



Skogsindustriella institutionen
HÖGSKOLAN DALARNA
Skog och Trä

Studie av system EnHar vid uttag av skogsenergi i unga bestånd

– Hamrestudien

Tomas Gullberg
Jerry Johansson
Jan-Erik Liss



Systemutveckling/Arbetsvetenskap

Arbetsdokument nr 9 • 1998

Garpenberg

Förord

De studier som redovisas i denna rapport är genomförda av Skog och Trägruppen vid Högskolan Dalarna i samarbete med Mellanskog. Studierna utgör en del av projekt ”Systemstudier ungskogsbränsle” som finansieras av Statens Energimyndighet. Syftet med projektet är bl.a. att studera egenskaper och utvecklingsmöjligheter hos drivningssystem för uttag av skogsbränsle från ungskogar, samt att så mångsidigt som möjligt värdera dessa system.

Arbetet utgör även en del i ett större biobränsleprogram finansierat av strukturfondsmedel (Mål 2), där målsättningen är att främja utvecklingen inom området genom forskning, utveckling samt information. Ett mindre bidrag för projektets genomförande har även erhållits från Kopparfors Skogliga Fond, och medel har även ställts till förfogande av Skogsvårdsstyrelsen i Dalarna – Gävleborg. Inom programmet har en ledningsgrupp tillsatts bestående av representanter från Dalarnas forskningsråd, LRF, Skogsvårdsstyrelsen Dalarna - Gävleborg, Mellanskog och STORA Skog.

Ett varmt tack riktas till alla som bidragit till rapportens tillkomst! Ett speciellt tack riktas till Mellanskog (Hedemora-kontoret), markvärden och de två maskinförarna, Tommy och Lars, som svarade för avverkning och terrängtransport!

Garpenberg i september 1998

Jan-Erik Liss
Projektansvarig

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	<i>iii</i>
1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Tidigare studier	1
2. Syfte	2
3. Material och metoder	2
3.1 Bestånd	2
3.2 Maskin	3
3.3 Arbetsmetod	4
3.4 Studiemetoder	5
4. Resultat	7
4.1 Avverkningsuttag	7
4.2 Flerträdshantering	10
4.3 Tidsåtgång och prestation vid avverkning	10
4.4 Tidsåtgång och prestation vid skotning	13
4.5 Skador på kvarstående träd	15
4.6 Standardprov av avverkning och kranmanövrering	19
5. Diskussion	21
LITTERATUR	24

Bilagor

1:1	Momentindelning för fällningsarbetet
1:2	Momentindelning för skotningsarbetet
2	Skadeinventeringsklasser
3:1	Försöksuppställning (principskiss) för standardprov – avverkning
3:2	Försöksuppställning (principskiss) för standardprov – kranmanövrering
4	Data över avverkningsuttaget per diameterklass i respektive bestånd
5	Data över avverkningsuttaget i respektive stråk

Sammanfattning

Föreliggande studie utgör en del i ett större forskningsprogram, där syftet är att studera egenskaper och utvecklingsmöjligheter hos drivningssystem för uttag av skogsbränsle från ungskogar. Som ett led i programmet ingår att undersöka prestationsnivån vid avverkning och terrängtransport av de avverkade träden. För att någorlunda generellt kunna uttala sig om vilken prestationsnivå man kan förvänta sig vid detta arbete krävs flera studier i olika typer av bestånd med skilda förutsättningar vad gäller trädstorlek, trädslagsfördelning, antal träd per hektar etc. Förarnas erfarenhet av maskinsystem och arbetsmetoder är andra faktorer som har stor inverkan på resultatet.

I en första studie valdes att göra en mindre undersökning på det maskinsystem som för närvarande bedöms som mest intressant för den här typen av åtgärder, nämligen system EnHar. Syftet med studien var att få en grov uppfattning om systemets möjligheter samt att med de erfarenheter som studien ger bedöma systemets potential. En förhoppning var också att studien skulle kunna bidra till den fortsatta utvecklingen av systemet, främst avseende teknik och arbetsmetoder.

EnHar (Energy Harvester) har utvecklats av Elmek AB i Dala-Järna. Systemet bygger på ett flerträdshanterande fällaggregat som kan användas på olika typer av basmaskiner. I den nu redovisade studien var aggregatet monterat på en Lillebror. Vid avverkning och sammanföring av träden studerades två olika metoder, dels arbete efter en stickväg enligt samma metod som används av t.ex. gallringsskördare, dels arbete efter ca 15-20 m långa s.k. ”instick”, vinkelrätt utlagda från stickvägen. Den stora skillnaden mellan dessa metoder är att den sistnämnda metoden ger betydligt större trädhögar vid stickvägskanten, vilket underlättar efterföljande vidaretransport, eller flisning (om denna genomförs i beståndet). Vid den här studien transporterades träden ut till avlägg, där de sedan flisades. Terrängtransporten genomfördes med en konventionell skotare. Tidsstudier genomfördes på avverkning (och sammanföring av träden till stickvägskant) samt efterföljande terrängtransport till avlägg. Även förekomsten av skador på kvarstående bestånd som förorsakats i samband med drivningsarbetet undersöktes. Sönderdelningen av träden till flis blev inte föremål för några studier.

Studien genomfördes i ett klenare och ett grövre bestånd med björk i ett övre skikt och gran i ett undre skikt, och omfattade totalt 26 försöksytor med en sammanlagd areal på ca 0,4 hektar. Totalt avverkades drygt 1600 träd på ytorna, vilka gav knappt 16 m³ sk, eller ca 10 ton TS. Mellan ca 3600 och 4000 stammar per hektar avverkades (motsvarande ca 50-65 % av stamantalet). Den aritmetiska medeldiametern på uttaget låg i genomsnitt på 3,8 cm i brösthöjd vid ”stickvägsmetoden” och 4,4 respektive 4,6 cm i de två studier som genomfördes på ”insticksmetoden”. Uttagets medeldiameter på de olika försöksytorna låg mellan 3,6 och 6,5 cm.

Prestationen, mätt i antal träd per G₀-timme, varierade mellan 100 och knappt 300 på försöksytorna. De högsta värdena uppnåddes vid klenta trädstorlekar. Prestationen, mätt i avverkad torrsubstansvikt per G₀-timme, ökade med diametern i brösthöjd på uttaget och var ca 0,5 ton TS per G₀-timme på provytan med den klenaste uttagsdiametern (DBH 3,6 cm) och ca 2 ton TS/G₀-tim på ytan med den grövsta uttagsdiametern (DBH 6,5 cm).

I genomsnitt avverkades 4,6 träd per krancykel. Som mest gjordes 10 fällklipp per krancykel. Vid insticksmetoden svarade kranarbetet för ca 70 % av tidsåtgången, medan motsvarande

värde vid vägmetoden var ca 83 %. Körning, inklusive planeringstid, svarade för 16 % vid stickvägsmetoden och 28 % vid insticksmetoden.

Ett par mindre, experimentellt upplagda prov genomfördes på krankörningen vid avverkningsarbetet. Resultaten som erhöles vid dessa prov är inte enbart beroende av förarskickligheten, utan påverkas också av kranförslitningar, maskininstabilitet etc. Proven gav tämligen klara indikationer på att slitage och dåliga komponentkvaliteter i kranen och kranfunktionen sannolikt har en icke oväsentlig betydelse för prestationsnivå och skador på kvarstående bestånd. De slutsatser man kan dra av proven är att möjligheten till precisionskörning helt uOppenbart är begränsad. Området är så intressant att det bör föranleda ytterligare studier.

Vid skotningen av träden (terrängtransporten) tidsstuderades tre lass, ett lass vid den avverkning som genomfördes med stickvägsmetoden och två lass vid avverknigen medelst insticksmetoden. Tiden för lastning var högre vid stickvägsmetoden, 16 min/ton TS, jämfört med insticksmetoden, 9,4 respektive 11,0 min/ton TS. Anledningen till detta var de relativt små högstorlekarna vid stickvägsmetoden. Tiden för lossning av träden (vid avlägg) låg mellan 2,4 och 3,9 min/ton TS. Prestationen vid 300 m transportavstånd beräknades ligga på ca 3,5 ton TS/G₀-tim vid lastning/lossning och transport av de större trädhögarna (insticksmetoden) och ca 2,5 ton TS/G₀-tim vid lastning/lossning och terrängtransport av de mindre trädhögarna (stickvägsmetoden).

Den utförda skadeinventeringen visade på relativt många kvarlämnade, skadade träd. Den ”totala” skadefrekvensen varierade mellan 7,4 och 19,7 %. Enligt Skogsstyrelsens norm, där endast skador större än 15 cm² räknas, varierade skadefrekvensen mellan 3,3 och 11,6 %. Skadorna hade huvudsakligen åstadkommits av aggregatet, hjulen eller av avverkade träd i samband med hanteringen av dessa. I beståndet med klenare träd (1A) var en stor del av granarna avbrutna efter genomfört arbete. Några granar lutade p.g.a. att de körts på eller på annat sätt skadats i samband med arbetet.

Det går inte att dra några generella slutsatser om metodens möjligheter utifrån denna enda studie, eftersom teknik och arbetsmetoder är under utveckling. Studien har endast omfattat två bestånd, en maskin och två förare som ännu inte hunnit få rutin på arbetet. Trots detta är vår bedömning att systemet är synnerligen intressant. Det finns tämligen klara indikationer på att prestationen kan förbättras avsevärt, främst genom utveckling av arbetsmetoden och genom utbildning av maskinförarna.

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Det årliga behovet av ungskogsröjning fram till mitten av 1990-talet beräknades uppgå till cirka 250 000 ha (SOU, 1992:76). Enligt Riksskogstaxeringens inventering har den årliga röjningsarealen minskat under senare delen av 80-talet och början av 90-talet, och var för säsongen 1992/93 mindre än 100 000 ha (Skogsstyrelsen, 1996). Behovet av röjningsåtgärder är alltså avsevärt större än insatserna och tendensen är densamma beträffande gallringarna.

Under flera år har således röjnings- och gallringsaktiviteten understigit behovet, vilket medfört att vi idag har ett "berg" av ungskogar med eftersatt skötsel. Det finns naturligtvis flera orsaker till att åtgärderna inte genomförs i den omfattning som är önskvärt. Den främsta orsaken torde dock vara att ändamålsenliga maskiner saknas. En annan viktig anledning torde vara att priset på trädbränslen har varit hårt pressat, bland annat beroende på konkurrens från olja, kol och el. Även cellulosaindustrins låga intresse av klen massaved, liksom att vissa träfiberindustrier i stor utsträckning försvunnit från virkesmarknaden, har haft betydelse.

Stora arealer eftersatta röjnings- och förstagallringsbestånd gör att efterfrågan på kostnadseffektiva och rationella skogsvårdsmetoder är stor. Ett uttag av skogsbränsle i dessa ungskogsbestånd (vid "rätt tidpunkt") bör medföra att

- kostnaden för skogsvårdsåtgärden sänks eller vänds till en direkt intäkt
- fler arbetstillfällen skapas
- bättre framtida skogar skapas
- ytterligare energi tillförs samhället.

Om goda timmerbestånd skall kunna danas för framtiden är det dessutom angeläget att skogsvården sker på rätt sätt och i rätt skede av beståndens utveckling. Detta är helt avgörande för det svenska skogsbrukets lönsamhet! En försenad, eller utebliven åtgärd hämmar trädens dimensionutveckling och ökar risken för olika typer av beståndsskador, t.ex. snöbrott.

Utveckling av ny teknik är nödvändig om kostnadsnivån skall kunna hållas på en acceptabel nivå och här bör tekniken även anpassas till privatskogsbrukets förutsättningar, där det ofta är fråga om små bestånd med små uttagsvolym. Dessutom bör tekniken vara skonsam mot mark och kvarvarande bestånd.

Ett hjälpmedel som ser ut att uppfylla dessa önskemål är ett flerträdshanterande fällaggregat som har tagits fram av entreprenören Torleif Lundh i Mockfjärd. Elmek Engineering AB i Dala-Järna har vidareutvecklat tekniken och systemet runt aggregatet som marknadsförs under namnet EnHar (Energi Harvester). Som bärare av fällaggregatet, kan både större och mindre basmaskiner användas.

1.2 Tidigare studier

Tidigare genomförda pilotstudier på aggregatet (med fällsåg), monterat på en bandgående Terri 2000, visar att prestationen blev avsevärt högre än vid konventionell enträdshantering. Möjligheten att kunna ackumulera träden fördubblade prestationen i fällningsmomentet (Gullberg et al, 1997). Förutsättningarna till ett lönsamt uttag av skogsbränsle i klena bestånd har därmed avsevärt förbättrats. I två bestånd (tall respektive björk) låg prestationen mellan

178 och 246 träd per G_0 -timme. I bestånden studerades 4 respektive 3 delytor, och medeldiametern i brösthöjd på uttaget (för delytorna) varierade mellan 4,0 och 5,3 cm (medelstamvolym ca 0,005-0,013 m³sk). Det genomsnittliga antalet träd per krancykel varierade mellan 3,4 och 6,1 på de olika delytorna.

Den basmaskin som användes vid studien (Terri) var försedd med en klämbanke för transport av avverkade träd till stickvägskant. Maskinen arbetade med 15-20 m långa ”instick” vinkelrätt från stickvägen och med ca 10-12 m avstånd mellan insticken. Varje instick resulterade i ca 1 ton stora trädhögar vid stickvägskanten.

Efter genomförande av den nämnda studien har aggregatet vidareutvecklats. Bland annat har sågsvärdet ersatts med ett klippdon. Den senaste varianten av aggregatet lanseras under namnet EnHar (Energy Harvester).

2. Syfte

Syftet med föreliggande studie är att få en uppfattning om prestationsnivån vid uttag av trädbränsle i unga bestånd med system EnHar (inklusive skotning). Dessutom skall omfattningen av eventuella skador undersökas.

3. Material och metoder

Studien genomfördes i Hedemora på privat mark i samarbete med skogsägarföreningen Mellanskog under maj och juni månad 1998. Två förare medverkade under studien (förare 1 och förare 2), varav förare 1 utförde merparten av gallringsarbetet, och förare 2 utförde allt skotningsarbete. Förarna var 34 respektive 25 år, och hade tidigare genomgått naturbruksgymnasium. Deras maskinvana var relativt stor vad gäller skotare, och något mindre för engreppsskördare. Erfarenheter av arbete med EnHar-aggregatet uppgick till ca 300 timmar för förare 1, vilken utförde det mesta av avverkningsarbetet under studien. Förare 2 hade betydligt kortare vana vid nämnda aggregat.

3.1 Bestånd

Studien genomfördes i två eftersatta (vad gäller röjningsinsatser) björkbestånd (tabell 1), ett klenare bestånd (1) och ett grövre bestånd (2). Dessutom studerades upptagning av en stickväg i det klenare beståndet samtidigt som beståndet åtgärdades inom kranens räckvidd från stickvägen (1b). Det grövre beståndet var ett ca 20-årigt björkbestånd beläget i nedre delen av en sluttning med relativt kraftig översilning. Det klenare beståndet, ca 13 år, var beläget i den övre delen av samma sluttning. Marklutningen var här mindre än i det äldre beståndet. Dessutom var andelen gran något högre än i det äldre beståndet.

Tabell 1. Studerade bestånd.

Bestånd	Trädslagsblandning, T, G, L; 10-delar	Antal stammar per hektar	Studieareal, hektar
1A	0, 3, 7	7090	0,186
1B	0, 2, 8	5540	0,093
2	0, 1, 9	6090	0,158

3.2 Maskin

Basmaskinen (tidigare använd i maskinell röjning), var en portalförhöjd Lillebror 0470 med parallellförd vikarmskran, klämbanke och EnHar flerträdsackumulerande fällaggregat med klipp (figur 1). Några data för aggregatet enligt följande:

Vikt	230 kg
Höjd	1060 mm
Gripvidd	480 mm
Arbetsstryck	180 bar
Ackumuleringsutrymme	25 x 30 cm
Spänningsmatning	14-24 V
Automatisk nivellering	

Klämbanken hade tidigare tillhört en Lillebror 0410. Kranens räckvidd var cirka 5,5 m.



Figur 1. Den studerade maskinen.

3.3 Arbetsmetod

Two different work methods were investigated during the processing of the trees. In series 1A and 2, the work method recommended by the machine manufacturer was used. The machine worked here with ca 10-15 m long straws (instick), angled outwards towards the stick road. The machine backed in, and afterwards the brushwood was felled and loaded on the side of the road. The last processed brushwood was loaded directly into the machine's clamber. Thereafter, the tree was processed inside the crown zone under the condition that the machine successively moved out towards the stick road. The processed and previously felled brushwood was loaded into the machine's clamber as mounted behind the base machine. At the stick road edge, the brushwood was respectively dragged through the clamber by opening it and the machine drove forward. The last processed tree from the "crown zone", or as eventually felled up from the ground, was often not loaded into the clamber, but handled standing before it was finally loaded into the pile at the stick road edge. Thereafter, the machine moved to the next instick where the operation was repeated. Tree piles were left for later transport with a Mini-brunet skotare (figure 2).

Figur 2. Avverkning utefter "instick".

In series 1B, the machine worked along a stick road according to the same principle as normally used in work with a brushwood harrow, i.e. the trees inside the reach of the crane were felled on the side of the road and afterwards the machine moved forward. The felled trees (brushwood and trees that could be reached by the crane) were loaded up into piles angled towards the stick road. Thereafter, the tree piles were transported out to the pile with a conventional Mini-brunet skotare (figure 3).



Figur 3. Lossning vid avlägg av träd från bestånd 1, varav vissa var uppemot 11,5 m långa.

Virket från de två bestånden lades i två separata vältrar. I samband med lastningen av virket från det grövre beståndet så kapades detta med motorsåg för att underlätta hantering och terrängtransport. I bestånd 1A studerades 14 stråk plus 1 stickväg, och i bestånd 2 studerades 10 stråk.

3.4 Studiemetoder

3.4.1 Tidsstudier

Arbetstiden för gallring och skotning registrerades kontinuerligt (cmin-studier) med hjälp av Husky Hunter datasamlare. Tidsstudiernas momentindelning redovisas i bilaga 1. Tidsstudiemannen noterade även bedömd brösthöjdsdiameter på det grövsta trädet i kapet. De korta momenttiderna gjorde det emellertid svårt för tidsstudiemannen att ensam klara hela datainsamlingen. Han bistods därför av en annan studieperson som bedömde och antecknade diametern på samtliga träd, samt om träden fälldes och lades ned på marken, fälldes och lades i klämbanken eller togs upp från marken för att läggas i klämbanken. Det blev på detta sätt möjligt att i efterhand komplettera tidsstudiemannens data. Dessutom kunde de bedömda träddiametrarna i efterhand kontrolleras och eventuellt nivåjusteras för systematiska fel i förhållande till mätningar på de avverkade träden i högen efter avverkningsarbetet.

Som ett stöd för den fortsatta maskin- och metodutvecklingen filmades en del av arbetet med videokamera. Bearbetning och analys av datamaterialet genomfördes senare på rummet.

3.4.2 Avverkad kvantitet och avverkningsuttag

Trädvolymerna i respektive bestånd beräknades enligt Andersson (1954) för träd upp till och med 5 cm diameter i brösthöjd och enligt Näslunds mindre funktioner (1947) för träd grövre än 5 cm.

För att erhålla en någorlunda säker skattning av den uttagna volymen mättes diametern i brösthöjd och/eller i fällskäret på samtliga fällda träd. Provträdsdata utnyttjades till att ta fram funktionssamband mellan diameter i fällskär och brösthöjd, samt mellan diameter i brösthöjd och träd-, respektive kronlängd. Även fukthalten beräknades med utgångspunkt från provträdsdata. Torrsubstansvikten skattades med hjälp av Marklunds (1988) funktioner. På ett mindre antal av provträden genomfördes vägning med och utan kvist som en kontrollåtgärd.

3.4.3 Skadeinventering

Samtliga skador orsakade vid gallringsingreppet inventerades. Följande faktorer (variabler) inmättes och/eller bedömdes:

- * Skadans läge.
- * Skadans storlek.
- * Typ av skada.
- * Skadeorsak.

Skadorna definieras närmare i bilaga 2.

3.4.4 Standardprov av avverkning och kranmanövrering

Som ett försök att belysa och värdera bland annat man-/maskinsystemets möjlighet till avancerat kranarbete utfördes två standardiserade och repeterbara ”manöverprov”.

I prov nr 1 placerades ett antal kvistade stamdelar (föreställande hela träd) i marken i två rader enligt mönster och måttangivelser som redovisas i bilaga 3. Förarna instruerades att avverka (fälla) ”träden” i den bakre raden utan att skada de kvarstående ”träden”.

Vid detta prov registrerades summatiden för allt arbete samt deltiderna för respektive moment. Momenten definieras enligt följande:

1. Förflyttning av aggregatet från transportläge till första trädet, positionering och klipp.
2. -”- första till andra trädet, positionering och klipp.
3. -”- andra till tredje trädet -”- .
4. -”- tredje till fjärde trädet -”- .
5. -”- fjärde till femte trädet -”- .
6. Förflyttning av de ackumulerade träden till lunningsgripen, öppning av lunningsgripen samt lossning av trädbunten.

Förarna startade proven med lunningsgripen stängd, d.v.s. i tidsåtgången för moment 6 ingår även öppning av lunningsgripen.

Förarna fick själva avgöra arbetstakten med hänsyn till det genomförda arbetets svårighetsgrad. Tidsåtgången och skadeförekomsten på kvarstående träd utgjorde ett mått på man-/maskinsystemets förmåga, dock med vetskapen att resultatet även påverkas av andra faktorer.

Hela förloppet videofilmades med tillkopplad tidsgenerator. Förarna gavs tillfälle att träna innan provet.

Vid prov 2 monterades en markeringspenna i aggregatet. Pennan var monterad med en glidlagring så att den ritade när aggregatet befann sig inom 0-25 cm över underlaget. Förarna instruerades att med pennan på en plyfaskiva så noggrant som möjligt följa en i förväg markerad fyrkantig figur. ”Figuren” bestod av en yttre gränsmarkering om 100 cm i kvadrat och en inre gränsmarkering om 60 cm i kvadrat. ”Banan” hade alltså en bredd av 20 cm. Samtliga försök påbörjades med ansättning av markeringspennan i figurens vänstra hörn närmast kranpelaren. De i verkligheten med markeringspennan ”åstadkomna figurerna” mättes in och markerades på ett papper. Förarna gavs tillfälle att träna innan provet.

Avsikten med provet var att få en uppfattning om man-/maskinsystemets möjligheter till precisionskörning med kranen.

4. Resultat

4.1 Avverkningsuttag

Totalt avverkades 1633 träd i studien. Ett antal beståndsdata som resultat av åtgärden redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Bestånds- och uttagsdata.

Bestånd	Antal stammar per ha			Gallringsuttag (% av stamantal)
	Före åtgärd	Uttag	Kvarvarande	
1A	7090	3615	3475	51
1B	5540	3600	1940	65
2	6090	3960	2130	65

Totalt avverkades knappt 16 m³sk, eller cirka 10 ton TS (biomassa; inkl. grenar, löv och barr) fördelat mellan respektive bestånd (tabell 3). Omräknat skulle detta motsvara ca 57 m³s flis (1 m³s = 0,175 ton TS). Fukthalten vid fällningstidpunkten beräknades (utifrån provträdsdata) till i genomsnitt 42 %, med en spridning från 32 till 51 %.

Tabell 3. Data över uttaget i de studerade bestånden.

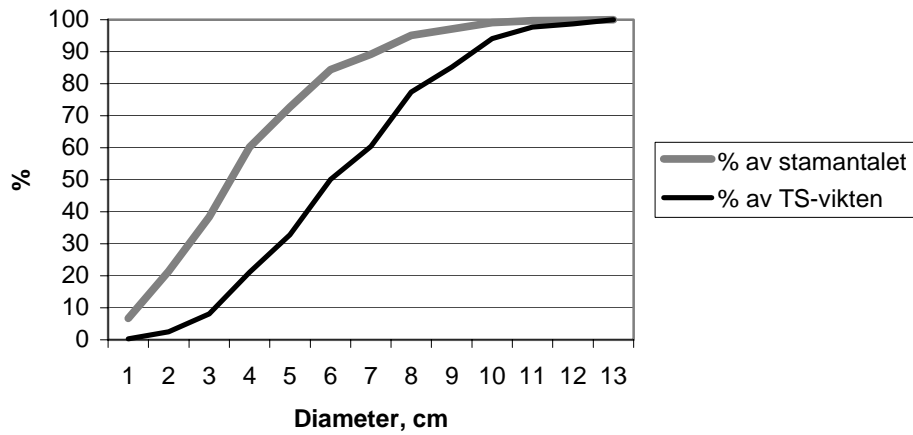
Bestånd	Antal träd	Medeldiam, cm (min-max)	Medelhöjd, m (min-max)	Uttag	
				m ³ sk	ton TS
1A	674	4,4 (0,6-13,3)	6,7 (1,3-11,5)	5,67	3,85
1B	335	3,8 (0,8-13,2)	6,3 (1,3-11,5)	2,31	1,57
2	624	4,6 (0,9-13,0)	8,8 (1,3-15,9)	7,88	4,57

Av den uttagna mängden TS fördelade sig en större andel på levande grenar i bestånd 1 (23 %), jämfört med bestånd 2 (11 %). Stammens andel av mängden TS var därmed större i bestånd 2 (87 %) än i bestånd 1A och 1B (75 %, respektive 74 %), medan andelen döda grenar i stort sett var densamma i de olika bestånden (3 % i bestånd 1A och 2 % i bestånd 1B respektive 2). I figur 4 visas exempel på hur bestånd 1 såg ut före och efter avverkning.

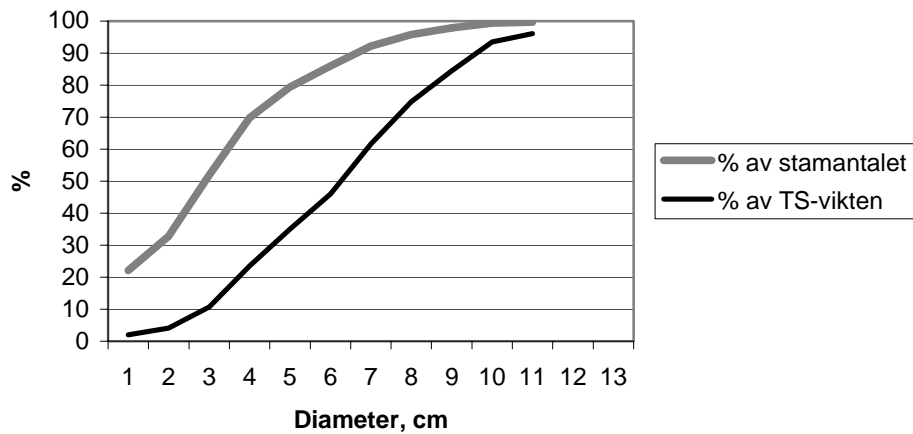


Figur 4. Exempel som visar hur bestånd 1 såg ut före respektive efter avverkning.

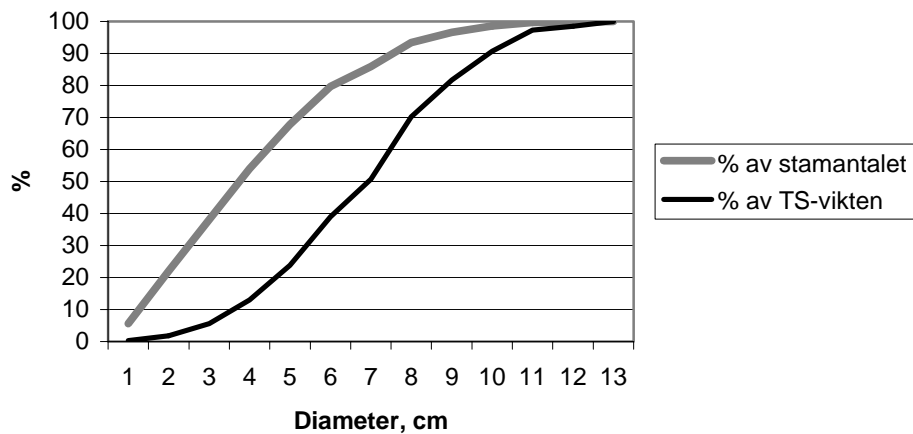
I figurerna 5-7 redovisas kumulativ frekvens avseende antal avverkade stammar och torrsubstansvikten för dessa. Av figurerna framgår att träd med klana diametrar ger förhållandevis liten torrsubstansmängd. I figur 5 framgår t.ex. att 40 % av de avverkade träden hade en brösthöjdsdiameter under 3 cm och att dessa tillsammans endast svarade för ca 10 % av torrsubstansen.



Figur 5. Kumulativ relativ frekvens av stamantal och TS-vikten (bestånd 1A).



Figur 6. Kumulativ relativ frekvens av stamantal och TS-vikten (bestånd 1B).



Figur 7. Kumulativ relativ frekvens av stamantal och TS-vikten (bestånd 2).

Avverkningsuttagets fördelning på respektive bestånd och på diameterklasser redovisas i bilaga 4. Bilaga 5 redovisar avverkningsuttagets fördelning på respektive bestånd och stråk.

4.2 Flerträdshantering

Antalet hanterade träd per krancykel redovisas i tabell 4. Antalet träd per krancykel varierar relativt lite mellan bestånden. Ser man på hanterad volym per krancykel så blir resultatet givetvis ett annat – i bestånd 2 med större träd är hanterad mängd ca 35 % respektive 58 % större än i bestånden 1A och 1B.

Tabell 4. Antal hanterade träd per krancykel vid flerträdshantering. Inom parentes anges mängden TS (kg).

Bestånd	Antal träd per krancykel		Antal fällkap per krancykel ¹⁾	Antal träd per fällkap ¹⁾
	(inkl. träd på mark)	(exkl. träd på mark)		
1A	4,11	4,49 (25,6)	3,35	1,34
1B	4,65	4,65 (21,8)	3,69	1,26
2	4,46	4,73 (34,6)	3,05	1,55

1) Exkl. träd på mark.

4.3 Tidsåtgång och prestation vid avverkning

Totalt studerades avverkning av 1633 träd, varav fördelningen var 674, 335 och 624 träd respektive i bestånden nr 1A, 1B och 2.

Tidsåtgångens fördelning på arbetsmoment

Tidsåtgången för gallringsarbetet i respektive bestånd redovisas i tabell 5. Den procentuella fördelningen anges inom parentes. Kranarbetet var som synes helt dominerande.

Tabell 5. Tidsåtgång, totalt och fördelat på moment (min/ton TS).

Moment	Bestånd					
	1A		1B		2	
Kran ut	29,9	(49,7)	31,3	(62,9)	21,6	(52,0)
Kran in	11,0	(18,3)	10,2	(20,5)	8,9	(21,4)
Körning + planering	16,7	(27,7)	8,0	(16,1)	8,0	(19,3)
Lossning + övrigt	2,6	(4,3)	0,3	(0,6)	2,9	(7,0)
Totalt	60,2	(100)	49,8	(100)	41,5	(100)

Från maskin- och metodutvecklingssynpunkt är det intressant att analysera hur ”extratiden” att ta ett ytterligare träd i krancykeln varierar med omfattningen på redan ackumulerade träd i fälldonet. Detta för att bestämma ”optimalt” antal träd per krancykel och se eventuella be-

gränsningar eller svagheter i ackumuleringstekniken. Medeltidsåtgången för momentet ”kran ut” (hantering av ett eller flera träd i en krancykel) redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Genomsnittlig tidsåtgång för momentet ”kran ut” (extratid att ta ytterligare ett träd), cmin. Antal observationer anges inom parentes. ”Kran ut” definieras i bilaga 1.1.

	Bestånd					
	1A		1B		2	
Kran ut 1	23,6	(151)	20,7	(72)	27,7	(135)
2	19,8	(129)	17,2	(58)	20,9	(109)
3	20,4	(101)	15,7	(46)	21,8	(78)
4	19,9	(67)	18,7	(40)	22,7	(42)
5	19,0	(43)	18,0	(24)	20,0	(26)
6	22,7	(28)	22,3	(14)	23,5	(19)
7	19,3	(13)	18,9	(7)	19,0	(7)
8	20,9	(9)	17,0	(5)	22,8	(4)
9	31,2	(5) ¹⁾	-	-	18,0	(1)

1) Kan inkludera flera klipp.

Av redovisningen framgår att tidsåtgången är relativt konstant oberoende av antalet träd som hanteras i krancykeln. Regressionsanalys visade också att tidsåtgången per krancykel i huvudsak ökade linjärt beroende på antalet fällkap (signifikant på 0,1-procentsnivån). En modell som dessutom fick tillskott av variablerna ”summa diameter i fälldonet” respektive ”summa diameterkvadrat i fälldonet” gav inget signifikant tillskott på 5-procentsnivån. Nedan redovisas de erhållna sambanden för tidsåtgången för ”Summa kran ut” i cmin:

Bestånd 1A

$$\text{Summa kran ut} = 4,6 + 19,8 \times \text{antal fällkap} \quad R^2 = 0,81$$

Bestånd 1B

$$\text{Summa kran ut} = 8,6 + 16,2 \times \text{antal fällkap} \quad R^2 = 0,82$$

Bestånd 2

$$\text{Summa kran ut} = 13,9 + 18,8 \times \text{antal fällkap} \quad R^2 = 0,77$$

Att tidsåtgången inte ökade på ett mera markant sätt kan bero på ett antal faktorer. Två av de mest sannolika är att:

- maskinen klarade de studerade trädstorlekarna utan problem och var därför okänslig för hur många träd som ackumuleras i fälldonet. Detta stöds bland annat av det faktum att basmaskinen från början varit avsedd att arbeta i grövre skog än som nu var fallet,
- föraren anpassade körningen till maskinens begränsningar.

För att mera exakt kunna uttala sig om ”optimalt” antal träd per krancykel vid olika trädstorlek skulle det emellertid krävas en styrd experimentell försöksuppläggning.

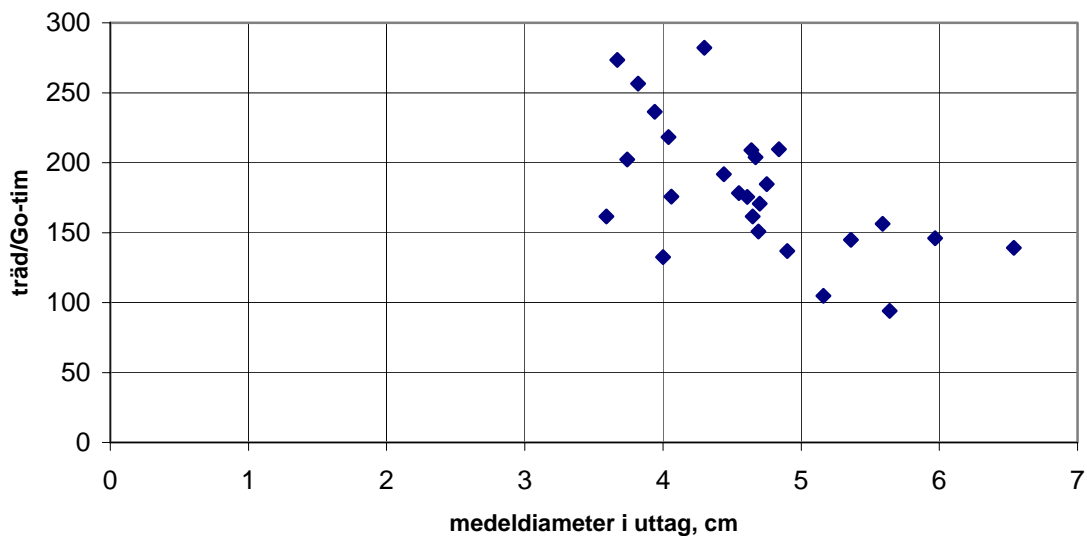
Prestation

Genomsnittsprestationen per bestånd redovisas i tabell 7.

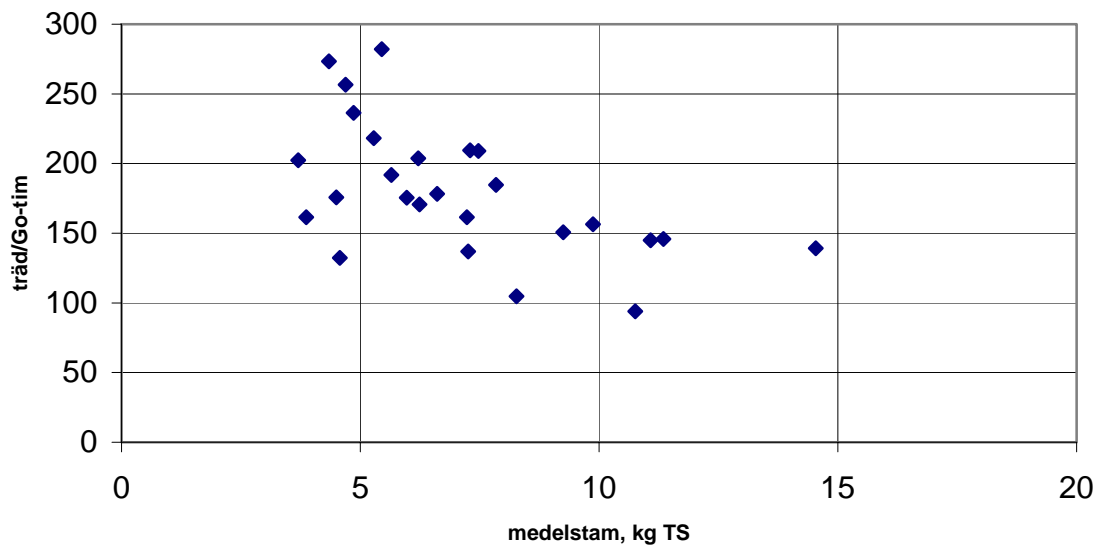
Tabell 7. Genomsnittlig prestation i de olika bestånden.

Bestånd	Träd per G_0 -tim	Ton TS per G_0 -tim	M^3 sk per G_0 -tim
1A	174	1,00	1,47
1B	257	1,20	1,77
2	197	1,45	2,49

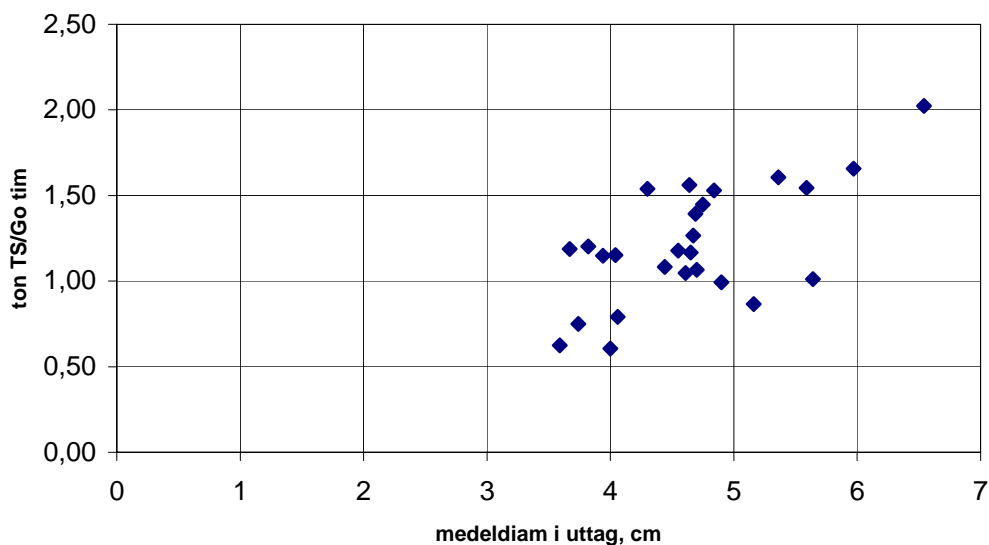
Prestationens beroende av trädstorleken redovisas i figurerna 8-10.



Figur 8. Prestationens (träd/ G_0 -timme) beroende av medeldiametern. Varje markering är ett stråk/instick eller motsvarande studieenhet.



Figur 9. Prestationens (träd/ G_0 -timme) beroende av torrsubstansvikten per träd. Varje markering är ett stråk/instick eller motsvarande studieenhet.



Figur 10. Prestationen i ton TS per G_0 -timme vid varierande trädstorlek. Varje markering är ett stråk/instick eller motsvarande studieenhet.

4.4 Tidsåtgång och prestation vid skotning

Totalt studerades skotning av 9,2 ton TS. Förutsättningarna för skotningen varierade mellan bestånden. Trädhögarna från bestånd 1A låg relativt fritt mot en beståndsgräns, vilket underlättade kranhanteringen och gav de kortaste lastningstiderna (tabell 8). Övrig lastning genom-

fördes från ordinära stickvägar. Trädlängderna i bestånd 1A var också de kortaste inom studien.

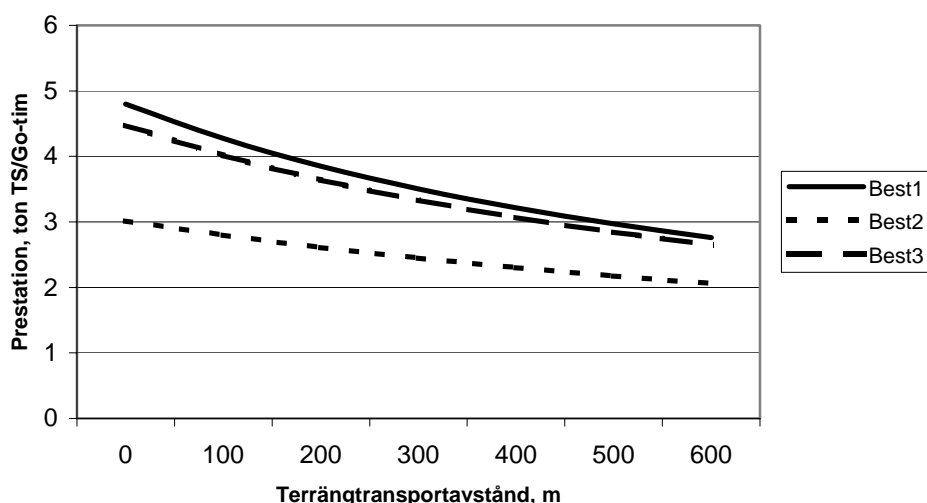
Bestånd 1B skilde sig från de övriga ytorna genom att träden var avverkade från stickvägen utan någon lunning. De relativt små högstorlekarna resulterade i lång tid för lastningen och låga genomsnittliga gripvikter (tabell 8 och 9).

I bestånd 2 gjorde trädlängden det nödvändigt att kapa träden i samband med lastningen, vilket orsakade en ökning av lastningstiden (hopdragning av toppar) och extratid för kapningen ("simulerad gripsågkapning" av huggare med motorsåg). En riktig gripsåg skulle sannolikt vara något effektivare. De kapade träddelarna i kombination med större trädstorlek från bestånd 2 gjorde lossningen smidig och effektiv (tabell 8).

Tabell 8. Tidsåtgång för lastning och lossning, totalt och fördelat på moment (min/ton TS).

Moment	Bestånd		
	1A	1B	2
Lastning	7,4	12,5	8,9
Tillrättaläggning + övrigt	0,5	0,2	1,3 (kapning)
Körning under lastning	1,6	3,3	0,8
Totalt Lastning	9,4	16,0	11,0
Lossning	2,5	3,0	2,2
Tillrättaläggning + övrigt	0,7	0,8	0,2
Totalt Lossning	3,1	3,9	2,4

Prestationen vid skotning från de tre bestånden baseras på uppmätta tider för lastning och lossning samt beräknade transporttider vid lastvikten 2,6 ton TS och en antagen körhastighet på 50 m/min. Lastvikten 2,6 ton TS uppmättes vid det enda lass som var fullt. Övriga lass var endast delvis fyllda med hänsyn till att inte blanda virke från olika ytor. Den beräknade prestationen vid varierande terrängtransportavstånd framgår av figur 11.



Figur 11. Prestation vid skotning i ton TS per G₀-timme vid varierande terrängtransportavstånd.

I tabell 9 redovisas den sammanlagda trädvikt (per krancykel) som i genomsnitt hanteras vid lastning respektive lossning.

Tabell 9. Genomsnittlig trädvikt per krancykel (kg TS).

Moment	Bestånd		
	1A	1B	2
Lastning	110	54	157
Lossning	192	175	217

4.5 Skador på kvarstående träd

Vid skadeinventeringen inmättes samtliga skador. Enligt Skogsstyrelsens norm räknas inte skador som är mindre än 15 cm². Nedan görs en jämförelse mellan de båda metoderna (tabell 10).

Tabell 10. Skadornas fördelning i respektive bestånd vid beräkning enligt studiens totala frekvens (stud) och enligt Skogsstyrelsens norm (Sks).

Bestånd	Totalt antal skador		Antal skador per hektar		Skadefrekvens, %	
	<i>stud</i>	<i>Sks</i>	<i>stud</i>	<i>Sks</i>	<i>stud</i>	<i>Sks</i>
1A	48	43	257	231	7,4	6,6
1B	14	6	150	65	7,8	3,3
2	66	39	419	248	19,7	11,6

Antalet skador fördelade på skadans läge på stammen, skadans storlek samt orsak till respektive skada och skadetyper redovisas beståndsvis i nedanstående tabeller. I redovisningen medtas samtliga skador.

Bestånd 1A:

De flesta skadorna befann sig i intervallet från ett tänkt stubbskär och en bit upp på stammen, i regel inom aggregatets arbetshöjd (tabell 11).

Tabell 11. Skadornas storlek och läge (skador med mätbar skadeyta).

Läge	Storleksklass, cm ²					Totalt antal skador
	< 7	7 – 14	15 – 49	50 – 100	> 100	
Stubbe – rot	-	-	-	3	5	8
Från stubbe + 1,5 m upp på stammen	4	1	5	4	3	17
Resten av stammen	-	-	-	-	-	-
Summa antal	4	1	5	7	8	25

De skador som befann sig på rötter och rothals var relativt stora och hade oftast orsakats av maskinens hjul. Hjul och aggregat var de maskindelar som orsakade flest skador. I begreppet trädhantering (tabell 12) var det de avverkade träden som var den direkta skadeorsaken på kvarstående träd. I flertalet fall var barkfläkning den vanligaste skadetyper. Dock tillkommer tjugotre andra allvarliga skador utöver vad som redovisats i tabell 11. Dessa skador består i att träden brutits av eller genom påkörning eller annan orsak blivit lutande (tabell 13), och dessa träd är dessutom nästan uteslutande granar.

Tabell 12. Bedömd orsak till resp. skada.

	Antal	Procent
Hjul	14	29
Aggregat	13	27
Släpning	7	15
Trädhantering	12	25
Fällning	2	4
Summa	48	100

Tabell 13. Typ av skador.

	Antal	Procent
Barkfläkning	21	44
Vedskada	4	8
Bruten stam	11	23
Lutande träd	12	25
Summa	48	100

Bestånd 1B:

Skadebilden i detta delbestånd var relativt lik skadebilden i föregående delbestånd vad gäller storlek och läge på skadorna (tabell 14).

Tabell 14. Skadornas storlek och läge.

Läge	Storleksklass, cm ²					Totalt antal skador
	< 7	7 – 14	15 – 49	50 – 100	> 100	
Stubbe – rot	-	-	-	1	-	1
Från stubbe + 1,5 m upp på stammen	3	5	2	1	2	13
Resten av stammen	-	-	-	-	-	-
Summa antal	3	5	2	2	2	14

Alla skador hade orsakats av aggregatet (tabell 15), och barkfläkning var jämte vedskada de enda typer av skador som förekom (tabell 16).

Tabell 15. Bedömd orsak till resp. skada.

	Antal	Procent
Aggregat	14	100
Summa	14	100

Tabell 16. Typ av skador.

	Antal	Procent
Barkfläkning	10	71
Vedskada	4	29
Summa	14	100

Bestånd 2:

Liksom i övriga bestånd inträffade de flesta skadorna i intervallet från ett tänkt stubbskär och en bit upp på stammen, i regel inom aggregatets höjd (tabell 17).

Tabell 17. Skadornas storlek och läge.

Läge	Storleksklass, cm ²					Totalt antal skador
	< 7	7 – 14	15 – 49	50 – 100	> 100	
Stubbe – rot	1	-	-	3	1	5
Från stubbe + 1,5 m upp på stammen	17	8	17	2	12	56
Resten av stammen	1	-	1		1	3
Summa antal	19	8	18	5	14	64

Ett fåtal skador inträffade dock under stubbskåret. De var ganska stora och hade ofta orsakats av maskinens hjul. Hjul och aggregat var de maskindelar som orsakade flest skador (tabell 18). Ett antal skador noterades dock även på stammarnas övre del, och den direkta orsaken till dessa skador var till stor del att de uppstått vid hanteringen av träd eller uppstått som direkta fällningsskador. Den överlägset största delen av skadorna (86 %) bestod i att barken lossnat (tabell 19). I detta bestånd med längre träd hade endast ett träd brutits och ett träd var lutande.

Tabell 18. Bedömd orsak till resp. skada.

	Antal	Procent
Hjul	11	17
Aggregat	46	70
Klipp	1	2
Trädhantering	2	3
Fällning	6	9
Summa	66	101

Tabell 19. Typ av skador.

	Antal	Procent
Barkfläkning	57	86
Vedskada	7	11
Bruten stam	1	2
Lutande träd	1	2
Summa	66	101

4.6 Standardprov av avverkning och kranmanövrering

Avverkning

Tidsåtgången vid utförande av prov nr 1 (avverkning) redovisas i tabell 20. Med moment avses respektive ”träd”.

Tabell 20. Tidsåtgång vid standardprov nr 1 (cmin).

Moment	Förare 1			Förare 2		
	1	2	3	1	2	3
1	13	12	10	9	12	6
2	12	9	10	9	9	8
3	26	18	17	21	23	15
4	19	16	15	19	16	15
5	7	8	8	8	7	8
6	17	16	17	22	17	18
Summa:	94	79	77	88	84	70

Förare 1 körde kranen extra försiktigt vid prov nr 1 för att undvika skador på kvarstående träd. Prov nr 2 och 3 genomfördes med ett mera aggressivt körsätt, vilket resulterade i kortare tidsåtgång för arbetets genomförande. Förare 2 var redan från början något mera aggressiv i sitt körsätt.

Av resultaten (tabell 20) framgår att det efter fällklipp och ackumulering av ett träd tar ca 10 sekunder att vända aggregatet och positionera, klippa och ackumulera nästa träd (avstånd ca 1 m från föregående träd) om inga hinder finns mellan träden, dvs att kranen förflyttas i en riktning. Om föraren måste göra en undanmanöver för ett träd som skall lämnas kvar i beståndet, kranförflyttningar i två riktningar, blir tidsåtgången ca 1,5-2 gånger längre.

En jämförelse med avverkning i praktisk drift (tabell 6) pekar på att tidsåtgången vid standardprovet har varit något kortare än för motsvarande arbete i praktisk drift. Detta är i och för sig inte så konstigt, eftersom de ”träd” som skulle avverkas vid standardprovet var givna och dessutom saknade kronor (vilka torde förorsaka vissa problem vid hanteringen av de ackumulerade träden). Den genomsnittliga tidsåtgången för kranarbete vid praktisk drift låg på ungefär samma nivå, eller något högre, som vid en undanmanöver (kranförflyttningar i två riktningar) vid standardprovet.

I samtliga prov skadades något av de kvarstående träden och i samtliga fall var det endast fråga om en lätt touch av aggregatet eller kranen. Sannolikt skulle de förorsakade skadorna inte innebära någon kvalitetsnedsättning på framtida timmerutbyte. De flesta skadorna inträffade vid in- och utpassagen av aggregatet mellan de två sista träden, dvs i slutskedet av krancykeln. Det var inte avsikten att provet skulle ge svar på om skadefrekvensen ökar vid en mer

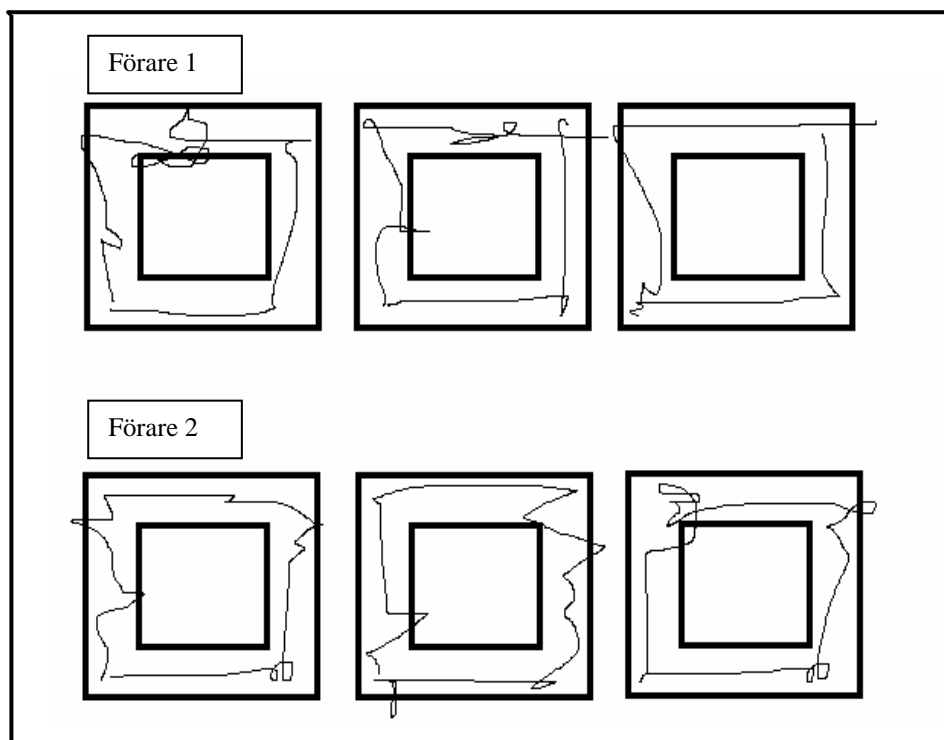
aggressiv krankörning, dock kunde ingen skillnad konstateras beträffande förare 1 mellan den försiktiga manövreringen (prov 1) och den mera aggressiva krankörningen (prov 2 och 3).

Kranmanövrering

Båda förarna hade problem att hålla sig innanför markeringen i den förmarkerade figuren (figur 12). Särskilt påtagligt var detta när aggregatet förflyttades från vänster till höger. Anledningen till detta var med stor sannolikhet en kärvande ventil. Båda förarna skulle utföra tre prov vardera.

Manövertiderna var för den första föraren 70, 60 och 53 cmin (medelvärde 61 cmin) och för den andra föraren 45, 42 och 35 cmin (medelvärde 41 cmin) Längst tid tog för båda förarna förflyttningen av aggregatet från startpunkten (nedre vänstra hörnet) upp till övre vänstra hörnet. Av totaltiden användes 35 % (förare 1) respektive 38 % (förare 2) för den förflyttningen. Övriga tre förflyttningar genomfördes (var för sig) på betydligt kortare tid.

Resultaten som erhöles vid dessa prov är inte enbart beroende av förarskickligheten. Övriga faktorer som påverkat resultaten är t ex kranförslitningar och maskininstabilitet. De slutsatser man kan dra av studien är att möjligheten till precisionskörning helt uppenbart är begränsad. Området är så intressant att det bör föranleda ytterligare studier.

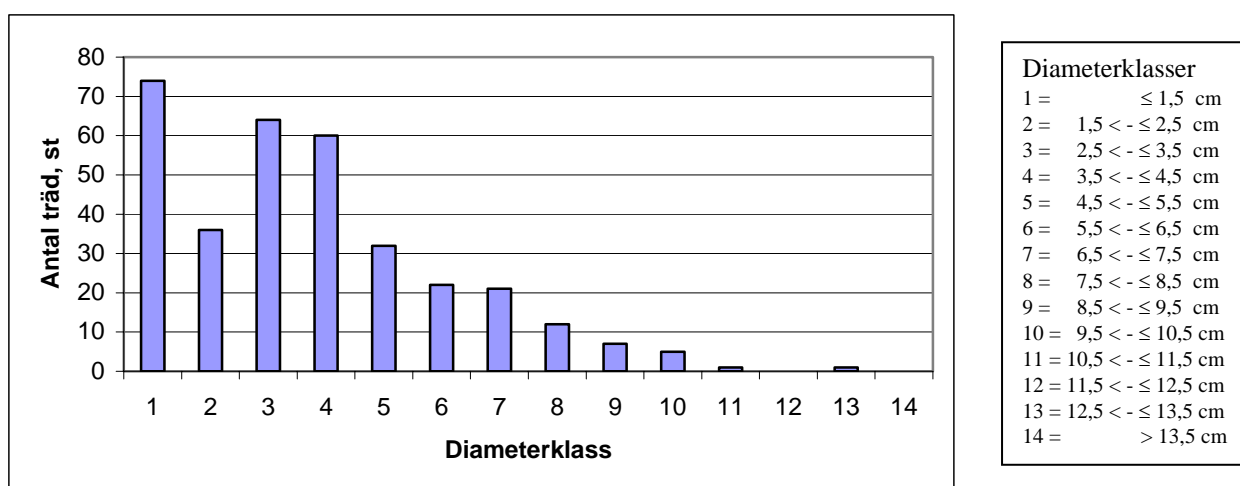


Figur 12. Resultat av kranmanöverprovet.

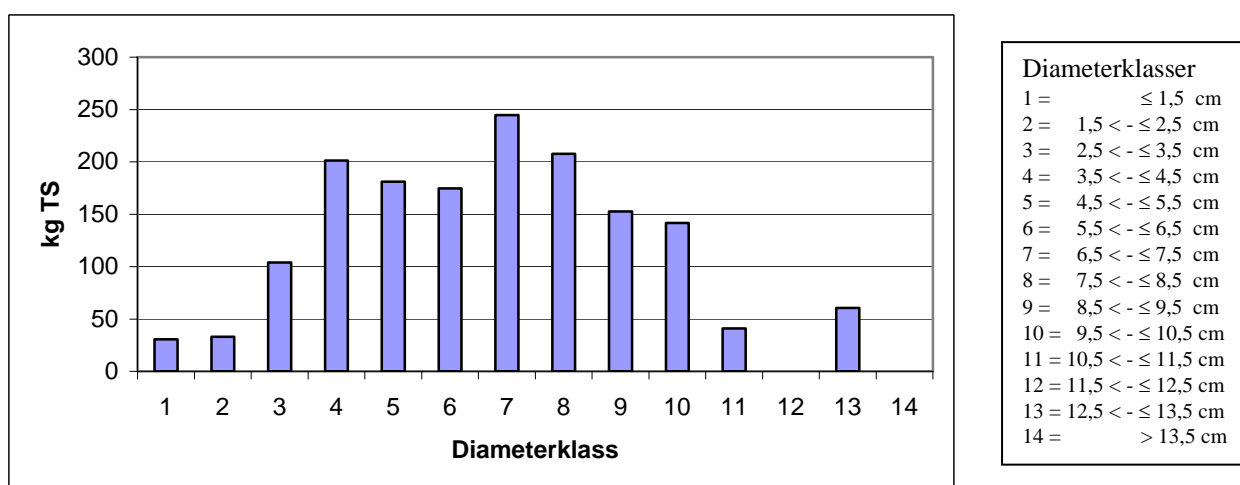
5. Diskussion

Arbetsmetod

I figurerna 13 och 14 nedan jämförs olika trädstorlekars andel av uttagets trädantal och uttagen torrsubstans. Figurerna gäller för bestånd 1A. Mycket tid har lagts ned på att avverka de 74 träd i den klenaste diameterklassen som tillsammans ger mindre mängd TS (30,7 kg) än ett träd i diameterklassen 10,5-11,5 cm (41,0 kg). Resultatet tyder på att entreprenörerna är måna om att genomföra ett (från skogsägarens synpunkt) snyggt arbete, men att de är mindre väl insatta i det genomförda arbetets ekonomi. Det troliga är att merparten av de klena träden inom ganska kort tid skulle ha självdött om de lämnats på rot. Om avsikten var att göra ett snyggt arbete hade det sannolikt varit ekonomiskt fördelaktigare att avverka träden motormanuellt och låta dem ligga kvar i beståndet. I de fall som mindre träd kan avverkas maskinellt i samma klipp som ett större träd, skall det naturligtvis ske eftersom det sannolikt innebär en försumbar extra tidsbelastning.



Figur 13. Antal uttagna träd per diameterklass, bestånd 1A.



Figur 14. Uttagen mängd torrsubstans (TS) per diameterklass, bestånd 1A.

Ovanstående figurer, liksom iakttagelser under studien, pekar på att man vid information och utbildning ytterligare bör poängtera vikten av lämpliga trädval vid maskinell avverkning. Det kan förvisso vara svårt för entreprenören att efterlämna ett bestånd som inte ser snyggt ut, med många små och klena träd i bottenskiktet, men det torde ha ingen eller ringa betydelse för det framtida beståndets utveckling.

Simulering av tidsåtgången om träd <4cm i brösthöjd inte hade avverkats

En grov skattning av hur mycket tid som lades på träd mindre än 4 cm i brösthöjd utfördes genom att ta bort "kran ut" -tider (bilaga 1.1) där det största trädet var mindre än 4 cm. Resultatet blev att ungefär halva antalet "kran ut" -moment försvann (47 % i bestånd 1A, 51 % i bestånd 1B och 46 % i bestånd 2) och knappt halva totaltiden för "kran ut" (44 % i bestånd 1A, 44 % i bestånd 1B och 43 % i bestånd 2).

Andelen av torrsubstansen som skulle förloras skattades genom att beräkna kvantiteten av samtliga träd mindre än 4 cm. Denna skattning innebär en viss överskattning av bortfallet eftersom vissa småträd "följer med" vid avverkning av större träd. Andelen av torrsubstansvikten i samtliga träd mindre än 4,0 cm uppgick till 12,1 % i bestånd 1A, 14,8 % i bestånd 1B och 7,7 % i bestånd 2.

Tidsåtgången per avverkad kvantitet för momentet "kran ut" skulle alltså minska med 36 % i bestånd 1A, 35 % i bestånd 1B och 38 % i bestånd 2.

Det är svårt att förutsäga hur övriga moment skulle påverkas av ett förändrat avverkningssätt där klenare träd som står ensamma lämnas. Om allt annat antas oförändrat skulle resultatet bli att tidsåtgången per avverkad kvantitet för de övriga momenten skulle öka något beroende på ett mindre avverkningsuttag. Sannolikt bör dock en förare i praktiken kunna motverka detta genom att anpassa körningen så att minst samma kvantiteter avverkas per krancykel och per instick. För detta talar ett ganska starkt samband mellan medelträdstorlek och avverkad vikt TS per krancykel.

Helt klart är dock att den möjliga sänkningen av tidsåtgång per vikt TS för totaltiden skulle bli av betydligt mindre omfattning än för det enskilda momentet "kran ut", eftersom en relativt stor andel av totaltiden är mer eller mindre "fast" i den använda arbetsmetoden med instick.

Förutom trädstorleken inverkar även uttagets storlek med största sannolikhet på tidsåtgången genom att bl.a. "fasta" tider kan slås ut på en större kvantitet. En analys av var en nedre ekonomisk trädstorlek för tillvaratagande bör ligga är mycket komplex. En enkel regel med en viss fast nedre trädstorleksgräns skulle i vissa fall leda till att en tämligen stor del av möjligt avverkningsuttag ej blir tillvarataget. Sannolikt bör en sådan gräns i stället variera och anpassas till de aktuella förhållandena baserat på marginaltider, marginalvolym och alternativkostnader.

Det kan finnas skäl att tala om två olika "gränsträdstorlekar" för ett visst ekonomiskt resultat. Dels en genomsnittlig trädstorlek som krävs för att uppnå det önskade ekonomiska resultatet så att åtgärden överhuvudtaget blir aktuell, dels en trädstorlek som anger gränsen när maskinen "redan är på plats", s.k. "marginaleffekt".

Precisionsstyrning av kranen

Den utförda manövreringstudien är liten, men ger klara indikationer på att det genom bristande möjligheter till precisionskörning kan vara svårt att uppnå en god kvalitet i genomfört arbete med dagens kranar. Det resultat som erhöles med dessa prov berodde dessutom inte enbart på förarskickligheten. Faktorer som påverkade resultatet var även maskinfaktorer som t.ex. kranförslitningar, maskininstabilitet och funktion i hydraulreglage. Det kan därför i sammanhanget noteras att den studerade kranen hade en kärvande ventil, vilken till stor del kan tillskrivas det förhållandevis dåliga resultatet.

Behov av fortsatt forskning

Vid bedömningen av skadebilden på kvarlämnade träd bör noteras att studien utfördes under savningsperioden, vilket sannolikt gjorde att många av skadorna åtminstone blev synliga. Dessutom visar skadebilden, bland annat, på problemet med att hantera långa träd inne i bestånd. Detta problem är aktuellt även för skotning. Att kunna utnyttja ett sådant system ställer sålunda ökade krav på maskinföraren. I sådana här sammanhang gäller dessutom diskussionerna ofta en maskinbredd understigande 2 m. Men, kanske en något bredare maskin skulle ge ett lika bra resultat? Kanske att även en annan arbetsmetod vore lämpligare?

Resultaten som erhöles vid standardproven är inte enbart beroende av förarskickligheten. Övriga faktorer som påverkat resultaten är t.ex. kranförslitningar och maskininstabilitet. De slutsatser man kan dra av studien är att möjligheten till precisionskörning helt uppenbart är begränsad. Området är så intressant att det bör föranleda ytterligare studier.

Möjligheten att öka prestationen genom rationellare kranrörelser (visst mått av geometriskt röjningsmönster) bör undersökas i framtida studier. Detta p.g.a. att det vid fältstudien visade sig att en fullständigt selektiv avverkning resulterar i många och onödigt svåra kranrörelser, i synnerhet när en huvudstam skall sparas i varje "bukett". "Planeringstiden" är sannolikt av betydande omfattning.

Med underlag av den genomförda studien är vår bedömning att det är möjligt att höja prestationen och sänka kostnaderna betydligt genom ytterligare metod- och maskinutveckling. I metodutveckling ingår till exempel att om möjligt minska behovet av planering under arbetets gång. Utvecklingspotentialen på aggregat och arbetsmetod bedöms ligga på 25-30 procent, varav merparten på metoden.

Uttag av skogsenergi i unga bestånd kan ske dels i redan uppväxta, oröjda bestånd, dels i bestånd där skötseln i ett tidigare skede inriktats mot uttag av skogsbränsle i ett senare skede. Teknikutvecklingen inom området väcker alltså en del intressanta idéer angående möjligheten att införa nya skötselmodeller.

Det första fallet, den oskötta ungslogen, är redan nu ett stort nationellt problem. Ökande andel självföryngringar och minskad röjningsaktivitet ökar problemet ytterligare. Vi får ett "berg" av eftersatta röjningsbestånd. Dessa bestånd innehåller stora volymer trädbränslen som i många fall inte är åtkomliga för kommersiellt bruk, eller som i de flesta fall förorsakar skogsägaren en kostnad även om modern teknik (t.ex. EnHar) används. I många fall bör dock skogsvårdskostnaden bli lägre än vid traditionell, motormanuell röjning utan tillvaratagande av skogsbränsle. I vissa fall kan ett nollresultat uppnås och i bästa fall ett ekonomiskt netto.

Det andra fallet, där man genom en målmedveten skötsel styr beståndet mot ett planerat uttag av skogsbränsle i ett senare skede bör vara mer ekonomiskt gynnsamt, på kort såväl som på lång sikt. Förutom att röjningskostnaderna, som normalt är en dryg utgiftspost, sänks eller förändras till en direkt intäkt bör ett sådant skötselsystem även innebära att konventionella gallringar senare under omloppstiden kan ske med högre ekonomiskt utbyte genom att trädens dimension och höjd ökar.

Ett skötselprogram inriktat mot tidigt skogsbränsleuttag kan exempelvis innebära en första försiktig röjning vid beståndshöjden 1-1,5 m utan uttag av skogsbränsle, varvid man, beroende på förutsättningarna, lämnar kvar 4000-8000 stammar/ha. Vid ett efterföljande röjnings-/gallringsingrepp vid beståndshöjden ca 8 m tas träden tillvara som bränsle. En sådan modell skulle kunna ge många fördelar, men måste naturligtvis testas innan den införs i större skala. Det som talar för en sådan modell är framför allt en bättre ekonomi jämfört med dagens konventionella skötselmodeller med 1-2 tidigt utförda och hårda röjningar. Dessutom ökar möjligheten för kvalitetsproduktion genom minskad andel juvenilverd (ungdomsved). Kvistrensningen blir även bättre i ett tätare bestånd (trängselverkan), samtidigt som de träd man avser att ta tillvara som skogsbränsle får möjlighet att växa till grövre dimensioner.

Hypotesen är alltså att man genom utnyttjande av den nya tekniken vid röjningsgallring i klen skog samt därtill optimalt anpassad skötsel kan förbättra totalekonomin jämfört med konventionell skötsel och teknik.

Av biologiska, praktiska och ekonomiska skäl bedöms tekniken vara mest intressant i två huvudtyper av bestånd. Dessa huvudtyper av bestånd är dels lyckade självföryngringar av tall med inriktning mot kvalitetsproduktion, dels bestånd med stor andel löv. Ofta kommer självsådd gran in underifrån i den sistnämnda beståndstypen. Rena granbestånd bedöms som mindre intressanta på grund av sämre sikt och yvighet som försvårar ackumuleringen. Motivet för utpräglad kvalitetsproduktion är heller inte så stor i granbestånden.

LITTERATUR

Andersson, S.-O. 1954. Funktioner och tabeller för kubering av småträd. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 44, nr 12.

Gullberg, T., Johansson, J. & Liss, J.-E. 1997. Pilotstudie av skogsbränsleuttag med flerträdshanterande fälldon i klen skog. Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Arbetsdokument nr 2/1997.

Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogstaxering. Rapport nr 45.

Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut. Band 36, nr 3.

Momentindelning för fällningsarbetet

Kran ut 1	<p><u>Omfattar</u>: Kran ut + positionering av aggregat + första fällskär. (Observera att fällskäret kan inkludera flera stammar). <i>Startar</i> när kranen börjar röra sig mot första trädet. <i>Slutar</i> när fällningen upphör, dvs när kniven har kommit igenom stammen/stammarna.</p>
Kran ut 2 - 9	<p><u>Omfattar</u>: Förflyttning av fällaggregatet till nästa träd + positionering av aggregat + andra fällskär osv. (Observera att fällskäret kan inkludera flera stammar). <i>Startar</i> när kranen börjar röra sig efter fällning av träd 1, träd 2 osv. <i>Slutar</i> när fällningen upphör, d v s när kniven har kommit igenom träd 2, träd 3 osv.</p>
Kran in	<p><u>Omfattar</u>: Aggregatet med avverkade träd (1-9 st) lyfts in mot klämbanken + lossning av knippet. <i>Startar</i> när sista trädet i knippet är fällt och kranen börjar röra sig mot klämbanken. <i>Slutar</i> när knippet är lossat i klämbanken.</p>
Körning + planering	<p><u>Omfattar</u>: Framflyttning av ekipage till nästa avverknings-/lastningsplats inklusive rekognosering och planering. <i>Startar</i> när föregående moment, t.ex. ”kran in” slutar. <i>Slutar</i> när nästa moment, t.ex. ”kran ut 1” börjar.</p>
Lossning	<p><u>Omfattar</u>: Lossning av släpa vid stickväg (inkluderar verktid som ej definierats ovan). <i>Startar</i> vid föregående moments slut. <i>Slutar</i> när nästa moment börjar.</p>
Störning	<p><u>Omfattar</u> tid som ej har med det egentliga ”produktiva” arbetet att göra, t.ex. reparation och telefonsamtal.</p>

Momentindelning för skotningsarbetet

Vid lastning i beståndet

- Lastning*** Omfattar: Kranens rörelse till trådhög, gripning samt intagning och lossning på lasset.
Startar när kranen börjar röra sig.
Slutar när gripnen är öppen och tom.
- Tillrättaläggning + övrigt*** Omfattar: Tillrättaläggning av material på lasset efter att gripnen tömts samt övrig verktid. I bestånd 2 hänförs tid för kapning med motorsåg till detta moment.
- Körning under lastning*** Omfattar: Framflyttning av ekipage mellan uppställningsplatser vid lastning.
Startar när föregående moment, t.ex. ”lastning” slutar.
Slutar när nästa moment, t.ex. ”kran ut 1” börjar.

Vid lossning på avlägg

- Lossning*** Omfattar: Kranens rörelse till lasset, gripning samt avläggning i välta.
Startar när kranen börjar röra sig.
Slutar när gripnen är öppen och tom.
- Tillrättaläggning + övrigt*** Omfattar Tillrättaläggning av material i vältan efter att gripnen tömts samt övrig verktid.

Skadeinventeringsklasser

Skadans läge

- Stubbe/rot
- Intervallet stubbskär – 1,5 m upp på stammen
- Resten av stammen

Skadans storlek

- $< 7 \text{ cm}^2$
- $7 - 14 \text{ cm}^2$
- $15 - 49 \text{ cm}^2$
- $50 - 100 \text{ cm}^2$
- $> 100 \text{ cm}^2$

Typ av skada

- Barkfläkning
- Vedskada
- Stambrott
- Lutande träd

Skadeorsak

- Skadad av hjul
- Skadad av aggregatet
- Fällningsskada
- Skadad vid trädhantering
- Skadad av klipp
- Skadad av maskinchassit

Försöksuppställning (principskiss) för standardprov – avverkning

Försöksuppställning (principskiss) för standardprov – kranmanövrering

Data över avverkningsuttaget per diameterklass i respektive bestånd

Dbh, cm	Bestånd 1A			Bestånd 1B			Bestånd 2		
	Antal träd	Dm ³ sk	Kg TS	Antal träd	Dm ³ sk	Kg TS	Antal träd	Dm ³ sk	Kg TS
-1,5	45	16	16	74	34	31	35	14	12
1,5-2,5	99	126	82	36	52	33	102	120	72
2,5-3,5	115	317	198	64	171	104	101	316	172
3,5-4,5	147	738	460	60	320	201	99	614	338
4,5-5,5	84	663	434	32	275	181	86	860	492
5,5-6,5	79	983	646	22	266	174	74	1235	697
6,5-7,5	32	584	392	21	366	245	39	946	536
7,5-8,5	40	966	669	12	299	208	47	1543	890
8,5-9,5	14	442	318	7	213	152	20	884	524
9,5-10,5	13	509	379	5	191	142	12	675	411
10,5-11,5	4	202	158	1	52	41	7	489	305
11,5-12,5	1	56	45	–	–	–	1	84	54
12,5-13,5	1	74	62	1	73	61	1	102	67
Summa	674	5676	3859	335	2312	1573	624	7882	4570

Data över avverkningsuttaget i respektive stråk

Bestånd och stråk nr	Antal träd	Medeldiam, cm	Medelvolym, dm ³ sk	Medelvikt, kg TS	Högstorlek	
					m ³ sk	ton TS
<u>Bestånd 1A</u>						
Stråk 1	28	4,8	10,6	7,3	0,30	0,20
Stråk 2	66	3,7	5,7	3,7	0,37	0,24
Stråk 3	21	5,6	14,9	10,8	0,31	0,23
Stråk 4	10	5,2	12,0	8,3	0,12	0,08
Stråk 5	40	4,9	10,6	7,3	0,42	0,29
Stråk 6	42	4,6	8,8	6,0	0,37	0,25
Stråk 7	44	4,7	9,3	6,2	0,41	0,27
Stråk 8	30	4,0	6,8	4,6	0,21	0,14
Stråk 9	51	3,6	5,8	3,9	0,29	0,20
Stråk 10	27	4,7	10,4	7,2	0,28	0,20
Stråk 11	47	4,4	8,4	5,7	0,40	0,27
Stråk 12	61	4,1	6,7	4,5	0,41	0,27
Stråk 13	48	4,6	10,0	6,6	0,46	0,32
Stråk 14	70	3,9	7,1	4,9	0,50	0,34
Stickväg	89	4,7	9,2	6,2	0,82	0,55
<u>Bestånd 1B</u>	335	3,8	6,9	4,7	2,31	1,57
<u>Bestånd 2</u>						
Stråk 1	55	5,6	17,1	9,9	0,94	0,54
Stråk 2	27	5,4	18,9	11,1	0,51	0,30
Stråk 3	49	4,7	15,5	9,3	0,76	0,45
Stråk 4	54	4,6	12,8	7,5	0,69	0,40
Stråk 5	113	3,7	7,6	4,3	0,86	0,49
Stråk 6	76	4,3	9,6	5,4	0,73	0,41
Stråk 7	63	4,7	13,4	7,8	0,85	0,49
Stråk 8	119	4,0	9,2	5,3	1,10	0,63
Stråk 9	46	6,0	19,5	11,3	0,90	0,52
Stråk 10	22	6,5	24,6	14,5	0,54	0,32