

# ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 680 2009



## Jämförande studie av olika metoder för skogsbränsleuttag

METODSTUDIE – UTTAG AV MASSAVED, HELTRÄD, KOMBINERAT UTTAG SAMT KNÄCKVISTNING I TALLDOMINERAT BESTÅND, SVEASKOG, ASKERSUND

Maria Iwarsson Wide

---

Ämnesord: Energigallring, flerträdshantering, klenträäd, knäckkvistning, skogsbränsle.

## **SKOGFORSK**

### **– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut**

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar 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.

### **FORSKNING OCH UTVECKLING**

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### **UPPDRAG**

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### **KUNSKAPSFÖRMEDLING**

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

## Innehåll

Sammanfattning.....	2
Introduktion.....	3
Mål och syfte.....	3
Material och metod.....	4
Genomförande.....	4
Aggregatet Log Max 4000b.....	4
Basmaskin och förare.....	5
Studievärd, tid och väder.....	6
Bestånd.....	6
Inmätning.....	7
Tidstudie.....	8
Studieled.....	8
Resultat.....	9
Avverkning.....	9
Grundtider och prestationer.....	9
Ackumulering.....	10
Skotning.....	10
Beståndet efter gallring.....	11
Diskussion.....	12
Avverkning.....	12
Helträdsuttag.....	12
Skogsbränsleuttag med knäckkvistning.....	13
Massaved – klengallring.....	13
Kombinerat uttag av massaved och skogsbränsle.....	14
Kostnads- och intäktskalkyler.....	15
Slutsatser.....	17
Referens.....	17
Bilaga 1 Momentindelning, helträdsuttag.....	19
Bilaga 2 Momentindelning, massavedsuttag och knäckkvistning.....	21
Bilaga 3 Omvandlingstal skogsbränsle.....	23

## Sammanfattning

Kostnaden för avverkning i klenkog varierar kraftigt beroende på diameter, medelhöjd, underväxt, antal stammar per hektar, m.m. I denna studie har prestationen hos Log Max 4000B med ackumuleringsutrustning studerats vid fyra olika uttagsmetoder av skogsbränsle och massaved.

Studien genomfördes i ett klenare tallgallringsbestånd på Sveaskogs marker nära Askersund. Beståndet var ca 25 år, ståndortsindex T23–T21. Terrängen var något kuperat och det fanns relativt mycket sten och block i vissa delar.

Vid helträdsuttag avverkas träden med flerträdshantering, hanteras i knippen och sedan skotas ut. Detta innebar en enkel avverkning, men ibland var det svårt att få ned trädbuntarna. Vid bränsleuttag med knäckkvistning avverkas stammarna genom flerträdshantering i fällningen och knäckkvistas vid nedläggning och tillredning av knippen. Kvistningen medförde ett extra arbetsmoment i fällningen men underlättade samtidigt nedläggningen av materialet. Samtidigt effektiviserades skotningen då materialet blev kompaktare.

Vid massavedsuttag avverkades med konventionell avverkning där endast de stammar som innehåller massaved upparbetas. De klenare stammarna röjs och läggs i stickvägen. Kombinerat uttag av massaved och skogsbränsle innebär en dyrare hantering, men ger ett effektivt tillvaratagande av materialet.

Tabell 1.  
Polymer, prestationer, kostnader och intäkter i de olika studieleden.

	Helträdsuttag	Knäckkvistning	Massaved	Kombinerat uttag Energi / Massaved
<b>PRESTATION</b>				
Träd/G <sub>0</sub> -h	166	203	189	178
Antal träd/krancykel	1,46	1,76	1,46	1,42
ton TS per träd	0,017	0,017	0,017	0,016
Avverkning ton TS / m <sup>3</sup> fub per G <sub>0</sub> -h	2,75	3,47	3,87	1,62 / 5,11
Skotning ton TS / m <sup>3</sup> fub per G <sub>0</sub> -h	2,69	3,81	8,81	3,4 / 6,23
Avverkat ton TS / m <sup>3</sup> fub per ha	24,0	25,3	(m <sup>3</sup> fub) 28,0	21,6
<b>KOSTNAD</b>				
Avverkning kr/ha	8 980	7 490	7 440	7 300
Skotning kr/ha	5 600	4 050	2 110	2 730
<b>INTÄKTER &amp; NETTO</b>				
Intäkter kr/ha	16 590	16 970	9 510	9 586
Kostnad flisning kr/ha	4 030	3 250		1 430
Kostnad för transport 7,5 mil	2 520	2 030	1 960	1 660
<b>TOTALT NETTO kr/ha</b>	<b>-4 550</b>	<b>150</b>	<b>-2 010</b>	<b>-3 540</b>

I normalfallet är utfallet 25–35 ton torrsbstans, vilket möjligen visar på ett uttag strax under det vanliga vid skogsbränsleuttag. Uttaget av massaved var 28 m<sup>3</sup>fub, d.v.s. ett normalt stort uttag vid förstagallring.

I denna studie var det mest lönsamt att ta ut skogsbränsle med knäckkvistningsmetoden, men det beror förstås av priset för de respektive sortimenten vid plats och tillfälle för avverkningen.

I det fall man vill ta ut skogsbränsle med ett aggregat med matarhjul görs det effektivare med en metod där stammarna matas ut, och där kvistarna knäcks till något. Dels blir avverkningen effektivare, dels blir skotningen effektivare eftersom man får på en större lassvikt om kvistarna knäckts till vid avverkningen.

Resultaten i denna studie tyder på att uttagsmetoden är avgörande för ekonomin i avverkningen. Resultaten visar även på vikten av att kunna definiera under vilka förutsättningar respektive metod är lämplig. Valet påverkas framför allt av priserna för respektive sortiment, massaved och skogsbränsle och av transportavstånden.

## Introduktion

Förhoppningarna om att kunna öka biobränslets andel av energiproduktionen baseras i hög grad på ett ökat uttag av primära skogsbränslen. Klenträdd uppskattas ha en bränslepotential på ca 5–10 TWh/år. Det finns i dag flera olika koncept som syftar till ett effektivare tillvaratagande av skogsbränsle i gallring, ungskogsröjning samt i s.k. infrastrukturobjekt. I dag tillvaratas praktiskt taget inget bränsle klena bestånd, främst pga. dålig lönsamhet. För att möjliggöra denna potential är det av stor vikt att utveckla teknik och metoder för flerträdsavverkning.

Att hålla sig uppdaterad avseende teknik och metoder för avverkning av klenträdd innebär en ständigt pågående systemanalys. Under de senaste åren har ett stort antal aggregat för klenträdsavskiljning kommit ut på marknaden och flera är under utveckling. Dessutom finns ett antal mer eller mindre beprövade metoder för avverkning i klena bestånd samt i s.k. infrastrukturobjekt.

Många av de svenska teknik- och metodstudier som är gjorda börjar vara inaktuella och gjordes till stor del på aggregat som inte används i dag. Även om tekniken i många avseenden är den samma som i början av 1990-talet så har aggregaten utvecklats, och framförallt har användningsområdena utvidgats och förändrats, vilket gör det svårt att dra rättvisande paralleller och göra jämförelser.

För att kunna komma vidare i denna utveckling, och därmed på sikt förbättra ekonomin i dessa objekt, måste dagens teknik studeras och dess utvecklingspotential bedömas.

## Mål och syfte

Studien skall leverera data om avverkning med Logmax 4000B med flerträds-hanterande tilläggsutrustning till systemanalys avseende tekniker och metoder för avverkning av klenträdd och ge en bild av aggregatets och metodernas prestation. Studien skall även ge en bild av kostnader och intäkter vid fyra olika uttagsmetoder i klen gallring; massaved, kombinerat uttag energi/massaved, helträdsuttag samt knäckkvistat energisortiment.

1. Att genom studien kartlägga och sammanställa aktuella prestationer samt uppskatta möjlig prestationspotential vid utnyttjande av Log Max med flerträdshanterande tilläggsutrustning.
2. Jämföra prestation, utfall och kostnader vid fyra olika metoder och uttag i klen gallring.
3. Att sammanställa praktiska möjligheter, begränsningar och utvecklingsbehov avseende Log Max 4000B.

## Material och metod

### GENOMFÖRANDE

#### Aggregatet Log Max 4000b

Log Max har utvecklat en ackumuleringsutrustning som kan eftermonteras på befintliga Log Max-aggregat. Med hjälp av ackumuleringsutrustningen kan aggregatet användas som kombinationsaggregat, både för konventionell avverkning såväl som för flerträdshantering av eftersatta objekt eller ren energiskog.



Figur 1.  
Log Max 4000B med eftermonterad tilläggsutrustning för flerträdshantering.

#### Tekniska data

Akkumuleringsutrustningen är tillgänglig för aggregaten Log Max 4000B, Log Max 5000, Log Max 6000 och Log Max 7000.

Akkumuleringsenheten öppnar större än aggregatets maxöppning, vilket underlättar ackumulering av krokiga träd.

Tabell 2.  
Tekniska data för Log Max ackumuleringsutrustning.

Log Max 4000B	Log Max 5000	Log Max 6000/7000
Min öppning 30 mm	Min öppning 56 mm	Min öppning 87 mm
Max öppning 552 mm	Max öppning 700 mm	Max öppning 850 mm
Vikt 60 kg	Vikt 128 kg	Vikt 78 kg

Log Max ackumuleringsutrustning kan köras med styrsystemen Log Mate 402, Motomit, CabsWin, Valmet Maxi, John Deere TM300/3000 och Dasa 380.

### Övriga kommentarer

Entreprenörer rekommenderas att köpa ett av Logmax-aggregaten och sedan eftermontera ackumuleringsutrustningen. På detta sätt blir skördaren även mer flexibel, då samma entreprenör kan köra både konventionell massavverkningsutrustning som klenare objekt med energivedsuttag.

### Basmaskin och förare

Avverkningen kördes av David Hedlund, Hällebo Skog. Basmaskinen är en stickvägsgående skördare, Timberjack 1270B, årsmodell 1999 med 11,8 meter parallellförd kran, och Log Max 4000B med flerträdshanterade tilläggsutrustning.



Figur 2.  
Timberjack 1270B, skördaren som användes i studien.

Skotningen utfördes av en underentreprenör, K-G Karlsson med en Timberjack 810 D, årsmodell 2004, med en 8-meterskran med dubbelutskjut. Skotaren var vid studien utrustad med en kranvåg Intermercato, och varje skotarlass vägdes, grip för grip vid lossningen.



Figur 3.  
Skotning av knäckkvistad energived med Timberjack 810D.

### Studievärd, tid och väder

Studien genomfördes på Sveaskogs marker nära Askersund, ca 4 kilometer nordöst om Godegård. Jan Björk, produktionsledare i Askersundsområdet, var kontaktperson för Sveaskog.

Avverkningarna utfördes under april och juni 2008 och skotningen gjordes i direkt anslutning till avverkningen. I april var det omväxlande soligt och temperaturen låg kring 10 grader. Vädret i juni var soligt och temperaturen var ca 20 grader.

### Bestånd

Studien genomfördes i ett klenare tallgallringsbestånd. Beståndet var ca 25 år, ståndortsindex T23–T21. Terrängen var något kuperat och relativt mycket sten och block i vissa delar. Beståndet var röjt 1–2 gånger tidigare och innan försöket hade även en siktröjning utförts för att underlätta arbetet för skördaren. Totalt studerades ca 0,5 ha per studieled.

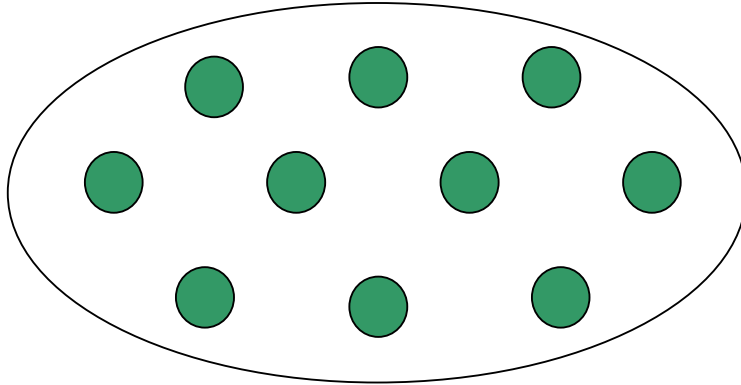
Tabell 3.  
Beskrivning av beståndet före gallring. Delområdet för knäckkvistning skiljde sig något från övriga områden och redovisas därför separat.

	Vitabergen	Knäckkvistning
Stamantal före gallring (st/ha)	2 590	2 820
Torrsubstans före gallring (Ton TS/ha)	53,62	58,83
Dbh genomsnitt före gallring	9,2	9,4
Höjd genomsnitt före gallring	8,5	8,5
kg TS per träd före gallring	0,021	0,021
T / G / L, % TS	87 / 5 / 8	87 / 11 / 2



## Inmätning

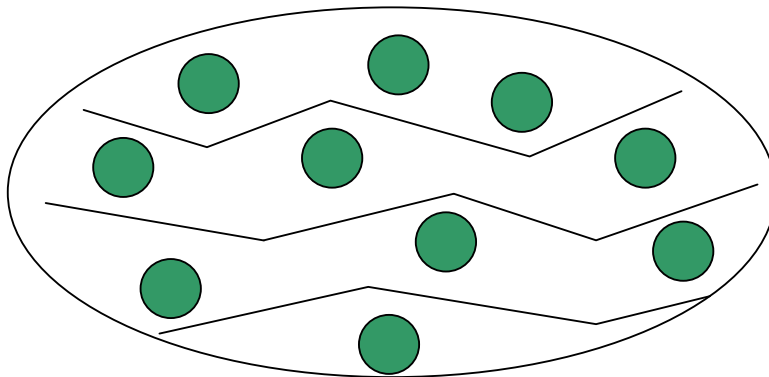
Innan studien påbörjades lades provvytor ut slumpmässigt, med en radie på 5,64 meter. I provvytorna klavades samtliga stammar, diametrar och trädslag registrerades med dataklave. Höjder och grundtytor mättes och noterades. För att få fram en höjdkurva kompletterades höjdmätningarna så att samtliga diametrar fanns representerade i materialet. Speciella data om markförhållanden eller annat noterades i de fall det var motiverat.



Figur 4.  
Utläggning av provvytor före skogsbränsleuttag.

Efter genomfört skogsbränsleuttag lades nya provvytor ut i beståndet mellan stickvägarna. I provvytorna klavades samtliga stammar, diameter och trädslag noteras. Grundytan beräknades. Dessutom registrerades stickvägslängd, -bredd och gallringsdjup, utifrån vilka stickvägsareal och stickvägsandel beräknades.

Stickvägsbredden bestäms genom att längs en 10-meters sträcka mäta avståndet mellan de träd som närmast stickvägskant på vardera sidan av stickvägen. Gallringsdjupet bestäms genom att mäta avståndet från stickvägsmitt till yttersta stubbe avverkad från respektive stickväg.



Figur 5.  
Utläggning av provvytor efter skogsbränsleuttag.

## **Tidstudie**

När provytorna var inmätta påbörjades tidsstudien, se bifogad momentbeskrivning. Under avverkningsstudien noterades förutom tidsåtgång för varje moment även trädens diameter och trädslag. Dessa uppgifter låg sedan till grund för volymsuppskattningarna, vilka gjordes enligt Marklunds funktioner.

Varje studieled omfattade en stickväg på ca 150 meter vardera. Tidsstudierna gjordes som cmin-studier med en Allegro dator/datasamlare med tidsstudieprogrammet S'TS. Momentindelningen framgår av bilaga 1. Studieleden avseende avverkning studerades av Mia Iwarsson Wide, Skogforsk.

Skotningen tidsstuderades vid två olika studietillfällen. Skotaren var då utrustad med en kranvåg Intermercato. Varje skotarlass vägdes gripvis, vid lossningen. Skotningsavstånden registrerades. Skotningen studerades av Berndt Nordén, Skogforsk, respektive Mia Iwarsson Wide, Skogforsk.

## **Studieled**

### **Helträdsuttag**

Uttag av hela stammar som avverkas med flerträdshantering, hanteras i knippen och sedan skotas ut.

### **Skogsbränsleuttag med knäckkvistning**

Uttag i form av skogsbränsle, d.v.s. ingen massaved tas ut. Stammarna avverkas genom flerträdshantering i fällningen och knäckkvistas vid nedläggning och tillredning av knippen.

### **Massaved – klengallring**

Konventionell avverkning där endast de stammar som innehåller massaved upparbetas. De klenare stammarna röjs och läggs i stickvägen.

### **Kombinerat uttag av massaved och skogsbränsle**

Kombinerat uttag av massaved och skogsbränsle. Stammarna flerträdshanteras i möjligaste mån, massaveden och biomassan läggs i separata högar, s.k. integrerat uttag enligt tvåhögsmodellen, (Kärhä, 2008). Då det är möjligt läggs topparna till skogsbränsle och kvistarna i stickväg. Skotning utförs i två omgångar av de olika sortimenten.

# Resultat

## AVVERKNING

### Grundtider och prestationer

Den genomsnittliga stamvolymen i uttaget varierade mellan 0,016 och 0,017 ton TS/träd. Uttaget låg mellan 21,6 och 25,3 ton TS per hektar.

I studieledet knäckkvistning, avverkades 203 träd per timme medan motsvarande prestation vid helträdsuttag var 166 träd, vid kombinerat uttag 173 och vid massavedsuttag 188 träd per timme.

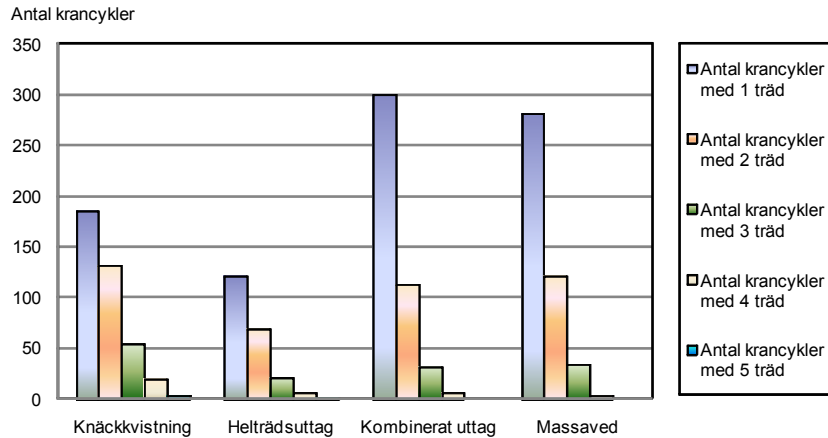
Produktiviteten i de olika studieleden var 3,47 respektive 2,75 ton TS per timme vid knäckkvistning respektive helträdsuttag och 3,87 m<sup>3</sup>fub vid massavedsuttag. Vid massaveduttaget röjdes även en del stammar som lämnades kvar i beståndet, varför prestationen är något missvisande låg.

Tabell 4.  
Grundtider och prestationer i de olika studieleden.

	Helträdsuttag	Knäckkvistning	Massaved	Kombinerat uttag
				Energi / Massaved
Kran ut	3 365	5 473	5 969	7 045
Gripa	2 160	4 108	2 755	2 707
Klippa	804	1 405	1 281	1 233
Sväng	2 762	3 609	3 145	4 132
Kvista		2 098	1 887	2 595
Kapa		1 014	901	1 612
Lägga	805	1 403	1 219	600
Flytt mellan uppställningar	815	1 464	2 261	1 523
Röjning	114	238	330	187
Fastfällning	18	0	0	0
Övrig verktid	1 718	136	640	507
Stöming	77	2 841	2 276	2 309
Total studietid	12 561	20 948	20 388	22 141
Antal krancykler	237	404	440	450
Totalt antal avverkade träd	347	710	642	640
Avverkad volym ton TS / m <sup>3</sup> fub	5,75	12,12	13,14	4,19 / 5,66
Antal träd/krancykel	1,46	1,76	1,46	1,42
cmin/krancykel	53	52	46	49
cmin/träd	36,2	29,5	31,8	34,6
Ton TS / m <sup>3</sup> fub per träd i uttaget	0,017	0,017	0,020	0,010 / 0,028
<b>PRESTATION</b>				
Träd/G <sub>0</sub> -h	165,8	203,4	188,9	177,7
Avverkning ton TS / m <sup>3</sup> fub per G <sub>0</sub> -h	2,75	3,47	3,87	1,62 / 5,11
Avverkning ton TS / m <sup>3</sup> fub per G <sub>15</sub> -h	2,33	2,95	3,29	1,38 / 4,35
Skotning ton TS / m <sup>3</sup> fub per G <sub>15</sub> -h	2,29	3,24	8,61	2,89 / 5,32
Uppskattad areal (ha)	0,24	0,48	0,47	0,52
Avverkat ton TS / m <sup>3</sup> fub per ha	24,0	25,3 (m <sup>3</sup> fub)	28,0	21,6
Skotat ton TS / m <sup>3</sup> fub per ha	22,7	23,2	27,4	15,1 / 13,4

## Akkumulering

Antal avverkat träd per krancykel varierade från 1,42 stammar i kombinerat uttag upp till 1,76 träd per krancykel vid skogsbränsleuttag med knäckkvistning. Av figur 6 framgår under hur många krancykler olika antal träd ackumulerades i de olika studieleden.



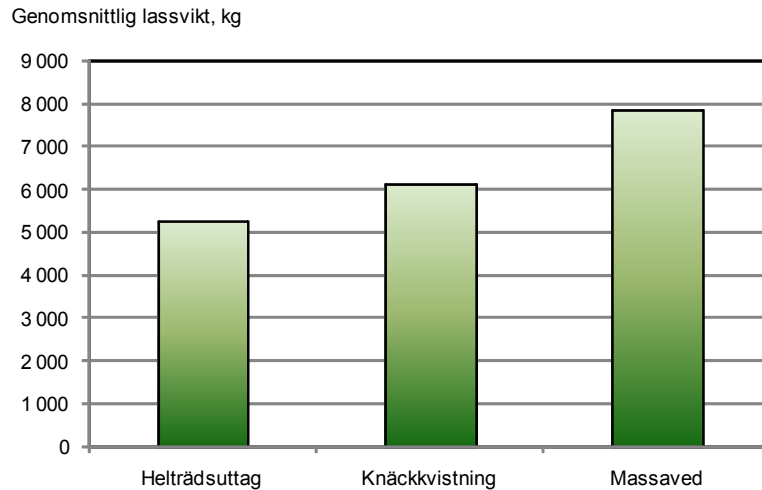
Figur 6.  
Fördelningen av antal ackumulerade träd per krancykel.

## SKOTNING

Produktiviteten vid skotning varierade från 2,29 ton TS/G<sub>15</sub>-timme för helträdsuttag till 7,48 m<sup>3</sup>fub vid massavedsuttag. De genomsnittliga lassvikterna varierade mellan 5 262 kg och 8 699 kg.

Tabell 5.  
Grundtider och prestationer vid skotning.

	Helträdsuttag	Knäckkvistning	Massaved	Kombinerat uttag
Antal lass	2,3	3,5	1,8	2,25 / 0,75
Genomsnittlig lassvikt (kg)	5 262	6 125	7 860	6 359 / 8 699
Totala skotade volymer				
volym ton råvikt	12,10	21,44	14,15	20,4
Ton TS	5,45	11,15	6,38	7,87
m <sup>3</sup> fub			12,9	7,0
<b>PRESTATION</b>				
m <sup>3</sup> fub/G <sub>15</sub> -h			7,48	5,32
Ton TS/G <sub>15</sub> -h	2,29	3,24	3,88	2,89



Figur 7.  
Genomsnittlig lassvikt i respektive studieled.

I figur 7 framgår hur den genomsnittliga lastvikten varierade beroende av sortimentet. Jämför man utnyttjandegraden av skotarens lastkapacitet och sätter den till 100 då man skotar massaved, så ligger utnyttjandegraden på 78 % för det knäckkvistade materialet och på 67 % för helträd. För skotarföraren vänja sig vid sortimentet bedöms utnyttjandegraden kunna hamna uppemot 85–90 %.

## BESTÅNDET EFTER GALLRING

Uttaget varierade från 21,6 till 25,3 ton torrsubbans per hektar, och var högst i studieledet med knäckkvistning.



Figur 8.  
Bild av beståndet efter gallringsåtgärden.

Gallringsstyrkan räknat på antal träd var 52 % i samtliga studieled utom vid helträdsuttaget, där gallringsstyrkan var 55 %. Gallringsstyrkan uttryckt som volym var lägre jämfört med gallringsstyrkan räknat på antal träd, vilket visar på att man i första hand tagit ut träd som är klenare än beståndets medelstam. Se tabell 6 nedan.

Tabell 6.  
Beskrivning av beståndet efter skogsbränsleuttag respektive gallring med massavedsuttag.

	Helträdsuttag	Knäckkvistning	Massaved	Kombinerat uttag
Uttag (st/ha)	1 415	1 480	1 350	1 340
Uttag Torrsubstans (Ton TS/ha)	24	25,3	22,5	21,6
Dbh genomsnitt i uttag	7,5	8	8,3	6,8
Höjd genomsnitt i uttag	8,1	8,3	8,4	7,9
kg TS per träd i uttaget	0,017	0,017	0,017	0,016
T,G,L, % TS	79 / 20 / 1	77 / 17 / 6	90 / 8 / 2	95 / 4 / 1
Stamantal efter gallring (st/ha)	1 270	1 340	1 650	1 300
Torrsubstans efter gallring (Ton TS/ha)	24,1	30,9	28,05	28,6
Dbh genomsnitt efter gallring	9	10,1	8,5	9,7
kg TS per träd efter gallring	0,019	0,023	0,017	0,022
T,G,L, % TS	95 / 4 / 1	96 / 2 / 2	93 / 3 / 4	99 / 0 / 2
Gallringsstyrka, träd (%)	55	52	52	52
Gallringsstyrka, volym (%)	45	43	42	40
Gallringsdjup (m)	8,3	10,3	8,5	10,2
Stickvägsbredd (m)	3,9	4,2	3,95	3,9
Stickvägsandel (%)	23,7	20,2	23,1	19

Stickvägsbredden var störst vid skogsbränsleuttag med knäckkvistning, 4,1 meter, jämfört med 3,9 i de övriga fallen. Gallringsdjupet, d.v.s. längsta utlägg från stickvägsnitt, var dryga 10 meter vid knäckkvistning och kombinerat uttag, men endast ca 8,5 meter i de övriga fallen. Detta beror troligen delvis på att terrängen var mindre kuperad på ytan för knäckkvistning än för övriga studieled.

## Diskussion

### AVVERKNING

#### Helträdsuttag

Enkel avverkning, men ibland var det svårt att få ned trädbuntarna. Längre stammar avverkades ibland i två steg genom att avverka toppen först, vilket var svårt med den parallellförda kranen. Lassvolymen vid skotning var låg, endast 67 %, jämfört med massavedsuttag, vilket gav en ganska ineffektiv skotning, se figur 9.



Figur 9.  
Helträdsuttag.

### Skogsbränsleuttag med knäckkvistning

Stammarna flerträdshanterades i fällning och kvistning. Detta medförde ett extra arbetsmoment i och med kvistningen. Men då det samtidigt hjälpte till vid nedläggningen av materialet, gjordes bedömningen att tidsåtgången snarast påverkades positivt. Samtidigt effektiviserades skotningen då materialet blev kompaktare. Dessutom leder de knäckkvistade till en snabbare uttorkning av materialet vilket förbättrar kvaliteten och energinnehållet i skogsbränslet.

Detta sortiment ökar även flexibiliteten vid avverkning i klena bestånd då de knäckkvistade stammarna kan vidaretransporteras på vanliga timmerbilar. Finska studier har visat att denna typ av sortiment även kan användas som massaråvara vid en inblandning på upp till 16 procent tillsammans med konventionell massaved (Jylhä, P., Laitila, J., Kärhä, K. & Björheden, R. 2007).



Figur 10.  
Knäckkvistat skogsbränsle.

### Massaved – klengallring

Uttaget per hektar var något lägre än i de övriga studieleden, detta eftersom man nästan uteslutande avverkade stammar innehållande massaved. Dessutom vara denna del av beståndet något klenare än övriga delar, se tabell 6, vilket var olyckligt med tanke på uttagsmetoden. De stammar som inte höll massavedsdimension röjdes och lades i stickvägen.



Figur 11.  
Klen massaved.

### **Kombinerat uttag av massaved och skogsbränsle**

Stammarna flerträdshanterades i möjligaste mån, massaveden och biomassan lades i separata högar. Då det var möjligt lades topparna till skogsbränsle, kvistarna lades i stickväg. Skotning utfördes i två omgångar, de olika sortimenten var för sig. Dyrare hantering, men effektivt tillvaratagande av materialet.



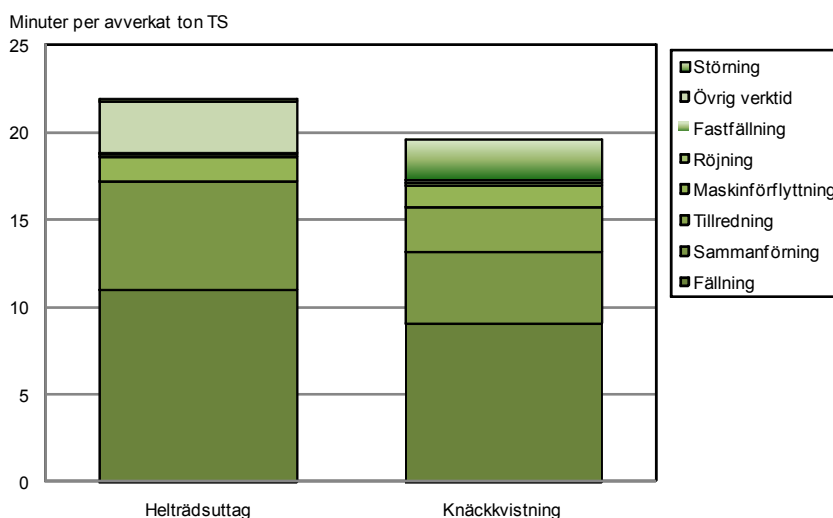
Figur 12.  
Kombinerat uttag av skogsbränsle (t.v.) och  
massaved. (t.h).

Prestationen i avverkningsarbetet är starkt beroende av den totala volymen per krancykel. Tidsförbrukningen per avverkat ton torrsbstans var 17,3 i vid uttag med knäckkvistningsmetoden jämfört med 21,9 vid helträdsuttag. Då man i de övriga studieleden gjorde hela eller delar av uttaget som massaved redovisas de inte här.



Tabell 7.  
Tidsåtgång, minuter per ton torrsubstans.

	Helträdsuttag	Knäckkvistning
Fällning	11,01	9,06
Sammanförning	6,20	4,14
Tillredning	0,00	2,57
Maskinförflyttning	1,42	1,21
Röjning	0,20	0,20
Fastfällning	0,03	0,00
Övrig verktid	2,99	0,11
<b>G<sub>0</sub>-tid Totalt</b>	<b>21,85</b>	<b>17,28</b>
Störning	0,13	2,34
Träd per avv.-cykel	1,46	1,76
Träd pr timme	165,8	203,4



Figur 13.  
Tidsåtgång per ton torrsubstans i de olika studieleden.

## KOSTNADS- OCH INTÄKTSKALKYLER

I detta fall betalas Sveaskog 167 kr/MWh vid industriport, respektive 340 kr/m<sup>3</sup>fub fritt bilväg. Kostnaden för flisning beräknas till 32 kr/m<sup>3</sup>s vid bilväg. Transportkostnaden är satt till 70 kr/m<sup>3</sup>fub respektive 20 kr/m<sup>3</sup>s. Timkostnaderna för avverkningen var 850 kr/timme, för skotaren 585 kr/timme.

De avverkade volymerna varierade mellan 25,3 och 21,6 ton torrsubstans vid knäckkvistning respektive kombinerat uttag. I normalfallet är utfallet 25–35 ton torrsubstans, vilket möjligen visar på ett uttag strax under det vanliga vid skogsbränsleuttag. Uttaget av massaved var 28 m<sup>3</sup>fub, d.v.s. ett normalt stort uttag vid förstagallring.

I denna studie var det mest lönsamt att ta ut skogsbränsle med knäckkvistningsmetoden, men det beror förstås av priset för de respektive sortimenten vid plats och tillfälle för avverkningen.

Intäkterna var störst vid helträdsuttag, 16 970 kr/ha jämfört med 9 510 kr/ha vid uttag av massaved. Den högre intäkten kunde dock inte väga upp den högre kostnaden för avverkning, och framför allt inte för den högre kostnaden för skotning. Kostnaden för avverkning per hektar var 20 % högre vid uttag av helträd jämfört med massavedsuttag, kostnaden för skotning var i samma fall 165 % högre per hektar.

Tabell 6.  
Kostnader och intäkter vid avverkningarna i Vitabergen.

	Helträdsuttag	Knäckkvistning	Massaved	Kombinerat uttag Energi / Massaved
<b>KOSTNAD</b>				
Avverkning kr/ton TS resp. m <sup>3</sup> fub	375	297	266	635 / 201
Skotning kr/ton TS resp. m <sup>3</sup> fub	247	174	75	195 / 106
Avverkning kr/ha	8 980	7 490	7 440	7 300
Skotning kr/ha	5 600	4 050	2 110	2 730
<b>INTÄKTER &amp; NETTO</b>				
Intäkter kr/ha	16 590	16 970	9 510	9 586
Netto kr/ha	2 010	5 430	-50	-450
Kostnad flisning kr/ha	4 030	3 250		1 430
Kostnad för transport 7,5 mil	2 520	2 030	1 960	1 660
<b>TOTALT NETTO kr/ha</b>	<b>-4 550</b>	<b>150</b>	<b>-2010</b>	<b>-3 540</b>



Figur 14.  
Skogsbränsle avverkat med knäckkvistningsmetoden.

Studien inkluderade inte flisning och vidaretransport. Beräkning av dessa kostnader har i stället gjorts utifrån erfarenhetsuppgifter från Sveaskog.

## Slutsatser

Resultaten i denna studie tyder på att uttagsmetoden är mycket avgörande för ekonomin i avverkningen. Givetvis påverkas valet av lämplig teknik och metod av priserna för respektive sortiment såsom massaved och skogsbränsle samt av transportavstånden.

I det fall man vill ta ut skogsbränsle med ett aggregat med matarhjul görs det effektivare med en metod där stammarna matas ut, och där kvistarna knäcks något. Avverkningen blir effektivare, man klarar av att hantera fler stammar i aggregatet då nedläggningen underlättas av att matarhjulen drar ned knippet, dels blir skotningen effektivare eftersom man får på en större lassvikt om kvistarna knäckts vid avverkningen.

Ett kombinerat uttag av massaved och skogsbränsle kan vara intressant, antingen uppdelat på olika stickvägar, en stickväg med massaved och en annan med skogsbränsle, eller enligt tvåhögsmodellen (Kärhä, K., 2008) som i denna studie. I detta fall blev det ekonomiska utfallet sämre än för både massaved och skogsbränsle, men i rätt bestånd med en förfinad metod borde detta vara ekonomiskt intressant.

Knäckkvistningen ger en stor flexibilitet genom möjligheten att transportera på vanliga timmerbilar, och möjligheten att använda skogsbränslet både som massaråvara och energi. Beroende av pris, transportavstånd och efterfrågan kan man styra skogsbränslet antingen till massabruket eller till värmeverket. Man skulle även kunna tänka sig att man kan kvista stammarna vid massaindustrin och använda stamveden till massa och grenarena som energi.

Dessa resultat tyder på vikten av att kunna definiera under vilka förutsättningar respektive metod är lämplig. Påverkande faktorer är beståndsförutsättningar (volym per hektar, medelstamvolym, trädslagsblandning, grundytstruktur), prisrelationen mellan massaved och trädbränsle, terräng- och vidaretransportavstånd samt val av förläggning av uppberedningsplats för skogsbränslet.

För att kunna uttala sig bättre i den frågan krävs vidare studier, i både riktigt klana (diameter 5–8 centimeter) röjgallringsbestånd, och i klana gallringar (diameter 8–11 centimeter), samt vidare analyser av varierande transportavstånd och uppberedning.

## Referens

- (Jylhä, P., Laitila, J., Kärhä, K. & Björheden, R. 2007). Resultat Nr 19, 2007. Skogforsk.
- (Kärhä, K. 2008). Promoting approaches for increasing the cost efficiency of energy wood and pulpwood harvesting in young stands. Proceeding from World Bioenergy 08, 2008.
- Kärhä, K. 2008. Integrated cutting of first-thinning wood with a Moipu 400ES. TTS Tutkimuksen tiedote, Metsä 10/2008 (726). TTS.



## Momentindelning, helträdsuttag

Moment		Momentbeskrivning
	Kran ut:	Börjar när kranen börjar röra sig ut mot lämplig stam. Avslutas när aggregatet sätts an mot första stammen.
FÄLLNING:	Gripa:	Börjar när aggregatet sätts an mot Stammen och avslutas när kranen är helt positionerad och redo för klipp. Detta moment upprepas för varje stam som fälls inom samma cykel, Grip 1, Grip 2..., Grip 4.
	Klippa:	Momentet påbörjas när ansättning är klar och avslutas då klippet är genomfört. Detta moment upprepas för varje stam som fälls inom samma cykel, Klipp 1, Klipp2..., Klipp 4.
SAMMANFÖRNING:	Sväng:	Förflyttning av kran mellan stammarna. I detta moment kan även indragning av kran till stickväg ingå. I det fallet börjar momentet när sista stammen i cykeln är avskild från stubben och avslutas när nedläggning tar vid.
	Lägga:	Nedläggningen börjar när sista kranförflyttningen i cykeln är klar och avslutas när kranen placerat stammarna på marken släppt dem helt.
	Maskinförflyttning:	Körning mellan uppställningsplatser. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannat.
	Röjning:	Tid som går åt för rensning av stammar som inte kan nyttjas som gagnvirke.
	Fastfällning:	Tid som går åt till att få loss eventuellt fastfällda stammar alternativt aggregatet vid fastfällningar.
	Övrig verktid:	Tid som ingår i arbetet, men som inte kan hänföras till något av ovanstående moment.
	Störning:	Tid som inte ingår i avverkningsarbetet.



## Momentindelning, massavedsuttag och knäckkvistning

Moment		Momentbeskrivning
	Kran ut:	Börjar när kranen börjar röra sig ut mot lämplig stam. Avslutas när aggregatet sätts an mot första stammen.
FÄLLNING:	Gripa:	Börjar när aggregatet sätts an mot stammen och avslutas när kranen är helt positionerad och redo för klipp. Detta moment upprepas för varje stam som fälls inom samma cykel, Grip 1, Grip 2..., Grip 4.
	Klippa:	Momentet påbörjas när ansättning är klar och avslutas då klippet är genomfört. Detta moment upprepas för varje stam som fälls inom samma cykel, Klipp 1, Klipp2..., Klipp 4.
SAMMANFÖRNING:	Sväng:	Förflyttning av kran mellan stammarna. I detta moment kan även indragning av kran till stickväg ingå. I det fallet börjar momentet när sista stammen i cykeln är avskild från stubben och avslutas när nedläggning tar vid.
	Lägga:	Nedläggningen börjar när sista kranförflyttningen i cykeln är klar och avslutas när kranen placerat stammarna på marken släppt dem helt.
TILLREDNING:	Kvista:	Momentet påbörjas när sista trädet i krancykeln avverkat och stammarna börjar matas ut för att tillredas och läggas i hög. Avslutas då aggregatet släpper den färdiga högen.
	Kapa:	Den tid under tillredningen som åtgår att kapa stammarna. Detta moment går delvis omlott med kvistmomentet.
	Maskinförflyttning:	Körning mellan uppställningsplatser. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannat.
	Röjning:	Tid som går åt för rensning av stammar som inte kan nyttjas som gagnvirke.
	Fastfällning:	Tid som går åt till att få loss eventuellt fastfälda stammar alternativt aggregatet vid fastfällningar.
	Övrig verktid:	Tid som ingår i arbetet, men som inte kan hänföras till något av ovanstående moment.
	Störning:	Tid som inte ingår i avverkningsarbetet.





## Omvandlingstal skogsbränsle

### Trädrester av barrträd

– torr-rådensitet 430 kg/m<sup>3f</sup>

– 2,5 m<sup>3</sup>s/m<sup>3f</sup>

– 5,8 m<sup>3</sup>s/tTs

Fukthalt %	Kg/m <sup>3f</sup>	M <sup>3f</sup> /ton	M <sup>3</sup> s/ton	MWh/m <sup>3f</sup>	MWh/m <sup>3</sup> s	MWh/ton
55	955	1,05	2,62	1,88	0,75	1,97
50	860	1,16	2,9	1,96	0,78	2,27
45	782	1,28	3,2	2,01	0,8	2,57
40	717	1,39	3,47	2,06	0,82	2,86
35	662	1,51	3,77	2,09	0,84	3,15
30	614	1,63	4,07	2,12	0,85	3,45

Bark					0,65	
------	--	--	--	--	------	--

### Trädrester av löv

– torr-rådensitet 500 kg/m<sup>3f</sup>

– 2,5 m<sup>3</sup>s/m<sup>3f</sup>

– 5,0 m<sup>3</sup>s/tTs

Fukthalt %	Kg/m <sup>3f</sup>	M <sup>3f</sup> /ton	M <sup>3</sup> s/ton	MWh/m <sup>3f</sup>	MWh/m <sup>3</sup> s	MWh/ton
55	1 111	0,9	2,25	2,19	0,88	1,97
50	1 000	1	2,5	2,27	0,91	2,27
45	909	1,1	2,75	2,34	0,93	2,57
40	833	1,2	3	2,38	0,95	2,86
35	769	1,3	3,25	2,42	0,97	3,15
30	714	1,4	3,5	2,46	0,99	3,45



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2008

<b>År 2008</b>	
Nr 652	Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.
Nr 653	Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.
Nr 654	Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsintensiv laserscanning.
Nr 655	Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkroppsvibrationer i galling. 14 s.
Nr 656	Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 657	Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.
Nr 658	Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskärning och gibberellinbehandling. 13 s.
Nr 659	Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.
Nr 660	Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.
Nr 661	Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.
Nr 662	Österman. Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.
Nr 663	Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete. 58 s.
Nr 664	Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.
Nr 665	Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.
Nr 666	Barth, A., Hannrup, B., Möller J. J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. 44 s.
Nr 667	Baez, J. 2008. Vibrationsdämpning av skotare. 67 s.
Nr 668	Björklund, N., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Effekter av förhöjt knivtryck i skördaraggregat på barkskadorna hos massaved och följeffekter på produktionen av granbarkbollar. 34 s.
<b>År 2009</b>	
Nr 669	Almqvist, C., Eriksson, M. & Gregorsson, B. 2009. Cost functions for variable costs of different Scots pine breeding strategies in Sweden. 12 s.
Nr 670	Andersson, M. & Eriksson, B. 2009. HANDDATORER MED GPS. För användning vid röjningsplanläggning och röjning. 25 s.
Nr 671	Stener, L.G. 2009. Study of survival, growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in Rånna, Sweden. 12 s.
Nr 672	Lindgren, D. 2009. Number of pollen in polycross mixtures and mating partners for full sibs for breeding value estimation. 15 s.
Nr 673	Bergkvist, I. 2009. Integrerad avverkning av grotbuntar. 21 s.
Nr 674	Rosvall, O. 2009. Kompletterande strategier för det svenska förädlingsprogrammet. 26 s.
Nr 675	Arlinger, J., Barth, A. & Sonesson, J. 2009. Förstudie om informationsstandard för stående skog. 21 s.
Nr 676	Nordström, M. & Möller J. J. 2009. Den skogliga digitala kedjan – Fas 1. 38 s.
Nr 677	Möller J.J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. 36 s.

Nr 678	Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. 27 s.
Nr 679	Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. 2009. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag. – Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E, Bracke C16.A och LogMax 4000, Mellanskog, Färila. 43 s.
Nr 680	Iwarsson Wide, M. 2009. Jämförande studie av olika metoder för skogsbränsleuttag. Metodstudie – uttag av massaved, helträd, kombinerat uttag samt knäckkvistning i talldominerat bestånd, Sveaskog, Askersund. 25 s.
Nr 681	Iwarsson Wide, M. 2009. Teknik och metod Ponsse EH25. – Trädbränsleuttag med Ponsse EH25 i kraftledningsgata. 14.
Nr 682	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag med Bracke C16. – Bränsleuttag med Bracke C16 i tall respektive barrblandskog. 14 s.
Nr 683	Thorsén, Å. & Tosterud, A. 2009. Mer effektiv implementering av FoU-resultat. – En intervjuundersökning bland Skogforsks intresenter. 58 s.
Nr 684	Rytter, L., Hannerz, M., Ring, E., Högbom, L. & Weslien, J.-O. 2009 Ökad produktion i Svenska kyrkans skogar – Med hänsyn till miljö och sociala värden. 94 s.
Nr 685	Bergkvist, I. 2009. Skördarstorlek och metod i förstagallring av tall och gran – studier av prestation och kvalitet i förstagallring. 29 s.
Nr 686	Englund, M. 2009. Röststyrning av aggregatet på en engreppsskördare – En Wizard of Oz-studie. 32 s.
Nr 687	Lindgren, D. 2009. Polymix breeding with selection forwards. 14 s.