



## Produktivitet vid stubblyftning

### *Productivity at stump lifting*



**Arbetsrapport 168 2007**  
**Examensarbete 20p D**

**Handledare:**  
**Tomas Nordfjell**

Produktivitet vid stubblyftning  
*Productivity at stump lifting*



**Författare: Johan Karlsson**

Examensarbete i Skogshushållning med inriktning mot teknologi  
Uppdragsgivare: SCA, Norrbränslen  
Handledare SLU: Tomas Nordfjell  
Examinator SLU: Urban Bergsten

## FÖRORD

Detta examensarbete har utförts inom ramen för Jägmästarprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet och omfattar 20 högskolepoäng på D-nivå. Arbetet är ett av två examensarbeten initierade av Per-Anders Hedström och Bertil Leijding vid SCA Norrbränslen med syfte att undersöka lönsamhet och ekologisk påverkan av stubblyftning. Arbetet handledes av Tomas Nordfjell vid Institutionen för Skoglig Resurshushållning i Umeå.

Jag vill rikta stort tack till handledaren Tomas Nordfjell samt Magnus Petersson och Dan Bergström vid Institutionen på Skoglig Resurshushållning som varit behjälpliga under arbetets gång. Jag vill även tacka examinatorn Urban Bergsten vid Institutionen för Skogens Ekologi och Skötsel. Jag vill också även tacka entreprenören Lars-Erik Brantholm och hans anställda som varit hjälpsamma och kommit med kloka synpunkter. Tack riktas även till Pallari som var värd företag vid studieresan till Småland och UPM-Kymmene som var värd vid studieresan till Finland samt Yngve Jonsson, professor emeritus i skogsteknik för diskussion angående stubblyftning på 1970-80 talet. Slutligen vill jag även tacka Per-Anders Hedström vid SCA Norrbränslen och Anders Larsson för gott samarbete i samband med examensarbetet.

Umeå 2007-02-15

Johan Karlsson

## SAMMANFATTNING

Stubbved användes för framställning av tjära och som brännved från omkring 1850 fram till 1950-talet d v s fram till den tidsperiod när fossil olja började användas i stor omfattning. På 1970-talet provades stubbved i begränsad omfattning som råvara till cellulosaindustrin för att komma tillrätta med den befarade virkessvackan.

Stubblyftning har nu p g a dagens höga energipriser återigen blivit aktuellt, denna gång som biobränsle. Syftet med detta examensarbete var att undersöka produktivitet vid stubblyftning (inkl markberedning) och stubbskotning fram till avlägg med den teknik som är tillgänglig idag, samt att utreda metodens ekonomiska förutsättningar.

De trakter som användes för arbetet var uteslutande belägna inom SCA:s eget innehav (Medelpad – Västerbotten). Trakterna var grandominerade och relativt virkesrika. En driftsuppföljning genomfördes på samtliga fem trakter som stubblyftes medan en tidsstudie av stubblyftning samt mätning av stubbmassa och fukthalt genomfördes på en av trakterna. För stubblyftningen användes en Hyundai 23,5 tons grävmaskin med ett aggregat av märket Pallari och för skotningen användes en Timberjack 1710.

I den genomförda tidsstudien var tidsåtgången för upparbetning (upplyftning, skakning, klyvning samt högläggning) av en stubbe med 33 cm stubbdiameter 84,1 s för tall, 78,8 s för gran och 69,6 s för björk. Utöver detta tillkom tiden för maskinförflyttning; 24,5 s/stubbe för marker med terrängklassificeringen GYL 233 eller en tidsåtgång på 13,2 s/stubbe för marker med GYL 211. Enligt resultat från driftsuppföljningen åtgick det ca 10 G<sub>0</sub>-tim för att stubblyfta en hektar vilket medför att kostnaden blir ca 7600 SEK/ha. Stubbskotningen tog i genomsnitt ca 3,5 G<sub>0</sub>-tim/ha, medellasset var 12,9 ton och kostnaden var ca 1700 SEK/ha. Enligt driftsuppföljningen genererar 1 m<sup>3</sup>fub stamved i medeltal ca 0,21 ton stubbved. Man kan förvänta sig att få ungefär 30 % av den avverkade stamvolymen som extra utbyte om stubbved tas ut vilket motsvarar ca 40 råton eller 125 MWh/ha på goda granmarker i södra Norrland. Skillnaden i möjligt extra uttag per träd var liten mellan barrträden men relativt stor mellan barrträd och björk. En tallstubbe med 33 cm stubbdiameter ger 72 kg TS, en granstubbe ger 77 kg TS och en björkstubbe 58 kg TS.

År 2005 omsatte SCA ca 8,9 milj m<sup>3</sup>fub. Om man utgår från att hälften av denna volym härrör från grandominerade områden genererar detta 4,9 milj×30 % ≈ 1,5 milj m<sup>3</sup>f stubbved. Om man antar att ca 55 % av denna volym kan lyftas innebär det att ca 0,8 milj m<sup>3</sup>f eller ca 1,8 milj TWh stubbråvara är tillgängligt per år för SCA, d v s stubbveden är en stor och hittills outnyttjad potential.

Prestationen vid stubblyftning ökade med 7 % om man undvek att lyfta stubbar med mindre stubbdiameter än 15 cm i jämförelse med om man lyfter alla stubbar. Momentet skakning är det mest tidskrävande, ca 40 % av total arbetstid, vilket innebär att förbättring i teknik framförallt bör avse skakningstekniken. Kostnaden för att med dagens teknik och arbetssätt få fram 1 MWh till bilväg var i de undersökta bestånden ca 84 SEK/MWh. Kostnadsnivån bör efter förväntad/enklare teknisk utveckling kunna reduceras med åtminstone 20 % (innebär ca 70 SEK/MWh) vilket medför att vid dagens energipriser är stubblyftning inte bara intressant för att öka uttaget av råvara ur skogen utan det kan vara/bli direkt lönsamt för skogsägaren. Dessutom är stubblyftning positivt ur skogsvårdssynpunkt tack vare markberedningseffekten och en lägre risk att drabbas av rotröte- och snytbaggengrepp.

## SUMMARY

Stump wood was used between 1850 and 1950 for production of tar and as firewood. In the 1950s the use decreased because of the introduction of the cheap fossil oil. In the 1970s stump wood became an interesting issue again as a raw material for the pulp industry. Stump lifting has today become a possible source for bioenergy. The objectives with this study were to investigate the productivity of stump lifting and stump extraction, and to analyse the economy. Another objective was to compile existing knowledge of stump lifting.

The SCA-stands that were used for the study were situated in Medelpad and Västerbotten. The stands were dominated by spruce and had rather high stem volume. A follow up on production data was done in five stands. In one of the stands a time study and a measure of stump biomass and moisture content was done. A Hyundai excavator (23.5 ton) with a Pallari stump-head was used for the stump lifting and a Timberjack 1710 was used for the extraction of stumps.

Time needed for lifting one stump (lifting, shaking, splitting and moving stump to heap) with 33 cm diameter was 84.1 s for pine, 78.8 s for spruce and 69.6 s for birch. To get the total time, 13.2 s has to be added when harvesting sites with terrain conditions GYL 211. The corresponding additional time for sites with terrain conditions GYL 233 was 24.5 s. The time needed to lift stumps and to make additional soil preparation on one ha was 10 G<sub>0</sub>-h. The time needed to extract stumps from one ha was 3.5 G<sub>0</sub>-h, and the average load was 12.9 tons. The additional volume from the stumps corresponds to 30% of the stem volume. That is equivalent to approximately 40 raw ton/ha or 125 MWh/ha on productive sites in southern Norrland. 1 m<sup>3</sup>f stem volume corresponds to approximately 0.21 ton of raw stump wood. There is a small difference in extra yield between the conifers (spruce and pine) but a rather big difference between the conifers and birch. A pine stump with a stump diameter of 33 cm gives 72 kg dry-weight, a spruce stump gives 77 kg dry-weight and a birch stump gives 58 kg dry-weight.

In 2005 SCA harvested approximately 8.9 milj m<sup>3</sup>fub. If 50% of that volume is from spruce areas it corresponds to approximately 1.5 milj m<sup>3</sup>fub stump wood. Assuming that 55% of that volume could be stump-lifted means that approximately 1.8 TWh may be utilised each year. The conclusion is that stump lifting is a big and so far unused source of biofuel.

The productivity at stump lifting increases with 7% if stumps with a diameter less than 15 cm are avoided. To shake the stumps, to sort out soil and stones, is time consuming, it takes 40% of total work time. That is why technical improvements primarily should be focused on the shaking function. The cost with today's technique and working methods to get 1 MWh to roadside is approximately 84 SEK/MWh. If basic development is carried out time consumption would be reduced with at least 20%. That would result in a cost reduction to 70 SEK/MWh. Based upon today's high energy prices stump lifting will result in a larger amount of biofuel as well as possible increased profitability for the forest owner. Stump lifting is also positive from the other points of view. It decreases the risk of attack by root rot and pine weevil..

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	3
SUMMARY .....	4
1. INLEDNING.....	6
1.1 Biobränsleanvändning i Sverige .....	6
1.2 Trädbränslen inom SCA, Norrbränslen .....	8
1.3 Stubblyftning.....	9
1.3.1 Historik .....	9
1.3.2 Beskrivning av stubblyftning.....	10
1.3.3 Lämpliga marker .....	15
1.3.4 Stubbvedens egenskaper och lyftningseffekter.....	16
1.3.5 Stubbvedens bränsleegenskaper.....	17
1.3.6 Skogsvårdsaspekter.....	19
1.3.7 Ekonomiska förutsättningar .....	20
1.4 Syfte .....	21
2. MATERIAL OCH METOD .....	22
2.1 Allmänt .....	22
2.2 Mätning av stubbmassa och fukthalt.....	22
2.3 Driftsuppföljning.....	25
2.4 Tidsstudie.....	27
2.4.1 Stubblyftande grävmaskin .....	27
2.4.2 Tidsstudie av stubbskotare.....	29
2.4.3 Analys av tidsstudiedata .....	30
3. RESULTAT .....	32
3.1 Mätning av stubbmassa och fukthalt.....	32
3.2 Driftsuppföljning.....	34
3.3 Tidsstudie.....	36
3.3.1 Total tidsåtgång för stubblyftning.....	36
3.3.2 Icke stubberoende variabler, stubblyftning.....	36
3.3.3 Stubberoende variabler, stubblyftning.....	38
3.3.4 Stubbskotning .....	41
4. DISKUSSION.....	43
4.1 Material och metoder .....	43
4.2 Stubbmassa, stubbvolym och fukthaltsmätning.....	43
4.3 Driftsuppföljning.....	44
4.4 Tidsstudie.....	45
4.4.1 Stubblyftning.....	45
4.4.2 Stubbskotning .....	46
4.5 Ekonomi .....	46
4.6 Slutsatser .....	49
4.7 Behov av fortsatta studier .....	49
REFERENSER .....	50
Litteratur .....	50
Personlig kommunikation .....	52

# 1. INLEDNING

## 1.1 Biobränsleanvändning i Sverige

Biobränsle producerat inom Sverige indelas i (j f r Lehtikangas 1998):

- Trädbränslen (ved, bark, spån och energiskog)
- Avlutar (restprodukter från massaframställning)
- Stråbränslen (halm och energigräs)
- Avfall
- Torv

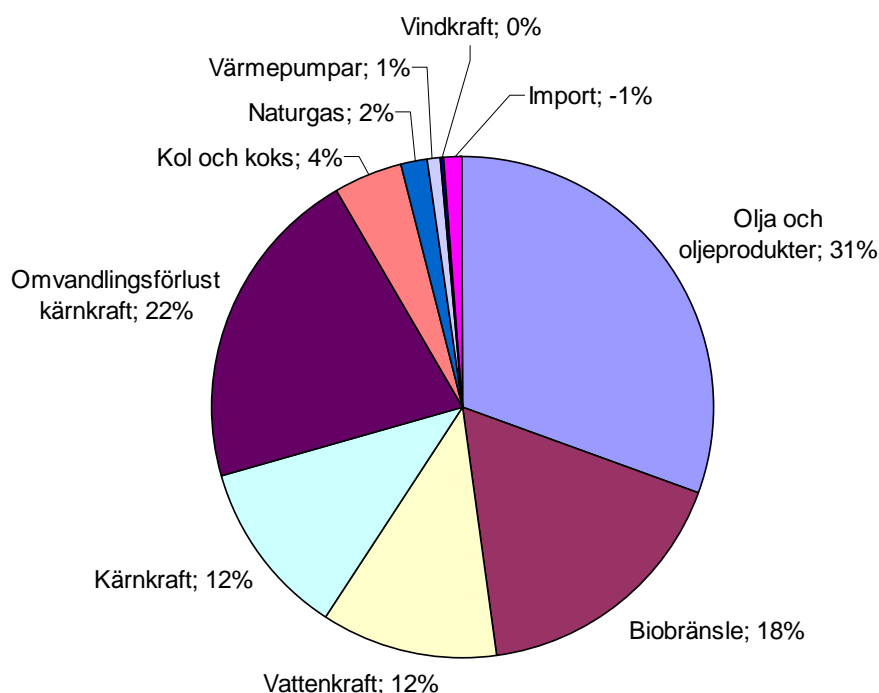
Som trädbränsle räknas alla biobränslen där träd eller träddelar används och där ingen kemisk omvandling skett (Lehtikangas 1998). Trädbränsle indelas i sin tur i skogsbränsle, energiskogsbränsle och återvunnet trädbränsle. Energiskogsbränsle kommer från snabbväxande träarter som odlats på åkermark. Återvunnet trädbränsle har tidigare använts som t ex emballagevirke, rivningsvirke eller spillvirke. Skogsbränsle är trädbränsle som inte haft någon tidigare användning. Hit räknas bl a GROT (grenar och toppar), stubbar, bark, flis, sågspån och röjningsvirke. Skogsbränsle som kommer direkt från skogen benämns ibland primärt skogsbränsle.

Sverige har sedan den 1 januari 1991 en skatt på koldioxid som regleras enligt Lag 1994:1776 om skatt på energi (Magdalinski 2003). Syftet med skatten är att minska koldioxidutsläppen p g a förbränning av fossila bränslen. Biobränslen för värme och/eller elproduktion är undantagna från beskattning. Detta har medfört att användningen av biobränslen ökat på senare år. De senaste åren har även världsmarknadspriserna på råolja stigit kraftigt. I slutet av november 2004 var priserna på råolja 39 USD per fat, i början av december 2006 var priserna uppe i 63 USD per fat (Anon 2006a).

Utöver koldioxidskatten kommer handeln med utsläppsrättigheter och gröna elcertifikat sannolikt att ändra förutsättningarna för biobränslen (Larsson et. al 2003). Handeln med utsläppsrättigheter sätter ett pris på rätten att släppa ut koldioxid. Handeln är tänkt att under 2005-2007 omfatta energianläggningar och vissa tunga industrianläggningar som bl a massa- och pappersbruk. Varje anläggning tilldelas ett visst antal utsläppsrättigheter som t ex grundas på historiska utsläpp. Anläggningar som har släppt ut mer än sina tilldelade rättigheter vid årets slut måste köpa ytterligare rättigheter, de som släppt ut mindre får sälja sina. Företag med stora utsläpp kan antingen köpa utsläppsrättigheter eller satsa på att själva använda system som leder till lägre utsläpp, t ex biobränslen. Gröna elcertifikat infördes 2003 i syfte att utöka andelen el baserad på förnyelsebara energikällor. Alla producenter av förnybar el får ett elcertifikat för varje MWh el som de producerar. Certifikaten kan sedan säljas eftersom lagförslaget innebär att alla el-användare, med några undantag, blir skyldiga att köpa certifikat, den s k kvotplikten. Fördelen med utsläppsrättigheter och elcertifikat är att de är marknadsanpassade och bestäms av utbud och efterfrågan (Anon 2006b). Därmed kräver de inte finansiering från staten. För skogsindustrin har de stigande oljepriserna, el-certifikaten och utsläppsrättigheterna resulterat i kraftigt stigande energipriser. För att komma tillrätta med detta har skogsindustrin påbörjat

omställning från oljeeldning till nyttjande av biobränslen för värme- och kraftproduktion. Dels för eget behov men även för att på sikt kunna sälja. Produktionen av förnyelsebar el ökade från 4,8 TWh 2002 till 11,3 TWh 2005 (Anon 2006c). Biobränslen stod för ca 90 % av ökningen som dominerades av industriellt mottryck och kraftvärme. Huvuddelen av biobränslet används för uppvärmning men det produceras även el. År 2004 använde kraftvärmeanläggningar i fjärrvärmenäten 5,6 TWh och industriella mottrycksanläggningar 4,7 TWh till elproduktion. Potentialen för kraftvärmebaserad el uppgår enligt Svensk Fjärrvärme till ca 25 TWh, baserat på det fjärrvärmeunderlag som kan finnas omkring år 2010. Med förgasningsteknik kan potentialen öka ytterligare.

Totalt tillfördes det i Sverige 2005 omkring 630 TWh energi, av detta stod biobränslen torv m m för 18 % (figur 1) (Anon 2006c).



Figur 1. Andel tillförd energi i Sverige 2004, totalt 630 TWh (Anon 2006c).

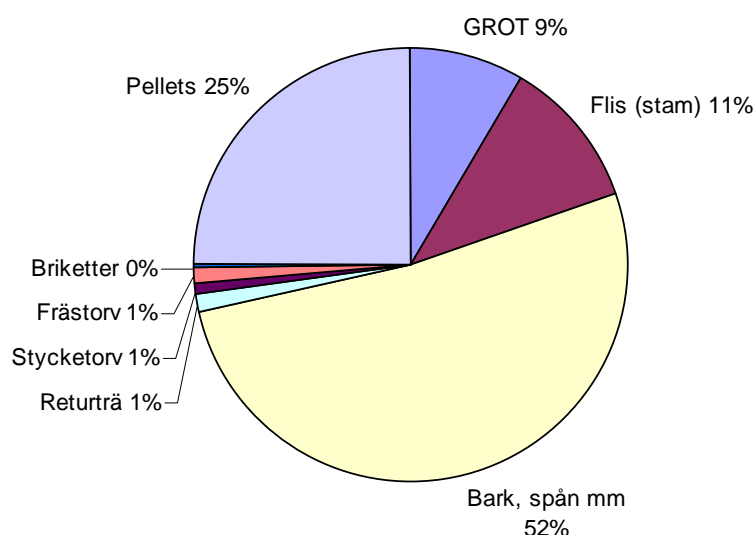
Figure 1. Energy sources in Sweden 2004, totally 630 TWh (Anon 2006c).

I framtiden hoppas man även kunna producera biodrivmedel från biobränslen (Anon 2005a). T ex har Biofuel Region genom en pilotanläggning börjat utvinna etanol baserat på cellulosaråvara.



## 1.2 Trädbränslen inom SCA, Norrbränslen

Norrbränslen är ett av SCA helägt dotterbolag som köper och säljer trädbränslen (Anon 2005b). Verksamheten är indelad i fyra regioner, Norrbotten, Västerbotten, Jämtland och Västernorrland. Affärsidén är att vara en marknadsledande aktör på den svenska trädbränslemarknaden. Norrbränslen startade sin verksamhet omkring 1985 och har hittills haft en årlig expansionstakt på omkring 10-15 %. Kunderna är förutom SCA:s egna industrier även värme- och kraftvärmeverk från Kiruna i norr till Stockholmsområdet i söder. Norrbränslen levererar till fyra fabriker som tillverkar pellets belägna i Luleå, Stugun, Edsbyn och Härnösand (BioNorr som ägs av Norrbränslen). Totalt levererar Norrbränslen ca 3 TWh energi. Huvudsortimentet är spån och bark men man levererar även en hel del pellets, flis och GROT (figur 2).



Figur 2. SCA Norrbränslen's fördelning över levererade biobränslen år 2004, totalt 3 TWh (Anon 2005b).

Figure 2. The distribution of SCA Norrbränslen's delivered biofuel in the year 2004, totally 3 TWh (Anon 2005b).

Norrbränslen expanderar inom förädlade sortiment men framförallt inom oförädlade sortiment. GROT, som är oförädlad, är en stor outnyttjad potential inom SCA (Hedström 2006, pers. kom). Under 2006 startade Norrbränslen med GROT-hantering i Norrbotten och Västerbotten. Inom andra län har man bedrivit GROT-verksamhet sedan tidigare. Den främsta orsaken till att SCA ser att GROT och andra primära skogsbränslen har stor potential är att förbrukningen av traditionellt rundvirke inte bedöms minska i framtiden, snarare tvärtom. För att undvika en situation där värmeverk köper massaved för eldning försöker man öka mängden biobränslen på marknaden. Det sätt man hittills har gjort detta på är att skörda GROT. Eftersom stubbved är ett skogsbränsle som bedöms ha stor potential har Norrbränslen nu även börjat visa intresse för stubblyftning.

## 1.3 Stubblyftning

### 1.3.1 Historik

Stubblyftning är ingen ny företeelse i Sverige (Jonsson 1985). Tidigare kallades denna verksamhet för stubbrytning. Men för att markera att dagens teknik inte är detsamma som förr används nu begreppet stubblyftning. Ved från stubbar har sedan lång tid tillbaka använts för eldning samt som råvara vid framställning av tjära. Från mitten av 1800-talet blev stubbveden den viktigaste källan för tjärframställning (Anon 2004). Tidigare användes framförallt stamved men i takt med att skogsindustrin utvecklades och att stamveden behövdes till den började man istället nyttja stubbveden. Tjäran användes bl a för att täta båtar och tak samt som motorbränsle (Jonsson 1985). Vid framställning av tjära användes tallstubbar som bröts upp ur marken ca 10 år efter avverkning. Splintveden var då förmultnad och lättare att avskilja från den begärliga kärnveden. Tjäran framställdes från början vid tjärdalar ute i skogen. Från omkring år 1915 brändes den dock i ugnar. Som exempel kan nämnas att det under den tiden fanns 15 fabriker i Sverige som sysslade med framställning av tjära.

Brännved och tjära hade fram till år 1950 i allmänhet en dominerande ställning i Sverige (Kardell 1992). Detta trots att andra energikällor som olja, stenkol och vattenkraft tagits i anspråk sedan år 1850. Omkring år 1918 gjorde man försök med att använda sig av sprängmedel för att ta upp stubbar istället för med maskiner (Lundberg 1918). Kostnaden för stubbupptagning med hjälp av sprängning blev ungefär lika hög som vid användande av dåtidens enkla maskiner. Däremot blev det betydligt mindre arbetsåtgång vid sprängning än vid användande av maskiner.

Efter andra världskriget blev priset på olja så lågt att det importerades till Sverige i stor mängd (Jonsson 1985). Oljan var mycket populär fram till 1973 då oljekrisen inträffade, vilket innebar kraftigt höjda priser. En väsentlig skillnad mot tiden före andra världskriget var att Sverige under mitten av 1970-talet hade hög kapacitet inom skogsindustrin, som i alla fall teoretiskt kunde förädla hela den årliga tillväxten. Man trodde att vi i Sverige stod inför den sk virkessvackan. Det innebar att skogsråvaran helt enkelt inte skulle räcka till. Blickarna riktades därför mot andra sortiment från skogen, både för att komma tillrätta med den befarade virkesbristen och de höga oljepriserna. I detta syfte bildades 1974 Projekt Helträdsutnyttjande (PHU) där staten och skogsindustrierna försökte ta reda på om en större mängd skogsråvara kunde tas från skogen. I början av PHU fokuserade man på att utreda om råvaror som GROT och stubbar kunde tas från skogen för att användas i massaframställning. Framförallt stubbveden hade gynnsamma egenskaper för massatillverkning (Jonsson 1985). Man hoppades att genom modern teknik kunna ta upp, rena och transportera stubbveden för att senare kunna utvinna god råvara. Mackmyra Cellulosaflis AB i Gävleborgs län som ägdes gemensamt av Stora och Kopparnäs-Marma AB var det första storskaliga försöket att med modern teknik nyttja stubbved som råvara i massaframställning. Årsproduktionen i Mackmyrafabriken var omkring 150 000 m<sup>3</sup>f cellulosaflis från stubbved. Den totala förbrukningen i Sverige av stubbved var år 1982 knappt 200 000 m<sup>3</sup>f. Detta motsvarade ungefär 4 % av den volym man på den tiden bedömde som långsiktigt tillgänglig att lyfta för landet som helhet. Främsta problemet med Mackmyraförsöket var att man inte lyckades komma ner i tillräckligt låga totalkostnader för stubbflisen. Det berodde framförallt på att stubbråvaran innehöll för

mycket föroreningar av sten och jord. Det gav upphov till stora problem vid bearbetning och deponering vilket innebar en hög kostnad. Andra problem var långa transportavstånd, höga kostnader för klena stubbar samt att lövstubbar inte kunde användas då industrin krävde fibrer från barrved. Dessa problem blev till slut för stora vilket ledde till att Mackmyra Cellulosafabrik stängdes i slutet av 1980-talet (Anon 2006c). Slutsatserna efter försöket var att man måste komma fram till en bättre teknik i skogen för att lösa problemet med den höga föroreningshalten och därmed de höga kostnaderna.

I slutet av PHU, omkring år 1977, började man undersöka om stubbråvaran istället kunde användas som bränsle (Kardell 1992). Kostnaderna för stubbved var höga och andra alternativ, t ex olja, var billiga och det blev därför inget genomslag för tillvaratagande av stubbved som bränsle på den tiden. Idag är förutsättningarna bättre och man hoppas kunna ta fram stubbved på ett rationellt och uthålligt sätt.

### **1.3.2 Beskrivning av stubblyftning**

Stubb- och rotved kan antingen tas tillvara direkt i samband med avverkningen eller som en separat åtgärd efter avverkningen (Nylinder 1977). Av dessa två metoder är det stubbupptagande efter avverkningen som är aktuellt idag. Men inte för fiberindustrin som var aktuellt på 1970-talet utan istället som biobränsle.

I Finland har man sedan några år tillbaka börjat med stubblyftning igen efter att liksom i Sverige ha avbrutit denna verksamhet i början av 1980-talet (Hakkila 2004). Företaget UPM Kymmene har i området kring Vasa bedrivit stubblyftning i tre år i syfte att skaffa fram biobränsle till mottagande industrier (framförallt anläggningen Alholmen i Jakobstad) (Wennman 2006, pers. kom). Ett annat syfte har varit att hitta ett alternativ till traditionell rotrötebehandling med olika typer av gift. Lyftningen sker båda på egna marker men även hos privata skogsägare.

Stubblyftningen sker efter att en trakt är avverkad och det spelar ingen större roll om lyftningen sker alldeles efter avverkning eller om det dröjer ett antal månader (Wennman 2006, pers. kom). Avverkningen är oftast GROT-anpassad vilket innebär att grenar och toppar läggs av skördaren i högar för att underlätta kommande uttransport. Tekniken som används är att tillvarata stubbved i samband med att markberedningen genomförs (figur 3). Man använder sig av en grävmaskin och kombinerar markberedningen med stubblyftning. Finländska erfarenheter är att använda sig av en 23 tons grävmaskin eller tyngre (figur 3) (Mäkinen 2006, pers. kom). Innan grävmaskinen tas i drift bör den befintliga bukplåten bytas ut mot en tjockare variant. Det är av stor vikt att ha bra skydd bakifrån och underifrån för att hindra stubbar och stenar från att komma in i hytten vilket kan leda till personskador. Generellt sett gäller att en lättare maskin är mindre bränslekrävande, billigare i inköp och har billigare reservdelar än vad en tyngre och större maskin har. Detta skall då vägas mot att en större maskin är mer stabil och har bättre räckvidd, en 26 tons grävmaskin har ca 60-70 cm bättre räckvidd än en 20 tons.

Figur 3. Grävmaskinen som användes vid studiebesöket i Småland (Foto författaren, 2006)

Figure 3. The excavator that was used during the field trip to Småland (Photo by the author 2006)

Grävmaskinen är utrustad med ett aggregat som lyfter stubbarna ur marken (Halonen 2006, pers. kom). Det finns ett flertal aggregat på marknaden, bl a Pallari (figur 10), Alto och Hirvonen. Av dessa används Alto och Pallari mest. Arbetsmetodiken är annorlunda mellan dessa två (Wennman 2006, pers. kom). Alto fungerar likt en grep när den tar upp stubben ur marken och Pallari tar med hjälp av två tänder och motstål upp och klyver stubben redan vid upptagningen. Av dessa är Pallari det aggregat som används mest. I originalutförandet är det bara Pallariaggregatet som kan klyva stubben vid upptagningen. Det finns dock exempel på entreprenörer, t ex Signar Stenholm, som modifierat Altoaggregatet genom att montera en hydraulisk klyv på aggregatet som gör att även det kan klyva stubbarna (Stenholm 2006, pers. kom).

Efter att stubbarna lyfts upp ur marken skakas de för att så mycket som möjligt av sten och jord ska ramla av (figur 4) (Stenholm 2006, pers. kom). Strävan är att skaka stubben över det hål som orsakats av upplyftningen, därigenom täcks en relativt stor andel av hålet igen på en gång. Då stubbarna släpps i marken försöker man träffa en annan stubbe eller en sten för att få mesta möjliga motstånd. Ett vasst motstål fungerar som en yxa och klyver stubbarna (Hakkila 2004). Stora stubbar klyvs redan i marken innan de lyfts upp och små stubbar klyvs då de lyfts upp. För att underlätta kommande torkning klyvs stubben i två till fem bitar. Fördelar med sönderdelning av stubbved är att det medför viss rensningseffekt, ökar fastmassan vid transport och gör själva upptagningen enklare (Nylinder 1977). En nackdel som sönderdelning kan föra med sig är virkesförluster om många bitar blir alltför små vid delningen. Risken ökar helt enkelt att bitar försvinner i hanteringen. Efter detta placeras stubbarna på högar med överbliven GROT för att undvika markkontakt och därmed torka snabbare (Wennman 2006, pers. kom). Det mesta av GROT-en är vanligtvis redan utskotat då stubblyftning påbörjas. Så länge det inte är för mycket snö och tjäldjupet understiger 10 cm går det bra att lyfta stubbar (Stenholm 2006, pers. kom). Tiden just innan det är för sent och tiden alldeles efter att det är möjligt att börja lyfta igen är särskilt gynnsamma. Då lossnar vidhäftande jord på ett bra sätt.



Figur 4. Stubblyftningens arbetsgång, från hygge till industri (Hakkila 2004).  
 Figure 4. The routine of stump harvesting, from harvesting site to industry (Hakkila 2004).

Under sommarhalvåret ligger stubbarna oftast 2-3 veckor på hygget för att torka innan de skotas till välta (figur 5) vid bilväg (Wennman 2006, pers. kom). Under vintern har lagringstiden ingen betydelse eftersom stubbråvaran inte torkar något då. Om det är ett hygge med dålig bärighet kan det bli aktuellt att vänta med utskotningen tills marken är tjälad. Skotarna som sköter denna transport är i Finland ibland försedda med en "balja" som gör att de kan lasta en större volym än vanligt. Annars kan de vara extrautrustade med en grind bak, GROT underrede och en extra banke. Av dessa tre faktorer påverkar den extra grinden produktiviteten mest, den anses öka med 12 % tack vare grinden (Mäkinen 2006, pers. kom). Orsaken till att man på olika sätt försökt modifiera skotarna är att stubbarna är så utrymmeskrävande i förhållande till sin massa. Stubbskotarna klarar av att lasta 10-15 råton (Halonen 2006, pers. kom). Skotarföraren försöker i största möjliga mån undvika att köra sönder de redan färdiga markberedningspunkterna. Tyvärr så sker detta ändå relativt ofta, dock i mindre omfattning under vintern.



Figur 5. Vålta med stubbved som observerades under studieresan till Småland (Foto författaren 2006).

Figure 5. Heap of stump wood, observed during the field trip to Småland (Photo by the author 2006).

För att åstadkomma en tillräckligt bra markberedning är aggregaten även utrustade med en ”spade” som gör en markberedningspunkt (Hakkila 2004). Markberedning sker där så är lämpligt genom högläggning och där det är lämpligt görs en fläckmarkberedning (Stenholm 2006, pers. kom). Detta är en viktig aspekt eftersom grävmaskinen möjliggör att både kunna genomföra en högläggning men även en fläckmarkberedning där så krävs på ett och samma hygge. Vid små objekt är det annars svårt att kunna göra olika markberedningsformer på ett och samma hygge då det blir alltför dyrt att ta dit olika typer av markberedningsmaskiner.

Markberedningen görs i största möjliga mån där maskinen redan gått. Man anpassar antal markberedningspunkter/ha beroende på bonitet. Om högläggning görs är riktpunkten för högstorleken 50 liter. Genom en studie som är gjord av bl a Veli Matti Saarinen (Effects of slash and stump removal) har det konstaterats att maskinell plantering är billigare att göra efter stubbarlyftning (Wennman 2006, pers. kom). Någon liknande studie för manuell plantering har inte gjorts. Uppfattningen är dock att tidsåtgången inte verkar bli högre för vana plantörer, snarare lägre. För att underlätta kommande plantering är det av stor vikt att markberedningspunkterna hamnar på ett systematiskt sätt så att plantörernas val av lämpliga slag underlättas (Stenholm 2006, pers. kom).

Stubbved är så skrymmande att lastbilen inte kan köra med maximalt tillåten lastvikt vilket innebär att det blir hög transportkostnad (Leinonen et al. 2005). Genom utveckling av lastbilsflak har man i Finland börjat köra med specialbyggda lastbilar med en slags balja som klarar av större volymer än vanliga lastbilar (figur 6) (Wennman 2006, pers. kom). Lastningen tar i medeltal omkring två timmar, lossning

inklusive städning tar ca 1 timme, tillsammans motsvarar lastning och lossning 500 krancykler. Massan på stubbråvaran brukar vara 17-30 råton/last, medelvärdet är 22 råton/last. Som mest har man kunnat lasta 31 ton. Stubbråvaran som läggs upp vid avlägg tar vanligtvis upp ca 40 m per hektar som är stubblyft. Under vintern 2005 började man i området kring Jyväskylä att transportera stubbråvara via järnväg. Detta skedde med specialbyggda stora vagnar som kunde lasta ungefär 150 m<sup>3</sup>f per vagn.

Figur 6. Lastbil som används för transport av stubbråvara (Foto Rodney Strandvall 2006).

Figure 6. Truck used for transportation of stump-wood (Photo Rodney Strandvall 2006).

Sönderdelningen sker i princip uteslutande på fasta anläggningar (f f a Alholmen i Jakobstad, Finland; Wennman 2006, pers. kom). Stubbar som lyfts under vår och försommar kan förbrukas kommande vinter medan stubbar som lyfts i slutet av sommaren och under hösten bör lagras en säsong innan de förbrukas. Stubbved är lämpligt att användas som utblandning med den fuktigare GROT-en. Vid industri sker sönderdelning av stubbråvaran med hjälp av stora stationära krossar. Eftersom krossarna är mycket dyra är det nog främst stora anläggningar som har möjlighet att investera i sådana.

Tidsåtgången för stubblyftning varierar beroende på tillgänglig stubbvolym och markförhållanden (Wennman 2006, pers. kom). Vid praktisk drift i Finland har man kommit fram till att det krävs två grävmaskiner för att ha jobb till en stubbskotare. I Jakobstadsområdet där stubblyftning pågått i ungefär fem år stubblyfts ca 0,5-1,0 hektar/8 timmar, d v s ca 0,7 hektar per åtta timmars skift. Tidsåtgången för stubbskotning är i medeltal 5-6 tim/ha. Som nämnts ovan modifierade entreprenören Signar Stenholm Altoaggregatet. Innan modifiering av aggregatet var tidsåtgången i medeltal ungefär 10-12 timmar/hektar, men upp mot 15 tim/ha i värsta fall. Efter modifiering gick tidsåtgången ner till ca 8 tim/ha. Tidsåtgången är i medeltal 5-6

tim/ha (Stenholm 2006, pers. kom). Tidsåtgången för stubblyftning på stormhyggena i Småland var omkring 14-15 timmar/ha medan skotningen där tog ca 10 tim/ha (Mäkinen 2006, pers. kom). Det går alltså snabbare att lyfta stubbar efter normal avverkning än efter stormfällning.

Amerikanska studier från 1970-talet konstaterade att upplyftningstekniken på den tiden inte var fulländad (Nylinder 1976). Framförallt ledde upptagningstekniken som utnyttjades då till att en stor mängd jord och sten kom med. Man försökte att nyttja vibrationsteknik för att komma tillrätta med problemet. Tanken var att vibrera stubben efter upplyftningen och därmed åstadkomma en bra rensningseffekt. Man provade även att vibrera stubben samtidigt som upplyftningen. Detta ledde till att upptagningen blev lättare men vibrationerna i basmaskinen blev alldeles för kraftiga. En annan aspekt med tekniken var att risken för bestående hål i marken minskade. Främsta nackdelen med tekniken var svårigheten att få fram ett aggregat som var någorlunda lätt och smidigt.

### 1.3.3 Lämpliga marker

I en tidigare studie konstaterades att prestationen vid stubblyftning är beroende av ett flertal faktorer hos en trakt (Nylinder 1977). Som exempel kan nämnas trädslag, jordart och geografiskt läge. Prestationen vid lyftning av granstubbar ansågs med den teknik som nyttjades då vara 10-40 % högre än vid lyftning av tallstubbar. Stubbar på moränmark är lättare att lyfta än stubbar på sedimentmark, skillnaden är dock inte speciellt stor. Torvmarker är mer lättarbetade än fastmarker.

Stubbantalet per hektar påverkar prestationen i hög utsträckning (Nylinder 1977). Tiden för bl a förflyttning av maskinen sjunker med ökad koncentration av stubbar. Om man jämför lyftning vid 200 stubbar/hektar med 800 stubbar/hektar ökar prestationen med omkring 20 % vid det högre stubbantalet. Även terrängens beskaffenhet inverkar på vilka marker som är lämpliga (Nilsson & Danielsson 1976). Marker med lutning och ytstruktur över klass 3 i terrängtypschemat bör uteslutas. Bärighet är inget större problem då lyftningen sker med grävmaskin som klarar av även mycket svaga marker. Man bör dock tänka sig för hur uttransporten ska gå till och eventuellt överväga att skota på tjälad mark. Stubblyftning bör undvikas på lavrika, torra och magra marker där det är viktigt att humusbildande ämnen får vara kvar. På riksnivå upptar andelen marker med ytstruktur och lutning som överstiger 3 omkring 7 % och lavrika marker omkring 8 %.

Hyggesstorleken är en starkt påverkande faktor för lönsamheten vid stubblyftning (Nilsson & Danielsson 1976). För att få en uppfattning om vad minsta möjliga areal är för att stubblyftning ska genomföras måste man bestämma minsta acceptabla volym per avverkningstrakt. Ett exempel kan vara om man vill ha minst 100 m<sup>3</sup>f stubbråvara per trakt, stubb-rotvolymen upptar ca 20 % av stamvolymen och avverkad stamvolym är 200 m<sup>3</sup>f/ha. Minsta möjliga areal blir då 2,5 hektar ((200 x 0,2) x 2,5). I dagens bolagsskogsbruk har de flesta avverkningstrakterna en areal som överstiger de 2,5 hektar som exemplet visade på.

Efter att ha hållit på med stubblyftning några år har finländarna samlat på sig en del erfarenheter om lämpliga marker för stubblyftning (Gullqvist 2006, pers. kom,

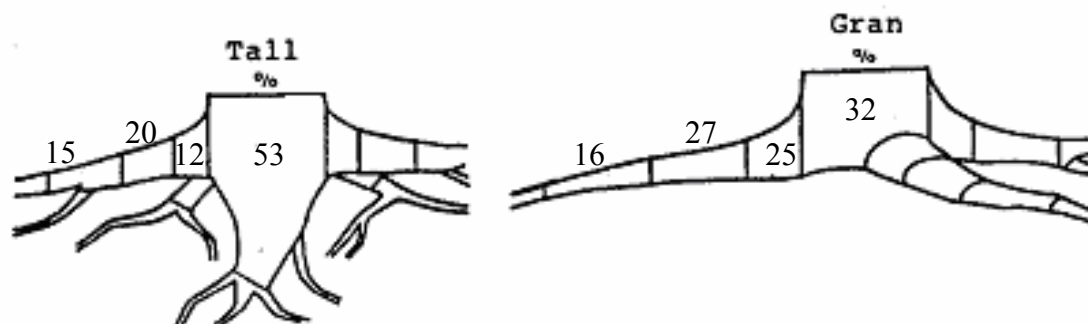


Mäkinen 2006, pers. kom och Wennman 2006, pers. kom). Stubbar klenare än 20 cm eller grövre än 70 cm lyfts inte (Mäkinen 2006, pers. kom). Stubbarna över 70 cm undantas från lyftning p g a att de tar mycket tid att lyfta samt har stort ekologiskt värde. Ungefär 25 % av stubbarna och huvuddelen av rötterna lämnas kvar i jorden enligt den finländska modellen för att inte utarma marken. Dessutom bör omkring 7-10 m skyddszoner lämnas mot våtmarker och vattendrag, därigenom binds humus och näringsämnen till vegetationen. Exempel på marker där stubblyftning inte görs av ekonomiska eller miljömässiga skäl är:

- Områden med mycket stående eller liggande död ved
- I direkt anslutning till evighetsträd och miljöträd
- Skyddszoner kring vattendrag
- Gallringar
- Häckningsplatser för skogsfågel
- Lermarker
- Längs körstråk och diken
- Hyggesstorleken bör ej understiga 1,5 hektar
- Avståndet från hygge till väg bör ej överstiga 400 meter

### 1.3.4 Stubbvedens egenskaper och lyftningseffekter

Det finns en viktig skillnad mellan stubb- och rotsystemen för tall- och granved (Hakkila 1972). Tallens rötter ligger generellt sett djupare än granens rötter. Tallen kan ha pålrot och hälften av den totala massan utgörs av laterala rötter, resterande del återfinns i den centrala stubbdelen (figur 7). Granen har ingen pålrot men tjockare laterala rötter. Den centrala delen av stubb- och rotsystemet upptar för granen bara 1/3 av massan medan de laterala rötterna upptar 2/3.



Figur 7. Rotsystemen för tall- och gran, siffrorna anger massans fördelning i % (Nilsson & Danielsson 1976).

Figure 7. Root system for pine- and spruce, the numbers give the proportion of the biomass in % (Nilsson & Danielsson 1976).

Skillnaden mellan trädslagen påverkar tekniken för att ta upp och dela stubb- och rotsystemet (Nylinder 1977). Detta leder till att en granstubbe är mycket lättare att lyfta än en tallstubbe genom att tallstubben kräver betydligt större kraft för upptagande. Det blir även mindre markpåverkan vid upptagande av granstubbar.

I samband med uttag av stubb- och rotved medföljer organiskt och oorganiskt material, både genom ytlig vidhäftning och genom inväxning i stubbveden (Nylinder

1977). Oorganiskt material som vidhäftar på stubbveden, bl a sten och sand, är relativt lätt att avlägsna och lossnar i princip hur rensningsarbetet än går till. Oorganiskt material som växt fast inne i stubben är dock svårt att få bort. Organiskt material, t ex humus, är ofta hopflätat av rottrådar till en mattliknande struktur och kräver ofta bearbetning för att lossna. Mängden föroreningar är beroende av jordart på växtplatsen och årstid (Jonsson 1985). Stubbved från torvmark innehåller lite föroreningar medan stubbar från moränmark innehåller mer. Täta och fuktiga jordar ökar risken för stark vidhäftning av jord. Om stubbarna efter upptagning i kall väderlek får frysa kommer föroreningarna att frysa fast och därmed vara mycket svåra att avlägsna utan upptining. Invuxen sten kan delvis avlägsnas genom att veden läggs så att snö och regn kan spola bort stenarna, att enbart klyva stubben räcker inte alltid. Föroreningarnas mängd är svår att beräkna, beroende bl a på fukthalten. Problemet är att förbränning av material med mycket föroreningar ger upphov till hög askhalt vilket inte är bra.

### 1.3.5 Stubbvedens bränsleegenskaper

Trädbränslen innehåller förutom en brännbar organisk del även icke brännbara oorganiska restprodukter i form av aska (Lehtikangas 1998). Askhalt anges i procent av bränslets torra massa. I askan ingår två komponenter, dels vedens naturliga obrännbara delar och dels föroreningsaska. Den naturliga askhalten består av mineralämnen som tagits upp ur marken. Den varierar bl a beroende på trädslag, växtplats och genetiska faktorer. Föroreningsaskan kommer från det material som följer med bränslet vid hanteringen och kan bl a vara sand, jord och grus. Negativa effekter som askan har är att den minskar energiinnehållet, sliter på transportanordningar, kan innebära slagningsproblem samt ökar kostnader vid transport, hantering och deponi.

Vid spolningsförsök på 1970 talet kom man fram till att ungefär 20 % av stubbarnas massa utgjordes av föroreningar (Hansen 1976). Stubbved från mycket steniga eller finkorniga marker kunde ge upphov till ännu högre föroreningsgrad. Vid praktisk drift i Finland har man funnit stor spridning mellan olika leveranser vad gäller askhalten (Leinonen et al. 2005). De bästa leveranserna har haft askhalter på omkring 2-3 % medan de sämsta leveranserna har haft askhalter uppemot 20 %. De sista åren av praktisk drift i Finland har emellertid askhalten minskat p g a tekniska förbättringar i hanteringen av stubbråvaran. Ett rimligt värde på askhalten är numera ungefär 8 % (Halonen 2006, pers. kom). Som jämförelse kan nämnas att GROT har askhalter på ca 2,5 % medan hela träd med löv och barr har askhalt från 0,9 till 1,6 %.

För att avgöra hur bra ett bränsle är brukar man använda begreppet effektivt värmevärde för fuktigt material ( $W_{\text{eff}}$ ) (Lehtikangas 1998). Det innebär den värmemängd som teoretiskt kan tas ut vid fullständig förbränning av fuktigt bränsle och mäts i enheten Joule. Värdet anges som energimängd per kg torrs substans eller kg rå massa. Vid division med faktorn 3,6 erhålls värmevärdet i kilowattimmar. Om bränslet är förorenat måste hänsyn tas till detta vid beräkning av effektivt värmevärde. Detta sker genom multiplicering med andelen föroreningar i materialet. Om föroreningsgraden t ex är 5 % ska det effektiva värmevärdet multipliceras med faktorn 0,95. Det effektiva värmevärdet varierar väldigt mycket för olika trädbränslesortiment, det beror bl a på bränslets fukthalt (Lehtikangas 1998). Om ett

parti bränsle med 35 % fukthalt får torka till 20 % fukthalt ökar det effektiva värmevärdet med 5 %. Om ett parti bränsle med 65 % fukthalt får torka till 50 % fukthalt ökar det effektiva värmevärdet med 15 %.

Hos barrträd är grendelarnas värmevärde högst (ca 20 MJ/kg TS), därefter barr och bark (Lehtikangas 1998). Hos lövträden har barken högst värmevärde (ca 23 MJ/kg TS). För både barr- och lövträd gäller att stamveden har det lägsta värmevärdet och att stubbved har högre värmevärde än stamved (Jonsson 1985). Värmevärde för stamved är ca 19,4 MJ/kg TS för tall, ca 19,0 MJ/Kg TS för gran och ca 19,3 MJ/kg TS för björk. Skogsbränsle är alltid mer eller mindre fuktigt vilket innebär att det verkliga värmevärdet är lägre än vad som är teoretiskt möjligt. Genom en sommars torkning i det fria kan lagringen leda till att värmevärdet ökar ca 10,7 %, men det blir även substansförluster på ca 4 %. Detta innebär att nettovärmevärdet ökar med ca 7 %.

Vid en svensk studie på 1970-talet kom man fram till att stubb- och rotsystemet motsvarar ca 15-30 % (medel 22 %) av stamvolymen i ett slutavverkningsbestånd (Nylinder 1977). Amerikanska studier från 1970-talet visade att stubbvolymen motsvarar omkring 25 % av stamvolymen (Nylinder 1976). Där konstateras även att andelen stubbved sjunker med stigande ålder hos träden. Vid en finsk studie på 1970-talet konstaterades att stubb- och rotsystemets andel av ett bestånds totala volym är högre på torvmarker än på mineraljord samt att andelen varierar geografiskt (Hakkila 1972 och 2004). I studien framgick att man fick upp ca 22,2 % av stamvolymen i stubb- och rotved på mineraljord. På torvmarker i södra Finland var motsvarande siffror 36,6 % för tall och 46,7 % för gran. På torvmarker i norra Finland uppmättes betydligt lägre andelar, t ex ca 30 % för gran. Efter att finländarna nu återupptagit stubblyftning har man funnit att andelen stubbvolym numera är ca 30 % av stamvolymen.

Som tidigare nämnts har 1 m<sup>3</sup> skogsbränsle ett bränsleinhåll som motsvarar ca 2,2 MWh (Dickens 1982). 1 MWh är den energi som åtgår för att driva en personbil ca 100 mil. En tall med en brösthöjdsdiameter på 30 cm har en stubbe med ett bränslevärde som motsvarar ca 0,35 MWh medan motsvarande värde för en granstubbe är ca 0,40 MWh (Hakkila 2004). Om man antar att det är 400 träd per hektar i ett genomsnittligt slutavverkningsbestånd kan man därför få ut bränsle som motsvarar omkring 140-160 MWh/ha (förutsatt att medelstammens DBH är 30 cm). Det bör tilläggas att studier som ger dessa resultat har utförts på bestånd med hög bonitet, bl a dikade torvmarker. Ett bränslevärde på 140-160 MWh/ha innebär i storleksordningen 70-80 m<sup>3</sup> stubbved/ha. Under fältsäsongen 2005 genomförde Sveaskog stubblyftning på försöksstadium i trakterna kring Bergslagen (Karlsson 2006, pers. kom). Resultatet där pekade på att man i medeltal kan förvänta sig att få ut ca 100 MWh per hektar.

Som all annan ved angrips även stubbveden av rötsvampar (Nylinder & Thörnqvist 1981). Viktminskningen som uppstår efter rötangrepp bedömdes vara ca 4 % hos gran och ca 1,5 % hos tall efter 16 månaders lagring. Detta är dock betydligt mindre än motsvarande värde för andra typer av skogsbränslen. Stubbråvaran får inte heller ökad fukthalt i någon större omfattning trots långa lagringstider (Leinonen et al. 2005).

Fukthalten hos rå stubbved uppmätt i månadsskiftet augusti-september har påvisats vara omkring 40-50 % (Nylinder & Thörnqvist 1981). Genom torkning sjönk

fukthalten de två första månaderna till ca 35 %. Sommaren efteråt hade fukthalten sjunkit till ca 20 % för att under hösten stiga några procentenheter. Stubbråvarans fukthalt understiger 40 % under vintern medan fukthalten för GROT är ca 45-55 % och för bark och sågspån ca 50-60 % under samma årstid. Detta gör att stubbved är en lämplig råvara för industrierna att använda under vintern då andra bränslen kan vara svåra att tillgå.

### 1.3.6 Skogsvårdsaspekter

En stor del av rotrötesvampens (*Heterobasidion annosum*) spridning sker via rotkontakt i marken (Kardell 1976). Detta innebär att rotrötan kan överleva från en skogsgeneration till en annan. Stubblyftningen leder till att en stor andel av den rotröteinfekterade veden tas upp ur marken vilket med stor sannolikhet kommer att minska framtida rotrötespridning (Hyppel 1978). Detta genom att risken för att rötter hos det nyanlagda beståndet kommer i kontakt med smittande kvarvarande rötter minskar avsevärt. Vissa mängder smittförande rötter förväntas alltid bli kvar vilket innebär att en total sanering inte kommer att kunna uppnås. Engelska studier har påvisat resultat som tyder på att knappt 20 % av rötterna i ett bestånd där stubblyftning genomförts blev rötskadade medan motsvarande siffror för ett bestånd där stubblyftning inte genomförts var 54 % (Kardell 1976).

Under våren 2006 beslutade man i Finland att klassa stubblyftning som mekanisk rotrötebehandling (Wennman 2006, pers. kom). Tidigare skedde bekämpning av rotröta med olika typer av gift, bl a urea. Detta innebär att drabbade skogsägare kunde börja söka bidrag hos Finländska staten för stubblyftning. Bidraget är beroende av stubbmängden men är i storleksordningen 100 euro/hektar. När UPM ska lyfta stubbar hos en privat markägare betalar de markägaren en summa för att få lyfta. Därefter tar de betalt för att göra markberedningen som görs samtidigt som stubblyftningen. Resultatet av dessa åtgärder är vanligtvis att det går jämnt upp.

En annan skogsvårdsaspekt med stubblyftning är att begränsa spridningen av snytbaggen (*Hylobius abietis*) som är ett stort problem för skogsbruket (Eidmann 1976). Före 1975 kunde man lösa mycket av problemen genom att använda sig av giftet DDT. Då den möjligheten försvann framkom stubblyftning som ett alternativ. Snytbaggen verkar undvika att röra sig över öppen jord för att komma fram till en planta (Jonsson 1985). Genom att stubblyftning dels innebär borttagande av yngelmaterial i form av stubbved och dels att ganska mycket mineraljord friläggs minskar risken att drabbas av snytbagge. Största risken för snytbaggeangrepp är de tre första vegetationsperioderna efter avverkning, därefter avtar risken (Eidmann 1976). Riskerna är större i södra och mellersta Sverige eftersom snytbaggen har 2-årig generationstid där. I norra Sverige förekommer också allvarliga snytbaggeangrepp men mera sällan och mera lokalt. Man förväntar sig att kunna minska stammen med snytbaggar med hälften eller i bästa fall uppemot två tredjedelar efter att stubblyftning genomförts.

Förutsättningarna att etablera ett nytt bestånd på marker där stubblyftning genomförts studeras i ett annat examensarbete av Anders Larsson där resultat sannolikt presenteras under 2007 (Larsson 2006, pers. kom). Av de hittills preliminära resultaten från denna studie framkommer bl a att man kan förvänta sig en

markpåverkan som ligger mellan högläggning och harvning. Även de finländska erfarenheterna tyder på en markpåverkan på 35-50 % (Halonen M 2006, pers. kom). De finländska erfarenheterna säger att mängden kruståtel (*Deschampsia flexuosa*) och piprör (*Calamagrostis arundinacea*) minskar avsevärt efter stubblyftning. Detta ökar förutsättningarna för att planteringen ska lyckas avsevärt eftersom vegetationskonkurrensen minskar.

Enligt resultat från PHU från 1970-talet torde betingelserna för att få upp ungsskogar av tall och björk att vara detsamma på marker som stubblyfts och på marker som inte stubblyfts (Kardell 1976). Däremot kommer granen att påverkas negativt. En orsak till detta kan vara att plantering invid stubbar är fördelaktigt för gran då ett bättre mikroklimat samt bättre näringsförhållanden uppnås. Orsaken till att tall och björk ej påverkas negativt kan vara att de är ljusföredragande och kompenserar den eventuella näringsbristen med att istället få större ljustillgång. Uppfrysningsrisken för plantor på fuktiga och finkornsrika marker förväntas att öka vid stubblyftning då mineraljord friläggs (Jonsson 1985).

Mängden lövsly på ett hygge påverkas av stubblyftning (Jonsson 1985). Omrörningen av marken som sker i samband med stubblyftningen ökar förutsättningarna för att frön från lövskogar i närområdet ska gro. Detta kan på sikt leda till problem för objekt som är tänkt att bli barrskog och leda till större röjningsinsatser än annars. Om björkstubbar tas bort minskar risken för stubbuppslag. Det är annars vanligt att stubbuppslagen leder till buketter med lövstammar.

I ett tidigare försök där uttag av GROT kombinerades med stubblyftning efter avverkning erhöles signifikant lägre pH i både humus och mineraljord jämfört med marker där endast stamved tagits ut (Kardell 1993). På marker där endast GROT togs ut blev det signifikant lägre värden i humusen men inte i mineraljorden. Detta kan nog förklaras genom att den kraftiga markbearbetningen som stubblyftningen innebär resulterar i att den surare humusen blandats ner i mineraljorden. Ett lägre pH i mineraljorden kan öka rörligheten av olika mer eller mindre önskade ämnen till grundvatten och vattenekosystem. Undersökningar visar att effekten är temporär med en varaktighet av 10-20 år efter avverkning.

### 1.3.7 Ekonomiska förutsättningar

En starkt påverkande faktor för det ekonomiska utfallet är transportkostnaden vilket är starkt korrelerat med avståndet till mottagande industri (Nilsson & Danielsson 1976). Det som avgör om det är lönsamt att transportera till olika industrier är förutom avståndet givetvis det pris som betalas för råvaran. Eftersom det i dagsläget i princip inte finns någon marknad för stubbråvara (förutom viss försöksverksamhet i Bergslagen, Småland och inom SCA) är det svårt att avgöra vilket pris det kommer att få. Som viss ledning kan man dock säga att GROT betingar ett pris på omkring 113-160 SEK/MWh vilket motsvarar ca 226-320 SEK/m<sup>3</sup>f hos Södra skogsägarna (Edh 2006, pers. kom). En utredning om produktion av etanol på småländska höglandet med skogsbränslen som bas talar om en prisbild på 128-143 SEK/MWh d v s 256-286 SEK/m<sup>3</sup>f (Gunnarsson 2006). Norra Skogsägarna betalar 150-200 SEK/m<sup>3</sup>f vilket motsvarar omkring 75-100 SEK/MWh (Jonsson 2006, pers. kom).

Det är vissa skillnader mellan svenska och finländska förhållanden vad gäller förutsättningar för stubblyftning (Mattsson 2005). En påverkande faktor är att virkesförrådet per hektar räknat är högre i Finland än vad det är i Sverige. I Finland betalar markägaren en summa för att få markberedningen gjord. Om skogsägaren dessutom vill kan han eller hon få stubblyftning gjord för samma kostnad. En vanlig kostnad är omkring 300 euro/ha d v s omkring 2700 SEK/ha. Med statsstödet inräknat blir den verkliga kostnaden 200 euro/hektar d v s omkring 1800 SEK/ha. Det som kanske kan tyckas vara märkligt är att en mottagare av skogsbränsle, t ex UPM-Kymmene, inte betalar något för råvaran. I Finland betingar skogsbränsle ett värde av omkring 88 SEK/MWh vilket i princip följer stenkolets världsmarknadspriser

Kostnaden för inköp av Pallariaggregatet är ca 200 000 SEK medan Altoaggregatet är betydligt billigare, ca 40 000 SEK. Kostnaden för att montera dit den hydrauliska klyven är ca 30 000 SEK. Totalkostnaden för Altoaggregatet med klyvfunktion blir alltså ungefär en tredjedel av kostnaden för Pallariaggregatet.

## **1.4 Syfte**

Syftet med examensarbetet var att undersöka produktivitet vid stubblyftning och stubbskotning av olika trädslag på olika marktyper inom norra Sverige (SCA:s upptagningsområde) samt att utreda ekonomiska förutsättningar för stubblyftning.

Stubbråvarans transport från avlägg till industrin ingår inte i studien.

## 2. MATERIAL OCH METOD

### 2.1 Allmänt

De trakter som användes för arbetet var uteslutande belägna inom SCA:s eget innehav, från Medelpads Skogsförvaltning i söder till Västerbottens Skogsförvaltning i norr. Trakterna var grandominerade och relativt virkesrika.

Urvalskriterierna var enligt följande:

- Trakterna skulle innehålla minst 50 % gran.
- Inom Medelpads skogsförvaltning skulle de vara GROT-anpassade. Inom Västerbottens Skogsförvaltning där GROT-verksamheten är mindre utvecklad skulle trakterna gärna vara GROT anpassade.
- Stubbvolymen skulle vara hög, dvs trakter med stora stubbar eller med hög stamtäthet valdes.
- Trakterna skulle vara stora, 7-30 hektar

En driftsuppföljning genomfördes på samtliga fem trakter som stubblyftes medan en tidsstudie av stubblyftning samt mätning av stubbmassa och fukthalt genomfördes på en av trakterna. För stubblyftningen användes en Hyundai 23,5 tons grävmaskin med ett aggregat av märket Pallari och för skotningen användes en Timberjack 1710.

### 2.2 Mätning av stubbmassa och fukthalt

Den förväntade mängden stubbråvara från en parcell (tabell 1) jämfördes med det faktiska utfallet efter utskotningen. Hänsyn togs till stubbarnas fukthalt och graden av föroreningar. I studien valdes trädslagsvisa funktioner som har brösthöjdsdiameter (DBH) som förklarande variabel. Resultatet av funktionen är en stubbes torrmasa i kg. Som exempel kan nämnas att massan för en stubbe med diameter 33 cm är ungefär 77 kg för gran, 72 kg för tall och 58 kg för björk.

Tabell 1. Funktioner för bestämning av stubb- och rotsystemets torrsvikt (Marklund 1988).

Table 1. Functions for estimation of dryweight for stump- and rootsystems (Marklund 1988).

Trädslag	Funktion
Gran:	Massan = $e^{((d/(d+14)) \times 10,5381 - 2,4447)}$
Tall:	Massan = $e^{((d/(d+12)) \times 11,1106 - 3,3913)}$
Björk:	Massan = $e^{((d/(d+12)) \times 11,1106 - 3,3913)}$

d=brösthöjdsdiameter på bark (cm)

d=diameter at breast height on bark (cm)

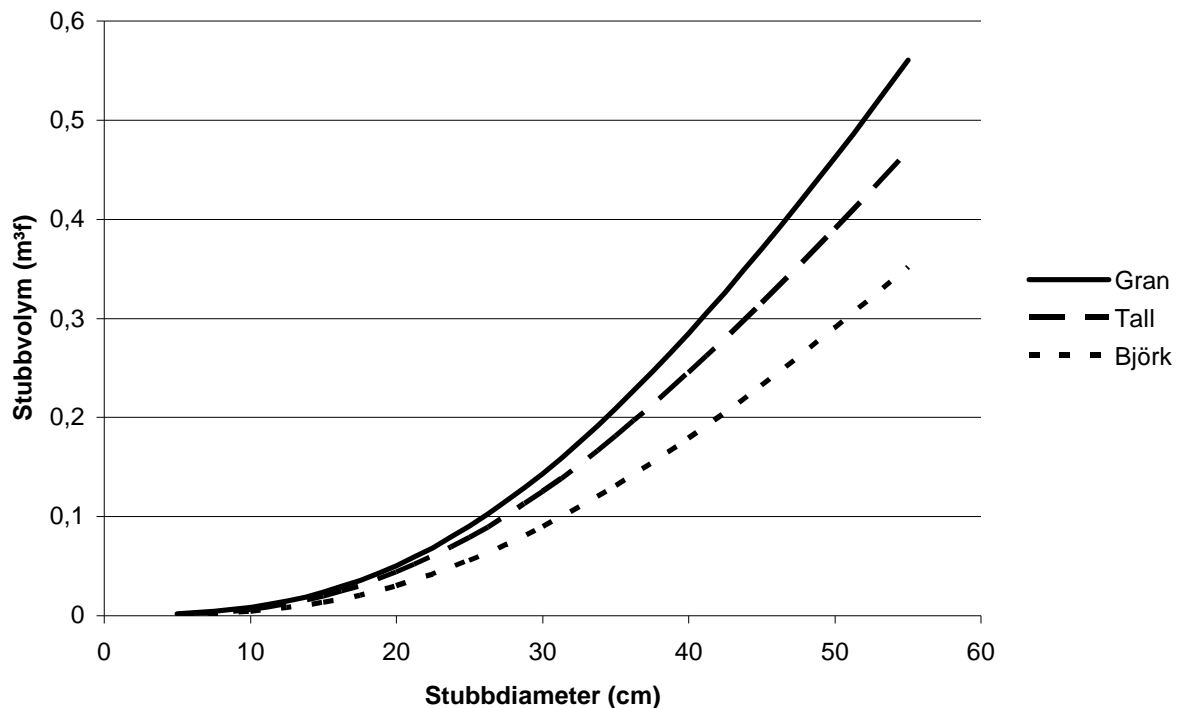
Massan=kg torrsbstans

Massan=kg dry-weight

Eftersom den diameter som inmätts var stubbdiameter var man i studien tvungen att genom ett omvandlingstal justera detta till DBH. Detta togs fram genom att tillsammans med Hans Petersson (Institutionen för Skoglig Resurshushållning, SLU, Umeå) jämföra ett stort material ur Marklunds data och räkna ut en medelkvot mellan stubbdiameter och DBH. Omvandlingstalet för tall blev 0,806, för gran 0,765 och för björk 0,740.

Stubbvedens rådensitet är 794 kg/m<sup>3</sup>f i medeltal (Hansen 1976). Torr-rå densiteten hos stubbved är för tall 450 kg/m<sup>3</sup>f, för gran 410 kg/m<sup>3</sup>f och för björk 510 kg/m<sup>3</sup>f (Nylinder 1979). Som jämförelse kan nämnas att stamved av tall har en torr-rå densitet på omkring 410 kg/m<sup>3</sup>f i medeltal och att stamved av gran har en torr-rådensitet på ca 400 kg/m<sup>3</sup>f i medeltal. Eftersom huvuddelen av materialet i här genomförd studie är gran valdes att räkna på ett medelvärde på 420 kg/m<sup>3</sup>f torr-rå densitet vid de tillfällen då den exakta trädslagsfördelningen inte var känd. Ett ton TS stubbved motsvarar då i medeltal ca 2,38 m<sup>3</sup>f (1000/420). I figur 8 åskådliggörs stubbvolymen som funktion av stubbdiametern enligt ovanstående omräkningar. Genom att multiplicera den massa som skotats ut för varje trakt med 2,38 beräknades volymen per trakt. Därefter beräknades en kvot mellan avverkad volym (m<sup>3</sup>f) och stubbvolym som grovt visade hur mycket stubbråvara man kan förvänta sig om man vet den avverkade volymen. Den avverkade volymen per parcell skattades på två olika sätt. Det första sättet var att vid beräkningen utgå från medelstammen för hela trakten (0,31m<sup>3</sup>f) och multiplicera detta med stamtal för den aktuella parcellen. Det andra sättet var att utgå från Cernolds funktioner och utifrån DBH och ståndortsindex skatta trädhöjden (Håkansson et. al 1994). Därefter användes Näslunds mindre volymfunktion för att beräkna volymen för varje stam innan avverkning. Volymerna summerades sedan för de olika parcellerna. För att få fram energiinnehållet (MWh) i bränslet multiplicerades volymen (m<sup>3</sup>f) med faktorn 2,2 (Lehtikangas 1998). Ett förhållande mellan den stubbmassa som kan förväntas per avverkad m<sup>3</sup>fub beräknades utifrån Marklunds stubbmassafunktioner och Cernolds funktioner för stamvolym. Beräkningarna avsåg den grundtytevägda stubbmedeldiamtern 33 cm.





Figur 8. Stubbvolym som funktion av stubbdiameter (Efter Marklund 1988).  
 Figure 8. The volume of a stump as a function of the diameter on the stump (From Marklund 1988).

För att få en uppfattning om torrvikten på den råvara som skotats ut till avlägg gjordes en fukthaltsmätning. Fukthalt mäts som vattnets procentuella andel av materialets råa massa (Lehtikangas 1998). För att få en uppfattning på hur fukthalten varierade beroende på trädslag och diameter på stubben togs prover som skulle fånga upp en spännvidd av detta. Stubbarna indelades i tre klasser, upp till 15 cm benämndes klen, 15-25 cm benämndes mellangrov och över 25 cm benämndes grov. Måtten avser diameter i stubbskåret. För gran togs två stycken prover av varje diameterklass medan det för tall togs två prover av grov och mellangrov. Orsaken till detta var att det fanns få klena tallstubbar.

Proven togs så representativt som möjligt för att kunna beräkna ett bra medelvärde. Detta skedde genom att ta bitar från olika delar på stubbarna. Stubbarna delades i fält med motorsåg och yxa i små bitar. Därefter placerades de i var sin 10 liters hink med tättslutande lock som märktes väl och vägdes. Därefter fick proverna torka i 105° C över natten. Sedan vägdes proverna igen och skillnaden i massa före och efter torkning nedtecknades. Avslutningsvis beräknades fukthalten.

Vid beräkning av torrmassan som gjordes i arbetet förutsattes schablonvärden på 35 % fukthalt och att 10 % av den råa massan är föroreningar. Värdet på 35 % fukthalt grundade sig på ovan beskrivna fukthaltsmätning i denna studie och litteraturuppgifter från tidigare studier (Jonsson 1985). Värdet på 10 % föroreningar grundade sig på tidigare studiers resultat på ca 20 % föroreningar och nyvunna finländska erfarenheter att andelen föroreningar är 3-6 % (Halonen 2006, pers. kom).

## 2.3 Driftsuppföljning

Varje trakt (jfr ovan) hade ett eget avläggsnummer och benämning (tabell 2). På detta sätt kunde driftsdata och mängd stubbråvara som blev resultatet för varje trakt kombineras..

Tabell 2. Slutavverkningstrakter som ingick i driftsuppföljningen.  
Table 2. Data on the stands included in the operating follow-up on production data.

	Traktnamn				
	Norr Eksjön 1	Norr Eksjön 2	Holmfors	Karl Jans	Mörttjärnbrännan
Förvaltning	Medelpad	Medelpad	Västerbotten	Västerbotten	Västerbotten
Kommun	Viksjö	Viksjö	Nordmaling	Nordmaling	Lycksele
Areal stubblyft (ha)	24	23	22	7	30
Avverkad volym (m <sup>3</sup> fub/ha)	190	208	192	192	103
GROT mängd (m <sup>3</sup> f/ha)	54	95	-	-	-
GROT massa (ton/ha)	12	21			
Medelstam (m <sup>3</sup> f)	0,23	0,17	0,31	0,25	0,19
Stamantal	826	1224	619	768	542
Dominerande GYL	222	222	223	321	111
Dominerande markfuktighet	Frisk	Frisk	Frisk	Frisk	Torr
Trädslag tall gran, löv (%)	6, 87, 7	9, 83, 8	7, 91, 2	10, 90, 0	21, 70, 8
Medeldiameter DBH (cm)	21	22	26	25	25
Grotanpassat (J/N)	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej
Stubbskotat (J/N)	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Tidpunkt för stubblyftning	060625-0726	060625-0726	060727-0812	060813-0825	060901-1030

\* Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985)

\* Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985)

Driftsuppföljning av stubblyftande grävmaskin (tabell 3) gjordes på alla trakter i tabell 2 genom att följa upp driftsdata från datorn i grävmaskinen. I driftsdatat ingick bl a skogsdata om de aktuella avdelningarna och tidsåtgång ( $G_0$ -tim) per trakt. Skogsdata kom från SCA's traktbank. Uppgifter om avverkad volym och medelstam kommer från inmätningen av virket vid industri. Genom att jämföra tidsåtgången per objekt med den mängd råvara som erhöles per objekt skattades produktiviteten för de olika objekten.

Driftsuppföljning av stubbskotare gjordes på de två trakterna i Medelpad och två trakter i Nordmalingsområdet genom att följa upp tidsåtgången för skotningen ( $G_0$ -tim) samt massan på stubbråvaran som skotades ut till avlägg. Skotaren som användes hade kranvåg. Därigenom kunde massan på stubbråvaran som skotades från en trakt till avlägg bestämmas. Efter studien beräknades ett medelvärde av lassens massa. På den första trakten i Medelpad fungerade inte vågen på skotaren och endast antalet lass kunde användas. Genom att beräkna medellasset från de övriga trakterna uppskattades dock den totala massan även för trakten i Medelpad. På grund av diverse missförstånd blev det bara ett enda resultat från skotningen i Medelpad då resultatet från båda trakterna av misstag redovisades sammanslaget. Massan vägdes och antal lass räknades.

Kostnaderna för stubbskotning och stubblyftning beräknades genom att utgå från produktiviteten och en kostnad på 650 SEK/tim för grävmaskinen och 750 SEK/tim för skotaren. Detta jämfördes sedan med stubbmassan för de olika objekten. Därigenom beräknades kostnaden för att ta fram stubbråvaran till avlägg. Värdet på stubbråvaran beräknades genom att multiplicera stubbmassan med en prisnivå som bedöms gälla för GROT. I studien valdes en prisnivå på 120 SEK/MWh (se avsnitt 1.3.7). Slutligen analyserades det ekonomiska utfallet genom att jämföra kostnad och värde på stubbråvaran. Hänsyn togs till att markberedning utfördes i samband med stubblyftningsarbetet.

Grävmaskinen som användes i studien var av märket Hyundai och skotaren som användes var en Timberjack 1710, utrustad med kranvåg (tabell 3).

Tabell 3. Tekniska data för grävmaskin och skotare.

Table 3. Technical data for the excavator and the forwarder.

	Grävmaskin	Skotare
Märke	Hyundai	Timberjack 1710
Årsmodell	2006	2001
Motorstyrka (kW)	187	162
Massa (ton)	23	25
Max last (ton)	-	17
Aggregat	Pallari	-

Det aggregat som användes i studien var av finskt fabrikat (figur 9) och är det som oftast används i Finland (Anon 2003). Aggregatet väger ca 2200 kg, gapöppningen är 1,35 m, maximalt hydrauliskt tryck är 350 bar och klippkraften mellan käftarna uppgår till 250 kN. Aggregatets två tänder lyfter stubbarna ur marken, sen fungerar det vassa motstålet som en yxa och klyver stubbarna. Stora stubbar klyvs redan i marken innan de lyfts upp medan små stubbar klyvs då de lyfts upp.



Figur 9. Pallari, ett finskt stubblyftningsaggregat (Foto tillverkaren, Anon 2003).

Figure 9. Pallari, a Finnish stump-extraction head (Photo by the manufacturer, Anon 2003).

## 2.4 Tidsstudie

### 2.4.1 Stubblyftande grävmaskin

För tidsstudien av stubblyftning med Pallariaggregatet avgränsades fyra parceller inom trakten Holmfors (tabell 4). På var och en av parcellerna fanns omkring 200 stubbar. Yttergränserna markerades genom att snitsla av området. Alla fyra parceller hade hög stubbtäthet. Parcellerna valdes så att de representerade olika trädslagsfördelning och terrängförhållanden. Två av parcellerna hade gynnsamma terrängförhållanden (GYL 211), de andra två hade svårare terrängförhållanden (GYL 233) (Berg 1985). Samtliga stubbar lyftes på parcellerna 2, 3 och 4. På parcell 1 var det så brant och stenigt att bara 125 av de uppmätta 204 stubbarna kunde lyftas.

Innan stubblyftningen genomfördes företogs inledande fältmätningar. Inom varje parcell bestämdes stubbarnas trädslag, de korsklavades, höjdmättes, numrerades och märktes. Dessutom noterades marktypen närmast omkring var tjugonde stubbe som inmättes. Märkningen av stubbarna gjordes genom att sätta upp en träpinne med stubbens löpnummer.

Stubbtätheten varierade mellan 829 till 1025 stubbar per hektar (tabell 4). Trädslagsfördelningen var relativt lika för parcell 1,2 och 4 men parcell 3 innehöll betydligt mer tallstubbar. Markfuktigheten hade värdet 2 d v s frisk i anslutning till de flesta stubbarna. Mindre områden inom parcellerna hade dock markfuktighet 3, d v s fuktig. Stubbdiametern varierade mellan 5 och 62 centimeter och stubbhöjden varierade mellan 3 och 99 cm. Volymvägd stubbdiameter var i medeltal 33,1 cm för de fyra parcellerna.

Tabell 4. Beskrivning av de fyra parcellerna i tidsstudien.  
Table 4. Description of the four parcels in the time study.

	Parcell			
	1	2	3	4
Areal (ha)	0,25	0,19	0,25	0,22
Dominerande GYL <sup>1</sup>	233	233	211	211
Dominerande markfuktighet	Frisk	Frisk	Frisk	Frisk
Dominerande jordart	Sa-moig morän	Moig-sa morän	Mjåla	Sa-moig morän
Stubbantal på ytan (st)	204	195	236	190
Stubbantal per hektar (st)	816	1026	944	864
Andel tall (%)	1	8	20	4
Andel gran (%)	97	92	68	96
Andel löv (%)	2	0	12	0
Aritmetisk medeldiameter (cm ± sd)	32,0 ± 9,0	23,8 ± 7,4	21,9 ± 8,3	27,4 ± 9,0
Volymvägd stubbdiameter (cm)	38,3	28,7	29,3	33,8
Aritmetisk medelstubbhöjd (cm ± sd)	22,6 ± 10,4	21,2 ± 7,8	22,8 ± 9,9	28,1 ± 9,2

<sup>1</sup> Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985)

<sup>1</sup> Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985).

Tidsstudien genomfördes som en sambandsstudie. Syftet med en sambandsstudie är att finna samband mellan prestationen och ett antal olika påverkande faktorer (Bergstrand 1987). Under studien som pågick från 2006-08-03 till 2006-08-07 mättes tidsåtgång samt den mängd stubbråvara som producerats. Total tid för olika arbetsmoment per stubbe summerades. Efter studien beräknades medeltidsåtgången för de olika momenten. Dessutom beräknades tidsåtgångens beroende av stubbdiametern. Prestationen erhöles sedan som en kvot mellan producerad mängd och tidsåtgång. Den producerade mängden stubbråvara per parcell erhöles genom vägning med skotarens kranvåg.

Tidsstudierna genomfördes genom att i fält filma stubblyftningen. Ett stativ nyttjades för att minska handskakningarna. Ett band räckte för sextio minuters filmning vilket innebar några bandbyten per parcell. Kommunikationsradio användes för kontakt mellan filmaren och föraren. Vid filmningen eftersträvades att hela tiden kunna se stubbens nummer och att tala in detta vid inspelningen. Därigenom fanns det förutsättningar att vid bearbetningen koppla tidsåtgången mot stubbens diameter och trädslag samt marktyp. Anledningen att göra tidmätningen på rummet och inte i fält var att förbättra förutsättningarna för korrekta mätningar.

Momentindelningen utfördes med ledning av en tidigare studie av stubblyftning (Nylinder 1977). Utöver detta rådfrågades förarna om momenten och momentgränser (Brantholm 2006, pers. kom). Beskrivning, prioriteringsordning och definition av momenten framgår i tabell 4. Om två moment med olika prioritetsordning utförs samtidigt mäts tiden för det moment som har den högsta prioritetsordningen (1 är högst).

Stubblyftningen inleds med momentet upplyftning där grävmaskinen börjar en rörelse med aggregatet för att ta upp en stubbe ur marken (tabell 5). När stubben är helt uppe ur marken och kranen är i sitt högsta läge påbörjas momentet jordskakning som syftar till att rena stubbveden. Momentet görs i syfte att grovt rensa stubben från vidhäftande sten och jord. Det utförs främst över den plats stubben lyftes ifrån för att delvis fylla igen hålet. Momentet klyvning tar vanligtvis vid efter jordskakningen eller utförs i samband med upplyftningen och syftar till att sönderdela främst stora stubbar i två eller flera delar. När klyvning och jordskakning är avslutad vidtar momentet stubbe till hög då stubbveden föres till hög. Om den aktuella stubben är delad i flera delar upprepas momentet tills hela stubben är transporterad till önskad hög. När detta är klart påbörjas antingen upptagningen av en ny stubbe eller så vidtar något av momenten markberedning, körning, övrig tid eller avbrott. Markberedning innefattar den tid som åtgår till att efter upplyftningen av stubben ordna till en markberedningspunkt som uppfyller kraven samt fylla igen hål som uppstår vid själva lyftningen. Momentet körning innebär tid som åtgår för förflyttning från en plats där stubbar lyfts till en annan. Momentet övrig tid innebär tid som inte hör till någon av ovanstående moment, t ex iordningställande av framryckningsväg. Slutligen innebär momentet avbrott tid som uppstår på någon typ av driftsstörning. Om två moment med olika prioriteringsordning görs samtidigt mäts tiden för det moment som har den lägsta prioriteringsordningen först (1 före 2 osv).

Tabell 5. Arbetsmoment och momentgränser vid stubblyftning  
Table 5. Work elements at stumplifting.

Arbetsmoment	Be-nämning	Momentgränser	Prioritet
Upplyftning	Uppt	Börjar med att kranen efter att föregående moment är avslutat förs mot en stubbe i syfte att lyfta upp den ur marken. Momentet avslutas då kranen efter att ha lyft upp stubben är i sitt högsta läge.	1
Jordskakning	Jord	Börjar när stubben efter att ha lyfts upp är i sitt högsta läge och skakas eller släpps ner på marken. Avslutas då kranen påbörjar en rörelse horisontellt mot stubbhög.	1
Stubbe till hög	Stho	Börjar då skakningen är avklarad och kranen påbörjar rörelse horisontellt i riktning mot stubbhög. Avslutas då stubbdelen är avsläppt i högen och kranen påbörjar en rörelse från högen mot nästa moment.	1
Klyvning	Klyv	Börjar då käftarna slår ihop i syfte att klyva stubben. Sker i samband med upplyftning om så behövs för att få loss stubben ur marken eller efter upplyftningen för att lättare kunna rensa stubben. Om klyvning sker samtidigt som upplyftning räknas tid endast för upplyftning. Avslutas då stubben är kluven och något annat moment vidtar.	2
Markberedning samt igenläggning av stora hål	Mark	Börjar när kranen påbörjar en rörelse som syftar till att fylla igen ett stort hål eller åstadkomma en markberedningspunkt. Avslutas då hål är igenfyllt eller markberedningspunkt är utförd och kranen påbörjar rörelse mot ett annat moment.	2
Körning	Korn	Börjar då grävmaskinen påbörjar en rörelse åt något håll. Avslutas då grävmaskinens rörelse är avslutad och grävmaskinen står stilla igen.	2
Övrig tid	Ovri	Börjar då aktivitet som inte kan föras till någon av ovanstående moment påbörjas. Avslutas då denna aktivitet avslutas och kranen eller maskinen påbörjar någon ny rörelse.	2
Avbrott	Avbr	Börjar då driftstörning inleds och avslutas då driftstörningen är åtgärdad och nästa moment påbörjas.	3

Stubbråvaran från de fyra parcellerna märktes upp och skotades separat för att ta reda på hur många ton och antal lass som varje parcell motsvarade. Massan på den framskotade stubbråvaran var rå massa d v s före torkning. Stubbarna hade legat på hygget från mitten av augusti till mitten av september då skotningen skedde.

#### 2.4.2 Tidsstudie av stubbskotare

Tidsstudien på stubbskotningen gjordes direkt i fält med en Huskey tidsstudiedator på två lass. Stubbmassan uppmättes med kranvågen och terrängtransportavståndet från avlägg vid bilväg till hygget bestämdes genom mätning med GPS. Beskrivning, prioriteringsordning och definition av momenten framgår i tabell 6. Om två moment med olika prioriteringsordning görs samtidigt mäts tiden för det moment som har den lägsta prioriteringsordningen först (1 före 2 o s v).

Stubbskotning inleds med att skotaren påbörjar momentet körning utan last från avlägg ut till den plats där momentet lastning ska ske. Då skotaren är framme vid den eller de högar som är aktuella sker lastningen av stubbråvaran. Därefter sker körning under lastning till så många högar som behövs för att fylla skotaren. Sedan sker momentet körning med last tillbaka till avlägg där momentet lossning sker. Momentet övrig tid innebär tid som inte hör till någon av ovanstående moment. Slutligen innebär momentet avbrott tid som uppstår p g a någon typ av driftstörning.

Tabell 6. Arbetsmoment och momentgränser vid stubbskotning  
Table 6. Work elements at stump extraction.

Moment	Benämning	Momentgränser	Prioritet
Lastning	Last	Börjar då kranen påbörjar en rörelse mot en hög som ska lastas på skotaren. Avslutas då lastning är avslutad och körning med last vidtar.	1
Lossning	Loss	Börjar då maskinen står stilla och lossning från lasset till avlägg påbörjas. Avslutas då lossningen är avslutad och kranen är tillbaka på lastutrymmet.	1
Körning utan last	Kout	Börjar då maskinen påbörjar en rörelse framåt eller bakåt då last inte finns på lastutrymmet. Avslutas då lastning påbörjas.	2
Körning med last	Kome	Börjar då maskinen påbörjar en rörelse framåt eller bakåt då last finns på lastutrymmet. Avslutas då lastning eller lossning tar vid.	2
Övrig tid	Ovri	Börjar då aktivitet som inte kan föras till någon av ovanstående moment påbörjas. Avslutas då denna aktivitet avslutas och kranen eller maskinen påbörjar någon ny rörelse.	3
Avbrott	Avbr	Börjar då driftstörning inleds och avslutas då driftstörningen är åtgärdad och nästa moment påbörjas.	3

### 2.4.3 Analys av tidsstudiedata

För att på rummet analysera materialet från stubblyftningen användes en Husky Hunter tidsstudiedator med programmet Siwork 3. Totalt omfattade materialet 18 st band. Momenten indelades i stubberoende och icke stubberoende moment. De förstnämnda är moment som är direkt beroende av hur tidskrävande en stubbe är. De icke stubberoende momenten är sådana som inte påverkas av hur lång tid en stubbe tar att ta upp. Den sammanlagda tiden för att markbereda och fylla igen stora hål för en försöksyta dividerades med antalet stubbar per yta för att få fram medeltidsåtgången för markberedning per stubbe. Orsaken till detta är att vissa enskilda stubbar annars kan belastas mycket om det vid just den stubben fanns behov av att markbereda flera gånger. Den sammanlagda tiden för körning för en försöksyta dividerades med antalet stubbar per yta för att få fram medeltidsåtgången per stubbe

Efter att samtliga band bearbetats sammanfördes materialet till en enda fil. Därefter användes statistikprogrammet Minitab för att skatta en regressionsfunktion för de stubberoende variablerna. Dummyvariabler användes för att skilja trädslagen åt. Standardavvikelsen,  $S$ , beräknades. För de icke stubberoende variablerna beräknades ett medelvärde för tidsåtgången för stubbar från parceller med GYL 233 och ett medelvärde för GYL 211. För att kontrollera om det blir bättre förklaringsgrad vid analys av stubbar med dåliga förutsättningar för sig och stubbar med bra förutsättningar för sig gjordes en körning i Minitab.

Analysen av tidsstudiedatat för stubbskotningen utfördes genom att föra över data till Excel där tidsåtgången för de olika momenten beräknades.



### 3. RESULTAT

#### 3.1 Mätning av stubbmassa och fukthalt

Antalet upplyfta stubbar varierade mellan 125 och 226 per parcell och antalet högar varierade mellan 11 och 14 (tabell 7). Antalet lass per parcell varierade mellan 2 och 3. Medelmassan var ca 141 kg per stubbe. Utbytet mellan den teoretiskt framräknade massan och den faktiskt utskotade stubbmassan var från 130 % till 149 % för parcell 1,2 och 4 och 204 % för parcell 3. Medelutbytet mellan stamvolym beräknad utifrån medelstam och stubbvolym för parcellerna blev ca 53 %. Medelutbytet mellan stamvolym (beräknad utifrån Cernolds höjdfunktion och Näslunds volymfunktion) och stubbvolym blev ca 76 %.

Tabell 7 Data från de fyra tidsstudieparcellerna.

Table 7. Data from the four time-study parcels.

	Parcell				Medel
	1	2	3	4	
Areal (ha)	0,25	0,19	0,25	0,22	
Stamvolym <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> f/ha)	<b>256</b>	<b>318</b>	<b>293</b>	<b>268</b>	<b>284</b>
Stamvolym <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> f/ha)	<b>215</b>	<b>202</b>	<b>174</b>	<b>248</b>	<b>210</b>
Ej tidsstuderade stubbar (st)	10	6	16	13	
Upplyfta stubbar (st)	125	172	226	180	
Upplyfta stubbar (st/ha)	508	904	900	837	
Högar (st)	12	14	13	11	
Högar (st/ha)	49	74	52	51	
Utskotad stubbmassa (ton)	23,8	19,0	27,5	25,8	
Utskotad stubbmassa (ton/ha)	97	100	110	120	<b>107</b>
Utskotad stubbmassa (ton TS/ha)	57	58	64	70	<b>62</b>
Massa per stubbe (kg)	176	107	114	134	<b>133</b>
Massa per stubbe (kg TS)	103	62	66	78	<b>78</b>
Massa per hög (kg)	1983	1357	2115	2345	
Antal utskotade lass (st)	2	2	3	2	
Antal utskotade lass (st/ha)	8	11	12	9	
Medellast (ton)	11,90	9,50	9,17	12,90	<b>11</b>
Massa enligt Marklunds funktion (ton TS)	10,71	7,44	7,87	10,39	
Massa enligt Marklunds funktion (ton TS/ha)	43,48	39,12	31,36	48,33	<b>41</b>
Stubbvolym i relation till stamvolym <sup>1</sup>	53%	44%	52%	62%	<b>53%</b>
Stubbvolym i relation till stamvolym <sup>2</sup>	63%	69%	88%	67%	<b>72%</b>
Utbyte TS (Marklund=100%)	130%	149%	204%	145%	<b>157%</b>

<sup>1</sup>Stamvolym beräknad utifrån stamantal/ha multiplicerat med medelstam 0,31 m<sup>3</sup>fub.

<sup>1</sup>Stem volume calculated from stems/ha multiplied with average stem 0,31 m<sup>3</sup>fub.

<sup>2</sup>Stamvolym beräknad utifrån Cernolds och Näslunds volymfunktioner för ståndortsindex G24.

<sup>2</sup>Stem volume calculated from Cernold's and Näslund's volume functions for site index Spruce 24.

Beroende på vilken föroreningshalt och fukthalt man kan förvänta sig samt hur stor andel av stubbarna som lyfts varierar mängden stubbråvara (tabell 8 & 9). Ett medelvärde för antalet ton per hektar beräknades utifrån uppgifterna i studien om totalmassan på de fyra parcellerna. Vid 35 % fukthalt och 10 % föroreningar bör man kunna förvänta sig att få ut ungefär 281 MWh/hektar eller 128 m<sup>3</sup>f/hektar från en virkesrik grandominerad trakt då omkring 20 % av stubbarna lämnas kvar.

Tabell 8. Utbyte vid 35 % fukthalt och olika föroreningsgrad. Medelvärden från utskotningen för parcell 1-4.

Table 8. Utilization at 35 % moisture content and different levels of soil content. Average values from parcels 1-4.

	Föroreningsgrad (%)					
	0%	3%	5%	10%	15%	20%
Massa (ton TS/ha)	69,23	67,15	65,77	62,31	58,85	55,38
Volym (m <sup>3</sup> f/ha)	165	160	157	148	140	132
Energiinnehåll (MWh/ha)	362	352	344	326	308	290

Tabell 9. Utbyte vid 35 % fukthalt och olika föroreningsgrad då 20 % av stubbarna lämnas kvar. Medelvärden från parcell 1-4.

Table 9. Utilization at 35 % moisture content and different levels of soil content when 20 % of the stumps are left in the ground. Average values from parcels 1-4.

	Föroreningsgrad (%)					
	0%	3%	5%	10%	15%	20%
Massa (ton TS/ha)	55,38	53,72	53,72	53,72	53,72	44,31
Volym (m <sup>3</sup> f/ha)	132	128	128	128	128	105
Energiinnehåll (MWh/ha)	290	281	281	281	281	232

1 m<sup>3</sup>f stamved genererar stubbved som motsvarar ungefär 0,37 råton för gran, 0,30 råton för tall och 0,31 råton för björk (tabell 10).

Tabell 10. Relation mellan stubbmassa och stamvolym hänsyn tagen till 10 föroreningar och 35 % fukthalt.

Table 10. Relation between stump biomass and stem volume at 35 % moisture content and 10 % soil content..

	Trädslag		
	Gran	Tall	Björk
Stubbvikt (kg TS)	77	72	58
Stamvolym (m <sup>3</sup> fub)	0,35	0,41	0,32
Massa per m <sup>3</sup> fub stamvolym (ton TS)	0,22	0,18	0,18
Massa per m <sup>3</sup> fub stamvolym (ton)	0,37	0,30	0,31

Fukthalten i stubbar från det område där stubblyftning tidsstuderades var totalt sett ca 31 % (tabell 11).

Tabell 11. Fukthalter hos stubbved.  
Table 11. Moisture content of stumps.

Trädslag	Fraktion	Fukthalt
Gran	Grov	32%
Gran	Grov	24%
Gran	Mellangrov	30%
Gran	Mellangrov	41%
Gran	Klen	22%
Gran	Klen	24%
	<b>Medel</b>	<b>29%</b>
Tall	Grov	34%
Tall	Grov	27%
Tall	Mellangrov	46%
Tall	Mellangrov	26%
	<b>Medel</b>	<b>33%</b>

### 3.2 Driftsuppföljning

Tidsåtgången för att lyfta en hektar varierade mellan 9,3 och 11,4 G<sub>0</sub>-tim (tabell 12). Prestationen för stubblyftningen varierade mellan 2,6 och 5,0 ton/G<sub>0</sub>-tim eller 7,9 till 15,2 MWh/G<sub>0</sub>-tim. Trakten KarlJan uppvisade betydligt lägre produktion än de andra trakterna. Stubbarna var också betydligt mindre där.

Tabell 12. Driftsuppföljning av stubblyftning.  
Table 12. Follow-up on production on stump-harvesting.

	Traktnamn				
	Norreksjön 1&2	Holmfors	KarlJan	Mörttjän brännan	Medel
Total tid (G <sub>0</sub> -tim)	463	219	79	279	
Upplyftna stubbar (st)	11123	5944	1720	6774	
Medelvikt per stubbe (kg)	206,3	169,1	119,2		164,9
Medelvikt per stubbe (kg TS)	120,7	98,9	69,7		96,4
Prestation stubbar (stubbar/G <sub>0</sub> -tim)	24,0	27,2	21,6	24,3	24,3
Prestation massa (ton/G <sub>0</sub> -tim)	5,0	4,6	2,6		4,0
Prestation massa (ton TS/G <sub>0</sub> -tim)	2,9	2,7	1,5	-	2,4
Prestation energi (MWh/G <sub>0</sub> -tim)	15,2	14,1	7,9		12,4
Tidsåtgång (G <sub>0</sub> -tim/ha)	9,9	9,9	11,4	9,3	10,1

Tidsåtgången för att stubbskota en hektar varierade mellan 1,62 och 3,49 G<sub>0</sub>-tim/hektar (tabell 13). Prestationen för stubbskotningen varierade mellan 11,48 och 18,13 ton/G<sub>0</sub>-tim vilket motsvarar 35,2 till 55,5 MWh/G<sub>0</sub>-tim.

Tabell 13. Driftsuppföljning av stubbskotning.  
Table 13. Follow-up on production on stump-extraction.

	Traktnamn			
	Norreksjön 1&2	Holmfors	KarlJans	Medel
Utnyttjad tid (G <sub>0</sub> -tim)	164	88	11	
Antal lass (st)	177	83	15	
Antal stubbar/lass (st)	63	72	115	83
Total massa (ton)	2295	1005	205	
Total massa (ton/ha)	49	46	29	41,27
Total massa (ton TS)	1343	588	120	
Medellass (ton)	12,89	12,11	13,68	12,89
Medellass (ton TS)	7,54	7,08	8,00	7,54
Prestation (Lass/ G <sub>0</sub> -tim)	1,08	0,95	1,33	1,12
Prestation (ton/ G <sub>0</sub> -tim)	13,99	11,48	18,13	14,53
Prestation (ton TS/G <sub>0</sub> -tim)	8,18	6,71	10,60	8,50
Prestation (MWh/ G <sub>0</sub> -tim)	42,84	35,15	55,52	44,51
Tidsåtgång (G <sub>0</sub> -tim/ha)	3,5	2,9	1,6	2,7

Enligt driftsuppföljningsdata kan man förvänta sig att stubbråvaran motsvarar omkring 30 % av den avverkade stamvolymen och att 1 m<sup>3</sup>fub ger upphov till ca 210 kg stubbved (tabell 14). Per hektar kan man förvänta sig att få ut ca 127 MWh om ca 20 % av stubbarna lämnas kvar.

Tabell 14. Relation mellan stamvolym och stubbvolym med hänsyn tagen till 10 % föroreningar och 35 % fukthalt.

Table 14. Relation between stem volume and stump volume at 35 % moisture content and 10 % soil content.

	Trakt			
	Norreksjön 1&2	Holmfors	KarlJan	Medel
Avverkad stamvolym (m <sup>3</sup> f/ha)	200	192	192	195
Total stubbvolym (m <sup>3</sup> f/ha)	68	64	41	58
Stubbmassa (ton/ha)	49	46	29	41
GROT-volym (m <sup>3</sup> f/ha)	74	-	-	74
GROT-volym i relation till stamved	37%			
Stubbvolym i relation till stamvolym (%)	34%	33%	21%	30%
Stubbmassa i relation till stamved (ton/m <sup>3</sup> f)	0,24	0,24	0,15	0,21
Energiinnehåll (MWh/ha)	150	141	90	127

### 3.3 Tidsstudie

#### 3.3.1 Total tidsåtgång för stubblyftning

Prestationen vid stubblyftning var starkt beroende av stubbdiametern. Medelprestationen då alla stubbar medtogs var 10,97 MWh/G<sub>0</sub>-tim. Vid en stubbdiameter på 33 cm (d v s volymvägt medelvärde på stubbdiametern) varierar antalet stubbar som kan lyftas per G<sub>0</sub>-tim varierar för olika träslag och olika terrängförhållanden mellan 33 och 43 stubbar/G<sub>0</sub>-tim (tabell 15). Bränsleförbrukningen varierade mellan 17,9 och 22,5 l diesel per G<sub>0</sub>-tim. I medeltal förbrukades 3, 4 l diesel per råton stubbråvara.

Tabell 15. Total tidsåtgång och prestation för stubbupptagning vid 33 cm stubbdiameter vid olika markförhållanden.

Table 15. Time consumption and production on stump harvesting of 33 cm stumps at different ground conditions.

Trädslag	GYL*	Tid (s)	Prestation (stubbar/G <sub>0</sub> tim)	Prestation (Ton TS/G <sub>0</sub> -tim)	Prestation (MWh/ G <sub>0</sub> -tim)
Tall	211	97,3	37	2,7	13,0
	233	108,6	33	2,4	11,6
Gran	211	92,0	39	3,0	16,1
	233	103,3	35	2,7	14,4
Björk	211	82,8	43	2,5	10,9
	233	94,1	38	2,2	9,6

\* Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985).

\* Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985).

#### 3.3.2 Icke stubberoende variabler, stubblyftning

Efter att data om de icke stubberoende variablerna bearbetats och analyserats kunde en trend skönjas då terrängförhållandena förändrades (tabell 16). Medeltidsåtgången per stubbe för de stubbar som var i parcellerna med svårare terrängförutsättningar var 24,47 s. Medeltidsåtgången för stubbarna från parcellerna med goda förutsättningar var 13,17s. Detta innebär alltså att tidsåtgången var 85 % högre för parcellerna med svårare terrängförhållanden. Det moment som framförallt påverkas är övrigt, i det momentet ingår bl a iordningställande av framryckningsväg. Tidsåtgången för momenten körning och markberedning var även de högre i parcell 1 & 2 än i parcellerna 3 & 4.

Tabell 16. Tidsåtgång (s/stubbe) för de icke stubberoende arbetsmomenten.  
Table 16. Time consumption (s/stump) for the non stump-dependent work elements.

Parcell		Moment (s)				Tot (s)
		Mark	Korn	ovri	avbr	
Dålig* 1	Medel	5	8,3	10,8	0,8	24,8
	Andel	20%	33%	44%	3%	
Dålig 2	Medel	5,9	8,6	8,3	1,3	24,1
	Andel	24%	36%	34%	5%	
Bra* 3	Medel	5,4	4,3	1,8	1,5	13,1
	Andel	41%	33%	14%	11%	
Bra 4	Medel	3,4	5,3	3,3	1,3	13,3
	Andel	26%	40%	25%	10%	

\*Dålig=GYL 233 Bra=GYL 211

Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985).  
Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985).

Markberedningsarbetet tog längre tid i parcell 2 och 3 än i parcell 1 & 4 (tabell 17). Antalet utförda markberedningspunkter varierade från 353-386 st/hektar i parcell 4 och 4 till 701-962 st/hektar i parcell 2 och 3. Antalet godkända eller bättre planteringspunkter uppgår till 2500/hektar för parcell 2, motsvarande siffror saknas för övriga parceller (Larsson 2006, pers. kom).

Tabell 17. Markberedningsarbetets tidsåtgång.  
Table 17. Time consumption for soil-scarification.

	Parcell			
	Dålig 1	Dålig 2	Bra 3	Bra 4
Markberedningspunkter per parcell (st)	95	183	176	76
Areal (ha)	0,25	0,19	0,25	0,22
Markberedningspunkter per hektar (st)	386	962	701	353
Tidsåtgång markberedning (s)	620	1114	1226	604
Prestation (s/markberedningspunkt)	6,52	6,09	6,97	7,94
Medeltid Dålig* respektive Bra* (s)	6,31		7,46	

\*Dålig=GYL 233 Bra=GYL 211

Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985).  
Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985).

Tidsåtgången för körning i parcell 1 & 2 var betydligt högre än i parcell 3 & 4 (tabell 18). Körhastigheten i terrängen varierade mellan 0,15 m/s och 0,29 m/s vilket kan jämföras med körhastigheten 0,93 m/s som uppmättes på väg. Bränsleförbrukningen varierade mellan 78 och 85 liter per parcell och avser allt arbete på de respektive parcellerna.

Tabell 18. Körningsarbetets tidsåtgång.  
Table 18. Time consumption for driving.

	Parcell			
	Dålig 1	Dålig 2	Bra 3	Bra 4
Tidsåtgång körning (s)	1036	1610	980	960
Körd sträcka (m)	220	236	254	280
Körd sträcka/ha (m)	880	1242	1016	1273
Körhastighet (m/s)	0,21	0,15	0,26	0,29

\*Dålig=GYL 233 Bra=GYL 211

Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985).  
Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985).

### 3.3.3 Stubberoende variabler, stubblyftning

De stubberoende variablerna påverkas inte i någon större utsträckning av förändring av terrängförhållandena. Starkast påverkande variabel var stubbdiametern. Högst förklaringsgrad erhöles då diametern kvadrerades (tabell 19; figur 11). Variabeln Fuktigt är en dummyvariabel som antar värdet 1 om markfuktigheten är 3 (d v s blöt) och annars 0. Tall, Gran och Björk är dummyvariabler som antar värdet 1 om stubben är av det trädslaget och 0 annars. De olika koefficienterna påverkar totaltiden olika mycket. Om trädslaget är tall blir tidsåtgången störst, därefter gran och lägst för björk.

Regressionsfunktionen för stubbarna med GYL 211 fick ett lägre medelfel (28,02 s) och ett högre R<sup>2</sup>- värde (84,3 %) än den ursprungliga funktionen.

Regressionsfunktionen för stubbarna med GYL 233 fick däremot ett högre medelfel (34,03 s) och lägre R<sup>2</sup>-värde (82,4 %). I studien valdes att inte använda separata funktioner för olika markförhållanden för stubberoende variablerna utan istället använda en enda funktion.

Värdet på R-sq uppgår till 0,83 vilket innebär att de ingående variablerna förklarar värdet på variabeln Tot till 83 %. Standardavvikelsen är 30,7 s kring medelvärdet.

Tabell 19. Regressionsfunktion över en stubbes upparbetningstid (upplyftning, skakning, klyvning och stubbe till hög).

Table 19. Regresssion on the time consumption for the work with one stump (lifting, shaking, splitting and stump to heap).

$$\text{Tot} = 0,0362 \times \text{Stubbdiameter}^2 - 13,0 \times \text{Fuktigt} + 44,7 \times \text{Tall} + 39,4 \times \text{Gran} + 30,2 \times \text{Löv}$$

$$S = 30,66$$

Variabel	Koefficient	Medelfel	T	P
Stubbdiameter <sup>2</sup>	0,036239	0,002254	16,08	0
Fuktigt	-13,0	4,7	-2,8	0,006
Tall	44,7	4,4	10,09	0
Gran	39,4	2,1	19,14	0
Löv	30,2	5,6	5,43	0

Källa	DF	SS
Regression	5	3377412
Residualfel	714	671350
Totalt	719	4048762

$$\text{Rsqr} = 0,83$$

Tot = Total upparbetningstid (s)

Stubbdiameter<sup>2</sup> = Kvadraten på stubbens diameter (cm)

Fuktigt = Indikatorvariabel som antar värdet 1 om markfuktighet=3, 0 annars

Tall = Indikatorvariabel som antar värdet 1 om det är tall, 0 annars

Gran = Indikatorvariabel som antar värdet 1 om det är gran, 0 annars

Löv = Indikatorvariabel som antar värdet 1 om det är löv, 0 annars

S = Medelfelet

T = Statistiskt mått som används för att undersöka om en observerad skillnad mellan två medelvärden är statistiskt signifikant, d v s att den inte kan förklaras av slumpen.

P = statistiskt mått som anger sannolikheten att få det värde som man fick

DF = Frihetsgrader, hur många mätvärden som ingår i materialet

SS = Kvadratsumma

Rsqr = Statistiskt mått som anger hur mycket av funktionens resultat som förklaras

Tot= Total time demanded (s)

Stubbdiameter<sup>2</sup>=The square of the stumpdiameter (cm)

Fuktigt=Dummyvariabel that assumes the value 1 if the groundmoist=3, 0 otherwise

Tall=Dummyvariabel that assumes the value 1 if it's pine, 0 otherwise

Gran=Dummyvariabel that assumes the value 1 if it's spruce, 0 otherwise

Björk=Dummyvariabel that assumes the value 1 if it's birch, 0 otherwise

S=Averagefailure

T=Statistical measure that is used to examine if an observed difference between two averagevalues is statistical significant, which means that it can't be explained by chance

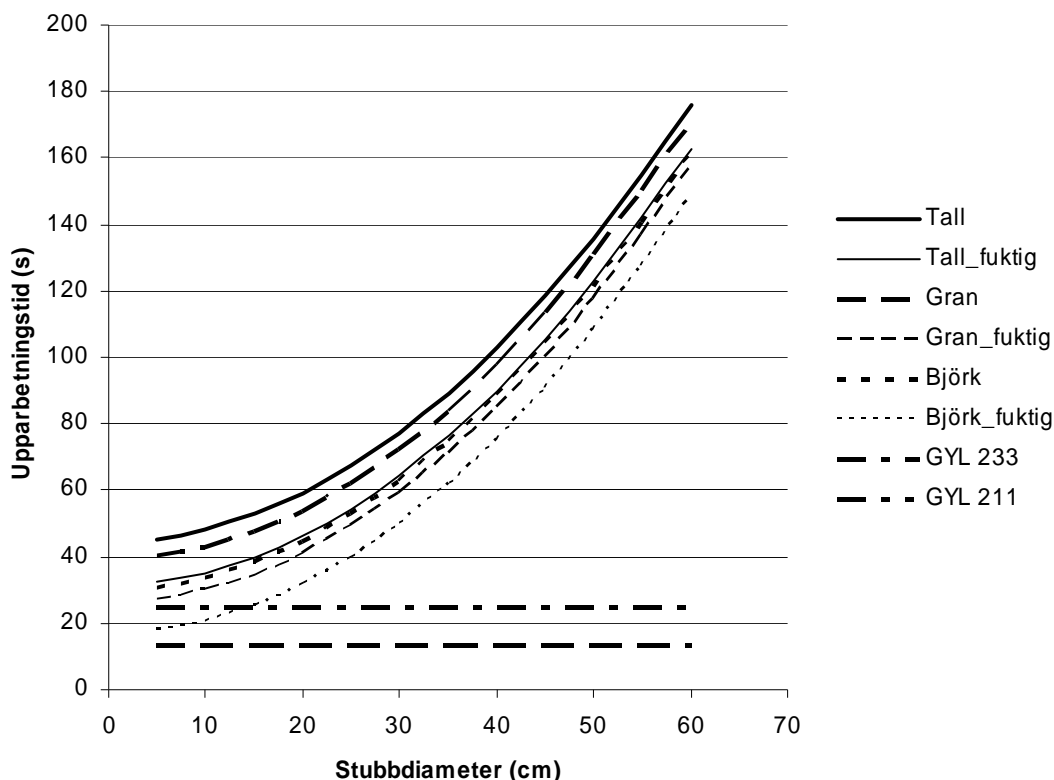
P=Statistical measure that states the probability to get the value you got

DF=Degrees of freedom, the number of values that participate in the material

SS=Sum of squares

Rsqr=Statistical measure that states how much of the result of the function that is explained





Figur 10. En stubbes upparbetningstid (upplyftning, skakning, klyvning och stubbe till hög) som funktion av stubbdiameter vid olika markfuktighet och för olika trädslag. Tillägg (GYL 211 eller 233) för att få total tid.

Figure 10. Time consumption for work with one stump (lifting, shaking, splitting and stump to heap) as function of the diameter on stumps at different soil moisture levels and for different trees. Addition (GYL 211 or 233) to get total time.

\* Grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt terrängtypschema (Berg 1985).

\* Ground conditions, structure of the surface and slope according to the terrain classification system (Berg 1985).

Tidsåtgången för upparbetning av en tallstubbe med 33 cm stubbdiameter var 84,1 s (tabell 21). Motsvarande tid för upparbetning av en granstubbe var 78,8 s samt 69,6 s för en björkstubbe. Detta innebär att det tog omkring 7 % längre tid att upparbeta en tallstubbe och omkring 17 % kortare tid att upparbeta en björkstubbe jämfört med granens upparbetningstid. För alla trädslag gäller att tidsåtgången minskade med 13 s om markfuktigheten var klass 3, d v s fuktig. Upplyftningsarbetet skiljde sig inte särskilt mycket mellan trädslagen. Tallstubbar tog längst tid att skaka, tätt följt av granstubbar. För björkstubbarna räckte det med betydligt kortare skakningstid. Klyvningsarbetet var ungefär dubbelt så tidskrävande för tallstubbar jämfört med granstubbar och nästan fyra gånger så tidskrävande som för björkstubbarna. Tidsåtgången för momentet stubbe till hög ökade med ökat antal kluvna stubbdelar

Tabell 21. Medelvärden och fördelning av upparbetningstiden (upplyftning, skakning, klyvning och stubbe till hög) vid 33 cm stubbdiameter och markfuktighet torr eller frisk (1 eller 2).

Table 21. Average values and distribution of the work with one stump (lifting, shaking, splitting and stump to heap) at 33 cm stump diameter on dry or fresh ground.

Trädslag	Stubberoende variabelers fördelning (s)				Medelvärde (s/stubbe)
	Upplyftning	Stubbe till hög	Skakning	Klyvning	
Tall	13,8	21,7	41,8	6,8	84,1
	16%	26%	50%	8%	
Gran	15,7	20,0	39,4	3,7	78,8
	20%	25%	50%	5%	
Björk	18,1	19,5	30,4	1,7	69,6
	26%	28%	44%	2%	

### 3.3.4 Stubbskotning

Antal stubbhögar som motsvarade ett helt lass varierade mellan fem och sex stycken. Massan per hög varierade mellan omkring 2,38 och 2,60 ton (tabell 22). Prestationen varierade mellan 15,00 och 21,82 ton/G<sub>0</sub>-tim.

Tabell 22. Data för de två studerade lassen.

Table 22. Data for the two studied loads.

	Lass 1	Lass 2	Medel
Antal högar (st)	6	5	
Last (ton)	14,30	13,00	13,65
Last (ton TS)	8,37	7,61	7,99
Medelvikt per hög (ton)	2,38	2,60	2,49
Krancykler lastning (st)	34	35	
Krancykler lossning (st)	22	27	
Körsträcka utan last (m)	499	230	
Körhastighet utan last (m/s)	1,16	0,81	
Körsträcka med last & under lastning (m)	499	230	
Körhastighet med last (m/s)	0,74	0,70	
Total körsträcka	998	460	
Produktion (ton/G <sub>0</sub> -tim)	15,00	21,82	18,41
Produktion (ton TS/G <sub>0</sub> -tim)	8,78	12,76	10,77
Produktion (m <sup>3</sup> f/G <sub>0</sub> -tim)	20,88	30,38	25,63
Produktion (MWh/G <sub>0</sub> -tim)	45,95	66,83	56,39

Det mest tidskrävande arbetsmomentet var lastningen, det tog ca 2 procentenheter längre tid än vad lossningen gjorde (tabell 23). Körning med last tog omkring 4,5 procentenheter längre tid än vad körning utan last tog.

Tabell 23. Arbetsmomentens fördelning vid stubbskotning.

Table 23. Distribution of the work elements at stump extraction.

Arbetsmoment	Andel
Körning utan last	12,9%
Körning med last & under lastning	17,5%
Lossning	29,1%
Lastning	31,1%
Övrigt	4,2%
Avbrott	5,3%

## 4. DISKUSSION

### 4.1 Material och metoder

Virkesförrådet för trakterna KarlJan, Holmfors och NorrEksjön var 192-200 m<sup>3</sup>fub/hektar medan trakten Mörttjärnbrännan hade ett virkesförråd på omkring 100 m<sup>3</sup>fub/hektar. Detta kan jämföras med det genomsnittliga medelvirkesförrådet i slutavverkningar i Norra Norrland, som uppgår till ca 140 m<sup>3</sup>fub/hektar, och i Södra Norrland, där nivån är 180 m<sup>3</sup>fub/hektar (Anon 2006e). De valda trakterna är således ganska representativa för regionen.

Materialet som tidsstudien baserades på var beläget på en och samma trakt. På trakten fanns olika marktyper representerade för att kunna spegla olika förhållanden som kan råda. Genom att trakten var konsekvent stubbtät fanns ingen möjlighet att tidsstudera områden med låg stubbtäthet. På ett sådant objekt bör tidsåtgången för markberedning och körning öka då det är längre mellan stubbarna och fler markberedningspunkter måste göras för att nå ett tillräckligt antal.

Tillförlitligheten, reliabiliteten, i en undersökning visar hur bra den kan motstå slumpinflytande av olika slag (Patel & Davidsson 1994). Ett sätt att öka reliabiliteten i tidsstudien var att filma för att senare kunna tidsstudera och försäkra sig om att man uppfattat allt korrekt. I efterhand kan det konstateras att filmningen av stubblyftningen innebar att tidsåtgången för datainsamlingen ökade. Fördelen med att filma var att i efterhand kunna kontrollera framförallt aktuellt löpnummer på stubben. Omkring 5-10 % av observationerna var osäkra kring just detta. En annan aspekt är att det är värdefullt att ha inspelat material på stubblyftning för utbildningsändamål både för studenter men även för entreprenörer.

Av de studerade trakterna hade GROT endast tagits från Norreksjön 1 & 2. När GROT-en är kvar är det svårt för grävmaskinförarna att se och komma åt att lyfta stubbarna vilket innebär ökad tidsåtgång. På parcellerna som tidsstuderades var stubbarna uppmärkta och därmed lättare att se.

### 4.2 Stubbmassa, stubbvolym och fukthaltsmätning

Fukthaltsmätningen baserades på ett relativt litet urval, bara 10 stubbar. För att få ett bättre och mer tillförlitligt resultat bör betydligt fler stubbar än så ingå. Resultatet bör dock kunna användas för att åtminstone ge en fingervisning om vilken fukthalt man kan förvänta sig på stubbveden. Resultatet tyder på en fukthalt på omkring 30 %, med något högre fukthalt för tall än för gran. Fukthalten är viktig att känna till då man ska beräkna hur mycket torrsvikt som man kan förvänta sig få ut från en trakt. Tidigare studiers resultat som pekar på fukthalter på omkring 40-50 % för rå stubbved stämmer förmodligen ganska väl om det är normala år. Sommaren 2006 var varm och torr vilket sannolikt lett till att fukthalterna blev onormalt låga. Tidigare studier påvisade att två månaders lagring medförde att fukthalten sjönk ner till ca 35 %. Resultat från

denna studie indikerar att stubbarna som fukthaltsmätningen gjordes på kan anses lika torra som stubbar brukar vara efter två månader lagring en normal sommar.

Enligt resultat från den förberedande mätningen av tidsstudieparcellerna och utskotningen av stubbved därifrån var medelmassan ca 133 kg per stubbe. Om man sedan beaktar driftuppföljningens resultat för trakten Holmfors som helhet blir medelmassan istället 169 kg per stubbe. Att de båda mätningarna inte ger liknande värden kan nog bero på att förarna vid driftsuppföljningen då och då glömt att trycka in en knapp på det räkneverk som är inmonterat i grävmaskinen för att räkna antalet lyfta stubbar.

Driftsuppföljningsdatat pekade på att man i medeltal kan få ut ungefär 127 MWh/hektar. Detta resultat är linje med resultat som erhöles från de studerade parcellerna om stubbar med stubbdiameter under 20 cm inte medräknades. Det är dock betydligt lägre värden än vad som erhöles då beräkning skedde på stubbveden som utskotades från parcellerna. Vad det beror är osäkert. En förklaring kan vara att mer stubbved än vad som hörde till parcellerna följde med vid utskotningen.

Man kan förvänta sig att få ut en stubbvolym som motsvarar ca 30 % av den avverkade stamvolymen. Dessa resultat är i linje med vad finländska studier visat och lite högre värden än vad Sveaskogs försöksverksamhet i Bergslagen visat. Både denna studie och aktuell finländsk forskning får alltså ut mera stubbvolym än på 1970-talet. En tänkbar förklaring till detta kan vara att dagens maskinella avverkningar genererar högre stubbar än vad manuell avverkning gjorde och att stubbupptagning sker effektivare. För att få reda på det verkliga energiinnehållet hade det krävts att vänta med att slutföra studien till dess att stubbveden är invägd hos mottagande industri.

I tidigare studier var endast ca 55 % av slutavverkningarnas stubbvolym ekonomiskt tillgängliga (Danielsson & Nilsson 1976). Detta berodde bl a på långa transportavstånd och att lövstubbar inte kunde användas. År 2005 avverkade SCA omkring 4,4 milj m<sup>3</sup>fub på egen skog och köpte omkring 4,5 milj m<sup>3</sup>f, totalt 8,9 milj m<sup>3</sup>fub (Anon 2006f). Om man utgår från att hälften av denna volym härrör från grandominerade områden genererar detta 4,9 milj×30 % ≈ 1,5 milj m<sup>3</sup>f stubbved. Om ca 55 % av denna volym lyfts innebär det att ca 0,8 milj m<sup>3</sup>f eller ca 1,8 milj TWh stubbråvara är tillgängligt per år. Denna kraftigt förenklade uträkning ska inte tolkas alltför bokstavligt men kan åtminstone användas för att visa på att stubbveden är en stor och hittills outnyttjad potential.

### 4.3 Driftsuppföljning

Tyvär ingick bara de två trakterna i Nordmalingsområdet och de två trakterna i Medelpad i driftsuppföljningen för stubblyftning och stubbskotning. Det faktum att båda trakterna i Medelpad slogs ihop till en enda i samband med skotningen var synd då det hade varit bra att kunna särredovisa detta. Dessutom kom snön väldigt tidigt vilket innebär att trakten Mörttjärnbrännan inte kunde skotas då snön låg alltför djup. Detta ledde till att även driftsuppföljningsdatat för stubblyftaren blev sämre då prestation inte kunde beräknas för Mörttjärnbrännan. Vissa data som t ex tidsåtgång och kostnad per hektar kunde dock beräknas.

Prestationen för stubblyftning av trakterna Norreksjön 1 & 2, Holmfors och Mörttjärnbrännan var relativt lika. Däremot var prestationen för Karljan betydligt lägre. Om man beaktar den låga massan per hektar för just Karljan skulle detta kunna tyda på att det fanns lite stubbar som var tillräckligt grova för att lyftas. Tidsåtgången per hektar för skotning av trakten är Karljan var betydligt lägre än för de andra som skotades. Detta i kombination med den låga prestationen för lyftningen tyder därför på att det där var många små stubbar som tog lång tid att lyfta. Det innebar låg massa per hektar men samtidigt innebar liten tidsåtgång per hektar för skotningen.

Då driftsuppföljningen utfördes på få trakter och på en ny teknik innebär det att felmarginalen på resultaten är relativt stora. Om det blir satsning på stubblyftning kommer framtida driftsuppföljningar att kunna göras på större material vilket kommer att kunna leda till säkrare resultat.

## **4.4 Tidsstudie**

### **4.4.1 Stubblyftning**

Tall tar längre tid att upparbeta än gran och björk. Skillnaden mellan gran och tall är dock bara ca 8 % och inte 10-40 % som konstaterats i tidigare studier (Nylinder 1977). Skillnaden är mest markant mellan upptagning av gran på fuktig mark och upptagning av tall på frisk eller torr mark. Momentet skakning är det som tar absolut längst tid, vilket innebär ca 40 % av total tidsåtgång. Det är därför i detta arbetsmoment förändring i upparbetningsteknik främst måste ske för att minska tidsåtgången. En annan aspekt kan vara att inte skaka stubben alls vid upptagningen utan istället rena stubbveden vid terminal eller Främsta orsaken till att tall tar något längre tid att upparbeta än gran och björk är att tall innehåller mer föroreningar och att det därmed tar längre tid för momentet jordskakning. Stark vidhäftning av jord i täta och fuktiga jordar leder till att skakningsarbetet ökar där. För att komma åt och rena de inre delarna av stubben måste stubben klyvas i flera delar vilket leder till att klyvningstiden ökar. Genom att klyvningen ger upphov till många små bitar kommer det även att leda till att tidsåtgången för att flytta stubbdelarna till hög ökar.

Förändringar i GYL påverkar inte prestationen för de stubberoende variablerna speciellt mycket. Det enda som påverkar i någon större omfattning är om markfuktigheten har värdet 3, d v s fuktig mark. Detta tolkas som att stubbarna blir mer lättbearbetade när marken är fuktig. Stubbarna verkar vara lättare att ta upp och kräva mindre bearbetning för att renas.

Förändringar i ytstruktur och lutning påverkar de icke stubberoende variablerna ordentligt. Framförallt ökar tidsåtgången för momentet övrigt, vilket bl a innebär iordningställande av framryckningsväg. Även tidsåtgången för körning ökar kraftigt då ytstruktur och lutning ökar. Detta verkar logiskt då grävmaskinen måste backa och ta om för att komma sig framåt i den branta terrängen. Produktionen i tidsstudien är beräknad genom att dividera tidsåtgången med stubbmassan som beräknades enligt Marklunds funktioner för massa för stubb- och rotsystem. På tidsstudieparcellerna där utskotning skedde var den uppmätta stubbmassan ca 1,5 gånger mer än vad som Marklunds funktioner visade på. Om det förhållandet råder kan man därför räkna med

att prestationen borde bli ungefär 1,5 gånger högre än av vad som redovisats i detta arbete. Det som kan ha påverkat detta faktum är om materialet på tidsstudieparcellerna hade väsentligt högre föroreningsgrad än de 10 % som beräkningarnas grundade sig på.

I syfte att ta reda på hur prestationen påverkas om lyftning av stubbar under 15 eller 20 cm inte sker gjordes en analys angående detta (tabell 24). Medelprestationen då alla stubbar var med blev 10,97 MWh/G<sub>0</sub>-tim, energiinnehållet var då 201 MWh/ha. Medelprestationen då stubbar under 15 cm ej lyftes ökade till 11,78 MWh/G<sub>0</sub>-tim och uttag sjönk då till 198 MWh/ha. Då stubbar under 20 cm plockades bort ökade prestationen till 13,91 MWh/G<sub>0</sub>-tim och möjligt uttag minskade till 132 MWh/ha. Detta innebär alltså att tidsåtgången och därmed kostnaden minskar med ungefär 7 % om man konsekvent väljer att inte lyfta stubbar under stubbdiameter 15 cm jämfört med att lyfta alla stubbar. Möjligt uttag sjunker då med bara ca 1 %.

Tabell 24. Prestation och möjligt bränsleuttag vid tre olika scenarier.

Table 24. Production and possible amount of fuel at three different scenarios.

	Prestation (MWh/G <sub>0</sub> -tim)	Uttag (MWh/ha)
Alla	10,97	201
>15 cm	11,78	198
>20 cm	13,91	132

#### 4.4.2 Stubbskotning

Genom att tidsstudien på stubbskotningen bara utfördes på två lass kan man inte lägga alltför stor vikt vid de erhållna resultaten. De kan dock användas för att få en uppfattning av vad tidsåtgången egentligen består av.

Prestationen vid skotning av lass 1 är ungefär 3,5 ton TS/G<sub>0</sub>-tim bättre än vid skotning av lass 2. Den främsta orsaken till detta är nog att skotningsavståndet var mer än dubbelt så långt (230 m jämfört med 500 m) för lass 2. Detta ledde till att tidsåtgången för körning med och utan lass blev betydligt högre.

#### 4.5 Ekonomi

Vid de ekonomiska kalkylerna har timkostnad på 650 SEK/tim för stubbskotaren och 750 SEK/tim för stubblyftaren förutsatts. Från resultat av driftsuppföljningen framgår att totala kostnaden för upptagning, skotning och markberedning uppgår till ca 81 SEK/MWh i medeltal (tabell 25). Om man bara betraktar trakterna Norreksjön och Holmfors uppgår totala kostnaden till ungefär 68 SEK/MWh. Trakten KarlJan har en betydligt högre kostnad. Medelkostnaden beräknat på alla trakterna blev ca 9325 SEK/ha.

Tabell 25. Sammanställning av ekonomi från driftsuppföljningen.  
 Table 25. Compilation of economy from the follow-up on production data.

		Traktnamn				Medel
		Norreksjön 1&2	Holmfors	KarlJan	Mörttjänbrännan	
Areal	Lyftning (SEK/ha)	7395	7456	8517	6977	<b>7586</b>
	Skotning (SEK/ha)	2269	1898	1051		<b>1739</b>
		9664	9354	9568		<b>9325</b>
Rå vikt	Lyftning (SEK/ton)	151	163	291		<b>202</b>
	Skotning (SEK/ton)	46	57	36		<b>46</b>
		198	220	327		<b>248</b>
Torrsvikt	Lyftning (SEK/ton TS)	259	279	497		<b>345</b>
	Skotning (SEK/ton TS)	79	97	61		<b>79</b>
		338	376	558		<b>424</b>
Volym	Lyftning (SEK/m <sup>3</sup> f)	109	117	209		<b>145</b>
	Skotning (SEK/m <sup>3</sup> )	33	41	26		<b>33</b>
		142	158	235		<b>178</b>
Energi	Lyftning (SEK/MWh)	49	53	95		<b>66</b>
	Skotning (SEK/MWh)	15	18	12		<b>15</b>
		65	72	107		<b>81</b>

Från tidsstudien kan man utröna att det kostar från ca 69 till ca 98 SEK per MWh för lyftning, utförande av markberedning och framskotning av 1 MWh stubbråvara med stubbdiameter 33 cm till bilväg (tabell 26). Genom att huvuddelen av materialet utgörs av gran kommer nog kostnaden i medeltal att hamna närmast kostnaden för att lyfta granstubbar. Ett rimligt antagande kan därför vara omkring 75 SEK/MWh.

Tabell 26. Sammanställning av kostnader från tidsstudien för lyftning, markberedning och skotning av 1 MWh stubbved med 33 cm medeldiameter på torr eller frisk mark.

Table 26. Compilation of costs from the time study for lifting, forwarding and scarification of 1 MWh stump wood with 33 cm average diameter on dry or fresh ground.

Trädslag	GYL	Lyftningskostnad (SEK/MWh)	Skotningskostnad (SEK/MWh)	Totalkostnad (SEK/MWh)
Tall	211	53,97	19,70	73,67
	233	60,24	19,70	79,94
Gran	211	49,82	19,70	69,52
	233	55,94	19,70	75,64
Björk	211	68,54	19,70	88,24
	233	77,90	19,70	97,60

Kostnaden för att ta fram 1 MWh stubbved till bilväg beräknat på tidsstudiens medelprestation (ca 10,97 MWh/ G<sub>0</sub>-tim) då alla stubbar tas och en skotningskostnad på 19,70 SEK/MWh blir ca 88 SEK/MWh (tabell 27). Om man istället väljer att inte lyfta stubbar under 15 cm kommer kostnaden att gå ner till ca 83 SEK/MWh. Om man väljer att inte lyfta stubbar under 15 cm och förutsätter en teknikförbättring i framförallt skakningstekniken som gör att totaltiden minskar med 20 % kommer kostnaden att sjunka ner till ca 71 SEK/MWh.



Tabell 27. Sammanställning av kostnader från tidsstudien vid 4 olika scenarier.  
 Table 27. Compilation of costs from the time study at 4 different scenarios.

Förutsättningar	Lyftningskostnad (SEK/MWh)	Skotningskostnad (SEK/MWh)	Totalkostnad (SEK/MWh)
Alla stubbar	68,37	19,70	88,07
Ej under 15 cm	63,67	19,70	83,37
Ej under 20 cm	53,92	19,70	73,62
Ej under 15cm+20% bättre teknik	50,93	19,70	70,63

Om man bortser från trakten KarlJan är skillnaden mellan kostnaderna för driftsuppföljningsdatat och tidsstudiedatat ej speciellt stor. Utifrån de förutsättningar som råder kan man nog därför anta att kostnaden per MWh fram till bilväg bör uppgå till ca 80 SEK/MWh.

Tidsåtgången för markberedningen (ca 7 s/stubbe) upptar omkring 9 % av den totala tidsåtgången. Värdet för markberedningen är svår att skatta då den beror på vilken kvalitet den egentligen har. Men om man räknar med att totalkostnaden för att stubblyfta, stubbskota och markbereda en hektar är omkring 9000 SEK motsvarar markberedningskostnaden ca 900 SEK. Ett vanligt pris för detta är annars omkring 1500 SEK/hektar vilket innebär att den i detta fall görs billigare. Dessutom tillkommer ju ingen extra flyttkostnad för stubblyftaren då en markberedare ändå hade behövts transporterats till objektet.

Utöver kostnad för stubbråvaran fram till bilväg tillkommer självklart kostnader för transport av stubbved till förbrukare, lagringskostnader, krossning samt övriga kostnader. Enligt tidigare studier upptar kostnaden för framtagning av stubbved till bilväg ungefär 45 % av totalkostnaden och resterande del därför 55 % (Jonsson 1985). Om detta förhållande råder fortfarande kommer kostnaden för detta att vara omkring 188 SEK/MWh (85/0,45). Totalkostnaden blir i dagsläget givet dessa samband ungefär 270 SEK/MWh. Om man utgår från kostnaden som erhålls då stubbar under 15 cm inte lyfts och en utveckling som gör att prestationen ökar med 20 % blir totalkostnaden omkring 240 SEK/MWh (74+(74/0,45)). Om stubblyftning får pågå några år kommer sannolikt tekniken att utvecklas på flera olika sätt vilket innebär att kostnaderna kommer att sjunka ännu mer.

Enligt de finländska erfarenheterna har en genomsnittlig välbestockad slutavverkningstrakt stubbved som motsvarar ett energiinnehåll för på ca 200 MWh/ha (Wennman 2006, pers. kom). I medeltal åtgår det 10 timmar/hektar för lyftningen medan skotningen i genomsnitt tar 6 timmar/ha. Medelkostnaden för att ta fram stubbved till bilväg blir då om man räknar med samma timkostnad som i denna studie ca 57 SEK/MWh ((10\*750+6\*650)/200). Denna kostnad är betydligt lägre än vad som framkommit i denna studie. Det kan finnas en uppsjö av förklaringar till detta. En förklaring kan vara att det är grövre stubbar i Finland och att det är mer torvmarker som är mer lättbrutna än de svenska moränmarkerna. Sen måste man även beakta det faktum att finländarna har en betydligt längre erfarenhet av stubblyftning och att arbetsmetoderna förmodligen utvecklats under de år verksamheten har pågått. En annan aspekt kan naturligtvis vara att data som förmedlats inte alla gånger är helt korrekta.

## 4.6 Slutsatser

- Faktisk utskotad massa stubbved uppgår till i medeltal 157 % av vad Marklunds funktioner för stubbrotsystem säger för de studerade trakterna.
- Enligt driftsuppföljningen ger en virkesrik och grandominerad trakt i Norrland, där ca 20 % av stubbarna lämnas kvar i marken, ungefär 125 MWh/ha i lyft stubbved.
- Man kan räkna med att stubbvolymen motsvarar ungefär 30 % av avverkad stamvolym och att 1 m<sup>3</sup> stubbved genererar ca 210 kg stubbved.
- Skakning är det mest tidskrävande arbetsmomentet och tall är det mest tidskrävande trädslaget. Alternativ till dagens teknik kan vara att genomföra skakningsarbetet vid terminal eller mottagande industri.
- Trakter med högre ytstruktur och lutning (Y och L) än 3 bör undvikas då det där åtgår alltför mycket tid för körning och iordningställande av väg, d v s när bandburen grävmaskin används.
- Stubbar med mindre stubbdiameter än 15 cm d v s omkring 12 cm DBH bör med hänsyn till lönsamhet ej lyftas.
- Om marktypen är blöt minskar tidsåtgången för upparbetningen med ca 13s per stubbe jämfört med om marktypen är torr eller frisk.
- GROT bör tas innan stubblyftning genomförs för att lättare komma åt stubbarna.
- Vid stubbdiameter 33 cm och GYL 211 är prestationen 39 granstubbar/G<sub>0</sub>-tim, 37 tallstubbar/G<sub>0</sub>-tim och 43 björkstubbar/G<sub>0</sub>-tim. Det motsvarar 3,0 ton TS/G<sub>0</sub>-tim för gran, 2,7 ton TS/G<sub>0</sub>-tim för tall och 2,5 ton TS/G<sub>0</sub>-tim för björk
- En granstubbe med diameter 33 cm har en massa på ca 78 kg TS och en volym på ca 0,19 m<sup>3</sup>f.
- Trakter där stubblyftning planeras bör föregås av fältsyn för kontroll av om den är lämplig för stubblyftning.

## 4.7 Behov av fortsatta studier

Eftersom detta är den första studien sedan stubblyftning blivit aktuellt igen finns det behov av fler studier. Med största sannolikhet kommer det fram nya och bättre aggregat som kommer att behöva studeras med avseende på prestation och markpåverkan. Som exempel kan nämnas att Pallari i november 2006 lanserade ett nytt förbättrat aggregat för stubblyftning. Det aggregatet har snabbfäste för att snabbt kunna byta aggregatet mot t ex en skopa och ett utrymme i aggregatet där vibrationsanordning kan monteras. Tanken är att vibratorm ska aktiveras när kniven går vid visst tryck för att skaka materialet.

Man bör även göra en bättre och mer ingående analys av fukthalten i stubbarna samt undersöka vilken askhalt man kan förvänta sig vid förbränning. Genom att denna studie framförallt har inriktats på stubblyftningen skulle det behövas studier som fokuserar mer på stubbskotningen för att förbättra även den delen. Man bör även analysera hur stubbråvaran bäst skall sönderdelas, vid avlägg ute i skogen, på terminal eller hos slutförbrukare.

# REFERENSER

## Litteratur

- Anon 2003. (Hemsidan för tillverkaren av Pallariaggregatet) <http://www.tervolankonepaja.fi>. Uppdaterad 2003-01-01.
- Anon 2004. (Hemsida för Gävleborgs länsmuseum). [http://www.lansmuseet.gavleborg.se/db/dbpage\\_rel\\_file\\_get.asp?fileid=671](http://www.lansmuseet.gavleborg.se/db/dbpage_rel_file_get.asp?fileid=671)). Uppdaterad 2004-10-20.
- Anon 2005a. (Biofuelregion, en organisation som arbetar med fordonsdrivmedel från skogsråvara). Örnsköldsvik. <http://www.biofuelregion.se>. Uppdaterad 2005-06-21.
- Anon 2005b. (Norrbränsdens hemsida). <http://www.norrbranslen.sca.com>. Uppdaterad 2005-03-15.
- Anon 2006a. (Hemsida för nyheter om affärer och TV). [http://ekonominyheter.se/nyheter/six/2006/12/06/ravaror\\_sma\\_forandringar\\_for\\_ra\\_oljehet\\_metaller\\_ned/index.xml](http://ekonominyheter.se/nyheter/six/2006/12/06/ravaror_sma_forandringar_for_ra_oljehet_metaller_ned/index.xml). Uppdaterad 2006-12-06.
- Anon 2006b. (Hemsida för el och telefonibolaget Östkraft). ([http://www.ostkraft.se/\(12lgx14505q1i1zwpvebv455\)/v401\\_0/848.html](http://www.ostkraft.se/(12lgx14505q1i1zwpvebv455)/v401_0/848.html)). Uppdaterad 2006-05-12.
- Anon 2006c. (Energimyndigheten Sverige). <http://www.energimyndigheten.se> Uppdaterad. 2006-12-18.
- Anon 2006d. (Hemsida med information om maskintillverkaren ÖSAs historia). <http://home.swipnet.se/Halvbandet/Skogsbrukets%20mekanisering/osa/osa1.htm>. Uppdaterad 2006-05-04.
- Anon 2006e. Skogsdata: aktuella uppgifter om de svenska skogarna från riksskogstaxeringen. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Umeå.
- Anon 2006f. (SCAs årsredovisning 2005 från hemsidan). <http://www.sca.se/>. Uppdaterad 2006-09-18.
- Berg, S. 1985. Forskningsstiftelsen skogsarbetens terrängtypschema. SFM Specialnotiser nr 30. Stockholm.
- Bergstrand, K-G. 1987. Planering och analys av skogstekniska tidsstudier. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Meddelande nr 17. Stockholm.
- Dickens, C H. 1982. Skogsbränsle, energi från skog till värme. Domänverket och SSR. Stockholm.
- Eidmann, H. 1976. Stubbrytning, metod för minskning av skadeinsekter. Föredrag vid Projekt Helträdsutnyttjandes stubbdag 1976-03-09. Stockholm.

- Gunnarsson, E. 2006. (Organisation som arbetar för fordonsdrivmedel från skogsråvara på småländska höglandet) [www.hoglandet.se/content/download/17202/76089/file/ Sammanfattning%](http://www.hoglandet.se/content/download/17202/76089/file/Sammanfattning%20-%20Uppdaterad%202006-04-29.pdf). Uppdaterad 2006-04-29.
- Hakkila, P. 1972. Mechanized harvesting of stumps and roots. Communicationes Instituti Forestales Fenniae 77.1. Helsingfors.
- Hakkila, P. 2004. Stumps an unutilised reserve. Wood energy technology programme, Newsletter on results 4/2004. Helsingfors.
- Hansen, R. 1976. Vidaretransport av stubb- och rotvirke. Föredrag vid Projekt Helträdsutnyttjandes stubbdag 1976-03-09. Stockholm.
- Hyppel, A. 1978. Rotröta och stubbrytning. Projekt Helträdsutnyttjande. Rapport 60. Uppsala.
- Håkansson, M., Steffen, C. & Forshed, N. 1994. Praktisk skogshandbok. Sveriges skogsvårdsförbund. Djursholm.
- Jonsson, Y. 1985. Teknik för tillvaratagande av stubbved. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 3. Stockholm.
- Kardell, L. 1976. Skogsvårds- och naturvårdsaspekter på stubbrytning. Föredrag vid Projekt Helträdsutnyttjandes stubbdag 1976-03-09. Stockholm.
- Kardell, L. 1992. Vegetationsförändring, plantetablering samt bärproduktion efter stubb- och riståkt. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig landskapsvård. Rapport 50. Uppsala.
- Kardell, L. 1993. Stubbrytningsförsöket på Tagel 1978-1989 - vegetation och skogstillstånd. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig landskapsvård. Rapport 52. Uppsala.
- Larsson, E., Kärrmarck, U., Husblad, R & Hijino, E. 2003. Ekonomiska styrmedel inom energiområdet. Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. Eskilstuna.
- Lehtikangas, P. 1998. Lagringshandbok för träbränslen. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogshushållning. Uppsala.
- Leinonen, A., Impola, R. & Rinne, S. 2005. Harvesting of stumps for fuel. Bioenergy in Wood Industry 2005 Book of Proceeding. VTT Process. Jyväskylä.
- Lundberg, G. 1918. Vi måste rationellt utnyttja skogarnas bränsle. Vetenskapen och livet, band 4 årgång 3. Stockholm.
- Mattsson-Turkku, G. 2005. Finländsk webbsida som tillhandahåller aktuell skogsinformation). <http://www.skogsreflexen.net>. Uppdaterad 2005-07-01.

Magdalinski, P. 2003. (Naturvårdverkets hemsida) <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/hallbar/miljoeko/energi/koldio.htm>. Uppdaterad: 2003-06-06.

Marklund, L-G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogstaxering. Rapport 45. Umeå.

Nilsson, P-O. & Danielsson, B-O. 1976. Tillgängliga kvantiteter stubbråvara. Föredrag vid Projekt Helträdsutnyttjandes stubbdag 1976-03-09. Stockholm.

Nylinder, M. 1976. Rapport från resa till Nordamerika juli 1976. Sveriges Skogsvårdsförbund, Projekt helträdsutnyttjande. Rapport 15. Uppsala.

Nylinder, M. 1977. Upptagning av stubb och rotved. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse 5, 1977. Stockholm.

Nylinder, M. 1979, Relationstal Trädbränslen-Olja. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport 110. Garpenberg.

Nylinder, M. & Thörnqvist, T. 1981. Lagring av stubbved i fingerad miljö. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport 121. Garpenberg.

Patel, R. & Davidsson, B. 1994. Forskningsmetodikens grunder. Studentlitteratur, Lund.

## **Personlig kommunikation**

Brantholm, L-E. 2006. Entreprenör stubblyftning. Möte. 2006-06-01. Umeå.

Edh, H. 2006. Tjänsteman Södra Skogsägarna. Mailkontakt 2006-11-07.

Gullqvist, A. 2006. Skogsansvarig Scanweld, Mailkontakt 2006-11-07.

Halonen, M-R. 2006. Utvecklingsansvarig UPM-Kymmene. Mailkontakt 2006-12-06.

Hedström, P-A. 2006. Utvecklingschef Norrbränslen. Möte 2006-01-31. Umeå.

Jonsson, P. 2006. Trädbränsleansvarig Norra Skogsägarna, Mailkontakt 2006-10-31.

Jonsson, Y. 2006. Professor emeritus skogsteknik, Telefonintervju 2006-07-15. Burträsk.

Karlsson, B. 2006. Kundansvarig biobränsle, Sveaskog. Mailkontakt 2006-11-06.

Larsson, A. 2006. Jägmästarstudent, studerar markpåverkan vid stubblyftning. Möte 2006-12-04. Umeå.

Mäkinen, J. 2006. Återförsäljare Pallariaggregatet. Exkursion Småland. 2006-05-11.

Stenholm, S. 2006. Entreprenör inom stubblyftning. Exkursion Finland 2006-06-01.

Strandvall, R.. 2006. Tjänsteman UPM-Kymmene i Vasaområdet. Exkursion Finland 2006-06-01.

Wennman, P. Operativ chef på UPM-Kymmene i Vasaområdet. Exkursion Finland 2006-06-01.