

Klenträdshantering och bränsle- uttag i eftersatta bestånd – drivningsteknik och ekonomi

Per Eriksson & Berndt Nordin



Omslag: Enhar i eftersatt bestånd

Foto: SkogForsk

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, 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
Bakgrund och syfte.....	4
Förutsättningar	4
Omfattning	4
Studievärd, tid och väder	4
Bestånd	4
Maskin och förare	5
Arbetsmetoder.....	5
Gallringsinstruktion för Lillebror med EnHar.....	5
Flisning och uttransport	6
Nivåläggning av avverkningsprestation – kompletterande studie	7
Motormanuell röjning	7
Uppläggning och genomförande.....	7
Förberedande fältarbete	7
Tidsstudie.....	7
Uppföljning.....	7
Resultat	8
Bestånd	8
Tidsåtgång och prestation.....	11
Avverkning	11
Flisning och uttransport	11
Gallringsuppföljning.....	13
Nivåläggning av avverkningsprestationen – kompletterande studie	13
Motormanuell röjning	14
Analys	14
Sortimentsutfall	14
Omvandlingstal	15
Energiinnehåll och pris på skogsbränsle	15
Kostnads- och intäktsanalys.....	15
Prestationer och kalkylpriser.....	15
Kostnader och intäkter	15
Åtgångstal	16
Uppföljning av praktisk drift.....	17
Uppföljning 1	17
Beståndsförutsättningar.....	17
Maskiner.....	17
Metod	18
Prestation och kostnader.....	18
Uppföljning 2	19
Beståndsförutsättningar.....	19
Maskiner.....	19
Metod	19

Kostnader	19
Diskussion	20
Tidigare studier.....	20
Terri 2000 med EnHar-aggregat	20
Lillebror 0470 med EnHar-aggregat.....	20
Denna studie.....	21
Referenser.....	23
Bilaga 1	24

Sammanfattning

De senaste årens eftersläpning av ungskogsröjningar har lett till problem vid återställande av bestånden. Kvalitets- och tillväxtförluster i blivande huvudstammar och en dyr röjning är reella problem.

Ett sätt att röja dessa bestånd samtidigt som röjningsvirket tas tillvara som bränsle är att avverka röjningsstammarna med ett ackumulerande fälldon och flisa de avverkade träden.

Föreliggande arbete är del 2 i ett större projekt, "Lågsärm av björk på granmark – skötsel, drivningsteknik och ekonomi", som SkogForsk gjort i samarbete med Stora Skog AB. Medverkande i denna studie är även entreprenören Torleif Lund.

Studien är gjord på EnHar ackumulerande fälldon monterat på en FMG 0470. En kompletterande tidsstudie gjordes på en Rullen med EnHar-aggregat. Beräkningar gjordes även på flisningskostnader med Chipset 536 C stickvägsgående flisare. En empirisk uppföljning har gjorts på avverkade objekt.

Studien utfördes i en björkövervuxen granplantering med en höjd på ca två till sexton meter och en ålder på ca 25 år. Medeldiametern i uttaget var 5,2 cm. Björkarnas höjd var 9,6 – 16 m och granstammarnas var 3,5 – 14,9 m i uttaget.

Resultaten visar att flerträdshanteringen utnyttjades på 90 % av antalet avverkade träd.

Prestationen efter justering av tidsstudieresultaten var 163 träd/ G_{15} -timme (faktor för överföring från G_0 till G_{15} var 0,75) eller 7,9 $m^3/s/G_{15}$ -timme. Det innebar att avverkningskostnaden blev 63,50 kr/ m^3s .

Beräknade kostnader för avverkning, flisning och vidaretransport blev 121,20 kr/ m^3s eller 28 276 kr/ha. Intäkten var 105 kr/ m^3s eller 24 497 kr/ha. Det innebar en nettokostnad på 3 779 kr/ha. Detta skall ställas mot en kostnad på 4 000 kr/ha vid motormanuell röjning. Skillnaden blev 221 kr/ha till EnHar-systemets fördel, vilket gör systemen jämbördiga.

De uppmätta prestationerna i denna och andra studier visar på svårigheter att uthålligt komma över 200 träd/ G_{15} . För att konceptet skall vara ekonomiskt bärkraftigt krävs ytterligare teknik- och metodutveckling, så att prestationen kan komma upp emot 250 st/ G_{15} eller mer i klena bestånd.

Inledning

Bakgrund och syfte

Föreliggande arbete är del 2 i ett större projekt, "Lågsärm av björk på granmark – skötsel, drivningsteknik och ekonomi", som SkogForsk gjort i samarbete med Stora Skog AB. I arbetets första del behandlades skötselmässiga, ekonomiska och biologiska konsekvenser av bränsleuttag i samband med lågsärmsskogsbruk. En konsekvensanalys för Mora skogsförvaltning gjordes också. Då ett berg av oskött ungskog har vuxit sig stort sedan den nya skogsvårdslagen trädde i kraft 1994 (observation av Storas fältpersonal) har också intresset för teknik- och metodutveckling för att rädda dessa bestånd ökat.

Stora Skog AB vill med detta arbete utvärdera teknik och metoder för att avverka och tillvarata virket som bränsleråvara i oskötta ungskogar. En anledning till Storas intresse att bedriva verksamhet inom detta område är att kunna erbjuda sina leverantörer denna service i samband med extern köpverksamhet.

Förutsättningar

Omfattning

Arbetet omfattade följande delar:

- Tidsstudie av flerträdshanterande aggregat på liten skördare i bestånd med eftersatt röjning.
- Beräkningar på uttransports- och flisningskostnader baserade på tidigare studier.
- Uppföljning av praktisk drift vid uttag av bränslesortiment med EnHar-aggregat.

Studievärd, tid och väder

Studien genomfördes i Stora Skogs Moraförvaltnings regi. Fastigheten som studien genomfördes på var privatägd och avverkningsuppdraget var inköpt av Stora Skog. Studien genomfördes som en tidsstudie under ett par dagar i augusti 1998. Vädret under studien var mulet med uppehåll.

Bestånd

Platsen för studien var några kilometer söder om Gagnef by utanför Djurås i Dalarna. Tidsstudien genomfördes i ett blandbestånd av björk och gran. Beståndet var troligen en granplantering från början. Uppslag av björk har kommit in spontant och är nu dominerande trädslag p.g.a. uteblivna röjningar. En yta på 0,20 ha avgränsades och samtliga träd diametermättes och numrerades. Höjden mättes på ett antal provträd och den varierade mellan två och sexton meter.

Tabell 1.
Bestånd före uttag

	Gran	Björk	Total
Stamantal, st/ha	2 086	5 787	7 873
Volym, m ³ /ha	133,9	345,1	479,0
Medelstamvolym, m ³ s	0,064	0,068	0,067
Höjd, m	2–15	3–16	

Maskin och förare

Basmaskinen i studien var en FMG 0470 Lillebror utrustad med portalaxlar, lunningsgrip (klämbanke på hjul) och ett EnHar flerträdshanterande aggregat. Kranen var en Mowi-kran med en räckvidd på ca 5,5 m. Maskinen ägdes tidigare av Stora och användes då som röjningsmaskin. Maskinen hade dock vissa brister. Bland annat var kranfästet ostadigt, vilket innebar dålig precision vid kranföringen.

Nuvarande ägare och förare var entreprenör Torleif Lund, som är idégivare till EnHar-aggregatet. Torleif har arbetet med aggregatet under ett par års tid med olika små maskintyper som basmaskin.

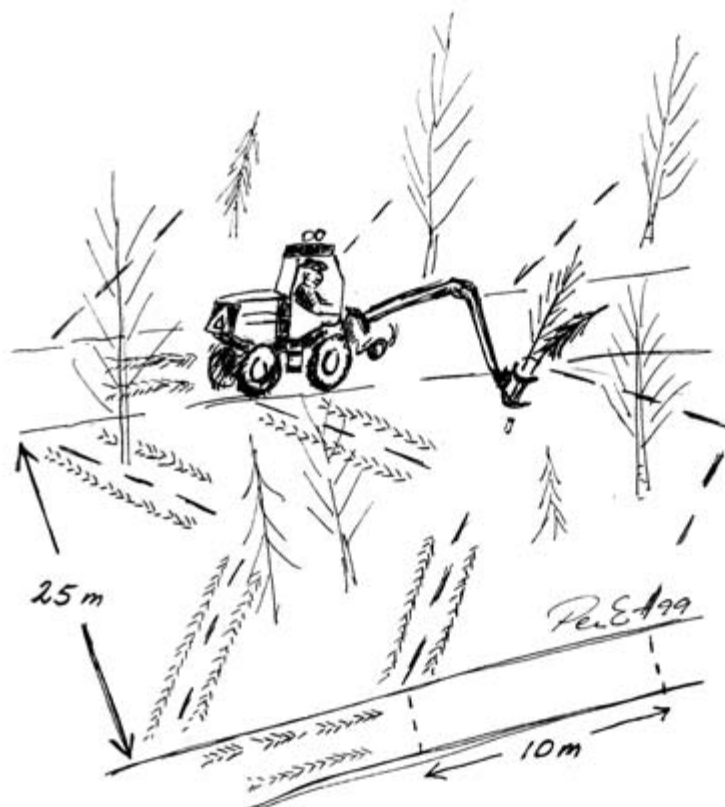
Figur 1.
Förare Torleif Lund och Lillebror med EnHar-aggregat.

Arbetsmetoder

Gallringsinstruktion för Lillebror med EnHar

I studien arbetade maskinen med ett stickvägsavstånd på 25–30 m (figur 2). Stråk, upptagna vinkelrätt från stickvägen, gjordes var 10:e meter, d.v.s. efter dubbla kranräckvidden. Stråken var ungefär 10 m långa, vilket räckte för att nå

alla träd mellan stickvägarna. Stickvägsträd avverkades och lades vinkelrätt in i beståndet med rotändorna mot stickvägen. Då stråken togs upp lades de första stammarna i stråket. På vägen in i stråket gräslade maskinen de fällda stammarna. Då maskinen kommit längst in i stråket påbörjades avverkning framför och vid sidan av maskinen. Träden lades i klämbanken. Avverkning och ackumulering i klämbanken skedde under tiden som maskinen backade ut mot stickvägen. Vid stickvägen lossades de ackumulerade stammarna i en hög. Stickvägsavståndet var avpassat så att klämbanken blev fylld då maskinen kommit ut till stickvägen.



Figur 2.
Arbetsmönster vid avverkning av bränsle i klen skog.

Flisning och uttransport

Inga tidsstudier genomfördes på flisning och uttransport i denna studie. Tillvägagångssätt och prestationer för flisning i beståndet är tagna från en tidigare studie som SkogForsk genomfört (Thor, 1996). Studien gjordes på en Chipset 536 C stickvägsgående flisare, där bl.a. flisning av helträdsflis vid stickväg genomfördes. Vid denna metod fällde en engreppsskördare träden och lade dem i buntar intill stickvägen.

Chipset-flisaren framfördes på stickväg. Fällda och ibland höglagda träd plockades med gripen och matades in i flistuggen. Inmatningen av ett träd kunde i regel påbörjas när några meter av toppen på föregående träd/trädbunt fortfarande stack ut från flishuggen.

Nivåläggning av avverkningsprestation – kompletterande studie

Studien som genomfördes ovanför Gagnef by var behäftad med en del problem. Bland annat var det glapp i avverkningsmaskinens kran och midja, vilket gjorde att precisionen i arbetet blev dålig och prestationen därmed låg. Föraren lade även ner mycket tid på trädval i avverkningen. För att kvantifiera denna extra tidsåtgång gjordes en enkel tidsstudie på en nyare maskin med annan förare – skotare Rullen med EnHar-aggregat. Denna maskin ägdes av Elmek och kördes av Dan Lagerberg. Beståndet bestod av tall med en marginell inblandning av björk. Medelstammen var mindre än i Gagnefstudien, men prestationen ansågs vara överförbar till Gagnefstudien.

Motormanuell röjning

Den enda alternativa skötselåtgärden, förutom ingen åtgärd alls, var att röja beståndet motormanuellt utan att tillvarata gagnvirke. I detta fall torde motorsåg vara det bästa alternativet. Kostnaden för röjningen bedömdes av Storas inköpare, Leif Sanfer på erfarenhetsbaserade grunder.

Uppläggning och genomförande

Förberedande fältarbete

Studieytan avgränsades med snitselband i en representativ del av beståndet. Samtliga träd klavades i brösthöjd och diametern skrevs ned på en lapp som fästes vid stammen. Klassbredden på diametern var 1 cm. Planering och utformning av fältförsöket samt förberedande fältarbete gjordes av Per Eriksson och Berndt Nordén, SkogForsk.

Tidsstudie

Avverkningsmaskinens arbete tidsstuderades, momentindelning skedde enligt bilaga 1. Tidsåtgången registrerades trädvis under en centiminutstudie med hjälp av en Husky Hunter dator. Tidsstudiemän var Per Eriksson och Berndt Nordén, SkogForsk.

Uppföljning

Efter studien registrerades

- diametrarna på kvarvarande stammar,
- höjd på slumpvis utvalda provträd, både på avverkade och kvarstående träd,
- stubbhöjder,
- skadeläget i kvarvarande bestånd genom okulär besiktning,
- stickvägsbredd, stråklängd och avverkad areal.

Resultat

Bestånd

Beståndet som studerades var kraftigt eftersatt och hade en övervägande andel björk (tabell 2). Före avverkningen fanns det knappt 8 000 stammar och beståndets volym uppgick till 480 m³s per ha. Medelstamvolymen var 0,067 m³s. Uttagsstyrkan var 61 % av stamantalet och 49 % av volymen. Totalt tidsstuderades fällning av 923 stammar i studien.

Tabell 2.
Bestånd före och efter ingrepp samt uttag

Tillstånd	Gran	Björk	Total
Före			
Stamantal, st/ha	2 086	5 787	7 873
Volym, m ³ s/ha	133,9	345,1	479,0
Medelstamvolym, m ³ s	0,064	0,068	0,067
Uttag			
Stamantal, st/ha	1 051	3 774	4 825
Volym, m ³ s/ha	41,2	192,1	233,3
Medelstamvolym, m ³ s	0,039	0,051	0,048
Efter			
Stamantal, st/ha	1 035	2 013	3 048
Volym, m ³ s/ha	92,7	153,0	245,7
Medelstamvolym, m ³ s	0,090	0,121	0,107
Uttagsstyrka			
% av stamantal	50	65	61
% av volym	31	56	49
Antal stammar i studien, st	201	722	923

Stamvolymerna beräknades, efter diatemtermätning, med Marklunds biomassa-funktioner för gran och björk (Marklund, 1988).

Figur 3.
Eftersatt bestånd.

Tidsåtgång och prestation

Avverkning

Medelprestationen var ca 170 träd/G₀-timme, eller ca 8,1 m³/G₀-timme (tabell 3). Det motsvarar en prestation på ca 126 träd/G₁₅-timme vid omräkningsfaktor 0,75. Medeldiametern var 5,2 cm. Prestationen varierade mellan 80 och 429 träd/G₀-timme, beroende på antal träd per cykel och trädvolym (tabell 4). Antalet krancykler var 251 st.

Tabell 3.
Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer enligt tidsstudien

Arbetsmoment	Cmin	%
Kran ut	7,00	19,6
Klipp	11,42	32,0
Kran in	0,08	0,2
Nedläggning	4,16	11,6
Klämbanke	5,06	14,2
Lastning	0,46	1,3
Lunning	1,90	5,3
Körning	4,20	11,8
Lossning	0,57	1,6
Övrig verktid	0,86	2,4
Summa	35,71	100,0
Träd/G ₀ -tim	168	
Träd/G ₁₅ -tim (faktor 0,75)	126	
Antal träd per fällningscykel	2,7	

Tabell 4.
Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer för olika antal träd per krancykel

Antal träd/ fällningscykel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tidsåtgång per träd, cmin	75,3	40,6	29,6	29,3	23,8	20,5	28,1	14,5	19,0	14,0
Stamantal	92	144	171	165	200	90	35	8	9	10
Andel av stamantal, %	10,0	15,6	18,5	17,9	21,6	9,7	3,8	0,9	1,0	1,1
Andel av krancykler, %	23,9	23,1	17,9	15,1	11,6	5,2	2,0	0,4	0,4	0,4
Medeldiam, cm	9,2	6,3	5,2	4,6	4,2	3,9	3,7	3,4	3,6	3,1
Medelvol./träd, m ³ s	0,070	0,070	0,040	0,030	0,020	0,020	0,020	0,016	0,014	0,012
Prestation, stam/G ₀ -tim	80	148	203	205	252	293	214	414	316	429

Flisning och uttransport

Flisning, uttransport samt vidaretransport studerades inte. Från tidigare studier hämtades tidsåtgång och kostnader för dessa moment. En studie på en stickvägsgående flismaskin, Chipset 536 C (Thor, 1996). Endast alternativet med flisning i bestånd utvärderades i ovanstående studie.

Tabell 5.
Högar efter EnHar i föreliggande studie

Antal högar, st	10
Antal högar per ha, st	50
Medelvolym per hög, m ³ s	4,46
Uttag per ha, m ³ s	223

Figur 4.
Högar av klena stammar intill stickväg.

Tidsåtgången för flisarbetet och uttransporten var 29,3 min/lass räknat vid ett terrängtransportavstånd på 250 m. Lassvikten var 4,5 ton. Tidsåtgången motsvarade en prestation på 29,4 m³s/G₀-timme efter normering, eller 20,6 m³s/G₁₅-timme. Omvandlingstalet för flisaren var 0,70 från G₀-timme till G₁₅-timme (tabell 6).

Tabell 6.
Prestationer för Chipset 536C (Thor 1996)

Prestation, m ³ s/G ₀ -timme	29,4
Prestation, m ³ s/G ₁₅ -timme	20,6
Kostnad, kr/G ₁₅ -timme	750
Omvandlingstal, G ₀ /G ₁₅ -prestation	0,70

En uppföljning av skador efter Chipset-flisaren visade att skadenivån var acceptabelt låg. Av kvarvarande stammar hade 2 till 3 % skador orsakade av flisaren. Skadorna var uteslutande stamskador och inga rotskador.



Figur 5.
Chipset 536 C stickvägsgående flisare.

Gallringsuppföljning

Efter avverkningen gjordes en uppföljning av resultatet med avseende på stubbhöjder. Stubbarna var genomgående höga (tabell 7). I genomsnitt var höjden 18–19 cm och den högsta stubbhöjden som uppmättes var 44 cm. De höga stubbarna berodde på att aggregatets kniv inte kom ner i marknivå p.g.a. av att hydraulcylindern var placerad under kniven.

Tabell 7.
Stubbhöjder efter avverkning med EnHar, cm

Trädslag	Medelhöjd	Min	Max
Gran	18	10	32
Björk	19	8	44

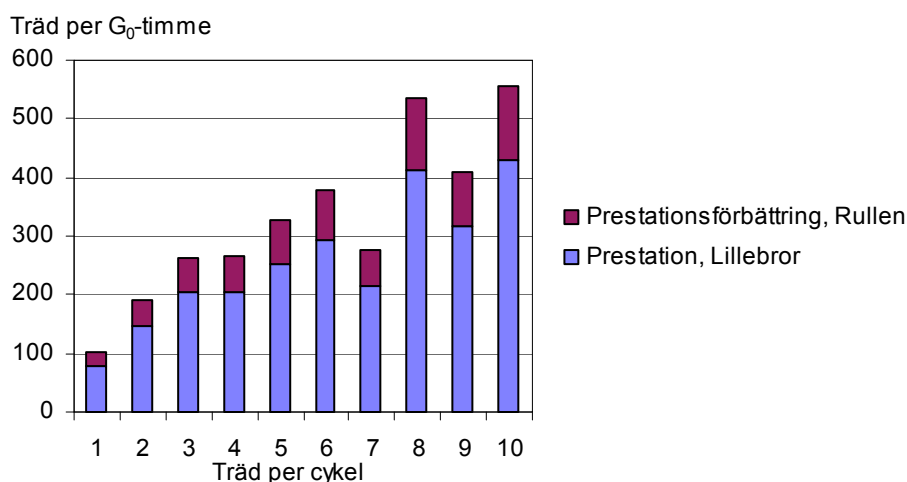
En okulär besiktning efter avverkningen visade att skador på kvarvarande träd var nästan obefintliga. Eftersom flisning och utkörning inte var genomförd då detta sammanställs finns det ingen undersökning på vilka skador detta orsakat i kvarvarande bestånd. Skador efter stickvägsgående flisare från en annan, jämförbar, studie redovisas däremot under rubrik ”Flisning och uttransport”.

Nivåläggning av avverkningsprestationen – kompletterande studie

Då prestationen i studien var nedsatt av främst tekniska problem genomfördes en kompletterande studie för att nivålägga prestationen. Maskinen i denna kompletterande prestationsstudie, skotare Rullen med EnHar-aggregat, var nyare än maskinen som studerades i grundstudien och hade bättre precision i kranrörelserna. Prestationen i denna avverkning blev 217 träd/ G_0 -timme eller 163 träd/ G_{15} -timme vid en omräkningsfaktor på 0,75 (tabell 8). Denna prestation motsvarade 7,9 m^3/s / G_{15} -timme. Medeldiametern i uttaget var något lägre än i beståndet utanför Gagnef. En bedömning är ändå att prestationshöjningen är överförbar till denna studie.

Tabell 8.
Prestation i kompletterande studie, Rullen med EnHar-
aggregat

Träd/G ₀ -timme:	217 st
Träd/G ₁₅ -timme (omräkningsfaktor 0,75):	163 st



Figur 6.
Avverkningsprestation vid olika antal träd per krancykel. Prestation för Lillebror och
upjusterad prestation med 29 % baserat på Rullens resultat.

Motormanuell röjning

Kostnaden för alternativet motormanuell röjning bedömdes av Storas inköpare, Leif Sanfer, på erfarenhetsbaserade grunder. Vid motormanuell avverkning bedömdes dagsverksåtgången till 2,3 dagsverken per hektar. Med en dagsverkskostnad på 1 760 kr uppgick röjningskostnaden till 4 000 kr/ha i den aktuella typen av bestånd.

Analys

Sortimentsutfall

Utgångsläget var att endast tillvarata bränslesortiment i avverkningen. Enstaka träd hade dock en sådan dimension att de hade kunnat apteras som massaved.

Spillet i form av tappade träd, bräckage o. dyl. var minimalt, vilket också noterats i andra studier (Thor, 1996). Enstaka träd blev kvar i stråken p.g.a. att de träd som avverkades först i stråken grenslades av maskinen och riskerade därmed att köras sönder. Därigenom kom inte alla träd med i uppsamlingshögen.

Omvandlingstal

En systemanalys av det här slaget är känslig för vilka omvandlingstal som används. Omvandlingstalen som använts i analyserna framgår av tabell 9.

Tabell 9.
Omvandlingstal som använts i analyserna

Parameter	Omvandlingstal
Fastmasseandel ($\text{m}^3\text{fbiom}/\text{m}^3\text{s}$)	0,400
Torr-rådensitet ($\text{ton ts}/\text{m}^3\text{fbiom}$)	0,376
Energiinnehåll ($\text{MWh}/\text{m}^3\text{s}$)	0,95
G ₀ -/G ₁₅ -prestation	
- skördare med EnHar	0,75
- flisare	0,70

Energiinnehåll och pris på skogsbränsle

Skogsbränsleflisens energiinnehåll varierar beroende på fukthalt, trädslag m.m. Det aktuella beståndet innehöll övervägande björk med en viss graninblandning. I kalkylerna motsvarar 1 m^3s 0,95 MWh. Priset på bränsleflis är satt till 105 kr per m^3s fritt industri (Stora Skog AB Virke Öst). Det är baserat på priset för skogsbränsle per MWh. I praktiken förekommer flera olika varianter på prissättning av flis samt olika prisnivåer inom Storas verksamhetsområde. Flismarknaden är även sådan att priset kan fluktuera kraftigt inom korta tidsintervaller till följd av variationer i tillgång och efterfrågan.

Kostnads- och intäktsanalys

Prestationer och kalkylpriser

Prestationer, kalkylkostnader och -priser framgår av tabell 10. Prestationen för EnHar antas vara 163 träd/G₁₅-timme. Prestationen baseras på ett omvandlingstal från G₀- till G₁₅-prestation på 0,75.

Kalkyltimpriser och priser för flis kommer från Stora Skog AB. Priset för skogsbränsle är baserat på förutsättningarna i studien och ett pris på 110 kr/MWh vid bilväg.

Tabell 10.
Prestationer och kalkyltimpriser som använts i analysen

Metod	Avverkning, EnHar och flisning, Chipset 536 C
Prestation	
- avverkning, EnHar, träd/G ₁₅ -h	163
- avverkning, EnHar, $\text{m}^3\text{s}/\text{G}_{15}\text{-h}$	7,9
- flisning, Chipset 536 C, $\text{m}^3\text{s}/\text{G}_{15}\text{-h}$	20,6
Timkostnad, kr/G ₁₅ -h	
- avverkningsmaskin	500
- flisare	750

Kostnader och intäkter

Kostnaden för avverkning med EnHar, efter uppjustering av prestationen, blev 82,30 kr/ m^3s (tabell 12). Kostnaden baseras på en maskinkostnad på 500 kr/G₁₅-timme och en prestation på 7,9 $\text{m}^3\text{s}/\text{G}_{15}\text{-timme}$. Flisningskostna-

den och containertransporten baserades på tidigare studier. Summa kostnad blev 121,20 kr/m³s eller 28 276 kr/ha vid EnHar-alternativet.

Vid en flisintäkt på 105 kr/m³s fritt industri blev intäkten per hektar 24 497 kr. Summa kostnad blev 3 779 kr/ha.

Detta skall ställas mot en konventionell motormanuell röjning. Kostnaden för detta alternativet bedömdes vara 4 000 kr/ha. Det baseras på en timkostnad för skogsarbetaren på 220 kr/timme och 8 timmars arbetsdag.

Skillnaden blev 221 kr/ha till EnHar-systemets fördel. EnHar-alternativet var i detta fall således ungefär likvärdigt ur kostnadssynpunkt.

I denna beräkning är inte tillväxtförluster och kommande intäktsförluster vid förstagallringen medräknade.

Tabell 11.
Kostnader och intäkter för respektive alternativ åtgärd i eftersatt bestånd, kr

Åtgärd	Kostnad per m ³ s	Intäkt per m ³ s	Kostnad per ha	Intäkt per ha
Moma röjning	–	–	4 000	–
Summa kostnad Moma röjning			4 000	
Avverkning, EnHar	63,50	–	14 806	–
Flisning, Chipset	38		8 865	–
Transport, container, 60 km	19,70	–	4 596	–
Flispris fritt avlägg (1 m ³ s = 0,95 MWh)	–	105	–	24 497
Bruttokostnad och -intäkt EnHar + Chipset	121,20	105	28 276	24 497
Netto kostnad, kr EnHar + Chipset			3 779	

Åtgångstal

För att få en bild på resursåtgång för maskiner respektive motormanuell arbetskraft redovisas dagsverksåtgång per hektar (tabell 12). Dagsverksåtgången för EnHar-maskinen och Chipset baserar sig på 10 timmars dagligt utnyttjande. Motormanuell röjning baseras på 8 timmars arbetsdag.

Tabell 12.
Dagsverksåtgång per ha

Moma	2,3
Maskiner:	
- EnHar	2,9
- Chipset	1,1

Uppföljning av praktisk drift

Under 1998 har Mellanskog ek för bedrivit bränsleavverkning med EnHar fälldon i bestånd där röjningen eftersatts. Två uppföljningar av en Valmet 701 med EnHar-aggregat och påmonterad klämbanke visade följande resultat.

Uppföljning 1

Beståndsförutsättningar

Beståndet var ett eftersatt blandbestånd av tall och björk med graninslag. Medelstammen bedömdes till 0,04 – 0,05 m³fub (tabell 13). Arealen var 9,5 ha och uttaget var drygt 100 m³s/ha. Uttaget var ungefär hälften så stort som uttaget vid SkogForsks studie.

Tabell 13.
Beståndsförutsättningar

Areal, ha	9,5
Bedömd medelstam, m ³ fub	0,04 – 0,05
Bedömd medelstam, m ³ s	~0,1
Bedömd medelstam, biomassa	0,15
Total inmätt volym, m ³ s	990
Terrängtransportavstånd, m	350

Maskiner

Beståndet avverkades med en Valmet 701 med EnHar-aggregat och påmonterad klämbanke. Skotningen gjordes med en äldre Mini Brunett med gripsåg. Skotaren hade plåt påmonterad på båda sidorna av lastutrymmet.



Figur 7.
Valmet 701 med EnHar-aggregat.

Metod

Den metod som användes var stickvägsupptag med 40–50 m stickvägsavstånd. Däremellan togs stråk upp med fiskbensmönster. Mellan stråken var det två kranlängder eller ca 10 m. Träden från stråken samlades i en klämbanke och lunnades ut till stickvägskant.



Figur 8.
Valmet 701 lunnar.

Prestation och kostnader

Prestationen bedömdes till ca 80 träd/G₁₅-timme, vilket är väldigt lågt.

Kostnaderna som redovisas är från det första objektet denna entreprenör körde. Det måste tas med i beaktande att en viss inkörningstid krävs för att komma upp i prestation, varför resultat vid kommande avverkningar torde bli bättre. Kostnaden blev ca 5 000 kr/ha. Motsvarande röjningskostnad med motorsåg eller röjsåg bedömdes till 3 000 – 4 000 kr/ha.

Tabell 14.
Kostnader för avverkning, uttransport och flisning, 990 m³s

Åtgärd		
Kostnad		
Valmet 701 med EnHar, kr	(128 G ₁₅ à 515 kr)	66 000
Skotning 350 m med gripsåg, kr	(26,30 kr/m ³ s, 10 m ³ s/lass)	26 000
Flytt, kr		2 400
Flisning vid bilväg	(31 kr/m ³ s inkl. flytt)	30 700
Totala kostnader		125 100
Kostnad per m ³ s, kr/m ³ s		126,40
Intäkt	(990 m ³ s à 78 kr fritt bilväg)	77 200
Netto kostnad, kr		47 880
Netto kostnad per hektar, kr/ha		5 000

Uppföljning 2

Beståndsförutsättningar

Beståndet var ett eftersatt blandbestånd av tall och björk. Uttaget fördelade sig på 70 % tall och 30 % löv. Medelstammen bedömdes till $<0,04 \text{ m}^3/\text{ub}$ (tabell 15). Arealen var 8 ha och uttaget var ca $73 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Tabell 15.
Beståndsförutsättningar

Areal, ha	8
Bedömd medelstam, m^3/ub	$<0,04$
Total inmätt volym, m^3/s	586
Terrängtransportavstånd, m	250

Maskiner

Beståndet avverkades med en Valmet 701 med EnHar-aggregat och påmonterad klämbanke. Skotningen gjordes med en äldre Mini Brunett med gripsåg. Skotaren hade plåt påmonterad på båda sidorna av lastutrymmet.

Metod

Den metod som användes var stickvägsupptag med 25 m stickvägsavstånd. Mittemellan stickvägarna togs ett stråk upp. Först avverkades träden från stickvägen och lades med rotändan ut mot stickvägen. Därefter togs mittenstråket upp. Träden från stråket avverkades och lades med topparna ut mot stickvägen.

Kostnader

Kostnaderna som redovisas är från det andra objektet denna entreprenör körde. Det måste tas med i beaktande att en viss inkörningstid krävs för att komma upp i prestation, varför resultat vid kommande avverkningar på sikt torde bli bättre. Kostnaden blev drygt 5 800 kr/ha. Motsvarande röjningskostnad med motorsåg eller röjsåg bedömdes till 2 500 – 3 500 kr/ha.

Tabell 16.
Kostnader för avverkning, uttransport och flisning, 586 m^3/s .

Åtgärd		
Kostnad		
Valmet 701 med EnHar, kr	(104,5 G ₁₅ à 500 kr)	52 250
Skotning 350 m med gripsåg, kr	(72 lass à 360 kr)	19 800
Flisningskostnad	(31 kr/ m^3/s inkl. flytt)	18 166
Flytt, kr		2 100
Totala kostnader		92 316
Kostnad per m^3/s , kr/ m^3/s		158
Intäkt	(586 m^3/s à 78 kr fritt bilväg)	45 708
Netto kostnad, kr		46 608
Netto kostnad per hektar, kr/ha		5 826

Diskussion

Tidigare studier

Terri 2000 med EnHar-aggregat

1997 studerades en Terri 2000 med ett EnHar-aggregat, (Gullberg m.fl., 1997). Den arbetsmetod som användes var att ta upp ett glest stickvägsnät varifrån stråk gjordes vinkelrätt in i beståndet. Träd fälldes då stråket togs upp och lades åt sidan. Då maskinen var längst in i stråket påbörjades avverkningen och uppsamlingen av träden i klämbanken. Maskinen arbetade sig successivt ut mot stickvägen och lade av trädbunten där. Stråkets längd var den sträcka som bedömdes ge fullt lass. Utkörningen beräknades utföras med skotare.

Medeldiametern var vid björkavverkningen mellan 4,0 och 4,9 cm. Prestationen varierade mellan 128 och 246 träd/G₀-timme, eller 0,64 och 1,04 ton TS per G₀-timme. Enträdshantering med aggregatet visade genomgående på lägre prestationer.

Skadenivån på kvarstående stammar var hög. Hela 18,2 % av antalet kvarstående träd var skadade. Aggregat och fällsåg var de dominerade skadeorsakerna. Kostnaden för avverkning och sammanföring till högar vid stickvägskant uppskattades, baserade på systemkostanden 400 kr/G₁₅-timme i denna studie. Vid en medeldiameter på 5,0 cm blev kostnaden ca 770 kr/ton

Vid ett virkesvärde vid stickvägskant på 250 kr/ton TS skulle det med uppmätt prestation krävas en medelstamvolym på drygt 30 dm³f biom för att täcka kostnaden för åtgärden. Beräkningen baseras på en skotningskostnad på 100 kr/ton TS.

Lillebror 0470 med EnHar-aggregat

Högskolan i Dalarna har publicerat en rapport om uttag av bränsle i klen skog med en portalförhöjd Lillebror 0470 med EnHar-aggregat och parallellförd vikarskran med 5,5 m räckvidd (Gullberg m.fl., 1999). Denna studie liknar SkogForsks studie från 1998. Prestationsnivåerna avviker inte nämnvärt. Dessutom noterades även i högskolans studie en stor utvecklingspotential av teknik och metod.

Två arbetsmetoder undersöktes. I den ena metoden arbetade maskinen längs en stickväg enligt samma princip som normalt används vid arbete med gallringsskördare, med träden inom räckhåll för kranen. Träden lades i högar ut efter stickvägen. Därefter transporterades de ut med konventionell skotare.

Den andra metoden innebar att 10–15 m långa stråk lades fiskbensmönstrat eller vinkelrätt ut från stickvägen. Maskinen backade in, varefter vägträden fälldes och lades på ömse sidor om vägen. De sist avverkade vägträden lades direkt i klämbanken. Vid insticket slut började avverkningen mellan insticken och maskinen arbetade sig successivt ut mot stickvägen. De avverkade träden lades i klämbanken och bunten lossades vid stickvägskant. Även de tidigare avverkade och nedlagda träden i insticket lades efterhand i klämbanken. Trädhögarna transporterades ut med en Mini Brunett skotare. I samband med last-

ning av det grövre virket så kapades det med motorsåg för att underlätta hantering och terrängtransport.

Medeldiametern i bestånden varierade mellan 3,8 och 4,6 cm, eller 1,57 och 4,57 ton TS. Antal hanterade träd per krancykel var mellan 4,11 och 4,65 vid flerträdshantering. Den genomsnittliga prestationen var mellan 174 och 257 träd/G₀-timme eller mellan 1,00 – 1,45 ton TS/G₀-timme.

Någon skadenivå för hela beståndet redovisades inte, men den mest förekommande skadeorsaken var hjulskador (0–29 %), aggregatskador (27–100 %) och trädhantering (0–25 %). Motsvarande skadetyper var barkfläkning (44–86 %), lutande träd (0–25 %) och vedskada (8–29 %). Skadestorleken är andel av totala antalet skador i beståndet.

Någon ekonomisk analys finns inte i skrivande stund.

Denna studie

Studieresultaten visar att lönsamheten i dag inte är tillfredsställande vid uttag av bränsle i klen skog. Det finns emellertid en potential för teknik och metod att utvecklas till ett ekonomiskt intressant alternativ.

Maskinvalet, en beståndsgående skördare med EnHar-aggregat, är inte det enda alternativet. Man kan t.ex. utgå från en annan basmaskin. De alternativ som finns är dels mellanstor stickvägsgående engreppsskördare, dels mellanstor skotare.

I del 1 av detta projekt med Stora Skog AB gjordes beräkningar på alternativet Timberjack 870 stickvägsgående skördare. Det alternativet innebär en högre maskinkostnad och ett tätare stickvägsnät. Alternativet med skotare som basmaskin har ännu inte studerats. Det alternativet kan liknas vid en drivare i klen gallringsröjning. Under 1999 kommer en studie med denna typ av maskin att genomföras i bokskogsröjning av SkogForsk med Sydved Energileveranser som värd företag.

EnHar är inte det enda aggregatet som kan komma i fråga i uttag av klena träd. Allan Bruks Beaver 250 är ett relativt nytt flerträdshanterande aggregat som konkurrerar i samma klass som EnHar. Någon studie på det aggregatet är inte gjord ännu, men en prestationsjämförelse är planerad att göras i SkogForsks regi under vintern–våren 1999. Silvatec är också ett flerträdshanterande aggregat i samma klass. SkogForsk gjorde en studie 1995 i ett grandominerat bestånd (Pedersen). Medeldiametern var 8,7 cm och medelstammen 0,033 m³fub. Prestationen vid användande av stickvägsgående maskin och 18 m stickvägsavstånd var drygt 230 träd/G₀-timme eller 199 träd/G₁₅-timme. Den totala drivningskostnaden blev 147 kr/m³fub. Bror Hult FGS 500 B är ytterligare ett flerträdshanterande aggregat, men detta är ämnat framför allt för lite grövre stammar. Avskiljningen sker här med såg. SkogForsk genomförde en studie av aggregatet i ett grandominerande bestånd och ett blandbestånd med stort inslag av björk (Nordén 1998). Vid flerträdshantering blev prestationen i granbeståndet 115 träd/G₀-timme. Medeldiametern var 12 cm, vilket motsvarar en medelstamvolym på 0,054 – 0,060 m³fub. Motsvarande prestation i blandbeståndet

var 195 träd/ G_0 -timme. Medeldiametern var 10,5 cm och motsvarar en medelstamvolym på 0,032 – 0,034 m³fub.

Uttransport och flisning kan göras på olika sätt. Alternativet stickvägsgående flisare är ett relativt billigt sätt att flisa träden. Emellertid innebär det en stor andel körning med tung maskin på orisade stickvägar. Utskotning av träden kan fungera bra om inte trädlängden är för stor. Vid en lång medellängd på träden är de svåra att lasta och kan skava mot kvarvarande träd vid lastning och transport. Man kan lösa detta problem genom att använda sig av gripsågs-skotare. Kostnaden blir emellertid högre i det fallet. Uttransport då en s.k. drivare används i avverkningen sker då fullt lass avverkats och lastats i bäraren. Det innebär att längden stickvägskörning minskar jämfört med ett tvåmaskinsystem (Hallonborg, 1998). Det har även varit intressant ur ekonomisk synvinkel att bara flytta en maskin när objekten är små.

Metoden för uttag av klena träd i eftersatt röjning kan varieras efter bestånds-förutsättningar och efter den maskinpark man har tillgänglig. En metod där man strävar efter dubbla stickvägsavstånd (40–50 m) och via instick avverkar och lunnar ut träden, kan innebära en lägre totalprestation p.g.a. att avverkning och körning i beståndet kan ta längre tid än avverkning från stickväg. Problem kan också uppstå med överfull lunningsgrip om stamtätheten är stor mellan stickvägarna.

Avverkning endast från stickväg innebär att man måste ha en stadig maskin med en relativt lång kran, helst över 9 m, för att få ett acceptabelt stickvägsavstånd i beståndet och för att möjliggöra flerträdshantering. Denna typen av avverkning kan vara effektiv och lätthanterlig. Stickvägsandelen blir däremot större jämfört med alternativen med beståndsgående maskiner kombinerat med instick.

I bestånd med eftersatt skötsel skulle även uttagsmönstret kunna vara mer schematiskt och distinkt än vad det var vid studien. Det rör sig om att göra det bästa av ett redan oskött bestånd, där kvalitetsförluster redan uppstått. Det viktigaste är inte att göra ett exakt rätt trädval, utan snarare att överhuvudtaget göra en utglesning för att gynna kvarvarande bestånd. Vid en mer schematisk och distinkt avverkningsmetod kan prestationen hållas hög och kostnaden lägre.

Avslutningsvis skall understrykas att denna teknikutveckling inte rättfärdigar en eftersatt skötsel i röjungskogen. Tekniken måste ses som ett hjälpmedel för att åtgärda ett, ur kvalitetssynvinkel och ekonomisk synvinkel, redan eftersatt bestånd. Tekniken kan också användas som ett avverkningsalternativ vid avveckling av lågskärm i ett skötselprogram för ungskog. För att vara ekonomiskt gångbar även vid mycket klen diameter (5 cm) måste dock tekniken och metoderna utvecklas ytterligare, så att prestationen kan komma upp emot 250 st/ G_{15} eller mer i klena bestånd.

Referenser

- Gullberg, T., Johansson & J. Liss, J.-E. 1997. Pilotstudie av skogsbränsleuttag med flerträdshanterande fälldon i klen skog. SLU. Institutionen för skogsteknik. Arbetsdokument nr 2.
- Gullberg, T., Johansson J. & Liss, J.-E. 1998. Studie av system EnHar vid uttag av skogsenergi i unga bestånd. – Hamrestudien. Högskolan i Dalarna, Skogsindustriella institutionen. Arbetsdokument nr 9.
- Hallonborg, U. 1998. Drivare – En analys av maskiner för avverkning och transport. SkogForsk. Arbetsrapport nr 392.
- Marklund, LG. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. SLU. Rapporter – Skog. Rapport nr 45.
- Thor, M. 1996. Chipset 536 C stickvägsgående flisare – tidsstudie och systemanalys. SkogForsk. Stencil 1996-10-02.

Momentindelning

Moment	Momentbeskrivning
Kran ut	Börjar när maskinen stannat på ny uppställningsplats, eller då kranrörelsen börjar mot det första trädet i en krancykel. Slutar när aggregatet sluter om det första trädet som klipps i en krancykel.
Klipp	Momentet börjar när kran ut slutar. Det innefattar positionering av aggregat, avskiljning och förflyttning till eventuellt nytt träd. Momentet slutar när kniven klippt igenom det sista trädet i fällningscykeln.
Kran in	Momentet börjar när klipp slutar. Det slutar när antingen nedläggning, klämbanke eller lastning tar vid.
Nedläggning	Momentet börjar när kran in slutar. Det slutar när träden släpps ur aggregatet. Detta moment används framför allt då träden läggs ner på backen för att senare lastas eller då träden läggs direkt i vältan vid stickvägen.
Klämbanke	Momentet börjar när kran in slutar. Det slutar när träden släpps ur aggregatet och läggs i klämbanken.
Lastning	Momentet börjar när maskinen stannat på en ny uppställningsplats eller efter klämbanke. Det slutar när de redan fällda träden grips av aggregatet. Detta moment används framför allt då träden som lagts vid stråkkanten skall lastas.
Lunning	Momentet börjar när klämbanke slutar och då klämbanken sluts. Det slutar när maskinen lunnat virket till nästa uppställningsplats och hjulen stannat.
Körning	Momentet innebär flyttning av maskinen i beståndet, företrädesvis på stickvägen. Det börjar normalt efter nedläggning av träden. Momentet slutar när kran ut börjar.
Lossning	Momentet börjar när lastning slutar. Det slutar när träden släpps ur aggregatet för att läggas i klämbanken eller i högen vid stickvägskanten.
Övrig verktid	Tid som ingår i normalt arbete, men som inte kan hänvisas till något av ovanstående moment. Exempelvis risrensning och trädval/rekognoscering.