

## Skogsbränsleuttag med drivare i sistaröjning av bok och eftersatta lövbestånd – Drivning, skötsel och ekonomi

*Per Eriksson & Lars Rytter*



**Omslag:** Bränsledrivare      **Illustratör:** Anna Marconi  
**Ämnesord:** Drivare, lövskog, röjning, skogsbränsle

---

**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.

---

ISSN 1404-305X

# Innehåll

Sammanfattning.....	3
Bakgrund och syfte .....	4
Omfattning och förutsättningar.....	4
Bestånd.....	5
Självföryngrad bok .....	5
Planterad bok .....	5
Eftersatt lövblandbestånd .....	6
Maskin och förare.....	7
Genomförande .....	8
Förberedande fältarbete.....	8
Bränsleuttag i bok- och lövblandbestånd .....	9
Instruktion för bränsledrivaren .....	9
Flisning och vidaretransport .....	9
Jämförande skötselalternativ .....	9
Framskrivning av bestånden .....	10
Tidsstudie och uppföljning.....	10
Resultat .....	11
Röjning och skogsbränsleuttag .....	11
Planterad bok .....	12
Volymtillväxt vid olika skötselalternativ .....	14
Tidsåtgång och prestation.....	15
Avverkning .....	15
Självföryngrad bok .....	15
Planterad bok.....	16
Eftersatt lövblandbestånd .....	17
Terrängtransport.....	18
Flisning.....	19
Vidaretransport.....	19
Avverkningsuppföljning .....	19
Analys .....	20
Sortimentsutfall .....	20
Energihåll och pris på skogsbränsle .....	20
Kostnads- och intäktsanalys.....	21
Effekter av stickvägsupptagning och näringsuttag.....	21
Känslighetsanalys av skadeeffekter och förändrad näringsförlust .....	22
Skadeeffekter.....	22
Näringsförlust.....	23
Prestationer och kalkylpriser.....	23
Kostnader och intäkter .....	24
Självföryngrad bok .....	24
Planterad bok.....	25
Eftersatt lövblandbestånd .....	26
Känslighetsanalys vid förändrad avverkningsprestation.....	28

Uppföljning av praktisk drift .....	29
Beståndsförutsättningar .....	29
Prestationer och kostnader.....	30
Diskussion .....	31
Beståndsutveckling .....	31
Tillväxtförluster.....	31
Drivning .....	32
Nuvärdesberäkningar .....	33
Slutsatser.....	33
Litteratur.....	34
Bilaga 1           Momentindelning.....	37
Bilaga 2           Skadeorsaker och skadeandelar.....	38
Bilaga 3           Nuvärde, självföryngrad bok.....	40
Bilaga 4           Nuvärde, planterad bok.....	41
Bilaga 5           Nuvärde, eftersatt lövblandbestånd.....	41

## Sammanfattning

De senaste åren har eftersläpningar av ungskogsröjningar uppgått till mer än 50 000 ha per år (Skogsstyrelsen). Eftersatta röjningar skapar täta bestånd med klena dimensioner. Ett sätt att komma tillrätta med problemen skulle kunna vara att tillvarata skogsbränsle i beståndet.

Denna studie av biobränsleuttag som alternativ till motormanuell röjning utfördes i tre olika lövbestånd; ett 30-årigt naturligt förnygrat bokbestånd vid sistaröjningstillfället, ett 30-årigt eftersatt, planterat bokbestånd och ett 20-årigt eftersatt lövblandbestånd med al som huvudträdsdrag.

Undersökningen omfattade beräkningar av beståndens utveckling vid olika skötselalternativ, tidsstudie av drivningsarbetet, beräkning av flisnings- och vidaretransportkostnader samt ekonomiska utfall för respektive metod och bestånd.

Studien är gjord på en bränsledrivare, i detta fall en FMG ÖSA 250 skotare med påmonterat EnHar ackumulerande fälldon. Med en Erjo 9/80 mobil flisare gjordes även mätningar på flisning vid avlägget.

Resultaten visade att flerträdshanteringen utnyttjades på 85–90 % av antalet avverkade stammar i det planterade bokbeståndet och lövblandbeståndet, samt på 67 % av antalet avverkade stammar i det självförnygrade bokbeståndet. Prestationen var 56–73 träd/G<sub>15</sub>-timme eller 4,3 – 8,7 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. I arbete inkluderades avverkning, transport till avlägg och lossning. Drivningskostnaden blev 65–108 kr/m<sup>3</sup>s. Prestationen enbart i beståndet var 42–71 träd/G<sub>15</sub>-timme.

Kostnaden för drivning, flisning och vidaretransport blev 150 kr/m<sup>3</sup>s för det självförnygrade bokbeståndet, 106 kr/m<sup>3</sup>s för det planterade bokbeståndet och 136 kr/m<sup>3</sup>s för lövblandbeståndet. Utöver detta tillkom i drivningsarbetet kostnader för flytt, administration och stämpling.

Tabell 1.

Kr/ha	Självförnygrad bok	Planterad bok	Lövblandskog
Stickvägsupptagning	911	397	1 442
Näringsförlust	675	638	173
Nettokostnad	5 215	–1 485	10 945
Moma-röjning	4 225	8 225	5 025

Skogsbränsleuttag bedöms redan nu som ett ekonomiskt alternativ i grövre ädellövsbestånd där kommande gallring utförs motormanuellt. Metoden torde ha en stor utvecklingspotential vad gäller både arbetsmetodik och maskinsystem. Generaliserbarheten av resultaten från det planterade beståndet kan diskuteras, eftersom det finns få planterade bokbestånd. Detta bestånd fick symbolisera ett eftersatt bestånd med grova diametrar, som endast blivit röjt en gång i sin ungdom och där uttag av gagnvirke skulle blivit dyrt. Eftersatta självförnygrade ädellövsbestånd torde ha en större diameterspridning än det studerade beståndet. Skogsbränsleuttag i ädellöv med klenare diametrar är inte lönsam i dag, men med

en prestationshöjning på 10 %, vilket torde uppnås inom en snar framtid, blir kostnaden ungefär densamma som för motormanuell röjning.

Skogsbränsleuttag i klena lövbestånd ställer krav på objektsstorlek och bränslevärdet i det avverkade virket har stor betydelse för flisintäkten.

Bränsleuttag medför att virkesuttaget i kommande förstagallring blir lägre än vid konventionell röjning, p.g.a. stickvägsupptagning. Det innebär även ett ekonomiskt bortfall.

Tillväxtförluster som beror på näringsuttag och skador på kvarstående skog bedömdes bli små.

## Bakgrund och syfte

I de södra delarna av Sverige finns i dagsläget ett överskott av skogsbränsle från barravverkningar, till dominerande del GROT från slutavverkning. Där-  
emot är efterfrågan större än tillgången på energirikt skogsbränsle från löv-  
verkningar, framför allt ädellöv (Sondelius, 1999, muntlig information).

Huvudsyftet med den genomförda studien var att få information om skötsel, drivningsteknik och ekonomieffekter vid uttag av skogsbränsle i klen bokskog. Studien utökades även till att innefatta uttag av skogsbränsle i ett eftersatt löv-  
blandbestånd. Studien genomfördes som ett samarbete mellan SkogForsk, Sydved Energileveranser – distrikt syd, Sydved AB – region Kristianstad och Trolle Ljungby gods.

## Omfattning och förutsättningar

Tidsstudier och mätningar gjordes i tre olika lövbestånd, samt praktisk uppföljning i ett fjärde bestånd. Arbetet omfattade följande delar:

- Beräkning av beståndsutveckling vid olika skötselalternativ.
- Tidsstudie av flerträdshanterande aggregat monterat på en mellanstor skotare i skötta och eftersatta lövbestånd.
- Beräkning av flisnings- och vidaretransportkostnader.
- Ekonomiska utfall för respektive metod och bestånd.
- Känslighetsanalyser.
- Uppföljning av drivningskostnader i ett bestånd vid praktisk drift.

Studien genomfördes på marker tillhörande Trolle Ljungby gods i östra Skåne och västra Blekinge, varvid godset även bistod med personal. Sydved Energi-  
leveranser deltog med personal och entreprenör. Inmätning samt bränsleuttag  
och tidsstudier genomfördes i slutet av april och början av maj 1999 av Per  
Eriksson, Lars Rytter och Martin Werner.

## Bestånd

### Självföryngrad bok

Beståndet låg 110 m ö.h., ca 1 km sydväst om Grundsjön på Ryssberget i Skånedelen av godsets marker (142 345 öster och 622 230 norr i rikets koordinatsystem). Beståndet bestod av bok med inblandning av enstaka björkar (tabell 2) och hade föryngrats successivt under en 20-års period. I den del där studien genomfördes var en sista röjning aktuell. Medelåldern var ca 30 år och motsvarade granboniteten G32. Lokalen låg i en svag västsluttning där en grusväg delvis skär av vattenflödet längs sluttningen strax ovanför beståndet. Tidigare skötselåtgärder var en plantröjning innan moderträden avvecklades och en första röjning vid 15 års ålder. I båda fallen utfördes en s.k. vargröjning med inriktning att främja de rakaste stammarna utan klykor och att få ett jämnt bestånd att arbeta vidare med. Studieytan var 0,172 ha och samtliga träd mättes med avseende på brösthöjdsdiameter samt nummerades. Stammarna var relativt jämnt fördelade över ytan. Höjden mättes på ett antal provträd och varierade mellan 8 och 13 meter.



Figur 1.  
Det självföryngrade bokbeståndet före bränsleuttag.

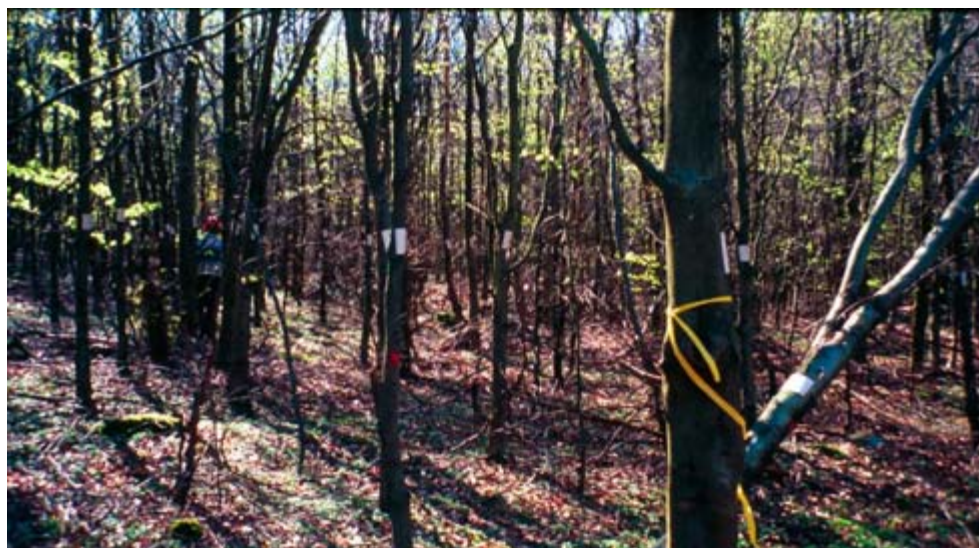
Tabell 2.  
Det självföryngrade bokbeståndet före bränsleuttag.

	Bok	Björk + övr	Total
Stamantal, st/ha	2 810	80	2 890
Virkesförråd, m <sup>3</sup> sk/ha	68	2	70
Volym, m <sup>3</sup> s/ha	209	5	214
Grundyta, m <sup>2</sup> /ha	13,1	0,4	13,5
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> sk	0,024	0,022	0,024
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	0,074	0,070	0,074
Medeldiameter, D <sub>g</sub> cm	7,7	7,7	7,7
Höjd, m	–	–	8–13

### Planterad bok

Beståndet ligger 80 m ö.h., ca 2 km norr om Sölvesborg i Blekinge (142 440 öster och 621 670 norr i rikets koordinatsystem). Beståndet består av planterad bok med inslag av björk, äldre lärk och enstaka sälgar (tabell 3). Marken sluttar svagt åt söder och är bördig, motsvarande en granbonitet av G36. Beståndet har röjts en gång tidigare. Bokarna var 30 år gamla vid studiens genomförande. Enligt en av plantörerna blev beståndet betat av skogshare i anslutning till

planteringen, vilket var en bidragande orsak till beståndets ojämna kvalitet och varierande höjd och diameter. En yta på 0,200 ha avgränsades och samtliga träd diameterräddes och numrerades. Höjden mättes på ett antal provträd och varierade mellan 7 och 14 meter.



Figur 2.  
Det planterade bokbeståndet före bränsleuttag

Tabell 3.  
Det planterade bokbeståndet före bränsleuttag.

	Bok	Björk + övr	Total
Stamantal, st/ha	2 840	210	3 050
Virkesförråd, m <sup>3</sup> sk/ha	131	10	141
Volym, m <sup>3</sup> s/ha	398	29	427
Grundyta, m <sup>2</sup> /ha	21,9	1,9	23,8
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> sk	0,046	0,046	0,046
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	0,140	0,139	0,140
Medeldiameter, D <sub>g</sub> cm	9,9	–	10,0
Höjd, m	–	–	7–14

#### Eftersatt lövblandbestånd

Beståndet ligger strax norr om Hagstad (40 m ö.h.) på Trolle Ljungby gods Skånedel (142 210 söder och 622 440 norr i rikets system). Beståndet bestod av en blandning av klibbal, björk och ask. I beståndet fanns även inslag av ek, avenbok och rönn (tabell 4). Den övervägande delen av träden, framför allt klibbalen, växte i buketter och någon tidigare skötselåtgärd har inte kunnat spåras. Trädens ålder varierade mellan 15 och 22 år. Marken var frisk till fuktig, med en bäck som genomkorsar området, samt bördig med en granbonitet motsvarande G36. En yta på 0,108 ha avgränsades och samtliga träd diametermättes och numrerades. Höjden mättes på ett antal provträd och varierade kraftigt, mellan 6 och 17 meter.





Figur 3.  
Det eftersatta lövblandbeståndet före bränsleuttag.  
Övrigt löv är huvudsakligen klipbal och ask.

Tabell 4.  
Det eftersatta lövblandbeståndet före bränsleuttag. Övrigt löv är  
huvudsakligen klipbal och ask.

	Björk	Ek	Övr löv	Total
Stamantal, st/ha	550	60	3 760	4 370
Virkesförråd, m <sup>3</sup> sk/ha	16	2	108	126
Volym, m <sup>3</sup> s/ha	–	–	–	386,4
Grundyta, m <sup>2</sup> /ha	3,2	0,3	21,4	24,9
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> sk	0,030	0,025	0,029	0,029
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	–	–	–	0,088
Medeldiameter, D <sub>g</sub> cm	8,6	7,6	8,5	8,5
Höjd, m	–	–	–	6–17

### **Maskin och förare**

Basmaskinen var en förlängd FMG ÖSA 250 av 1991 års modell. Den hade ett extra lägg för korttimmer och var utrustad med ett EnHar flerträdshanterande aggregat. Maskinen var avsedd att fungera som en bränsle drivare, där träden lastas på lastbäraren direkt efter avskiljning och ackumulering. Kranen var en Loglift 60 med en räckvidd på 10,2 m. Maskinen hade gått ca 14 000 timmar varför visst slitage var ofrånkomligt. Bland annat var kranen glapp, vilket innebar dålig precision vid kranföringen.



Figur 4.  
Förare Dan Nilsson, FMG ÖSA 250 samt  
EnHar.



Nuvarande maskinägare är Satsrup skogsentreprenad. Föraren, Dan Nilsson, är delägare i entreprenadföretaget. Föraren hade endast tränat med aggregatet i en knapp vecka innan studien genomfördes. Satsrup skogsentreprenad arbetar med avverkning och utkörning av rundvirke samt utkörning och flisning av skogsbränsle.

## Genomförande

### **Förberedande fältarbete**

Studieytorna avgränsades med vita plastkäppar i representativa delar av respektive bestånd. Samtliga träd artbestämdes, klavades i brösthöjd varvid diametern skrevs ner på en lapp som fästes på stammen. Klassbredden på diametern var 1 cm vid markeringen på träden. Ett antal provträd per yta höjdmättes innan avverkningen och borrhades för åldersbestämning. De båda bokbestånden stämplades med märkfärg av Stefan Gabrielsson (Trolle Ljungby) så att trädvalet skulle bli i enlighet med godsets ordinarie röjningsingrepp och så att träden var synliga för maskinföraren.

## Bränsleuttag i bok- och lövblandbestånd

### Instruktion för bränsle drivaren

Stickvägsavståndet var ca 18 m och arbetet utfördes enbart från stickvägen. Avverkning av stickvägsträd och beståndsträd skedde löpande under maskinens framryckning. Samtliga avverkade träd lades direkt i lastbäraren. Då bränsle drivaren var fullastad kördes träden ut till avlägget och lossades. I beståndet med planterad bok var enstaka träd så grova att de inte gick att avverka med maskinen, varför förfällning med motorsåg var nödvändig. Tidsåtgången för förfällning registrerades i studien.

### Flisning och vidaretransport

Tidsmätningar gjordes på flisningen av träden från försöket. De uppmätta tiderna låg sedan till grund för en justering av Sydved Energileveransers prislista för flisning. Kostnaden för vidaretransport till värmeverk baserades på tidigare studier utförda av SkogForsk (Brunberg m.fl., 1998) och beräknades för ett transportavstånd av 60 km.

## Jämförande skötselalternativ

Den alternativa skötselåtgärden till skogsbränsleuttag var att röja bestånden motormanuellt med motorsåg. I bestånden med planterad bok och eftersatt lövblandskog skulle en liten volym gagnvirke i form av massaved kunna tillvaratas. I beståndet med skött bokföryngring kunde inget gagnvirke tillvaratas. Bestånden stämplades med märkfärg och tidsåtgången för stämplingsarbetet uppgick till 2–3 tim/ha. Tidsåtgången för stämplingen var enligt tabell 5.

Tabell 5.

Faktisk tidsåtgång för stämpling, moma-röjning och kostnad/ha.

Yta	Tidsåtgång Stämpling, tim/ha	Kostnad	Tidsåtgång moma-röjning, dv/ha	Kostnad kr/ha
Skött bokröjning	2,9	652	2	4 000
Planterad bok	1,7	375	4	8 000
Lövblandbestånd	–	–	3	5 760

Kostnaden för alternativet motormanuell röjning bedömdes av Stefan Gabrielsson, förvaltare vid Trolle Ljungby. Vid motormanuell avverkning med motorsåg sattes dagsverksåtgången till 2 dagsverken per hektar i beståndet med skött bokröjning. I beståndet med bokplantering bedömdes dagsverksåtgången bli 4 och i oskött triviallov 3 dagsverken per hektar.

Timkostnaden för motormanuell huggare var 250 kr/ G<sub>15</sub>-timme vid röjning av bokbestånd och 240 kr/G<sub>15</sub>-timme vid övrig lövröjning. (G<sub>15</sub>-timme är grundtid som inkluderar uppehåll kortare än 15 minuter per tillfälle). Huggarna får ett tillägg på 10 kr per timme för huggarstämpling av den mer svårskötta boken. Till röjningskostnaden kom en kostnad för arbetsledning på 225 kr/ha.

Med en timkostnad på 250 kr uppgick röjningskostnaden till 4 225 kr/ha i det naturligt föryngrade bokbeståndet och 8 225 kr/ha i beståndet med planterad bok. I beståndet med oskött triviallov blev röjningskostnaden 5 025 kr/ha vid en timkostnad på 240 kr.

Kostnaden för stämplingen av bokbestånden var 225 kr/timme.

## **Framskrivning av bestånden**

För att skatta beståndsutvecklingen 10 år framåt simulerades tillväxten med hjälp av Söderbergs (1986) funktioner, i det planterande bokbeståndet och i lövblandbeståndet för två skötselalternativ:

1. Bränsleuttag med upptag av stickvägar som i studien.
2. Motormanuell röjning utan upptagning av stickvägar och med kvarlämnade röjda träd i bestånden.

Söderbergs funktioner bygger på Riksskogstaxeringens material och hanterar enskilda träd, vilket gör att blandbestånd och skiktningar kan hanteras. Funktionerna ger även möjlighet att justera ned tillväxten på grund av olika typer av skador. De uppgifter som krävs för att utnyttja funktionerna är provytans geografiska läge, ståndortsindex samt storlek. Därefter anges varje enskilt träd med avseende på art, ålder och brösthöjdsdiameter. Vid simuleringsarbetet visade det sig att Söderbergs funktioner ej gav rimlig beståndsutveckling av det självföryngrade bokbeståndet. Därför utnyttjades Carbonniers (1971) produktionsstabeller. Vi har utifrån dem antagit en grundytetillväxt på  $0,8 \text{ m}^2/\text{ha}$  och år för det motormanuella alternativet (2).

Vid upptagning av stickväg kommer en del av beståndsarealen inte att effektivt utnyttjas för skogsproduktion under en viss tid, vi räknar här med 10 år. Å andra sidan kommer kantträden att få mera utrymme och därför växa bättre än träden mitt emellan stickvägarna. I alternativ 1 utnyttjas Erikssons (1987) resultat för stickvägsupptag i granbestånd, eftersom inga data för lövträd fins att tillgå. I zonen 1,5 m närmast stickvägen antar vi således att grundytetillväxten är 50 % högre än mitt emellan stickvägarna. I nästa zon, d.v.s. 1,5 – 3,0 m från stickvägarna indikerar Erikssons resultat att grundytetillväxten är ungefär 15 % högre än längre in i beståndet. Vid längre avstånd från stickvägen än 3 m är tillväxteffekterna negligerbara.

I en nyligen utförd miljökonsekvensbeskrivning (Egnell m.fl., 1998) beräknades tillväxtförluster i tallskog till ungefär 7 % och granskog 10 % beroende på uttag av grenar och toppar inklusive barr, och i samband därmed näring. Inga tydliga skillnader mellan olika ståndortsindex kunde upptäckas. Hos lövträden sker beståndsvärdande åtgärder normalt när träden fällt sina löv och är kala. Det betyder att den uttagna näringsmängden bör bli lägre per bränslemängd då ingen grönmassa avlägsnas, även om en ansenlig del av bladens näring retranslokeras till de vedartade delarna av trädet. För bok finns uppgifter på 48–72 % retranslokering av kväve från bladen (StAAF 1982; Van den Driessche, 1984). Eftersom inga näringsanalyser utförts i samband med studien är det obekant hur mycket näring som tagits ut ur bestånden. Vi har i huvudalternativet i denna studie räknat med 5 % tillväxtreduktion under de kommande 10 åren.

## **Tidsstudie och uppföljning**

Avverkningsmaskinen tidsstuderades enligt momentindelning i bilaga 1. Tidsåtgången registrerades trädvis under en centiminuterstudie med hjälp av en

Husky Hunter fältdator. Efter studien registrerades skador i kvarvarande bestånd genom okulär besiktning, stickvägsbredd och avverkad areal.

## Resultat

### *Röjning och skogsbränsleuttag*

#### **Självföryngrad bok**

Det självföryngrade bokbeståndet hade 2 890 stammar per ha före röjningsingreppet och beståndets volym uppgick till 214 m<sup>3</sup>s per ha. Medelstamvolymen var 0,074 m<sup>3</sup>s. Uttagsstyrkan var 48 % av stamantalet och 43 % av volymen (tabell 6). Stickvägsbredden varierade mellan 3,4 och 4,4 m med en medelbredd på 3,8 m. Stickvägarna kom därför att utgöra 21 % av provytearealen. Totalt tidsstuderades avverkning av 242 stammar i beståndet.



*Figur 5.*  
*Det självföryngrande bokbeståndet efter bränsleuttag.*

Tabell 6.  
Bestånd före och efter ingrepp samt uttag, självföryngrad bok.

Tillstånd	Bok	Björk + övr	Total
<b>Före</b>			
Stamantal, st/ha	2 810	80	2 890
Volym, m <sup>3</sup> /ha	209	5	214
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	0,074	0,070	0,074
<b>Uttag</b>			
Stamantal, st/ha	1 380	20	1 400
Volym, m <sup>3</sup> /ha	89	2	91
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	0,065	0,062	0,064
<b>Efter</b>			
Stamantal, st/ha	1 430	60	1 490
Volym, m <sup>3</sup> /ha	120	3	123
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	0,084	0,073	0,084
<b>Uttagsstyrka</b>			
% av stamantal	49	25	48
% av volym	43	40	43
Antal stammar i studien, st	240	2	242
Areal studieyta, ha			0,172

### Planterad bok

I det planterade bokbeståndet fanns det 3 050 stammar per ha före avverkning och beståndets volym uppgick till 427 m<sup>3</sup>s per ha. Medelstamvolymen var 0,14 m<sup>3</sup>s. Uttagsstyrkan var 46 % av stamantalet och 52 % av volymen (tabell 7). Stickvägsbredden varierade mellan 3,7 och 5,0 m med ett genomsnittsvärde på knappt 4,4 m. Därmed kom nära 24 % av provytearealen att bestå av stickvägsareal. Totalt tidsstuderades avverkning av 284 stammar i beståndet.

Tabell 7.  
Bestånd före och efter ingrepp samt uttag, planterad bok

Tillstånd	Bok	Björk + övr	Total
<b>Före</b>			
Stamantal, st/ha	2 840	210	3 050
Volym, m <sup>3</sup> /ha	398	29	427
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	0,140	0,139	0,140
<b>Uttag</b>			
Stamantal, st/ha	1 290	120	1 410
Volym, m <sup>3</sup> /ha	–	–	223
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s			0,159
<b>Efter</b>			
Stamantal, st/ha	1 550	90	1 640
Volym, m <sup>3</sup> /ha	–	–	204
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	–	–	0,125
<b>Uttagsstyrka</b>			
% av stamantal	45	57	46
% av volym	–	–	52
Antal stammar i studien, st	263	21	284
Areal studieyta, ha			0,200

### Eftersatt lövblandbestånd

I det eftersatta lövblandbeståndet fanns det 4 370 stammar per ha före avverkning och beståndets volym uppgick till 386 m<sup>3</sup>s per ha. Medelstamvolymen var 0,088 m<sup>3</sup>s. Uttagsstyrkan var 70 % av stamantalet och 57 % av volymen (tabell 8). Stickvägsbredden blev i snitt 4,7 m vilket motsvarade 26 % av provytearealen. Totalt tidsstuderades avverkning av 328 stammar i beståndet.



Figur 6.  
Det eftersatta lövblandbeståndet efter bränsleuttag.

Tabell 8.  
Bestånd före och efter ingrepp samt uttag, eftersatt lövblandbestånd.

Tillstånd	Björk	Ek	Övr löv (al, ask, rönn, avenbok)	Total
<b>Före</b>				
Stamantal, st/ha	550	60	3 760	4 370
Volym, m <sup>3</sup> s/ha	–	–	–	386
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s				0,088
<b>Uttag</b>				
Stamantal, st/ha	290	30	2 720	3 040
Volym, m <sup>3</sup> s/ha	–	–	–	220
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	–	–	–	0,073
<b>Efter</b>				
Stamantal, st/ha	260	30	1 040	1 330
Volym, m <sup>3</sup> s/ha	–	–	–	166
Medelstamvolym, m <sup>3</sup> s	–	–	–	0,124
<b>Uttagsstyrka</b>				
% av stamantal	53	50	72	70
% av volym	–	–	–	57
Antal stammar i studien, st	31	3	294	328
Areal studieyta, ha				0,108

## Volymtillväxt vid olika skötselalternativ

Den beräknade utvecklingen under de närmaste 10 åren i det självföryngrade bokbeståndet vid de två skötselalternativen framgår av tabell 9. Inga tillväxtjusteringar har gjorts p.g.a. skador eller näringsuttag. Motsvarande utveckling för planterad bok och eftersatt lövblandskog presenteras i tabell 10 respektive tabell 11. I det planterade bokbeståndet måste ytterligare en gallring utföras under simuleringsperioden. Vi antar att den genomförs år 5 så att grundytorna blir lika efter gallring i de båda skötselalternativen. Vid skogsbränsleuttaget har tillväxten justerats uppåt p.g.a. kanträdens högre tillväxt (se ”Framskrivning av bestånden” ovan).

Tabell 9.

Beståndsutveckling i det självföryngrade bokbeståndet vid olika skötselalternativ. Carbonniers (1971) produktionstabeller har använts som grund för framskrivning av beståndet. Inga tillväxtjusteringar har utförts p.g.a. eventuella skador eller näringsuttag.

	År	Röjning med skogsbränsleuttag	Motormanuell röjning
Stamantal (st/ha)	1999	1 490	1 880
	2004	1 440	1 820
	2009	1 390	1 760
Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	1999	7,8	9,9
	2004	11,4	13,9
	2009	14,6	17,9
Diameter, brh (cm D <sub>g</sub> )	1999	8,2	8,2
	2004	10,1	9,9
	2009	11,5	11,3
Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk/ha)	1999	34	43
	2004	62	75
	2009	95	116

Tabell 10.

Beståndsutveckling i det planterade bokbeståndet vid olika skötselalternativ enligt Söderbergs (1986) tillväxtfunktioner. Inga tillväxtjusteringar har utförts p.g.a. eventuella skador eller näringsuttag.

	År	Röjning med skogsbränsleuttag	Motormanuell röjning
Stamantal (st/ha)	1999	1 640	2 150
	2004 före gallr.	1 530	2 010
	2004 efter gallr.	860	730
	2009	860	730
Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	1999	12,4	16,3
	2004 före gallr.	16,9	21,5
	2004 efter gallr.	11,1	11,0
	2009	15,0	15,4
Diameter, brh (cm D <sub>g</sub> )	1999	9,8	9,8
	2004 före gallr.	11,9	11,6
	2004 efter gallr.	12,9	13,6
	2009	14,9	16,0
Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk/ha)	1999	67	88
	2004 före gallr.	105	134
	2004 efter gallr.	70	70
	2009	102	105



Tabell 11.

Beståndsutveckling i det eftersatta lövblandbeståndet vid olika skötselalternativ enligt Söderbergs (1986) tillväxtfunktioner. Inga tillväxtjusteringar har utförts p.g.a. eventuella skador eller näringsuttag.

	År	Röjning med skogsbränsleuttag	Motormanuell röjning
Stamantal (st/ha)	1999	1 330	1 800
	2004	1 250	1 700
	2009	1 180	1 600
Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	1999	10,4	14,1
	2004	16,1	20,8
	2009	19,4	25,5
Diameter, brh (cm D <sub>g</sub> )	1999	9,9	9,9
	2004	12,8	12,5
	2009	14,5	14,2
Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk/ha)	1999	54	73
	2004	95	123
	2009	124	164

Resultaten av tillväxtsimuleringarna gav att tillväxten vid stickvägsupptagning (alternativ 1) minskade under de kommande tio åren i de tre bestånden. Skillnaden i produktion för det självföryngrade bokbeståndet blev 21 m<sup>3</sup>sk (18 %) mellan röjning med skogsbränsleuttag och moma-röjning. Motsvarande skillnader i produktion var 32 m<sup>3</sup>sk (19 %) resp. 40 m<sup>3</sup>sk (24 %) för det planterade bokbeståndet resp. lövblandbeståndet. Till detta skall sedan läggas en förskjutning av kommande åtgärder och därmed en förlängning av omloppstiden med 0,5 år p.g.a. näringsuttag samt eventuella tillväxteffekter med anledning av uppkomna skador i samband med biobränsleuttag. Effekter av en ojämn stamfördelning skall också beaktas.

## **Tidsåtgång och prestation**

### **Avverkning**

#### ***Självföryngrad bok***

Medelprestationen för avverkning och uttransport var ca 91 träd/G<sub>0</sub>-timme eller ca 7,2 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme (tabell 12). Det motsvarar en prestation på ca 73 träd/G<sub>15</sub>-timme vid omräkningsfaktor 0,80. Trädens medeldiameter var 6,9 cm. Prestationen varierade mellan ca 95 och 200 träd/G<sub>0</sub>-timme vid effektivt avverkningsarbete, beroende på antal träd per cykel och trädvolym (tabell 13). Antalet krancykler var 108 st. och medelprestationen vid avverkning och förflyttning i beståndet var 112 träd/G<sub>0</sub>-timme.

Tabell 12.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer enligt tidsstudien vid 200 m transportavstånd, G<sub>0</sub>-tid, det självföryngrade bokbeståndet.

Arbetsmoment	Cmin	%
Kran ut	11,0	16,6
Klipp och flytt av aggregat mellan träd	15,9	24,0
Kran in	10,9	16,5
Lastning på skotare	8,2	12,4
Körning i bestånd	6,4	9,7
Körning basväg	4,8	7,2
Lossning	8,1	12,2
Övrig verktid	0,9	1,3
<b>Summa</b>	<b>66,2</b>	<b>99,9</b>
Träd/G <sub>0</sub> -tim	90,9	
Träd/G <sub>15</sub> -tim (faktor 0,80)	72,7	
Antal träd per fällningscykel	2,25	

Tabell 13.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer för olika antal träd per krancykel, endast avverkningsarbete, i det självföryngrade bokbeståndet (kran ut, klipp, kran in, nedläggning, lastning på skotare, körning i bestånd och övrig verktid).

Antal träd/ Fällningscykel	1	2	3	4	5
Tidsåtgång per träd, cmin	64,7	53,1	43,8	34,6	29,8
Stamantal	34	64	75	60	10
Andel av stamantal, %	14	26	31	25	4
Andel av krancykler, %	31	30	23	14	2
Medeldiam, cm	8,9	7,2	6,6	6,1	5,7
Prestation, stam/G <sub>0</sub> -tim	94	113	137	173	201

### *Planterad bok*

Medelprestationen för avverkning och uttransport var ca 70 träd/G<sub>0</sub>-timme eller 10,9 m<sup>3</sup>/G<sub>0</sub>-timme (tabell 14), vilket motsvarar en prestation på ca 55 träd/G<sub>15</sub>-timme vid omräkningsfaktor 0,80. Eftersom några träd var så grova att de inte gick att avverka med aggregatet, var de tvungna att förfällas. Totalt förfälldes 60 träd/ha, tidsåtgången var 1 G<sub>15</sub>-timme. Medeldiametern i hela avverkningen var 9,2 cm. Prestationen varierade mellan ca 70 och 245 träd/G<sub>0</sub>-timme vid effektivt avverkningsarbete, beroende på antal träd per cykel och trädvolym (tabell 14). Antalet krancykler var 155 st. och medelprestationen vid avverkning och förflyttning i beståndet var 87 träd/G<sub>0</sub>-timme.

Tabell 14.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer enligt tidsstudien vid 200 m transportavstånd, G<sub>0</sub>-tid, i det planterade bokbeståndet.

Arbetsmoment	Cmin	%
Kran ut	14,7	17,0
Klipp och flytt av aggregat mellan träd	12,6	14,6
Kran in	19,3	22,4
Lastning på skotare	10,9	12,7
Körning i bestånd	9,8	11,4
Körning basväg	4,5	5,2
Lossning	12,9	14,9
Övrig verktid	1,5	1,8
<b>Summa</b>	<b>86,2</b>	<b>100</b>
Träd/G <sub>0</sub> -tim	69,5	
Träd/G <sub>15</sub> -tim (faktor 0,80)	55,6	
Antal träd per fällningscykel	1,66	

Tabell 15.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer för olika antal träd per krancykel, endast avverkningsarbete, i det planterade bokbeståndet, se tabell 12.

Antal träd/ Fällningscykel	1	2	3	4	5
Tidsåtgång per träd, cmin	83,6	50,8	46,9	37,4	24,5
Stamantal	84	94	54	20	6
Andel av stamantal, %	33	36	21	8	2
Andel av krancykler, %	54,2	30,3	11,6	3,2	0,1
Medeldiam, cm	12,7	8,1	7,1	7,1	5,3
Prestation, stam/G <sub>0</sub> -tim	72	118	128	161	245

### *Eftersatt lövblandbestånd*

Medelprestationen för avverkning och uttransport var ca 75 träd/G<sub>0</sub>-timme eller ca 5,4 m<sup>3</sup>/G<sub>0</sub>-timme (tabell 16). Det motsvarar en prestation på ca 60 träd/G<sub>15</sub>-timme vid omräkningsfaktor 0,80. Medeldiametern var 7,6 cm och prestationen varierade mellan ca 80 och 170 träd/G<sub>0</sub>-timme vid effektivt avverkningsarbete, beroende på antal träd per cykel och trädvolym (tabell 17). Antalet krancykler var 142 st. Medelprestationen vid avverkning och förflyttning i beståndet var 116 träd/G<sub>0</sub>-timme.

Tabell 16.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer enligt tidsstudien vid 200 m transportavstånd, G<sub>0</sub>-tid, i lövblandbeståndet.

Arbetsmoment	Cmin	%
Kran ut	15,9	19,6
Klipp och flytt av aggregat mellan träd	21,0	26,0
Kran in	15,0	18,5
Lastning på skotare	12,7	15,7
Körning i bestånd	5,3	6,6
Körning basväg	5,1	6,3
Lossning	4,4	5,4
Övrig verktid	1,6	2,0
<b>Summa</b>	<b>81,0</b>	<b>100,1</b>
Träd/G <sub>0</sub> -tim		74,1
Träd/G <sub>15</sub> -tim (faktor 0,80)	59,3	
Antal träd per fällningscykel		2,3

Tabell 17.

Tidsåtgång (cmin/träd) och prestationer för olika antal träd per krancykel, endast avverkningsarbete, i lövblandbeståndet, se tabell 12.

Antal träd/ Fällningscykel	1	2	3	4	5
Tidsåtgång per träd, cmin	76,9	56,0	40,4	35,3	37,8
Stamantal	35	94	132	48	20
Andel av stamantal, %	10,6	28,6	40,1	14,6	6,1
Andel av krancykler, %	24,6	33,1	31,0	8,5	2,8
Medeldiam, cm	10,0	7,8	7,2	6,5	7,0
Prestation, stam/G <sub>0</sub> -tim	78	107	149	170	159

### Terrängtransport

Tiden för uttransport och körning till beståndet beräknades på ett transportavstånd av 200 m enkel väg. Transporten omfattade bara basvägskörning. Transporten i beståndet inkluderades i avverkningstiden. Till terrängtransporten kom lossningen. Prestationen för uttransport och körning till beståndet i det självföryngrade bokbeståndet var 77 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme eller 61 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. Lasset innehöll 15,6 m<sup>3</sup>s. Prestationen för lossningsarbetet var 46 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme eller 37 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme.

För det planterade bokbeståndet var prestationen för uttransport och körning till beståndet 70 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme eller 56 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. De tre lassen innehöll ca 45 m<sup>3</sup>s. Prestationen för lossningsarbetet var drygt 70 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme eller knappt 60 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme.

För lövblandbeståndet var prestationen för uttransport och körning till beståndet ca 45 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme eller ca 35 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. De två lassen innehöll 24 m<sup>3</sup>s. Prestationen för lossningsarbetet var drygt 90 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme eller knappt 75 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme.



*Figur 7.  
Skotare fullastad med bokträd.*

### **Flisning**

Flisningen utfördes av en Erjo 9/80 mobil flis vid avlägget. Flisaren hade en prestation på mellan ca 70 och 105 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme, effektiv flisningstid. Flisaren kostade 1 500 kr/G<sub>15</sub>-timme, enligt Sydved Energileveransers avtal.



*Figur 8.  
Träd vid avlägg färdiga för flisning.*

### **Vidaretransport**

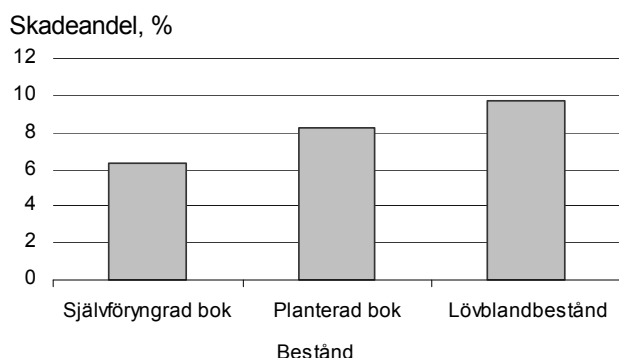
Kostnaden för vidaretransporten baserades på kostnadsuppgifter enligt SkogForsk (Brunberg m.fl., 1998). Beräkningarna var gjorda för ett transportavstånd av 60 km.

### **Avverkningsuppföljning**

Efter avverkningarna gjordes uppmätningar på stickvägsbredder och uppföljningar av skador som uppstod på kvarvarande träd.

Den vanligaste skadeorsaken var aggregat- och kranskada (bilaga 2). Även körskada orsakat av lasset var vanlig. Skadeandelen bedömdes som låg i ledet med självföryngrad bok. Däremot var skadenivån oacceptabelt hög i de båda övriga

leden. En orsak till den högre andelen aggregat- och kransskador kan bero på att föraren var ovan vid metoden och att det var glapp i kranen.



Figur 9. Skadeandelar i respektive bestånd. De flesta skadorna var orsakade av aggregatet. I det planterade bokbeståndet var även körskador på kvarvarande stammar orsakat av lasset vanligt förekommande.

## Analyser

### Sortimentsutfall

Utgångsläget var att endast tillvarata bränslesortiment i avverkningen. Ett antal träd i bestånden med planterad bok och triviallöf hade dock en sådan dimension att de hade kunnat apteras som massaved. Utsortering av massaved bedömdes bli kostsam och undveks därför.

Spillet i form av tappade träd, bräckage o. dyl. var minimalt, vilket också noterats i andra studier (Thor, 1996). Endast i beståndet med triviallöf blev enstaka träd kvar p.g.a. bräckage och att några tappades. Därigenom kom inte alla träd i detta bestånd med ut till avlägget.

### Energiinnehåll och pris på skogsbränsle

De omvandlingstal som använts i analysen baserar sig delvis på uppmätning av fukthalt och energiinnehåll för bränslet från respektive provyta. Mätningen gjordes på mottagande värmeverk. Omvandlingstalen som använts framgår av tabell 18.

Tabell 18. Omvandlingstal som använts i analyserna

Parameter	Omvandlingstal
Energiinnehåll (MWh/m <sup>3</sup> s)	
– skött bokröjning	1,08
– planterad bok	1,08
– triviallöf	0,85
G <sub>0</sub> /G <sub>15</sub> -	
– prestation	
– skotare med EnHar	0,80
– flisare	0,70

Skogsbränsleflisens energiinnehåll varierar beroende på fukthalt, trädslag m.m. De båda bokbestånden innehöll övervägande andel bok med en viss björkin-

blandning. I kalkylerna motsvarar 1 m<sup>3</sup>s i det skötta bokbeståndet och det planterade bokbeståndet 1,08 MWh och i beståndet med triviallöv 0,85 MWh. Priset på bränsleflisen är satt till 117 kr/MWh fritt industri (Sydved Energi-leveranser, distrikt Syd, 1999).

## **Kostnads- och intäktsanalys**

### **Effekter av stickvägsupptagning och näringsuttag**

Om man tar ut biomassa i form av hela träd kan tillväxtförluster uppstå av flera skäl:

- Stickvägar tas upp tidigt i beståndet vilket leder till produktionsförluster då ljuset inte effektivt kan utnyttjas där.
- Bortförsel av träd innebär också bortförsel av näringsämnen och detta kan leda till en tillväxtreduktion.
- I samband med biomassauttag finns också risk för att skador uppstår på stammar och rötter hos kvarvarande träd.



*Figur 10.  
Stickväg i det planterade  
bokbeståndet.*

Det finns ett mycket starkt samband mellan den ackumulerade mängden av uppfångat ljus och den ovanjordiska biomassaproduktionen i ett bestånd (Linder m.fl., 1986, Cannell m.fl., 1988). Upptagna luckor i beståndet medför därför en lägre produktion. Elfving (1985) redovisade 4 % tillväxtförlust i korridor-gallring jämfört med selektiv gallring 4–7 år efter ingreppet. Isomäki & Niemistö (1990) beräknade tillväxtförlusten till 10 m<sup>3</sup>sk/ha under 15 år beroende på stickvägsupptag i granskog på bonitet G31,5.

Man kan också tänka sig en viss tillväxtnedläggning vid stickvägsupptag av att markens närings- och vattenförråd inte utnyttjas optimalt i stickvägen (Pettersson, 1996). Då stickvägen inte är bredare än 4 m och trädens horisontala rotutbredning ofta med god marginal överträffar stickvägsbredden (Stone & Kalisz, 1991), samt att de närings- och vattenupptagande finrötterna hos

lövträd tillväxer och omsätts med hög hastighet (t.ex. Hendrick & Pregitzer, 1992, Fahey & Hughes, 1994, Rytter & Rytter, 1998), drar vi slutsatsen att eventuella utnyttjade områden mycket snabbt tas i besittning och utnyttjas av de närmast stående träden.

En viss kompensation av den tillväxtförlust som orsakas av att träd tas bort i stickväg får man genom att de träd som står närmast stickvägen kommer att växa bättre än träd längre bort från stickvägen. Kantträden får mer ljus och god tillgång på vatten och näring. Storleken på den ökade tillväxten och dess varaktighet är dåligt känd för lövträd. Därför har vi varit tvungna att ta resultat från försök med gran (Eriksson, 1987) och antagit att tillväxteffekten varar i tio år.

Skörd av avverkningsrester (grenar, kvistar, bark, blad) ökar exporten av näringsämnen från växtlokalen och kan därför förväntas ha en inverkan på den långsiktiga produktionsförmågan (Tamm 1969, Mälkönen 1976, Kimmins 1977). Studier gjorda i barrskog visar att tillväxtnedläggningar under 10–20 år är sannolika efter biomassauttag i såväl röjning, gallring, som slutavverkning (Tveite 1983, Sinclair m.fl. 1992, Kukkola & Mälkönen 1997). Det hävdas också att de negativa tillväxteffekterna blir allvarligast på torra och magra marker (Lundmark 1983, Weetman & Algar 1983, Hornbeck m.fl. 1990), men senare studier av bl.a. Jacobson m.fl. (1999) i gran- och tallskog stödjer inte denna uppfattning.

Det är såväl förlust av kväve som av baskatjoner som kan leda till minskad tillväxt (Warfinge & Svedrup 1992, Olsson m.fl. 1993). Emellertid har studier gjorda under nordiska förhållanden visat att det huvudsakligen är förlust av kväve vid helträdsutnyttjande som givit tillväxtminskningar (Sikström & Nohrstedt 1995, Jacobsson m.fl. 1999). I studien (Jacobson & Kokkula, 1999) var tillväxtförlusterna från +1 till –20 % under de första 10 åren efter helträdsuttag av gran och tall. I en nyligen utförd miljökonsekvensbeskrivning (Egnell m.fl., 1998) bedömdes tillväxtförlusterna uppgå till omkring 10 % beroende på uttag av biomassa och i samband därmed näring. Tyvärr saknas användbara uppgifter om tillväxteffekter p.g.a. biobränsleuttag i lövskog. I våra studier är biobränsleuttagen stora men å andra sidan togs ingen grönmassa ut. Vi valde att i huvudalternativet räkna med 5 % tillväxtförlust i 10 år.

## **Känslighetsanalys av skadeeffekter och förändrad näringsförlust**

### ***Skadeeffekter***

Efter en utförd röjning eller gallring kommer de träd som står närmast stickvägen att växa snabbast. Det är därför viktigt att träden närmast stickvägen inte skadas, vilket tyvärr är vanligt (Ågren, 1968). Vid tillväxtberäkningar bör man därför ta hänsyn till skadebilden för att få realistiska prognoser. I Söderbergs funktioner (1986) framgår att skadade träd i grova drag har ungefär 80 % tillväxt jämfört med oskadade. I föreliggande studie fann vi skadefrekvenser enligt bilaga 2. Om vi antar att skadade träd växer med 80 % av friska trädets tillväxt och använder skadefrekvenser från bilaga 2 kommer tillväxten i det självförnygrade bokbeståndet vid Grundsjön att minska från 61,5 år 2004 och 94,5 m<sup>3</sup>sk/ha år 2009 till 60,5 respektive 93,0 m<sup>3</sup>sk/ha. I lövblandbeståndet blir tillväxtminskningen från 94,5 till 92,7 m<sup>3</sup>sk/ha år 2004, och från 123,5 till 121,1 m<sup>3</sup>sk/ha år 2009. I det planterade bokbeståndet minskar virkesförrådet



från 104,9 till 103,2 m<sup>3</sup>sk/ha år 2004. Vid gallringen tas därefter de skadade träden bort varför vi fortsättningsvis inte räknar med någon tillväxtminskning. Beräkningarna tyder på att tillväxteffekterna orsakade av skador vid röjningen blir små. Samtidigt kan man förvänta sig att skadorna kommer att minska till några få procent när systemet blivit väl intrimmat. Det innebär att tillväxtreduktionen orsakad av mekaniska skador blir liten.

### **Näringsförlust**

I huvudalternativet antar vi att tillväxtreduktionen på grund av uttag av bio-bränsle, och därmed näring, blir 5 % i 10 år. Det betyder att den i tabellerna 9 och 11 erhållna virkesvolymen vid mekaniserad röjning nås först efter 10,5 i stället för 10 år. I det planterade bokbeståndet genomförs en gallring år 5 efter röjningen och då får man kalkylmässigt räkna med 5,5 år för i tabell 10 angiven volym år 5. Kostnaderna för nämnda förseningar framgår av tabell 19, d.v.s. 675 kr i självföryngrad bok, 638 kr i planterad bok och 163 kr i lövblandbeståndet. Om man antar att det inte blir några tillväxtförluster försvinner dessa kostnadsposter, och om man bedömer att tillväxtreduktionen blir 10 % i 10 år fördubblas de. Bedömningen av tillväxtförlusternas storlek får en viss betydelse för kalkylernas utfall men blir i de flesta fall inte avgörande för om skogsbränsleuttag blir ett lönsamt alternativ eller ej.

Tabell 19.

Ekonomiska effekter vid olika tillväxtnedläggningar p.g.a. näringsuttag under en omloppstid, kr/ha (3 % ränta, Sydveds prislista sommaren 1999).

<b>Tillväxtnedläggning %</b>	<b>Nettokostnad, röjning med skogsbränsleuttag</b>	<b>Kostnad, moma-röjning</b>
<b>Självföryngrad bok</b>		
0	4 580	4 225
5	5 253	
10	5 926	
<b>Planterat bok</b>		
0	-2 123	
5	-1 485	
10	-847	
<b>Lövblandbestånd</b>		
0	10 372	5 025
5	10 545	
10	10 718	

### **Prestationer och kalkylpriser**

Prestationer, kalkylkostnader och -priser framgår av tabell 20. Prestationen för bränsle drivaren med EnHar-aggregat är satt till 91 träd/G<sub>0</sub>-timme eller ca 7,2 m<sup>3</sup>s/G<sub>0</sub>-timme. Det motsvarar en prestation på ca 73 träd/G<sub>15</sub>-timme vid omräkningsfaktor 0,80.

Kalkyltimpriser för skotare och flisare och priser för flis kommer från Sydved Energileveranser. Kalkyltimpriset för aggregatet är framtaget med SkogForsks kalkylprogram SkogKalk (1996) som stöd.

Tabell 20.  
Kalkyltimpriser som använts i analysen

Metod	Avverkning, Skotare med EnHar och flisning, Erjo 9/80
Timkostnad, kr/G <sub>15</sub> -tim	
– avverkningsmaskin	500
– flisare	1 500
– moma huggare	240
– moma huggare, bok	250
– stämplare	225
Avverkningsnetto i förstagallring	
– skördare, självföryngrad bok, kr/m <sup>3</sup> fub	70
– moma, planterad bok	20
– skördare, övrigt löv, kr/m <sup>3</sup> fub	0– –100

### Kostnader och intäkter

För kommande beräkningar har en kalkylränta på 3 % använts.

#### *Självföryngrad bok*

Kostnaden för avverkning och utkörning med bränsle drivaren blev knappt 108 kr/m<sup>3</sup>s (tabell 21). Kostnaden baseras på en maskinkostnad på 500 kr/G<sub>15</sub>-timme och en prestation på 5,8 m<sup>3</sup>/G<sub>15</sub>-timme. Flisningskostnaden var 22 kr/m<sup>3</sup>s och vidaretransporten knappt 20 kr/m<sup>3</sup>s. Kostnaden för stickvägsförlusten blev ca 911 kr/ha. Den baserades på en utebliven intäkt vid förstagallringstillfället. Kommande gallring utförs maskinellt och nettot är beräknat till 70 kr/m<sup>3</sup>fub. Kostnaden för näringsförlust blev 675 kr/ha (bilaga 3). Summa kostnad blev ca 183 kr/m<sup>3</sup>s eller ca 16 680 kr/ha. Då är även kostnader för flytt, stämpling, administration och stickvägsförlust medtagna.

Vid en intäkt på 117 kr/MWh fritt industri blev intäkten per hektar 11 466 kr. Summa kostnad blev ca 5 215 kr/ha. Denna kostnad baseras på nuvärdesberäkningar av kostnader och intäkter under en omloppstid.

Detta skall ställas mot en konventionell motormanuell röjning. Kostnaden för detta alternativet bedömdes vara 4 225 kr/ha.

Skillnaden blev 990 kr/ha till det motormanuella alternativets fördel.

Tabell 21.

Kostnader och intäkter för respektive alternativ vid uttag av skogsbränsle under en omloppstid i självföryngrad bok, kr.

Åtgärd	Kostnad			Intäkt	
	per m <sup>3</sup> s	per MWh	per ha	per MWh	per ha
Moma-röjning			4 000		
Arbetsledning			225		
<b>Summa kostnad moma-röjning</b>			<b>4 225</b>		
<b>Drivning, fritt väg</b>	107,90	99,90	9 819		
FMG 250 + EnHar					
Flisning, Erjo 9/80	22,00	20,40	1 996		
Transport, container, 60 km	19,70	18,20	1 788		
Flytt, 5 ha	3,90	3,60	350		
Stämpling	7,20	6,70	652		
Administration	5,40	5,00	490		
Tillväxtförlust,					
– näringsuttag	7,40	6,90	675		
– stickvägsareal	10,00	9,30	911		
Flispris fritt industri					
Bruttokostnad och – intäkt			16 681	117	11 466
<b>Nettokostnad, bränsleuttag</b>			<b>5 215</b>		

### *Planterad bok*

Kostnad för avverkning och utkörning med bränsle drivaren blev knappt 65 kr/m<sup>3</sup>s (tabell 22). Kostnaden baseras på en maskinkostnad på 500 kr/G<sub>15</sub>-timme och en prestation på 8,7 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. Flisningskostnaden var 22 kr/m<sup>3</sup>s och vidaretransporten knappt 20 kr/m<sup>3</sup>s. Kostnaden för stickvägsförlusten blev knappt 400 kr/ha. Den baserades på en utebliven intäkt vid första- och andragallringstillfälle. Detta bestånd var väldigt grovkvistigt, vilket innebar att kommande gallring måste ske motormanuellt. Nettot i gallringen blev lågt: 20 kr/m<sup>3</sup>fub. Kostnaden för näringsuttaget blev knappt 640 kr/ha (bilaga 4). Summa kostnad blev ca 120 kr/m<sup>3</sup>s eller ca 26 710 kr/ha. Då är även kostnader för flytt, stämpling, administration och stickvägsförlust medtagna.

Vid en intäkt på 117 kr/MWh fritt industri blev intäkten per hektar 28 200 kr. Summa intäkt blev 1 485 kr/ha. Denna intäkt baseras på nuvärdesberäkningar av kostnader och intäkter under en omloppstid.

Detta skall ställas mot en konventionell motormanuell röjning. Kostnaden för detta alternativet bedömdes bli 8 225 kr/ha (bilaga 4).

Skillnaden blev 9 710 kr/ha till det maskinella alternativets fördel.

Tabell 22.

Kostnader och intäkter för respektive alternativ vid uttag av skogsbränsle under en omloppstid i planterat bokbestånd, kr.

Åtgärd	Kostnad			Intäkt	
	per m <sup>3</sup> s	per MWh	per ha	per MWh	per ha
Moma-röjning			8 000		
Arbetsledning			225		
<b>Summa kostnad moma-röjning</b>			<b>8 225</b>		
<b>Drivning, fritt väg</b>					
ÖSA 250 + EnHar	64,70	59,90	14 442		
Flisning, Erjo 9/80	22,00	20,40	4 909		
Transport, container, 60 km	19,70	18,80	4 396		
Flytt, 5 ha	1,60	1,45	350		
Stämpling	1,70	1,60	375		
Administration	5,40	5,00	1 205		
Tillväxtförlust, – näringsuttag	2,80	2,60	638		
– stickvägsareal	1,80	1,70	397		
Flispris fritt industri				117	28 197
Bruttokostnad och – intäkt			26 712		28 197
<b>Nettokostnad, bränsleuttag</b>			<b>-1 485</b>		

### *Eftersatt lövblandbestånd*

Kostnaden för avverkning och utkörning med bränsle drivaren blev knappt 95 kr/m<sup>3</sup>s (tabell 23) och baseras på en maskinkostnad på 500 kr/G<sub>15</sub>-timme och en prestation på 4,3 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. Flisningskostnaden var 22 kr/m<sup>3</sup>s och vidaretransporten knappt 20 kr/m<sup>3</sup>s. Kostnaden för stickvägsförlusten blev ca 1 040 kr/ha (bilaga 5). Den baserades på en utebliven intäkt vid förstagallringstillfället. Kostnaden för näringsförlust blev ca 170 kr/ha. Summa kostnad blev 147 kr/m<sup>3</sup>s eller ca 32 860 kr/ha. Då ingår kostnader för flytt, stämpling, administration och stickvägsförlust.

Vid en intäkt på 117 kr/MWh fritt industri blev intäkten per hektar 21 900 kr. Summa kostnad blev ca 10 545 kr/ha. Den baseras på nuvärdesberäkningar av kostnader och intäkter under en omloppstid.

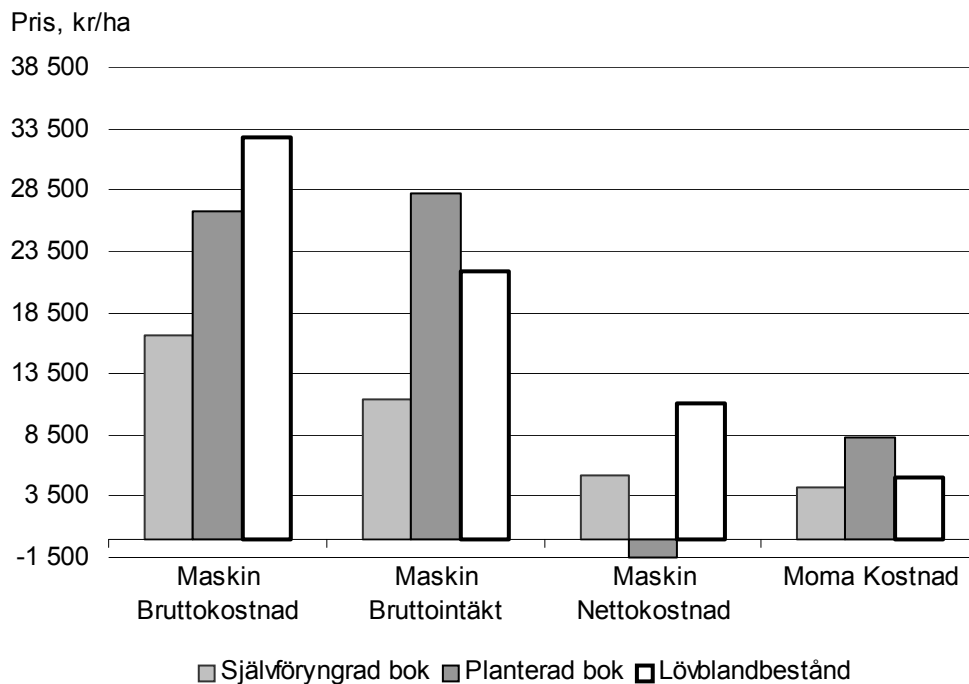
Detta skall ställas mot en konventionell motormanuell röjning och bedömdes kosta 5 025 kr/ha.

Kostnaden blev ca 5 520 kr/ha lägre i det motormanuella alternativet.

Tabell 23.

Kostnader och intäkter för respektive alternativ vid uttag av skogsbränsle under en omloppstid i eftersatt lövblandskog, kr.

Åtgärd	Kostnad			Intäkt	
	Per m <sup>3</sup> s	per MWh	per ha	per MWh	per ha
Moma-röjning			4 800		
Arbetsledning			225		
<b>Summa kostnad moma-röjning</b>			<b>5 025</b>		
<b>Drivning, fritt väg</b>					
ÖSA 250 + EnHar	94,30	110,90	20 768		
Flisning, Erjo 9/80	22,00	25,90	4 848		
Transport, container, 60 km	19,70	23,20	4 341		
Flytt, 5 ha	1,60	1,90	350		
Administration	4,25	5,00	937		
Tillväxtförlust,					
– näringsuttag	0,80	0,90	173		
– stickvägsareal	4,70	5,60	1 042		
Flispris fritt industri				117	21 914
Bruttokostnad och – intäkt			32 859	21 914	
<b>Nettokostnad, bränsleuttag</b>			<b>10 945</b>		

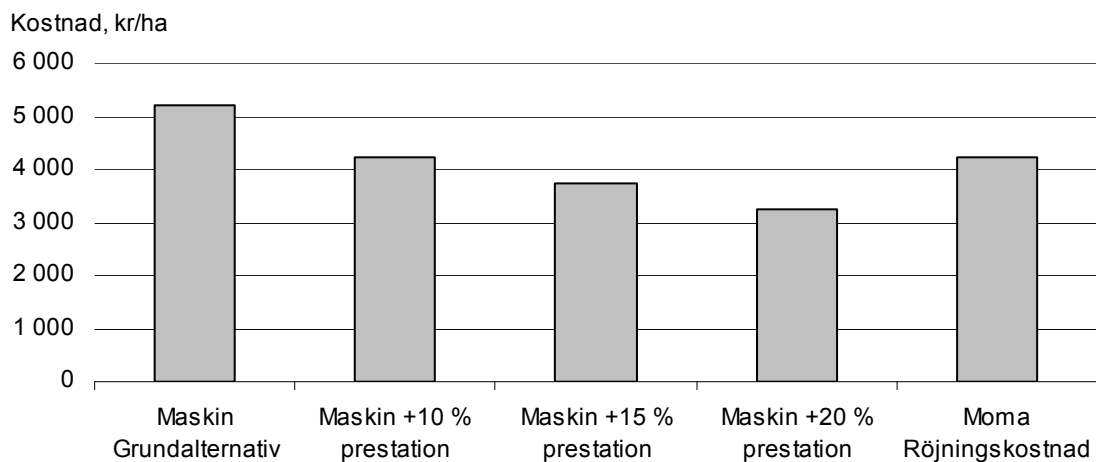


Figur 11.

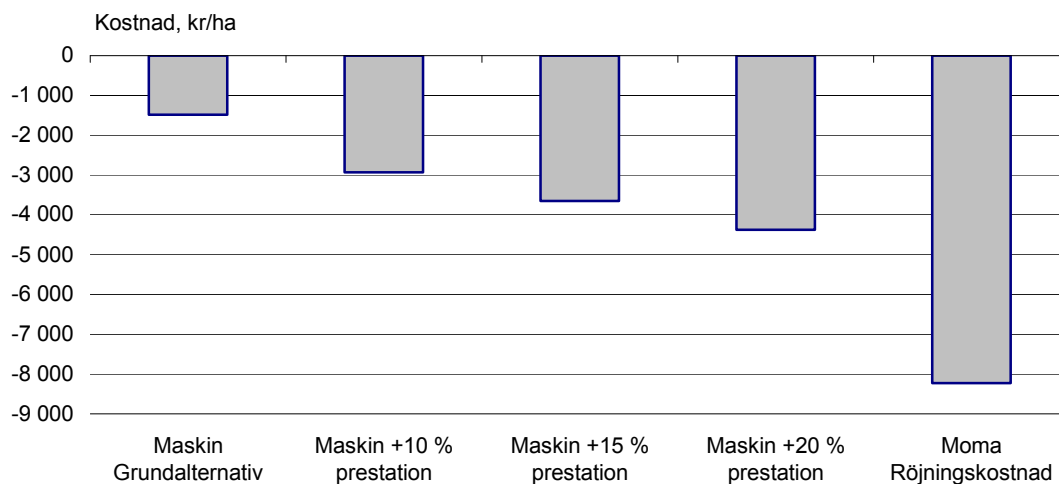
Kostnader och intäkter för respektive alternativ i självföryngrad bok, planterad bok och lövblandbestånd.

## Känslighetsanalys vid förändrad avverkningsprestation

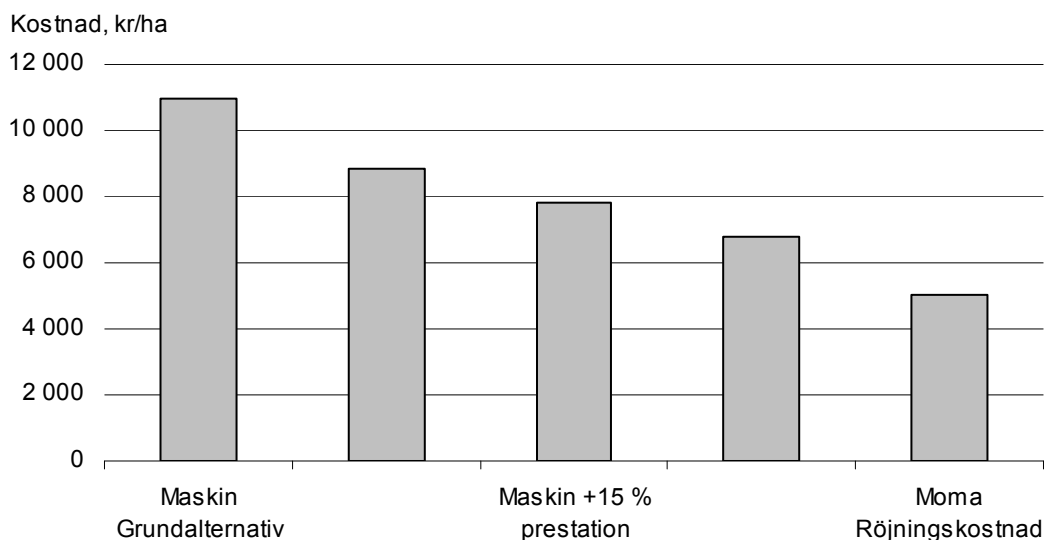
Eftersom grundalternativet visar på en prestation som maskinföraren hade efter ca en veckas körning, belyses här en förändring i avverkningsprestationen med upp till +20 % jämfört med grundalternativet (figurerna 12–14).



Figur 12.  
Förändring av kostnad per hektar vid förändring av avverkningsprestation, självföryngrad bok. Prestationshöjningen avser avverkning, terrängtransport och lossning.



Figur 13.  
Förändring av kostnad per hektar vid förändring av avverkningsprestation, planterad bok.



**Figur 14.**  
Förändring av kostnad per hektar vid förändring av avverkningsprestation, eftersatt lövblandskog

Prestationsförändringarna avser hela drivningsarbetet, d.v.s. körning till och från beståndet, själva avverkningsarbetet och lossningen vid avlägg. Flisningen är inte inkluderad.

Vid en prestationshöjning på 10 %, vilket torde uppnås inom en snar framtid, blir kostnaden för det maskinella alternativet i självföryngrad bok nästan densamma som för motormanuell röjning. Det maskinella alternativet i planterad bok är lönsam även utan prestationshöjning, jämfört med konventionell röjning. Det maskinella alternativet i lövblandskogen blir däremot inte lönsamt även om prestationen skulle öka med 20 %. Eftersom denna metod skiljer sig mycket från den studerade drivarmetoden innehåller resultaten många brister. Prestationer och kostnader är därmed inte jämförbara metoderna emellan.

## Uppföljning av praktisk drift

Under hösten 1999 har Sydved Energileveranser utfört bränsleavverkningar med den studerade maskinen i ett självföryngrad björkbestånd på inägomark. Beståndet hade inslag av gran i form av en ridå längs ena beståndskanten. Maskinen användes inte som drivare, utan enbart som stickvägsgående fällare – läggare. Stöttorna på lastbäraren var avmonterade för att få ett friare svängrum med kranen. Stickvägsavståndet var ca 18 m. Efter avverkningsmaskinen utfördes flisningen med en Erejofant, stickvägsgående flisare. Eftersom denna metod skiljer sig mycket från den studerade drivarmetoden innehåller resultaten många brister. Prestationer och kostnader är därmed inte jämförbara metoderna emellan.

### Beståndsförutsättningar

Beståndet var ett självföryngrad björkbestånd på inägomark. Medeldiametern i uttaget var 8,3 cm i brösthöjd och uttaget var 1 000 – 1 200 stammar/ha. Arealen var 10 ha. Uttaget var 88 m<sup>3</sup>/s/ha. Utbytet fördelades på ca 690 m<sup>3</sup>

lövflis och 195 m<sup>3</sup>s barrflis. Bränslevärdet i uttaget mättes vid värmeväcket till 0,94 MWh/m<sup>3</sup>s för lövet och 0,66 MWh/m<sup>3</sup>s för barret.

Tabell 24.  
Beståndsförutsättningar.

Areal, ha	10
Bedömd medelstam, m <sup>3</sup> s	0,074 – 0,088
Medeldiameter, uttag, Dbh, cm	8,3
Total inmätt volym, m <sup>3</sup> s	884
Terrängtransportavstånd, m	500

## Prestationer och kostnader

Prestationen vid avverkningsarbetet bedömdes till 110–135 träd/G<sub>15</sub>-timme eller 8,3 – 12,0 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-timme. Jämfört med studien var prestationen högre vid uppföljningen. Prestationerna är emellertid inte direkt jämförbara eftersom arbetet vid uppföljningen innebar fällning och buntläggning av träden intill stickväg, i stället för lastning på skotaren. Det senare sättet tar längre tid. Flisningen och uttransporten kom till utöver avverkningsarbetet.

Kostnaderna som redovisas är från det första objektet som avverkades av entreprenören efter försöket i april. Resultaten från kommande avverkningsarbeten torde därför bli bättre, efter en längre inkörningsperiod. Kostnaden blev ca 1 740 kr/ha. Motsvarande avverkning med en FMG Lillebror bedömdes ge ett negativt resultat, men någon kostnad är inte uppskattad. Någon kostnadsbedömning för näringsuttaget gjordes inte vid denna uppföljning. Tillväxtförlust p.g.a. stickvägsupptagning beräknades inte eftersom alternativ åtgärd var en gallring med skördare.

Tabell 25.  
Kostnader för avverkning och flisning, 884 m<sup>3</sup>s.

<b>Åtgärd</b>		
<b>Kostnad</b>		
FMG ÖSA 250 med EnHar, kr	(89 G <sub>15</sub> -tim á 450 kr)	40 050
Flisare och terrängtransport 500 m, kr	(884 m <sup>3</sup> s á 52 kr)	45 978
Transport, container, 60 km, kr	(884 m <sup>3</sup> s á 19,70 kr)	17 419
Administration, kr	(884 m <sup>3</sup> s á 5,40 kr)	4 774
Totala kostnader, kr		108 221
Kostnader per m <sup>3</sup> s, kr		122
Kostnader per hektar, kr		10 822
<b>Intäkt, kr</b>	(fritt industri)	90 817
<b>Netto kostnad, kr</b>		17 404
<b>Netto kostnad per hektar, kr/ha</b>		<b>1 740</b>

Kostnaden för flisningen var 52 kr/m<sup>3</sup>s, vilket var relativt högt. Transportavståndet var relativt långt, 500 m, och problem uppstod vid flisningen. Finkvisten i björken höggs inte sönder, utan bildade nystan, som ställer till problem i förbränningsanläggningen. Flisföraren fick därför lämna toppgrenarna på björkarna oflisade.



# Diskussion

## **Beståndsutveckling**

Produktionen i de två bokbestånden blev enligt simuleringarna 7,4 – 8,0 m<sup>3</sup>sk/ha och år under de kommande 10 åren i ett motormanuellt röjt alternativ. Det bedöms som rimligt om man jämför med tillgängliga produktions-tabeller och erfarenheter för motsvarande bördighet och beståndsålder (t.ex. Petrini, 1938, Carbonnier, 1971). I lövblandbeståndet gav simuleringarna en tillväxt på ungefär 9 m<sup>3</sup>sk/ha och år de kommande tio åren i det motor-manuella alternativet. Med tanke på det täta utgångsläget med upphissade träd-kronor kan det tyckas väl högt även om de dominerande trädslagen var av pionjärtyp (klibbal, ask och björk). Genom att genomföra ett skogsbränsleuttag med stickvägsupptag reduceras tillväxten med drygt 1 m<sup>3</sup>sk/ha och år i bokbestånden och ca 2 m<sup>3</sup>sk/ha och år i lövblandbeståndet. Då har inga effekter av näringsuttag och skador räknats med.

I det självföryngrade bokbeståndet gav tillväxtberäkningar med hjälp av Söderbergs (1986) funktioner orimligt låga värden. En förklaring kan vara att beståndet genom upprepade höggallring ("vargröjning") fått förhållandevis kläna dimensioner för sin ålder, något som funktionerna ej kunde hantera på ett godtagbart sätt. Vi tvingades därför att göra en rimlig tillväxtbedömning med hjälp av de produktionsstabeller som tagits fram av Carbonnier (1971). Dessa ger en ofullständig bild vid ung beståndsålder men ansågs ändå vara användbara.

## **Tillväxtförluster**

I studien uppstod en del skador i samband med den mekaniserade röjningen (bilaga 2), men känslighetsanalysen visade att detta får liten effekt på beståndets produktion och ekonomi. Dessutom förutsätts att andelen skadade träd kommer att minska när systemet blir väl inkört.

I och med att man tar ut biomassa ur ett bestånd vid en skogsvårdsåtgärd kommer man också att ta ut de näringsämnen som finns i biomassan. Detta kan få konsekvenser för beståndets fortsatta tillväxt. Generellt sett blir näringsuttaget större per uttagen volym om kläna stammar och grenar tas ut, där barkandelen är stor, än om grövre stammar avlägsnas (t.ex. Ericsson m.fl., 1992). Att ta ut blad och barr innebär ett ännu större näringsuttag per volym eller vikt. I den här studien togs kläna stammar och grenar ut, men inga blad. De undersökningar som fokuserat på tillväxteffekter p.g.a. uttag av trädrester har endast omfattat barrträd. De siffror som redovisats för gran varierar mellan 0 och 20 % tillväxtnedsättning under 10 år. För tall blir tillväxtreduktionen 0–15 % (Jacobsson & Kukkola; 1999, Jacobsson m.fl., 1999; Egnell m.fl., 1998). Inga relativa skillnader mellan olika ståndorter påträffades i dessa studier. För lövträd finns inga för författarna kända uppgifter på tillväxtförändringar vid uttag av trädrester, men eftersom inga blad avlägsnas är det rimligt att anta att tillväxtnedsättningarna blir mindre i kvantitet och varaktighet än hos barrträd vid motsvarande volymuttag. Detta kan motivera vårt antagande om 5 % tillväxtreduktion i 10 år även om osäkerheten är stor.

Vid avverkning av hela träd bedömde Mattsson (1999) att omloppstiden förlängs med drygt ett till drygt två år p.g.a. uttag av näringsämnen som finns bundna i grenar och toppar. I det här fallet blir tillväxtnedsättningen endast en förskjutning med ett halvt år av omloppstiden med givna förutsättningar.

## **Drivning**

Resultaten från de grundalternativ som presenterats för respektive beståndstyp visar att uttag av bränsle är en intressant metod att utveckla. Uttag av skogsbränsle i självföryngrad ädellöv med klena diametrar innebär en högre kostnad än konventionell röjning i grundalternativet. I planterat ädellöv med grövre diametrar innebär det en lägre kostnad än konventionell röjning redan i grundalternativen. Vid en prestationshöjning på 10 % är kostnaden för den maskinella röjningen i det självföryngrade ädellövbeståndet ungefär lika stor som kostnaden för konventionell röjning. Vid avverkning av triviallöv med stor alinblandning var denna metod mindre gynnsam ur ekonomisk synvinkel. En alternativ drivningsmetod kan vara att använda avverkningsmaskinen som stickvägsgående fällare-läggare som lägger upp koncentrerade trädhögar intill stickväg, vilket är beskrivet under "Uppföljning av praktisk drift". Efteråt kommer en stickvägsgående flisare. Bärigheten på marken måste då klara av en flisare utan att stickvägarna behöver risas.

Generaliserbarheten av resultaten från det planterade beståndet kan diskuteras, eftersom det finns få planterade bokbestånd. Detta bestånd fick symbolisera ett eftersatt bestånd med grova diametrar, som endast blivit röjt en gång i sin ungdom och där uttag av gagnvirke skulle blivit dyrt. Eftersatta självföryngrade ädellövbestånd torde ha en större diameterspridning än det studerade beståndet.

Det finns ett stort utrymme för både teknik- och metodutveckling. EnHar fälldon var inte anpassat för avverkning av hårt ädellöv. Tidigare erfarenheter av teknikutveckling har visat att många bra idéer och förbättringsförslag kommer först när maskiner eller aggregat kommit ut i praktisk drift. Det finns fortfarande osäkerheter om vilken basmaskin och vilken arbetsmetod som passar bäst vid olika beståndsförutsättningar.

I dag sker flisningen i skogen eller vid avlägget. Det kräver relativt dyra specialfordon för vidaretransport. En möjlighet för att kunna sänka totalkostnaden kan vara att träden direkt efter fällning komprimeras och binds ihop i form av stockar. Dessa stockar kan transporteras ut med konventionella skotare och köras till värmeverket med en vanlig virkesbil. En buntare för klen skog är under utveckling hos EFM Timmek AB i Dala-Järna.

Resultatet från den praktiska driften då maskinen enbart användes som fällare-läggare visade att prestationen var lägre jämfört med tidigare studier av EnHar (Eriksson & Nordén, 1999). Ur ekonomisk synvinkel blev det en nettokostnad för avverkningen, vilket skall jämföras med en klen förstagallring. Någon bortsettning på gallringsalternativet gjordes inte, men den skulle gå med förlust enligt skötselansvarigt skogsföretag. Enligt föraren av maskinen är det möjligt att höja prestationen i avverkningsarbetet jämfört med dagens prestation.

I praktisk bokskogsskötsel sker föryngringen av det nya beståndet successivt under en 20-årsperiod enligt Stefan Gabrielsson (1999, muntlig information). Vissa delar av beståndet är mogna för en röjning, medan andra delar är för unga. Problem kan uppstå med skogsbränsleuttag om dessa röjningsmogna delar är för små och/eller är för utspridda i beståndet. Röjningen torde ha en ekonomisk fördel jämfört med motormanuell röjning, endast om drivningen kan ske rationellt.

### **Nuvärdesberäkningar**

I detta arbete har kommande kostnader och intäkter diskonterats till tidpunkten för röjningen alternativt bränsleuttaget. De nuvärden som är framräknade baseras på ett bränsleuttag under nuvarande omloppstid. Om man vill jämföra skötselmodeller som ger olika omloppstider brukar en s.k. evighetsfaktor läggas till. I detta fallet var skillnaden mellan omloppstiderna endast 0,5 år, varför evighetsfaktorn i grundexemplet utelämnades. I denna studie användes en kalkylränta på 3 %. Valet av kalkylränta påverkar nuvärdet, varför varje användare måste ta ställning till vilken ränta som de skall använda sig av.

### **Slutsatser**

- Skogsbränsleuttag är redan nu ett ekonomiskt alternativ i grövre grovkvistigt ädellövsbestånd, som har en stor utvecklingspotential vad gäller både arbetsmetodik och maskinsystem.
- Skogsbränsleuttag i klenare ädellöv är inte lönsam i dag, men med en prestationshöjning på 10 % blir kostnaden jämförbar med kostnaden för motormanuell röjning.
- Skogsbränsleuttag ställer krav på objektsstorlek.
- Bränslevärdet i det avverkade virket har stor betydelse för flisintäkten.
- Skogsbränsleuttag medför att virkesuttaget i kommande förstagallring blir lägre än vid konventionell röjning, p.g.a. stickvägsupptagning. Virkesproduktionen blev 18–24 % lägre. Det innebär ett ekonomiskt bortfall.
- Tillväxtförluster som beror på näringsuttag och skador på kvarstående skog bedömdes bli små.

## Litteratur

- Brunberg, B., Andersson, G., Nordén, B. & Thor, M. 1998. Uppdragsprojekt Skogsbränsle – slutrapport. SkogForsk, Redogörelse nr 6, Uppsala, 60 s.
- Carbonnier, C. 1971. Bokens produktion i södra Sverige. *Studia Forestalia Suecica* 91, 89 s.
- Cannell, M.G.R., Sheppard, L.J. & Milne, R. 1988. Light use efficiency and woody biomass production of poplar and willow. *Forestry* 61: 125–136.
- Egnell, G., Nohrstedt, H.-Ö., Weslien, J., Westling, O. & Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen, Rapport 1. 1998. Jönköping, 170 s.
- Elfving, B. 1985. Five year growth in a line-thinning experiment with pine and spruce. Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P.4.02.02, Dublin, Ireland, 24–28 Sep, 1984, s. 114–121.
- Ericsson, T., Rytter, L. & Linder, S. 1992. Nutritional dynamics and requirements of short rotation forests. In: *Ecophysiology of Short Rotation Forest Crops* (eds. C.P. Mitchell, J.B. Ford-Robertson, T. Hinckley & L. Sennerby-Forsse), Elsevier Applied Science, London, s. 35–65.
- Eriksson, H. 1987. New results from plot no. 5 at Sperlingsholm estate in southwestern Sweden in the European stemnumber experiment in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 85–98.
- Eriksson, P. & Nordén, B. 1999. Klenträds hantering och bränsleuttag i efter-satta bestånd – drivningsteknik och ekonomi. SkogForsk, Arbetsrapport nr 413, Uppsala, 22 s.
- Fahey, T.J. & Hughes, J.W. 1994. Fine root dynamics in a northern hardwood forest ecosystem, Hubbard Brook Experimental Forest, NH. *Journal of Ecology* 82: 533–548.
- Hendrick, R.L. & Pregitzer, K.S. 1992. The demography of fine roots in a northern hardwood forest. *Ecology* 73: 1094–1104.
- Hornbeck, J.W., Smith, C.T., Martin, Q.W., Tritton, L.M. & Pierce, R.S. 1990. Effects of intensive harvesting on nutrient capitals of three forest types in New England. *Forest Ecology and Management* 30: 55–64.
- Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland. *Folia Forestalia* 756, 36 pp. (på finska).
- Jacobsson, S. & Kukkola, M. 1999. Skogsbränsleuttag i gallring ger kännbara tillväxtförluster. SkogForsk, Resultat nr 13, Uppsala, 4 s.
- Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 1999. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management* (in press).
- Kimmins, J.P. 1977. Evaluation of the consequences for future tree productivity of the loss of nutrients in whole-tree harvesting. *Forest Ecology and Management* 1: 169–183.

- Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1997. The role of logging residues in site productivity after first thinning of Scots pine and Norway spruce stands. In: Hakkila, P., Heino, M. & Puranen, E. (eds.), IEA Bioenergy. Proceedings from joint meeting Forest management for bioenergy, Jyväskylä, Finland, Sept. 9–10, 1996. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 640: 230–237.
- Linder, S., McMurtrie, R.E. & Landsberg, J.J. 1986. Growth of eucalypts: a mathematical model applied to *Eucalyptus globulus*. I: Crop Physiology of Forest Trees, eds. P.M.A. Tigerstedt m.fl., Helsinki University Press, Helsinki, s. 117–126.
- Lundmark, J.-E. 1983. Produktionsekologiska effekter på olika ståndortstyper vid helträdsutnyttjande – prognos baserad på ”biologisk grundsyn”. SLU, Uppsala, Skogsfakta Supplement 1: 24–31.
- Mattsson, S. 1999. Ekonomiska konsekvenser av tillväxtförluster och billigare beståndsanläggning vid skogsbränsleuttag – ett exempel på beståndsnivå. SkogForsk, Arbetsrapport nr 425, Uppsala, 39 s.
- Mälkönen, E. 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. *Silva Fennica* 10: 157–164.
- Olsson, M., Melkerud, P.A. & Rosén, K. 1993. Regional modelling of base cation losses from Swedish forest soils due to whole-tree harvesting. *Applied Geochemistry Supplement* 2: 189–194.
- Petrini, S. 1938. Boniteringstabeller för bok. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 31: 65–86.
- Pettersson, F. 1996. Effekter av olika röjnings- och gallringsåtgärder på beståndsutvecklingen i tall- och granskog. SkogForsk, Redogörelse nr 5, 1996. Uppsala, 46 s.
- Rytter, R.-M. & Rytter, L. 1998. Growth, decay, and turnover rates of fine roots of basket willows. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 893–902.
- Sikström, U. & Nohrstedt, H.-Ö. 1995. Näringstillgång som kritisk faktor för trädens tillväxt och vitalitet – erfarenheter från fältförsök. *Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 134: 111–128.
- Sinclair, E., Leijon, B. & Albrektson, A. 1992. Plantöverlevnad och tillväxt efter helträdsutnyttjande – sammanställning av fältförsök. Vattenfall, Utveckling & Miljö, Bioenergi, Rapport UB 1992/7, Vällingby, 129 s.
- SkogForsk. 1996. SkogKalk – ett program för skogliga systemanalyser från stubbe till industri. Version 1.2.
- Staafl, H. 1982. Plant nutrient changes in beech leaves during senescence as influenced by site characteristics. *Acta Oecologia/Oecologia Plantarum* 3: 161–170.
- Stone, E.L. & Kalisz, P.J. On the maximum extent of tree roots. *Forest Ecology and Management* 46: 59–102.
- Söderberg, U. 1986. Funktioner för skogliga produktionsprognoser – Tillväxt och formhöjd för enskilda träd av inhemska trädslag i Sverige. SLU, Avd. f. skogsuppskattning och skogsindelning, Rapport nr 14, Umeå, 251 s.

- Tamm, C.O. 1969. Site damages by thinning due to removal of organic matter and plant nutrients. Thinning and mechanization. Proceedings of IUFRO Meeting, Stockholm, s. 175–177.
- Thor, M. 1996. Chipset 536C stickväggsgående flisare – tidsstudie och systemanalys. SkogForsk, stencil 1996-10-02.
- Tveite, B. 1983. Heiltretynning – fare for tilveksttap. Aktuelt fra Statens fagtjeneste for landbruket 3: 98–105.
- Van den Driessche, R. 1984. Nutrient storage, retranslocation and relationship of stress to nutrition. In: Nutrition of Plantation Forests, eds. Bowen, G.D. & Nambiar, E.K.S., Academic Press, London, s.181–209.
- Warfinge, P. & Sverdrup, H. 1992. Effekter av luftföroreningar på framtida skogstillväxt. Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor II. SOU 1992:76, Stockholm, s. 379–409.
- Weetman, G.F. & Algar, D. 1983. Low-site black spruce and jack pine nutrient removals after full-tree and tree-length logging. Canadian Journal of Forest Research 13: 1030–1036.
- Ågren, A. 1968. Produktionsförluster till följd av virkestransport i gallrings-skog. I: Ska vi gallra?, Sveriges Skogsvårdsförbund, Stockholm, s.30–34.

## 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 cykel.
Klipp och flytt av	Momentet börjar när kran ut slutar. Det innefattar aggregat mellan träd 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 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.
Lastning på skotare	Momentet börjar när kran in slutar och när aggregatet passerar stöttorna till lastbäraren. Det slutar när träden släpps från aggregatet ner i lastbäraren.
Körning i bestånd	Momentet innebär flyttning av maskinen i beståndet, i detta fall på stickvägen. Det börjar normalt efter lastning av träden på skotaren. Momentet slutar när kran ut börjar.
Körning basväg	Momentet innebär förflyttning av tom eller fullastad maskin på basväg till beståndet eller till avlägget.
Lossning	Momentet börjar efter körning till avlägg slutar samt efter eventuell övrig verktid. Momentet börjar i och med att det första trädet grips med aggregatet i lastbäraren och slutar när alla träd i lastbäraren är avlastade.
Övrig verktid	Tid som ingår i normalt arbete, men som inte kan hänvisas till något av ovanstående moment. Exempelvis förberedelsetid för lossning och trädval/rekognoscering.

## Skadeorsaker och skadeandelar

Skadade träd efter avverkning, antal

Skada	Självföryngr bok	Planterad bok	Lövbland- bestånd
Rotben, stickväg	1	1	–
Körskada, stam, maskin	–	3	1
Körskada, stam, lass	5	9	2
Aggregat, kran	9	9	10
Fäll/släpskada	–	5	1
Kullkört träd	1	–	–
<b>Summa</b>	<b>16 (6,3 %)</b>	<b>27 (8,2 %)</b>	<b>14 (9,7 %)</b>





# **Nuvärde, självföryngrad bok**

**Nuvärde, planterad bok**

**Bilaga 5**

**Nuvärde, eftersatt lövblandbestånd**