

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 527 2003



Flerträdshantering med Timberjack 745

Författare: Isabelle Bergkvist
Foto: David Söderlind, Concret Reklam

Ämnesord: Flerträdshantering, gallring

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SKOGFORSK-NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

REPORT: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Inledning.....	4
Bakgrund.....	4
Resultat vid tidigare försök	4
Syfte	5
Förutsättningar.....	5
Maskin och aggregat	5
Bestånd och förare	5
Eksjö.....	5
Skärplinge	6
Övriga intressenter och medhjälpare vid studierna	6
Genomförande	6
Fältstudier	6
Teoretiska studier	7
Resultat	7
Uttag och beståndsdata.....	7
Eksjö.....	7
Skärplinge	7
Avverkning	8
Normerade tider	9
Virkeskvalitet.....	10
Vedkvalitet	12
Analys och teoretiska beräkningar utifrån resultaten	12
Analys av flerträdsandelen.....	12
Teoretisk prestationsökning vid flerträdshantering.....	13
Analys av faktorer som påverkar andelen flerträdshantering	15
Diskussion.....	17
Virkeskvalitet och vedkvalitet.....	17
Prestationsökning/beståndsförutsättningar	18
Gran	19
Avverkningskostnad.....	20
Lönsamhet.....	20
Slutsatser	22
Referenser.....	23
 Bilaga 1	 Momentindeling, Valmet 801 Combi..... 25
Bilaga 2	Regressionssamband..... 26
Bilaga 3	Generella mättningsbestämmelser – massaved..... 27

Sammanfattning

Under sommaren 2002 genomfördes en studie av ett flerträdshanterande aggregat, Timberjack 745. Studien genomfördes på två platser i Sverige, dels i Småland och dels i Uppland. I samma bestånd tidsstuderades enträdshantering respektive flerträds-hantering och en jämförelse gjordes med avseende på prestationer, kostnader och virkestillredning. Ur det flerträdshanterade respektive det enträdshanterade studieledet slumpades 150–200 stockar ut vid stickväg och studerades med avseende på antal kvarsittande kvist. Kvisten bedömdes enligt WMFs föreskrifter. Dessa stockar färg-märktes i fält och kontrollmättes senare vid industri. Resten av partiet travmättes på industriplan. Genom mätningen vid stickväg och kontrollmätningen på industri-planen kunde man få ett mått på hur mycket av kvarvarande kvist som försvann i terrängtransport och vidaretransport, samt hur virkestillredningen skiljde sig mellan metoderna. Utöver studiematerialet avverkades ytterligare ett par hundra m³ fub med flerträdsmetoden och kördes genom barknings- och flisprocessen på bruken. Syftet med detta var att kontrollera om det flerträdshanterade virket innebar problem vid massatillverkning i jämförelse med traditionellt hanterat virke.

Basmaskin under båda studierna var en Timberjack 1270B med 11 m kran. Den första studien genomfördes i Eksjö med Sveaskog som markvärd och Sydved som maskinvärd. I den andra studien anlätades samma maskin fast nu på Korsnäs mark. Virket kördes till Aspa bruk respektive Korsnäsverken. Virkesmätningen utfördes av WMF Qbera.

Studien visade att avverkningsprestationen ökade med 12 % respektive 19 % på de båda studieytorna, sammanvägt ökade prestationen med 16 %. Kontrollmätning enligt mättningsbestämmelserna visade att vrakandelen ökade för det flerträds-hanterade virket. Hantering i ordinarie massaprocess visade trots detta att vedkvalitet och fliskvalitet var likvärdig mellan studieleden. Kvaliteten var dessutom trots vrak-andel fullt tillräcklig för massaproduktion. Prestationsökningen motsvarade en sänk-ning av gallringskostnaden med 15 kr/m³ fub. Troligen kan även vissa teknik- och metodförbättringar ske, vilket skulle öka prestationen ytterligare.

Inledning

BAKGRUND

Kostnaden för maskiner och arbetskraft vid svenska skogsavverkningar ökar årligen. Råvarupriset ökar dock inte i samma takt utan verkar i stället reellt sett sjunka. Detta medför att vinsten i det Svenska skogsbruket minskar om man inte kompenserar de ökade produktionskostnaderna med rationalisering och utveckling av maskiner och arbetsmetoder.

Flerträdsavverkning av träd med liten dimension kan vara ett sätt att höja prestationen och därigenom öka nettot vid avverkning.

Studier av flerträdshantering som tidigare genomförts har visat på mycket god lönsamhet vid rätt förutsättningar (Brunberg, Nordén & Svensson 1989; Brunberg, Nordén & Tosterud, 1989; Brunberg & Frohm, 1992; Brunberg & Nordén, 1994; Nordén, 1990; Nordén, 1998; Svensson, 1989). Metoden har trots detta inte slagit igenom i Sverige. Endast på ett fåtal ställen utnyttjas i dag flerträdshantering vid avverkningsåtgärder.

I och med att Timberjack tagit fram flera aggregat, t.ex. TJ 745, som kan fås med flerträdshanterande tilläggsutrustning har intresset ökat för metoden. Man ville dock från skogsföretagen sida ha svar på ett antal frågor innan tekniken kan användas i stor skala.

- Hur påverkas prestationer och avverkningskostnader vid olika förutsättningar när man utnyttjar flerträdshantering?
- Hur väl tillgodoser flerträdshanterat virke dagens krav på tillredningskvalitet
 - vid stickväg?
 - vid industri?
- Hur ser egentligen industrins krav på tillredningskvalitet ut och vilket förädlingsresultat ger det flerträdshanterade virket?
- Hur stor andel av avverkningarna måste flerträdsavverkas vid en given prestationsökning för att investeringen av ett flerträdshanterande aggregat ska löna sig?
- Vilka objekt/träd är lämpliga för flerträdshantering och hur hittar man dem?
- Hur stor andel av avverkningen per år kan uppskattningsvis flerträdshanteras?
- Kan man utnyttja flerträdshantering även i slutavverkning?

RESULTAT VID TIDIGARE FÖRSÖK

Tidigare studier av flerträdshantering i gallring kan kort sammanfattas enligt följande

- Flerträdshanteringen har medfört 2–37 % prestationsökning.
- Prestationsökningen var större vid ett ökat uttag och klenare medelstam.
- Man uppmätte samma prestationsökning för både gran och tall i glesa bestånd, i tätare bestånd verkar möjligheten till flerträdshantering i gran hindras av sämre sikt.

- Vid stickväg uppmättes 1–20 % mer vrak p.g.a. kvist, samt en liten ökning av vrakmängden p.g.a. korta bitar och klen toppdiameter.
- Mer än 50 % av kvistarna som orsakade vrakning reducerades dock bort vid terrängtransport och vidaretransport.

(Brunberg, Nordén & Svensson, 1989; Brunberg, Nordén & Tosterud, 1989; Brunberg & Frohm, 1992; Brunberg & Nordén, 1994; Nordén, 1990; Nordén, 1998; Svensson, 1989).

SYFTE

Syftet med arbetet är att genom praktiska studier av flerträdshantering vid avverkning, studier av flerträdhanterat virke från skog till industri, samt teoretiska beräkningar och litteraturstudier beskriva hur utnyttjandet av flerträdshantering kan påverka prestation, kostnader och kvalitet vid avverkning och användning av massaved som råvara vid pappersframställning.

Förutsättningar

MASKIN OCH AGGREGAT

Båda avverkningarna genomfördes med en Timberjack 1270B/745 med 11 m kran. Aggregatet är ett lätt gallrings- och slutavverkningsaggregat med fyrhjulsdrift som dessutom i det här fallet försetts med extrautrustning för flerträdshantering, två ackumuleringsarmar och bredare mätthjul samt en speciell typ av flerträds-matarvalsar. Flerträdsutrustningen kan kopplas ifrån, vilket gör att prestationen inte påverkas vid enträdsavverkning.

BESTÅND OCH FÖRARE

Studien genomfördes på två lokaler i talldominerade förstagallringsbestånd.

Eksjö

Studien genomfördes på Sveaskogs mark ett par mil öster om Eksjö. Beståndet är beläget längs med landsvägen mot Svinhult och begränsades i söder av en kraftledningsgata och i nordöst av Silverån. Trädskiktet bestod till hundra procent av tall som planterats i slutet av 60-talet. Stamantalet var ca 1 900 stammar per ha och medelstamvolymen var ca 0,07 m³ fub innan avverkningen (tabell 1). Stammarna var jämt fördelade över beståndet med liten spridning i diameter och volym. Terrängen var jämn med svag nordsluttninng och markstatusen var frisk med blåbärsris. Beståndet förröjdes och kvistades delvis innan avverkning. Förare vid tidsstudien var Thomas Samuelsson som är ägare av entreprenörsföretaget och i vanliga fall kör åt Sydved inom distrikt Åseda.

Skärplinge

Korsnäs AB är markägare och ansvarig för avverkningsenheten av beståndet som är belägen ett par km sydöst om Skärplinge i norra Uppland. Beståndet som planterats 1974 består till största delen av tall som har varit utsatt för kraftig viltbetning. Detta har medfört extremt dålig kvalitet med avseende på sprötkvist, krokighet och dubbelstammar. Stamantalet var 1 500 – 2 000 stammar per ha och medelstamvolymen var ca 0,07 m³fub innan avverkning (tabell 1). Stamfördelning och diameterfördelning skilde sig något över beståndet och var 1 400 – 2 300 stammar/ha och 12–16 cm i brösthöjd. Terrängförhållandena var medelgoda med en del större block och berg i dagen. Markskiktet dominerades av frisk mark med blåbärsris.

Avverkningen utfördes med samma maskin som i den tidigare studien, förare var Carl-Johan Örmander som i vanliga fall kör åt Thomas Samuelsson.

ÖVRIGA INTRESSENTER OCH MEDHJÄLPARE VID STUDIERNÄ

Korsnäs, Sveaskog och Sydved var mark- och maskinvärd. Dessutom har SCA Skog och Stora Enso varit delvis inkopplade i projektet som "bollplank". Timberjack hjälpte till med ersättningsmaskin vid studien i Skärplinge. Bo Hjalmarsson, Korsnäs och Urban Karlsson, Sveaskog hjälpte till med urval av bestånd.

Vid fältarbete i form av inmätning av bestånd och lappning av träd bistod i Eksjö Fredrik Johansson och i Skärplinge Berndt Nordén. Virket kördes till Aspa bruk respektive Korsnäsverken för att barkas och flisas i ordinarie process. Kontrollmätning av massaved utfördes vid industrin av WMF Qbera.

Genomförande

FÄLTSTUDIER

I bestånden lades ett antal stickvägar ut vilka delades mellan två studieled. I det ena studieledet flerträdschanterades lämpliga stammar, det andra studieledet avverkades med traditionell enträdschantering. I båda studieleden lades ett antal provtyr ut i syfte att mäta in stamantal, diameter och volym. Provträdet i olika diameterklasser höjdmättes. Värdena gav underlag till en höjdkurva som sedan kunde användas för kuberingar. En stor del av stammarna i och runt de uppmätta stickvägarna diametermättes och lappades med diametervärdet på stammen. Avverkningen i samtliga studieled tidsstuderades i en cmin studie där tiden för varje avverkningsmoment (bilaga 1) noterades, liksom brösthöjdsdiameter för de avverkade träden. I tidsstudien ingick 300 till drygt 500 avverkade stammar per studieled. Ytterligare ca 200 m³fub flerträdsavverkades och kördes in till Aspa bruk respektive Korsnäsverken för inmätning, barkning och flisning. I detta materialet kontrollerades flisfraktioner och barkhalt. Barkningstrumma och renserilinj tömdes i största möjliga mån innan körningen startade. Vid Korsnäsverken valde man att kontrollera vedförlust, d.v.s. andelen ved i den utsållade barken, i stället för barkhalt i flisen. På Korsnäsverken jämfördes materialet med referensveden från det enträdsavverkade studieledet. På Aspa bruk jämfördes materialet med de gränsvärden som finns för flisen i massaprocessen.

Tvåhundra stockar kontrollmättes med avseende på kvistförekomst (enligt WMFs föreskrifter, se bilaga 3) vid stickväg. Stockarna märktes och skotades till en egen trave. Samma stockar kontrollmättes vid industri, där man även mätte längd och toppdiameter, samt vrakandel och vrakorsak. Siffrorna användes för att få ett mått på hur stor andel av kvarsittande kvist som försvann under terräng- och vidaretransporten, samt hur stor andel vrak flerträdshanteringen gav i jämförelse med kontrolllytorna.

TEORETISKA STUDIER

Vissa av svaren på de frågeställningar som ligger till grund för projektet söktes i litteratur, främst tidigare SkogForsk-studier, men även genom Internet och skogsvårdsorganisationen.

Resultat

UTTAG OCH BESTÅNDSDATA

Eksjö

Stammantalet före avverkning var ca 1 900 stammar/ha i båda studieleden. Även medelstamvolymen var i princip lika mellan studieleden, 0,086 – 0,087 m³fub. Medelstamvolymen i uttaget var i båda studieleden 0,061 och medeldiametern i uttaget var 12 cm. Medeldiametern i kvarvarande bestånd var i båda studieleden 15 cm, vilket ger en gallringskvot (medeldiameter i uttaget/medeldiameter i kvarvarande bestånd) på 0,8. Gallringskvoten indikerar en låggallring d.v.s. att uttaget gjorts bland de klenaste träden. En teori innan avverkningen var att flerträds-hanteringen skulle medföra en ännu mer uttalad låggallring p.g.a. att klenare träd som lättare flerträdhanteras skulle prioriteras. Så var dock inte fallet vid studien i Eksjö.

Skärplinge

Vid studien i Skärplinge var stamantalet något högre i studieledet med flerträds-hantering, 1 800 stammar/ha jämfört med 1 700 stammar/ha i enträdsstudieledet. Även medelstamvolymen i beståndet var något lägre vid flerträdsavverkning, 0,063 jämfört med 0,078 i enträdsstudieledet. Gallringskvoten 0,93 i enträdsavverkningen ligger så nära ett att man kan anta att stammarna i uttaget är jämt fördelade över diameterklasserna. Gallringskvoten i flerträdsavverkningen var något lägre (0,86). Gallringskvoten var dock inte tillräckligt låg för att indikera en extrem låggallring, vilket utesluter att enbart de klenaste stammarna gallrats bort. Skärplingestudien visade dock att det finns en risk att gallringskvoten omedvetet blir lägre vid utnyttjande av flerträdshantering och man bör vara medveten om den risken.

Medelstamvolymen i uttaget varierade mellan studieleden, 0,074 i enträdduttaget och 0,055 i flerträdduttaget. Detta påverkar givetvis prestationen men skillnaderna går att kompensera med hjälp av normering av de volymberoende momenten, se senare avsnitt.

Studieleden ansågs helt likvärdiga vad avser terrängförhållande och markförhållande

Tabell 1.
Data för beståndet före och efter avverkning, samt för uttaget.

Innan avverkning	Stammar/ ha	Volym m ³ fub/ha	Uttagsprocent av volymen	Medelstam cm	Medelstam m ³ fub	Gallringskvot
Eksjö enträd	1 900	170		13	0,087	
Eksjö flerträd	1 890	163		13	0,086	
Skärplinge enträd	1 700	141		14	0,078	
Skärplinge flerträd	1 800	114		13	0,063	
Uttag						
Eksjö enträd	700	43	25	12	0,061	0,8
Eksjö flerträd	700	43	26	12	0,061	0,8
Skärplinge enträd	860	64	45	14	0,074	0,93
Skärplinge flerträd	840	46	41	12	0,055	0,86
Efter avverkning						
Eksjö enträd	1 200	127		15	0,106	
Eksjö flerträd	1 190	120		15	0,101	
Skärplinge enträd	840	77		15	0,08	
Skärplinge flerträd	960	68		14	0,076	

AVVERKNING

Vid flerträdshantering i Eksjöbeståndet hanterades som mest två träd samtidigt. Vid avverkningen i Skärplinge kunde upp till fyra träd ingå i samma cykel. Av de uttagna träden ingick 57 % i Eksjö och 51 % i Skärplinge i krancykler där två eller flera träd hanterades samtidigt (tabell 2). Antalet träd per krancykel var i Eksjö 1,4 och i Skärplinge 1,38.

Grundtiderna i Eksjö visade på en minskad tidsåtgång per träd med 4,4 cmin vid flerträdshantering. Vid Eksjöavverkningen var de uttagna trädens medelvolym lika (0,061 m³fub) i båda studieleden. Även stamantalet per ha kunde anses likvärdigt, vilket innebar att ingen normering av siffrorna krävdes.

I Skärplingestudien skiljde medelstammen och stamantalet per ha något och normering av de moment som påverkas av trädvolym och stamantal måste göras innan man kunde dra några slutsatser om skillnaden i tidsåtgång per träd.

Preliminärt visade de båda delstudierna i medeltal en tidsminskning på 7 cmin/träd och en prestationsökning på 39 träd per G₀-h vid flerträdshantering.

Anledningen till varför det var en markant skillnad mellan tidsåtgången per träd i flerträdsleden (4,5 cmin) är svår att veta, men det kan bero på olika förare, olika medelstamvolym och/eller att fler än två träd hanterades samtidigt i Skärplinge.

Tabell 2.
Grundtider Eksjö och Skärplinge.

	Enträd			Flerträd		
	Eksjö	Skärplinge	Totalt	Eksjö	Skärplinge	Totalt
Antal cykler	263	486		357	487	
Antal träd	263	486		499	670	
Antal träd/cykel	1	1		1,40	1,38	
Andel flerträdshanterade träd (%)				57	51	
Tidsåtgång per moment (cmin)						
Framflyttning	3,1	3,3	3,2	3,1	2,2	2,7
Kran ut	12,8	14,1	13,5	11,5	11,1	11,3
Avskiljning	2,9	3,2	3,1	3,1	2,9	3,0
Fällning/intagning	6,4	7,2	6,8	6,2	5,5	5,9
Kvistning/kapning	10,0	7,7	8,9	7,0	4,9	6,0
Röjning	0,9	1,2	1,1	0,6	0,6	0,6
Övrig verktid	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3
Summa, cmin per träd	36,3	37,1	36,7	31,9	27,4	29,7
Träd per G ₀ -h	165	162	163	188	219	202

NORMERADE TIDER

Studieresultatet i Skärplinge normerades för att kompensera för de olikheter som fanns mellan studieleden (tabell 3). Tidsåtgången för de moment i enträdsstudieledet som ansågs påverkade av skillnader i beståndsförutsättningarna räknades om för att gälla beståndsförutsättningarna i flerträdsstudieledet. Anledningen till att flerträdsstudieledet användes som mall var att det är lättare att förutsäga hur arbetet förändras vid hanteringen av ett träd i taget än vid hantering av flera träd i taget. Framflyttningen ansågs påverkas av stamantalet och sattes lika i de båda studieleden. Tiden för avskiljning och ”kvistning/kapning” ansågs påverkas av trädvolymen.

Avskiljningstiden sattes därför lika. För ”kvistning/kapning” beräknades en regressionsfunktion (bilaga 2). Ur regressionsfunktionen kunde tiden för ”kvistning/kapning” beräknas för medelstamvolymen 0,055. Övrig verktid sattes lika i de båda studieleden.

Tabell 3.
Normerade tider.

	Enträd			Flerträd		
	Eksjö	Skärplinge	Totalt	Eksjö	Skärplinge	Totalt
Antal cykler	263	486		357	487	
Antal träd	263	486		499	670	
Antal träd/cykel	1	1		1,40	1,38	
Andel flerträdshanterade träd (%)				57	51	
Tidsåtgång per moment (cmin)						
Framflyttning	3,1	2,7	2,9	3,1	2,7	2,9
Kran ut	12,8	14,1	13,5	11,5	11,1	11,3
Avskiljning	2,9	2,9	2,9	3,1	2,9	3,0
Fällning/intagning	6,4	7,2	6,8	6,2	5,5	5,9
Kvistning/kapning	10,0	6,2	8,1	7,0	4,9	6,0
Röjning	0,9	1,2	1,1	0,6	0,6	0,6
Övrig verktid	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3
Summa, cmin per träd	36,3	34,5	35,4	31,9	27,9	29,9
Medelstamsvolym	0,061	0,055		0,061	0,055	
Prestation (m ³ fub/G ₀ -h)	10,1	9,6	9,8	11,5	11,8	11,6
Omräkningstal	0,8	0,8		0,8	0,8	
Prestation (m ³ fub/G ₁₅ -h)	8,1	7,7	7,9	9,2	9,5	9,3
Prestationsökning, %				12	19	16

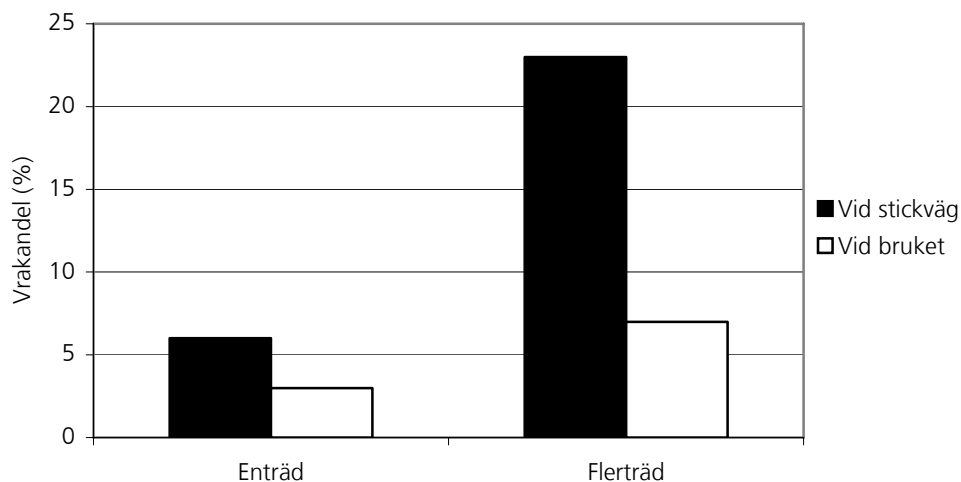
Momenten ”Kran ut” och ”kvistning/kapning” innebar störst tidsvinster vid flerträds-
hantering (medel 2,2 respektive 2,1 cmin). Flerträdshanteringen innebar en tidsvinst
vid ”fällning/intagning” i Skärplingestudien. Vid Eksjöstudien ökade däremot tidså-
tgången för det momentet vid flerträdshantering.

Anledningen till att röjningstiden minskade vid flerträdshanteringen är förmodligen
att träd med klenare diameter upparbetades oftare i det studiedelet och därför inte
belastade röjningsmomentet.

Den sammanvägda prestationen ökade från 7,9 m³fub/G₁₅-h vid enträdshantering till
9,3 m³fub /G₁₅-h vid flerträdshanteringen. Detta innebar en prestationsökning på
16 % vid utnyttjande av flerträdshantering.

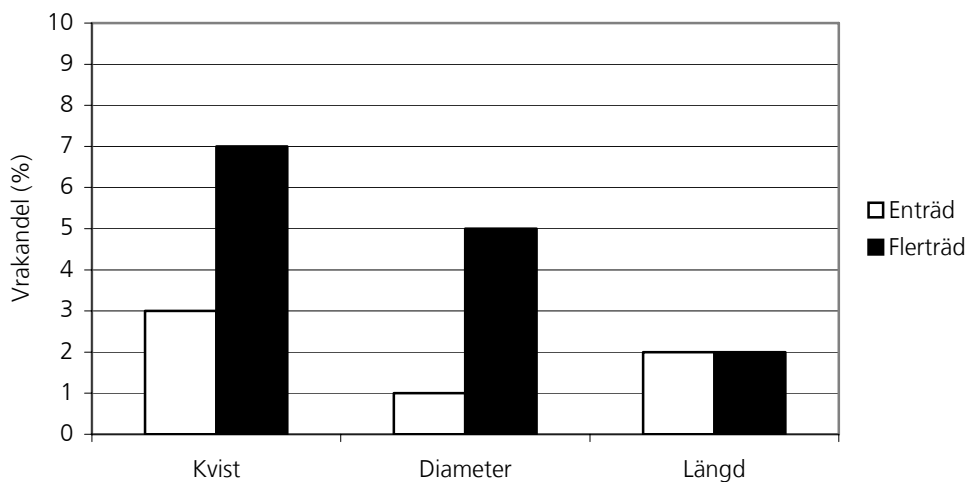
VIRKESKVALITET

Den totala vrakandelen av volymen var vid kontrollmätningen på industriplanen
dubbelt så stor för flerträdshanterat virke, 6 % jämfört med 3 % för enträdshanterat
virke. Vid inmätningen av samma stockar vid stickväg beräknades andelen vrak av an-
talet stockar p.g.a. att volymen var okänd. 46 stockar av de 200 inmätta stockarna i
studiedelet med flerträdshantering hade kvarsittande kvist. Detta innebar att 23 % av
antalet stockar klassades som vrak p.g.a. kvist vid stickväg. För studiedelet med en-
trädshantering var vralandelen 6 %. Andelen vrak på grund av kvist minskade dock
med 3–16 % efter vidaretransport (figur 1).



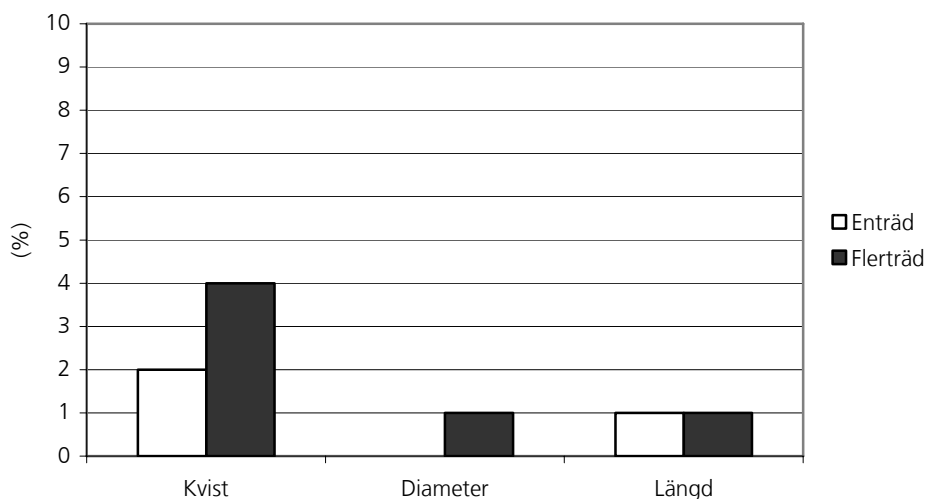
Figur 1.
Vrakandel (av antalet) orsakat av kvarsittande kvist. Mätt vid stickväg respektive vid bruket efter vidaretransport.

Andelen av stockarna som vrakades p.g.a. kvist vid kontrollmätningen på bruket var 4 % högre för det flerträdshanterade virket jämfört med enträdshanterade virket (figur 2). Även vrakandelen på grund av liten toppdiameter var större för det flerträdshanterade virket, 5 % jämfört med 1 % vid enträdshantering. Längdvrakningen visade ingen skillnad mellan studieleden.



Figur 2.
Vrakandel (av antalet) p.g.a. kvist, diameter och längd vid kontrollmätningen på industriplan.

Efter inmätningen på industriplanen kunde en beräkning av stockarnas volym göras. Andelen vrak var högst i de klenaste dimensionerna (figur 3). Detta visas i figur 3 där andelen vrak av volymen är betydligt lägre än andelen vrak av antalet (figur 2).



Figur 3.
Vrakandel (av volymen) p.g.a. kvist, diameter och längd vid kontrollmätningen på industriplan.

VEDKVALITET

På Aspa bruk visade sig materialet från flerträdshanteringen ligga så långt under de maximalt tillåtna nivåerna att ingen jämförelse med referensveden krävdes (tabell 4). Vid mätningarna på Korsnäsverken var andelen flisfraktioner som avvek från det ideala måttet 7 mm 5 % högre i flerträdsveden än i referensveden. Detta ansågs dock inte ha någon betydelse för den slutliga masskvaliteten. Utifrån det lilla material som försöket utgjorde ansåg man på bruken att den flerträdshanterade veden var fullt likvärdig med enträdshanterad ved som råvara i massaproduktionen.

Tabell 4.
Flis från flerträdshanterad ved jämfört med acceptnivå (Aspa) respektive referensved (Korsnäsverken).

	Barkhalt %	Tillåten andel %	Vedförlust Försöksved %	Vedförlust referensved %	Andel "fel" flis- fraktioner >8 mm, <7 mm, %	Tillåten andel/andel i ref ved %
Aspa	0,04	0,4	–		22,5	27,5
Korsnäsverken	–		2,19	3,01	40	35

Analys och teoretiska beräkningar utifrån resultaten

ANALYS AV FLERTRÄDSANDELEN

En jämförelse gjordes mellan tidsåtgången per arbetscykel vid vanlig enträdshantering och de enskilda arbetscyklerna där två eller flera träd hanterades samtidigt. Denna visar att momenttiderna för "kran ut", "fällning/intagning" och "kvistning/kapning" reduceras kraftigt vid utnyttjande av flerträdshantering (4,3 cmin, 2,7 cmin och 3,8 cmin, se tabell 5). Även vid uppdelning med hänsyn till hantering skilde medelstamvolymen i stort sett ingenting i Eksjö-studien. Vid Skärplinge-studien fanns en skillnad i trädvolymen mellan enträds- och flerträdshanterade träd (0,033 m³fub). En

jämförelse gjordes därför av differensen mellan momenttiderna vid hanteringen av ett eller flera träd totalt med differensen enbart vid Ekjöstudien (tabell 5). Jämförelsen visar att minskningen av tidsåtgången för ovan nämnda moment troligen varit ungefär densamma om trädvolymerna varit lika. Tidsåtgången för det vanliga arbetet med ett träd i taget förutsätts vara lika som för de enträdscyklar som förekommer i studieleden med tvåträdhantering.

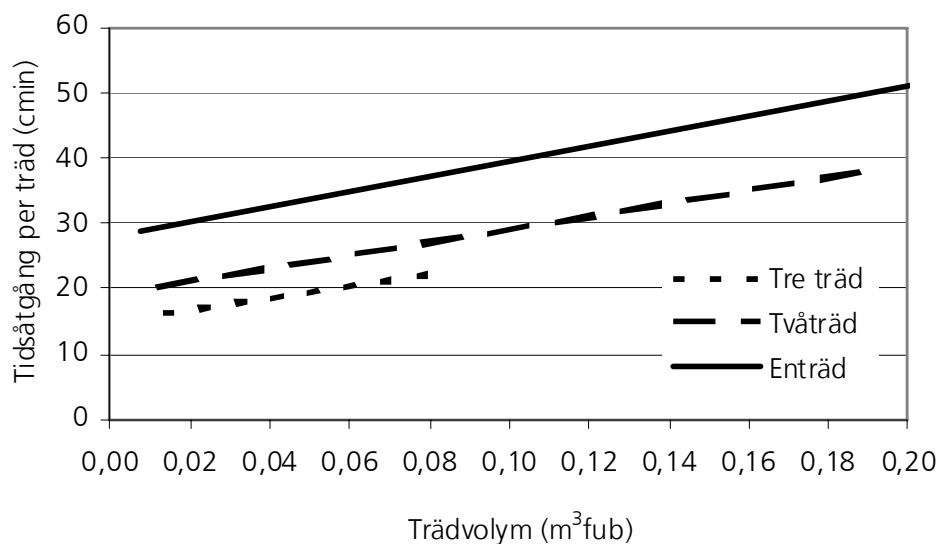
Tabell 5.

Tidsåtgång per arbetscykel vid enträdshantering jämfört med flerträdshantering, cmin/träd.

	Enträd			Flerträd			Diff	Diff
	Eksjö	Skärplinge	Totalt	Eksjö	Skärplinge	Totalt	Total	Eksjö
Antal träd	263	486		142	158			
Medelstamvolym (m ³ fub)	0,061	0,074		0,062	0,041			
Tidsåtgång (cmin/träd)								
Framflyttning	3,1	2,7	2,9	2,4	1,9	2,2	0,8	0,7
Kran ut	12,8	14,1	13,5	10,1	8,3	9,2	4,3	2,7
Stubbkap	2,9	2,9	2,9	3	3,2	3,1	-0,2	-0,1
Fällning/intagning	6,4	7,2	6,8	4,5	3,7	4,1	2,7	1,9
Kvistning/kapning	10	6,2	8,1	5,2	3,5	4,4	3,8	4,8
Röjning	0,9	1,2	1,1	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5
Övrig verktid	0,2	0,3	0,3	0,7	0,3	0,5	-0,3	-0,5
Summa, cmin per träd	36,3	37,1	36,7	26,3	21,5	23,9	12,8	10
Träd per G ₀ -h	165	162	163	228	279	251		

TEORETISK PRESTATIONSÖKNING VID FLERTRÄDSHANTERING

Prestationen ökar vid flerträdshantering på grund av att vissa moment tar i stort sett lika lång tid att utföra för en stam som för flera stammar samtidigt. Givetvis finns en mängd andra faktorer som påverkar prestationen vid avverkning men om man bortser från dessa kan en teoretisk beräkning av maximal prestationsökning vid flerträds-hantering göras. Detta illustreras i figur 4 där tidsåtgången per träd för en-, två- eller treträdshantering visas som funktion av trädvolymen, inom volymintervallet 0,02 – 0,2 m³fub. Inom detta volymintervall kan funktionerna anses närmast linjära.



Figur 4.
Tidsåtgången per träd beroende av trädvolym och antal träd per arbetscykel.

Sambanden kan även beskrivas i följande linjära funktioner (inom ovan nämnda intervall)

Enträd: $T = 114,7 \cdot v + 28,1$

Två träd: $T = 99,5 \cdot v + 19,2$

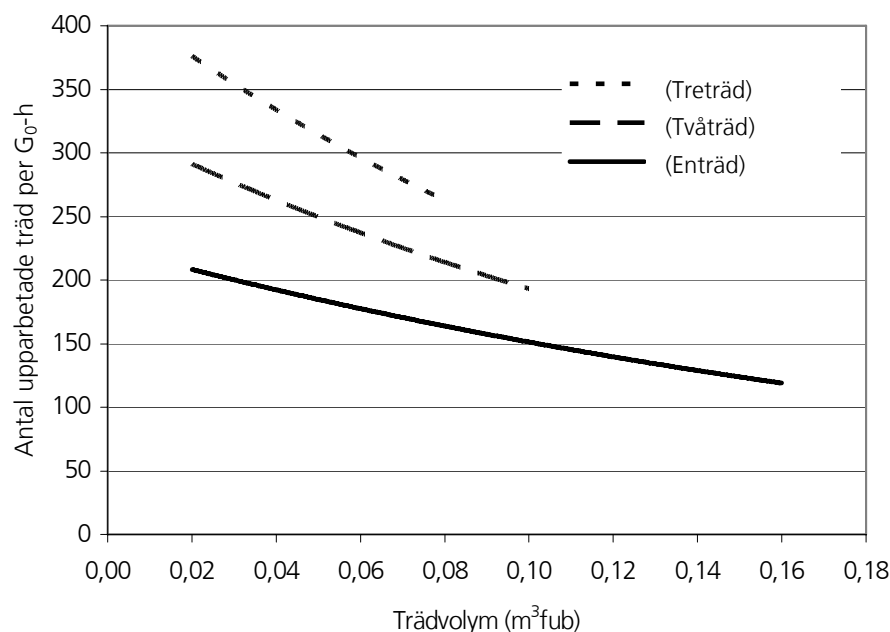
Tre träd: $T = 89,6 \cdot v + 15$

där T är tidsåtgången per träd i cmin och v är trädvolymen.

Teoretiskt ger detta en sänkning av tidsåtgången per träd vid tvåträdshantering med 23–30 % i intervallet 0,02 – 0,2 m³fub. Vid hantering av tre träd i en och samma arbetscykel blir motsvarande tidreduktion 45 % vid trädvolymen 0,02 m³fub.

Tidsänkningen innebär en prestationsökning vid tvåträdshantering mellan 30–45 % givet att man endast avverkar träd inom det diameterintervall där tvåträdshantering fungerar. Treträdshantering, som endast kan utnyttjas effektivt inom intervallet 0,02 – 0,08 m³fub, ger som mest en prestationsökning med över 80 %.

Prestationsökningen vid flerträdshantering visas även i figur 5 där antal upparbetade träd per G₀-h visas som funktion av trädvolymen.



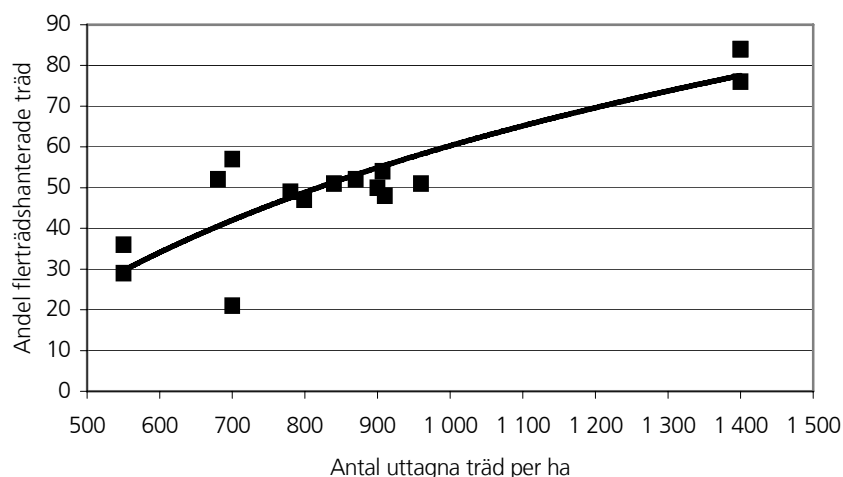
Figur 5.
Prestation per G_0 -h beroende av trädvolym och antal upparbetade träd per arbetscykel.

Tidsminskning och prestationsökning gäller vid hundra procent flerträdupparbetning. I praktiskt arbete är detta givetvis inte möjligt. Stam- och volymfördelning i beståndet, samt antalet uttagna stammar medför att en viss del av de avverkade träden måste upparbetas ett och ett. Detta minskar givetvis den möjliga prestationsökningen.

ANALYS AV FAKTORER SOM PÅVERKAR ANDELEN FLERTRÄDSHANTERING

En mängd olika faktorer påverkar hur stor andel av träden som kan flerträdshanteras. Exempel på detta är trädslag, dimension, terräng och årstid. Den enskilda faktor som speglar möjligheten till flerträdshantering bäst kan antas vara antalet uttagna stammar per hektar. Medelstammen, som också bör påverka andelen flerträdshantering, är oftast kopplad till stammantal i och med att ett högt stamantal rent biologiskt innebär en klen medelstam. Andelen flerträdshanterade träd i de aktuella studierna sattes därför som funktion av antalet uttagna stammar per hektar (figur 6).

För att bredda materialet delades Skärplingestudien upp på enskilda stickvägar. Dessutom användes även resultat från tidigare studier (Brunberg, Nordén & Svensson, 1989; Brunberg, Nordén & Tosterud, 1989; Brunberg & Frohm, 1992; Nordén, 1990; Nordén, 1998; Svensson, 1989).

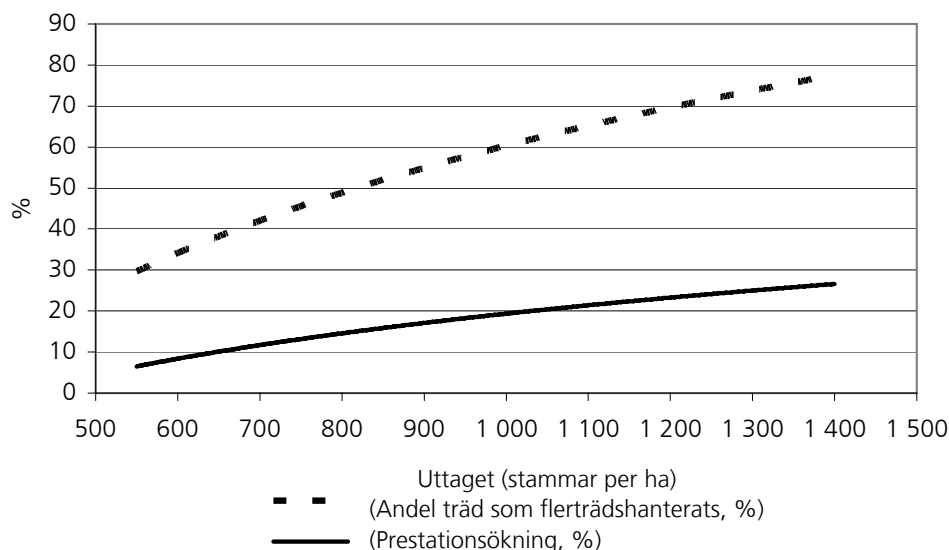


Figur 6.
Samband mellan uttaget stamantal och andelen flerträdshanterade träd.

Figur 6 visar att det fanns ett samband mellan uttaget stamantal och andelen flerträdshantering. Därför gjordes även en trendlinje som grovt kan antas avspegla förväntad andel flerträdshantering vid olika uttag. Både gran- och tallgallringar finns representerade i figuren. Samtliga grangallringsstudier representeras av uttag mellan 500 och 1 000 stammar/ha. Vid tallstudierna låg uttagen mellan 700 och 1 400 stammar /ha.

Figuren visar att ett uttag mellan 700 och 1 000 stammar per ha kan förväntas ge en flerträdsandel på ca 50 %. Detta stämmer väl överens med siffrorna i de refererade studierna.

Hur andelen flerträdshantering vid olika uttag påverkar prestationen visas i figur 7, där även prestationsökningen är inlagd som funktion av uttaget i antal stammar per hektar.



Figur 7.
Andelen flerträdshanterade träd och prestationsökning som funktion av uttaget antal stammar per hektar.

Diskussion

VIRKESKVALITET OCH VEDKVALITET

Tidigare studier har visat att kvistningsresultatet i de flesta fallen blir sämre när man utnyttjat teknik för flerträdshantering (Brunberg, Hedenberg & Jonsson, 1990). Kvistningen vid de aktuella studierna var också klart sämre vid flerträdshantering än vid enträdshantering. En stor del av kvistarna försvann dock vid terräng- och vidaretransport. Kontrollmätningen vid bruket visade att 4 % av volymen hade vrakats p.g.a. kvistighet, totalt hade vrakandelen blivit 6 % för det flerträdshanterade virket jämfört med 3 % för den traditionella avverkningen. Vedkvaliteten hos den flerträdshanterade veden var trots detta fullt likvärdig med traditionellt avverkad ved.

Materialen var dock mycket litet och ett betydligt större material krävs om man ska kunna dra några säkra slutsatser. Resultat och kommentarer från de personer som ansvarade för försöken på bruken tyder på att veden trots hög vrakandel kan utnyttjas fullt ut för massaframställning. Detta indikerar i sin tur att virkesmätningens krav är för högt ställda i jämförelse med de krav som industrin har på råvaran vid framställning av pappersmassa.

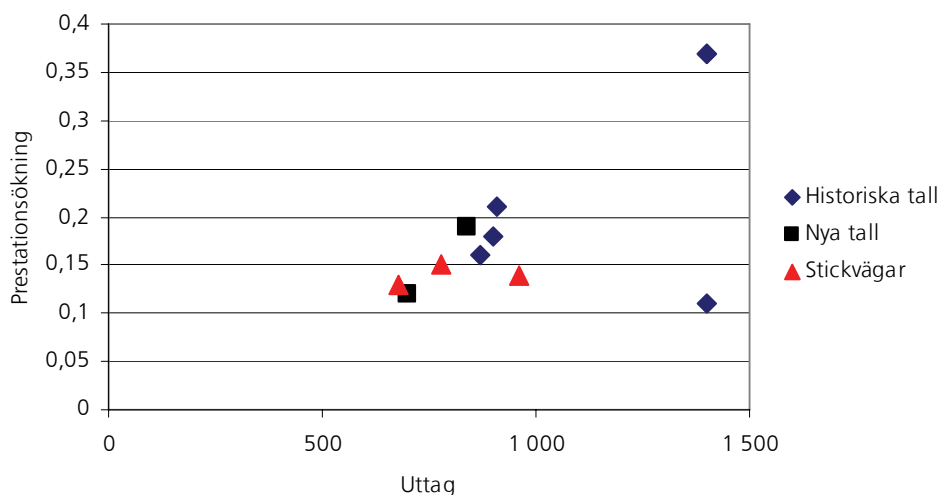
PRESTATIONSÖKNING/BESTÅNDSFÖRUTSÄTTNINGAR

Hur ser det ideala beståndet för flerträdshantering ut?

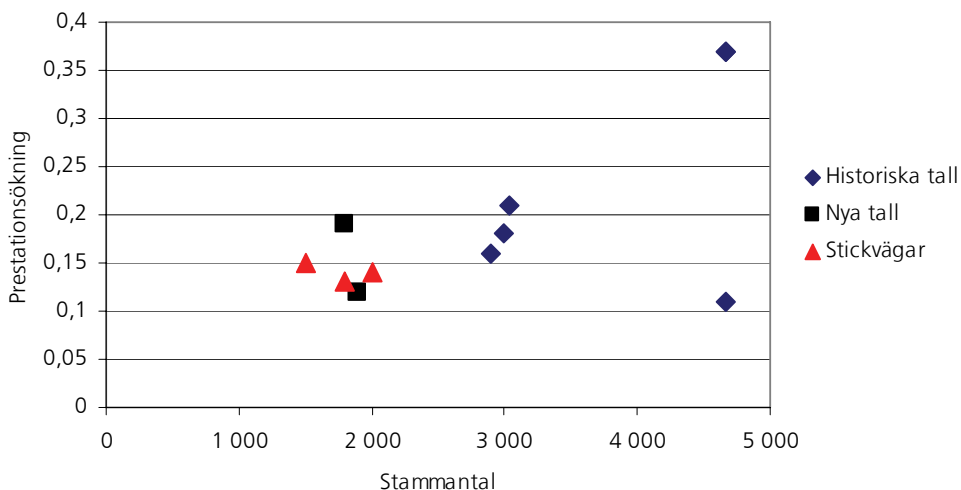
I figurerna 8 och 9 visas prestationsökningen som funktion av stamantal innan gallring respektive medelstamvolymen i uttaget.

Liksom tidigare är studien i Skärplinge uppdelad på enskilda stickvägar. Dessutom är resultat från tallstudier i referenslitteraturen medtagna ("historiska tall") för att bredda materialet ytterligare.

Samtliga studier är gjorda i talldominerade bestånd. Terrängförhållandena har varit god till medelgoda och samtliga årstider finns representerade.



Figur 8.
Stammantalets påverkan på prestationsökningen vid flerträdshantering.

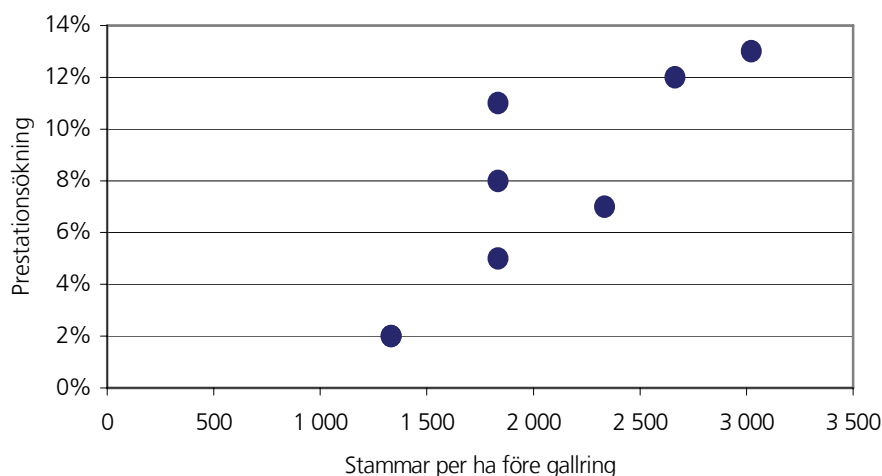


Figur 9.
Prestationsökning vid flerträdshantering vid olika medelstamvolym i uttaget.

Diagrammen visar inget markant samband mellan prestationsökning och stamantal före gallring eller medelstamvolym. Däremot kan man utläsa att det i studierna uppnåddes en prestationsökning på 11–37 % när flerträdshantering utnyttjades. Stamantalet innan gallring låg mellan 1 500 och 4 700 stammar per hektar och medelstamvolymen i uttaget låg mellan 0,05 och 0,08 m³fub. Stamantal och medelstamvolym kan förmodligen anses som representativa för merparten av förstagallringar i talldominerade bestånd i Sverige. Anledningen till de extrema värdena i diagrammet på 37 % prestationsökning kan bero på metodutveckling och/eller att fler än två träd hanterades samtidigt i dessa studier. Prestationsökningen skilde 7 % mellan Eksjö- och Skärplingestudien. Även den skillnaden kan bero på olika förare, olika medelstamvolym och/eller att fler än två träd hanterades samtidigt i Skärplinge.

GRAN

Studierna i Eksjö och Skärplinge är gjorda i talldominerade bestånd. Tidigare har man dock gjort studier även i grandominerade bestånd (Brunberg, Nordén & Tosterud, 1989; Brunberg & Nordén, 1994; Brunberg & Frohm, 1992; Svensson, 1989). Studieresultaten visas i figur 10 där prestationsökningen visas som funktion av stamantalet före gallring. Resultatet från studierna visar att prestationen höjs vid utnyttjande av flerträdshantering även i grangallringar.



Figur 10.
Prestationsökning vid utnyttjande av flerträdshantering i grangallring beroende av olika stamantal före gallring.

Ett problem med flerträdshantering i granbestånd är att det oftast är svårare att kvista gran på ett tillfredsställande sätt. Dessutom är sikten i ett granbestånd begränsande för hur stor andel av träden som kan flerträdshanteras.

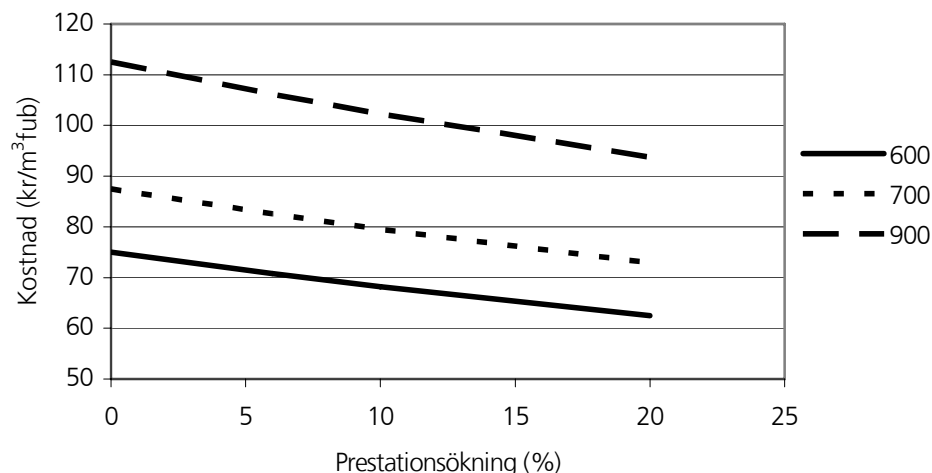
AVVERKNINGSKOSTNAD

En enkel kalkyl strikt enligt studieresultatet och ett antagande att maskinen kostar ca 800 kr/G₁₅-h skulle ge en kostnadssänkning på 15 kr (tabell 6)

Tabell 6.
Kostnadskalkyl.

	Enträdshantering	Flerträdshantering
Prestation, träd/G ₁₅ -h	136	160
Prestation, m ³ fub/G ₁₅ -h	7,9	9,3
Avverkningskostnad, kr/m ³ fub	101	86

Resultaten från de aktuella studierna samt från tidigare studier tyder på en prestationsökning mellan 6–20 % vid utnyttjande av flerträdshantering. I ett par tidigare studier har prestationsökningar upp mot 40 % uppmätts. Nedanstående figur (figur 11) visar avverkningskostnad som funktion av prestationsökning vid maskinkostnaderna 600, 700 och 900 kr per G₁₅-h. Grundprestationen är i samtliga tre exempel 8 m³fub/G₁₅-h. Figuren visar att vid en maskinkostnad på 900 kr/G₁₅-h och en prestationsökning på 6–20 % kan kostnaden sänkas med 7–19 kr/. Motsvarande siffror för maskinkostnaderna 600 och 700 kr/G₁₅-h är 4–12 kr/m³fub respektive 5–15 kr/m³fub.



Figur 11.
Avverkningskostnad vid olika maskinkostnad och prestation.

LÖNSAMHET

För att en investering i extrautrustning för flerträdshantering ska vara lönsam krävs att en viss andel av den årliga avverkningen ska vara lämplig för flerträdshantering. För att kunna bedöma hur stor andel av avverkningarna som måste vara lämpliga för flerträdshantering gjordes en lönsamhetskalkyl som visas i figur 12. I lönsamhetskalkylen gjordes en del antaganden, tabell 7. Dessutom antogs att investeringen i flerträdsutrustning görs när ett nytt aggregat ändå måste införskaffas eller att maskinen redan är utrustad med lämpligt aggregat.

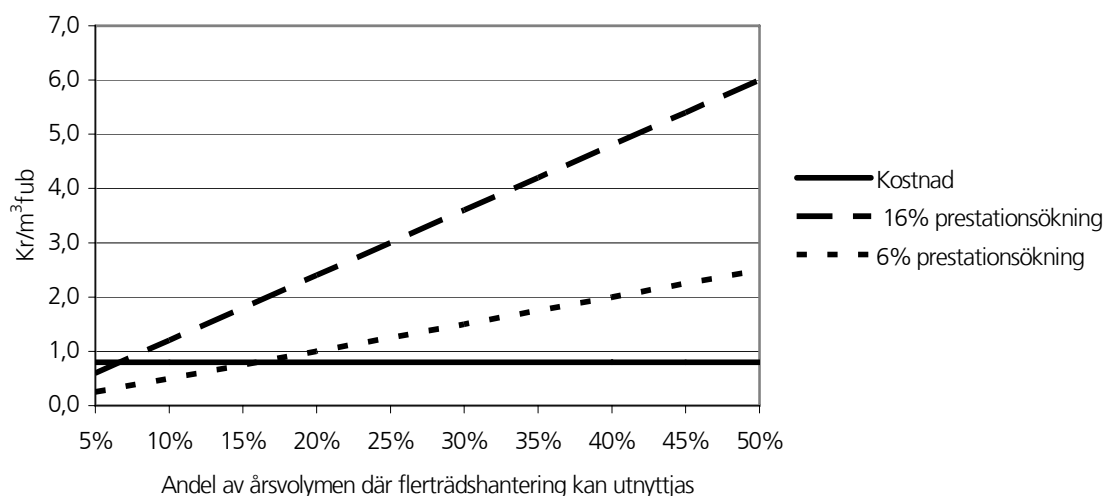
Lönsamhetskalkyleringen är med andra ord bara belastad av den direkta kostnaden för tilläggsutrustningen som används vid flerträdshantering.

Tabell 7.

Förutsättningar för lönsamhetskalkyl vid investering av flerträdsutrustning.

Flerträdsutrustning (kr)	45 000
Ränta (%)	5,5
Avskrivning (timmar)	6 000
Avskrivning (år)	2
Amortering och ränta (kr/år)	24 000
Årsavverkning utan prestationsökning (m ³ fub)	30 000
Prestationsökning vid flerträdshantering, %	16
Maskinkostnad (kr/G ₁₅ -h)	800
Medelprestation (m ³ fub/G ₁₅ -h)	9

Enligt figur 12 ligger brytpunkten mellan kostnad och ökade intäkter vid utnyttjande av flerträdsfunktionen på ungefär 7 % av den årliga avverkningsvolymen om prestationsökningen och andelen träd som flerträdshanteras är som i studien; 16 % prestationsökning respektive drygt 50 % flerträdshanterade stammar. I de studier som gjorts på SkogForsk är den lägsta prestationsökningen som uppmäts vid flerträdsavverkning i tallbestånd 6 %. Om man sänker prestationsökningen till 6 % (men bibehåller 50 % flerträdshanterade stammar) uppnås brytpunkten när man utnyttjar flerträdsfunktionen vid 16 % av den årliga avverkningsvolymen. Om avverkningsvolymen där flerträdsfunktionen används överstiger brytpunkterna givet de antaganden som gjorts är investeringen av flerträdsutrustningen lönsam.



Figur 12.

Lönsamhetskalkyl där kostnad respektive intäkt som kan hänvisas till flerträdsutrustningen slagits ut på hela den avverkade årsvolymen och satts som funktion av andelen av årsvolymen som kan flerträdshanteras.

Prestationsökningen medför en möjlig ökning av årsavverkningsvolymen. Ökningen av årsavverkningsvolymen är dock inte tillräckligt stor för att påverka kostnaden för extrautrustningen per m³fub. Som tidigare nämnts finns en risk att flerträds-hantering leder till lägre medelstamvolym i uttaget och lägre gallringskvot. Om ingen kompensation görs för att höja gallringskvoten kan det leda till ett lägre volym-uttag där flerträdsfunktionen utnyttjas. Detta kan medföra att andelen av årsvolymen som flerträdshanteras minskar. Hålls gallringskvoten nära ett även i de bestånd som flerträdshanteras är detta dock inget problem.

Slutsatser

- Vedkvaliteten efter flerträdshantering var fullt tillräckligt för framställning av massa, trots att kontrollmätningen visade på att 7 % av volymen borde vrakas p.g.a. kvist, toppdiameter och längd.
- Utnyttjandet av flerträdshantering i studien resulterade i 16 % höjning av prestationen, vilket ger en sänkning av avverkningskostnaden mellan 10–15 kr/m³fub beroende på basmaskinens timkostnad.
- Enligt utförda studier, samt tidigare studier som refererats till ger flerträds-metoden en prestationsökning i tallbestånd förutsatt att terrängförhållanden är minst medelgoda och stammantalet innan gallring ligger mellan 1 400 – 4 700 stammar/ha. Dessutom bör uttaget ligga mellan 500 – 1 400 stammar/ha och medelstamvolymen i uttaget vara mellan 0,05 – 0,08 m³fub. Detta borde stämma för en stor del av de förstagallringsbestånd som gallras i Sverige.
- Potentialen borde vara ännu högre i klenare och stamtätare bestånd.
- Flerträdshantering i granbestånd verkar ge en prestationsökning, men kvistnings-svårigheter och begränsad användning av metoden p.g.a. dålig sikt etc. tyder på att tekniken måste utvecklas ytterligare för att kunna användas fullt ut även i gran-dominerade bestånd.
- Om prestationsökningen är som i studien 16 % vid flerträdshantering och ca 50 % av stammarna flerträdshanteras måste 7 % av årsavverkningen flerträds-hanteras för att investeringen av tilläggsutrustningen ska gå ihop ekonomiskt.
- För att kunna bedöma hur och om kvaliteten på flisen påverkas efter flerträds-hantering krävs upprepade mätningar av en större volym flerträdshanterad ved.

Studien resulterade dessutom i ett antal frågeställningar som kräver vidare studier:

- Motsvaras den vedkvalitet som krävs för pappersmassaframställning av de mätbestämmelser som finns för inmätning av massaved?
- Hur kan tekniken utvecklas för att åstadkomma ett mer tillfredsställande kvistningsresultat även i granbestånd?
- Kan flerträdshantering utnyttjas även i slutavverkning och vilken metod och teknikutveckling krävs för detta?

Sammanfattningsvis visade TimberJack 745 med flerträdshanterande extrautrustning mycket bra resultat i studien. Flerträdshanteringen som metod har en stor potential att öka prestationen och minska kostnaderna i klena gallringar. Med ytterligare utveckling av teknik och metod kan den positiva effekten bli ännu större.

Referenser

- Brunberg, B., Nordén, B., & Svenson, G. 1989. Flerträdshanterande engreppsskördare – en studie av Valmet 892/955. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil 1989-04-04.
- Brunberg, B., Nordén, B., & Tosterud, A. 1989. Flerträdshanterande engreppsskördare kan sänka kostnaderna. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat nr 18, 1989.
- Brunberg, B., Jonsson, T. & Hedenberg, Ö. 1990. Flerträdsteknik – effekter på avverkningskostnader och massaindustrins råvara. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 4, 1990.
- Brunberg, B. & Frohm, S. 1992. Grovkvistning och flerträdshantering med beståndsgående skördare. SkogForsk. Stencil 1992-03-05.
- Brunberg, B. & Nordén, B. 1994. Studie av Silvatec 232 tvåträdshanterande engreppsskördare. SkogForsk. Stencil 1994-05-02.
- Nordén, B. 1990. Flerträdshantering med engreppsskördare – en studie av FMG 762/990 hos Sydved. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil 1990-02-09.
- Nordén, B. 1998. FGS 500 B Flerträdshanterande fälldon. SkogForsk. Arbetsrapport nr 395.
- Svenson, G. 1989. Flerträdshanterande engreppsskördare i gran under savningsperioden. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil 1989-09-10.

Bilaga 1

Momentindelning, Valmet 801 Combi

Framflyttning:	Körning mellan uppställningsplatser. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannat.
Kran ut:	Börjar när kranen börjar röra sig ut mot lämplig stam. Avslutas när aggregatet sätts an mot stammen.
Avskiljning:	Börjar när aggregatet sätts an mot stammen och avslutas när den är helt avskiljd från stubben.
Fällning/intagning:	Börjar när stammen är avskiljd från stubben och avslutas när matarrullarna börjar snurra för upparbetning.
Kvistning/kapning:	Startar när matarrullarna börjar snurra för upparbetning. Momentet registreras separat för varje bit och avslutas när toppen släpps. I samband med momentet registrerades även brösthöjdsdiameter, antal bitar och om bitarna hamnade i lastfacken eller på mark.
Röjning:	Tid som går åt för rensning av stammar som ej kan nyttjas som gagnvirke.
Övrig verktid:	Tid som ingår i arbetet, men som inte kan hänföras till något av ovanstående moment.
Störning:	Tid som ej ingår i avverkningsarbetet

Bilaga 2

Regressionssamband

Följande regressionssamband kunde fås ur momentet kvistning/kapning och trädvolymen för de båda gallringsmetoderna.

$$KVKA = K+A * VOLY$$

där:

KVKA är tidsåtgången i cmin för upparbetningen d.v.s. kvistning/kapning

VOLY är medelstammen i m³fub

Värdena på K och A framgår av tabellen nedan:

	Enträd	Flerträd
R ²	0,3	0,4
K	1,9	2,3
A	78,5	59