

# Råvara för etanolproduktion

---

*Dan Westerberg, Gert Andersson, Staffan Mattson,  
Lars-Göran Stener och Martin Werner*

---

---

### **SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut**

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samat Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

---

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

**SkogForsk-Nytt:** Nyheter, sammanfattningar, översikter.

**Resultat:** Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

**Redogörelse:** Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

**Report:** Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

**Handledningar:** Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

# Innehåll

Sammanfattning .....	3
Bakgrund .....	4
Röjningsbestånd som råvarubas för etanoltillverkning .....	4
Biologiska och ekonomiska skäl till röjning .....	4
Historiskt perspektiv .....	5
Utredningens syfte .....	7
Material och metod .....	7
Enheter och definitioner .....	7
Skattning av tillgänglig råvara .....	9
Miljöfrågor .....	10
Tillväxtnedsättningar och näringsbalans .....	10
Effekter på flora och fauna .....	12
System och metoder .....	12
Befintlig teknik .....	12
Pågående teknikutveckling .....	13
Framtida teknik .....	14
Kostnader .....	15
Råvarupotential i röjningsbestånd .....	16
Bruttotillgångar .....	16
Nuvarande avverkningsnivåer .....	17
Tillgängliga volymer .....	19
Landet .....	20
Länsnivå .....	22
Råvarupotential i avverkningsrester från gallring- och slutavverkning .....	24
Tillgänglig mängd råvara vid sex kombinat .....	25
Råvara från röjningsbestånd .....	26
Råvara från grot vid gallring och slutavverkning .....	27
Total mängd tillgänglig råvara .....	28
Kunskapsluckor och framtida forskning .....	28
Slutsatser .....	29
Referenser .....	30
Personligt meddelande .....	31
Bilaga 1 .....	32



## Sammanfattning

Röjning genomförs för att påverka konkurrenssituationen i syfte att nå viss volyms- och kvalitetsutveckling av beståndet. I dagsläget röjs ca 200 000 ha per år i Sverige varav det mesta motormanuellt. Mekaniseringsgraden är mindre än 1 %. Biomassainnehållet i röjningsbestånden är i genomsnitt lågt, uppskattningsvis mellan 1 och 2 ton TS/ha, men kan i enskilda bestånd uppgå till över 20 ton TS/ha.

Studier i gallring antyder att negativa effekter såsom ökad markförsurning, minskat förråd av baskatjoner och kväveförluster kan erhållas vid uttag av trädrester. Tillsammans med stickvägsförluster och skador efter körning kan detta orsaka tillväxtförluster. Vid ett biomassauttag i röjningsbestånden på 5–10 tTS per hektar kan den relativa grundytetillväxten minskas upp till 5–10 %, vilket motsvarar 400–900 kr per hektar i minskad virkesintäkt vid tidpunkt för första gallringen. Dessa oönskade effekter bör dock kunna kompenseras genom t.ex. gödsling eller askåterföring kombinerat med kvävegiva.

Uppskattningar av påverkan på flora och fauna antyder att effekterna är små. Vissa biotoper kräver dock extra hänsyn. Den genomförda analysen visar på stora teoretiska tillgångar av lövved i röjnings- och röjningsgallringsbestånd. Om hela denna volym var praktiskt tillgänglig skulle enbart röjningsvirket, åtminstone under fem år framåt, kunna försörja en etanolfabrik i Falun och Skellefteå samt två industrier i Örnsköldsvik och Växjö. I Landskrona räcker däremot de teoretiska tillgångarna inte till att försörja en hel industri.

De teoretiskt tillgängliga förutsätter dock en skogsskötsel som kanske inte är önskvärd idag. Dessutom en teknik som dammsuger de röjda arealerna till sista pinne och att röjningsintensiteten kontinuerligt hålls på en jämn och hög nivå. Den praktiskt tillgängliga volymen lövved är därför betydligt mindre. Efter reduktioner för bl.a. teknisk och fysisk tillgänglighet och tillsammans med trädrester från gallring och slutavverkning uppgår praktiskt tillgänglig volym till ca 20–40 % av de teoretiska tillgångarna enligt Riksskogstaxeringens material (tabell 22, sid 26). Skall hela försörjningen av etanolfabriker komma ifrån röjningsvirke och trädrester från slutavverkning och gallring verkar Örnsköldsvik och Växjö vara de mest lämpade av de sex undersökta orterna. För Växjö kan också avverkningsrester från grövre avverkning av främst ek i södra Sverige tillkomma.

Man bör komma ihåg att de praktiskt tillgängliga volymerna skall upphandlas i konkurrens med en växande skogsbränslemarknad och vad gäller björk i de grövsta röjningsbestånden, med massavedsindustrin. Detta på en marknad där det redan i dag sker ett betydande uttag.

Frågetecknen är främst skördetekniska, ekonomiska och marknadsmässiga. För att vidare kunna bedöma om lövved från röjnings- och röjningsgallringsbestånd är en realistisk råvarubas för etanolproduktion i konkurrens

med annan användning behövs fördjupade analyser. Dessa bör omfatta både skördeteknik på beståndsnivå och volymer, sortiment, köpare och betalningsförmåga på existerande råvarumarknader i intressanta försörjningsområden.

## **Bakgrund**

### ***Röjningsbestånd som råvarubas för etanoltillverkning***

Styrgruppen för program etanolutveckling utreder bl.a. en ny metod för etanoltillverkning. Skogsråvara med lövträdsandel över åttio procent anges som en särskilt intressant råvarubas. Etanoltillverkningen planeras att ske i anslutningen till processindustri eller kraftvärmeverk. Som några tänkbara lokaliseringar för etanoltillverkning anges Skellefteå, Örnsköldsvik, Falun, Örebro, Växjö och Landskrona, (Flodin, S. pers. meddel.). För att försörja en fabrik som tillverkar 50 000 m<sup>3</sup> etanol åtgår ca 150 000 tTS skogsråvara. Det är således frågan om stora råvarukvantiteter.

Lövträden står för ca 15 % av skogstillgångarna. Björk är det dominerande trädslaget som utgör två tredjedelar av det totala lövträdsförrådet. En stor del av lövtillgångarna finns i blandskog av barr- och lövträd samt i yngre skog. Förutom tillgångar i röjnings- och gallringsskog finns potential för ökat lövträdsutnyttjande genom tillvaratagande av trädrester efter avverkning i äldre löv- och lövblandbestånd. Avverkning av framför allt ek, men även bok, medför ofta betydande volymer grenar och toppar samt rundvirke vilka inte nyttjas av massaindustrin.

Under senaste decenniet har den inhemska tillgången på lövmassaved inte täckt skogsindustrins behov. Utnyttjande av lövved för bränsleändamål eller etanoltillverkning kommer således delvis att konkurrera med massaindustrins behov. Det är därför av intresse att studera tillgängliga volymer lövträd i beståndstyper där uttag av massaved normalt inte förekommer. Det vill säga klenare beståndstyper där röjning- och röjningsgallring är aktuella behandlingar.

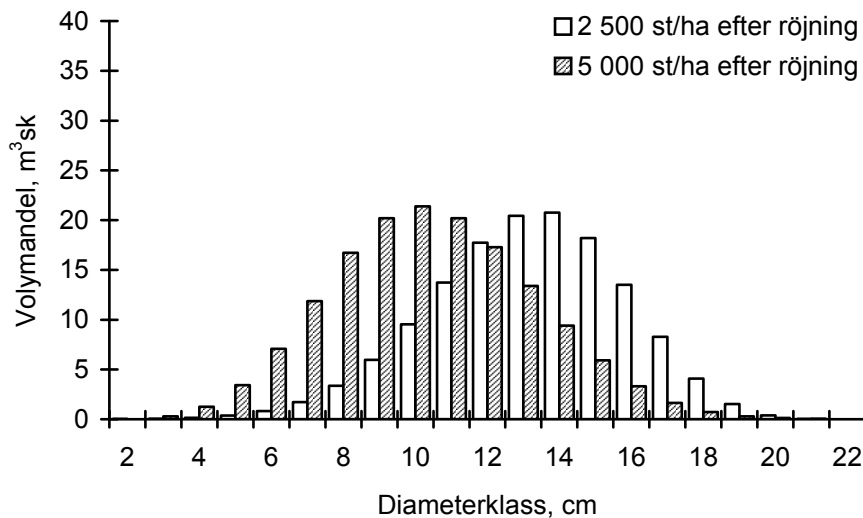
Tekniken för tillvaratagande av råvara i röjning- och röjningsgallringar är i dag relativt outvecklad. Detta gör att kostnaderna för att tillvarata klena dimensioner är höga. En ökad efterfrågan på råvara i yngre bestånd skulle stimulera utvecklingen av teknik och metoder för tillvaratagande av skogsbränsle- och etanolråvara i röjning- och röjningsgallringar.

### ***Biologiska och ekonomiska skäl till röjning***

Lövröjning syftar oftast till att minska björkens konkurrens med tall och gran. Röjningen utförs innan skador uppkommit på barrträden och behöver ibland upprepas en eller flera gånger under omloppstiden. Vid lövröjning av tall- eller blandbestånd lämnas i allmänhet lövträd i luckor och på fuktiga områden. I granbestånd lämnas oftast mer löv bl.a. i form av lågskärmar över granplantorna. Lågskärmen skyddar granplantorna mot frost och

hämmar stubbskottsuppslag. Den är i början relativt tät, ca 4 000 stammar per hektar, men glesas ut i takt med att granarna växer upp. De stammar som tas ut ur en lågskärm kan ge ett betydande tillskott i form av biobränsle.

Ungskogsröjning, eller vanligast enbart röjning, görs generellt när det tilltänkta beståndet är två till tre meter högt. Syftet är att öka tillväxten och stamvolymen på det kvarvarande beståndet, att gynna kvalitativt bra träd samt att öka stabiliteten mot vindfällning och snöbrott i det kvarvarande beståndet. Tidpunkten för röjningen och antalet träd som lämnas kvar varierar beroende på trädslag, bonitet och framtida syften med beståndet. Om syftet är att producera kvalitet utförs röjningen i flera steg där många träd lämnas kvar efter varje ingrepp och där slutröjningen sker sent i beståndets ålder. I allmänhet brukar stamantalet ligga mellan 2 000 och 3 000 stammar per hektar efter sista röjningen. Figur 1 illustrerar konsekvenserna av olika röjningsregimer. Figuren visar volymfördelning i olika diameterklasser i ett modellbestånd av tall vid 12 m övre höjd, efter röjning till 2 500 st/ha respektive 5 000 st/ha. Som framgår av figuren fördelar sig volymen på fler och klenare stammar vid en svagare röjning. Detta medför högre avverkningskostnader och större risk för vind- och snöskador fram till första gallring, men innebär ofta en bättre kvalitetsutveckling, framför allt i tallbestånd. Figuren är baserad på Pettersons (1992) funktioner för beståndsutveckling efter röjning.



**Figur 1.**  
Volymfördelning på diameterklasser i ett typbestånd av tall vid 12 m.ö.h. efter två olika röjningsregimer.

Trenden inom svenskt skogsbruk har under de senaste åren gått mot senare röjning, fler lämnade träd per hektar och en ökad inblandning av lövträd i bestånden.

### **Historiskt perspektiv**

Under 50, 60 och 70-talen ökade den röjda arealen i Sverige relativt långsamt, för att i början på 80-talet ta ett kraftigt kliv uppåt. En starkt bidra-

gande orsak var förbudet mot kemisk lövbekämpning. Efter 1990 minskade dock röjningsarealen och låg 1994 på samma nivå som före förbudet (figur 2). Minskningen kan hänföras till ökad effektivitet och ökat kostnadsmedvetande i spåren av en djup lågkonjunktur, men också till förändrade ambitioner. Minskningen har också ett samband med slutavverkningsarealerna. Under 70-talets senare hälft minskade den totala slutavverkningsarealen från ca 300 000 ha/år till ca 200 000 ha/år. Detta har med ca 10 års förskjutning påverkat röjningsarealerna.



**Figur 2.**  
Total röjd areal i Sverige 1950 till 1994 (1950–1970 inkluderar även kemisk bekämpning). Källa: Skogsstatistisk årsbok 1996.

Vid en analys av röjningsbeståndens beskaffenhet (Bjurulf, 1991) fördelade sig arealerna med röjningsskog höjdmässigt enligt tabell 1.

**Tabell 1.**  
Höjdfördelning på röjningsarealerna (Bjurulf, 1991).

Beståndstyp, medelhöjd	Arealandel, %
Plantskog <1,3 m	23
Ungskog 1,3–3 m	32
Ungskog >3 m	45



Röjning genomförs i dag övervägande med motormanuell teknik trots att teknik för maskinell röjning finns. Utvecklingen av maskinella metoder inleddes under 1980-talet och omfattade i början av nittiotalet två till tre procent av den totala röjningsarealen. Små beståndsgående gallringsskördare med ökad markfri gång försedda med röjningsaggregat, användes som röjningsmaskiner. Under mitten av 1990-talet har dock skogsbrukets personalrationaliseringar medfört en ökad tillgång på motormanuellt arbetande röjningsentreprenörer. Dessa röjer till konkurrenskraftiga priser, vilket medfört att utvecklingen av röjningsmaskiner stagnerat och att användningen av befintliga maskiner minskat. I dag röjs mindre än en procent av röjningsarealen i Sverige maskinellt. Kommersiellt uttag av biomassa sker i begränsad omfattning i klena bestånd främst för bränsleanvändning. Därvid nyttjas manuell fällning varefter stammarna skotas till bilväg eller flisas i beståndet med en terränggående flisare. Ett effektivt aggregat, vilket klarar mekaniserad fällning och sammanföring, torde krävas för att nå större volymer i bestånd med en medeldiameter under 10 cm.

## Utredningens syfte

**Utredningens syfte är att skatta volymerna skogsråvara lämpade för etanoltillverkning genom att:**

- Kvantifiera intressanta volymer i främst röjnings- och röjningsgallringsbestånd samt trädrester efter avverkning i löv- och lövblandbestånd.
- Skatta råvarans sammansättning (trädslagsblandning).
- Beskriva var volymerna finns samt skillnader mellan olika delar av landet.

**Som komplement utförs en översiktlig beskrivning av:**

- Teknik och kostnader för avverkning, insamling och vidaretransport samt,
- Uttagets eventuella påverkan på flora, fauna och näringsbalans.

## Material och metod

### ***Enheter och definitioner***

Enligt Skogsordlista TNC 96 gäller följande definitioner. Röjning definieras som en beståndsvårdande utglesning av skog, företrädesvis unga bestånd, utan uttag av virke. Med röjningsgallring avses också en beståndsvårdande utglesning av skog men där både röjning och gallring företas. Termen kombinationshuggning förekommer synonymt med röjningsgallring. Gallring definieras som utglesning av skog under tillvaratagande av virke. Med gällande definitioner suddas således gränserna ut mellan röjning och gallring, om röjningsvirke börjar tillvaratas

förenergi- eller etanolproduktion. I denna rapport kommer dock benämningen röjning att användas på alla bestånd där uttaget inte uppnått massavedsdimensioner. Följaktligen kommer gallring att avse utglesning, där uttaget tas tillvara i form av massaved och eventuellt timmer.

**Nedan definieras de enheter och sortomvandlingar som används i rapporten:**

G<sub>15-h</sub> Verklig drifttid inklusive avbrott och raster kortare än 15 minuter.

M<sup>3</sup>s Kubikmeter stjälpt mått (bulkmått).

M<sup>3</sup>sk Kubikmeter stamvolym över stubbskåret inklusive topp och bark men exklusive grenar.

M<sup>3</sup>f Kubikmeter fast mått.

Ton TS Ton torrs substans.

När det gäller omvandlingstal mellan m<sup>3</sup>sk och tTS så finns det inga framtagna. Parikka (1997) har dock visat på en metod för konvertering av träd-biomassa på beståndsnivå. Den funktion som han använder är:

$$\ln(\text{TS}) = b_0 + b_1 \times \ln(V) + E$$

Där TS är tTS/ha, V är volymen i m<sup>3</sup>sk/ha och E är relativt medelfel. Utifrån två exempel på beståndsbiomassa i Norrbotten (Parikka, 1997) kan man lösa ut följande funktion:

$$f(V) := e^{(a + b \cdot \ln(V) + E)}$$

$$a = 0,30583, b = 0,81643 \text{ och } x = 0,0457$$

med följande konstanter:

$$a = 0,09395, b = 0,94387 \text{ och } x = 0,0249$$

Funktionen kan inte användas som direkt omvandlingstal och är antagligen endast tillämpbar vid volymer upp till kanske 20 till 30 m<sup>3</sup>sk/ha. Detta visas också av att om man sätter in små värden som t.ex. 2 m<sup>3</sup>sk/ha får man ut ca 2,5 tTS/ha (omv. tal 1,25) medan om man sätter in 100 m<sup>3</sup>sk/ha får man ut ca 60 m<sup>3</sup>sk/ha (omv. tal 0,61). Omvandlingstalet sjunker således med ökat förråd per hektar. Eftersom vi har bedömt att de mest intressanta volymerna finns i röjning i huggningsklass B3 där förrådet, sett på landet som helhet, ligger på drygt 30 m<sup>3</sup>sk/ha har vi i våra beräkningar valt 0,77 som omvandlingstal mellan m<sup>3</sup>sk och tTS, vilket erhålls enligt Parikkas (1997) funktion vid 30 m<sup>3</sup>sk/ha. Enligt Parikkas funktion sker därmed en underskattning av volymerna TS i röjningar med förråd under 30 m<sup>3</sup>sk/ha. Uttag av biomassa i klenare bestånd är dock tekniskt svårt och en eventuell underskattning av volymen bedöms bättre än en eventuell överskattning.

Skogens utvecklingsgrad kan beskrivas med hjälp av huggningsklasser. I denna rapport har Riksskogstaxeringens indelning använts, vilken framgår nedan.

- A Kalmark och olämplig slyskog.
- B1 Plantskog med medelhöjd under 1,3 m.
- B2 Ungskog med medelhöjd mellan 1,3–3 m.
- B3 Ungskog med medelhöjd över 3 m.
- C1 Gallringsskog. Ogallrad, klenare än 20 cm.

Röjning definieras som uttag av stammar <10 cm i brösthöjd.

Lövröjning definieras som uttag av företrädesvis lövstammar <10 cm.

Övrig åtgärd definieras i huggningsklass B3 som avverkning av olämpligt skikt och överståndare.

**Tabell 2.**  
Sortomvandlingar mellan volym-, vikt- och energimåttenheter. Endast ovanjordsdelar av hela träd avses.

	m <sup>3</sup> s	m <sup>3</sup> sk	ton TS	MWh	m <sup>3</sup> f
1 m <sup>3</sup> s	1		0,17	0,8	0,4
1 m <sup>3</sup> sk		1			
1 ton TS	5,9		1	4,72	2,36
1 MWh	1,25		0,21	1	2,1
1 m <sup>3</sup> f	2,5		0,42	0,48	1

### **Skattning av tillgänglig råvara**

Som underlag för att skatta tillgängliga volymer har Riksskogstaxeringens material från åren 1990–1995 använts. Detta har givit bruttotillgångar i plantskog, ungskog och ogallrad skog. För att öka upplösningen har indelningen av plantskog och ungskog i olika höjdklasser använts. För definitioner och benämning på huggningsklasser se nästa avsnitt.

En enkel skattning av mängden tillgänglig råvara gjordes genom att den faktiskt röjda arealen i varje län enligt tre års medelvärden redovisade i Skogsstatistisk årsbok 1996, åsattes en volym genom Marklunds (1981) funktioner för uppskattning av tillgänglig biomassa i röjningsbestånd.

En andra skattning gjordes på basis av Riksskogstaxeringen bedömt åtgärdsförslag: röjning och lövröjning, i klasserna B1–B3, övrig åtgärd i klasserna B3, C1 samt gallring i klasserna B2, B3. Varje åtgärdsförslag representerades för hela landet och länsvis av en areal, en volym och ett stamantal. Därvid erhöles länsvis ett bruttoförråd på en areal med bedömt röjningsbehov av

löv och barr. Möjligt uttag skattades därefter på två sätt. Den första skattningen gjordes för hela landet som differensen i volym per hektar mellan bestånd som bedömts ha ett röjningsbehov, och bestånd som inte bedömts ha ett röjningsbehov. Den andra skattningen gjordes på arealer i huggningsklasser som bedömdes speciellt intressanta för uttag av biomassa före gallring. Dessa var klasserna B3 och C1 som bedömts måste röjas, lövröjas eller övrig åtgärd (bl.a. avverkning av övriga skikt) samt klasserna B2 och B3 som bedömts ha behov av gallring. Av de volymer som bedömts ha behov av övrig åtgärd räknades endast volymerna löv in, för att utesluta avverkning av överståndare. Dessa arealer röjdes ned till ett schablonmässigt stamantal på 2 000 stammar/ha i huggningsklasserna B2, B3 och 1 500 stammar/ha i klass C1. Inget uttag gjordes sålunda om stamantalet understeg 2 000 respektive 1 500 stammar per hektar. Det länsvis möjliga uttaget av biomassa bestämdes därefter genom förrådet i de olika huggningsklasserna. Där åtgärd bedömts nödvändig, reducerades med ett relativt uttag baserat på schablonmässigt stamantal i förhållande till faktiskt stamantal per hektar.

Skattning av tillgänglig mängd råvara från avverkningsrester av olika lövträd efter gallring och slutavverkning redovisas i separat bilaga avseende grundtabeller, material och metod.

## Miljöfrågor

Mycket få forskningsresultat angående miljöeffekter av biomassauttag i röjningsbestånd har publicerats i Sverige. Skogsstyrelsen anger i sin författningssamling 1986:1 allmänna, icke bindande, råd angående uttag av träddelar utöver stamvirke på skogsmark. I dessa råd anges bl.a. att träddelar i förstagallringar ej bör tas ut på torra eller friska marker med låg produktivitet. Inga begränsningar anges för uttag vid röjning. Dessa rekommendationer är dock under revision, och förändringar baserade på nya forskningsresultat är att vänta inom kort. Dessa förändringar förväntas leda till färre restriktioner, eventuellt förutsatt att kompensationsåtgärder för att täcka förlusterna av näringsämnen och baskatjoner genomförs.

## ***Tillväxtnedsättningar och näringsbalans***

När det gäller tillväxtförluster orsakade av bortförande av biomassa i röjningsbestånd finns det få undersökningar att luta sig emot. Däremot finns det försök med helträdsuttag i gallring som kan ge en viss vägledning. Dessa antyder att tillväxten kan sjunka något, mellan 0 och 3 % sett över en omloppstid (Leijon, 1996a,b). Sett på kortare sikt blir tillväxtförlusterna större. Jacobsson (1996) redovisar tillväxtförluster på maximalt 20 % och ett genomsnitt på 4 till 5 % av den relativa grundytetillväxten under en 10-årsperiod. Tillväxtförlusten visade inga tecken på avtagande efter 10 år, utan kan antas fortsätta verka i kanske 15–20 år. Uttaget i Jacobssons (1996) studier låg i genomsnitt på 9 till 10 tTS per hektar. Om uttagen blir lika stort i röjning kan man tänka sig att också tillväxtförlusterna i relativa tal blir lika stora. Mot detta talar att röjningsstammarna är lägre och inte har ett lika ut-

byggt rotsystem som träden i gallring. De har därför svårare att utnyttja markens produktionsförmåga tillfullo och man kan anta att kvävet därför inte är lika begränsande för tillväxten som i äldre skog. Ett röjningsbestånd kanske inte är lika känsligt för bortförsel av kväve som ett äldre bestånd men troligen får man en negativ tillväxteffekt efter biomassauttag även i röjningsbestånd.

Några studier som belyser hur stora effekterna på näringsbalansen är vid biomassauttag i röjningsbestånd har ej kunnat återfinnas. Modelleringar och studier av biobränsleuttag vid gallring och slutavverkning tyder på att förrådet av baskatjoner minskar. Brist på kalium, kalcium och magnesium skulle därför kunna uppstå och orsaka lägre tillväxt samt minskad buffringsförmågan mot försurning. För en uthållig produktionsförmåga är därför kompensationsåtgärder såsom t.ex. gödsling eller askåterföring nödvändiga. Därtill kan skogsbränsleuttag medföra högre borttransport av kväve än vad som tillförs genom deposition (Olsson, M., Olsson, B.A. & Jacobsson, S. 1996).

Jämför man olika trädslag kan man konstatera att halterna av näringsämnen i stort sett är jämförbara vad gäller gran och björk samt något lägre i tall. Jämförelsen förutsätter att man tar ut björkbiomassan när träden är avlödade.

Andra former av tillväxtnedläggningar orsakas av införandet av stickvägar och maskiner i bestånden. Stickvägarna minskar den virkesproducerande arealen. Ett överslag baserat på Pettersons (1992) funktioner för beståndsutveckling efter röjning, tyder på att produktionsförlusten för stickvägsarealen kan uppgå till mellan 5 och 10 % av volymen vid första gallringen. I jämförelse med gallring kan man tänka sig att stickvägsförlusterna i röjning är allvarigare eftersom träden är lägre och rotsystemen inte lika täckande, vilket gör att det tar längre tid för rötterna att växa in i stickvägen och tillgodogöra sig den kala markens näringsämnen.

I en litteraturstudie av skador efter körning i gallring (Andersson, 1980) redovisas exempel på årliga tillväxtförluster på ca 8 % orsakade av stickvägsareal samt stam- och markskador. Tillväxtförlusterna kan dock vara lägre i röjningsbestånd bl.a. med tanke på de mindre utbredda rotsystemen och dagens skonsammare maskiner. Å andra sidan kan den också tänkas bli större på grund av att träden i röjningsbestånden har mindre, ytligare och känsligare rotsystem. Valet av maskin, lastens storlek och antalet överkörningar kan ha stor inverkan på eventuella tillväxtförluster efter uttag av biomassa i röjningsbestånden.

Om man räknar samman bedömda tillväxtförluster på grund av bortförsel av näringsämnen, stickvägsförluster och skador efter körning, får vi ett spann på 9–15 %. Att tillväxtförlusterna i enskilda bestånd kan nå de nivåerna, och mer därtill, visar bl.a. Jacobsson (1996). Det går dock inte att anta att tillväxtförlusterna generellt ligger på den nivån. Man kan kanske räkna med 5–10 % lägre relativ grundytetillväxt fram till första gallringen efter ett biomassauttag på 5–10 tTS i ett röjningsbestånd.

Eftersom uttag av biomassa i röjningar förmodligen kommer att bli mest aktuellt på medelgoda till bättre boniteter, kan det vara intressant att se vilka kostnader eventuella tillväxtförluster kan medföra fram till första gallringen. Ett granbestånd på medelgod bonitet har en löpande tillväxt på ca 7–9 m<sup>3</sup>sk/ha, år och ett bestånd på god bonitet en löpande tillväxt på ca 15–16 m<sup>3</sup>sk/ha, år (Eriksson, 1976). Om vi i ett grovt överslag antar att den löpande tillväxten uppgår till 10 m<sup>3</sup>sk/ha, år och det är 20 år fram till första gallring innebär en tillväxtförlust på 5–10 % att det faller ut 10–20 m<sup>3</sup>sk/ha mindre i första gallringen än om man lämnat biomassan i röjningen. Vid en drivningskostnad på 165 kr/m<sup>3</sup>fub och en massavedsintäkt på 216 kr/m<sup>3</sup>fub, innebär detta ett tänkbart inkomstbortfall på 428–857 kr/ha. Detta får där- efter ställas mot intäkterna för röjningsvirket och eventuella kostnader för kompensationsgödsling.

### **Effekter på flora och fauna**

Råvara för etanolproduktion är inriktad på lövvirke samtidigt som det i dag finns en strävan att öka lövinslaget i de svenska skogarna. Speciellt äldre lövträd bedöms vara en bristvara och en orsak till att vissa lavar, svampar, insekter och fåglar i dag är sällsynta eller hotade. Ett planerat uttag av löv där en ”lämplig” mängd lövträd lämnas efter röjning, bör dock inte utgöra något hinder för att bygga upp lövförrådet. För att göra korrekt bedömning av vilka lövträd som skall avverkas respektive lämnas, krävs utbildning av de som skall utföra avverkningsarbetet.

Påverkan av biomassauttag i röjningsbestånd på mindre markorganismer verkar vara måttlig. I en del biotoper bör dock särskilda hänsyn tas. Exempel är övergivna hagmarker, skogsbryn, åkerholmar, stränder, öar samt restbiotoper i skogsmark (Weslien, 1994). Samtidigt kan dessa områden lokalt innehålla stora mängder biomassa och därigenom vara intressanta för uttag. Weslien, (1994) anger dock att en insiktsfull utglesning av bryn, åkerholmar, och igenväxande hagar kan vara mest positiv om den utförs i samråd med flora- och faunavårdsexpertis. Väl utbildad personal som kontinuerligt arbetar i denna miljö borde dock kunna minska behovet av samråd med flora- och faunavårdsexpertis.

## **System och metoder**

### **Befintlig teknik**

De metoder som kan utnyttjas i dag är sådana där röjningsvirket fälls och sammanförs manuellt. Flisning kan därefter utföras i terrängen, vid väg eller vid industri. Kommersiellt utnyttjande av virke från klena bestånd är i dag måttligt.

SkogForsk (Thor, 1996) har under 1996 genomfört studier av en terränggående flisskördare, Chipset 536 C. Denna flisare har fördelen att kunna matas från båda sidor. Studierna gav lovande resultat i klena gallringar. I ett bestånd med en medeldiameter på ca 10 cm i brösthöjd och med 2 700 st/ha,

låg maskinens prestation på ca 20 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-h (ca 3,4 ton TS). Fällning och sammanföring genomfördes med engreppsskördare. Resultatet antyder att tekniken kan vara intressant även i stamtäta och överhållna röjningsbestånd.

Erfarenheter från gallring visar att skotning av hela träd är dyrt. Aktuella maskiner måste därför ha stor lastkapacitet. Ökad lasthöjd eller extra vagnar på vanliga skotare är lösningar (Brunberg, Hillring 1996) som kan vara aktuella även i röjningsbestånd.

Oflisat material kan lagras upp till ett år. Det rekommenderas då att vältan ligger luftigt och åtkomlig för vind. Täckning med armerad papp kan vara lämpligt. Om materialet skall lagras flisat bör man sträva efter en initial fukthalt ≤35 %, homogen fraktionsstorlek, rena sortiment samt 6–7 m höga, icke komprimerade, stackar (Wigren et al. 1993).

Gullberg (1989) har studerat bl.a. en MB-Trac jordbrukstraktor med frontmonterad flishugg under olika arbetsmetoder. Studier och driftstatistik från en mängd olika beståndstyper visade på prestationer mellan knappt 4 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-h (fällning med fälldon) och drygt 5 m<sup>3</sup>s/G<sub>15</sub>-h (handmatning).

Detta motsvarar ca 0,7–0,9 ton TS/G<sub>15</sub>-h. Ekonomiska analyser av typbestånd visade att metoden med 1989 års kostnadsnivå kan vara lönsam vid en medeldiameter på ca 3,5 cm och högre.

### ***Pågående teknikutveckling***

Flerträdshanterande aggregat för fällning och sammanföring av klana träd har länge varit en önskad teknik inom skogsbruket. Det finns i dag inga effektiva lösningar i praktisk drift, men det pågår en intressant teknikutveckling där tre olika prototyper körs i provdrift. SkogForsk kommer att utvärdera dessa aggregat under 1997. De första preliminära erfarenheterna från dessa prototyper är att träd med en brösthöjdsdiameter på ned till 5 cm bör kunna hanteras effektivare än förut och med en prestation om ca 200 träd per G<sub>15</sub>-timme.

Flerträdshanterande aggregat som fäller och sammanför virket i mindre buntar kan sedan ingå i ett system där;

- Träden fälls och sammanförs till en stickväg för att därefter sönderdelas av en terränggående flisare.
- Träden fälls och sammanförs till en stickväg för att skotas ut till bilväg för vidare transport till terminal eller sönderdelning direkt vid bilväg.

En skattning av kostnadsutrymmet för mekaniserad fällning och sammanföring kan göras på grundval av kända kostnader för övriga deloperationer i systemet. En grov skattning av kostnadsutrymmet för fällning och sammanföring av den klena skogen visar att momentet får kosta 50–80 kr per m<sup>3</sup>fub, se tabell 3.

**Tabell 3.**  
**Kostnadsutrymme för mekaniserad fällning av klena stammar. En kalkyl baserad på preliminära erfarenheter från ett antal prototyper.**

		Flisning i bestånd	Flisning vid bilväg
Flisning i bestånd		42–47	
Skotning			25–30
Flisning vid bilväg			25–30
Pris fritt bilväg		76	76
Fällning	kr/m <sup>3</sup> s	29–34	16–26
	kr/m <sup>3</sup> f	72–85	40–65

Givet detta kostnadsutrymme och att prestationsnivån är ca 200 träd per G<sub>15</sub>-timme, kan en skattning göras av olika beståndsfaktorer såsom t.ex. medelstammens diameter och volym. I tabell 4 visas den prestation som minst måste uppnås för olika grova medelstammar och vid olika maskin och fällningskostnader. Vid en maskinkostnad på 500 kr per G<sub>15</sub>-timme för en mindre basmaskin och 700 kr per G<sub>15</sub>-timme för en större basmaskin, kan det avverkade beståndet lägst ha en medeldiameter i brösthöjd på 7–10 centimeter.

**Tabell 4.**  
**Minsta medelstam möjlig att hantera i ett helmekaniserat system, givet en prestation på ca 200 stammar per G<sub>15</sub>-timme, maskinkostnad på 500 respektive 700 kr per G<sub>15</sub>-timme och ett kostnadsutrymme för fällningen på 50 respektive 80 kr per m<sup>3</sup>fub. Uppskattning baserad på tidiga erfarenheter från tre prototypaggat.**

Maskin-kostnad kr/G <sub>15</sub> -h	Kostnad fällning kr/m <sup>3</sup> f	Minsta pres- tation m <sup>3</sup> f/G <sub>15</sub> -h	Medelstam, m <sup>3</sup> fub (diameter brösthöjd, cm)				
			0,01 (4,5)	0,02 (6,5)	0,03 (7,5)	0,04 (8,5)	0,05 (9,0)
			minsta prestation stammar/ G <sub>15</sub> -h				
500	80	6,25	625	313	<b>208</b>	<b>156</b>	<b>125</b>
500	50	10	1 000	500	333	250	<b>200</b>
700	80	8,75	875	438	292	<b>219</b>	<b>175</b>
700	50	14	1 400	700	467	350	280

Vid en sen röjning, d.v.s. en dyr konventionell röjning, kan man genomföra ett biomassauttag med en mindre förlust. Kan man acceptera en fördyring om ca 1 000 kr per hektar, eller en ungefärlig fördubbling av kostnadsutrymmet för fällningsoperationen, halveras prestationskravet. Då blir den klenaste stammen som är möjlig att ta tillvara 5–8 cm i brösthöjd.

### **Framtida teknik**

Med framtida teknik avses sådan som möjliggör uttag i större skala av klenare dimensioner. Det största problemet för utveckling av storskalig teknik



är effektiv skörd och sammanföring av stammar under 5 cm i brösthöjd. Ett kontinuerligt arbetande, kranspetsmonterat flisningsaggregat med flisbalja kan vara en möjlig lösning. Denna teknik torde dock ligga relativt långt fram i tiden.

**Figur 3.**  
**Principskiss för flisskördare anpassad för uttag i röjningsbestånd (Jonsson et al. 1992).**

### ***Kostnader***

Danielsson et al. (1990) redovisar kostnadskalkyler baserade på förhållanden i södra Sverige. Vid en aritmetisk medeldiameter  $\geq 5$  cm och ett transportavstånd på 30 km till värmeverk, erhöles en kostnad på 220 Skr/m<sup>3</sup> bio-bränsle, vilket motsvarar ca 110 Skr/MWh (1990 års kostnadsläge). Klenare röjningsbestånd medför betydligt högre kostnader. I tabell 5 visas kostnadernas fördelning på olika poster.

**Tabell 5.**  
**Kostnadernas fördelning på de ingående posterna**  
**(Danielsson et al. 1990).**

Kostnadspost	Skr/m <sup>3</sup> f biobräsle
Merkostnad fällning	20,0
Uttag och sönderdelning	114,3
Transport, avlägg-värmeverk	37,2
Ersättning till markägare	27,5
Administration, 10 %	19,9
Summa	218,9

Danielsson gör också en kostnadsjämförelse mellan olika typer av uttag i södra Sverige (tabell 3). Enligt denna jämförelse är uttaget i röjning endast marginellt dyrare än uttaget efter slutavverkning. Dock poängteras att rått, krossat bräsle från träddelexport (röjning, gallring) ger högre fukthalt och därmed lägre kvalitet än bräsle från andra uttag. Kalkylerna baseras på följande system:

- Röjning: Manuell röjning följt av flisning med traktormonterad flishugg och balja (MB-Trac). Transport till värmeverk.
- Träddelexport: Fällning och sammanföring med beståndsgående maskin (FMG 0410) följt av utskotning av träddelexporterna och transport till värmeverk via terminal.
- Sen gallring: Fällning och kvistning av timmerdel med engreppsskordare. Uttransport med gripsågsskotare. Transport till värmeverk via terminal.
- Slutavverkning: Utskotning av avverkningsrester. Flisning vid avlägg. Transport till värmeverk.

**Tabell 6.**  
**Kostnadsjämförelse mellan olika metoder för biobräsle-**  
**uttag (Danielsson et al. 1990).**

Metod	SkrK/m <sup>3</sup> f biobräsle
Träddelexport, tidig gallring	180
Slutavverkning	210
Röjning ≥5 cm brh-diam	220
Sen gallring	240

## Råvarupotential i röjningsbestånd

### **Bruttotillgångar**

Röjningsvirkets andel av Sveriges totala virkesförråd uppskattas till mellan 1 och 2 % (Berg et al. 1996). Merparten av röjningsvirket finns i huggningsklasserna A–B samt någon liten del i C1. Fördelningen av de totala volymerna i Sverige på olika trädslag och huggningsklasser visas i tabell 7.

**Tabell 7.****Totalt virkesförråd i hela landet fördelat på träslag och huggningsklasser 1 000 tTS).**

Hkl	Barr	Björk	Asp	Ek	Bok	Öv. ädl.	Övr.löv	Vindf.	Totalt
A-B	61 501	19 915	1 930	923	383	173	3 771	1 773	90 371
C1	261 053	56 776	5 211	1 882	357	465	8 708	4 685	339 135
C2	80 212	8 791	972	813	333	157	2 251	757	94 286
C3+C4	279 732	34 619	5 775	6 336	5 613	939	7 088	5 039	345 140
D1	418 602	37 328	5 522	4 082	2 429	927	6 172	8 586	483 645
D2	658 733	50 654	7 595	5 443	3 146	1 491	10 492	18 118	755 674
Summa	17 598 348	208 083	27 005	19 478	12 262	4 153	38 481	38 956	2 108 252

I tabell 8 visas länsvis fördelning för huggningsklasserna A–C1.

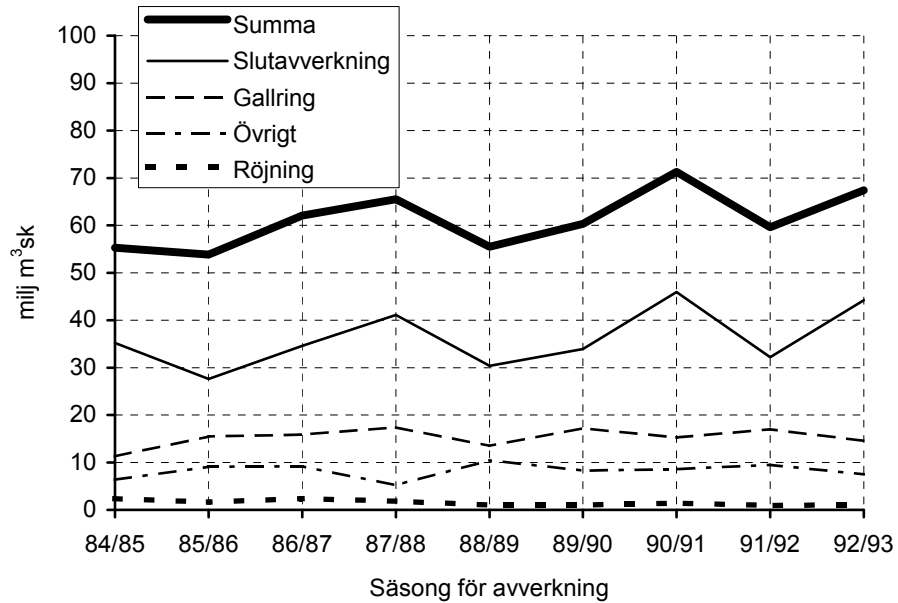
**Tabell 8.****Totalt biomassaförråd för barr och löv, resp. totalt, fördelat på län och huggningsklass (1 000 tTS).**

Län	A-B barr	A-B löv	A-B tot.	C1 Barr	C1 löv	C1 tot.
Norrbottnen	8 669	3 327	12 335	50 171	39 001	2 004
Västerbottnen	5 391	2 903	8 535	47 657	36 090	1 240
Jämtland	4 409	2 487	7 090	29 672	23 313	1 141
Västernorrland	3 750	2 569	6 516	31 525	23 541	1 288
Gävleborg	5 406	1 535	7 046	27 587	22 714	1 091
Kopparberg	6 033	1 504	7 732	23 109	18 956	1 293
Värmland	4 942	1 683	6 721	23 845	19 483	1 653
Örebro	2 347	942	3 383	9 051	7 126	670
Västmanland	1 378	532	1 930	5 503	4 247	438
Uppsala	865	605	1 493	6 015	4 416	410
Stockholm	1 356	942	2 304	3 814	2 248	438
Södermanland	1 134	575	1 729	5 390	3 913	409
Östergötland	1 957	671	2 683	11 085	8 680	628
Skaraborg	1 603	728	2 349	7 289	5 060	793
Älvsborg	2 519	1 050	3 591	10 139	7 591	966
Jönköping	2 080	884	2 997	10 216	7 752	803
Kronoberg	2 053	1 105	3 196	9 994	7 752	1 187
Kalmar	2 508	934	3 455	8 917	6 553	411
Gotland	290	75	367	1 033	897	93
Göteb.o.Bohus	528	325	858	2 751	1 695	240
Halland	782	387	1 195	4 328	3 159	501
Blekinge	510	296	811	3 178	2 359	243
Kristianstad	859	662	1 532	5 412	3 790	484
Malmöhus	135	353	502	1 452	716	111
Summa	61 502	27 074	90 349	339 133	261 052	18 539

Det är dock endast undantagsvis man hittar träslagsrena lövbestånd, om man bortser från ädla lövträd som ek, bok m.m. Av lövskogstillgångarna i skog högre än 7 m finns nästan två tredjedelar av volymen i barrskog samt i blandad barr- och lövskog (Berg et al. 1996).

### **Nuvarande avverkningsnivåer**

Röjningsskogarna står för en mycket liten del av de totala avverkningsvolymerna (figur 4). Övrig avverkning som till stor del utgörs av brännvedshuggning till husbehov, framför allt björk, står för ca 2–3 gånger större avverkningsvolym än röjning.



**Figur 4.**  
**Avverkningsvolym per avverkningssäsong (1984–1993) enligt Riksskogstaxeringens stubbinventering. Källa: Skogsstatistisk årsbok 1996.**

I tabell 9 kan man få en uppfattning om vilka arealer som befinner sig i röjningsstadiet (hkl A + B) och vilka förråd de innehåller. Där sätts också faktiskt röjd areal i relation till den totala arealen i hkl A + B. Det bör dock observeras att långt ifrån all ungskog i röjningsbar ålder har ett röjningsbehov.

**Tabell 9.**

**Areal (1 000 ha) och virkesförråd (tTS/ha) i huggningsklass A + B samt faktiskt röjd areal utifrån treåriga medelvärden, fördelat på län.**

Län	A-B	A-B	A-B	A-B	Röjd areal i
	Total areal (1000 ha)	Tot. Medelför. (tTS / ha)	Medelför. löv (tTS / ha)	And. lövbiom. (% av tot.för.)	Medel. 1992-94 (1000ha / år)
Norrbottn	1 235	10,0	2,7	27	22
Västerbotten	977	8,7	3,0	34	22
Jämtland	816	8,7	3,0	35	17
Västernorrland	559	11,7	4,6	39	17
Gävleborg	469	15,0	3,3	22	12
Kopparberg	690	11,2	2,2	19	17
Värmland	454	14,8	3,7	25	18
Örebro	199	17,0	4,7	28	8
Västmanland	114	16,9	4,7	28	6
Uppsala	105	14,2	5,8	41	4
Stockholm	84	27,4	11,2	41	3
Södermanland	82	21,1	7,0	33	4
Östergötland	159	16,9	4,2	25	9
Skaraborg	121	19,4	6,0	31	6
Älvsborg	191	18,8	5,5	29	9
Jönköping	185	16,2	4,8	29	7
Kronoberg	155	20,6	7,1	35	7
Kalmar	198	17,4	4,7	27	10
Gotland	31	11,8	2,4	20	1
Göteb.o.Bohus	46	18,6	7,1	38	4
Halland	63	19,0	6,1	32	3
Blekinge	40	20,3	7,4	36	3
Kristianstad	65	23,6	10,2	43	4
Malmöhus	21	23,9	16,8	70	2
Summa	7 059	12,8	3,8	30	214

### **Tillgängliga volymer**

En första skattning av tillgängliga volymer har gjorts genom att använda Marklunds (1981) uppskattningar av röjningsbestånds biomassainnehåll. Enligt dessa bedömdes att bestånd med en medelhöjd mindre än 1,3 meter har ett genomsnittligt biomassainnehåll på 0,6 tTS per hektar. Dessa bestånd har dock ej bedömts som intressanta för uttag. Motsvarande mängd i röjningsbestånd högre än 1,3 meter var 6,0 tTS per hektar. Bedömningar av möjligheten att ta tillvara röjningsvirket antydde att i genomsnitt 1,2 tTS per hektar var tillgängligt (tabell 10).

Detta skulle med 1994 års röjningsintensitet innebära en bruttomängd på ca 257 000 tTS utslaget över hela landet. Efter omräkning motsvarar detta ungefär 1,1 TWh (0,2 % av landets totala energiförbrukning). Hektor et al. (1995) antar med SOU 1992:76 som grund, att kvantiteten tillgängligt röjningsvirke uppgår till ca 3 TWh per år, vilket motsvarar ca 0,7 % av den totala energiförbrukningen i Sverige.

**Tabell 10.**

**Skattning av tillgänglig mängd biomassa utifrån faktiskt röjd areal och ett möjligt uttag enligt Marklund (1981). Tillgänglig mängd lövbiomassa är skattad med antagandet att den uttagna volymen utgörs av samma trädslagsfördelning som beståndet hade innan röjning.**

Län	Röjd areal 1992-1994 <i>(1 000 ha/år)</i>	Tillgänglig mängd biom. enl. Marklund <i>(1 000 tTS/år)</i>	Tillgänglig mängd lövbiom. vid prop. Uttag mot lövets andel av tot. Förråd <i>(1 000 tTS/år)</i>
Norrbottn	22	26	7
Västerbotten	22	26	9
Jämtland	17	20	7
Västernorrland	17	20	8
Gävleborg	12	15	3
Kopparberg	17	21	4
Värmland	18	21	5
Örebro	8	9	3
Västmanland	6	7	2
Uppsala	4	5	2
Stockholm	3	3	1
Södermanland	4	4	1
Östergötland	9	11	3
Skaraborg	6	8	2
Älvsborg	9	11	3
Jönköping	7	9	3
Kronoberg	7	8	3
Kalmar	10	12	3
Gotland	1	1	0
Göteb.o.Bohus	4	4	2
Halland	3	4	1
Blekinge	3	4	1
Kristianstad	4	5	2
Malmöhus	2	2	2
Summa	214	257	77

Eftersom det skett en förskjutning mot senare och färre röjningar de senaste åren kan det antas att mängden biomassa per hektar ökat något. Uppskattningar av enskilda bestånd tyder på att överhållna lövröjningar på höga boniteter kan innehålla avsevärda mängder biomassa. Ett tätt och högt björkbestånd på god bonitet i mellersta Sverige innehöll ca 20 tTS per hektar tillgängligt för uttag (Mattsson, deGraauw, 1996). Teoretiska beräkningar på modellbestånd av gran pekade på att motsvarande mängd praktiskt uttagbar biomassa kan uppgå till ca 5 tTS per hektar vid en tidig röjning och ca 10 tTS vid en senare röjning (Leijon, 1996b). Därvid sorterades provytor ut där man hade bedömt att det fanns ett behov av röjning, lövröjning eller övrig avverkning inom fem år.

## Landet

En andra skattning gjordes på bas av Riksskogstaxeringens material från 1990–1995. I tabellerna 11 till 13 presenteras, på landsnivå, virkesförråd, stamantal och volym per hektar, fördelat på åtgärd och huggningsklass. Observera att den föreslagna femårmängden i tabellerna gjorts om till att avse ettåriga uppgifter. Vi har därefter bedömt att de tekniskt och ekonomiskt intressanta volymerna finns att tillgå i huggningsklasserna B2, B3 och C1. Där gallring föreslagits som åtgärd kan intressanta volymer för etanol

produktion finnas i huggningsklass B2 och B3. Där åtgärderna röjning, löv-röjning och övrig avverkning föreslagits, kan intressanta volymer hittas i huggningsklasserna B3 och C1. De intressanta huggningsklasserna markeras med fet text i tabellerna.

**Tabell 11.**

**Virkesförråd fördelat på huggningsklass, trädslag och åtgärdsförslag för arealer med åtgärdsbehov inom fem år (1 000 tTS).**

Bedömd åtgärd	Trädslag	A	B1	B2	B3	C1	Alla
Gallring	barr			<b>38</b>	<b>127</b>	29 577	29 742
	löv			<b>5</b>	<b>83</b>	9 248	9 336
	barr + löv			<b>43</b>	<b>210</b>	38 825	39 078
Röjning	barr		148	463	<b>2 323</b>	<b>1 192</b>	4 126
	löv	2	111	272	<b>1 632</b>	<b>843</b>	2 860
	barr + löv	2	258	735	<b>3 955</b>	<b>2 035</b>	6 985
Lövröjning	barr	11	115	84	<b>181</b>	<b>73</b>	463
	löv	28	119	170	<b>315</b>	<b>106</b>	739
	barr + löv	39	233	254	<b>496</b>	<b>179</b>	1 201
Övrig avv	barr	1 657	629	415	<b>538</b>	<b>94</b>	3 333
	löv	715	165	188	<b>354</b>	<b>41</b>	1 462
	barr + löv	2 372	794	603	891	134	4 795

**Tabell 12.**

**Stammar per hektar fördelat på huggningsklass, trädslag och åtgärdsförslag för arealer med åtgärdsbehov inom fem år.**

Bedömd åtgärd	Trädslag	A	B1	B2	B3	C1	Alla
Gallring	barr			<b>2 648</b>	<b>2 237</b>	2 103	2 106
	löv			<b>1 887</b>	<b>2 321</b>	1 664	1 670
	barr + löv			<b>4 534</b>	<b>4 466</b>	3 771	3 780
Röjning	barr	58	352	2 038	<b>2 720</b>	<b>2 265</b>	2 224
	löv	2 392	2 625	4 245	<b>4 825</b>	<b>4 167</b>	4 352
	barr + löv	2 449	2 977	6 282	<b>7 545</b>	<b>6 432</b>	6 576
Lövröjning	barr	214	229	1 080	<b>1 550</b>	<b>1 279</b>	808
	löv	2 611	2 519	5 220	<b>8 141</b>	<b>5 044</b>	4 614
	barr + löv	2 826	2 748	6 300	<b>9 691</b>	<b>6 323</b>	5 422
Övrig avv	barr	156	205	1 113	<b>1 869</b>	<b>2 037</b>	368
	löv	721	729	2 296	<b>2 833</b>	<b>2 433</b>	1 002
	barr + löv	877	933	3 409	4 702	4 470	1 370

**Tabell 13.**

**Volym per hektar fördelat på huggningsklass, trädslag och åtgärdsförslag för arealer med åtgärdsbehov inom fem år (tTS/ha).**

Bedömd åtgärd	Trädslag	Huggningsklass A	Huggningsklass B1	Huggningsklass B2	Huggningsklass B3	Huggningsklass C1	Alla
Gallring	barr			<b>58</b>	<b>31</b>	83	83
	löv			<b>8</b>	<b>20</b>	26	26
	barr + löv			<b>66</b>	<b>52</b>	109	109
Röjning	barr		5	6	<b>16</b>	<b>38</b>	15
	löv	1	4	4	<b>11</b>	<b>27</b>	10
	barr + löv	2	9	10	<b>27</b>	<b>64</b>	25
Lövröjning	barr	3	3	2	<b>9</b>	<b>27</b>	5
	löv	9	3	5	<b>16</b>	<b>39</b>	7
	barr + löv	12	6	7	<b>26</b>	<b>66</b>	12
Övrig avv	barr	9	10	16	<b>28</b>	<b>59</b>	11
	löv	4	3	7	<b>18</b>	<b>25</b>	5
	barr + löv	13	13	23	46	84	16

För att få en uppfattning om råvarupotentialen i röjningsbestånden skattades teoretiskt möjligt uttag på två sätt. Först som differensen i volym per hektar mellan bestånd som bedömts ha ett behov av röjning eller lövröjning och bestånd som saknar röjningsbehov. Resultaten redovisas i tabell 14. En andra bedömning gjordes i tabell 15, där varje huggningsklass åsattes ett lägsta förråd på 2 000 stammar per hektar i klasserna B2 och B3 samt 1 500 stammar per hektar i klassen C1. Alla stammar över lägsta förråd bedömdes kunna röjas bort med begränsningen att maximalt lövuttag fick vara 90 % av lövvolymen.

**Tabell 14.**

**Teoretiskt möjligt årligt bruttouttag för hela landet fördelat på hkl, trädslag och åtgärdsförslag. Beräknat som virkesförråd i bestånd med ett bedömt röjningsbehov minus förrådet på de arealer, vilka bedömts sakna röjningsbehov (1 000 tTS/år).**

<b>Bedömd</b>					
<b>Åtgärd</b>	<b>Trädslag</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>C1</b>	<b>Summa</b>
Gallring	barr	38	127		165
	löv	5	83		88
	barr + löv	43	210		253
Röjning	barr		368	22	390
	löv		1 123	530	1 653
	barr + löv		1 492	551	2 043
Lövröjning	barr				
	löv		247	79	326
	barr + löv		165	51	216
Övrig avv	barr		276	35	311
	löv		286	25	310
	barr + löv		562	59	621
<b>Summa</b>		<b>86</b>	<b>4 939</b>	<b>1 352</b>	<b>6 377</b>

**Tabell 15.**

**Teoretiskt årligt bruttouttag för hela landet fördelat på hkl, trädslag och åtgärdsförslag. Beräknat efter ett minsta kvarvarande stamantal, på 2 000 st/ha i hkl B2 och B3 samt 1 500 st/ha i hkl C1 (1 000 tTS/år).**

<b>Bedömd</b>					
<b>Åtgärd</b>	<b>Trädslag</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>C1</b>	<b>Summa</b>
Gallring	barr	2	44		45
	löv	2	65		67
	barr + löv	3	109		112
Röjning	barr		1 540	679	2 219
	löv		1 392	834	2 226
	barr + löv		2 932	1 513	4 445
Lövröjning	barr		109	25	134
	löv		264	105	369
	barr + löv		373	130	503
Övrig avv	barr			30	30
	löv		97	38	135
	barr + löv		103	62	165
<b>Summa</b>	barr	<b>2</b>	<b>1 693</b>	<b>734</b>	<b>2 428</b>
	löv	<b>2</b>	<b>1 819</b>	<b>977</b>	<b>2 797</b>
	barr + löv	<b>3</b>	<b>3 518</b>	<b>1 705</b>	<b>5 226</b>

## Länsnivå

Genom att subtrahera ett lägsta förråd (2 000 st/ha i B2, B3, 1 500 st/ha i C1) ifrån faktiskt stamantal per hektar (tabell 12) kan det teoretiska bruttouttaget på landsnivå brytas ned till länsnivå (tabell 16).



**Tabell 16.**

**Teoretiskt årligt bruttouttag fördelat på åtgärdsförslag, trädslag och län. Beräknat efter ett minsta kvarvarande stamantal på 2 000 st/ha i hkl B2 och B3 samt 1 500 st/ha i hkl C1 (1 000 tTS).**

	Gallring		Röjning		Lövröjning		Övrig avverkning		Summa	
	tot	löv	tot	löv	tot	löv	tot	löv	tot	löv
Norrbottnens län	4	2	593	328	87	62	2	1	687	393
Västerbottnens län	7	7	479	278	10	8	0	0	496	292
Jämtlands län	6	4	337	204	10	8	21	10	374	226
Västernorrlands län	2	2	423	252	104	73	17	15	546	341
Gävleborgs län	7	2	283	111	43	25	19	14	352	152
Kopparbergs län	2	2	335	95	19	15	1	0	356	111
Värmlands län	12	12	349	149	23	17	20	18	404	197
Örebro län	0	0	143	57	19	18	5	5	167	80
Västmanlands län	14	7	129	53	10	10	2	1	155	70
Uppsala län	0	0	52	41	4	3	0	0	56	44
Stockholms län	1	0	91	38	16	14	1	1	109	53
Södermanlands län	6	2	82	40	4	3	6	6	99	51
Östergötlands län	2	0	130	57	18	11	2	2	152	70
Skaraborgs län	6	3	147	62	12	12	9	9	175	87
Älvsborgs län	3	2	163	74	49	33	0	0	215	109
Jönköpings län	4	2	166	95	6	5	9	8	185	109
Kronobergs län	1	1	168	96	26	19	7	7	202	123
Kalmar län	7	3	132	38	11	7	0	0	150	48
Gotlands län	3	2	8	6	0	0	0	0	11	8
Göteborgs och Bohus län	2	2	45	32	4	4	1	1	52	39
Hallands län	12	5	58	33	3	2	6	6	79	47

fortsättning på tabell

	Gallring		Röjning		Lövröjning		Övrig avverkning		Summa	
	tot	löv	tot	löv	tot	löv	tot	löv	tot	löv
Blekinge län	2	1	20	9	3	2	10	6	35	19
Kristianstads län	4	4	95	59	16	13	19	19	134	96
Malmöhus län	4	2	19	18	6	6	6	6	35	31
Summa	113	67	4 445	2 226	504	369	165	135	5 226	2 797

Skattningen i tabell 16 kan betraktas som teoretiskt tillgänglig råvarupotential. Skattningen visar på en betydligt större mängd biomassa än vad Marklund (1981) redovisar som praktiskt tillgänglig mängd. Metoden är dock inte invändningsfri och volymerna är långt ifrån praktiskt tillgängliga. En invändning är att en stor del av röjningsbehovet är bedömt med gamla skogsvårdslagen som mall, vilken hade hårdare krav på röjning än nuvarande lag. Skötselmässigt är det tveksamt att röja alla bestånd i ett län till samma stamantal (2 000 st/ha). Röjningsbehovet är också skattat som ett bedömt behov de närmaste fem åren. Det årliga behovet har skattats genom division med 5, vilket är en enkel men inte invändningsfri metod. Det innebär bl.a. att hela det akuta röjningsbehovet fördelas över en femårsperiod. Det är också svårt att skatta framtida röjningsbehov eftersom det ackumulerade röjningsbehovet ständigt växlar. Det minskar genom utväxning och röjning och det ökar genom inväxning. För att skatta en lämplig och uthållig röjningsnivå behöver man kunna skatta alla dessa parametrar.

I Riksskogstaxeringens material ges förslagen röjning respektive lövröjning om stamantalet överskrider ett högsta tillåtna stamantal per hektar. Riksskogstaxeringens högsta nivåer ligger ungefär i överkant på de rekommenderade stamantalen enligt SVL 1979. Detta innebär troligen att röjningsbehovet på en del av de arealer som redovisas under bedömt röjningsbehov inte är särskilt akut, nödvändigt eller kanske t.o.m. önskvärt.

## Råvarupotential i avverkningsrester från gallring- och slutavverkning

Nedan redovisas skattningar av den årliga tillgången på avverkningsrester från diverse lövträd i gallrings- och slutavverkningsskogar. Beräkningarna bygger på att kommande avverkningar sker i samma omfattning som under perioden 1988–1992.

I det följande bortses från volymen från träd med en brösthöjdsdiameter mindre än 15 cm eftersom de bedömts ingå i de röjning- och röjningsgallringsvolymerna som redovisas i avsnitt Råvarupotential i röjningsbestånd.

För samtliga trädslag utom ek, har volymen beräknats utifrån grenar och toppar (<5 cm). För ek har totala stamvolymen ingått i beräkningarna, eftersom massaved inte tas ut av ek. Av bilaga 1 framgår beräkningarna för varje enskilt trädslag. I tabell 17 har tillgängliga volymer grot från lövavverkningar sammanställts länsvis.

**Tabell 17.**  
**Skattning av bruttovolymer (tTS) grot efter lövträdsavverkning, fördelat på trädslag och län.**

Län/länsdelar	Björk	Övr löv	Ek	Övr ädelt	Alla
Norrbottnens lappmark	6				6
Norrbottnens kustland	14	2			15
Västerbottnens lappmark	10	1			11
Västerbottnens kustland	8	1			9
Jämtland	14	2			16
Västernorrland	12	4			15
Gävleborg	9	3			11
Kopparberg	7	1			8
Värmland	8	2			10
Örebro	3	2	1		6
Västmanland	3	1	3		7
Uppsala	2	2	2		6
Stockholm	2	3	10		15
Södermanland	2	2	3		7
Östergötland	4	2	13		19
Skaraborg	3	2	6	1	11
Älvsborg	6	2	9	1	17
Jönköping	5	2	6		13
Kronoberg	5	1	12	1	19
Kalmar	4	2	31	1	38
Göteborg o Bohus	2	1	8		12
Halland	3	1	13	2	18
Blekinge	1	1	15	2	20
Kristianstad	2	2	19	10	33
Malmöhus	1	1	7	5	13
Summa	135	41	159	26	361

Beräkningarna av topp- och grenvolymer baseras delvis på ett begränsat material av praktiska uppföljningar i fält samt erfarenhetsmässiga bedömningar. Framhållas bör också att historiska avverkningssiffror ligger till

grund för beräkningarna. Dagens krav på ökad lövandel i skogarna samt kvarlämnande av virke vid avverkning, kan väsentligt påverka möjligheterna att ta ut ovanstående volymer. En stor del av lövvolymen befinner sig dessutom i barrbestånd och blandade löv-/barrbestånd. Exempelvis finns halva björkvolymen i barrbestånd. Eftersom endast 20 % av råvaran till etanol får utgöras av barrvirke, är det därför sannolikt att stora kvantiteter av möjlig råvara kommer att försvinna av tekniska-/ekonomiska skäl. Att tänka sig separat omhändertagande av löv i bestånd som domineras av barr är knappast realistiskt, eftersom det osorterade materialet redan har en marknad som bränsleflis. Mer realistiskt är att etanolråvaran begränsas till rena lövbestånd och lövdominerade bestånd. Under den ovan använda avverkningsperioden föll hela 49 % av lövvolymen från barrbestånd. Det är därför inte orealistiskt att halvera de ovan angivna lövvolymerna vid en bedömning av tillgänglig etanolråvara.

## **Tillgänglig mängd råvara vid sex kombinat**

För sex olika orter där etanoltillverkning kan tänkas förläggas i kombination med processindustri eller kraftvärmeverk, har bruttoavverkningen av löv i röjningsbestånd samt uttag av lövgrot efter gallring- och slutavverkning, beräknats inom en radie av ca 100 km. Av figur 5 framgår orterna med en 50 och 100 km radie markerad. Råvarutillgången till respektive kombinat har först beräknats för röjningsbestånd och därefter för grot från gallring och slutavverkning.

**Figur 5.**  
**Tänkbar lokalisering för etanolproduktion. Runt varje ort har en radie med 50 respektive 100 km markerats.**

## Råvara från röjningsbestånd

Av tabell 18 framgår hur stor del av bruttoavverkningen av löv som tillfaller respektive ort.

**Tabell 18.**

**Bruttovolymen löv från röjningsbestånd inom ca 100 km från följande orter (1 000 tTS).**

	tot	löv	Skellefteå	Örnsköldsvik	Falun	Örebro	Växjö	Landskrona
Norrb. Kustland	514	323	81					
Västerb. kustland	179	184	92					
Västernorr. län	546	341		341				
Gävleborgs län	457	197			99			
Kopparbergs län	356	111			83			
Värmlands län	404	197				49		
Örebro län	167	80				80		
Västmanlands län	155	70			35	35		
Östergötlands län	152	70				21		
Jönköpings län	185	109					109	
Kronobergs län	202	123					123	
Kalmar län	150	48					19	
Hallands län	0	0						
Blekinge län	35	19					19	
Kristianstads län	134	96					29	96
Malmöhus län	35	31						31
Summa			173	341	217	185	300	127

De i tabell 18 redovisade volymerna av löv är inte alla praktiskt tillgängliga. För att få en uppfattning om praktiskt tillgänglig mängd biomassa måste volymerna reduceras bl.a. av följande orsaker:

- Riksskogstaxeringen överskattar röjningsbehovet i förhållande till faktisk åtgärdad areal. Detta kan bl.a. förklaras med en förändring i skogsskötseln mot stamtätare bestånd och med en större tolerans för löv. Den totala arealen som bedömts till röjning eller röjningsgallring i hkl A–C1 i detta material uppgår till 385 000 hektar, medan den faktiska röjningsarealen under början av 90-talet uppgått till ca 200 000 hektar. Vi bedömer att volymerna skall reduceras med 20–50 % p.g.a. denna överskattning.
- Vissa arealer kommer att undantas p.g.a. naturvårdsrestriktioner eller att det ur näringssynpunkt är olämpligt att ta ut biomassan från beståndet. Hektor et al. (1995) bedömer restriktionerna vid trädrestuttag till 10 %.
- Terräng med Ytstruktur och Lutning över faktor 3, d.v.s. brant och stenig terräng räknas bort p.g.a. fördyrad avverkning och tekniska svårigheter vid sammanföring och flisning. Denna reduktion uppgår till 15 % på landsnivå (Bjurulf, 1991).
- Vid uttag kommer inte all fälld volym att kunna nyttjas p.g.a. svårigheter att hantera de klena stammarna. Ca 30 % av volymen beräknas bli kvar i beståndet (de Grauw, 1995).

- Huvuddelen av lövet som faller i röjning finns i bestånd som innehåller både barr och löv. Då etanol råvaran maximalt får innehålla 20 % barrved kommer en del av lövvolymer att falla bort p.g.a. problem att klara sorteringen. En grov bedömning är att 20 till 30 % av totala volymen faller bort p.g.a. svårigheter att klara sorteringen.

Med ovanstående reduktioner kan praktiskt tillgängliga volymer lövved från röjning och röjningsgallring beräknas (tabell 19).

**Tabell 19.**

**Skattning av praktiskt tillgängliga volymer löv i hela landet inom 100 km från sex orter. Den teoretiskt beräknade volymen reduceras successivt för ett antal faktorer. Reduktionerna bygger på uppskattningar från litteratur och är endast indikativa.**

	Skellefteå	Örnsköldsvik	Falun	Örebro	Växjö	Landskrona
<b>Teoretisk bruttovolym, 1000 tTS</b>	<b>173</b>	<b>341</b>	<b>217</b>	<b>185</b>	<b>300</b>	<b>127</b>
<b>Reduktion</b>	<b>Återstående volym efter reduktion</b>					
Överskatt. åtgärdsareal: x (0,8-0,5)	138–86	273–170	174–108	148–92	240–150	102–64
Naturvård: x (0,9)	125–78	246–153	156–98	133–83	216–135	91–57
Terräng: x (0,85)	106–66	209–130	132–83	113–71	184–115	78–49
Hanteringsförluster: x (0,7)	74–46	146–91	93–58	79–50	129–80	54–34
Sorteringskrav, rent löv: x (0,9-0,7)	67–32	131–64	84–41	71–35	116–56	49–24
<b>Tillgänglig nettovolym, 1000 tTS</b>	<b>67–32</b>	<b>131–64</b>	<b>84–41</b>	<b>71–35</b>	<b>116–56</b>	<b>49–24</b>

### **Råvara från grot vid gallring och slutavverkning**

Av tabell 20 framgår skattningarna av volym lövgrot från gallrings- och slutavverkningsbestånd som tillfaller respektive ort.

**Tabell 20.**

**Bruttovolym avverkning lövgrot inom ca 100 km från följande orter (1 000 tTS).**

	löv	Skellefteå	Örnsköldsvik	Falun	Örebro	Växjö	Landskrona
Norrb. kustland	15	6					
Västerb. kustland	9	4					
Västernorr. län	15		15				
Gävleborgs län	11			5			
Kopparbergs län	8			8			
Värmlands län	10				2		
Örebro län	6				6		
Västmanlands län	7			2	3		
Östergötlands län	19				6		
Jönköpings län	13					13	
Kronobergs län	19					19	
Kalmar län	38					15	
Blekinge län	20					20	
Kristianstads län	33					10	33
Malmöhus län	13						13
<b>Summa</b>		<b>10</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>77</b>	<b>46</b>

Cirka 50 % av lövvolymer faller i barrbestånd. Eftersom det är svårt att sortera ut löv- från barrgrot bedömer vi att 50 % av volymen i tabell 20 är tillgänglig för etanolproduktion. Ytterligare faktorer som kan reducera dessa volymer är naturvårdsrestriktioner i ädellövsbestånd på höga boniteter samt

små bestånd, vilket fördyrar och försvårar uttaget av avverkningsresterna. Med ovanstående reduktion beräknas ett nytt utfall av tillgängliga volymer lövgrot från gallrings- och slutavverkningsbestånd i tabell 21 nedan.

**Tabell 21.**

**Skattning av tillgängliga volymer lövgrot inom 100 km från sex orter (1 000 tTS). Den ursprungligt beräknade volymen har reducerats med 50 %.**

	Skellefteå	Örnsköldsvik	Falun	Örebro	Växjö	Landskrona
Teoretisk bruttovolym, 1000 m <sup>3</sup> sk	10	15	15	17	77	46
<b>Reduktion</b>	<b>Återstående volym efter reduktion</b>					
Sorteringskrav, rent löv: x (0,5)	5	7,5	7,5	8,5	38,5	23
Tillgänglig nettovolym, 1000 m <sup>3</sup> sk	5	8	8	8	38	23

## Total mängd tillgänglig råvara

I tabell 22 bedöms den totala råvarutillgången vid de sex kombinaten efter reduktioner. Bedömningarna förutsätter en fungerande och kostnadseffektiv teknik för tillvaratagande av klena stammar i röjningsgallringsbestånd.

**Tabell 22.**

**Bedömd råvarutillgång av löv för etanoltillverkning från röjnings- och röjningsgallringsbestånd samt lövgrot från gallring och slutavverkningsbestånd (1 000 tTS).**

	Skellefteå	Örnsköldsvik	Falun	Örebro	Växjö	Landskrona
Röjningsbestånd	67–32	131–64	84–41	71–35	116–56	49–24
Grot från gallring och slutavverkning	5	8	8	8	38	23
Totalt	72–37	139–72	92–49	79–43	154–94	72–47

## Kunskapsluckor och framtida forskning

Specialanpassad teknik för biomassauttag i röjningsbestånd finns inte i drift. Om metoden skall öka i omfattning och vara intressant i större skala krävs främst att den pågående utvecklingen av ackumulerande aggregat för fällning och sammanföring lyckas. Tillsammans med teknikutveckling måste funktioner och metoder för att skatta biomassamängder i röjnings- och röjningsgallringsbestånd konstrueras.

Bortförseeln av biomassa ur röjningsbestånd kan i vissa fall vara stor både i relativa och absoluta tal. Vad detta kan innebära för förluster av näringsämnen, baskatjoner m.m. i röjningsbestånd, har inte belysts i några studier. Inför ett ökat uttag av biomassa i röjningbestånd bör därför sådana studier vara angelägna liksom studier av konsekvenser och kostnader för eventuella kompensationsåtgärder.

Röjningens funktion är att dana det växande skogsbeståndet. Vilka konsekvenser en tidig stickvägsupptagning och ett ökat körande i beståndet har för urvalsmöjligheterna samt hur kommande gallring påverkas bör belysts.

Utbildning av entreprenörer och arbetsledare, som skall arbeta i denna delvis nya avverkningsform, är viktig för att bl.a. undvika konflikter med naturvården.

## Slutsatser

Ett av de främsta incitamenten till uttag av biomassa ur röjningsbestånd är möjligheten att minska kostnaderna för röjningen. Uttaget bör dock inte kosta mer, i form av tillväxtförluster och negativa miljöeffekter, än det smakar i form av virkesintäkter. Studier i gallring antyder att negativa effekter såsom ökad markförsurning, minskat förråd av baskatjoner och kväveförluster kan erhållas. Tillsammans med stickvägsförluster och skador efter körning kan detta orsaka tillväxtförluster. Vid ett biomassauttag på 5–10 tTS per hektar kan den relativa grundytetillväxten minska med upp till 5–10 %, vilket motsvarar 400–900 kr per hektar i minskad virkesintäkt vid första gallringen. Dessa oönskade effekter bör dock kunna kompenseras genom t.ex. gödsling eller askåterföring kombinerat med kvävegiva. När det gäller påverkan på flora och fauna antyder de flesta skattningar att effekterna är små. Vissa biotoper kräver dock extra hänsyn.

Den genomförda analysen visar på stora teoretiska tillgångar av lövved i röjnings- och röjningsgallringsbestånd. Om hela denna volym var praktiskt tillgänglig skulle enbart röjningsvirket, åtminstone under fem år framåt, kunna försörja en i Falun och Skellefteå samt två industrier i Örnsköldsvik och Växjö. I Landskorna räcker däremot de teoretiska tillgångarna inte till att försörja en.

De teoretiskt tillgängliga förutsätter dock en skogsskötsel som kanske inte är önskvärd idag. Dessutom en teknik som dammsuger de röjda arealerna till sista pinne och att röjningsintensiteten kontinuerligt hålls på en jämn och hög nivå. Den praktiskt tillgängliga volymen lövved är därför betydligt mindre. Efter reduktioner för bl.a. teknisk och fysisk tillgänglighet och tillsammans med trädrester från gallring och slutavverkning uppgår praktiskt tillgänglig volym till ca 20–40 % av de teoretiska tillgångarna enligt Riksskogstaxeringens material (tabell 22). Skall hela försörjningen av etanolfabrikerna komma ifrån röjningsvirke och trädrester från slutavverkning och gallring verkar Örnsköldsvik och Växjö vara de mest lämpade av de sex undersökta orterna. För Växjö kan också volymer från grövre avverkning av främst ek i södra Sverige tillkomma.

Man bör komma ihåg att de praktiskt tillgängliga volymerna skall upphandlas i konkurrens med en växande skogsbränslemarknad och, vad gäller björk i de grövsta röjningbestånden, med massavedsindustrin. Detta på en marknad där det redan i dag sker ett betydande uttag. I södra Sverige producerar t.ex. Södra Skogsenergi och Sydved Energileveranser, vilka tillsammans har en marknadsandel på över 50 %, ca 500 000 m<sup>3</sup>s eller ca 100 000 tTs lövträdsflis med en måttlig barrinblandning. Gadd (pers. medd.) skattar att ca 120 000–150 000 m<sup>3</sup>s av lövträdsflisen faller inom en 10 mils radie till Växjö. Dessa volymer har dock som sagt redan en eller flera köpare.

Jämfört med dagens uttag av lövträdsflis verkar våra skattningar vara relativt försiktigt gjorda. Tabell 22 anger att 56 000–116 000 tTS från röjningsvirke och trädrester skulle finnas tillgängligt runt Växjö. Om Södra Skogsenergi, i

ett grovt överslag, antas ha ca en tredjedel av marknaden skulle den totala fångsten lövträdsflis runt om Växjö kunna uppgå till 360 000–450 000 m<sup>3</sup>s eller 65 000–90 000 tTs.

Avslutningsvis kan det konstateras att det verkar finnas råvara fysiskt tillgänglig så att det räcker att för att försörja en etanolfabrik i Växjö och Örnsköldsvik samt svara för en tredjedel till hälften av råvarubehovet i Skellefteå, Falun, Örebro och Landskrona. Frågetecknen är främst skörde-tekniska, ekonomiska och marknadsmässiga. För att vidare kunna bedöma om lövved från röjnings- och röjningsgallringsbestånd är en realistisk råvarubas för etanolproduktion i konkurrens med annan användning behövs fördjupade analyser. Dessa bör omfatta både skördeteknik på beståndsnivå och volymer, sortiment, köpare och betalningsförmåga på existerande råvarumarknader i intressanta försörjningsområden.

## Referenser

- Andersson, L. 1980. Skador efter korning med tunga maskiner i gallring. Omfattning, orsaker och effekter på beståndets tillväxt och kvalitet – en litteraturstudie. Interna rapporter 1980–1984. SLU, Institutionen för skogsskötsel, Umeå.
- Berg, S., Lundström, A. & Svensson, S.A. 1996. Lövträd i Sverige. Tillgångar och utnyttjande i dag samt framtida utveckling i några områden. Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå
- Bjurulf, A. 1991. Framtidens röjningsbestånd för maskinell röjning. Stencil 1991-10-18. SkogForsk. Uppsala.
- Brunberg, B., Hillring, B. 1996. Skogsbränsle uttag i dag och i morgon. Kungliga Skogs- och lantbruksakademiens tidskrift årgång 135, nr 13 1996.
- Danielsson, B.-O., Eriksson, H., Eriksson, M., Lundström, A., Lönner, G., Lönnstedt, L., Nilsson, P.O., Nyström, K., Rosén, K., Söderberg, U. & Törnqvist, A. 1990. Inventeringsstudie biobränslepotential i södra Sverige. Projekt Skogskraft Rapport nr 2. Vattenfall. Älvkarleby.
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Inst. för skogsproduktion. Skogshögskolan. Stockholm. Rapport nr 41.
- de Graauw, P. 1995. Mechanized cleaning in Sweden. A study after the possibilities to use cleaning residues for bio-energy purposes. Examensarbete. International college of Forestry and Land & Water Management, Velp, Berkel Enschoot, Holland. 1995.
- Gullberg, T. 1989. MB-Trac bränsleflismetod. Driftsuppföljning och tidsstudier. Sammandrag nr 9. Sveriges lantbruksuniversitet. Garpenberg.
- Hagberg, E. & Matérn, B. 1975. Tabeller för kubering av ek och bok. Skogshögskolan, Inst. f skoglig matematisk statistik. Rapporter och Uppsatser 14. Stockholm. 118 s.
- Hektor, B., Lönner, G. & Parikka, M. 1995. Trädbränslepotential i Sverige på 2000-talet. Ett uppdrag för energikommissionen. Utredningar nr 17. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.



- Jacobsson, S. 1996. Askåterföring och kompensationsgödsling efter helträdssavverkning – effekter på trädens stamtillväxt. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift årgång 135, nr 13 1996.
- Jonsson, M., Kjellberg, M. & Lindholm, D. 1992. Teknik för tillvaratagande av röjningsvirke. Projekt Skogskraft Rapport nr 11. Vattenfall AB. Vällingby.
- Leijon, B. 1996a. Långsiktiga effekter på skogsproduktionen av helträdssuttag i gallring och slutavverkning. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift årgång 135, nr 13 1996.
- Leijon, B. 1996b. Sjunker tillväxten efter skogsbränsleuttag i röjning? Föredrag vid SLUs röjningsexkursion 11–12 juni 1996.
- Marklund, L.-G. 1981. Skogsenergitillgångar i Sverige. Preliminära skattningar grundade på Riksskogstaxeringens material. Rapport nr 32 1981. Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.
- Marklund, L.-G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Rapport nr 45, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.
- Mattsson, S. & de Graauw, P. 1996. Biomassa i ett högt och tätt björkbestånd. Resultat nr 9 1996. SkogForsk. Uppsala.
- Mattsson, S. 1997. ADI vid maskinell röjning – lägesrapport hösten 1996. Arbetsrapport nr 348. SkogForsk. Uppsala.
- NUTEK, Närings- och teknikutvecklingsverket. 1996. Energiläget 1996. Stockholm.
- Olsson, B.A. 1996. Näringsekologiska effekter av helträdssutnyttjande. Kungliga skogs- och lantbruksakademiens tidskrift årgång 135, nr 13 1996.
- Olsson, M. 1996. Långsiktiga näringsbalanser vid uttag av skogsbränsle. Kungliga skogs- och lantbruksakademiens tidskrift årgång 135, nr 13 1996.
- Parikka, M. 1997. Metod för uppskattning av trädbiomassa och trädbränsle i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet. Inst. för Skog-Industri-Marknad-Studier. Uppsala. Doktorsavhandling. Silvestria nr 16.
- Petterson, N. 1992. The effect on stand development of different spacing after planting and precommercial thinning in Norway spruce and Scots pine stands. Rapport nr 34, Sveriges lantbruksuniversitet. Garpenberg.
- Skogsstatistisk årsbok 1996. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Thor, M. 1996. Chipset 536 C stickväsgående flisare - tidsstudie och systemanalys. Stencil 1996-10-02. SkogForsk. Uppsala.
- Wigren, C., Jirjis, R. & Jonsson, T. 1993. Trädrester som bränsle – med rätt kvalitet. Resultat nr 11 1993. SkogForsk. Uppsala.
- Weslien, J. 1994. Skogsbränsleanvändningens konsekvenser för ryggradslösa djur. Projekt skogskraft. Rapport 22. Vattenfall rapport nr 1994/8.

### **Personligt meddelande**

- Flodin, Sten, Styrgruppen för etanolutveckling. Stockholm.  
Gadd, Benny. vVD Södra skogsenergi. Växjö.

## Skattning av avverkningsrester från olika lövträd efter gallring och slutavverkning

Nedan redovisas skattningar av den årliga tillgången på avverkningsrester från björk, ek, övriga ädla lövträd och övrigt löv i gallrings- och slutavverkningsskogar för hela Sverige. Grunden för beräkningarna gällande topp- och grenvolym baseras delvis på ett ganska begränsat material, byggt på praktiska uppföljningar i fält. Eftersom sådana undersökningar helt saknas har i en del fall även erfarenhetsmässiga bedömningar använts. Beräkningarna bygger på att kommande avverkningar sker i samma omfattning som under perioden 1988–1992. Förklaringar till sammanställningen:

1. Den genomsnittliga årliga avverkningens procentuella fördelning på diameterklasser har erhållits från tabell 2,2 i rapporten "Lövträd i Sverige" (Berg, S. et al. 1996). Primärt utgår dessa data från rikskogstaxeringens fältdatinsamling under perioden 1988–1992.
2. Den genomsnittliga årliga avverkningens fördelning på diameterklasser i 1 000 m<sup>3</sup>sk har erhållits utifrån punkt 1. Det har här bedömts att större delen av volymen i diameterklasserna –9,9 och –14,9 redan ingår i de volymer som avser avverkning i klenare skog (huggningsklasserna B1, B2, B3 och C1, se avsnitt råvarupotential i röjningsbestånd, sid 13), varför de helt bortsetts ifrån i denna beräkning.
3. För samtliga träslag utom ek avses toppbitens volym (<5 cm) i förhållande till totala stamvolymen. Procenttalen grundas på erfarenhetstal från alavverkningar och har sammanställts av Torvald Persson (Södra Skogsägarna, Kristianstad). Dessa siffror har dock reducerats, eftersom alen har större problem med toppskottsdominansen och därmed ett lägre gagnvirkesutbyte än många andra lövträd.  
  
För eken avses stamvolymens timmerandel (massaved tas ej ut från ek) och har också erhållits från Torvald Persson. Procenttalen utgår från relativt välskötta ekbestånd i södra Sverige, vilket medför att de i tabellen framräknade volymerna troligen är underskattade.
4. Tillgänglig volym, d.v.s. efter reduktion av timmer- och massavedsandel.
5. Grenvolym bygger på funktioner av Hagberg och Matérn (1975).

## Björk

		Diameterklass								Tot avverkn.	
		-9,9	-14,9	-19,9	-24,9	-29,9	-34,9	-44,9	45-	Tot	1 000 m <sup>3</sup> sk
1	Avverkn. %	15,4	19,5	18,6	13,8	15,9	6,2	10,5	0,2	100,0	7 500
2	Avverkn. 1 000 m <sup>3</sup> sk			1 395	1 035	1 190	465	790	15	4 890	
3	Toppvol %			6	5	4	2	1	1		
4	Toppvolym 1 000 m <sup>3</sup> sk			84	52	48	9	8	0	201	
5	Grenvol %			0	1	2	3	4	6		
6	Grenvol 1 000 m <sup>3</sup> sk			0	10	24	14	32	1	81	
<b>Totalt</b> <b>1 000 m<sup>3</sup>sk</b>				84	62	72	23	40	1	<b>282</b>	

## Ek

		Diameterklass								Tot avverkn..	
		-9,9	-14,9	-19,9	-24,9	-29,9	-34,9	-44,9	45-	Tot	1 000 m <sup>3</sup> sk
1	Avverkn. %	12,9	14,0	12,0	10,5	16,2	12,2	19,7	2,6	100,0	500
2	Avverkn. 1 000 m <sup>3</sup> sk			60	55	80	60	100	15	370	
3	Toppvol %			0	13	33	41	51	58		
4	Toppvolym 1 000 m <sup>3</sup> sk			60	48	54	35	49	6	252	
5	Grenvol %			3	4	6	7	8	8		
6	Grenvol 1 000 m <sup>3</sup> sk			2	2	5	4	8	1	22	
<b>Totalt</b> <b>1 000 m<sup>3</sup>sk</b>				62	50	59	39	57	7	<b>274</b>	

## Bok + övriga ädla lövträd

		Diameterklass								Tot avverkn.	
		-9,9	-14,9	-19,9	-24,9	-29,9	-34,9	-44,9	45-	Tot	1 000 m <sup>3</sup> sk
1	Avverkn. %	3,5	7,1	10,0	12,3	8,5	19,6	24,5	14,5	100,0	600
2	Avverkn. 1 000 m <sup>3</sup> sk			60	75	50	120	150	90	545	
3	Toppvol %			6	5	4	2	1	1		
4	Toppvolym 1 000 m <sup>3</sup> sk			4	4	2	2	2	1	15	
5	Grenvol %			1	2	3	5	7	10		
6	Grenvol 1 000 m <sup>3</sup> sk			1	2	2	6	11	9	31	
<b>Totalt</b> <b>1 000 m<sup>3</sup>sk</b>				5	6	4	8	13	10	<b>282</b>	

## Övriga lövträd

	Diameterklass								Tot	Tot avverkn. 1 000 m <sup>3</sup> sk
	-9,9	-14,9	-19,9	-24,9	-29,9	-34,9	-44,9	45-		
1 Avverkn. %	10,2	15,0	13,4	16,3	14,9	11,0	8,3	10,9	100,0	2 700
2 Avverkn. 1 000 m <sup>3</sup> sk			360	440	400	300	220	290	2 010	
3 Toppvol %			6	5	4	2	1	1		
4 Toppvolym 1 000 m <sup>3</sup> sk			22	22	16	6	2	3	271	
5 Grenvol %			0	1	2	3	4	6		
6 Grenvol 1 000 m <sup>3</sup> sk				4	8	9	9	17	47	
<b>Totalt</b> <b>1 000 m<sup>3</sup>sk</b>			22	26	24	15	11	20	<b>118</b>	