbdiameter</li> <li>● 5-10 m höjd</li> <li>● 5-8 m medelhöjd</li> </ul>	K	Se nr 3	
8	Underlätta för skotning	Lägga hög så att basmaskin når, men ej kör över högen	K	Se nr 10	
9	Kunna skörda trots nedsatt sikt	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Medge mark-/ stenkontakt</li> <li>● Max stubbhöjd 20cm</li> </ul>	Ö Ö	<p><i>Hur beroende är konceptet av sikt, det vill säga att parera hinder</i> 1= sårbar avskiljning ELLER lämnar höga stubbar 5= okänslig avskiljning med låga stubbar</p>	Nivellering
10	Kunna hantera redan liggande träd	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Greppa och flytta enstaka stammar</li> <li>● Greppa och flytta bunt med stammar</li> </ul>	Ö Ö	<p><i>Förmåga att greppa om bunt</i> 1= inte alls 5= 350 kg (hela bunten)</p>	Ackumulering
11	Ska kunna monteras på existerande basmaskiner	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 15-20 tons basmaskin</li> <li>● Max 15 tons basmaskin</li> <li>● Skördare, skotare, grävmaskiner och övriga basmaskiner med kran</li> </ul>	K Ö Ö	<p><i>Kranbelastning</i> 1= LYFTA maxvikt längs ut på kran 5= SLÄPA stammarna</p>	Ackumulering

12	Vara säker att arbeta med	Direktiv 2006/42/EG (direktiv för konstruktion för användarsäkerhet)	Ö		
13	Medge enkel tillverkning	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Standardkomponenter</li> <li>● Få delar</li> <li>● Enkla lösningar</li> </ul>	Ö Ö Ö	<i>Konceptets komplicitet</i> 1= många och avancerade delar 5= få och standardiserade delar	Ackumulering Avskiljning Nivellering
14	Minimerad vikt	Maxvikt 650kg	Ö		
15	Klara olika väderförhållanden	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Funktionell vid minusgrader, regn, snöfall</li> <li>● Ska klara ett snölager på 2 dm</li> </ul>	Ö Ö		
16	God driftsäkerhet	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 80% nyttjandegrad</li> <li>● 90% nyttjandegrad</li> <li>● Medge minimerat underhåll</li> <li>● Få delar</li> </ul>	Ö Ö Ö Ö		
17	Robust konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Klara brytkrafter från kronkontakt</li> <li>● Tilltagen säkerhetsmarginal för delar utsatta för hög belastning och slitage</li> </ul>	Ö Ö	<i>Robusthet, klara krävande miljö</i> 1= "tanig" konstruktion 5= kraftig/väl tilltagen	Ackumulering Avskiljning Nivellering
18	Kunna drivas med tillgängliga energiresurser/styrsystem från basmaskinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Max hydraultryckbehov: 230 bar</li> <li>● Max flödesbehov: 200 l/min</li> <li>● Max spänning: 24 V</li> </ul>	Ö Ö Ö	<i>Avskiljningsmetod, energibehov</i> 1= energikrävande avskiljning 5= clean cut	Avskiljning
19	Enkel att manövrera	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hantera aggregatet i mycket täta bestånd</li> <li>● Övervakad skörd</li> <li>● Automatisk styrning av fällning och ackumulering</li> </ul>	K Ö Ö		
20	God framkomlighet	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Föras fram i täta bestånd (4 stammar/kvadrat)</li> <li>● Rotation på aggregat 360 grader</li> <li>● Kontrollerad styrning i både x-, y-led</li> </ul>	K K K	<i>Framkomlighet</i> 1=skrymmande 5=slimmad ("som en liten osthyvel")	Ackumulering Avskiljning

## 5 Konceptframtagning

Det material som bearbetats och tagits fram under förstudien låg som grund till konceptframtagning och fortsatt arbete. Att uppfylla de funktionella kriterierna i kravspecifikationen är utgångspunkten för konceptgenereringsarbetet [38]. Genom en noggrann förstudie och en systematisk konceptgenerering var målet att säkerställa att alla funktionella krav beaktades. I Bilaga 5 beskrivs schematiskt tillvägagångssättet för hela konceptgenereringen.

Inledningsvis togs 116 idéer på lösningar fram. Den stora merparten tillsammans med en idégenereringsgrupp på 15 personer. De var alla knutna till Sveriges lantbruksuniversitet och representerades av allt från studenter till professorer. Några ytterligare idéer genererades därefter på egen hand. Alla idéer granskades och det gallrades bort 48 stycken innan arbetet gick vidare. För att enklare gå från skisser och idéer till CAD-modeller användes Lego i viss utsträckning. Med hjälp av Lego gick det att enkelt testa olika mekaniska lösningar, vilket kan ses till höger i Figur 55. För att få en känsla av hur stammarna var placerade i bestånden byggdes en skogsmodell som kan ses till vänster i Figur 55. Modellen var baserad på data från typbestånden som användes under problem-klarläggningen. Skalan var 1:20 och innefattade ett område på 12x24 meter. Området innehöll 100 stycken träd med en medelhöjd på tio meter. Skogsmodellen fungerade även som försökspark åt funktioner på Lego-modellerna.



Figur 55. Miniatyrskog till vänster och Lego-test till höger.

Idégenereringen följdes av konceptgenerering och konceptutvärdering. För bättre underlag till konceptutvärderingen användes en fokusgrupp. Den bestod av tre anställda från Sveriges lantbruksuniversitet och fem från Sveaskog. Syftet var att utnyttja extra erfarenhet och kunskap för att säkerställa utvärderingens kvalitet. Tio helhetskoncept togs fram från de 48 idéerna. Efter att en webbaserad utvärdering hade besvarats av fokusgruppen, återstod tre koncept. Inför utvärderingen togs utvärderingsparametrar fram ur kravspecifikationen. Parametrarna viktades av fokusgruppen, fyra skogsmaskinförare samt en representant för en maskintillverkare. Även denna utvärdering genomfördes med hjälp av ett webbaserat formulär. Att få med många olika typer av svarande (skogägare, forskare, maskinförare/användare och tillverkare) medger att flera personers åsikter kan beaktas och ett tydligare resultat från utvärderingen erhållas. När exakt hälften av examensarbetet passerat samlades fokusgruppen för delredovisning och konceptval. Resultatet av förstudien redovisades och de tre koncepten presenterades och diskuterades ingående. Syftet med att presentera tre koncept var att uppmuntra till en diskussion kring de tre koncepten som skulle kunna generera synergieffekter och nya infallsvinklar. De tre koncepten bedömdes kunna generera ett bättre fjärde och slutligen föll valet på ett koncept där skörd kan ske i båda riktningarna. Beslutet togs i konsensus tillsammans med fokusgruppen. Även fyra lösningsförslag på subfunktioner för ackumulering presenterades och diskuterades under delredovisningen för att erhålla feedback för fortsatt arbete.

Helhetskoncepten och subfunktionerna utvecklades på egen hand med fokusgruppens kommentarer i åtanke. Lösningen på subfunktionen för ackumulering simulerades i programvaran Algodoo i syfte att testa mekaniken. Innan konceptframtagningen var avslutad föll valet på en kombinerad lösning för subfunktionen ackumulering. Den lösningen var baserad på de fyra ursprungliga lösningsförslagen. Ytterligare utveckling av subfunktionen ackumulering gjorde i form av en fysisk prototyp i nästkommande avsnitt.

## 5.1 Generering, kategorisering och gallring av idéer

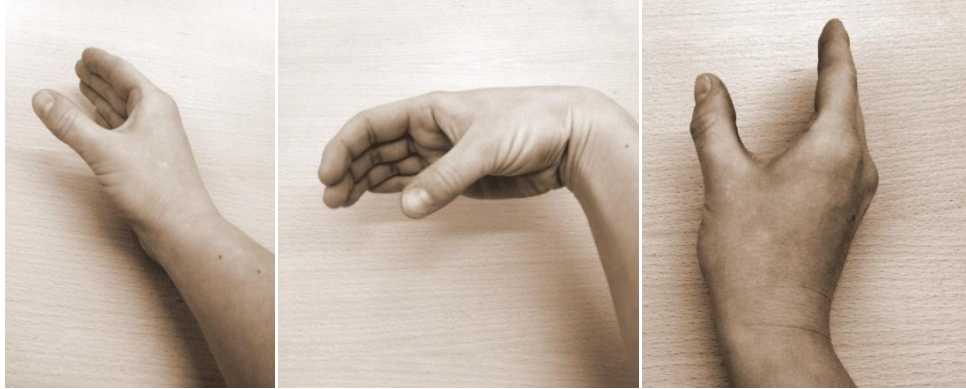
Enligt klassisk produktutveckling var det inledningsvis stort fokus på att generera en maximal mängd idéer. På detta sätt minskar man risken att missa en bra lösning och man får en bra grund till konceptgenereringen. När målet på 100 stycken idéer var uppfyllt utfördes en kategorisering och gallring. Alla idéer som togs fram skissades upp på den mall som kan ses i Figur 56. Mallen har tagits fram av Andreas Larsson och Peter Törlind vid Luleå tekniska universitet.

The image shows a concept template form. It has a header section with 'Concept #' in large red font on the left and 'Tagline' in a grey box on the right. Below the header, there is a large white area for 'Sketch of the concept'. To the right of the sketch area is a vertical column with 'Features' at the top and 'Notes' below it. At the bottom right of the form is a grey box labeled 'Created by'. At the very bottom of the form, there is a small italicized text: 'Be visual (combine sketches and text) and explain unique features' and a copyright notice: '© 2009 Andreas Larsson, Peter Törlind'.

Figur 56. Konceptmall.

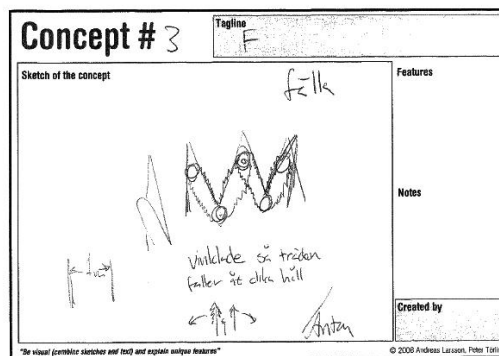
För att stimulera idégenerering användes 6-3-5 metoden och Osborns idésporrar [38]. 6-3-5 metoden är en gruppmetod. Den går ut på att man skissar en individuell lösning på ett problem. Efter fem minuter byter man skisser med varandra för att utveckla idéerna. Man skickar vidare skisserna tre gånger om man är sex personer i gruppen. Osborns idésporrar används oftast när det blir svårare och svårare att generera nya idéer. Metoden går ut på att man använder sig av ett antal allmängiltiga frågor som tillämpas på redan genererade idéer. Till exempel kan man fråga sig om idén går att förstora, förminska, omplacera eller göra tvärtom. Om man ska förstora en idé kan den förslagsvis göras större eller starkare.

För att maximera spridningen av idéer anordnades en träff där femton personer från Sveriges lantbruksuniversitet idégenererade i två timmar. Gruppen bestod av studenter, doktorander, post-doktorander och professorer. Den metod som användes var 6-3-5 metoden. Två olika scenarion målades upp för deltagarna. Det första scenariot gick ut på komma fram till olika avskiljningsmetoder. Där fanns även en fortsättningsuppgift att ta med faktorn nivellering i skissandet. Det andra scenariot gick ut på att generera olika idéer för hur träd, längs en tio meter lång korridor, ska ackumuleras kontinuerligt. Deltagarna genererade först idéer på egen hand för att sen utveckla idéerna i grupper om fyra personer. Agendan för "Kvantitativ Idégenerering" finns att läsa i Bilaga 6. Även en del enkla gester med händerna användes för att simulera en kranrörelse för att ge extra idéer. Ett exempel på detta ses i Figur 57.



Figur 57. Handgester som exempel på aggregatets rörelseschema.

Idégenerering resulterade i totalt 116 stycken idéer. Dessa kategoriserades i grupperna avskiljning, ackumulering och nivellering. I Bilaga 7 och Bilaga 8 finns ett urval av skisser i kategorin avskiljning respektive nivellering. Exempel på en skiss ur kategorin avskiljning går att se i Figur 58. För att kunna gå vidare till nästa fas krävdes det en bortgallring av idéer. Orealistiska idéer, dubletter samt idéer utan större substans togs bort.



Figur 58. Skiss.

I Bilaga 9 finns ett urval skisser från kategorin ackumulering som blev kvar efter gallringen. Skisserna är kategoriserade med en bokstav i övre högra hörnet med en förklaring nedan. Bokstäverna i sig representerar inte något speciellt område.

#### Kategoriförklaring:

- C** - Konstruktion för att föra stammar in mot ackumulering.
- D** - Till exempel kan denna matning packa en grip full med stammar.
- E** - Matning som greppar träden innan kapning och för dem in i en ackumulerande fålla.
- F** - Krokar för att kroka tag i träden.
- G** - Ett fällstöd förs in med aggregatet i beståndet.
- H** - Träden fälls mot en vägg för att inte skada kvarvarande träd.
- I** - Växelverkande armar för ackumulering.

**J** - Eftersom stammarna tenderar att falla åt alla håll vid kapning kan ett fällstöd vara lösning. Ett statiskt stöd i sidled och ett kontinuerligt längsgående.

**K** - Träden ramlar på en släde som släpar stammarna mot stickvägen.

**L** - För att kontinuerlig ackumulera stammar kan en form av visp slå mot stammarna för att hålla dem kvar i aggregatet.

**M** - Denna kategori representerar en principskiss av kategori O.

**O** - En form av insamling som sker innan träden är kapade.

**P** - Roterande armar för att fösa träden i ett cirkulärt mönster.

Resultatet blev 35 idéer med fokus på ackumulering, 15 idéer på avskiljning och 12 idéer på nivellering. Efter denna fas har ingen större arbetsinsats lagts på funktionen för nivellering. Under nivellering ingår konstruktionslösningar för att manövrera, rotera och tippa aggregatet. Dessa funktioner är nödvändiga men berörs ej under konceptframtagningen. Konventionella lösningar för dessa funktioner presenteras dock i samband med slutkonceptet för att tydligare beskriva aggregats funktion. Att utveckla koncept för ackumulering och avskiljning ansågs i samråd med fokusgruppen vara ett tillräckligt stort antagande för detta examensarbete.

## 5.2 Generering och utvärdering av helhetskoncept

Akkumulering- och avskiljningsidéerna från föregående avsnitt låg som grund till de tio helhetskoncept som utvecklades under denna fas. Koncepten avspeglade snarare en skördemetod än detaljerade lösningar. Utvärderingen av koncept skedde enligt kriterieviktmetoden [38]. Fyra konstruktionslösningar för ackumulering togs fram parallellt och redovisas efter val av koncept.

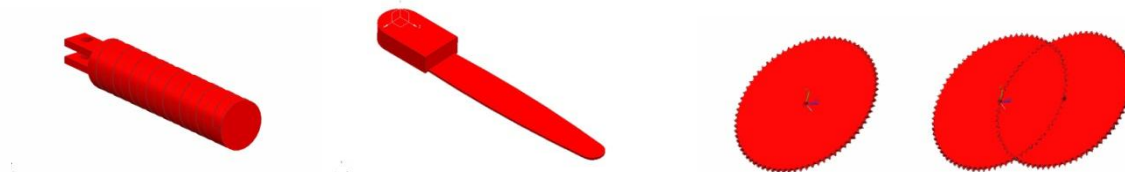
Stort fokus lades på att skapa en stor variation bland helhetskonceptet istället för att gå in på detaljer. Inte heller fick något koncept vara av större detaljrikedom än något annat. Tanken med detta var att skapa samma förutsättningar för alla koncept oavsett dess bedömda potential som slutkoncept. De tio koncepten finns presenterade i Bilaga 10 med en enkel förklaring samt för- och nackdelar. Den röda detaljen i koncepten ska symbolisera ett avskiljningsdon, vilket illustreras i Figur 59. För att underlätta det fortsatta utvärderingsarbetet färgsattes koncepten enhetligt.



Figur 59. Exempel på helhetskoncept.



De avskiljningsdon som fiktivt gick att välja till varje koncept går att beskåda i Figur 60. Under förstudien hittades tre beprövade avskiljningsmetoder som finns att köpa i handeln. Frästrumma, sågsvärd och klingor är avskiljningsdon som kan anpassas till varje enskilt koncept. Att utveckla en optimerad avskiljningsmetod för kontinuerlig skörd ansågs i samråd med fokusgruppen inte vara nödvändig i detta skede. Att utgå från redan existerande produkter på marknaden vid val av avskiljningsmetod ansågs lämpligt eftersom det inte fanns utrymme att både fokusera på ackumulering och avskiljning. Ackumulering hade under förstudien bedömts vara den avgörande funktionen och det högst prioriterade problemet enligt fokusgruppen. I konceptframtagningens delresultat presenteras den avskiljningsmetod som valts.



Figur 60. Avskiljningsdon, från vänster frästrumma, sågsvärd och klingor (enkel eller dubbel).

Innan de tio koncepten presenterades för fokusgruppen konstruerades ett utvärderingssystem. Systemet grundade sig i kravspecifikation. Varje behov i kravspecifikationen som var kopplad till subfunktionen för ackumuleringen fick en utvärderingsparameter. Utvärderingsparametrarna är förklarade och listade nedan.

#### **Kontroll av fällda träd i avverkad yta**

Att aggregatet på ett kontrollerat sätt ackumulerar träden. Minimal risk för "plockepinn". Stammar fälls väldigt kontrollerat.

#### **Hänsyn till kvarvarande kantträd i stråk**

Kvarvarande träd i korridorernas ytterkanter får ej skadas på grund av aggregatets framfart.

#### **Kran i förhållande till avverkat stråk**

Hur förhåller sig kranen till aggregatets projicerade bana på marken. Går kranen i samma spår eller måste den bryta sig in/ut i beståndet.

#### **Förmåga att greppa om bunt**

Aggregatet kan ta ett nytt grepp om en redan nedlagd bunt för att exempelvis flytta det från stickväg till korridor.

#### **Kranbelastning**

Aggregatet skapar minimala påfrestningar som beror av vikt, hydraultryck, moment och brytkrafter.

#### **Konceptets komplicitet**

Aggregatet består av få och enkla mekaniska lösningar. En större mängd komponenter ger sämre tillförlitlighet.

#### **Robusthet, klara krävande miljö**

Aggregatets konstruktion är gedigen och väl tilltagen för att klara de krävande situationerna som det kan utsättas för.

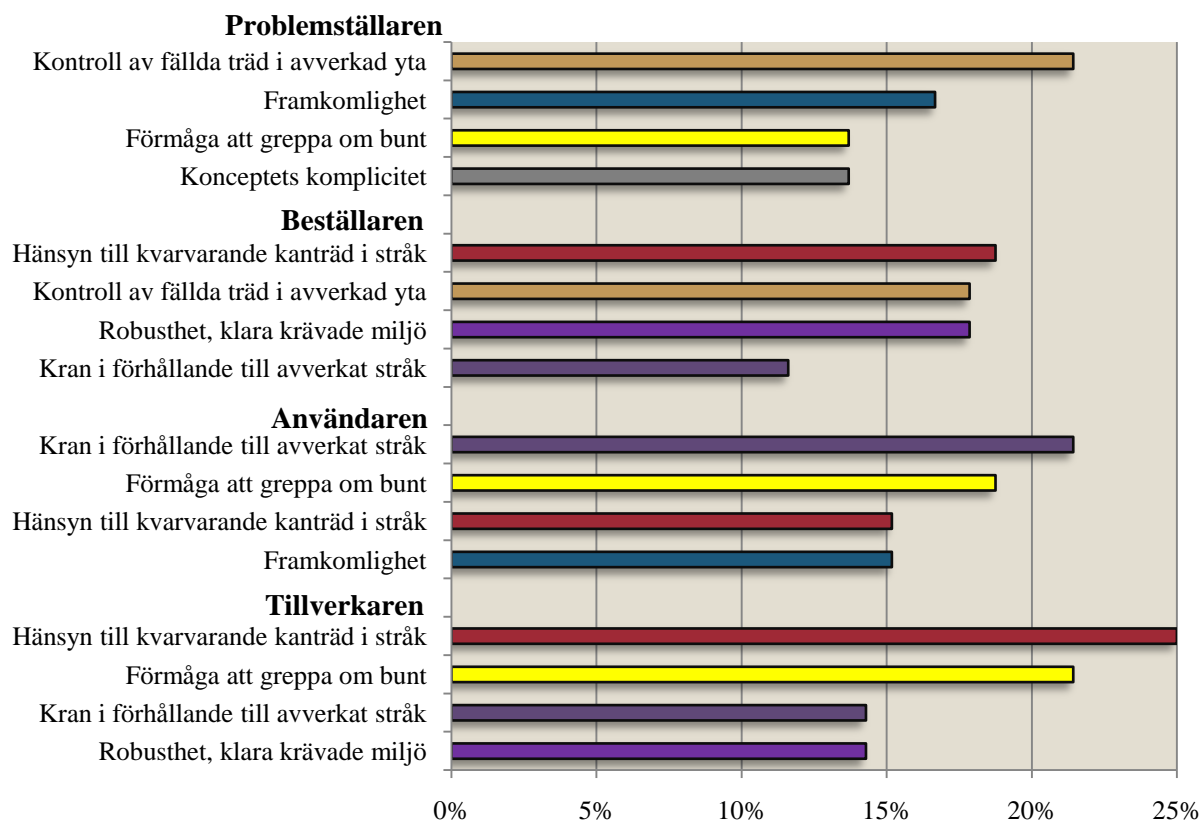
#### **Framkomlighet**

Aggregatet är smidigt och slankt med hög framkomlighet. En slankare form tar sig lättare in bland träden och har mindre benägenhet att fastna.

Alla utvärderingsmetoder som existerar går att påverka subjektivt. En parvis jämförelse är då att rekommendera eftersom det minskar risken för genomslag av subjektiva bedömningar [38]. Efter att utvärderingsparametrarna erhållit fastlagda vikt faktorer kunde den slutliga utvärderingen ske enligt kriterieviktmetoden. Ett webbaserat formulär skickades ut och besvarades av fokusgruppen. I enkäten ställdes alla parametrar mot varandra i en parvis jämförelse. För att erhålla ett mer nyanserat resultat kunde de svarande ej välja att två parametrar var lika viktiga, de var alltså alltid tvingade att ta ställning. Enkäten var utformad så att de svarande enbart behövde markera den

viktigare parametern i varje par. Varje enskilt resultat från enkäten fördes in i en utvärderingsmatris som går att se i Bilaga 11. Exemplet i bilagan visar att den svarade angav att ”Hänsyn till kvarvarande träd” har högre vikt än ”Kontroll av fällda träd i avverkad yta” vilket gav den första parametern en etta och den andra en nolla. Värdena summerades för varje rad och normaliserades genom att dividera summan med 28 som var det totala summavärdet. I bilagan kan det utläsas att utvärderingsparameter nummer två fick summan sju, vilket är högst. Den normaliserade summan ses angiven i procent vilket i detta fall var 25%.

Det webbaserade formuläret skickades också ut till fyra maskinförare samt till en tillverkare av skogsmaskiner. Syftet var att urskilja skillnader mellan aktörernas bedömning av utvärderingsparametrarnas vikt. Hur respektive aktör svarade finns presenterade i Figur 61. Problemställaren syftar här till Sveriges lantbruksuniversitet och beställaren syftar till Sveaskog. Denna uppdelning gjordes för att separera svaren från fokusgruppen. De fyra viktigaste parametrarna är listade för respektive aktör. Att enbart redovisa de fyra viktigaste parametrarna urskiljer ett samband mellan aktör och dess område. Ingen aktör har samma fyra parametrar representerade som någon annan. Till exempel kan man se att användare, läs maskinföraren, har värderat ”Kran i förhållande till avverkat stråk” högst fast ingen annan aktör har gjort samma bedömning. Detta beror förmodligen på att den som ska använda produkten ser andra behov än den som definierat det ursprungliga problemet.



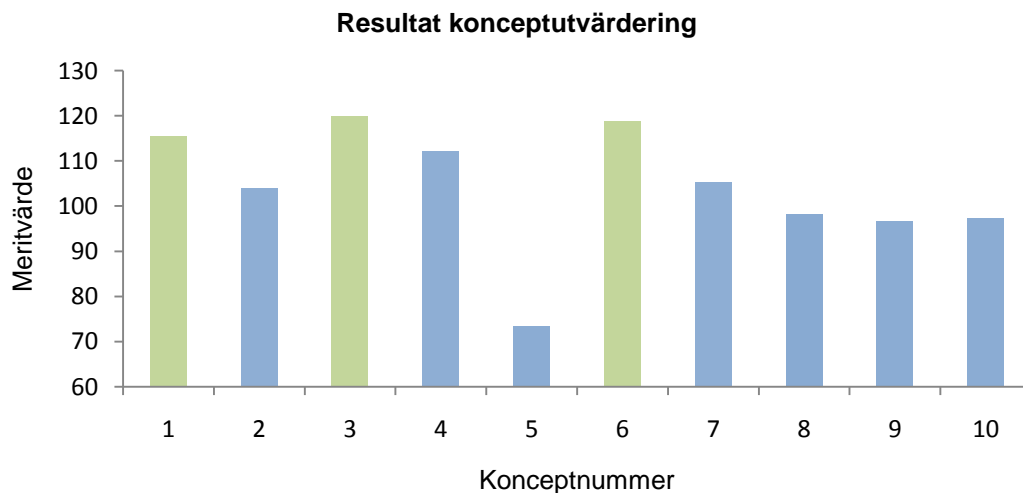
Figur 61. Topp fyra av respektive aktörs viktning av utvärderingsparametrar.

Slutsatsen kring detta var att det fanns en spridning mellan aktörernas värderingar av parametrar. Tiden medgav dock inte att beakta denna spridning. Samtliga aktörers resultat från viktningen summerades därför gemensamt för varje enskild parameter. I Tabell 3 kan det totala resultatet ses. Kranbelastning är den parameter som överlägset fått lägst vikt. En anledning kan vara att det är relativt klana träd som ska skördas. I sammanhanget ansågs inte trädens totala massa utgöra något större problem.

**Tabell 3. Resultat, viktning.**

Utvärderingsparameter	Vikt
Hänsyn till kvarvarande kanträd i stråk	16%
Kontroll av fällda träd i avverkad yta	15%
Förmåga att greppa om bunt	15%
Framkomlighet	14%
Kran i förhållande till avverkat stråk	12%
Robusthet, klara krävande miljö	12%
Konceptets komplicitet	11%
Kranbelastning	5%

För att genomföra konceptutvärderingen konstruerades ytterligare ett webbaserat formulär som fokusgruppen besvarade. Utvärderingsparametrarna i Tabell 3 listades vid varje helhetskoncept. Fokusgruppen skulle uppskatta konceptets förmåga att tillfredsställa varje parameter. Skalan var 1-10 där 10 var högsta betyg. Samtliga poäng som varje koncept fick i respektive utvärderingsparameter multiplicerades med dess viktfaktor i Tabell 3. Resultat från konceptutvärderingen ses i Figur 62. Varje koncept fick ett totalt meritvärde som rankades. De tre koncept med högst meritvärde är markerade i grönt. De tio koncepten i sin helhet finns presenterade i Bilaga 10 med en enkel förklaring samt för- och nackdelar.



**Figur 62. Resultat från konceptutvärderingen, de tre vinnande koncepten är markerade i grönt.**

Det var koncept 1, 3, och 6 som fick högst betyg och gick därmed vidare till nästa fas. Att gå från tio till tre koncept ansågs rimligt med tanke på begränsande resurser. Att under delredovisningen enbart presentera och diskutera det enskilda koncept med högst betyg var inte lämpligt eftersom utvärderingen visade att det också fanns potential att utveckla de två andra koncepten. De vinnande koncepten presenteras nedan med en förklaring och några antagna för- och nackdelar

#### **Koncept 1 – Vikbart, stående**

Träden ackumuleras stående i den bruna korgen som kan ses i Figur 63. De gröna armarna fungerar som mekaniska backventiler. Innan stammarna kapas är de innanför de mekaniska ventilerna och kan med andra ord inte ramla åt fel håll när avskiljningen skett. För att kunna variera bredden på konceptet är det flexibelt så det kan fällas ihop. I Figur 64 illustreras aggregatets variabla bredd. Svärdet följer i detta fall med aggregatets bredd automatiskt.



**Figur 63. Koncept 1, viktbart stående.**

**Fördelar:** Ett koncept som kan användas vid skörd i båda riktningarna, från maskinen och mot maskinen. Flexibel bredd för en mer selektiv avskiljning, vilket illustreras i Figur 64. Att justera bredden kan minska risken för att skada kanträden.

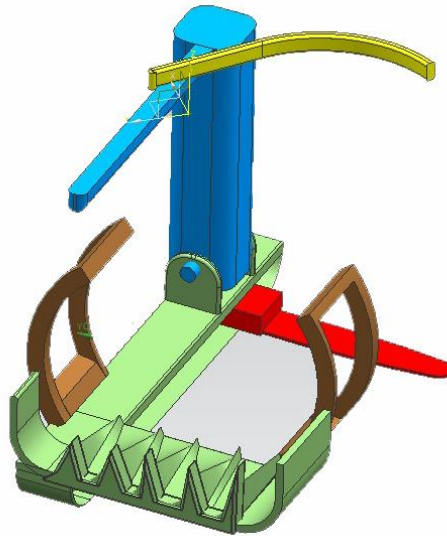
**Nackdelar:** Stående ackumulering kan skapa brytkrafter i aggregatet. På grund av konceptets längd kan det få svårt att rotera och byta skörderiktning sen det skjutits ut bland träden.



**Figur 64. Koncept 1, rörelseschema.**

### **Koncept 3 - Släde**

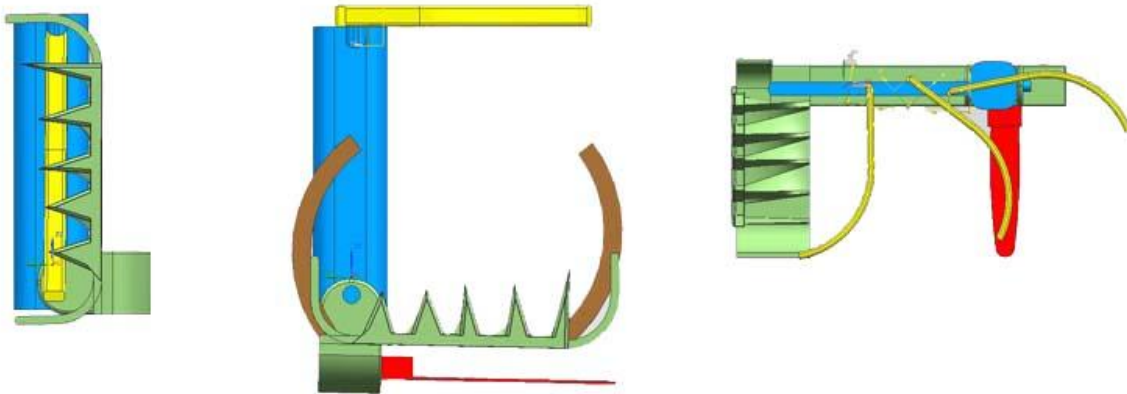
Figur 65 visar en släde utrustad med två griparmar. Den gula fös-armen puttar de kapade träden ner mellan griparmarna. Träden fastnar i slädens spetsiga kanter. Avskiljningsdon och ackumuleringsenhet går att fälla ut eller in, vilket kan ses i Figur 66.



Figur 65. Koncept 3, släde.

**Fördelar:** Smidig och smal i hopfällbart läge. Enkel ackumuleringsprincip.

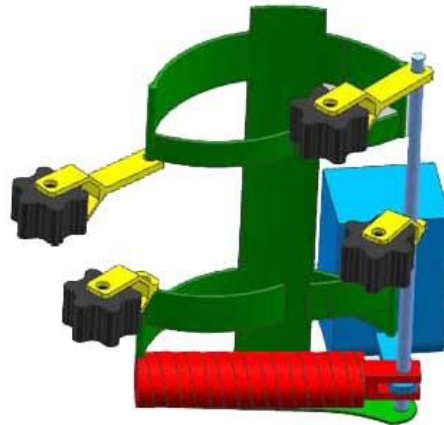
**Nackdelar:** Osäker ackumulering eftersom det förutsätts att förs-armen lyckas putta träden ner i gripen.



Figur 66. Koncept 3, rörelseschema.

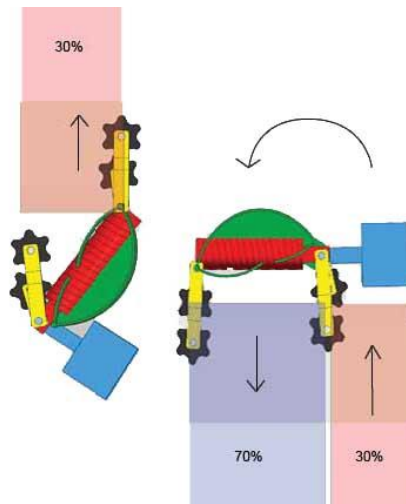
### Koncept 6 – Tvåvägsmetoden

Konceptet kan skörda träd i båda riktningarna. Detta är möjligt med en vanlig parallellförd kran eftersom kranspetsen monteras ocentrerat i aggregatet. Det medför att konceptet kan vridas runt när kranen förs tillbaka mot maskinen. Vid skörd från maskinen vinklas konceptet och skördar då 30% av korridorens bredd. Resterande 70% av korridoren skördas på väg tillbaka mot basmaskinen. Figur 67 visar konceptet.



Figur 67. Koncept 6, tvåvägsmetoden.

**Fördelar:** Hög framkomlighet. Flexibla skörderiktningar vilket kan ses i Figur 68. Variabel stråkbredd.  
**Nackdelar:** Stående ackumulering när aggregatet förs från maskinen och ut i beståndet.



Figur 68. Koncept6, rörelseschema.

### 5.3 Konceptutveckling

Efter en närmare granskning av kvarvarande koncept ansågs val av skörderiktning vara en viktig faktor. Skörderiktningen påverkar maskinförarens arbetsmetod i stor utsträckning. Är maskinföraren låst till en skörderiktning på grund av aggregatet kan effektiviteten bli lidande. Ett flexibelt koncept där den specifika situationen styr skörderiktning ansågs positivt. En viktig slutsats som drogs under delredovisningen var att oavsett skörderiktning så måste träden ackumuleras på ett tillfredställande sätt.

Koncept 3 ackumulerar träden liggande till skillnad från koncept 1 och 6 som ackumulerar träden stående. För att ackumulera träd liggandes måste träden fösas i rätt riktning och ramla på rätt sätt för att ackumuleringen ska lyckas. Denna ackumuleringslösning ansågs vara svårare att lyckades med än motsvarande lösningar i koncept 1 och 6. Den stående ackumuleringen utförs med färre moment vilket ansågs gynna dess funktion.

Det som skiljde koncept 1 mot 6 var att det senare antogs vara flexiblere vilket medför en bättre arbetsmetod för maskinföraren. För koncept 1 bestäms skörderiktningen innan aggregatet förs ut i beståndet. För att lättare definiera för- och nackdelar med de två skörderiktningarna listades några problem för respektive riktning.

#### **Skörd från maskinen:**

Fördelar: Minskad risk för trädsador eftersom aggregatet skördar sin egen väg på väg ut från maskinen. Bättre sikt eftersom aggregatet alltid rör sig i en skördad korridor. Kranarmen rör sig också i en fälld korridor vilket kräver mindre inkapsling av hydraulslangar. Blir aggregatet fyllt med träd redan när det skördat halva korridoren kan träden läggas ner och resten av korridoren skördas klart när aggregatet tömts.

Nackdelar: De specifika träd som skördas närmast stickvägen förs stående hela korridorens längd för att sen föras stående tillbaka. Därefter läggs bunten ner i korridoren. Detta innebär att det första skördade trädet förs stående totalt 20 meter. Att föra trädet denna sträcka innebär en onödig transport. Att föra trädet stående fram och tillbaka innebär även att kontakten mellan trädens kronor kan skapa brytkrafter i aggregatet. Vikten ökar desto längre ut kranen förs i beståndet. Träden kan ej läggas ner i samband med avskiljning.

#### **Skörd mot maskinen:**

Fördelar: Träden kan läggas ner i direkt samband med avskiljning vilket gör att man kan utnyttja trädets naturliga fallriktning för att lägga det i någon form av ackumulering. Totala vikten för de ackumulerade träden ökar när kranen förs mot maskinen. Eftersom kranen blir starkare desto närmare maskinen den kommer är detta en fördel.

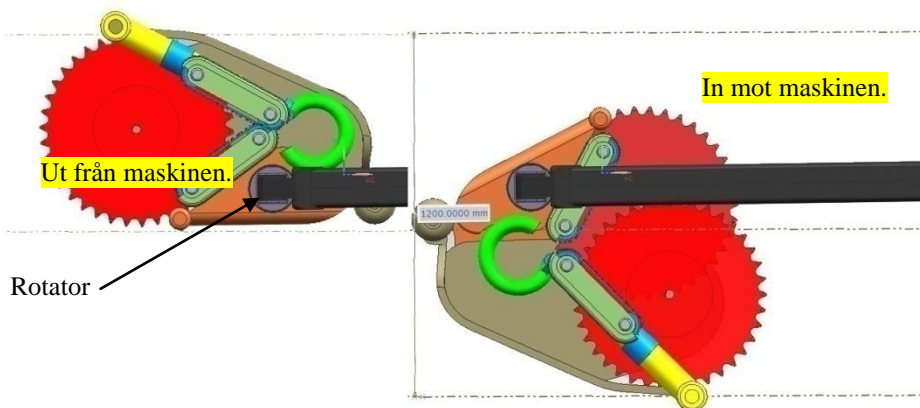
Nackdelar: Sämre sikt ökar risken för stenkörning och trädsador. Aggregatet måste föras ut genom beståndet som ska skördas. Står skogen tätt är risken att stor att aggregatet fastnar bland träden.

## **5.4 Konceptval**

Ett optimalt aggregat skulle vara utformat så att det kan utnyttja båda skörderiktningarnas fördelar. Därför valdes Koncept 6 som grund till slutkonceptet. Det hade störst potential att utnyttja båda skörderiktningarnas fördelar tack vare sin flexibilitet.

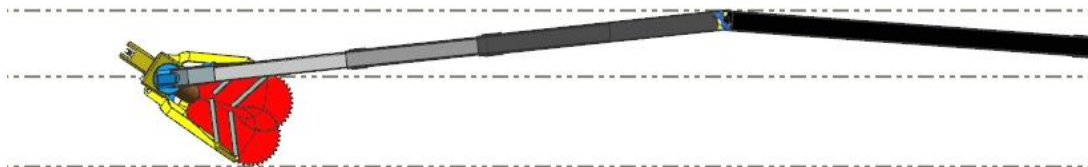
#### 5.4.1 Vidareutveckling av rörelsemönstret

För att kunna skörda i båda riktningarna med en traditionell parallellförd kran krävs att rotatorn sitter monterad utanför aggregatets centrum. Rotatorn är en standardkomponent som finns på alla aggregat. Dess syfte är att rotera aggregatet vilket underlättar förarens arbete avsevärt. Till vänster i Figur 69 ses aggregatet skörda från maskinen. Till höger i samma figur ses aggregatet skörda på väg tillbaka mot maskinen. Detta vidareutvecklade koncept är utrustat med två klingor som ligger omlott.



Figur 69. O-centrerat aggregat.

En tänkbar nackdel med att rotatorn inte är monterad i aggregatets centrum är att viktfordelningen blir ojämn. När vikten på den ackumulerade massan ökar skapas brytkrafter i aggregatet. En sätt att komma runt problemet med ojämn viktfordelning är att använda sig av en alternativ kranmodell. Den modellen är utrustad med en extra led. Tack vare den extra leden kan kranen sträcka sig runt träd och på så sätt ökar kranens arbetsområde utan att maskinen behöver flyttas. Figur 70 visar konceptet tillsammans med en Access-kran vid skörd mot maskinen. Tack vare kranens extra led kan rotatorn monteras centrerat i aggregatet.



Figur 70. Centrerat aggregat på Cranab Access-kran.

Som tidigare nämnt så är den kontinuerliga ackumuleringen, oavsett skörderiktning, den viktigaste funktionen för slutkonceptets potential. Därför krävdes ytterligare fördjupning i denna funktion.

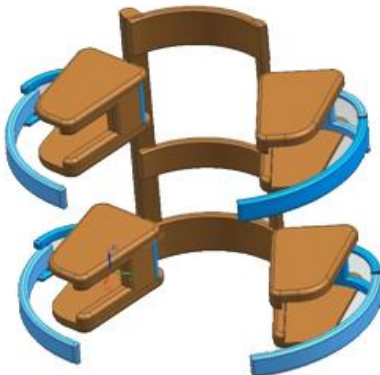
#### 5.5 Utveckling av subfunktioner för kontinuerlig ackumulering

Ett konventionellt aggregats styrka när det gäller flerträdshantering är att man kan ackumulera ett flertal stammar och fortfarande vara selektiv i urvalet. Dagens flerträdshanterande aggregat griper tag om ett träd eller mindre buntar för varje kranrörelse. Som problemet är definierat i detta projekt är huvudmålet att skörda en korridor med en enda kranrörelse. En slutsats som drogs vid fältstudien hos maskinförarna i Åsele var att det blir mycket svårt att ackumulera alla träd längs en tio meter lång sträcka med dagens ackumuleringsteknik. Armarna på konventionella aggregat är inte direkt konstruerade för kontinuerlig ackumulering eftersom de maximalt kan greppa ett fåtal träd under varje krancykel. Skisser som togs fram under idégenereringen, patentdokument samt relaterad teknologi låg som grund till konstruktionslösningarna. Fyra förslag som bidrar till en lösning på subfunktionen för ackumulering presenteras och utvärderas löpande i följande avsnitt.



### Kontinuerligt ackumulerande armar

Figur 71 visar ett koncept med fyra ackumulerande armar. En sådan konstruktion passar in i den sökta funktionen för summering av träd. I viss mån skulle även armar kunna användas för addering av stammar. Figur 54 i avsnittet problemklarläggningen beskriver underfunktionerna summering och addering i ett större sammanhang. Träden adderas för att sen summeras. När träd adderas förs de, efter avskiljning, längre in i aggregatet. Att summera träd betyder att samtidigt som redan ackumulerande träd hålls på plats, tas nya in.



Figur 71. Ackumulerande armar.

En tillräckligt snabb och garanterad ackumulering med hjälp av armar ansågs vara en svår lösning. Anledningen till detta var att mekaniken bakom armarnas rörelsemönster ansågs komplicerad och skrymmande. I vissa bestånd kan det stå upp till 40 träd per korridor. Oavsett placering på dessa träd ansågs det bli svårt att ackumulera med armar även trots en växelverkande konstruktion.

### Vispande armar

Figur 72 illustrerar ett koncept med vispande armar. Armarna sitter på en axel som roterar. Principen bygger på att armarna både vispar in stammar och sen roterar med en sådan hastighet att ackumulerade stammar kontinuerligt hålls på plats. En fördel med vispande armar är att kontinuiteten är hög. För att de vispande armarna inte ska bli allt för skrymmande vecklas de ihop i de gröna lådorna.

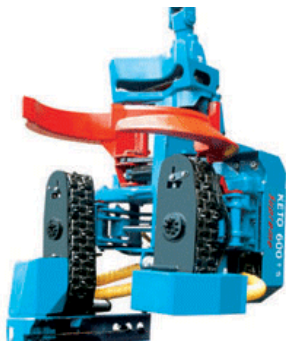


Figur 72. Vispande armar.

Tidigare prototyper med vispande armar för kontinuerlig ackumulering av klenta träd har testats. Det största problemet med den prototypen var att hålla träden på plats sen de ackumulerats [40]. De vispande armarnas sökta materialegenskaper antas bli svåra att finna om ackumulering ska bli tillförlitlig och samtidigt inte bli skrymmande i sin konstruktion. En vispande lösning kan användas för både summering och addering av träd.

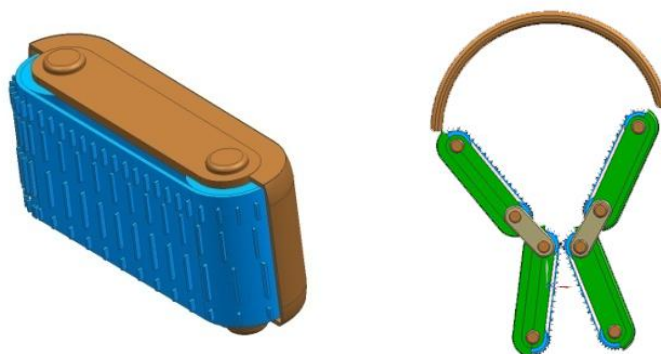
### Bandmatning

I avsnittet relaterad teknologi finns en bandmatning för skörd av energiskog presenterad. En annan form av bandmatning återfinns också inom skogsbruket. Figur 73 visar ett Keto-100 aggregat med en längsgående bandmatning av träd.



Figur 73. Bandmatning med Keto-100 [24]

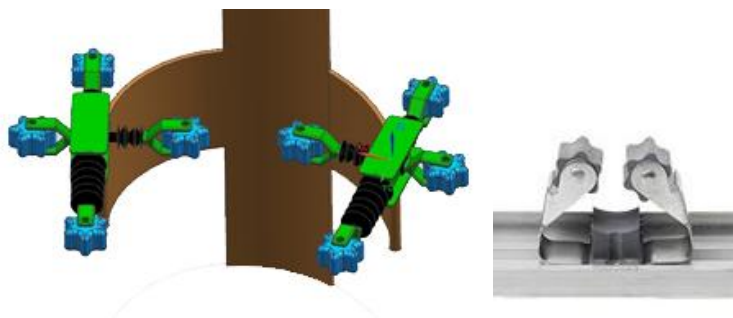
Syftet med dessa band är att föra trädet på längden genom aggregatet för att kvista och kapa det i mindre bitar. Idén till subfunktionen går i stället ut på att använda bandet för tvärgående matning. Träden matas stående in i aggregatet. Figur 74 visar en CAD-modell på ett band samt ett exempel på hur banden kan placeras för att mata in träden ståendes in i aggregatet. Denna konstruktionslösning ämnar lösa adderingen av träd.



Figur 74. Band för stående inmatning av träd.

### Roterande redskapsfäste

Till vänster i Figur 75 ses ytterligare ett koncept för funktionen addera. Idén kommer från den mekanik som finns i enkla redskapshållare, vilket kan ses till höger i figuren. Två roterande hjul sitter monterade på en flexibel arm. När exempelvis en krattas skaft pressas in mellan hjulen fastnar den och blir hängande på garageväggen. För att transformera denna funktion till ackumulering av träd sitter ett fjäderbelastat hjul monterat på fyra armar. När armarna roterat kläms träden fast mellan hjulens hack och trädet förs in i aggregatet.



Figur 75. Roller, roterande redskapshållare [41].

Redskapsfästets enkla konstruktion med fjädrande armar består av simpel mekanik. Lösningen till vänster i Figur 75 består av många rörliga delar som ska samverka för att ackumulerings ska lyckas. Denna mekanik ansågs vara onödigt komplicerad jämfört mot tidigare nämnda konstruktionslösningar för addering.

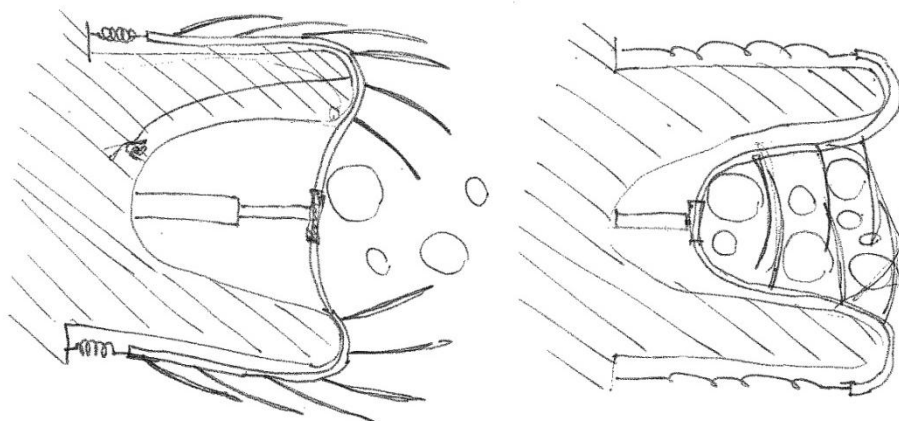
### Kombinerad lösning

De fyra konstruktionslösningar som utvecklats, kontinuerligt ackumulerande armar, vispande armar, bandmatning och roterande redskapsfäste ansågs inte på egen hand leda fram till någon lösning för kontinuerlig ackumulering. Lösningen var tvungen att vara helt kontinuerlig och samtidigt hålla träden på ett stadigt sätt. Att en och samma konstruktionslösning skulle kunna utföra båda funktionernas uppgift på ett tillfredställande sätt kunde ej garanteras. Att använda sig av bandmatning för addering av träd ansågs realiserbart eftersom det verkade vara en beprövad lösning för skörd av energiskog. Eftersom banden matar in träden kontinuerligt måste funktionen för summera kunna ackumulera med samma hastighet. Samtidigt måste lösningen hålla fast träd som redan ackumulerats. I Figur 76 kan en annan typ av redskapshållare ses. Denna hållare kan ”ackumulera” skaft med varierande diameter. Skaftets tvärsnitt skulle kunna jämföras med en bunt klena träd. Tvärsnittets area hos en bunt av klena träd ökar i takt med antalet ackumulerade träd.



Figur 76. Redskapshållare av annan modell [41].

Figur 77 visar en skiss som grundar sig i redskapshållarens funktion. På insidan av den skissade hållaren finns det ackumulerande armar. Dessa armar håller fast träden allt eftersom de åker in i hållaren. Till vänster i figuren kan man se utgångsläget och till höger hållaren när den har ackumulerat ett antal träd.



Figur 77. Redskapshållare omsatt till ackumulering med armar.

Längden på armarna ansågs inte behöva vara lika långa som i den ursprungliga skissen. Efter enklare simuleringar i Algodoos eliminerades armarna helt eftersom friktionen mellan träd och hållare ansågs räcka för att hålla trädet på plats. Algodoos är utvecklat av Algoryx Simulation AB [42]. Programmet är baserat på en fysikmotor och gränssnitt med 2D-vy. Två skärmdumpar från programmet kan ses i Figur 78. Redskapshållaren simulerades som en löpande, fjäderbelastad kedja. I den vänstra bilden kan man se ursprungsformen på kedjan. Den högra bilden visar när kedjan har ackumulerat ett antal träd.



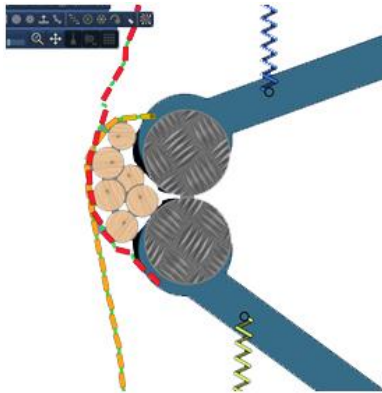
**Figur 78. Simulering av ackumulering i Algodoo.**

För att verifiera simuleringarna konstruerades en enkel modell av Lego för att testa kedjans funktion. I stället för en kedja användes en gummislang i Lego-modellen. Efter enklare tester ändrades slangens infästning. Figur 79 visar en alternativ slangdragning.



**Figur 79. Alternativ slangdragning.**

I Figur 80 ses den slutgiltiga lösningen för kedjans utformning. Varje kedja är infäst i en fjädrande arm som formar ett V med den andra armen. De grå diskarna i figuren symboliserar bandmatningen som kunde ses i Figur 74.

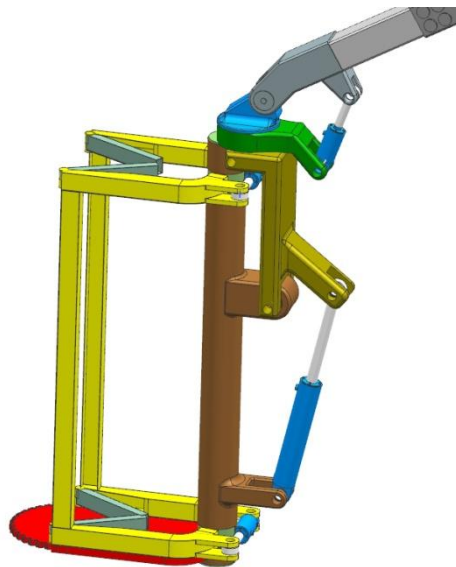


**Figur 80. Optimering av kedjans infästning.**

Diskar som motsvarar band tillsammans med två ackumulerande kedjor fungerade tillfredställande i simuleringarna. För att bekräfta dess potential byggdes en fullskalig prototyp för vidare tester. En viktig frågeställning var om roterande diskar räckte för att addera träden eller om ackumuleringen krävde en mer komplicerad bandmatning.

## 5.6 Delresultat

Ett slutkoncept med hög flexibilitet ansågs vara av stor vikt vid delredovisningen. Med flexibilitet menas ett koncept där skörd i båda riktningarna görs möjlig. I Figur 81 visas det koncept som stod till grund för det slutgiltiga konceptet. I figuren går det att se de V-formade armarna som utgör stommen till subfunktionen för den kontinuerliga ackumuleringen.

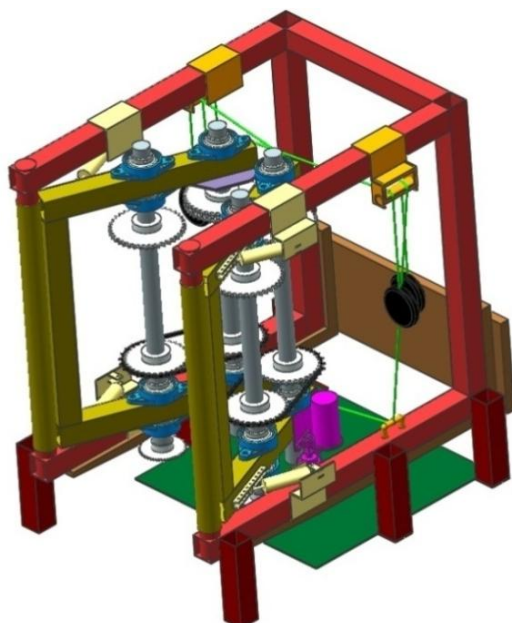


**Figur 81. Utgångspunkt för slutgiltigt koncept.**

Den avgörande konstruktionslösningen för kontinuerlig ackumulering krävde en fullskalig prototyp för att bekräfta dess funktion och potential. En ingående redogörelse för prototypen och dess komponentval presenteras i nästkommande kapitel. Klingor var ett avskiljningsdon som ansågs passa bra för kontinuerlig skörd i detta stadium. De ansågs ha större tillförlitlighet än ett sågsvärd och vara lättare att införskaffa än en frästrumma. Klingor går att specialtillverka till en rimlig kostnad och ansågs också vara en beprövad metod för att avskilja träd. Två klingor med en diameter på 60 centimeter valdes att monteras med en viss överlappning. En detaljerad lösning på dessa presenteras i det slutgiltiga konceptet.

## 6 Prototypkonstruktion

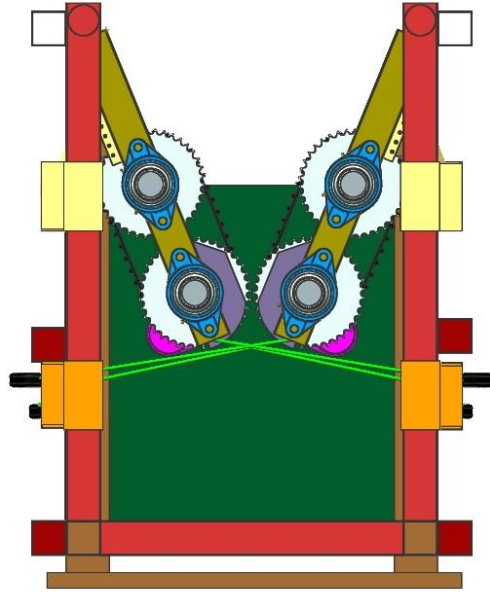
Ett delmål med examensarbetet var att tillverka en fysisk prototyp i syfte att kunna verifiera funktionen för kontinuerlig ackumulering. Den förutsätter att träden är avskilda sedan tidigare. Prototypen är finansierad med pengar ur forskningsprojektet FIRST vid Sveriges lantbruksuniversitet och tillverkades hos Lycksele Industriservice AB i Lycksele. Konstruktionsarbetet inleddes med att överföra konceptgenereringens lösning för ackumulering till en grov konstruktionslösning med kedjematning. Konstrueringen av prototypen har genomförts med enkla geometrier och standardkomponenter i syfte att underlätta tillverkningen i så stor utsträckning som möjligt. Komponentval genomfördes först till ramen med fjädrande inmatningsarmar. Därefter valdes kedjor och kedjehjul till inmatningen och en kättinglösning för att hålla inmatade stammar på plats. Kättingen belastas med vikter för att hållas sträckt. Med vikter som kättingsträckare finns möjlighet att variera tyngden för att testa sträckningens påverkan på ackumuleringen. Denna lösning med vikter bedömdes enklare än att variera kättingens sträckning med fjädrar. Slutligen lades en bottenplåt till konstruktionen och allra sist elmotordrivning med utväxling för att få inmatningen att snurra. Elmotorer med batteridrift gjorde prototypen mobil och fungerande utan konstant tillgång till extern kraftkälla. Figur 82 visar den slutliga prototypen som CAD-modell och tillverkad konstruktion. I detta kapitel kommer prototypens funktioner förklaras med hjälp av bilder från CAD-modellen i så stor utsträckning som möjligt, eftersom den tillverkade prototypens komponenter är svåra att gestalta eller frilägga med hjälp av fotografier.



Figur 82. Prototypen; till vänster CAD-modell, till höger tillverkad konstruktion.

### 6.1 Komponentval

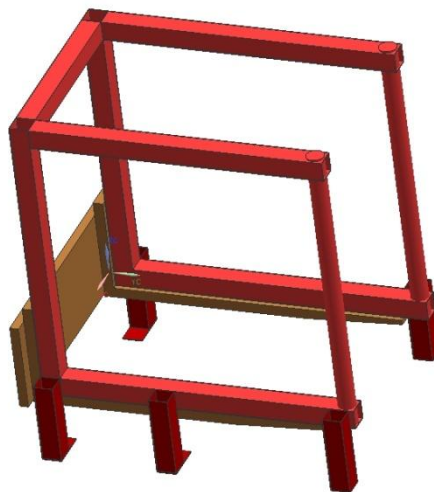
För att tidsplanen skulle hålla fick tillverkningen ta maximalt sex veckor, vilket inkluderade tid för att beställa och invänta enskilda komponenter. För att underlätta tillverkningen av prototypen gjordes hela konstruktionen så symmetrisk som möjligt, vilket kan ses i Figur 83. Detta eftersträvades eftersom antalet unika måttsättningar blir färre och antalet identiska komponenter ökar. Symmetrin bedömdes inte påverka ackumuleringens funktion negativt eftersom de två inmatningsarmarna fortfarande kan röra sig individuellt. Ramen består till stor del av fyrkantsprofiler av samma längd för att underlätta tillverkningsprocessen. Det är inte möjligt att kranspetsmontera prototypen eftersom det inte ansågs nödvändigt för att kunna verifiera ackumuleringsfunktionen.



**Figur 83. Prototypens symmetriska konstruktion.**

### 6.1.1 Ram

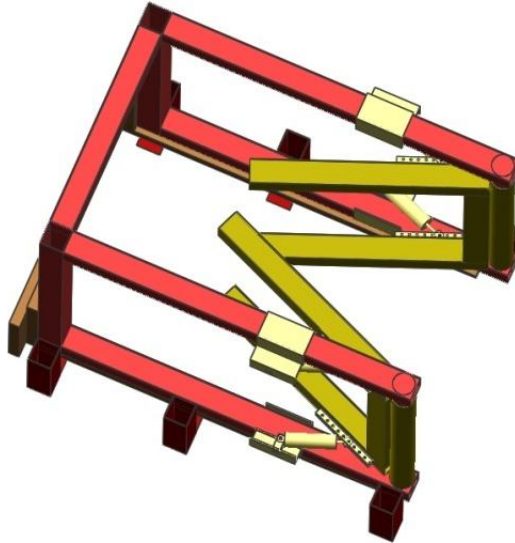
Prototypens ram är byggd kring pallgafflar med Trima-fäste som en stabil grund för resten av konstruktionen. Trima är ett vanligt förekommande redskapsfäste för montering på exempelvis frontlastare. Första tanken med pallgaffel som bas var att det då också går att justera gafflarnas bredd. Detta kan vara bra i ett senare skede om konstruktionen ska modifieras. Det visade sig dock att konstruktionen blev allt för instabil om gaffelarmarna var justerbara. Armarna svetsades därför fast på en bredd av 0,9 meter. Prototypens ramkonstruktion visas i Figur 84. Pallgaffelns Trima-fäste medger fortfarande montering på en jordbruksmaskin, vilket kan underlätta både transport och att en framåtrörelse går att simulera. Materialet som användes till ramen var rör med fyrkantprofil i dimensionen 100x100x3 millimeter.



**Figur 84. Pallgaffel (brun) med ram.**

### 6.1.2 Fjädrande inmatningsarmar

Likt en mekanisk backventil fjädrar de guldfärgade inmatningsarmarna utåt när ett träd passeras genom dess öppning, se Figur 85. På varje arm sitter det monterat universalstötdämpare med en längd av 300 millimeter. Dessa stötdämpare används vanligtvis till motorcyklar och snöskotrar.



Figur 85. Fjädrande inmatningsarmar.

### 6.1.3 Kedje- och kedjehjulsmatning

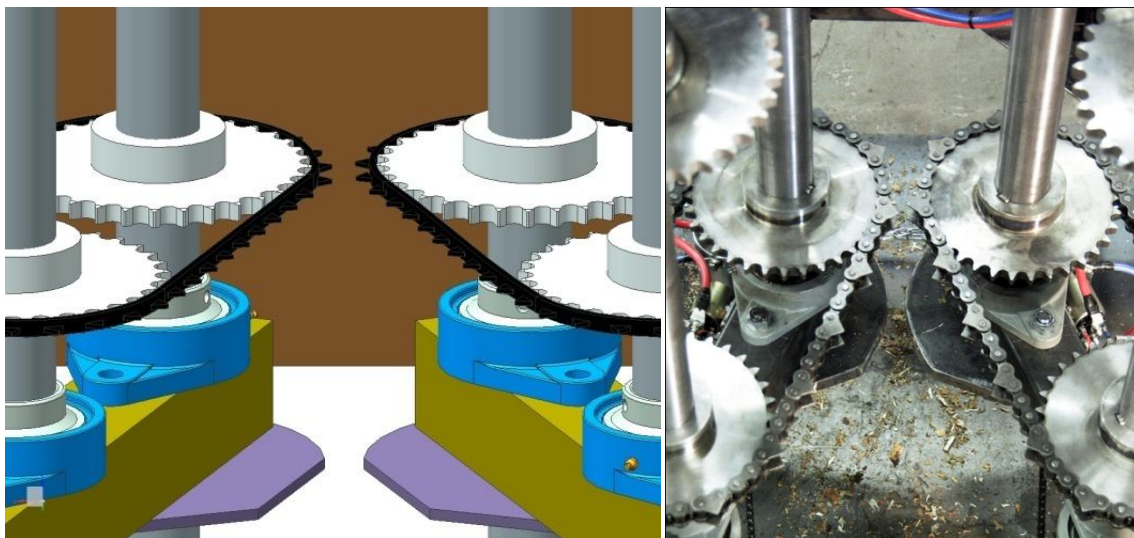
För att efterlikna en bandkonstruktion specialtillverkades en kedja med slipade befästningslänkar, se Figur 86. Kedjan har en delning på 25,4 millimeter vilket medför att varje länk är nästan 30 millimeter lång. De slipade tänderna greppar tag i trädets stam och för trädets in mellan de fjädrande armarna.



Figur 86. Specialkedja med slipade befästningslänkar.

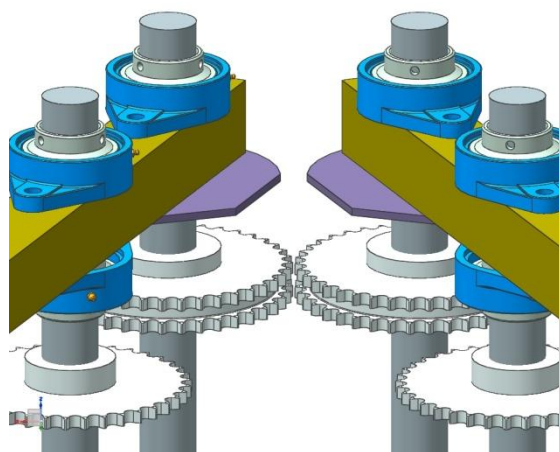
Kedjan är monterad mellan två kedjehjul med vardera 33 tänder, Figur 87. Varje hjul väger 9,1 kg och har en delningsdiameter på 267,2 millimeter. Hjulets totala diameter är på 289 millimeter. Kedjehjulen är monterade på maskinkomponentsaxlar med en diameter på 75 millimeter. Axlarna är lagrade med fyra stycken flänslagerhus i gjutjärn vardera.





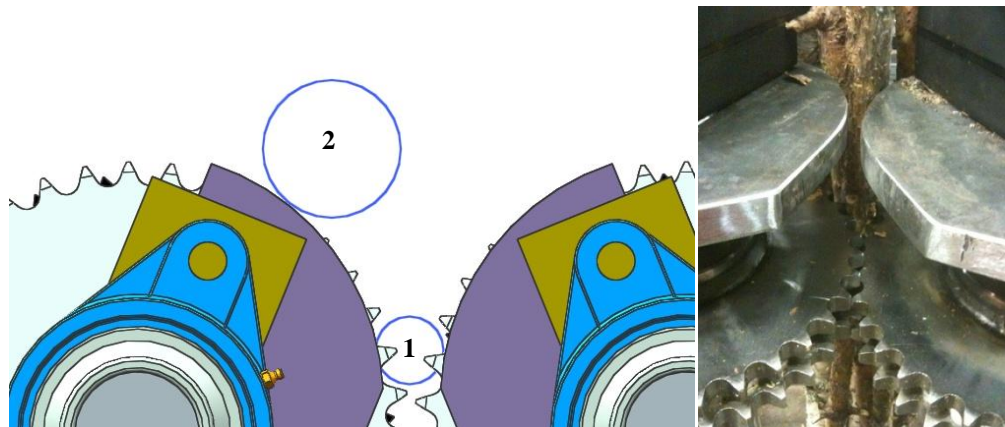
**Figur 87. Kedjematning, axlar och lager; CAD-modell och prototyp.**

För att testa en annan funktion av inmatning monterades kedjehjul i de övre armarna, se Figur 88. Syftet var att undersöka om det räcker med enbart hjul för att mata in träd. Helt enkelt försöka se vilken inmatningsfunktion som drar in stammar på bästa sätt. De kedjehjul som användes är av modell duplex med 38 tänder. Det har en delningsdiameter på 307,6 millimeter och en total diameter på 329 millimeter. Hjulet har en vikt av 28 kg. De två hjulen närmast i Figur 88 har samma data som duplex förutom att de väger 12,5 kg styck.



**Figur 88. Kedjehjul av modell duplex.**

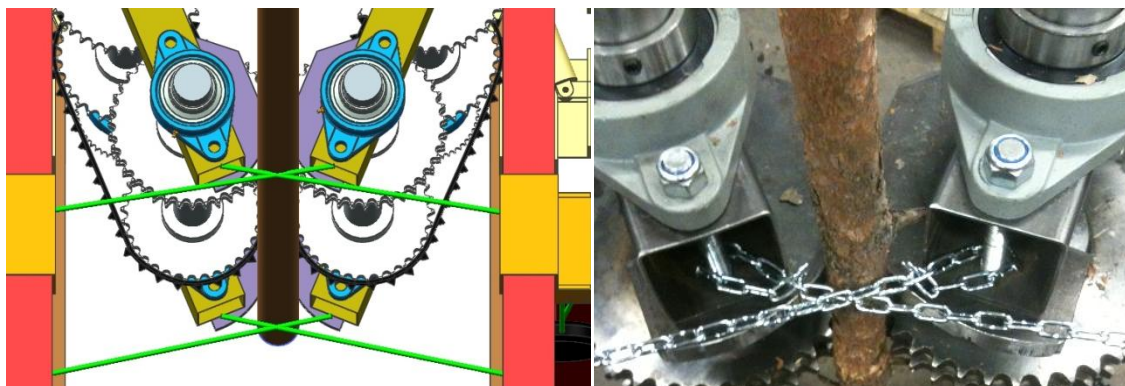
För att kedjan och hjulens tänder inte ska riva sönder träden efter att de har passerat armarna tillverkades stopplåtar med en tjocklek av 25 millimeter. I Figur 89 finns det två träd illustrerade. Träd nummer 1 visar hur tänderna driver trädet in mellan de lila stopplåtarna. Stopplåten och kedjehjulet har samma diameter men plåten är förskjuten så att tändernas ingrepp minskar gradvis vilket kan ses i Figur 89 på träd nummer 2. Till höger i figuren visar ett träd som passerat stopplåten.



Figur 89. Stopplåtar, CAD-modell och prototyp.

#### 6.1.4 Variabel ackumuleringsvolym - VAV

När trädet passerat stopplåtarna ackumuleras det med hjälp av fyra kättingar infästa i respektive arms ände. Figur 90 visar med två bilder hur kättingarna löper runt ett ackumulerat träd.



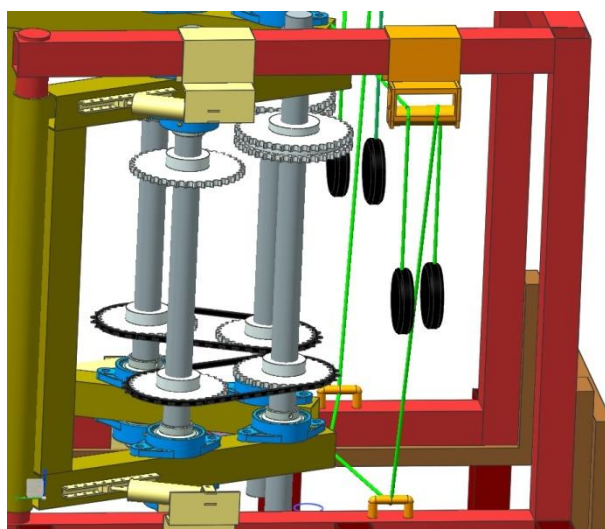
Figur 90. Ett ackumulerat träd, cad-modell och prototyp.

Desto fler träd som ackumuleras, desto större blir den ackumulerade volymen vilket kan ses i Figur 91. Kättingarnas längd anpassas efter den ackumulerade volymen, därav namnet variabel ackumuleringsvolym (VAV).



Figur 91. Ett flertal ackumulerade träd.

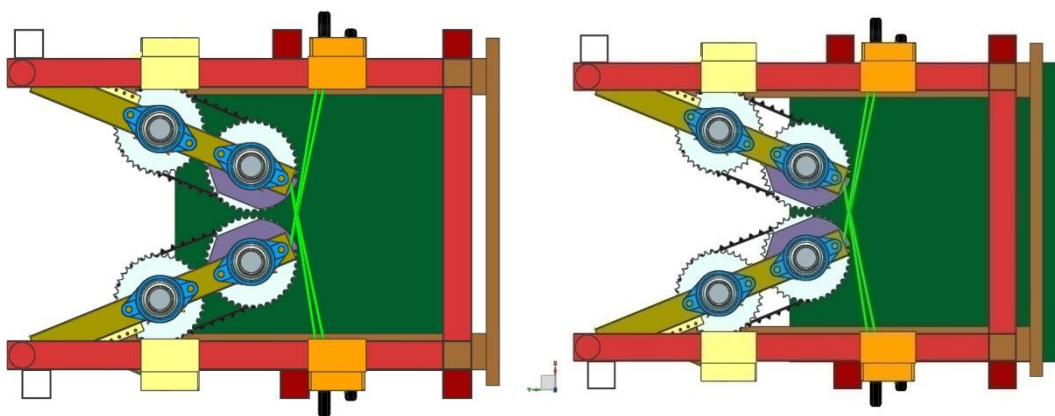
För att träden ska hållas på plats krävs det att kättingarna alltid hålls spända. Genom att placera vikter i kättingarnas ändar erhålls rätt motstånd för kättingarna. Kättingarnas dragning kan ses i Figur 92. De övre kättingarna löper runt de stora orangea spelen och de undre kättingarna är dragna så att de vänder i de övre spelen för att också kunna belastas med vikter.



Figur 92. Kättingspel med vikter.

### 6.1.5 Bottenplåt

I Figur 93 kan man se bottenplåten i grönt. Den vänstra kanten av plåten definieras som den främre och den motsvarar var avskiljningen kommer att ske. När trädet passerar kanten ställer sig trädet på plåten och trädet definieras som avskilt. I Figur 93 demonstreras även två olika positioner på plåten. Att plåten är flyttbar möjliggör att simulera olika lägen på avskiljning i ett framtida skede. Desto längre fram (åt vänster i Figur 93) plåten är placerad desto senare kommer matningen att fatta trädet. Risken för att trädet ramlar bort från matningen ökar i samband med att plåten skjuts fram. Något som också påverkar sannolikheten för att trädet ska nå inmatningen är den relativa hastigheten mellan den avskiljande kanten och trädet i längsled.



Figur 93. Bottenplåtens justeringsmån.

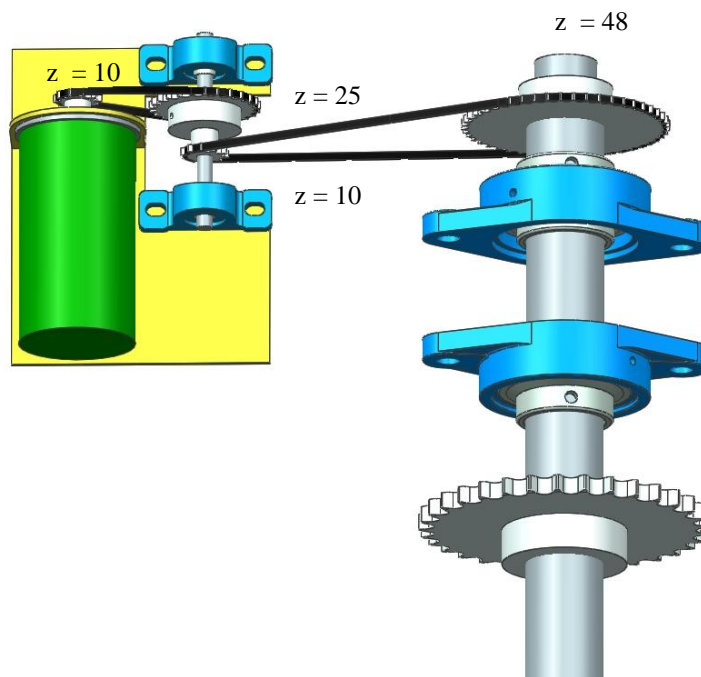
### 6.1.6 Elmotor med växellåda

Elmotor valdes till prototypen eftersom den, bortsett från batterier, inte kräver något större system runt omkring. I Figur 94 visas elmotorn som valdes. Motorn är en ISKRA-4762, 2,0 kW och dess vikt är omkring 7 kg. Den drivs med 24 volts likström från två stycken 110 A, 12 V skogsmaskinsbatterier. Varv/minut uppgår till 2400 vilket medför att motorn måste växlas ned för att anpassas till en mer lämplig matningshastighet.



Figur 94. Elmotor, ISKRA-4762 [43].

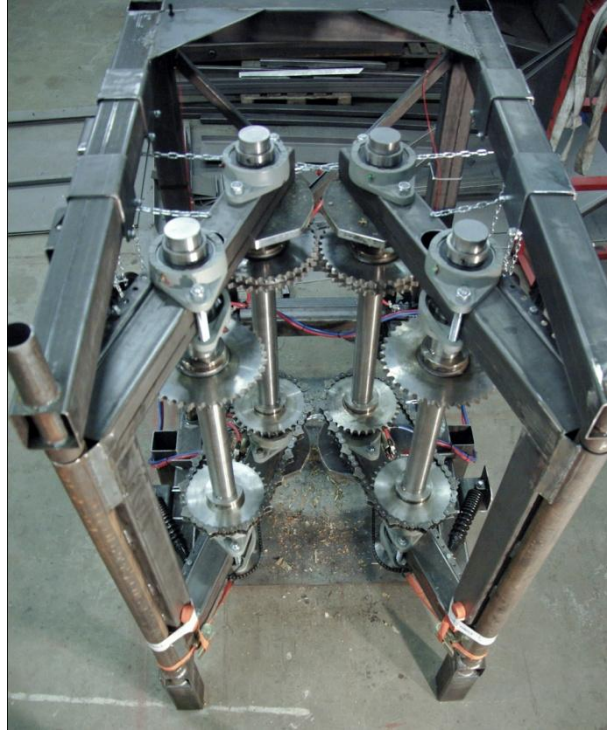
Efter simuleringar kunde det uppskattas att matningshastigheten för kedja och hjul borde vara 100 varv/minut. Skulle man exempelvis montera ett kedjehjul med åtta tänder krävs det att nästa hjul i kedjan har 192 tänder för att erhålla rätt varvtal. Ett kedjehjul med 192 tänder blir väldigt otympligt att montera och framförallt svårt att köpa. Det konstruerades därför en tvåstegs växellåda som kan ses tillsammans med den främre axeln i Figur 95. Varje kedjehjul är utmärkt i figuren med respektive tandantal,  $z = N$ . Nedanstående kombination ger en utväxling på 1:12 och en matningshastighet på 200 varv/minut.



Figur 95. Växellåda och främre axel.

## 6.2 Delresultat

Figur 96 visar den färdiga konstruktionen. Inmatningsarmarna är individuellt fjädrande och matningen sker nedtill med kedja. Den övre inmatningen består bara av kedjehjul. En elmotor är monterad på varje inmatningsarm och dessa får gemensamt sin ström från två seriekopplade batterier. Stopplåtar är monterade i anslutning till de innersta kedjehjulen. Kättingar med möjlighet till varierad ackumuleringsvolym genom ett viktbelastat kättingspel är infästa i respektive inmatningsarm. För att verifiera ackumuleringsfunktionen utfördes tester som redovisas i nästa kapitel.



**Figur 96. Komplet prototyp.**

## 7 Test av prototyp

För att verifiera konceptets funktion för kontinuerlig ackumulering och analysera prototypens potential genomfördes ett antal tester. Det övergripande målet med testerna var att undersöka om mekaniken, generellt sett, var lämplig att implementera i ett slutkoncept. Under testerna stod prototypen still och stammarna fördes manuellt mot inmatningen. För att underlätta hanteringen av stammarna kapades de upp i lämpliga bitar. Figur 97 visar teststammar numrerade mellan ett till nio från vänster till höger i bild. Data för dessa träd finns i Bilaga 12. Testet gick till på följande sätt: en stam placerades på bottenplåten lutades ut från matningen. Matningen startades och stammen lutades in så den först kom i kontakt med antingen kedjorna eller kedjehjulen. Testerna dokumenterades med en videokamera för närmare analyser.



Figur 97. Teststammar.

Testet syftade till att svara på följande frågeställning:

1. Räcker ett kedjehjul som matning eller krävs bandmatning (kedjelösning) för att tillfredsställa inmatningen av stammar?
2. Är en matningshastighet på drygt 200 varv/minut nödvändig för inmatning?
3. Fungerar det tillfredställande att undre ingreppspunkt för matningen sker på en stamhöjd på cirka 40 centimeter.
4. Hur fungerar utformning och placering av stopplåt?
5. Är utformningen på kedjans tänder lämplig för inmatning av stammar?
6. Vad är den optimala massan för vikterna som hänger i de ackumulerande kättingarna?

## 7.1 Delresultat

Resultatet från testerna redovisas löpande där respektive frågeställning följs av ett svar.

### 1. Räcker ett kedjehjul som matning eller krävs bandmatning (kedjelösning) för att tillfredsställa inmatningen av stammar?

Testerna visade att om stammen enbart var i kontakt med de övre kedjehjulen räckte inte detta för att mata in stammarna. De stammar med en mindre diameter hade större sannolikhet att matas in med hjälp av kedjehjulet. Eftersom en smal stam kom längre in mellan hjulen fick det således bättre grepp runt stammen. Om stammen väl matats in så långt att armarna särat på sig var kedjehjulet till nytta, då var greppet på stammen tillräckligt stort för att även mata förbi stopplåten. Men om stammen var för grov, så att det krävdes stor kraft för att sära inmatningsarmarna, ställde sig bara stammen mot de snurrande hjulen. Kedjehjulens matningshastighet hade alltså i det fallet motsatt effekt, de hindrade inmatning. Kedjan däremot, matade in stammarna på ett tillfredställande sätt. Kedjan får med sina befästningslänkar bättre grepp ”bakom” stammarna och föser in dem mellan hjulen. Där blir greppet ännu bättre, armarna åker isär och stammen förs in och kläms fast mellan kättingarna och stopplåten. En ackumulerad stam ses i Figur 98.



Figur 98. Ackumulerad stam.

### 2. Är en matningshastighet på drygt 200 varv/minut nödvändig för inmatning?

Med en matningshastighet på 200 varv/minut blir det stora påfrestningar när stammarna slungas in i kättingarna. Som tidigare nämnt var matningshastigheten styrd av den utväxling som var möjlig att konstruera. Figur 99 visar en ögonblicksbild från det dokumenterade videomaterialet. Bilden bekräftar att matningshastigheten var för hög. I vissa fall skapade inmatningen så stora krafter på de fjädrande inmatningsarmarna att de fläcktes upp, slog ihop och därefter studsade upp ytterligare en gång. Då

fungerade inte principen för backventilen, utan stammen föll ur ackumuleringen. Se även utfall av massaoptimeringen för kättingens sträckning under punkt 6.



**Figur 99. Stam fångad i inslunings-ögonblicket.**

**3. Fungerar det tillfredställande att undre ingreppspunkt för matningen sker på en stamhöjd på cirka 40 centimeter.**

Den gula pilen i Figur 100 visar vilket avstånd som menas med undre ingreppshöjd. Det är mellan bottenplåten som stammen står och den höjd som kedjan greppar tag i stammen. Anledning till att bottenplåten placerades 40 centimeter under kedjan var att risken för "omkullryckning" av stammen skulle minimeras. Inmatningen hamnar närmare stammens masscentrum. Det vill säga om inmatningen suttit precis i anslutning till bottenplåten så hade det varit högre risk att stammen fungerat som hävarm och velat rotera runt sitt masscentrum. Detta hade i sin tur resulterat i att resterande delen av stammen velat rotera ut ur inmatningen. En höjd på 40 centimeter visade inga tendenser på att stammen skulle kunna ryckas omkull och rotera ur inmatningen.

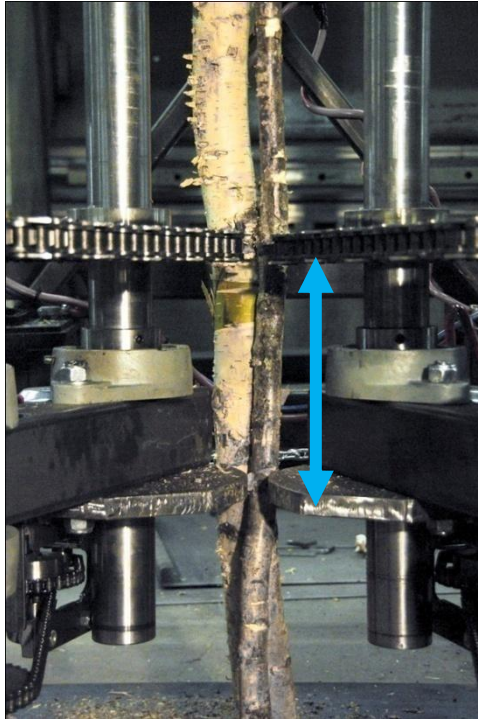




**Figur 100. Ingreppshöjd.**

#### **4. Hur fungerar placering och utformning av stopplåt?**

Den blå pilen visar placeringen av stopplåten i höjddled. För att underlätta monteringen av stopplåten placerades dessa på undersidan av inmatningsarmarna. På grund av detta hamnade plåten drygt 20 centimeter från inmatningen. Detta innebär i sin tur att stammar som var krokiga inte matades in hela vägen och inte heller ackumulerades som de skulle. Krokiga stammar matades till viss del in mellan hjulen, men sedan förlorade kedjan greppet eftersom den krokiga stammen fortfarande satt fast mellan stopplåtarna och pressade upp inmatningsarmarna. Om stammarna var raka fyllde stopplåten sin funktion, det vill säga att vara en distans till matningen när stammen väl var ackumulerad.



**Figur 101. Placering av stopplåtar på undersidan av inmatningsarmarna.**

**5. Är utformningen av kedjans tänder lämplig för inmatning av stammar?**

Figur 102 visar kedjans tänder i ingrepp. Tanderna medför en viss skada på stammarna och river loss flisor, vilket egentligen inte är negativt. Vissa stammar som testades ett antal gånger gick av eftersom kedjehjulet tillslut fräst av stammen.



**Figur 102. Kedjans tänder i ingrepp.**

I praktiken ackumuleras varje träd enbart en gång vilket medför att risken är liten för att stammen skall brytas av. Att befästningslänken är utformad som en tand medför att den slinter mot stammen när kedjan åker runt kedjehjulet eftersom den kraft som kedjan utbringlar mot stammen inte direkt pekar mot länkens spets.

**6. Vad är den optimala massan för vikterna som hänger i de ackumulerande kättingarna?**

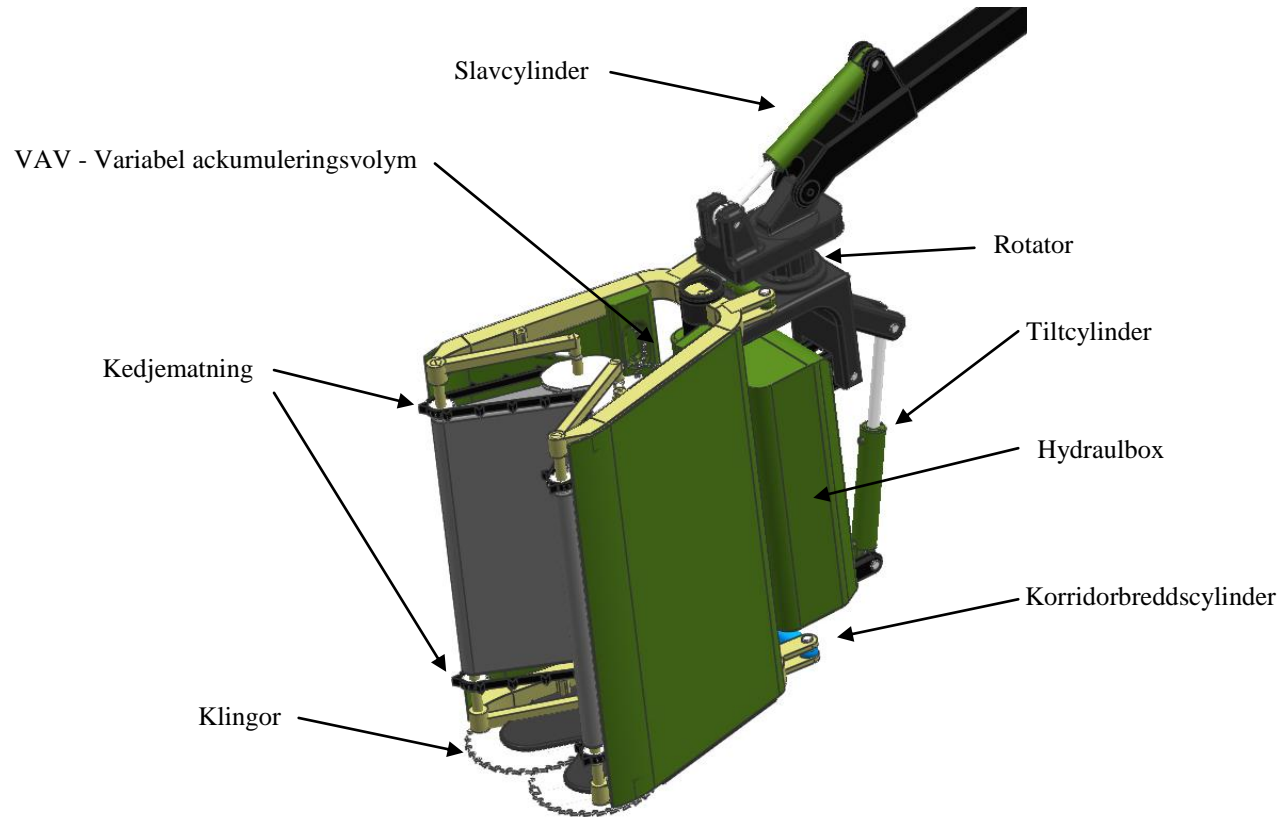
Kättingarna som håller fast de ackumulerade träden spänns av vikter. Massan på dessa vikter varierades tills en passade spänning på kättingarna hittades. På grund av den höga matningshastigheten blev

kättingarna belastade med stora krafter när stammen slungades in. I de undre kättingarna hängdes det 2,5 kg på respektive sida. Eftersom stammen står på bottenplåten skapas det friktion när stammen matas in. Friktionen bromsar stammens hastighet in mot kättingarna. I de övre kättingarna påverkas inte stammen av friktionen mot bottenplåten. Därför belastades de övre kättingarna med en massa på 7,5 kg på respektive sida. Om vikten ökades maximalt för att ta upp så mycket av kraften som möjligt när stammen slungades in, blev kättingen för spänd och stammen studsade ut ur inmatningen igen.

De detaljer som hade störst påverkan på funktionen var matningshastigheten och att det enbart var monterat kedjor på de nedre kedjehjulen. Skulle hastigheten sänkas till uppskattningsvis 50 varv/minut och kedjor monterats på de övre kedjehjulen skulle resultatet förbättras avsevärt. Skulle även stopplåtar flyttas närmade matningen skulle tillförlitligheten öka. Generellt sett fungerade prototypen bra trots de anmärkta bristerna. Principen i sig anses ha stor potential för fortsatt utveckling.

## 8 Resultat

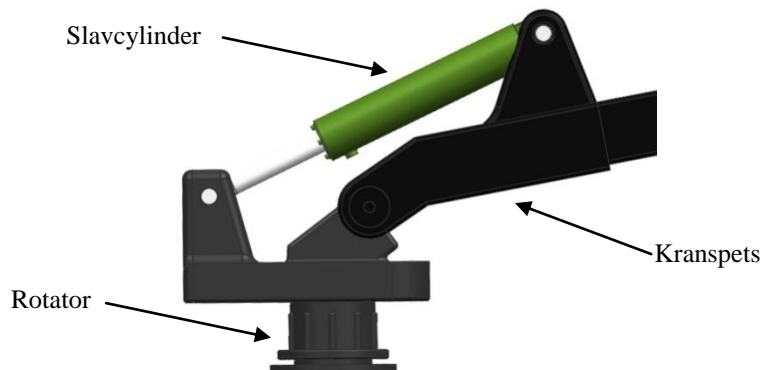
Resultatet från testerna gav viktig information om hur konstruktionen kunde förbättras. I detta avsnitt presenteras ett slutgiltigt koncept för ett kontinuerligt ackumulerande aggregat med samtliga konstruktionslösningar. I Figur 103 ses resultatet med konstruktionslösningarna markerade. Lösningar för matning och ackumulering finns beskrivna i detalj under Prototypkonstruktion, kapitel 6, och de har endast fått en mindre uppdatering i det slutgiltiga konceptet. Som projektets avgränsningar specificerat så har konceptet ingen specifik lösning för elektronik eller hydraulik, utrymme är dock avsatt i den hydraulbox som visas i Figur 103. Det slutgiltiga konceptet är även utrustat med skyddsplåtar på sidorna samt på inmatningsarmarna, mellan kedjematningarna.



**Figur 103. Slutgiltigt koncept för kontinuerligt ackumulerande aggregat.**

Konceptet kan användas med en traditionell parallellförd kran för skörd ut från maskinen och för skörd i båda riktningarna används en Cranab Access-kran. Rörelsemönstret är redovisat under Konceptframtagningen, kapitel 5.4.1. Minimibredden är nu 0,9 meter vilket innebär att minsta korridor bredd blir 1,8 meter om skörd sker effektivt i båda riktningar. Om skörd sker med minimibredd på väg ut från basmaskin och därefter ökas till maximalbredd på väg tillbaka blir den totala korridorbredden 2 meter. När aggregatet förs ut i beståndet avskiljs träden av klingorna. Rörelsen framåt tillsammans med kedjematningen för träden in i aggregatet. Inmatningsarmarna fjädrar ut när träden passerar stopplåtarna och går sedan ihop igen när trädet ackumuleras av kättingarna.

Slavcylindern är placerad på ovsidan av kranen. Den placeringen gör att cylindern inte stör andra komponenter. Figur 104 visar en detaljerad bild på slavcylindern, kranspetsen och rotatorn. Rotatorn används för att rotera aggregatet och medger att maskinföraren till viss del kan styra korridorvalet, exempelvis för att undvika vissa kanträd eller parera hinder. Slavcylinderns uppgift är att justera vinkeln mellan kran och aggregat. Vinkeln justeras för att aggregatet ska kunna föras parallellt med marken samtidigt som kranen rör sig.



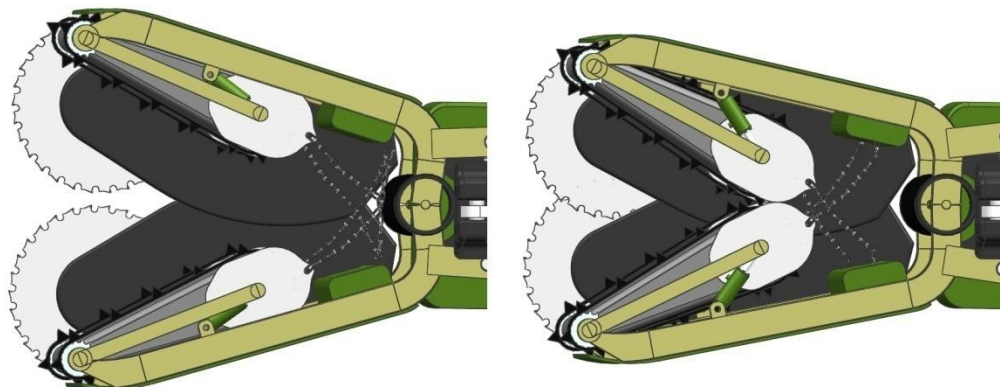
**Figur 104. Slavcylinder, kranspets och rotator.**

I Figur 105, till vänster, visas aggregatets position för skörd. När ackumuleringen sen är klar kan aggregatet tiltas. Till höger i figuren ses aggregatet positionerat för tömning av träd. Vid denna tömningsposition dras armarna för matningen i sär. Kedjorna körs baklänges och träden matas ut ur aggregatet.



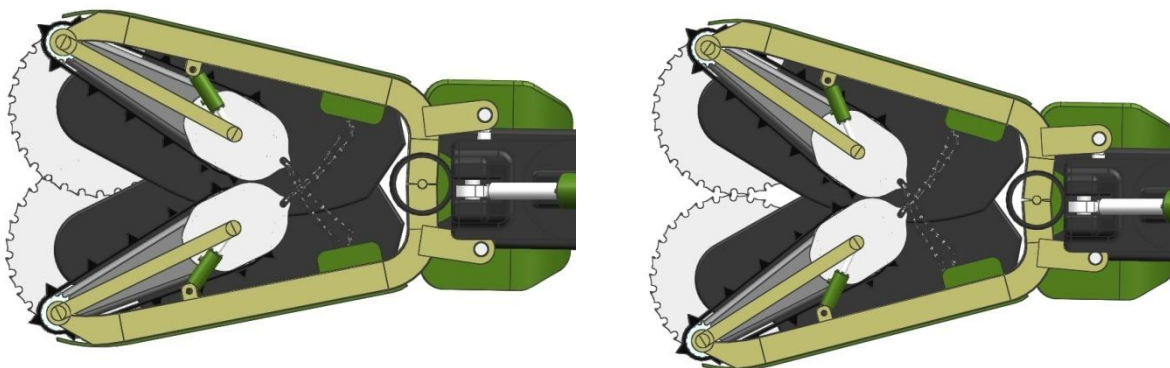
**Figur 105. Tiltfunktion för att tömma ut träden.**

Till vänster i Figur 106 ses aggregatet inställt för tömning av träd. Matararmarna åker isär och korridorbreddscylindern öppnar upp aggregatet för att underlätta tömning. Till höger i figuren ses aggregatets position för skörd.



**Figur 106. Tömning av ackumulerade träd till vänster, redo för skörd till höger.**

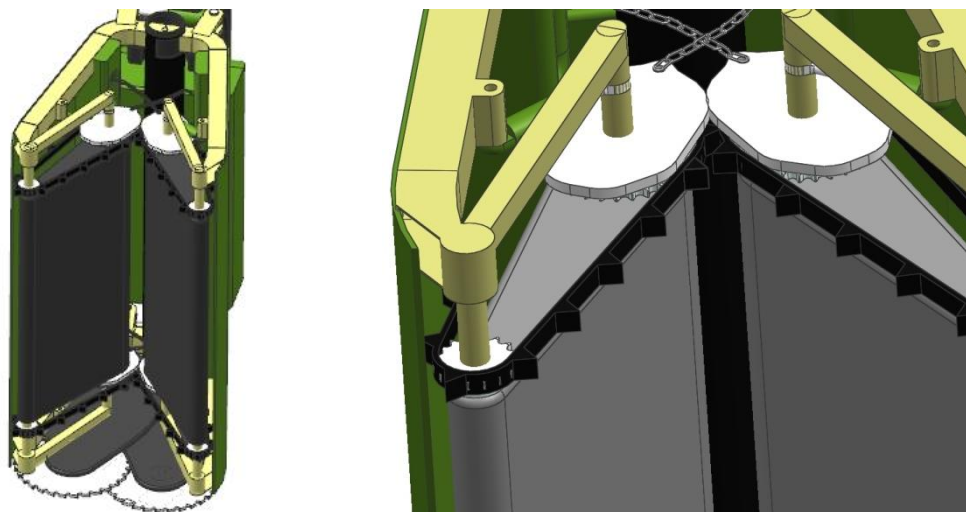
Korridorbreddscylinderns primära uppgift är att justera aggregatets skördebredd för hantering av så kallade vargar. Bredden på själva aggregatet kan varieras mellan 0,9 meter och 1,1 meter. I Figur 107 visas till vänster minimerad skördebredd på 0,9 meter och till höger maximerad, 1,1 meter. För att hantera träd med en maximal diameter på 25 centimeter ökas skördebredden maximalt och trädet kapas mellan klingorna där kapvidden blir som störst.



Figur 107. Varierad skördebredd.

#### Kedjematning

Figur 108 visar en närbild av kedjematningen. I aggregatets främre del sitter det mindre kedjehjul för att spara utrymme. De bakre kedjehjulen är av samma storlek som i prototypen. Att använda sig av ett större hjul underlättar indrivning av stammar mellan stopplåtarna. I figuren ses också de vita stopplåtarna. Dessa är placerade så nära kedjan som möjligt för att underlätta inmatningen av krokiga träd.



Figur 108. Kedjematning, helhet och detalj.

#### VAV – Variabel ackumuleringsvolym

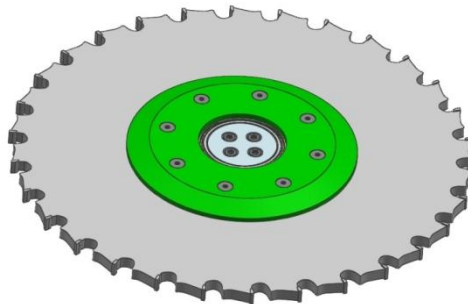
Kättingarnas längd justeras med hjälp av en utmatningsanordning. I Figur 109 ses kättingen löpa från utmatningen till matningsarmarnas ände. Kättingarnas längd varierar beroende på hur många träd som ackumulerats. Den ackumulerande arean är 0,2 kvadratmeter.



**Figur 109. Variabel ackumuleringsvolym med kätting.**

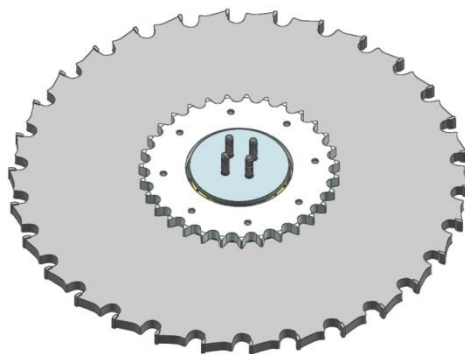
### **KOL – Klingor omlott**

Två samverkande klingor används som avskiljningsdon i slutkonceptet. Figur 110 visar en specialtillverkad klinga för ändamålet [44]. I figuren ses också en fläns tillsammans med skruvar som fästelement. Flänsen är fasad för att lättare glida över stubbarna.



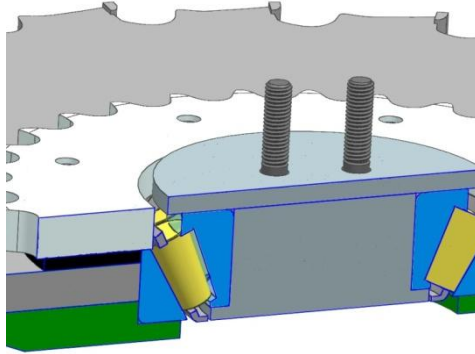
**Figur 110. Specialklingans undersida.**

Figur 111 visar klingans ovasida. För drivning sitter det ett kedjehjul i skruvförband draget mot klingan med en distans för att skapa spelrum för en kedja. En kedja ska löpa från klingans hjul till ett motordrivet kedjehjul.



**Figur 111. Specialklingans ovasida.**

De blåa geometrierna i Figur 112 utgör en del av det koniska rulllager som i sin tur utgör konstruktionens lagring. En 75 millimeter axeltapp med ett förband bestående av fyra skruvar klämmer fast axeln mot aggregatets botten. Lagrets ytterring kläms fast mellan den gröna flänsen och kedjehjulet. Denna konstruktion av lagring och drivning medför att avskilningsdonet erhåller en relativt tunn profil. Detta tack vare att klingans motor ej behöver placeras rakt ovanför klingans centrum utan kan tack vare kedjedriften placeras avskilt.



Figur 112. Klingans lagring.

#### Konceptet monterat på basmaskin

I Figur 113 visualiseras slutgiltigt koncept tillsammans med en parallellkran och lämplig basmaskin. Konceptaggregatet är cirka 1,8 meter högt.



Figur 113. Konceptet monterat på basmaskin [45].



## 9 Diskussion

Tack vare prototyptester har värdefulla slutsatser dragits kring den ackumulerande funktionen. En närmare studie på avskiljningsdon hade dock också varit värdefull, men på grund av tidsramen fanns det inte utrymme för en djupare analys. En utvärdering av det slutgiltiga konceptet jämfört mot kravspecifikationen finns i Tabell 4. Kravspecifikationen är där reducerad till de behov som var knutna till subfunktionen ackumulering. Diskussioner förs kring hur väl behoven är uppfyllda utifrån den testade prototypen och det slutgiltiga konceptet.

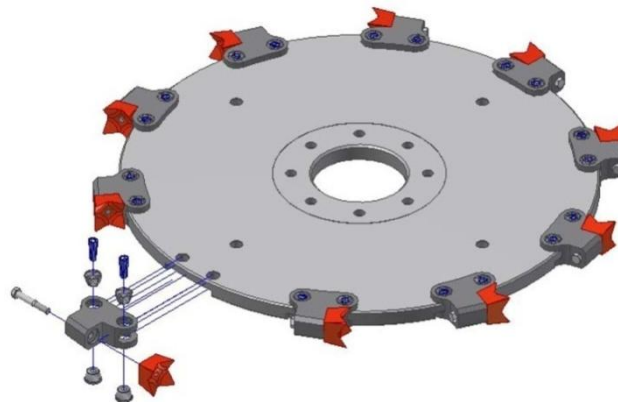
**Tabell 4. Utvärdering av slutgiltigt koncept i förhållande till kravspecifikation.**

	Behov	Specifisering	Kommentar
3	Kontinuerligt kunna ackumulera hela träd i korridor	Fälla och ackumulera träd i en korridor med följande parametrar <ul style="list-style-type: none"> <li>● Längd och bredd, 10 respektive 1 m</li> <li>● Totala trädvikten max 350 kg</li> </ul> Kontinuerlig ackumulering (Målträd) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4-10 cm diameter i brösthöjd</li> <li>● 6-12 cm stubbdiameter</li> <li>● 5-10 m höjd</li> <li>● Medelhöjd 5-8 m</li> </ul>	Enligt de tester som utförts finns det stora möjligheter att kontinuerligt ackumulera ett stort antal träd under en krancykel.  Systemet med kättingar fungerade tillfredsställande på prototypen och principen med matningsband fyllde sin funktion.
4	Inte skada kvarvarande träd	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jämförbara skador eller mindre än dagens aggregat</li> <li>● Kran i samma linje som avverkat stråk</li> </ul>	Aggregatet är konstruerat för att minimera risken för trädsador med hjälp av skyddsplåtar och rundade former.  Används en vanlig parallellförd kran sker skörd från maskinen vilket medför att kranen ligger centrerat i stråket.  För skörd mot maskinen med Access-kran ligger också kranen i stråket men ej centrerat. För att skörda mot maskinen vinklas kranen så den istället fyller hela korridorrens bredd. Den håller sig dock fortfarande inom den skördade korridoren.
10	Kunna hantera redan liggande träd	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Greppa och flytta enstaka stammar</li> <li>● Greppa och flytta bunt med stammar</li> </ul>	I det slutgiltiga konceptet är detta ej möjligt. Skulle en grip-tillsats monteras finns då möjligheten att plocka bland redan fällda träd. En relativt enkel lösning är två mindre plockarmar som kan fällas fram vid behov. Men denna funktion var endast ett önskemål.
11	Ska kunna monteras på existerande basmaskiner	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 15-20 tons skördare</li> <li>● Max 15 tons skördare</li> <li>● Skördare, skotare, grävmaskiner och övriga basmaskiner med kran</li> </ul>	Den extrautrustning som behövs är en slavcylinder. Den finns presenterad i slutkonceptet. Detta medför en annan utformning på själva kranspetsen. En slavcylinder går ej att undvika för denna typ av skörd.

17	Robust konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Klara brytkrafter från kronkontakt</li> <li>● Tilltagen säkerhetsmarginal för delar utsatta för hög belastning och slitage</li> </ul>	De roterande komponenterna i prototypen uppskattat överdimensionerade för att minimera hållfasthetsproblem. Tanken var att initialt få principen att fungera och inte lägga tid på beräkningar.
20	God framkomlighet	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Föras fram i täta bestånd (4 träd/kvadrat)</li> <li>● Rotation på aggregat 360 grader</li> <li>● kontrollerad styrning i både x-, y-led</li> </ul>	Eftersom klingorna sitter monterade relativt långt fram i aggregatet undviker det att fastna bland träden. Kran tillsammans med slavcylinder och rotator medger förflyttning i alla riktningar.

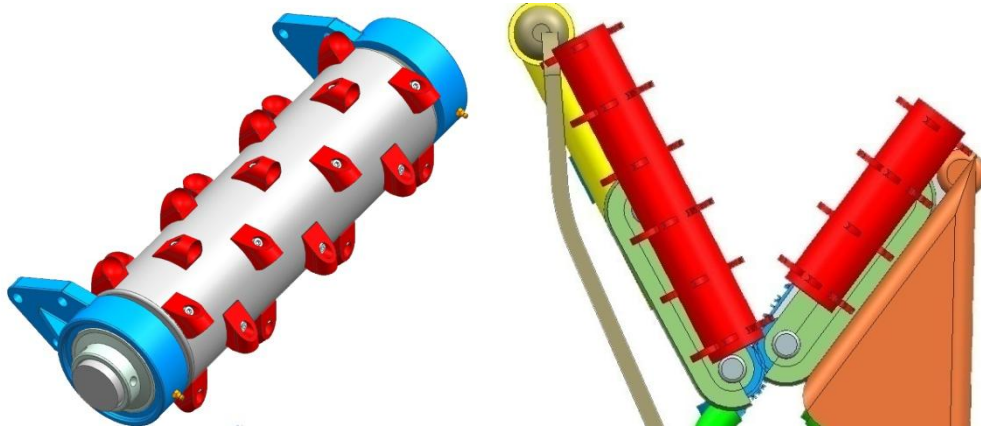
## 9.1 Avskiljning

Träd som skördas som skogsbränsle har inte några krav på kvalitet i avskiljningssnittet. Därför skulle det kunna användas en ännu grövre klinga än den som presenteras i det slutgiltiga konceptet. Figur 114 visar en alternativ fräsklinga som Quadco tog fram till det slutgiltiga konceptet. Klingan som också skulle kunna kallas disk består av en solid skiva, skärhållare och utbytbara skär. Vart eftersom tänderna nöts kan de roteras ett kvarts varv för jämnare slitage och därefter ersättas med nya när de är utslitna. Denna lösning kostar omkring fem gånger så mycket som klingan i det slutgiltiga konceptet. Klingan i konceptet antas vara känsligare för stenkörning och svårare att underhålla. Över en längre period skulle det kunna löna sig med nedanstående klinga tack vare de utbytbara skären.



Figur 114. Specialanpassad fräsklinga från Quadco [45].

Ett alternativ som också diskuterades var en roterande trumma med utbytbara skär. Idén till koncepten i Figur 115 härstammar ifrån de frästrummar som presenterades under avsnittet för Relaterad teknologi, kapitel 2.2. Till vänster i Figur 115 ses ett koncept med utbytbara tändar. En tänkbar fördel med en frästrumma är att den skulle kunna bli stryktåligare än en roterande skiva. En annan fördel är att själva drivningen av trumman inte behöver bli lika skrymmande som för en klinga. Till höger i figuren ses ett alternativt förslag med frästrummar monterade likt ett V. En fördel med denna lösning är att träden kan avskiljas närmare matningsbanden.



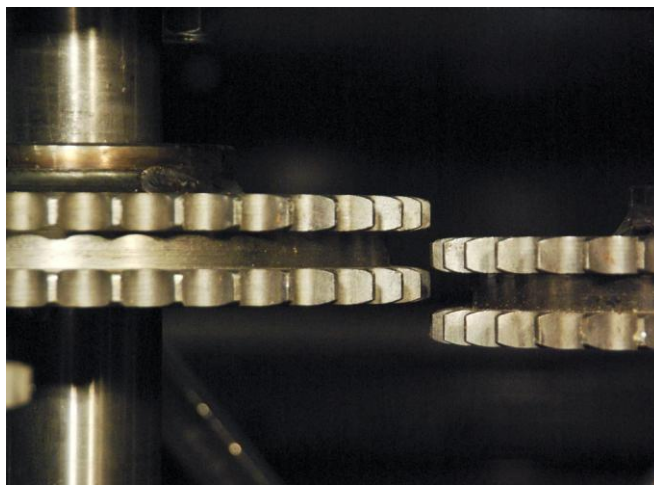
Figur 115. Alternativ avskiljning med frästrumma.

## 9.2 VAV - Variabel ackumuleringsvolym

Denna subfunktions prestanda har testats med prototypen. Detta gav viktig information kring konceptets styrkor och svagheter. Något som visade sig vara avgörande var att kedjor var nödvändigt för inmatning av stammar. Även matningshastigheten påverkar ackumuleringens funktion i stor utsträckning. I det slutgiltiga konceptet används, likt i prototypen, kättingar för att hålla de ackumulerande stammarna på plats. I prototypen användes vikter för att sträcka kättingen. I det slutgiltiga konceptet är inte sträckningen specificerad, men borde troligen bestå av fjädring eller hydraulcylindrar.

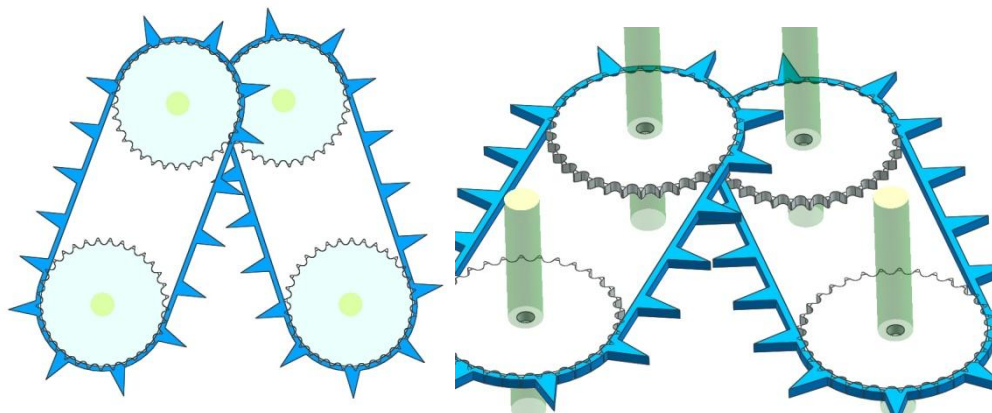
### Inmatning av stammar

Det utfördes tester där antingen kedjehjul eller kedja stod för det initiala ingreppet på stammarna. Kedjehjulen visade sig fungera dåligt som inmatare, dels om stammar var för grova och dels när matningshastigheten var så hög som vid testerna. Kedjehjulen skulle kunna fungera bättre med färre och större kuggar och lägre matningshastighet, men de har troligen fortfarande en sämre förmåga att greppa stammar jämfört med specialkedjor. Ett alternativ vore ett antal mindre hjul på rad men då anses det att en kedja kan utföra samma uppgift fast med ett mindre antal mekaniska komponenter. En roterande kedja kan göras lång och slank med kedjehjul och axlar i vardera änden. Figur 116 visar hur kedjehjulen placerades för att öka dess ingrepp i stammen. Att placera kedjorna med en viss förskjutning likt detta skulle kunna minska risken med att redan ackumulerade träd ramlar ut när armarna åker isär för att nya träd ska in.



Figur 116. Kedjehjul placerade omlott.

Figur 117 visar en konceptuell lösning på kedjor placerade omlott och där befästningslänken gjorts längre för att tidigarelägga ingreppet i stammen. Med denna lösning blir risken mindre att trädet ska ramla åt fel håll sen det avskilts. Kedjan får helt enkelt större möjlighet att fånga upp stammen utan den ramlat ut ur aggregatet.



Figur 117. Konceptuella lösningar på omlottlagda kedjor med längre befästningslänk.

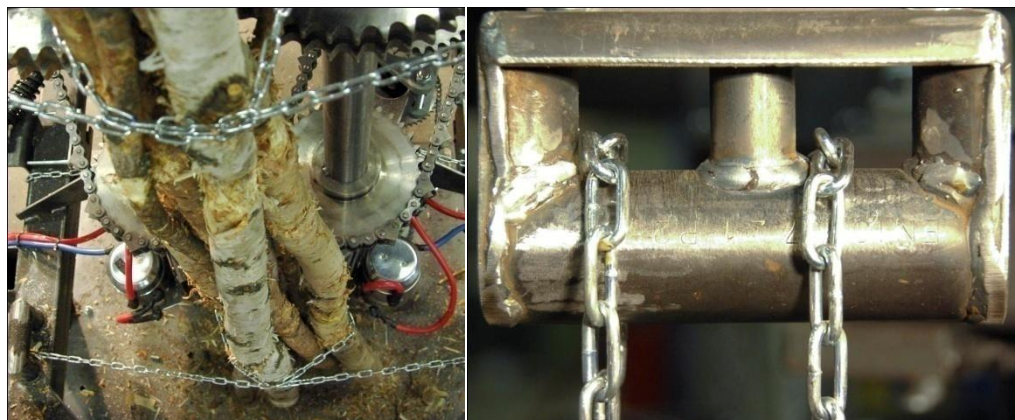
Att ytterligare kunna förbättra kedjans utformning vore att lägga ner arbete på att optimera själva befästningslänkens utseende. En spetsig länk behöver nödvändigtvis inte vara bästa lösningen. Något som förmodligen också påverkar en optimal länks utseende är matningshastigheten.

#### Matningshastighet

Testerna visade att matningshastigheten på drygt 200 varv/minut fungerade tillfredställande men innebär påfrestningar på konstruktionen. Förmodligen skulle det kunna gå att sänka till 50 varv/minut utan problem. En nackdel med hög hastighet är att det blir större slitage på mekaniska komponenter och stammar studsar i vissa fall ut igen. Med en lägre hastighet skulle också stammarna matas in på ett följsammare sätt. En fördel med en hastighet på 200 varv/minut är att ackumuleringen av träd antagligen går snabbare än själva avskiljningsprocessen. Risken blir då mindre att avskilda träd kan falla ur aggregatet eftersom matningsbandet med hög hastighet ”sliter” in träden i inmatningen.

#### Kättingar

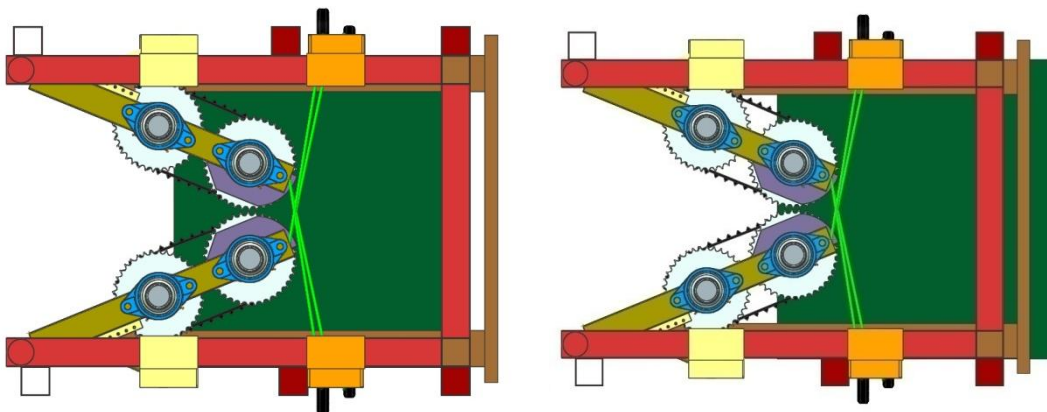
Den kätting som användes för att ackumulera träd skulle kunna ersättas med en stålvajer. Till vänster i Figur 118 visas hur kättingen går runt de ackumulerade träden. Till höger ses hur kättingen löper runt ett rör, för att sen gå ner till en av vikterna. En fördel med en vajer är att den lättare skulle kunna löpa runt röret eller alternativt löpa i ett block för minimal friktion. En vajer skulle också kunna greppa träden på ett bättre sätt eftersom den har en förmåga att skära in i mjukare material.



Figur 118. Kättingen, runt träd och löpare.

### 9.3 En analys av avskiljning och ackumulering i tidsrummet

För att garantera att alla avskilda träd ackumuleras, och inte hinner ramla åt fel håll, vore den säkraste lösningen att avskilja träden efter att de har ackumulerats. Att träden hålls fast av kättingen innan de fälls. På så sätt elimineras risken för att de ska ramla ut ur aggregatet helt. En nackdel med att ackumulera träden före avskiljning blir att den ackumulerande enheten måste vara placerad före avskiljningsdonet. Risken med detta är att de komponenter som behövs för ackumulering kan komma att kollidera med ej fällda träd. Står träden tätt och inte ger efter för aggregatet finns risken att det fastnar på vägen ut i beståndet. För att illustrera detta så används en bild från avsnittet om prototypkonstruktion, kapitel 6.1.5. I Figur 119 finns en grön bottenplåt och två olika positioner är representerade i vänster respektive höger bild. Den vänstra, lodräta plåtkanten motsvarar vart träden avskiljs. Beroende på var plåten/avskiljningsdonet är placerat i horisontell riktning kommer inmatningen av träd påverkas. Är avskiljningen placerad långt till vänster blir risken mindre att aggregatet fastnar. Men samtidigt blir risken större att träden hinner ramla åt fel håll. Placeras i stället plåten långt till höger blir det enklare att garantera att träden ackumuleras men risken att aggregatet fastnar i träd som avskiljningen inte når, blir markant större.



Figur 119. Skillnader i avskiljningens läge.

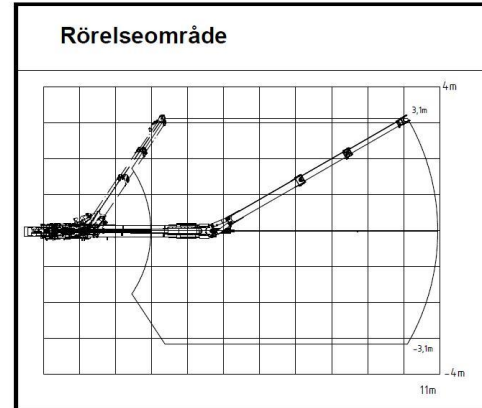
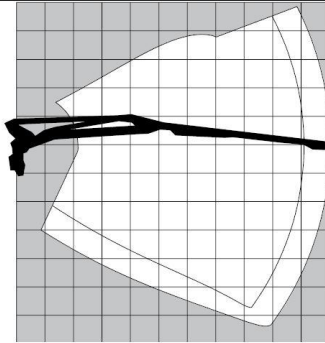
Något som antas påverka ovanstående resonemang är aggregatets hastighet genom beståndet. Placeras till exempel avskiljningen långt till vänster i konstruktionen och aggregatets skulle kunna föras fram med en hastighet av fem meter/sekund hinner förmodligen inte träden ramla åt fel håll innan de greppats av den inmatande kedjan. Förutsätts det att aggregatet konstant rör sig med en hög hastighet minimeras risken att träden missar kedjans grepp. Något som påverkar aggregatets hastighet är avskiljningshastigheten, kranhastigheten och markförhållanden. Mycket hinder i terrängen medför en lägre hastighet. Avskiljningshastighet och kranhastighet, både individuellt och deras samband, är något som inte studerats närmare i detta examensarbete. För att fastställa hur de nämnda parametrarna påverkar ackumulering krävs ytterligare fysiska tester.

### 9.4 Traditionell kran jämfört mot Accesskran

Det aggregat som presenterats som slutkoncept har möjlighet att skörda i båda riktningarna. Det som avgör om skörd kan ske åt båda hållen eller enbart ut från maskinen är valet av kran. Väljs en Cranab Accesskran möjliggörs skörd i båda riktningarna. En nackdel med Accesskranen är att arbetsområdet närmast maskinen blir en meter kortare vilket kan ses om man jämför rörelseområden i Figur 120. Till vänster visas rörelseområdet för en parallellkran och till höger för Accesskranen. Varje ruta i bilden motsvarar 1x1 meter och räckvidden är således nio meter för parallellkranen, respektive åtta meter för Accesskranen. Oavsett vilken kran som väljs i slutänden medför det inte några direkta skillnader i konstruktionen på aggregatet.

## Rörelseområde

Vitt fält visar kranens rörelseområde.



Figur 120. Rörelseområde, vanlig parallellkran och Access-kran [39].

## 10 Fortsatt arbete

Nästa steg i utvecklingen av ett skördaraggregat för kontinuerlig skörd i klena bestånd blir att ta fram en första kranpetsmonterad prototyp. Konstruktionslösningar för hydraulik samt drivning av matning och klingor kommer krävas. Det bör även analyseras hur kranhastigheten och inmatningshastigheten påverkar den kontinuerliga ackumuleringen samt hur avskiljningen fungerar med de två klingorna. Att genomföra tester med alternativa avskiljningsmetoder skulle också vara av vikt. Även optimering av ackumuleringsfunktionen bör göras. Ett flertal prototyper kommer sannolikt att krävas innan en produkt kan nå marknaden. Första steget är taget!

## 11 Referenser

- [1] **Håkansson, M.** *Skogsencyklopedien*. Stockholm : Sveriges Skogsvårdsförbund, 2000.
- [2] **Berg, S.** *Terrängtypschema för skogsarbetare*. Stockholm : Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, 1986.
- [3] **AB, Sveaskog Förvaltnings.** Om Sveaskog. <http://www.sveaskog.se>. 2009. Hämtat: januari 18, 2011.
- [4] **Ulrich, K & Eppinger, S.** *Product Design and Development*. New York : McGraw-Hill/Irwin, 2008.
- [5] **Anon.** *Skogsdata*. Umeå : Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, 2009.
- [6] **Skogsstyrelsen.** *Grundbok för skogsbrukare*. Jönköping : Skogsstyrelsens Förlag, 2005.
- [7] **Bergström, D.** *Techniques and Systems for Boom-Corridor Thinning in Young Dense Stands*. Umeå : Sveriges Lantbruksuniversitet, 2009.
- [8] **Egnell, G.** *Skogskötselserien - Skogsbränsle*. Jönköping : Skogsstyrelsens Förlag, 2009.
- [9] **Pettersson, N, Fahlvik, N & Karlsson, A.** *Skogskötselserien - Røjning*. Jönköping : Skogstyrelsens Förlag, 2007.
- [10] **Skogforsk.** Kunskap Direkt om røjning. *Kunskap Direkt*. Skogforsk, LRF Skogsägarna, Skogsstyrelsen, april 06, 2007. Hämtat: november 1, 2010. [www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt](http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt).
- [11] **Anon.** Avverkningen slår i taket. *Skogseko*. 2003, Nr 3/2003.
- [12] **Eriksson, P & Nordén, B.** Bränsleuttag i bestånd med eftersatt røjning. *Skogforsk Resultat*. 1999, Nr 7/1999.
- [13] **Iwarsson Wide, M.** Klenträdsaggregat för skogsbränsle - en marknadsöversikt. *Skogforsk Resultat*. 2009, Nr 3/2009.
- [14] **Anon.** Bioenergin växer så det knakar. *Svebio*. Svenska Bioenergiföreningen. Hämtat: september 13, 2010. [www.svebio.se](http://www.svebio.se).
- [15] **Bergström, D.** *Skörd av skogsbränsle i förstagallringar*. Umeå : Sveriges lantbruksuniversitet, 2010.
- [16] **Bredberg, C-J.** *Typbestånd i förstagångsgallringar*. Stockholm : Skogshögskolan, 1972. Nr 55.
- [17] **Gustavsson, R.** *Typbestånd i røjningsskog*. Garpenberg : Skogshögskolan, 1970. Nr 70.
- [18] **Anon.** New Equipment. *Bullock Brothers*. Hämtat: oktober 10, 2010. <http://www.bullockbrothers.com>.
- [19] **Anon.** Model 5300. *GN-ROY*. 03 12, 2009. Hämtat: oktober 15, 2010. <http://www.gnroy.com>.
- [20] **Anon.** Willow Project. *State University of New York College of Environmental Science and Forestry*. Hämtat: oktober 1, 2010. <http://www.esf.edu/>.
- [21] **Anon.** Rodster. *Salixphere*. Hämtat: oktober 25, 2010. [www.salix.se](http://www.salix.se).
- [22] **Anon.** Home. *Sugar Cane Harvester*. Hämtat: oktober 12, 2010. <http://www.caneharvester.co.za/>.
- [23] **Anon.** Models. *Pro Mac Manufacturing Ltd*. Hämtat: oktober 20, 2010. <http://www.promac.bc.ca>.

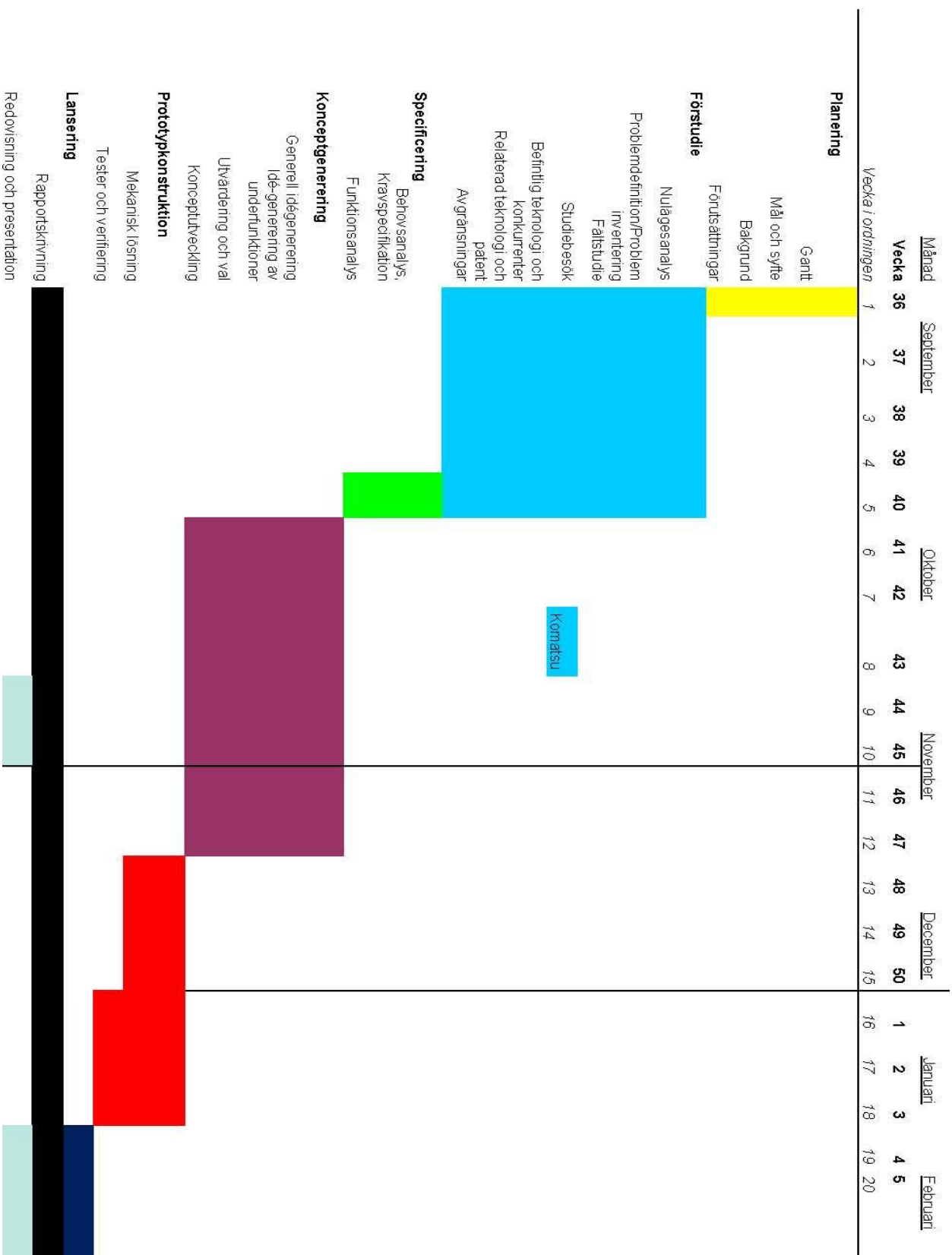


- [24] **Anon.** Drum Movers. *Forestry equipment, saw tooth, grinder teeth, mulcher teeth - Quadco Canada and United States*. Hämtat: oktober 12, 2010. <http://www.quadco.com/>.
- [25] **Anon.** About Our Products. *Torrent Technical*. Hämtat: oktober 18, 2010. <http://www.torrenttechnical.com>.
- [26] **Anon.** Brush Cutters. *Slashbuster - Excavator Attachments*. Hämtat: oktober 27, 2010. <http://www.slashbuster.com/>.
- [27] **Anon.** Search Patents. *FreePatentsOnline.com*. (C) 2004-2011. Hämtat: november 10, 2010. [www.freepatentsonline.com](http://www.freepatentsonline.com).
- [28] **Anon.** Svensk Patentdatabas. *PRV*. 2010. Hämtat: november 17, 2010. [www.prv.se/spd](http://www.prv.se/spd).
- [29] **Ligné, D.** *New technical and alternative silvicultural approaches to pre-commercial thinning*. Umeå : Deptarture of Silviculture, Swedish Univerisity of Agricultural Sciences, 2004.
- [30] **Brunberg, Torbjörn.** Kostnader och virkespriser ökade. *Skogforsk Resultat*. 2009, Nr 7/2009.
- [31] **Anon.** Om oss. *Skogforsk*. Skogforsk. Hämtat: januari 27, 2011. [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).
- [32] **Bergkvist, I.** Praktisk uppföljning visar att stråkröjning har stor potential. *Skogforsk Resultat*. 2006, Nr 2/ 2006.
- [33] **Bergkvist, I & Nordén, B.** Stråkröjning billigare och effektivare . *Skogforsk Resultat*. 2004, Nr 20/2004.
- [34] **Iwarsson Wide, M.** Flerträdshantering och materhjul ger effektiv avverkning i klen skog. *Skogforsk Resultat*. 2009, Nr 14/ 2009.
- [35] **Anon.** Pentin Paja Oy. *Samlande Naarva-Grip 1500-25E*. Hämtat: januari 5, 2011. [www.pentinpaja.fi](http://www.pentinpaja.fi).
- [36] **Anon.** Bracke C 16.b - Nu ännu vassare. *Bracke Forest*. Hämtat: januari 5, 2011. [www.brackeforest.com](http://www.brackeforest.com).
- [37] **Anon.** 330.2/ 330.2 DOU - Flexibla aggregat för lönsam gallring. *Komatsu Forest*. 2011. Hämtat: januari 6, 2011. [www.komatsuforest.se](http://www.komatsuforest.se).
- [38] **Johannesson, H, Persson, J-G & Pettersson, D.** *Produktutveckling*. Stockholm : Liber, 2004.
- [39] **Cranab.** *Produktblad Cranab HC155*. Vindeln : Cranab AB.
- [40] **Johannes Nilsson, Vimek.** Vindeln, Personligt meddelande. oktober 2010.
- [41] **Anon.** Verkttygshållare. *Jula*. Hämtat: november 23, 2010. [www.jula.se](http://www.jula.se).
- [42] **Algoryx Simulation AB.** *Algoryx Simulation AB* .Hämtat: oktober 1, 2011. [www.algoryx.se](http://www.algoryx.se).
- [43] **Anon.** Products. *Iskra* . Iskra Avtoelektrika d.d., 2011. Hämtat: januari 6, 2010. [www.iskra-ae.com](http://www.iskra-ae.com).
- [44] **Strand, Å.** Mjölby : Personligt meddelande. Swedex AB, 2010. 136107.
- [45] **Anon.** Roligt att ladda ner. *Komatsu Forest*. 2011. Hämtat: januari 26, 2011. [www.komatsuforest.se](http://www.komatsuforest.se).
- [46] **Kukkonen, E.** Personligt meddelande: Quadco Equipment, 2011.
- [47] **Bergstrand, K-G and Lindman, J & Petré, E.** *Redogörelse nr 7, Skogsarbeten*. 1986.

## 12 Bilagor

1. Gantt-schema
2. Urval av ackumulerande aggregat på marknaden
3. Specifikationer Testbänk 1
4. Intervjuunderlag
5. Schematisk beskrivning av konceptgenerering
6. Agenda för kvantitativ idégenerering
7. Skisser subfunktion Avskiljning
8. Skisser subfunktion Nivellering
9. Skisser subfunktion Ackumulering
10. Alla koncept
11. Vikting av utvärderingsparametrar
12. Data för stammar använda vid tester av prototypen

Bilaga 1: Gantt-schema



Bilaga 2: Urval av ackumulerande aggregat på marknaden

Tillverkare	Aggregat	Land	Fällnings- diameter max (mm)	Avverknings- mekanism	Vikt (kg)	Flerträds- hantering	Tidsåtgång för avverkning per ton TS (min)	Träd per timme (st)	Ackumulerande area (m <sup>2</sup> )	Referens
Mense	RP 80	Finland	150 (sågning) 90 (klipp)	klippknivar	300	nej				www.mense.fi
Anders Skördare	Nisula 280 E	Sverige	200	klippknivar	290 utan rotator	ja				www.andersskordare.se
AFM Forest Ltd	220	Finland	250	klippknivar	450	ja				www.afm-forest.fi
Allan Bruks AB	Klippen 250	Sverige	250	klipp med mothäll	490	ja				www.allanbruks.se
Naarva-Grip	1500-25EH	Finland	250	glijotin	430	ja	15**	210***	55**	www.pentinpajala.fi
Moisio Forest	Moipu 250	Finland	250	glijotin	ca 450	ja				www.moisioforest.com
Ponsse	EH 25	Finland	250	glijotin	400	ja				www.ponsse.com
Bracke	C16 a	Sverige	260	klinga	500	ja	16**	200**	45**	www.brackeforest.com
Prentice	SH-50	USA	500	klinga	2650	ja				www.prenticeforestry.com
Waratah	H412	?	470	svärd	733	ja				www.waratah.net
Komatsu	Valmet 330.2Duo	Japan	480	svärd	750	ja				www.komatsuforest.se
Log Max	4000B	Sverige	500	svärd	653	ja	11**	275**	66**	www.logmax.se

\* Resultaten från en Naarva grip 1500-50E, utgått ur sortimentet

\*\* Källa: Ivarsson Wide, M. Flerträdsantering och mätarjul ger effektiv avverkning i klen skog. Skogforsk Resultat. 2009. Nr 14/ 2009.

Bilaga 3: Specifikationer Testbänk 1

Specifikation	
Effektiv såglängd	950 mm
Längd på kedja	2607 mm
Längd mellan länkar	19 mm
Antal tänder	33 st
Kedjehastighet	29,5 m/s
Teoretisk fällhastighet	0,71 m/s
Praktisk fällhastighet	1,0-1,3 m/s
Gauge	1,8 mm
Bredd på länk	8 mm
Hydraultryck	234 MPa
Sågenhet	Hulldins Supercut 300, Figur 121
Vikt	325 kg
Mått, längd x bredd.	104 x 35 cm

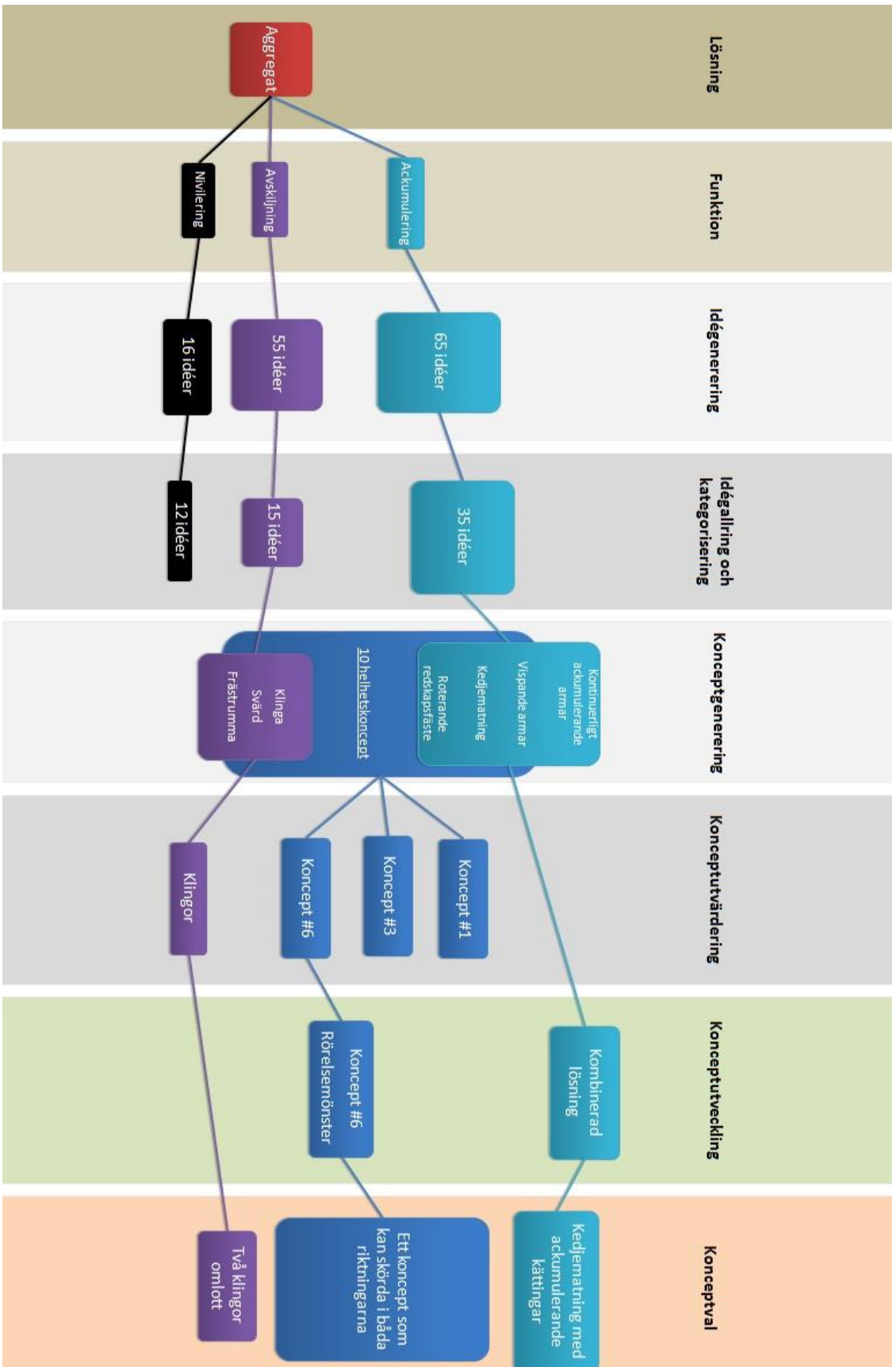


Figur 121. Hulldins Supercut 300.

## Maskinförare

- Hur länge har föraren kört maskin? detta aggregat?
- Vilka andra aggregat har föraren kört?
- fördelar med detta aggregat, styrkor?
  - vad är lätt att utföra
  - smarta lösningar
  - vilka uppgifter löser aggregatet enkelt
  - jämfört med andra aggregat?
- Åtkomlighet med aggregat/kran?
- Precision med aggregat/kran
  - Övervakning
- Nackdelar med aggregatet, svagheter
  - svårt att utföra något
  - något som saknas, uppgift som inte går att lösa men som vore bra
  - vad saknas/ behov
  - klumpigt?
  - jämfört med andra aggregat?
- Haverier vad händer, hur ofta, vad går sönder
  - hur mycket slitage på svärd, klinga, kedja
- Vilken terräng är effektivast att jobba i? När jobbar du som snabbast, som lättast
- Problemterräng
- Miljömässigt bäst/sämst? hur ska maskinen köras
- Ekonomiskt bäst/sämst?
  - avverkningshastighet
  - klimat
  - stamantal/skogskubik
  - brösthöjdsdiameter
- Aggregatet anpassat för?
  - avverkningshastighet
  - stamantal/skogskubik
  - brösthöjdsdiameter
- Miljömässiga problem
- Ekonomiska problem
- Tekniska problem
- Förslag på förbättringar
- Arbetsmiljö
  - sikt från hytten
- Testbänk 2:
  - kommentarer
  - vad ser du för problem
  - styrkor

Bilaga 5: Schematisk beskrivning av konceptgenerering



## Agenda för kvantitativ idégenerering 12-oktober 13:00-15:00

### Material:

- Konceptpapper
- Pennor
- Rekvisita
  - Patent
  - Tidigare lösningar
  - Förenklad terrängmodell
  - Beståndsbilder
  - Äggklocka/ I-clock
  - regler
  - koncept-papper
- Kort presentation (5 minuter)
  - Vilka är vi och vad gör vi? -->Exjobsbeskrivningen  
Terränglådan
  - Vart i exjobbet vi är nu. Förstudie avslutad.
  - Syftet med dagens aktivitet från 100 idéer till 20 till en idé.
- FRÅGOR?
- Starter - "Världens bästa mikrovågsugn" (10 minuter)
  - REGLER
  - 2 minuter
  - Rattar, knappar, display, timer, kycklingrillarbarbeque sås funktioner etc.etc.
  - Hur ska egentligen en mikrovågsugn se ut? Ge oss ditt förslag!
- Tidigare fantastiska och makabra lösningar för skogsbruket. (1 minut)
  - Patent, Bilder.
  - Brainstorming metoder.
- Hur kan man...

### **Scenario: En 10x1m lång korridor i skogen (30 minuter)**

- **Hur kan man fälla alla träd på 10 sekunder? Brainwriting**
  - 6 minuter enskilt skissande. skissa ner allt man kommer på!
  - Skicka skissen/skisserna medsols ->
  - Utveckla grannens skiss i 3 minuter och diskutera vid frågetecken.
  - Skicka skissen medsols ->
  - Utveckla grannens skiss i 3 minuter och diskutera vid frågetecken.
  - Presentera skissen i handen med hjälp av övriga
  - Samla in alla idéer.
    - Utgå från skissen i handen
    - utifrån a-skisser. ->...hur kan man undvika höga stubbar/**följa marken? Presentera 3 olika förslag**
    - 6 minuter enskilt skissande.
    - Presentera skiss och tankar.
- Fikapaus! (10)

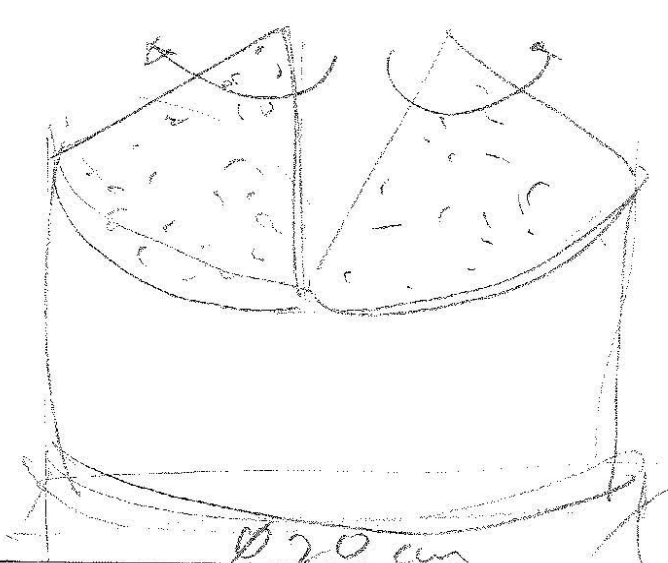
### **Scenario: Nyss satt fast men (30 minuter)**

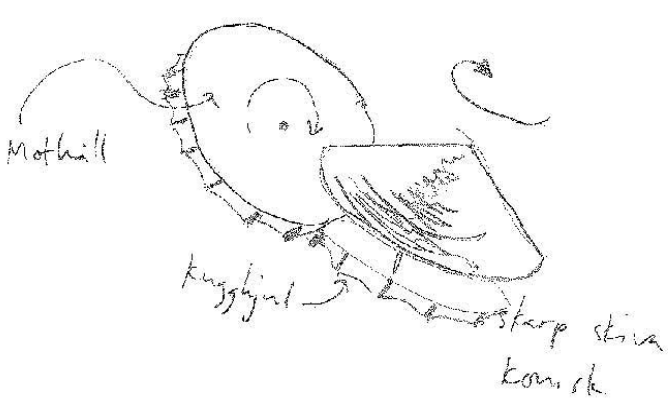
- **Alla träd får inte bli utspridda i korridoren efter kapning? Brainwriting**
  - 6 minuter enskilt skissande.



## Bilaga 6: Agenda för kvantitativ idégenerering

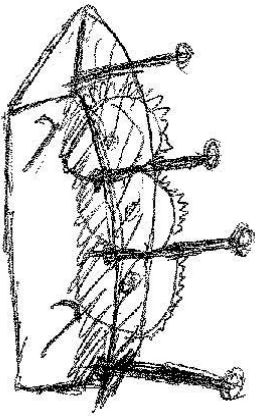
- Skicka skissen medsols ->
- Utveckla grannens skiss i 3 minuter och diskutera vid frågetecken.
- Skicka skissen medsols ->
- Utveckla grannens skiss i 3 minuter och diskutera vid frågetecken.
- En grupp om fyra personer gör ett konceptförslag.
- Varje grupp redovisar sitt förslag.
- Samla in alla idéer.
- **Reserv: Flytta högen**

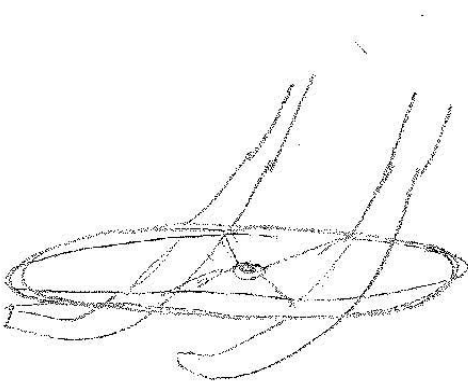
<b>Concept #</b> 43		<b>Tagline</b> E Bower
<b>Sketch of the concept</b>	<b>Features</b>	
	<b>Notes</b>	
<b>Created by</b>		
<small>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</small>		<small>© 2006 Andreas Larsson, Peter Törnlind</small>

	<b>Notes</b>
<b>Created by</b>	
<small>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</small>	
<small>© 2006 Andreas Larsson, Peter Törnlind</small>	

<b>Concept #</b> 26	<b>Tagline</b> F. kedjan utan stöd
<b>Sketch of the concept</b>	<b>Features</b>
	<b>Notes</b>
<i>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</i>	© 2008 Andreas Larsson, Peter Törning
<b>Created by</b>	

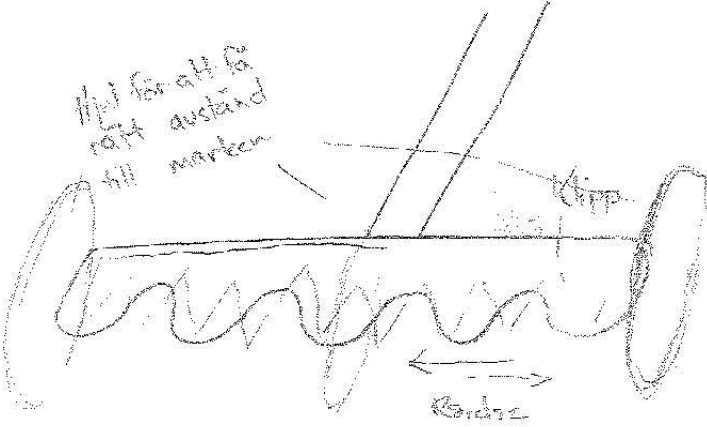
<b>Concept #</b> 29	<b>Tagline</b> F. Vals
<b>Sketch of the concept</b>	<b>Features</b>
	<b>Notes</b>
<b>Created by</b>	

<b>Concept #</b> 9 F	<b>Tagline</b>
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b> Carl Johansson
<i>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</i> © 2008 Andreas Larsson, Peter Tolino	

<h1>Concept # 15</h1>		Tagline N
Sketch of the concept	<p>rundskiva m/ sargkeda Sittande ovanpå på medar</p> 	Features
		Notes
		Created by BTE

"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind


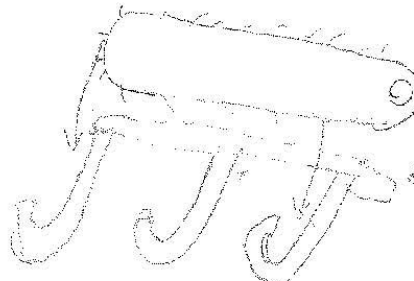
<h1>Concept # 16</h1>		Tagline N
Sketch of the concept	<p>Kratta m/ sängkläder utskjut</p> <p>Med för att få rätt avstånd till marken</p> 	Features
		Notes
		Created by BTE

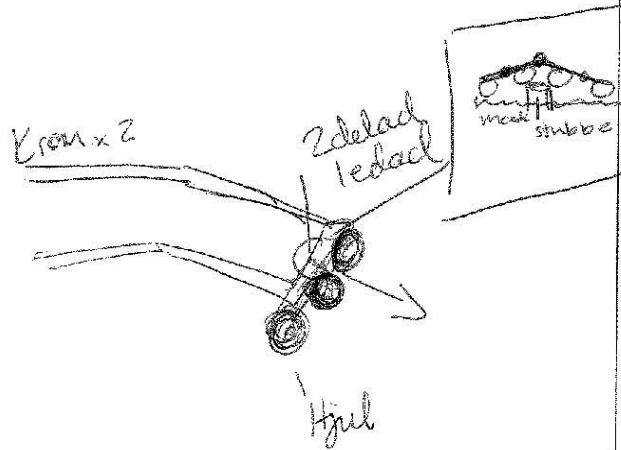
"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

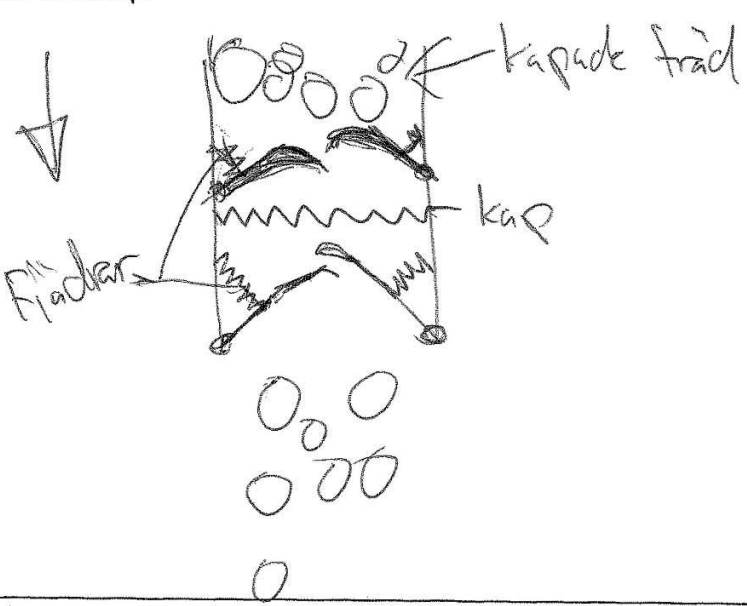
© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind

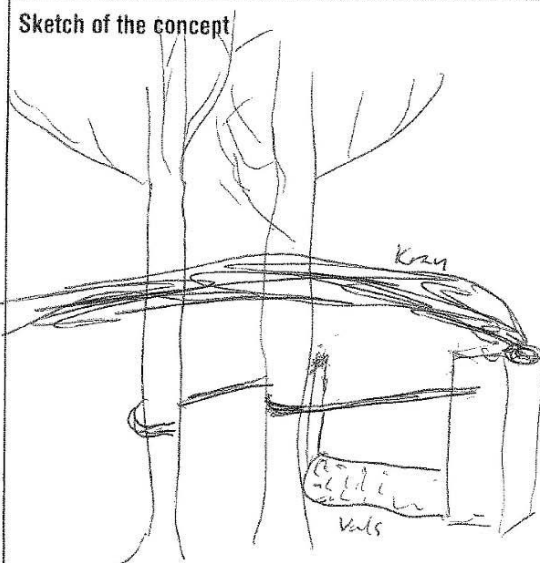
<b>Concept #10N</b>		<b>Tagline</b> Voterande disk på kulan
<b>Sketch of the concept</b>		<b>Features</b> Detektens under reglering?
	<p>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</p>	<p>Created by V.B.</p> <p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind</p>

<b>Concept #7N</b>		<b>Tagline</b> Björn Fårstrand
<b>Sketch of the concept</b>	<p>Avläsnings av marken fram för top kamra eller laser men blir köra mer på säkerhet höga stebbar ha skyddet under källing</p>	<b>Features</b>
		<b>Notes</b>
<p>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</p>	<p>Created by</p> <p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind</p>	

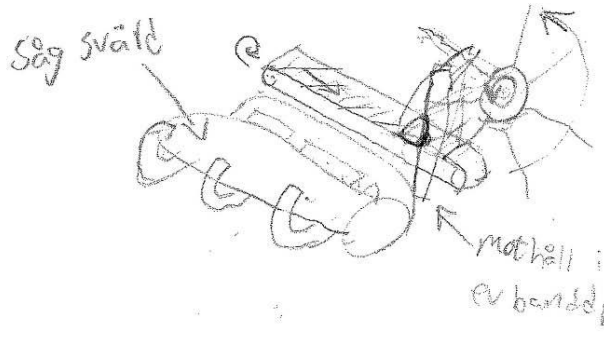
<h1>Concept #</h1>	<p>Tagline</p> <p>N</p>
<p>Sketch of the concept</p> <p>vy från bänan</p>  	<p>Features</p> <p>Notes</p> <p>Created by</p>
<p>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</p> <p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind</p>	

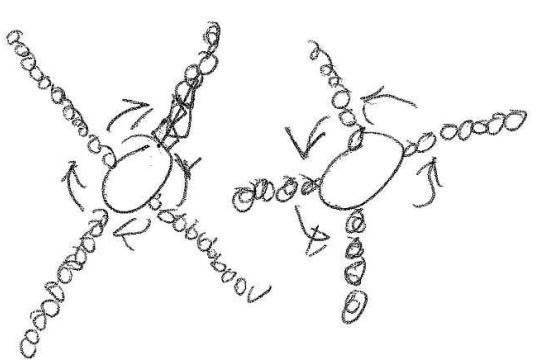
<h1>Concept #</h1>	<p>1/V</p>
<p>Sketch of the concept</p> 	<p>Features</p> <p>Notes</p> <p>Created by</p> <p>Carls</p>
<p>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</p> <p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind</p>	

<b>Concept #</b> 53		<b>Tagline</b> A - Mekanisk backventil
<b>Sketch of the concept</b>		<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>
<small>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</small>		<small>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törlind</small>

<b>Concept #</b> 49		<b>Tagline</b> A Kärpen	M
<b>Sketch of the concept</b>		<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>	
<small>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</small>		<small>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törlind</small>	



<h1>Concept #21A</h1>		<p>Tagline</p> <p>Fakta och ackumulera</p>	L
<p>Sketch of the concept</p> <p style="text-align: center;">Band som för träden i sidled</p> 		<p>Features</p>	<p>Notes</p>
<p>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</p>		<p>Created by</p> <p>Göran N</p>	<p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind</p>

<h1>Concept # 45</h1>		<p>Tagline</p> <p>A - Roterande - kättingar</p>	L
<p>Sketch of the concept</p> 		<p>Features</p>	<p>Notes</p>
<p>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</p>		<p>Created by</p>	<p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind</p>



Concept #

60

Tagline

A korridor - separate

Sketch of the concept

Features

Medan

- 1. Ut
- kan
- 2. W
- kan
- 2 (A)H

Notes

- 3. Lägg
- 4. öppna
- kan

Created by

"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törlind

Concept #

36

Tagline

A utskjutbara armar

Sketch of the concept

Features

Notes

Created by

"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törlind

<b>Concept # 56</b>		Tagline A MALLEN Skilling 3
Sketch of the concept		Features
		Notes
		Created by

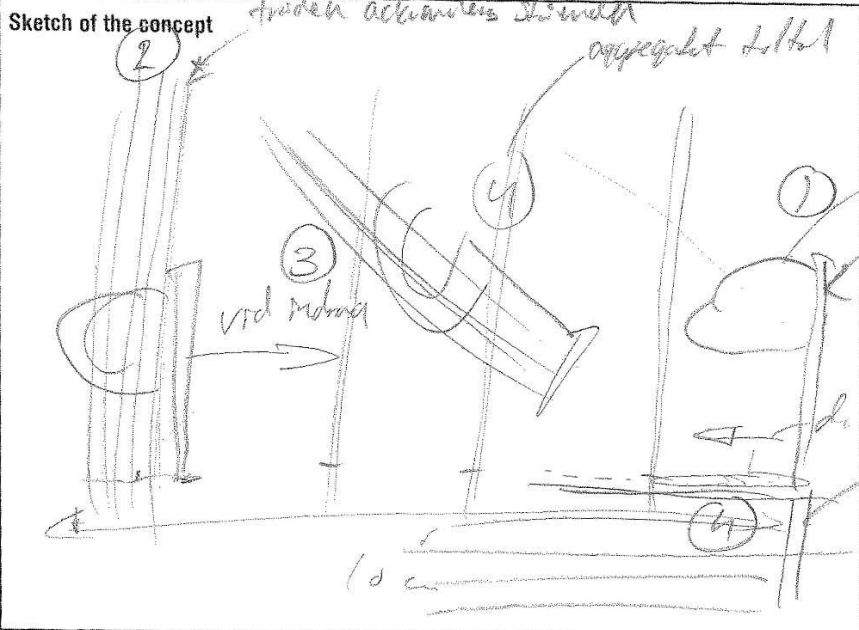
"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törönd

<b>Concept # 9</b>		Tagline A 1
Sketch of the concept		Features
		Notes Fall = ackumulering
		Created by Magnus

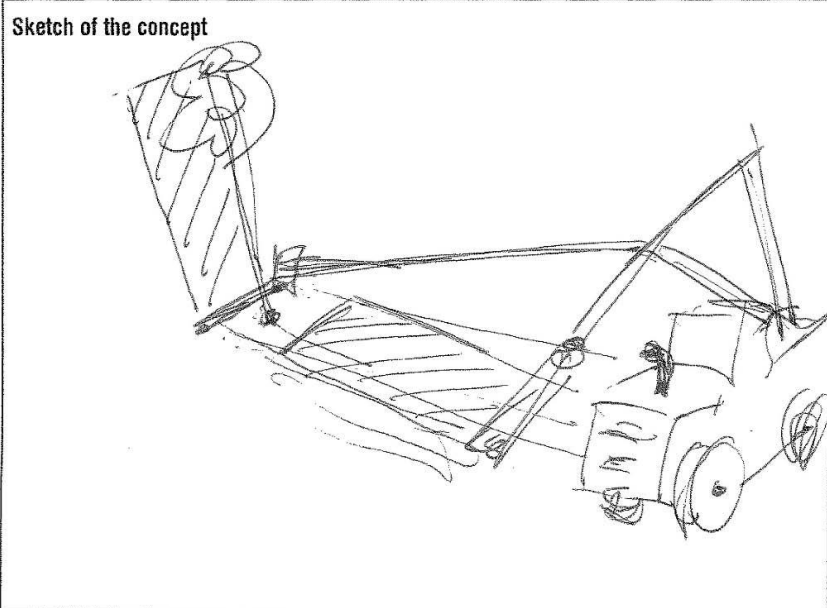
"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törönd

<b>Concept # 10</b>		<b>Tagline</b> A Ackumulering, lo Lande design
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b> vinkel- ackumulerings arm mot till	<b>Notes</b> disk Anden ligger vid skivorna
	<b>Created by</b> P.B.	

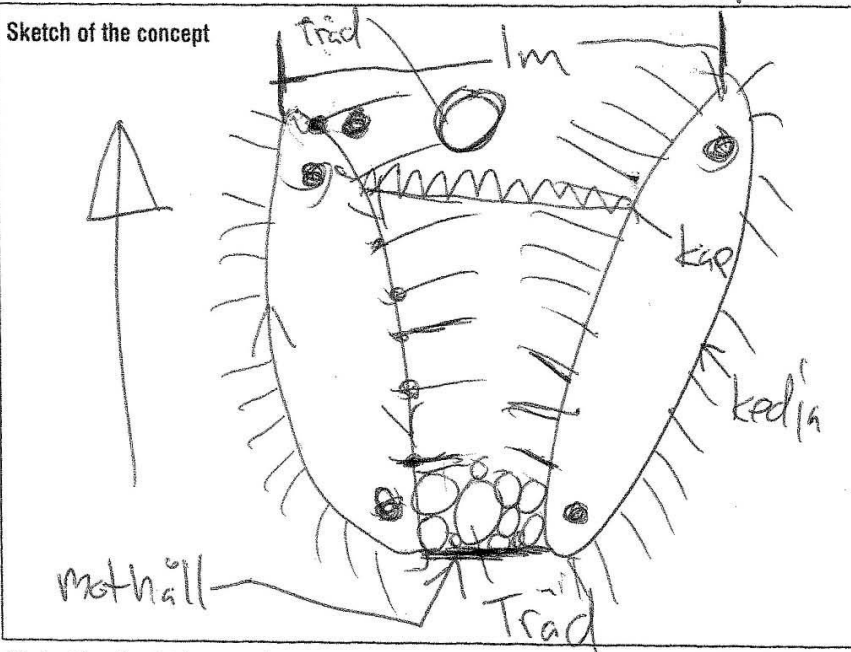
"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind

<b>Concept # 57</b>		<b>Tagline</b> A Fällan	H
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>	<b>Notes</b>	<b>Created by</b>

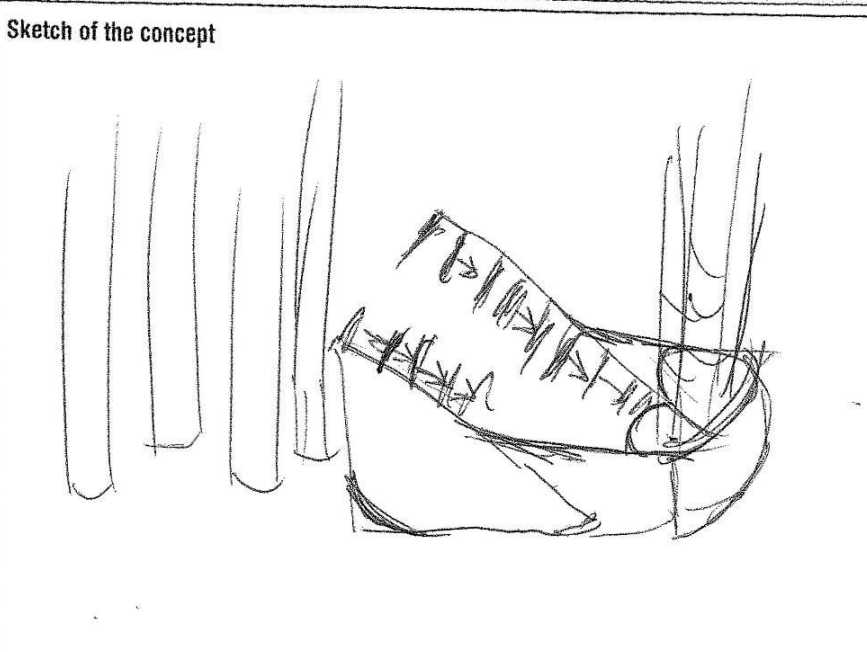
"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törnlind

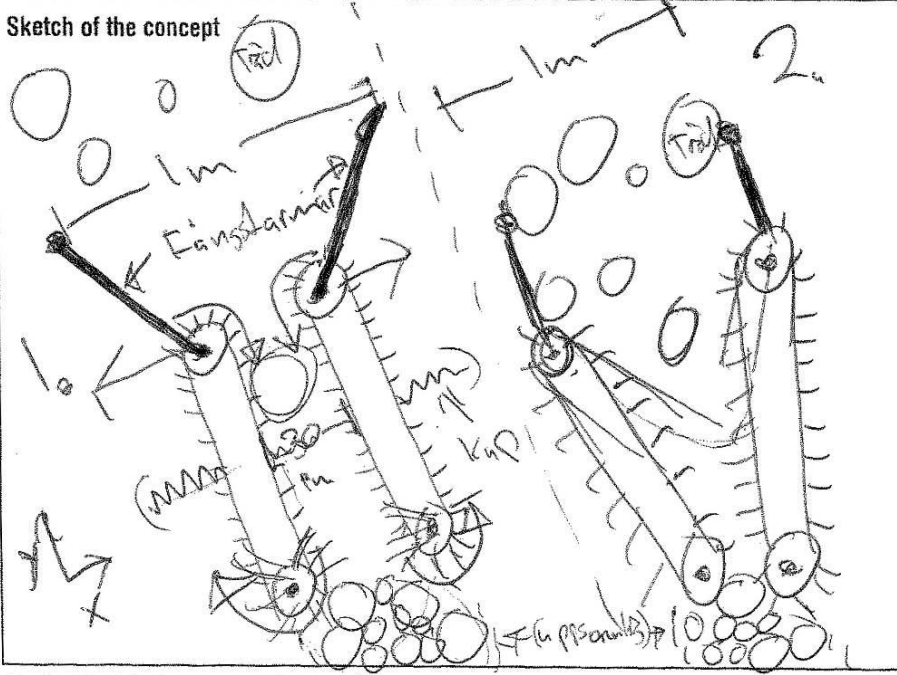
<b>Concept #</b> 22		<b>Tagline</b> A - kedje visp	E
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>		<b>Notes</b>
	<b>Created by</b>		

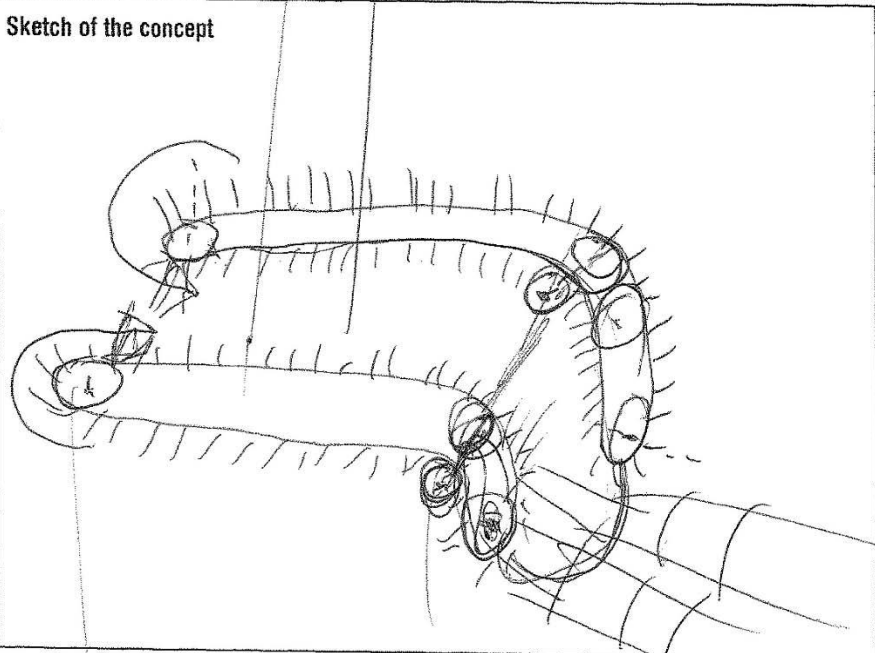
*"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"*

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törind


<b>Concept #</b> 40		<b>Tagline</b> A - Lutand fosare	E
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>		<b>Notes</b>
	<b>Created by</b>		

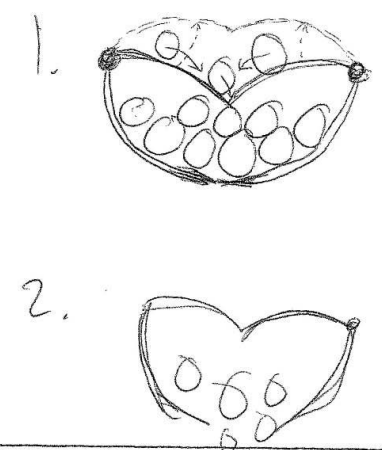
*"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"*

<b>Concept #</b> 42	<b>Tagline</b> A variabel bredd	E
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>	
<p><i>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</i></p> <p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törönd</p>		

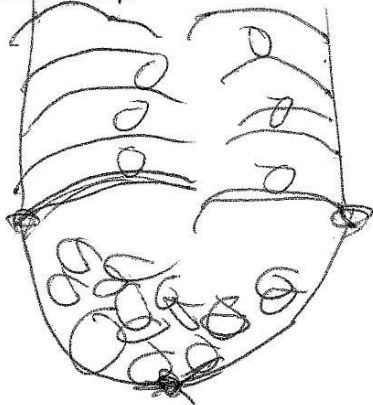
<b>Concept #</b> 44	<b>Tagline</b> A-Larven	E
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>	
<p><i>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</i></p> <p>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törönd</p>		

D

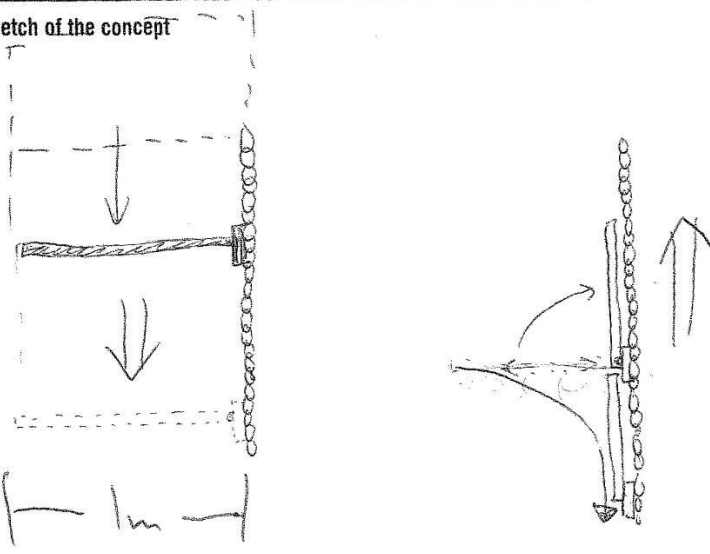
<b>Concept #</b>	<b>Tagline</b> A - Lammare
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>
<small>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</small>	
<small>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törlind</small>	

<b>Concept #</b> 50	<b>Tagline</b> A Lammare 2	D
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>	
<small>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</small>		
<small>© 2008 Andreas Larsson, Peter Törlind</small>		



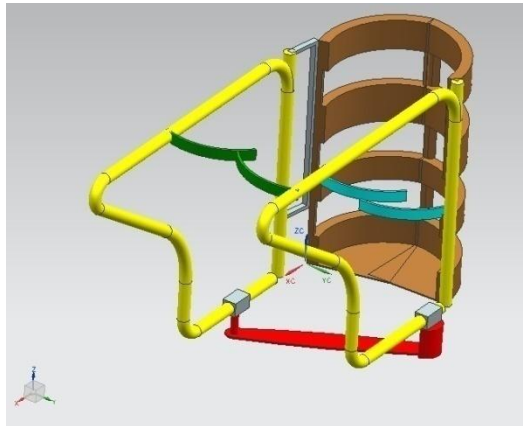
<b>Concept #</b> 51	<b>Tagline</b> A - Gadd kaff
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b>  <b>Created by</b>
<i>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</i>	

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törind

<b>Concept #</b> 30	<b>Tagline</b> A Gudsellbana
<b>Sketch of the concept</b> 	<b>Features</b>  <b>Notes</b> sönder utgående
<b>Created by</b>	
<i>"Be visual (combine sketches and text) and explain unique features"</i>	

© 2008 Andreas Larsson, Peter Törind

# Koncept 1 Vikbar stående

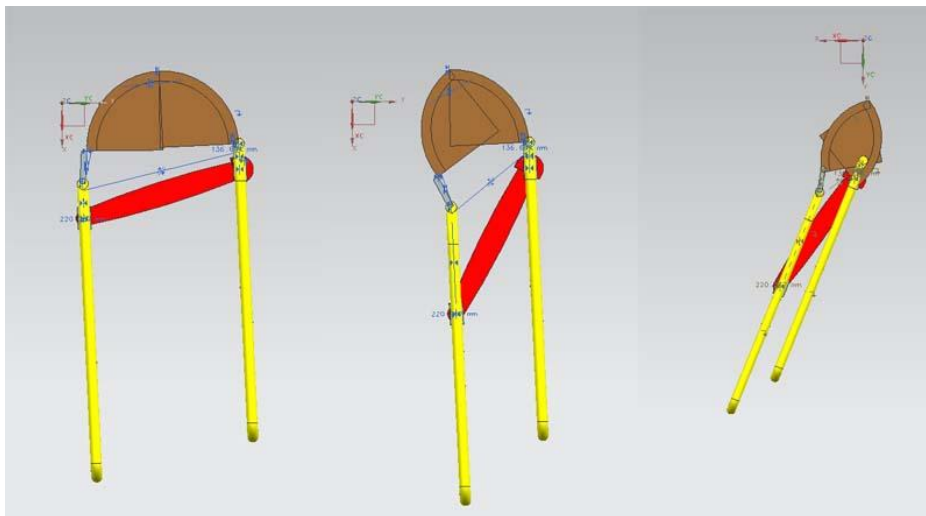


Överblick

## Förklaring:

Träden ackumuleras stående i den bruna korgen. De gröna armarna fungerar som mekaniska backventiler. Innan stammarna kapas är de innanför de mekaniska ventilerna och kan med andra ord inte ramla åt fel håll avskiljningen skett. De blå armarna verkar växelvis för att hålla fast buketten med stammarna i korgen.

För att kunna variera bredden på korridoren är aggregatet flexibelt så det kan fällas ihop mer eller mindre. Svärdet följer i detta fall med aggregatets bredd automatiskt.

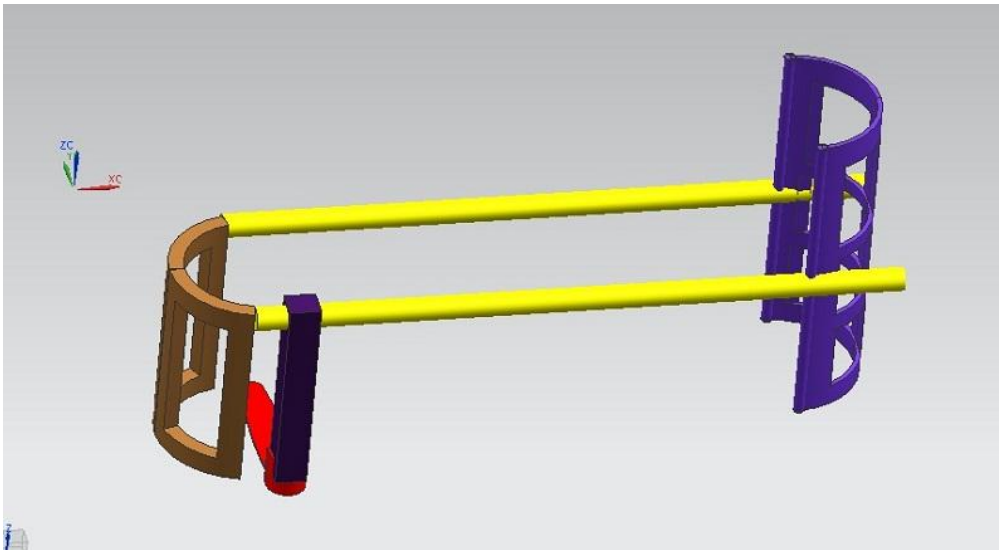


Rörelseschema

Fördelar: Ett aggregat som kan användas vid skörd i båda riktningarna. Från maskinen och mot maskinen. Flexibel bredd för en mer selektiv avskiljning. Vid täta bestånd kan aggregatet smalt som och stickas ut i beståndet för att skörda mot maskinen.

Nackdelar: Stående ackumulering skapar brytkrafter i aggregatet.

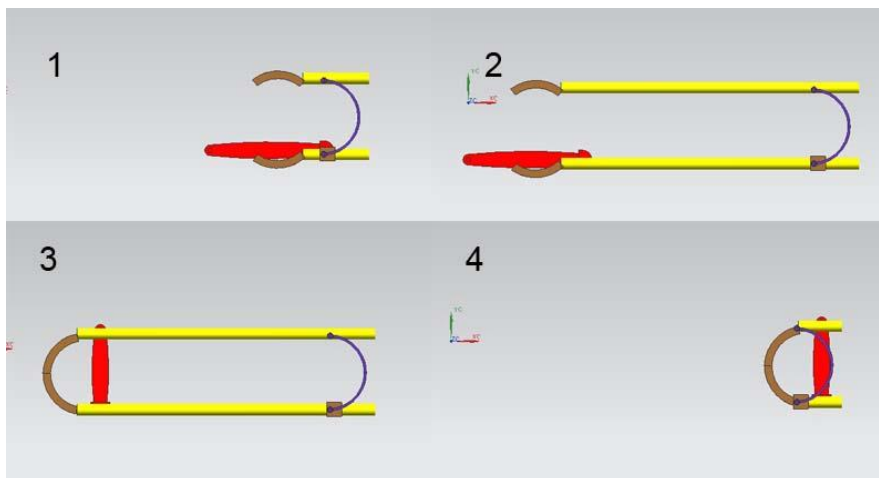
## Koncept 2 Ramstyrd



Överblick

**Förklaring:**

Teleskopiska armar förs ut i beståndet. Längst ut på armarna sitter det en grip och ett avskiljningsdon. Gripen förs ihop när armarna är helt utsträckta och avskiljningsdonet aktiveras. De teleskopiska armarna drar gripen och donet i hög hastighet mot den lila korgen. På den korgen sitter den också fast i maskinens kranspets.

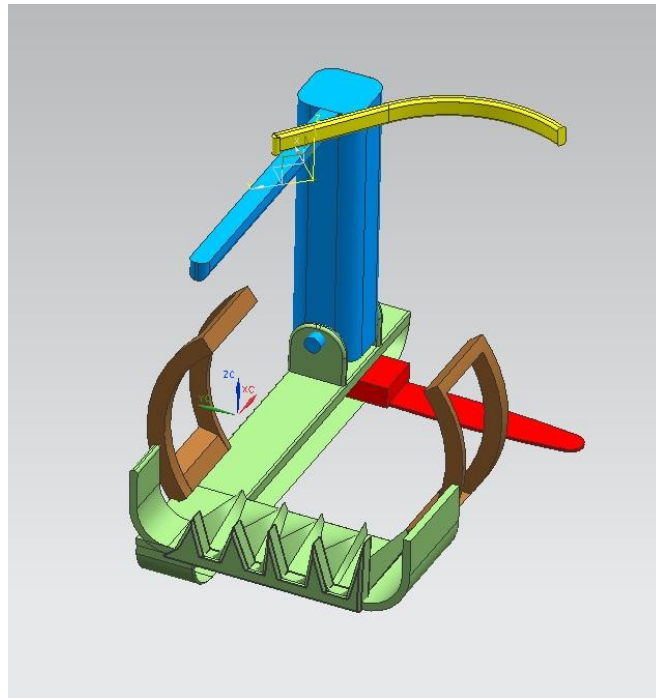


Rörelseschema

Fördelar: Kontroll över avverkad yta. Stabil avskiljning

Nackdelar: Skrymmande konstruktion. Belastningen på armarnas infästning i korgen.

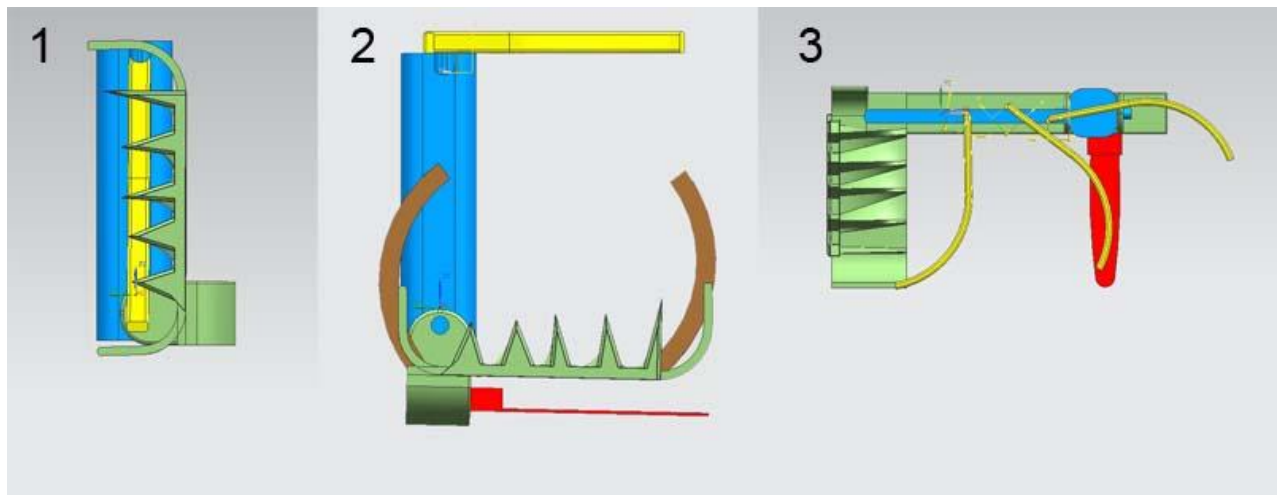
## Koncept 3 Släde



Överblick

**Förklaring:**

En släde med utfällbart avskiljningsdon och också en utfällbar ackumuleringsenhet. Träden föses mot donet och avskiljs och puttas ner mot en ram där stammarna fastnar i vassa kanter. En växelverkande grip håller fast träden ytterligare.

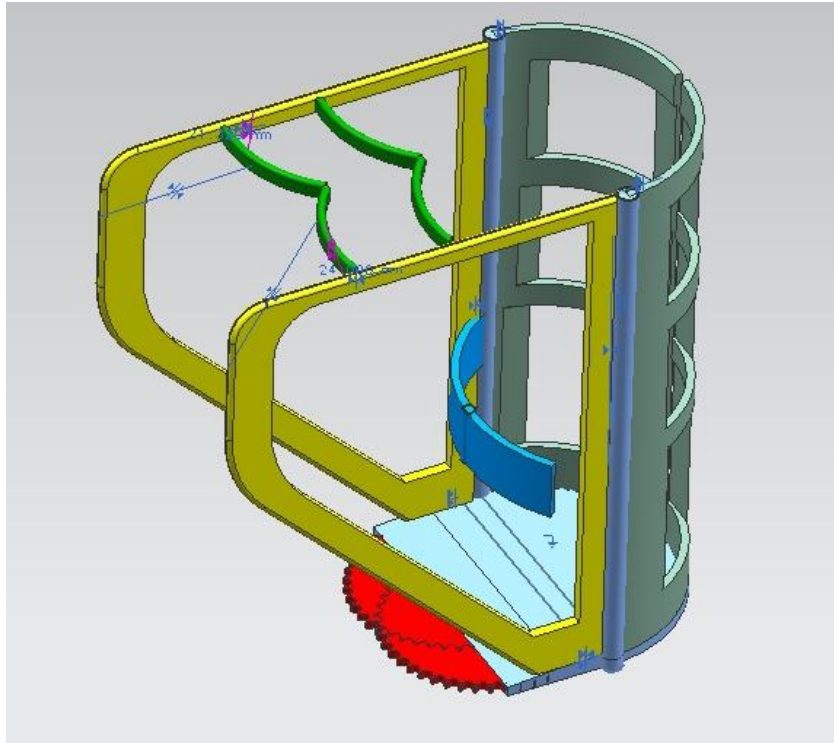


Rörelseschema

Fördelar: Smidig. Enkel ackumulering.

Nackdelar: Osäker ackumulering.

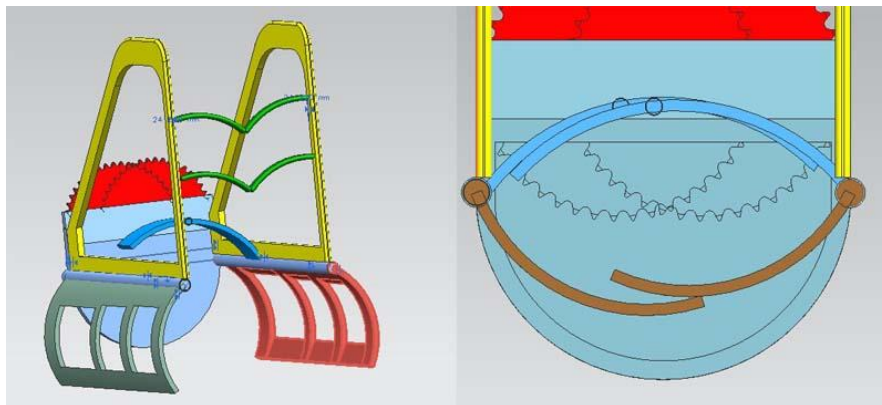
## Koncept 4 Stel stående



Överblick

**Förklaring:**

Träden ackumuleras stående i den gråa korgen. De gröna armarna fungerar som mekaniska backventiler. Innan stammarna kapas är de innanför de mekaniska ventilerna och kan med andra ord inte ramla åt fel håll avskiljningen skett. De blåa armarna verkar växelvis för att hålla fast buketten med stammar i korgen.

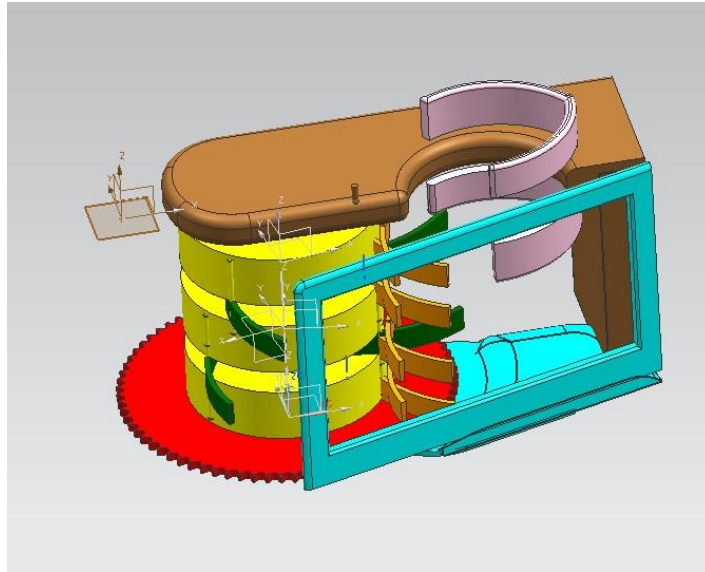


Rörelseschema

Fördelar: Enkel avlämning av bunt.

Nackdelar: Statisk bredd kan öka risken för trädsador. Att skörda mot maskinen kan vara svårt på grund av begränsad framkomlighet när aggregatet förs ut i beståndet.

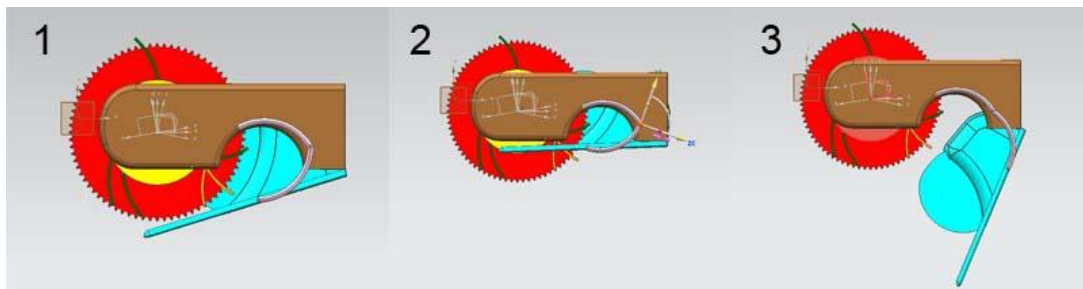
## Koncept 5 Roterande ackumulering



Överblick

Förklaring:

De gröna armarna roterar med en hastighet lägre än fräsklingan. Dessa armar föser träden innanför den turkosa ramen där stammarna buntas i den lila gripen.

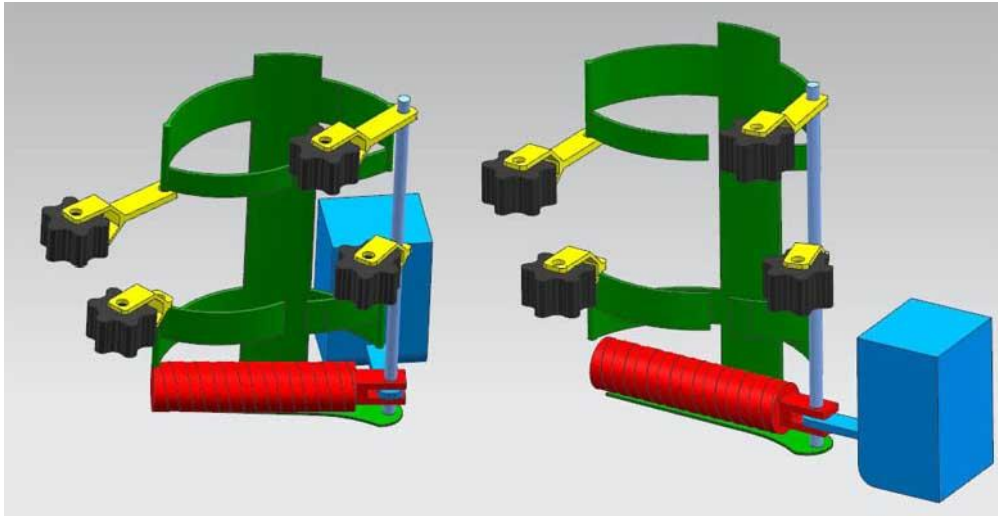


Rörelseschema

Fördelar: Snabb ackumulering.

Nackdelar: Svårt att ackumulera träd som träffar disken på motsatt sida från gripen. Klumpig. Många rörliga delar.

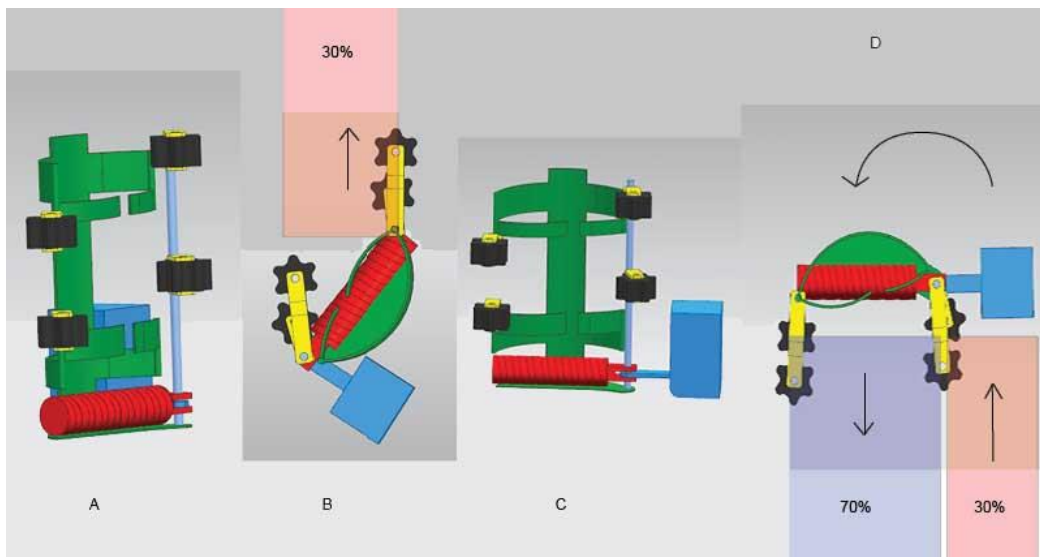
## Koncept 6 Två-vägs



Överblick

**Förklaring:**

Aggregatet skördar och ackumulerar stammar i båda riktningarna. Från maskinen och mot maskinen. Vid skörd från maskinen täcker aggregatet exempelvis 30% av korridorrens bredd. När aggregatet vänt tar det resterande 70% av korridorren när det förs mot maskinen. Aggregatet kan ackumulera liggande och stående.

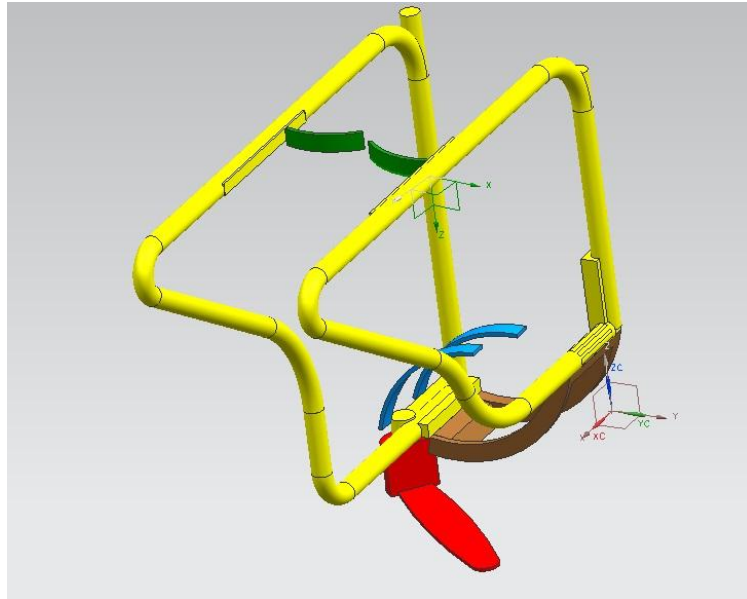


Rörelseschema

Fördelar: Hög framkomlighet. Flexibla skörderiktningar. Variabel stråkbredd.

Nackdelar: Stående ackumulering när aggregatet förs från maskinen.

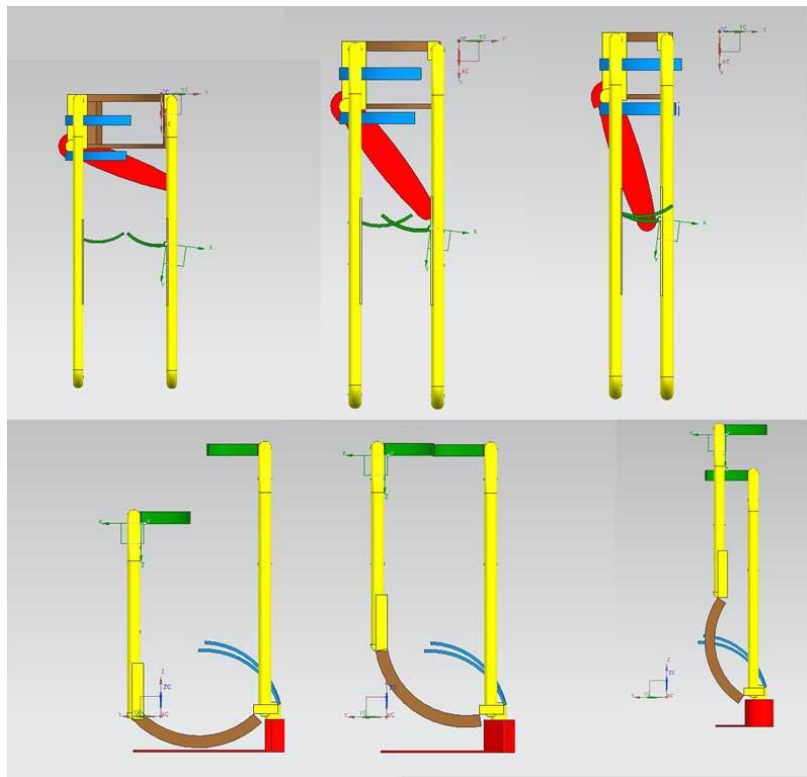
## Koncept 7 Vikbar liggande



Överblick

**Förklaring:**

Träden ackumuleras liggande i den bruna gripen. De gröna armarna fungerar som mekaniska backventiler. Innan stammarna kapas är de innanför de mekaniska ventilerna och kan med andra ord inte ramla åt fel håll då avskiljningen skett. De blåa armarna verkar växelvis för att hålla fast buketten med stammar i gripen.



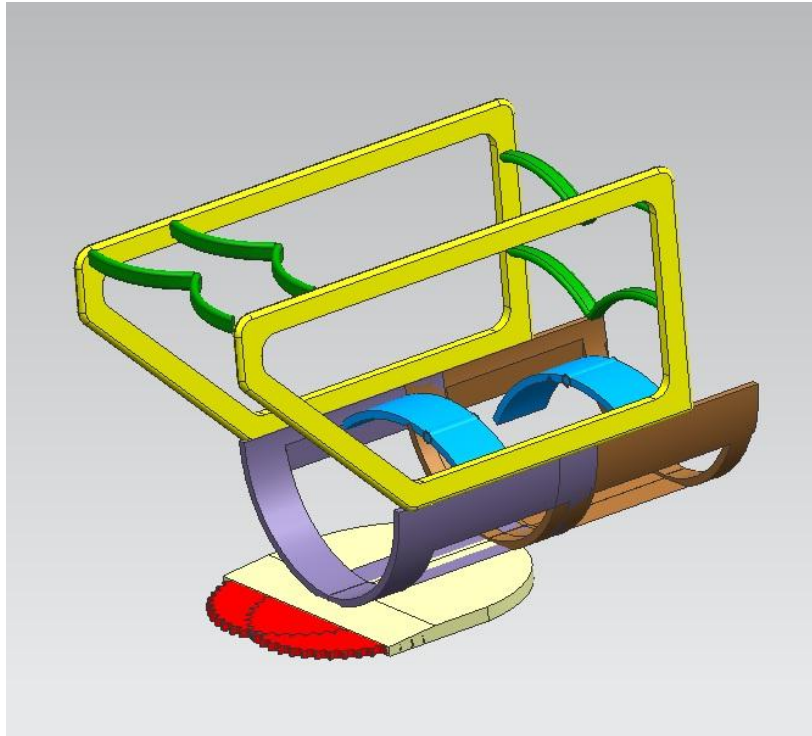
Rörelseschema

Fördelar: Variabel stråkbredd. Slank.

Nackdelar: Endast skörd mot maskinen är möjligt på grund av liggande ackumulering.



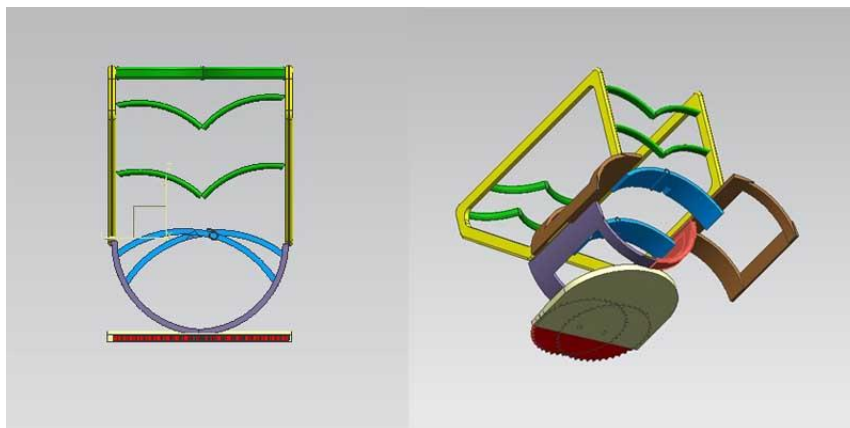
## Koncept 8 Liggande stel



Överblick

**Förklaring:**

Träden ackumuleras liggande i de bruna griparna. De gröna armarna fungerar som mekaniska backventiler. Innan stammarna kapas är de innanför de mekaniska ventilerna och kan med andra ord inte ramla åt fel håll avskiljningen skett. De blåa armarna verkar växelvis för att hålla fast buketten med stammar i korgen.

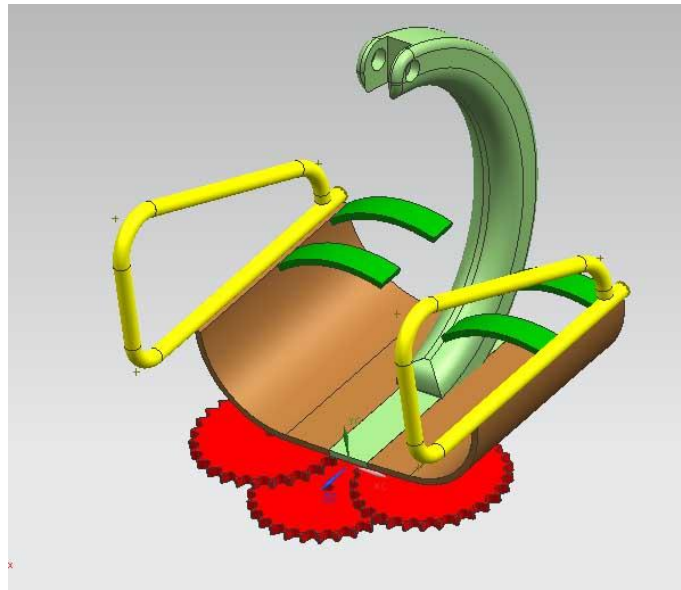


Rörelseschema

Fördelar: Robust konstruktion.

Nackdelar: Statisk bredd. Endast skörd mot maskinen. Låg framkomlighet.

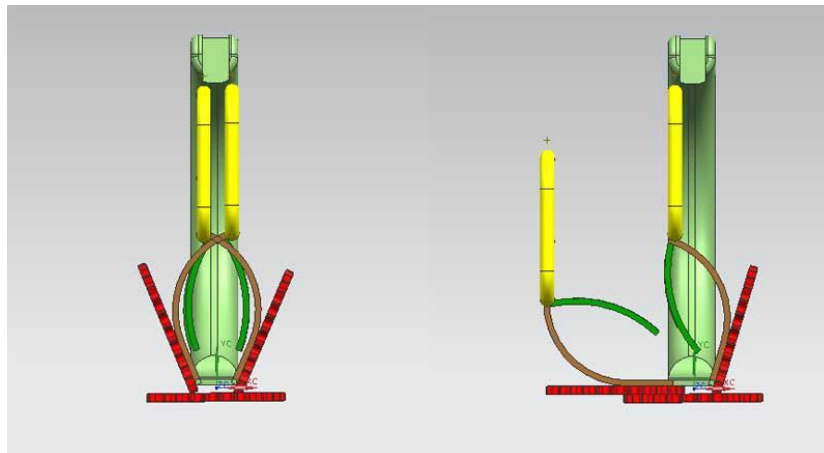
## Koncept 9 Mittmontage



Överblick

**Förklaring:**

Ett aggregat där kranpetsen monteras i centrum på aggregatet men långt bak för att inte kollidera med ännu ej fällda träd. Liggande ackumulering.

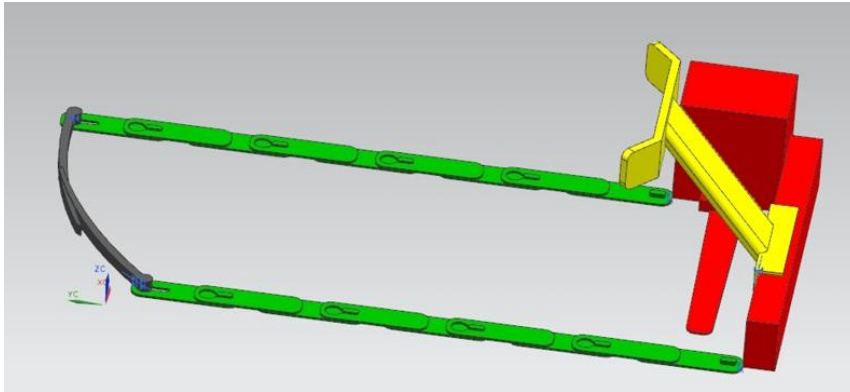


Rörelseschema

Fördel: Kranen förs ej genom det kvarvarande beståndet, mindre risk för trädkador. Masscentrum hamnar i linje med kranpetsen. Flexibel korridorbredd.

Nackdel: Enbart skörd mot maskinen. Kranen är i linje med korridoren som ska fällas. Risk för kontakt mellan kran och träd är stor.

# Koncept 10 Flex-kollekt



Överblick

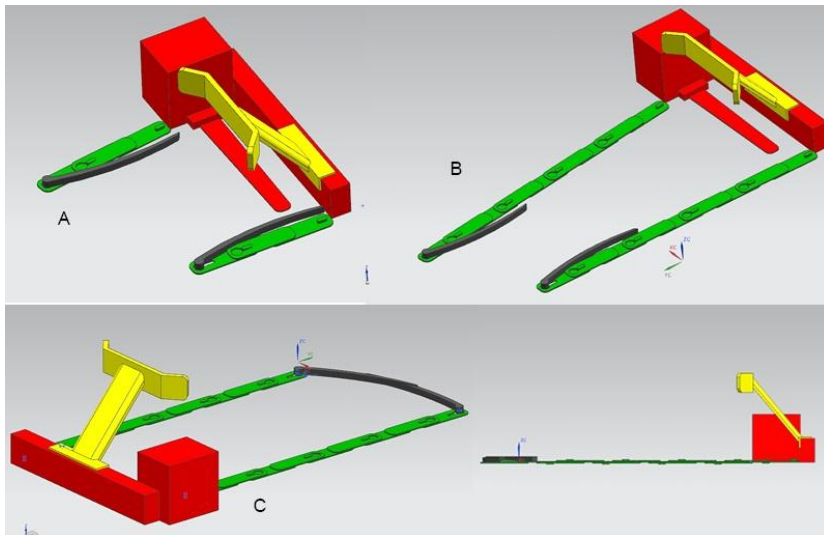
Förklaring:

Detta koncept liknar koncept 2. I stället för en stel ram används i stället en kedja för att snöra in träden i korridoren.

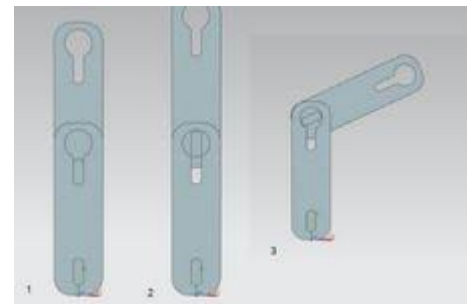
När kedjan sticks in i beståndet är den helt stel och fungerar som en lång pinne. När kedjan omslutit korridoren och kedjan belastats glider länkarna i sär och kedjan blir följsam runt korridorens långsida. Kedjefunktionen beskrivs här nedan.

Kedjan spänns och aggregat med fälldon åker in i korridoren och ackumulerar träden stående mot det gula stödet. Buketten med träd förs sen ut mot stickväg och läggs ner.

Kedjan lagras hopvikt i själva aggregatet



Rörelseschema



Fördelar: Stabil avskiljning. Stor kontroll över fälld yta.

Nackdelar: Stående ackumulering kan skapa brytkrafter i aggregatet.

Bilaga 11: Viktning av utvärderingsparametrar

Utv #	Kontroll av fällda träd i avverkad yta	Hänsyn till kvarvarande kanträd i stråk	Kran i förhållande till avverkat stråk	Förmåga att greppa om bunt	Kranbelastning	Konceptets komplexitet	Robusthet, klara krävade miljö	Framkomlighet	Summa	Summa/Totalt	
1	Kontroll av fällda träd i avverkad yta X	0	1	0	1	0	0	1	3	11%	
2	Hänsyn till kvarvarande kanträd i stråk	X	1	1	1	1	1	1	7	25%	
3	Kran i förhållande till avverkat stråk	0	X	0	1	1	1	1	4	14%	
4	Förmåga att greppa om bunt	1	0	1	X	1	1	1	6	21%	
5	Kranbelastning	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
6	Konceptets komplexitet	1	0	0	0	X	0	1	3	11%	
7	Robusthet, klara krävade miljö	1	0	0	0	1	X	1	4	14%	
8	Framkomlighet	0	0	0	0	1	0	X	1	4%	
									Totalt	28	100%

Bilaga 12: Data för stammar använda vid tester av prototypen

Träd	Diameter på stammen i mm vid övre ingrepp	Diameter på stammen i mm vid undre ingrepp	Längd i m
1	40	45	2,4
2	50	55	3
3	35	40	2,4
4	50	55	2,8
5	20	30	2,7
6	55	60	1,8
7	45	45	1,8
8	45	50	2,6
9	25	30	3,1