

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 586 2005



Ponsse Dual Buffalo i slutavverkning

Ulf Hallonborg, Berndt Nordén & Hagos Lundström

Ämnesord: Kombimaskin, skotning, skördare.

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:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Bakgrund	2
Studier.....	2
Genomförande	3
Bestånd	3
Tidsstudier	3
Resultat	4
Dual som skördare	4
Momenttider	4
Prestation	5
Diskussion.....	6
Dual Buffalo som skotare	7
Momenttider	7
Prestation	8
Lossning.....	10
Diskussion.....	10
Aggregatbyte.....	11
Tidsfördelning.....	11
Ekonomi	11
Slutord	12

Bakgrund

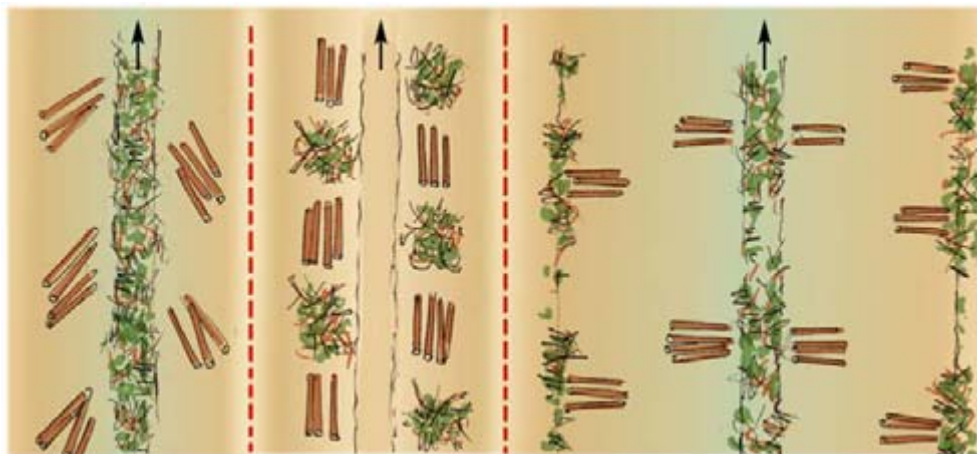
Att sänka kapitalkostnaden genom att klara sig med en maskin framstår för många entreprenörer som lockande. Det gör det möjligt att ensam ta ett avverkningsuppdrag utan att ha anställda, vilket ses som ett stort steg för många entreprenörer. Drivaren har öppnat en sådan möjlighet med kombimaskiner, i princip en skotare som även kan förses med ett skördaraggregat, framhålls av många som ett alternativ med lägre ekonomisk risk. De här tankarna har även inneburit att kombimaskinen har kunnat ses som ett komplement till ett ordinarie skördarsystem. Grundtanken är då att maskinen tidvis skall gå som antingen skördare eller skotare i ett konventionellt skördarsystem vid kapacitetsbrist eller större haverier.

Intuitivt kan man se två grundläggande motiv för en kombimaskin. Det ena motivet kan vara att minska flyttkostnaderna för ett antal lämpliga objekt. Kombimaskinen kan då klara hela objektet och man slipper flytta både en skördare och en skotare. Styrkan i den motiveringen är starkt beroende på förekomsten av lämpliga objekt. Det andra motivet kan vara att ha en maskin tillgänglig som kan sättas in som skördare eller skotare i den ordinarie drivningsorganisationen vid haverier eller på objekt där det råder alltför stor obalans mellan avverkning och terrängtransport. Kombinationen av dessa två motiv kan vara att kombimaskinen normalt arbetar på egna lämpliga objekt och vid större haverier eller obalans i maskinresurserna, rycker in som skördare eller skotare där det behövs.

I ett uppdrag från Sveaskog har Skogforsk utrett frågan. I ett första skede har en teoretisk utredning gjorts. Den har anpassats till Sveaskogs norrländska förhållanden i slutavverkning och är därför konfidentiell. I ett andra skede har maskinen studerats i norrländsk slutavverkning. Studien har bekostats av Sveaskog, Ponsse och Skogforsk till lika delar och redovisas i denna arbetsrapport. I ett tredje skede skall studien ligga till grund för en kalibrering av den företagsanpassade teoretiska utredningen.

Studier

Studien omfattar tre studieled, figur 1, som skiljer sig åt i uppläggnen av virket.



Figur 1.
Studien omfattade tre studieled, från vänster Fiskben, Längs och Tvärs.

Fiskben kallas den metod som normalt användes. Den innebär att virket läggs upp i högar med 30–45 graders vinkel bakåt mot stickvägen. Riset faller delvis på maskinens band men hamnar till stor del i stickvägen vid framflyttning.

Längs kallas en bränsleanpassad metod där virket läggs upp parallellt med stickvägen och riset placeras på sidan om stickvägen mellan virkeshögarna för att tas till vara.

Tvärs kallas en metod där virket placeras vinkelrätt mot stickvägen. Den bortre änden av virket kan då nås från intilliggande stickväg vid skotningen tack vare att den långa kranen är stark när den bara bär en grip. Riset kan fås i eller bredvid stickvägen beroende på hur långt ut virket läggs.

GENOMFÖRANDE

Studien genomfördes i Rotenträsk i början av december. Vädret var kallt men klart och utan störande snödjup eller upplega. Maskinen arbetar normalt åt Sveaskog och körs av två förare Tore Norbeck och Lars Djerv. Normalt körs maskinen i överlappande tvåskift som skördare och i tvåskift vid skotning. Flexibiliteten ger dock stora möjligheter till anpassning efter medelstammen på objekten.

BESTÅND

Studien genomfördes i ett blandat barrbestånd med 750 stammar/ha och en volym på 105 m³fub/ha och så litet inslag av löv att dessa träd inte tagits med i bearbetningen. Som framgår av tabell 1 var skillnaden mellan studieytorna liten. Andelen tall varierade mellan 81 och 85 %. Beståndet var underväxtröjt. Det genomsnittliga avståndet mellan körstråken var cirka 15,5 m.

Tabell 1.
Bestånd på studieytorna.

	Antal träd	Medelstam, cm	Standardavvikelse, cm
Fiskben	231	16,7	5,2
Längs	174	17,0	5,4
Tvärs	242	15,9	5,1

Genom höjd- och diametermätning av 50 provträd konstruerades höjdkurvor för tall respektive gran. Provträdens volym (v) på bark beräknades i dm³ med Näslunds mindre formel och volymfunktioner bestämdes, för tall $v = 0,0053 \times d^2 + 0,229 \times d - 43,149$ och för gran $v = 0,0046 \times d^2 + 0,4828 \times d - 64,598$, där d är diametern i mm i brösthöjd. För beräkning av volymen under bark, som mäts av skördaren reducerades volymerna med faktorn 0,88 för båda trädslagen. För studien som helhet var medeldiametern 16,5 cm och stamvolymen då 140 liter.

TIDSSTUDIER

Tidsstudierna av avverkningen genomfördes som trädvisa momentstudier. Före studierna hade de flesta träden märkts med lappar som angav brösthöjdsdiametern i cm. Momenttiderna kan därför hänföras inte bara till trädslag utan också till trädets diameter.

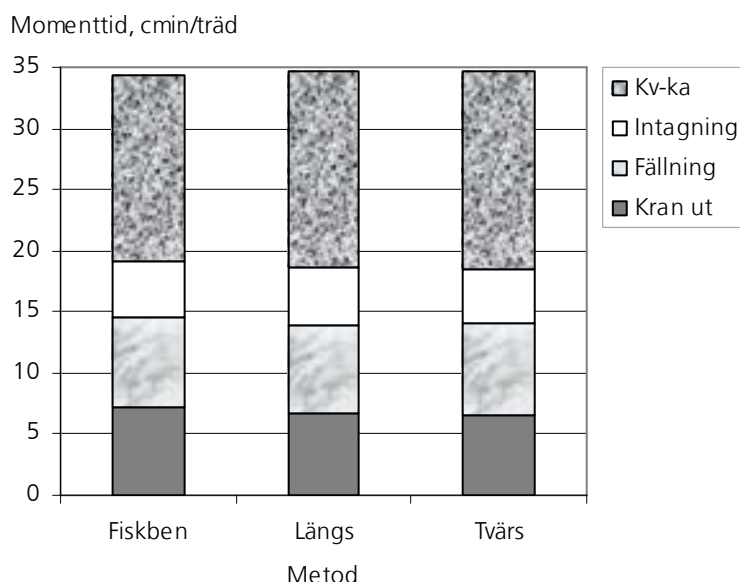
Skotningsstudierna gjordes även de som momentstudier vid lastningen, men vid lossningen noterades bara lossning och förflyttning på avlägg. Det bör observeras att skotningen omfattade betydligt mer virke än vad som ingick i skördarstudien. Detta för att erhålla tillräckligt många skotarlass. I studieledet Fiskben skotades dock samma virke som avverkats i skördarstudien.

Resultat

DUAL SOM SKÖRDARE

Momenttider

Som framgår av figur 2 uppmättes ingen skillnad mellan tiderna för de moment som kan hänföras till ett specifikt träd. Prestationen i själva avverkningsarbetet var således oberoende av hur virket läggs upp. Spridningen hos momenttiderna var också mycket lika för respektive moment. Speciellt kan noteras att bränsleanpassningen i metod Längs inte ökade tidsåtgången.



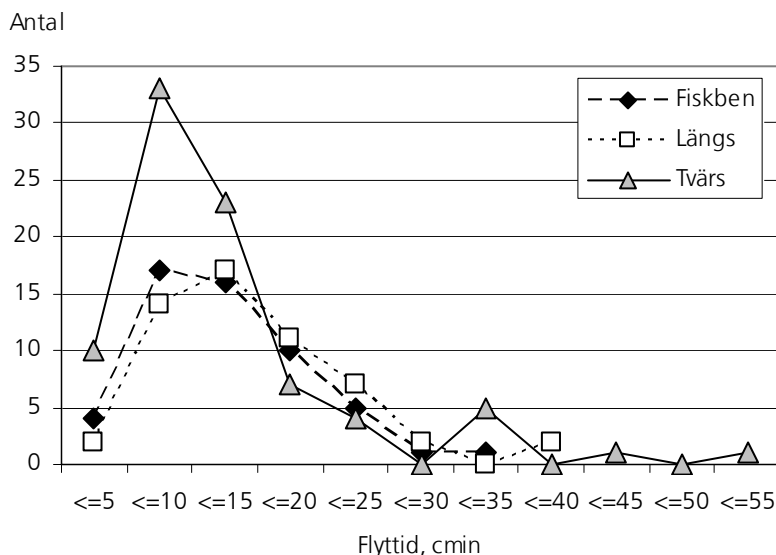
Figur 2.
Tidsåtgång för de trädvisa skördarmomenten.

Förflyttningar under avverkningen kan inte hänföras till ett visst träd utan kommer in som ett genomsnittligt påslag på tiden för varje träd. De olika metoderna kan emellertid ge upphov till olika förflyttningsmönster. Det finns därför anledning att titta på hur många och hur långa tiderna är samt hur många träd som upparbetats per förflyttning. I tabell 2 har sådana data sammanställts.

Tabell 2.
Förflyttningar under avverkning.

	Tid per träd, cmin	Förflyttning i snitt, m	Träd per uppställning
Fiskben	3,1	3,3	4,2
Längs	4,6	3,2	3,1
Tvärs	4,3	2,4	2,8

Som framgår av tabellen har metoden Fiskben de ur alla synpunkter effektivaste förflyttningarna, långa förflyttningar på korta tider med högt antal upp-
arbetade träd per uppställningsplats. Figur 3 visar förflyttningarnas tidsfö-
rdelning. Metoden Tvärs skiljer sig från de andra två. Den innebar betydligt fler
förflyttningar och dessutom tog de längre tid.



Figur 3.
Förflyttningarnas tidsfördelning för de tre metoderna.

Prestation

Med hjälp av tiderna för störning och övrig verktid under hela studien har om-
räkningsfaktorn mellan G_0 -timme och G_{15} -timme skattats till 0,94. Detta värde
förefaller högt och i stället har värdet 0,82 valts, som samtidigt är ett erfaren-
hetsvärde för TU för skördare inom området. Det och volymsfunktionerna har
använts för att räkna om tidsåtgången för summan av de trädvisa momenten
och förflyttningen för respektive metod till en prestationsfunktion i
 $m^3\text{fub}/G_{15}\text{-timme}$. Funktionerna är alla linjära och ansluter bra till studiemate-
rialet, tabell 3.

Tabell 3.
Prestationsfunktioner, $m^3\text{fub}/G_{15}\text{-timme}$

Metod	Funktion	Regressionskoefficient
Fiskben	$P = 2,13 \times d - 5,6$	0,87
Längs	$P = 2,16 \times d - 17,1$	0,90
Tvärs	$P = 1,99 \times d - 14,8$	0,89

I tabell 4 anges pretationen för några olika medeldiametrar.

Tabell 4.
Prestationer, $m^3\text{fub}/G_{15}\text{-timme}$, vid olika medeldiametrar. 16,5 cm är
genomsnitt för hela studien.

Medeldiameter, cmpb	Fiskben	Längs	Tvärs
10,0	5,7	4,5	5,1
16,5	19,5	18,5	18,0
25,0	37,7	36,9	35,0

Skillnaden mellan metoderna är vid medeldiametern 5 till 10 procent och vid alla diametrar till metod Fiskbens fördel. Alla tre prestationsfunktionerna stiger med cirka $2 \text{ m}^3 \text{fub}/G_{15}$ -timme per cm ökad diameter i närheten av medeldiametern.

Diskussion

Studien visar att Dual Buffalo som skördare har hög prestation i slutavverkning, speciellt i lite grövre skog. Metod Tvärs är den som fått lägsta prestationen men det är också den som skiljer sig mest från den vanligen använda fiskbensmetoden. Sannolikt kan förarna öka prestationen i tvärsmetoden om de blir mer vana vid den. Likaså kan det intensiva förflyttningsmönstret tolkas som att föraren inte är lika van vid metoden. Normalt sker förflyttningar simultant med andra moment i en väl inövad metod. Den effekten är mindre i en mer ovan metod. Förflyttning är i tidsstudien underordnad andra moment och därför blir simultana förflyttningar inte registrerade.

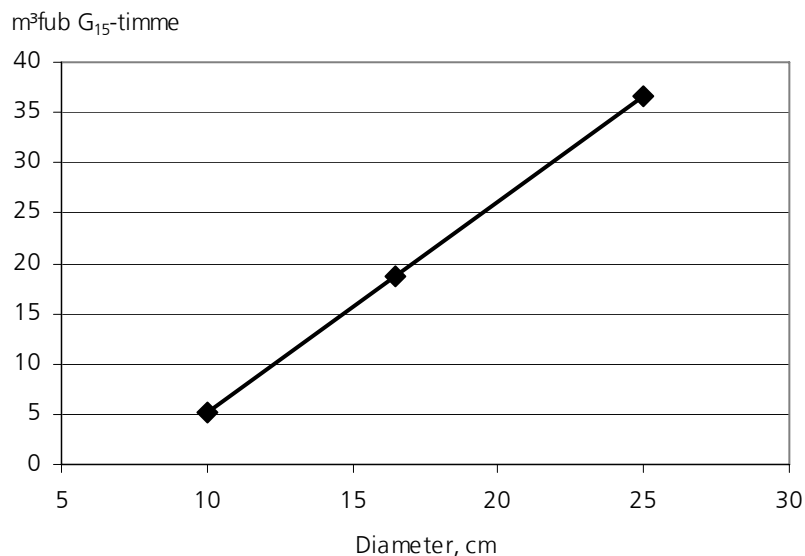
De relativt branta prestationskurvorna beror delvis på att klena träd gick sämre att upparbeta. Detta iaktogs under studien. Tittar man närmare på diameterfördelning och trädslag i de tre studieleden, tabell 5, ser man att metod Tvärs drabbats av fler klena granar än de andra två metoderna. Medeldiametern för granarna i Tvärs var en cm mindre än för tallarna och likaledes en cm klenare än granarna i de andra metoderna. I metod Tvärs var andelen upparbetad massaved också betydligt större.

Tabell 5.
Medeldiameter för trädslagen, cm.

Metod	Tall	Gran
Fiskben	16,9	16,3
Längs	17,2	16,1
Tvärs	16,1	15,0

Väger man in förarvana och beståndsvariationer finns det ingen anledning att sätta den ena metoden före den andra. Dock bör man nog generellt sett undvika alltför många enbitsträd.

Accepterar man detta resonemang kan man slå samman studiematerialet till en prestationskurva i $\text{m}^3 \text{fub}/G_{15}$ -timme oberoende av metod och trädslag, figur 4. Prestationskurvan får då formen $P = 2,1 \times \text{dbhpb} - 15,9$ med $R^2 = 0,88$. Här ingår tid för framflyttning och omräkningsfaktorn 0,82 mellan G_0 -timme och G_{15} -timme.



Figur 4.
Gemensam prestandaskurva för Dual som skördare i slutavverkning.

DUAL BUFFALO SOM SKOTARE

Som tidigare nämnts var det bara i fiskbensmetoden, den normalt använda, som samma virke som avverkats skotats ut. I de andra metoderna var den utskotade volymen, tabell 6, betydligt större än den avverkade.

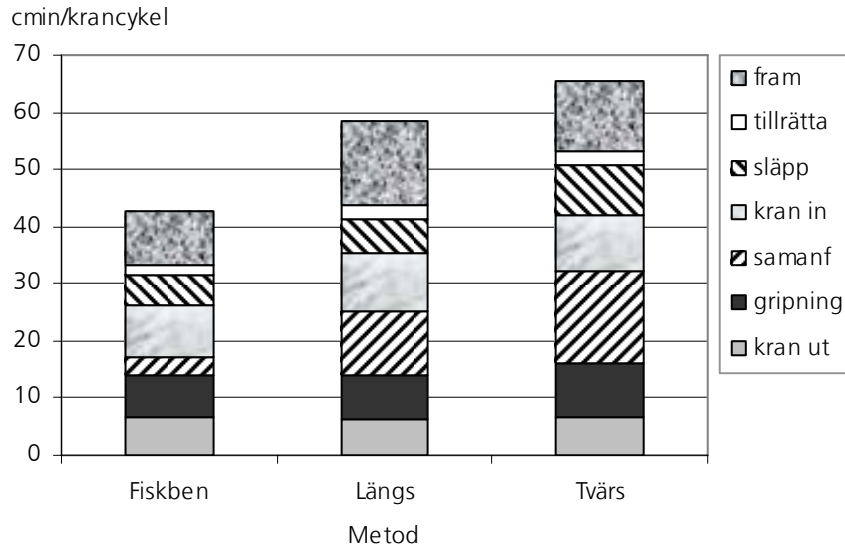
Tabell 6.
Utskotade volymer m.m.

Metod	Antal lass	Volym, m³fub	Antal gripar	m³fub/grip
Fiskben	3	32,0	103	0,31
Längs	4	45,5	119	0,38
Tvårs	6	81,0	174	0,47

I tvärsmetoden har dubbelt så mycket virke skotats ut som i de andra två trots att antalet gripar bara är ungefär 50 % högre. Volymen per grip var därför högre. Detta återspeglades även i momenttiderna för krancyklerna.

Momenttider

Vid lastning har delmomenten i en krancykel skiljts åt, bilaga 2. Vid lossning har bara två moment, lossning och förflyttning på avlägget noterats. Under lossningen har tid per grip registrerats, vilket även ger information om antalet gripar per lass. Momenttiderna redovisade per grip vid lastning visas i figur 5.

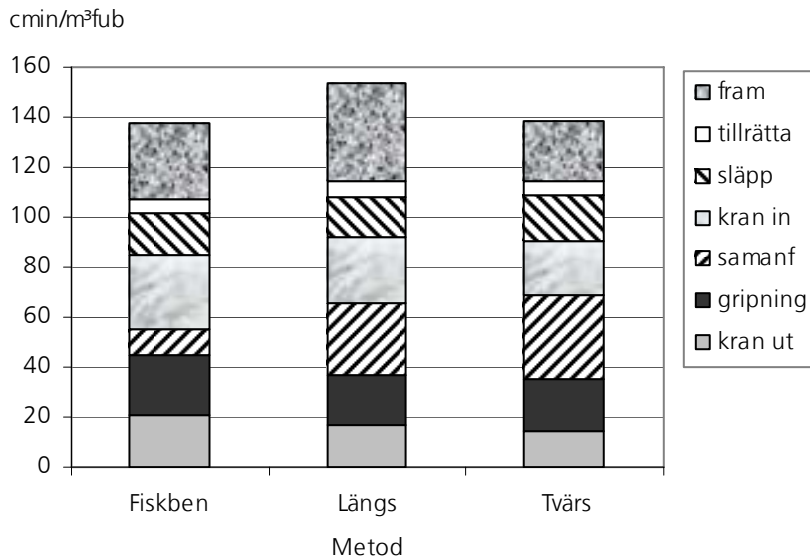


Figur 5.
Momenttider per grip vid lastning.

Cykeltiden för fiskbensmetoden var klart kortast. Tiderna för alla delmoment är korta. I längs- och tvärsmetoderna ökade tiden för sammanföring och framflyttning. Sammanföring förekom i ökad omfattning speciellt i tvärsmetoden där den slutliga virkesmängden i varje grip var klart större än i de andra metoderna, se tabell 6.

Prestation

Ställs momenttiderna i relation till virkesmängden fås prestationen i de olika metoderna och bilden förändras ganska radikalt. Momenttiderna vid lastning visas i figur 6 redovisade per m³fub.



Figur 6.
Momenttider per m³fub vid lastning.

I fiskbensmetoden lastades i stort sett varje hög separat. Tiderna för kran ut och kran in blev därför ganska långa medan tiden för sammanföring blev kort. I längsmetoden lastas fler högar genom sammanföring och krantiderna blev

kortare. Aningen grövre skog gav 0,38 m³fub per grip. Däremot var tiden för framflyttning lång, vilket gav metoden den längsta sammanlagda tiden per m³fub

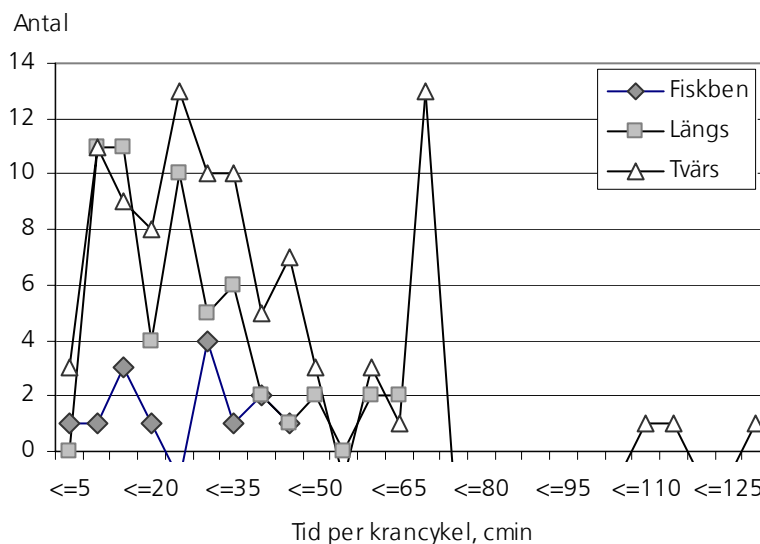
I tabell 7 visas förekomsten av momentet sammanföring i de olika metoderna samt krancykeltider för de lastningsmoment som kan hänföras till en grip, kran ut, gripning och kran in, men med sammanföringen redovisad för sig.

Tabell 7.
Sammanföring i de olika metoderna.

	Fiskben	Längs	Tvårs
Antal gripar	103	119	174
Antal med sammanföring	14	56	90
Andel med sammanföring	0,14	0,47	0,52
*Tid, cykel utan sammanföring, cmin	23,1	22,5	26,5
Tid, cykel med sammanföring, cmin	22,7	26,1	25,5
Tid för sammanföring, cmin	23,8	23,5	30,9
Cykeltid, kran ut t.o.m. kran in, cmin	26,3	35,3	42,0

*) Tidsåtgång exklusive sammanföring

Som framgår av tabellen fanns det inte några stora skillnader i cykeltiderna beroende på om krancykeln innehöll sammanföring eller inte. Möjligen med undantag för Längs. Tiden för en enskild sammanföring var i samma storleksordning som hela krancykeln i övrigt eller längre. Figur 7 visar antalet sammanföringstider grupperade i intervall om 5 cmin. Av figuren framgår att metod Tvårs innehöll ett flertal sammanföringar som var en dryg halvminut långa eller längre.



Figur 7.
Antal sammanföringar klassade i intervall om fem cmin.

Lossning

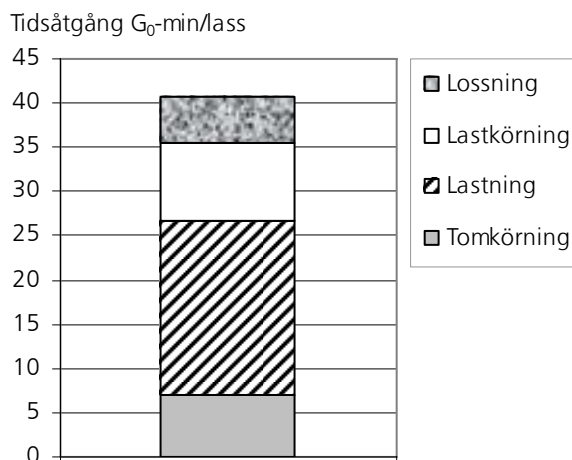
Den här studien är för liten för att kunna avgöra om lossningen påverkats systematiskt av metodvalet. Därför redovisas ett totalt genomsnittsvärde för de momenten. Lossningen tog 30,9 cmin per grip som innehöll 0,86 m³fub, d.v.s. 36,1 cmin per m³fub. Tiden för flyttning på avlägg var en cmin per m³fub. En viss skillnad på grund av metodvalet är dock tänkbar genom att den större virkeskoncentrationen i tvärsmetoden kan underlätta sortren skotning och då ge snabbare lossning.

Diskussion

Trots att krancyklerna var långa vid tvärsmetoden var den lika effektiv som den etablerade fiskbensmetoden eftersom den genom ökad sammanföring ger större gripar. Sammanföringen är dock tidsödande eftersom det i många fall skulle ha gått snabbare att ta hem ytterligare en grip i stället för att lägga ihop högarna. I vissa fall var sammanföringen klart olämplig därför att den sammanlagda högen sedan ändå måste delas. Att ett flertal sådana uppträdde framgår av figur 7, där tre sammanföringar är över en minut långa. Resultaten tyder på att sammanföring skall utnyttjas sparsamt även i den väl etablerade fiskbensmetoden. Den starka och snabba kranen gör att det går lika fort att lasta högarna separat som att riskera störningar vid en sammanläggning. Om sammanföringen i tvärsmetoden minskas ökar i stället tiderna för kran ut och kran in. Vid lämplig avvägning av sammanföringen bör det vara möjligt att nå en något högre prestation med tvärsmetoden än med fiskbensmetoden.

Dessutom finns en liten tidsvinst i att skotaren bara behöver köra varannan stickväg. Den vinsten blir bara den vinst som föranleds av hastighetsskillnaden mellan tomkörning och lastkörning över en sträcka motsvarande den som krävs för att lasta ett lass. För att samla ett lass om 14 m³fub krävs en körsträcka på ca 40 meter i vartannat körstråk. Om körhastigheterna antas vara 40- och 50 m/min gör skillnaden en tidsvinst på 20 cmin per körstråk. Vid 120 m stråklängd gör det tre lass och 0,48 cmin per m³fub, vilket är en i sammanhanget försumbar vinst.

Om vi antar samma körhastigheter och en genomsnittlig terrängtransportsträcka om 350 meter, laststorlek 14 m³fub samt 140 cmin per m³fub för lastningen fås tidsåtgången per m³fub enligt figur 8.



Figur 8.

G_0 -tid för skotning i slutavverkning.

G_0 -tiden för skotning av ett lass om $14 \text{ m}^3\text{fub}$ blir således 40,6 minuter. Med en omräkningsfaktor om 0,87 till G_{15} -tid blir tidsåtgången 46,7 G_{15} -minuter. Faktorn 0,87 motsvarar även här ett erfarenhetsvärde på TU för skotare inom området.

AGGREGATBYTE

Tiden för ett byte uppges av förarna till 15 minuter. Det bekräftas även av andra förare/ägare av Ponsse Dual. Tiden för byte av aggregat har dock sänkts genom att hydraulkopplingarna från aggregatet har sammanförts till en plåt som skjuts in i en hållare på kranen varefter kranens slangar ansluts. En bytestid på ca 8 minuter är numera sannolikt normal. Hur ofta aggregaten byts beror på flera omständigheter som t.ex. balansen mellan avverkning och skotning samt risken för att virket skall snöas över.

TIDSFÖRDELNING

Utgående från prestationen kan en fördelning av grundtiden mellan avverkning och skotning göras. I det aktuella beståndet avverkades $18,8 \text{ m}^3\text{fub}$ per G_{15} -timme d.v.s. en m^3fub på 0,053 G_{15} -timmar och skotades på 0,056 G_{15} -timmar. Det gör avverkning under 49 % av tiden och skotning under 51 % av tiden. På det här objektet var det alltså god balans mellan avverkning och skotning.

Ekonomi

Ekonomiska jämförelser lider alltid av den osäkerhet som råder när det gäller timkostnaderna för ingående maskiner. Här görs trots allt en jämförelse mellan tre bortsättningar för skördarsystem med de inbyggda variationer det innebär och Dualsystemet. *Här har inte aggregatbyten eller skillnader i flyttkostnader tagits med utan det är bara maskinernas prestationer som ingår.* Ponsse Dual Buffalo hade hög prestation som skördare i denna studie i slutavverkning, $18,8 \text{ m}^3\text{fub}/G_{15}$ -timme. Det är dock osäkert om den prestationsnivån är representativ för ett större urval av objekt eller förare. Vid jämförelse med andra bortsättningsunderlag har ett avdrag för objektsvårigheter på 11 % gjorts för skördaren för att få kalkylen på en mer jämförbar nivå med dessa. Dual får då en prestation på $16,6 \text{ m}^3\text{fub}/G_{15}$ -timme. Den siffran har använts i jämförelsen. Uppskattningar från tre andra beräkningsmodeller ligger på 15,3, 15,7 respektive $14,0 \text{ m}^3\text{fub}/G_{15}$ -timme vid motsvarande medelstamvolym för de tre skördarna. Den högsta siffran hänför sig till norrländsk skog medan de andra härrör från sydligare bestånd med längre träd. Prestationen vid skotningen ligger i nivå med andra beräkningar. I studien åtgick 47 minuter per lass. Motsvarande beräkningar som ovan gav 57 minuter respektive 36 och 50 minuter per lass i de andra skördarsystemen.

De erhållna kostnaderna framgår av tabell 8. En del av skillnaden mellan Dualsystemet och skördarsystemen går till aggregatbyten men den lägre flyttkostnaden gör Dualsystemet trots det lönsamt med de antagna maskinkostnaderna.

Tabell 8.

Kostnader för några skördarsystem jämfört med Dualsystemet, exkl. aggregatbyten och flyttar.

	Dual	Skördare 1	Skördare 2	Skördare 3
Timkostnad, skördare	750	720	770	720
Timkostnad, skotare	600	550	550	550
Avverkning, kr/m ³ fub	45	47	49	52
Skotning, kr/m ³ fub	33	38	32	33
Totalt, kr/m ³ fub	78	85	81	85

Slutord

Metodvalet verkar inte påverka prestationen vid avverkning nämnvärt. Tvärsmetoden har större utvecklingspotential än de andra inkörda metoderna, speciellt vad gäller förflyttningmönstret. Förflyttningar på grund av bränsleanpassningen i längsmetoden gör den något långsammare. Även då de minskade flyttkostnaderna inte tagits med i kalkylen har Dualsystemet i den här studien visat sig ligga väl i nivå med konventionella skördarsystem.

En intressant kombinationsmetod att prova skulle vara att avverka vartannat stråk enligt fiskbensmetoden för att få ris i körstråket snabb, lastning vid skotningen och ökad plats för virke från intilliggande stråk. De andra körstråken skulle avverkas enligt tvärsmetoden och virket läggas så nära angränsande stickväg som kranen medger. Vid skotningen från "fiskbensvägarna" skulle då krantiderna hållas nere och motivet för sammanläggning minskas.