

Bränsleanpassad slutavverkning

– studier av avverkning, rundvirkesskotning och skotning av trädrester hos SCA Skog AB

Magnus Thor & Berndt Nordén



Omslag: Övre: Konventionell avverkning. Nedre: Bränsleanpassad avverkning.
Foton: Tomas Johansson, SCA Skog AB.

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 fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. 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.

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Inledning	4
Uppläggning och genomförande	4
Studievärd, tid och väder	4
Bestånd.....	4
Maskiner och förare	5
Metoder.....	7
Tidsstudier.....	7
Resultat.....	8
Avverkning.....	8
Rundvirkesskotning	8
Skotning av trädrester.....	9
Sortimentutfall.....	10
Analys	10
Allmänt.....	10
Typbestånd.....	10
Avverkning	11
Rundvirkesskotning.....	12
Skotning av trädrester	13
Drivningskostnader	13
Förutsättningar.....	13
Drivningskostnader	14
Diskussion.....	14
Resultatens allmängiltighet.....	14
Avverkning	14
Skotning av rundvirke.....	15
Skotning av trädrester.....	15
Andra typer av bränsleanpassning.....	16
Sammanfattande slutsatser	16
Referenser	17
Bilaga 1 Momentindelning, tidsstudier.....	19
Bilaga 2 Funktioner som använts vid normeringen.....	21

Sammanfattning

SkogForsk har i samarbete med SCA Skog AB, Medelpads förvaltning, genomfört studier av bränsleanpassad slutavverkning med engreppsskördare. Den bränsleanpassade metoden jämfördes med en konventionell, dubbelsidig metod. Studierna omfattade avverkning samt skotning av rundvirke och trädrester. Maskinerna som studerades var en Timberjack 1270B/762 skördare samt en Timberjack 1840 skotare. Inför skotningen av trädrester anpassades rundvirkesskotaren med hjälp av långa stockar och byte av grip till risgrip.

Vid anpassad avverkning sänktes skördarens prestation med ca 7,5 % jämfört med en konventionell metod. Skotarens prestation vid skotning av rundvirke var ca 2,5 % högre efter anpassad avverkning. Vid skotning av trädrester var prestationen 33 % högre efter den anpassade metoden, beroende på större rishögar som var lättare att gripa. Den totala drivningskostnaden var ca 1 000 kr/ha lägre med anpassad avverkning än med den konventionella metoden.

Resultaten från tidsstudierna stämmer väl överens med tidigare erfarenheter av anpassad slutavverkning, även om skillnaden i avverkningsprestation eventuellt kan förefalla något hög. Förklaringen ligger dels i ett något mer omfattande kranarbete, men också att metoden var relativt ny för föraren. Ytterligare en förklaringsfaktor kan vara att det relativt höga stamantalet i beståndet har påverkat det anpassade körsättet mer än det konventionella.

Om trädrester ska tas ut från slutavverkningar av den typ som förekom i studien, tjänar man på att bränsleanpassa avverkningen, både vad gäller de direkta drivningskostnaderna och kvaliteten på skogsbränslet.

Inledning

Bränsleanpassad slutavverkning med engreppsskördare, d.v.s. träden upp-
arbetas parallellt med skördaren med syfte att riset ska hamna vid sidan av
körspåren, har tidigare studerats av SkogForsk, framför allt i södra och
mellersta Sverige (t.ex. Wigren, 1992; Brunberg m.fl. 1994; Thor m.fl.,
1996). På initiativ av SCA Skog AB genomfördes hösten 1996 även en stu-
die under mer norrländska förhållanden (von Hofsten & Nordén, 1997), där
slutavverkning och skotning av rundvirke studerades i ett klent och ett
mycket grovt bestånd. Avverkningsprestationen sänktes med 5–6 % i båda
bestånden när bränsleanpassning utfördes. När det gäller prestationen vid
skotning var resultaten mer svårtolkade. Bland annat rådde olikheter i
volymkattningar mellan studieled, vilket medförde osäkerhet i den delen av
studien.

För att förbättra kunskapsunderlaget vad gäller bränsleanpassningens på-
verkan på prestationen genomfördes ytterligare en studie. Syftet med studien
var att studera avverkning, rundvirkesskotning och skotning av trädrester vid
bränsleanpassad slutavverkning. Detta skulle jämföras med samma system
vid en normal, ej anpassad metod med uttag av trädrester.

Uppläggning och genomförande

Studievärd, tid och väder

Studievärd var SCA Skog AB, Medelpads förvaltning. Studierna genom-
fördes i trakten av Hulå, ca 4 mil NV Sundsvall, under augusti 1997. Vädret
var varmt och soligt med temperaturer på 20–30 grader.

Bestånd

Studien genomfördes i ett grandominerat, välbestockat och relativt stamtätt
slutavverkningsbestånd (Tab. 1). Terrängförhållandena var lätta och bedöm-
des inte påverka maskinernas arbete. I beståndet stod 1 460 – 1 670 st/ha.
Volymen var ca 500 m³sk eller 400–420 m³fub. Medelstamvolymen var 0,26
– 0,28 m³fub.

Tabell 1.
Data om uttaget i studiebeståndet.

	Konv.	Anpassad
Stamantal	1 451	1 667
Volym		
– m ³ sk/ha	471	506
– m ³ fub/ha	396	427
Medelstamvolym, m ³ fub	0.273	0.257
T G L, %	6 90 4	12 85 3

Maskiner och förare

Engreppsskördaren var en Timberjack 1270B/762 med svängbar Pendohytt (Fig. 1). Förare var Mikael Olofsson, Jomå Skog AB. Han hade 7 års erfarenhet av arbete med engreppsskördare och bedömdes vara en duktig och högpresterande förare.



Figur 1.
Engreppsskördaren kördes av Mikael Olofsson.

Skotaren var en Timberjack 1840 och kördes av Tomas Johnsson, Jomå Skog AB (Fig. 2). Även han var en duktig och rutinerad förare. Vid rundvirkesskotning användes skotaren i sitt originalutförande. Vid skotning av trädrester lades fyra långa stockar på lastbäraren. Stockarna fixerades med kätting och utgjorde således en förlängning av lastutrymmet. Den ordinarie gripen byttes också ut mot en öppen tånggrip för att ytterligare anpassa skotaren till skotning av trädrester. Figur 3 visar skotaren efter anpassning.



Figur 2.
Skotaren kördes av Tomas Johnsson.



Figur 3.
Anpassning till skotning av trädrester gjordes genom att förlänga lastbärarna med hjälp av fyra långa stockar och att byta till en öppen tånggrip.

Metoder

Avverkning, rundvirkesskotning och skotning av trädrester studerades i två studieled: konventionell och anpassad metod.

Vid den konventionella avverkningen arbetade föraren dubbelsidigt och upparbetade träden i ca 45 graders vinkel mot körriktningen. Slagbredden var 15 m. Virket hamnade således med kortänden mot körstråket. Ris och toppar hamnade i körstråket och kördes över av skördaren. Skotning av rundvirke gjordes före skotningen av trädrester, vilket innebar att riset kördes över ytterligare minst en gång innan det samlades upp.

Vid den anpassade avverkningen upparbetades träden parallellt med slagen och virket hamnade således med långsidan mot körstråket. Mellan virkeshögar (vid sidan av körstråken) hamnade stora högar med ris och toppar. Slagbredden var 15 m. Skotning av rundvirke utfördes innan skotningen av trädrester även med denna metod.

Skotningen av trädrester skedde ut till bilväg i båda studieleden. Således var terrängtransportavståndet detsamma vid skotning av både rundvirke och trädrester.

Tidsstudier

Studieytor med måtten 30 × 85 m (två slag för skördaren) avgränsades med snitselband. Vid utsyningen av studieytorna medverkade Berndt Nordén, SkogForsk samt Tomas Johansson och Yngve Larsson, SCA Skog AB. Totalt avgränsades fyra studieytor, vilket innebar att respektive studieled kunde genomföras på två delytor. På studieytorna klavades samtliga träd i brösthöjd. Lappar med diameterangivelser fästes på träden så att de lätt kunde ses av studiemannen. På varje delyta mättes höjder på 20–30 provträd för att möjliggöra volymeräkningar.

Inför skotarstudierna räknades och klassades virkeshögarna på ytorna. Vid klassningen noterades om högen var svårastad eller ej. Som svårastad hög räknades t.ex. högar med korslagda bitar, högar med stor längdspridning etc. Inför studierna av trädrestskotning räknades antalet högar på ytorna. Dessutom genomfördes dessa studier på en större areal, eftersom trädresterna på studieytorna endast räckte till några få lass. Därför avgränsades likvärdiga områden utanför de egentliga studieytorna till dessa studier. Det förberedande fältarbetet utfördes av Yngve Larsson och Anita Lundgren, SCA Skog AB.

Maskinerna studerades i centiminutstudier, där arbetet delats in i korta moment. Tidsåtgången för arbetsmomenten registrerades i en Husky Hunter mikrodator. I skördarstudien samlades även uppgifter in om trädslag, sortiment och diameter i brösthöjd. Under skotarstudierna registrerades

förutom momenttiderna även sortiment, förekomsten av svåra högar samt körsträckor under tom- och lasskörning. Momentindelningen som användes vid respektive studie framgår av bilaga 1. Tidsstudieman var Berndt Nordén, SkogForsk.

Resultat

I det följande redovisas grundtiderna från studien, d.v.s. okorrigerad tidsåtgång där ingen hänsyn tagits till de olikheter mellan studieytorna som förelåg. Normerade värden redovisas i avsnittet Analyser.

Avverkning

Högst prestation uppmättes med den konventionella metoden, 143 träd/G₀-h, medan det anpassade körsättet medförde prestationen 132 träd/G₀-h (Tab. 2). Med de medelstamvolymerna som uppmättes i respektive studieled motsvarar detta 39 respektive 34 m³fub/G₀-h. Det var framför allt momenten fällning, intagning och kvistning-kapning som tog längre tid med den anpassade metoden. Det kan förklaras med en annan fällriktning (framåt, in i beståndet) samt längre kranrörelser med den anpassade metoden. Tidsåtgången för övrig verktid var också längre med det anpassade körsättet.

Tabell 2.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestation vid avverkning, grundtider.

Moment	Konv.	Anpassat
Körning	2,2	2,3
Kran ut	6,8	6,5
Fällning	5,7	6,3
Intagning	6,4	6,9
Kvistn.-kapn.	18,5	18,8
Övr. verktid	2,5	4,5
Summa, cmin/träd	42,1	45,3
Träd/G ₀ -h	143	132
m ³ fub/st	0,273	0,257
m ³ fub/G ₀ -h	39,0	34,0
Antal upl/100 m	34	38
Antal träd i studien	717	816

Rundvirkesskotning

Vid skotning av rundvirke blev de uppmätta prestationerna relativt lika mellan de båda metoderna, 20,5 ton/G₀-h efter den konventionella metoden och 21,1 ton/G₀-h efter den anpassade metoden (Tab. 3). Skillnaden kan sannolikt förklaras med den större högvolymen efter det anpassade körsättet. Andelen svåra högar var 27 respektive 24 % för konventionell respektive anpassad metod. Den genomsnittliga lasstorleken var 13,1 – 14,5 ton.

Tabell 3.

Tidsåtgång (cmin/ton) och prestation vid rundvirkesskotning, grundtider. Vid omräkning från ton till m³fub har värden från studien använts (rådensitet 0,740 ton per m³fub).

Moment	Konv.	Anpassat
Körning	32	35
Kran ut	19	18
Gripning	40	38
Kran in	28	29
Släpp	17	15
Tillrättläggning	6	5
Övr. Verktid	8	4
Tomkörning 300 m, 52 m/min	40	44
Lasskörning 300 m, 36 m/min	58	64
Lossning	46	34
Summa, cmin/ton	294	286
Prestation		
– ton/G ₀ -h	20,5	21,1
– m ³ fub/G ₀ -h	27,7	28,5
Högstorlek, m ³ fub	0,565	0,683
Andel svåra högar, %	27	24
Antal lass i studien	11	11
Lasstorlek, ton/lass	14,5	13,1

Skotning av trädrester

Högst prestation uppmättes efter anpassad avverkning, 13 ton/G₀-h, jämfört med 9,5 ton/G₀-h efter konventionell avverkningsmetod (Tab. 4). Skillnaden motsvarar 37 %. Det är framför allt olikheten hos högarna som förklarar skillnaden. De stora högarna efter anpassad avverkning var lätta att få tag i och lasta, vilket avspeglades i tidsåtgången för gripning och kran in. Den genomsnittliga lasstorleken var 7,0 – 7,7 ton.

Tabell 4.

Tidsåtgång (cmin/ton) och prestation vid skotning av trädrester, grundtider.

Moment	Konv.	Anpassat
Körning	74	51
Kran ut	42	30
Gripning	169	69
Kran in	64	42
Släpp	39	30
Tillrättläggning	4	7
Övr. Verktid	1	11
Tomkörning 300 m	82	75
Lasskörning 300 m	138	125
Lossning	21	20
Summa, cmin/ton	634	460
Prestation		
– ton/G ₀ -h	9,5	13,0
– m ³ fbio/G ₀ -h	11,0	15,2
Högvolym		
– ton	0,302	0,377
– m ³ fbio	0,351	0,438
Antal lass i studien	8	8
Medellass, ton/lass	7,0	7,7

Sortimentutfall

Sortimentutfallet blev relativt likartat mellan de båda studieleden. Totalt föll 382 m³fub/ha rundvirke ut från studieytorna med konventionell avverkning, och 422 m³fub/ha från ytorna med anpassad avverkning (Tab. 5). Skillnaden i totalt biomassauttag var relativt liten.

Tabell 5.
Uppmätt sortimentutfall från studieytorna.

	Konv.		Anpassat	
	ton/ha	m ³ f/ha	ton/ha	m ³ f/ha
Grantimmer	131	177	135	183
Granmassa	101	137	117	158
Rötved	23	31	17	23
Talltimmer	14	19	28	38
Tallmassa	3	5	4	5
Löv	11	14	11	15
Totalt, rundv.	283	382	312	422
Trädrester	108	126	115	134
Totalt biomassauttag	391	508	427	556

Analys

Allmänt

För att utjämna de skillnader som fanns mellan studieytorna, och därmed göra resultaten jämförbara, konstruerades ett typbestånd. Tidsstudieresultaten kunde därefter normeras till samma förutsättningar. Därefter genomfördes en analys av drivningskostnaderna för respektive metod.

Typbestånd

Data för typbeståndet har skapats av medelvärden från samtliga studieytor (Tab. 6).

Tabell 6.
Data för typbeståndet.

Stamantal, st/ha	1 559
Volym	
– m ³ sk/ha	488
– m ³ fub/ha	412
Medelstamvolym, m ³ fub	0,264
T G L, %	9 88 3

Sortimentutfallet från typbeståndet utgörs av medelvärden från studieytorna. Utfallet av rundvirke, fördelningen på rundvirkessortiment samt relationen mellan rundvirke och trädrester antas vara lika för båda metoderna, vilket har stöd i det uppmätta utfallet. Tillskottet av biomassa blev drygt 30 % vid uttag av trädrester jämfört med uttag av endast rundvirke (Tab. 7).

Tabell 7.
Sortimentutfall i typbeståndet.

	ton/ha	m ³ f/ha	%
Grantimmer	133	180	45
Granmassa	109	147	37
Rötved	19	27	7
Talltimmer	20	28	7
Tallmassa	4	5	1
Löv	11	15	4
Totalt, rundv.	297	402	100
Trädrester	113	130	32*
Totalt biomassuttag	409	533	132**

* Procent av vikten rundvirke

** Uttryckt i % (av m³f) jämfört med uttag av endast rundvirke

Avverkning

Vid normering av tidsstudieresultatet från avverkningen gjordes följande justeringar:

Tidsåtgången för körning anpassades till stamantalet i typbeståndet genom att beräkna den totala körtiden per hektar och därefter slå ut den på stamantalet i typbeståndet. För momentet kvistning-kapning beräknades samband mellan tidsåtgången och medelstamvolymen med hjälp av enkel regressionsanalys. Genom att sätta in medelstamvolymen från typbeståndet i funktionen för respektive studieled erhöles normerad tidsåtgång för momentet. Regressionsfunktionerna som användes finns i bilaga 2. Tidsåtgången för övrig verktid justerades så att endast de delmoment som ansågs beroende av metoden behölls oförändrade. Övriga komponenter i övrig verktid sattes lika mellan studieleden. Tidsåtgången för resterande moment ansågs spegla metodskillnader och normerades därför inte.

Efter normering blev prestationen 37,7 m³fub/G₀-h vid konventionell avverkning och 34,8 m³fub/G₀-h vid anpassad avverkning (Tab. 8). Skillnaden motsvarar ca 7,5 %. Det är framför allt tidsåtgången för fällning, intagning och upparbetning som skiljer metoderna åt. Den övriga verktiden var också lite längre med det anpassade körsättet. Skillnaderna är logiska med tanke på att träden förflyttas längre med det anpassade körsättet, och att fällningsriktningen (framåt) är något mer tidskrävande. Det anpassade körsättet kräver överhuvudtaget mer av föraren vad gäller planering av arbetet.

Tabell 8.
Normerad tidsåtgång och prestation för avverkning.

Moment	Konv.	Anpassat
Körning	2,0	2,4
Kran ut	6,8	6,5
Fällning	5,7	6,3
Intagning	6,4	6,9
Kvistn.-kapn.	18,2	19,2
Övr. Verktid	3,0	4,0
Summa, cmin/träd	42,1	45,3
m ³ fub/st	0,264	0,264
Prestation		
– träd/G ₀ -h	143	132
– m ³ fub/G ₀ -h	37,7	34,8

Rundvirkesskotning

Körningen till och från avlägg har normerats till ett terrängtransportavstånd på 300 m samt hastigheterna 52 (tom) och 36 (full) m/min, vilket är de hastigheter som uppmättes under studien. Tidsåtgången för lossning sattes till medelvärde för de båda studieleden. Likaså har den genomsnittliga lasstorleken satts till 13,8 ton/lass, vilket är genomsnittet från studien. Övriga moment har ansetts spegla metodskillnader och normerades därför inte.

Den normerade prestationen blev 27,8 m³fub/G₀-h för konventionell metod och 28,5 m³fub/G₀-h för anpassad metod (Tab. 9). Skillnaden motsvarar ca 2,5 %. Vid omvandlingen från ton till m³fub användes omvandlingstalet 1,35, vilket beräknades ur studieresultaten med hjälp av kuberad volym och invägda skotarlass.

Tabell 9.
Normerad tidsåtgång och prestation vid skotning av rundvirke.

Moment	Konv.	Anpassat
Körning	32	35
Kran ut	19	18
Gripning	40	38
Kran in	28	29
Släpp	17	15
Tillrättläggning	6	5
Övr. Verktid	8	4
Tomkörning 300 m (52 m/min)	42	42
Lasskörning 300 m (36 m/min)	60	60
Lossning	40	40
Summa, cmin/ton	291	285
Prestation		
– ton/G ₀ -h	20,6	21,1
– m ³ fub/G ₀ -h	27,8	28,5
Lasstorlek, ton/lass	13,8	13,8

Skotning av trädrester

Tidsåtgången för skotningen av trädrester normerades på samma sätt som rundvirkesskotningen, men körhastigheterna som användes var 52 (tom) respektive 31 (full) m/min. Den genomsnittliga lasstorleken sattes till 7,4 ton/lass. Omföringstalet från ton till m³fbio var 1/0,86.

Prestationen blev efter normeringen 9,6 ton/G₀-h vid konventionell avverkning och 12,8 ton/G₀-h vid anpassad avverkning (Tab. 10). Skillnaden motsvarar 33 %.

Tabell 10.
Normerad tidsåtgång och prestation vid skotning av trädrester.

Moment	Konv.	Anpassat
Körning	74	51
Kran ut	42	30
Gripning	169	69
Kran in	64	42
Släpp	39	30
Tillrättaläggning	4	7
Övr. Verktid	1	11
Tomkörning 300 m	78	78
Lasskörning 300 m	131	131
Lossning	20	20
Summa, cmin/ton	622	469
Prestation		
– ton/G ₀ -h	9,6	12,8
– m ³ fbio/G ₀ -h	11,2	14,9
Lasstorlek, ton/lass	7,4	7,4

Drivningskostnader

Förutsättningar

Förutsättningarna för beräkningen av drivningskostnaderna framgår av tabell 11. Maskinkostnader och omvandlingstal är satta i samråd med SCA Skog AB.

Tabell 11.
Maskintimkostnader och omvandlingstal som använts vid beräkning av drivningskostnaderna.

	Kostnad
Skördare Timberjack 1270B/762	730 kr/G ₁₅ -h
Skotare Timberjack 1840	460 kr/G ₁₅ -h
Omvandlingstal G ₀ - till G ₁₅ -prestation	
– avverkning	0,71
– skotning rundvirke	0,80
– skotning trädrester	0,80

Drivningskostnader

Den totala drivningskostnaden uppgick till ca 25 800 kr/ha vid konventionell avverkning och ca 24 800 kr/ha vid anpassad avverkning (Tab. 12). Om den fördyrade drivningen av rundvirke ($1,6 \text{ kr/m}^3 \text{fub}$, vilket motsvarar $4,8 \text{ kr/m}^3 \text{fbio}$ enligt förutsättningarna i typbeståndet) får belasta kostnaden för uttag av trädrester innebär det en kostnad på $51 \text{ kr/m}^3 \text{fbio}$ (ca $18 \text{ kr/m}^3 \text{s}$) vid konventionell avverkningsmetod och $39 \text{ kr/m}^3 \text{fbio}$ (ca $15 \text{ kr/m}^3 \text{s}$) vid den anpassade avverkningen. Detta måste anses som låga kostnader, men kan sannolikt förklaras av den stora lasstorleken.

Tabell 12.

Prestation per G_{15} -h och drivningskostnader (kr/m^3 och kr/ha) i studien.

	Konv.	Anpassat
Prestation, $\text{m}^3 \text{fub}/G_{15}\text{-h}$		
– avverkning	27,1	25,2
– skotning rundvirke	22,2	22,8
– skotning trädrester ($\text{m}^3 \text{fbio}/G_{15}\text{-h}$)	9,0	11,9
Kostnad, $\text{kr/m}^3 \text{fub}$		
– avverkning	26,9	29,0
– skotning rundvirke	20,7	20,2
– skotning trädrester ($\text{kr/m}^3 \text{fbio}$)	51,1	38,7
Fördyrad drivning till följd av anpassning		
– $\text{kr/m}^3 \text{fub}$	–	1,6
– $\text{kr/m}^3 \text{fbio}$	–	4,8
Summa kostnader uttag av trädrester, $\text{kr/m}^3 \text{fbio}$	51,1	43,5
Drivningskostnad, kr/ha i typbeståndet		
– rundvirke	19 135	19 778
– trädrester	6 694	5 031
– totalt	25 829	24 809

Diskussion

Resultatens allmängiltighet

Resultaten vad gäller prestationsnivåer kan främst antas gälla under de förutsättningar som rådde i studien. Nivån är starkt beroende på t.ex. förare. När det gäller förhållandet mellan de olika metoderna borde resultaten vara mer allmängiltiga, dock med vissa reservationer vilka diskuteras nedan.

Avverkning

Föraren som körde skördaren under studien var högpresterande, och tillämpade vid normalmetoden ett körsätt som överensstämmer med den metod som SCA förespråkar. Av naturliga skäl hade föraren inte lika stor erfarenhet av det anpassade körsättet, vilket innebär att denna metod sannolikt har något större potential att förbättras och finslipas. Den uppmätta skillnaden på 7,5 % kan därför förefalla något hög. Tidigare studier (Wigren, 1992) har visat på 2–9 % skillnad mellan normalt och anpassat körsätt. I samma studier konstaterades också att ett högt stamantal kunde medföra sänkt presta

tion vid anpassning, eftersom fällningen försvåras. Med tanke på att stamantalet var högt i det studerade beståndet kan detta sannolikt förklara en del av skillnaden. Dessutom var skogen med norrländska mått ovanligt lång.

Den ökade tidsåtgången hänger också ihop med att träden måste förflyttas en något längre sträcka innan upparbetningen jämfört med normal-metoden, och kan därför sägas vara antalsberoende. Skillnaden mellan metoderna borde således vara störst vid små medelstamvolymmer och minska ju grövre skog som avverkas. Den förra studien hos SCA (von Hofsten & Nordén, 1997) visade dock på en sänkt avverkningsprestation vid bränsleanpassning med 5–6 % i både ett klen och ett grovt bestånd.

Att skördaren var försedd med en svängbar Pendo-hytt underlättade för anpassad avverkning. Om träden ska upparbetas vid sidan av maskinen upplever föraren ofta en försämrade ergonomi genom ideliga huvudvridningar vid den anpassade metoden (Thor m.fl., 1997).

Skotning av rundvirke

Prestationen vid skotning förändrades inte nämnvärt, vilket stämmer bra överens med tidigare erfarenheter. Sannolikt bidrar en något större högstorlek till att öka skotningsprestationen något efter den anpassade metoden, men detta motverkas av att högarna lätt ”flyter ihop” och att föraren kan få problem med sorteringen på hygget. Vid uttag av många sortiment kan detta problem accentueras.

Skotning av trädrester

Sättet som tillämpades i det studerade maskinlaget, att på kort tid (<1 timme) konvertera en konventionell skotare till en träddelsskotare är mycket intressant. Lassen blev stora och konverteringen är billig (låg materialkostnad, tar kort tid att utföra) och flexibel. Utveckling av bajonettfäste och slangkopplingar till griparna för att förkorta tiden för byte skulle ytterligare förbättra konceptet.

Det var vid skotning av trädrester som de stora skillnaderna i prestation uppmättes, drygt 30 %. Även detta ligger mycket väl i linje med tidigare resultat (Brunberg m.fl. 1994). Sammantaget innebär detta att den anpassade metoden lönar sig. Drivningskostnaden för rundvirke och trädrester blev ca 1 000 kr/ha lägre än med den konventionella metoden. Vid normeringen antogs samma lasstorlek för båda metoderna. Om lasstorleken sätts till de uppmätta värdena (7 ton/lass för normal metod, 7,7 ton/lass för anpassad metod) innebär det ytterligare större skillnad vid skotning av trädrester. Prestationen vid anpassad metod skulle ha blivit 38 % högre, och kostnaden för uttag av trädrester inkl. fördyrad avverkning (jfr Tab. 12) hade blivit 52 kr/m³fbio vid konventionell och 42,8 kr/m³fbio vid anpassad avverkning.

Förutom att en högre prestation erhålls efter anpassad avverkning, blir även kvaliteten på skogsbränslet bättre, eftersom ingen maskin har kört över trädresterna. Sannolikt är halten av föroreningar högre i trädresterna efter den konventionella avverkningen än efter den anpassade, vilket skulle kunna betyda ett förhållandevis högre energiinnehåll i trädresterna efter anpassad avverkning. På många ställen accepteras inte överkörda trädrester av köparna på grund av föroreningarna.

Andra typer av bränsleanpassning

I tider av låg efterfrågan på massaved, kan bränsleanpassning av slutavverkning vara ett sätt att utnyttja resurserna till att producera sortimenten timmer och skogsbränsle. Detta låter sig göras genom att öka toppdiametern för rundvirket till en dimension som i praktiken innebär att ingen massaved apteras, förutom vid krökar, klykor och röta. Studier har visat att massavedsvolymen från en slutavverkning kan sänkas med över 70 % (Thor m.fl., 1997). Utslaget över hela systemet (avverkning, skotning av rundvirke och trädrester samt flisning), ger denna anpassning något sämre ekonomiskt utbyte än en mer konventionell bränsleanpassning liknande den i föreliggande studie.

Sammanfattande slutsatser

Vid anpassad avverkning sänktes skördarens prestation med ca 7,5 % jämfört med en konventionell metod. Förklaringen ligger dels i ett något mer omfattande kranarbete, men också i att metoden var relativt ny för föraren. Ytterligare en förklaringsfaktor kan vara att det relativt höga stamantalet i beståndet har påverkat det anpassade körsättet mer än det konventionella.

Skotarens prestation vid skotning av rundvirke var ca 2,5 % högre efter anpassad avverkning.

Vid skotning av trädrester var prestationen 33 % högre efter den anpassade metoden, beroende på större rishögar som var lättare att gripa.

Resultaten från tidsstudierna stämmer väl överens med tidigare erfarenheter av anpassad slutavverkning.

Om trädrester ska tas ut från slutavverkningar av den typ som förekom i studien, tjänar man på att bränsleanpassa avverkningen, både vad gäller de direkta drivningskostnaderna och kvaliteten på skogsbränslet.

Referenser

- Brunberg, B., Frohm, S., Nordén, B., Persson, J. & Wigren, C. 1994. Projekt skogsbränsleteknik – slutrapport. SkogForsk Redogörelse nr 5, 69 s.
- von Hofsten, H. & Nordén, B. 1997. Bränsleanpassad slutavverkning med engreppsskördare. SkogForsk Stencil 1997-04-09, 14 s.
- Thor, M., Lundström, H. & Nordén, B. 1997. Bränsleanpassad slutavverkning vid metoder med normala respektive långa toppar. Studier hos Mellanskog, Västerås. SkogForsk Arbetsrapport nr 357, 31 s.
- Wigren, C. 1992. Uttag av trädrester efter avverkning med engreppsskördare. Skogsarbeten, Resultat nr 8, 4 s.

Momentindelning, tidsstudier

Skördare

Körning	Körning mellan uppställningsplatser. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannat.
Kran ut	Börjar när en topp släppts eller när hjulen stannat. Avslutas när aggregatet når trädet.
Fällning	Börjar när aggregatet nått trädet och avslutas när trädet avskiljts från stubben.
Intagning	Börjar när trädet avskiljts från stubben och avslutas när matarrullarna börjar snurra för upparbetning.
Kvistning – kapning	Börjar när matarrullarna börjar snurra för upparbetning. Avslutas när aggregatet släppt toppen.
Övrig verktid	Tid som ingår i arbetet, men som inte kan hänföras till något av ovanstående moment, t.ex. tillrättaläggning av virkesbit i hög, risning etc.

Skotare (rundved och trädrester)

Lasskörning	Körning i terräng eller på väg med fullt lass mot avlägg. Momentet börjar när sista gripen lagts på lasset och hjulen börjar snurra.
Tomkörning	Körning i terräng eller på väg utan lass från avlägg ut på hygget. Momentet avslutas när lastningen påbörjas.
Körning	Körning under lastningsarbete. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannar.
Kran ut	Börjar när kranen förs i syfte att lasta. Slutar när gripen berör första biten/högen.
Gripning	Börjar när gripen berör en hög, och avslutas när högen börjar tas in mot lasset.
Kran in	Börjar när virkeshögen lyfts från marken och avslutas när knippet passerar stakarna.
Släpp	Omfattar släppning av virket på lasset och avslutas när sista biten släppts på lasset.
Tillrättaläggning	Tillrättaläggning av bitar på lasset.
Övrig verktid	Tid som ingår i arbetet men som inte kan föras till något av momenten ovan.
Lossning	Tidsåtgången för lossningsarbete.

Funktioner som använts vid normeringen

Nedanstående funktioner beskriver hur tidsåtgången för momentet kvistning-kapning beror av stamvolymen.

$$KVKA = A + B \cdot VOLY$$

där

KVKA är tidsåtgången för kvistning-kapning (cmin)

VOLY är medelstamvolymen (dm³fub)

A och B är koefficienter enl. nedanstående tabell:

	Konventionell metod	Anpassad metod
A	9,88	10,34
B	0,031	0,033
För samtliga värden på A och B gäller att $p < 0,001$		