



Produktivitet vid GROtskotning beroende på sätt att GROTanpassa avverkningen

Productivity in forwarding logging residues depending on harvester work method



Leif Westerlund

**Arbetsrapport 1 2016
Examensarbete 30hp A1E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Dan Bergström**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Produktivitet vid GROtskotning beroende på sätt att GROTanpassa avverkningen

Productivity in forwarding logging residues depending on harvester work method

Leif Westerlund

Nyckelord: Tidsstudie, biobränsle, skogsbränsle, grenar och toppar.

Arbetsrapport 1 2016

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30 hp
EX4032, A1E

Jägmästarprogrammet

Handledare: Dan Bergström, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Examinator: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2016

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Det här examensarbetet handlar om hur GROTanpassningen vid slutavverkning påverkar GROtskotarens produktivitet. Datainsamlingen gjordes vårvintern 2005 men blev sedan liggande till början av 2015 då jag återupptog arbetet med att färdigställa exjobbet. Jag vill tacka min handledare Dan Bergström och Magnus Matisson vid Biofuel Region för stöd under arbetets gång.

Sammanfattning

Biobränslen har i många år ökat i Sveriges energimix. Den största potentialen för fortsatta ökningar bedöms finnas i kategorin oförädlade trädbränslen vilka i dagsläget består till ca 50% av grenar och toppar (GROT) från förnygringsavverkningar. Ett antal studier pekar på att uttaget kan öka avsevärt. Anpassningen mot att även skörda GROT vid sidan av timmer och massaved sker genom att skördaren apterar upp sortimenten efter körstråket, varpå en skotare sedan transporterar biomassan till bilväg. GROTanpassningen kan ske genom att GROTen antingen högläggs eller strängläggs efter körstråken. Strängläggning är en modifiering av en traditionell avverkning vid vilken man har flyttat upp arbetspunkten från framför maskinen till bredvid maskinen. Upparbetspunkten skiljer sig något mellan varje träd och därmed skapas en sträng av GROT parallellt med stickvägen. När man höglägger GROT så upparbetas träden på två punkter per maskinuppställning, en på vänstra sidan och en på högra sida vilket resulterar i två högar med GROT.

Syftet med studien var att mäta och jämföra produktiviteten på skotningsarbetet för GROT som antingen blivit stränglagd eller höglagd. Studien utfördes i ett grandominerat bestånd i Jämtland där varje behandling motsvarade sex fulla skotarlass vardera. I medeltal hade ett skotarlass en massa av 7,9 ton (färsk vikt) vid högläggning och 7,4 ton vid strängläggning, vilket är 56% lastnyttjande vid högläggning och 53% lastnyttjande vid strängläggning. Studien visar att lastningsarbetet var 40% effektivare när GROT höglagts än stränglagts. Denna skillnad var signifikant. Ett lass GROT av det höglagda materialet bestod av 35 krancykler med en vikt per griptag på 226 kg. Ett lass GROT av det stränglagda materialet bestod av 42 griptag på 176 kg vardera. Vid ett terrängtransportavstånd på 300 m gav högläggning 9,5% högre produktivitet än strängläggning. Den genomförda studien visar att det är en betydande skillnad i GROTSkotarens produktivitet beroende på om GROTen är höglagd eller stränglagd vid skördetillfället. Den största delen av arbetstiden består av lastningsarbete vilket även påvisas i en tidigare studie. Lastningstiden i denna studie utgör en betydande del av arbetstiden, vid strängläggning 56% och högläggning 42% av den totala tiden för ett lass GROT vid ett skotningsavstånd av 300 m. Slutsatsen är att höglagt material är att föredra framför stränglagt material för att sänka skotningskostnaderna.

Nyckelord: Tidsstudie, biobränsle, skogsbränsle, grenar och toppar.

Abstract

Biofuels has for several years increased in Sweden's energy mix. The biggest potential for further increases is judged to be in the category of unprocessed wood fuels. The unprocessed wood fuels makes up 50% of branches and tops (GROT) from clear cuttings. A number of studies indicate that the extractible potential can increase significantly. The first work process when harvesting wood biomass is the processing of various assortments (bucking). In the final felling, there are three products that are relevant timber, pulpwood and forest residues.

This work has focused on GROT adaptations and how forwarders productivity is affected by different GROT adaptations. During cutting work GROT is either bunched in strings or piled in heaps along strip roads. The string-method is a modification of a traditional harvest in which they have moved processing point from the front of the machine to beside the machine. The processing point varies slightly between each tree, creating a string of slash parallel to the strip road. With the piling-method the tree are cut down forward from the machine and processed next to the strip road and the trees bucked at two points per machine position, one on the left side and one on the right side, resulting in two piles of GROT.

The purpose of the study was to measure and compare productivity in forwarding work for GROT as the biomass was either stringed or piled. The study was performed in a spruce dominated stands in Jämtland where each treatment equivalent to six full forwarder each. On average, the forwarder loads had a mass of 7.9 tonnes (fresh weight) for the piling method and 7.4 tonnes for string method. The study shows that the loading work was 40% more effective when logging residues was piled than stringed. This difference was significant. A load of logging residues of the piled material consisted of 35 loading cycles with the crane with an average weight per grapple of 226 kg. A full load of logging residues which was stringed consisted of 42 loading cycles with an average weight per grapple of 176 kg. Loading time in this study represent a significant part of the working time, the stringed 56% and piled 42% of the total time for a load of logging residues with a forwarding distance of 300 m. At a terrain transport distances of 300 m the piling method gave 9.5% higher productivity than the string method. The conclusion is that the piling method is preferable to stringing method due to reduce time consumption when loading the forwarder.

Keywords: Time study, work methodology, biofuels, forest fuel, branches and tops.

1 Inledning

1.1 Energiläget i Sverige

Sverige hade en energitillförsel på 565 TWh år 2013. Biobränslen tillförde 129 TWh, eller 22,8% (Anon. 2015). Fossila bränslen tillför Sverige 167 TWh och det innebär att om det skulle ersättas av biobränslen motsvarar det en ökning på 129%. Målsättningen är att oljan ska ersättas av förnyelsebara energikällor som t.ex. vind, sol och biobränsle. Den största potentialen bedöms finnas i skogsbruket genom ökat uttag av skogsbränslen. Skogsbränslen består av biomassa från träd som inte har haft någon annan användning. Skogsbränsle delas in i primära och sekundära. Med primära trädbränslen avses t.ex. GROT, stubbar och rundvirke som inte uppfyller kraven för timmer och massaved samt biomassa från konfliktbestånd. Med sekundära menas biprodukter från t.ex. sågverksindustrin som spån, bark och torrflis. Skogsbränslena bidrog med cirka 63,2 TWh eller 49 % av den totala mängden biobränslet till Sveriges energitillförsel år 2013. Det producerades cirka 10,5 TWh GROT år 2013 vilket motsvarar cirka 50% av de primära skogsbränslena som producerades i Sverige år 2013 (Anon. 2014). Andra stora sortiment är stamvedsflis av rundved (6,9 TWh) och brännved (9,1 TWh) (Anon. 2014).

1.2 GROT-potential

Den beräknade fysiska maxpotentialen av GROT är cirka 60 TWh (Egnell 2009). Med olika antaganden som begränsar utbudet så minskar potentialen. Enligt en studie utförd av skogsindustrierna så är den realiserbara potentialen cirka 15 TWh (Jacobsson 2005) medan en studie från SLU visar på en realiserbar potential på cirka 32 TWh (Egnell 2009).

Vid skörd av GROT rekommenderar Skogsstyrelsen att vanlig skoglig hänsyn ska tas vilket innebär att den naturhänsyn som lämnats vid avverkningen av rundvirke även ska lämnas vid GROTskotning. Det kan exempelvis vara grov, död ved eller GROT i anslutning till höga naturvärden. GROT ska enbart tas från de vanligaste trädslagen vilket i de fyra nordligaste länen är tall, gran och björk. Minst 20% av GROTen ska lämnas och den ska i första hand användas för att undvika körskador genom att förstärka marken på svaga partier (Anon. 2008).

1.3 Leveranssystem för skörd av GROT

Det finns i princip två olika sätt att göra ett GROT-uttag på. Den ena metoden medför skörd av färsk, d.v.s. grön, GROT, vilket betyder att den tillvaratas en kort tid efter slutavverkningen. Det andra sättet är att den får torka på hygget innan utskotning, brun GROT (Eliasson & Lundström 2011). Ståndorterna där GROT-uttag sker är ofta grandominerande och ofta är bärigheten låg sommartid. Efterfrågan på GROT varierar stort över året med en topp i januari. I dagsläget (år 2015) är efterfrågan låg på GROT och priset är därmed lågt, dvs. prisbilden och kvalitetskraven på GROT är sådant att det inte lönar sig att leverera grön GROT (Brekke 2015, personlig komm.). Det finns tre hanteringsmetoder för att tillvarata GROT:

- Obearbetad GROT (lös GROT).
- Sönderdelad GROT (flisad GROT).
- Komprimerad GROT(buntad GROT).

När man hanterar lösGROT så skotas GROTen oberarbetad fram till väggkant. Vid väggkant så läggs GROTen upp i en vält och täcks med papp för lagring. Därefter lastas den på en anpassad lastbil och transporteras till en terminal eller förbrukare (Pettersson 2006). Denna typ av skördemetod används nära en förbrukare eller en terminal eftersom att transportkostnaderna ökar snabbt med ett ökat transportavstånd.

Fördelar med ett lösGROTsystem är:

- Bränslet är lagringsbart med små substansförluster.
- Möjliggör storskalig sönderdelning vid kund.

Nackdelar med ett lösGROTsystem är:

- Svårt att få fulla lass både på skotaren samt lastbilen vilket medför att längre transporter blir dyra.
- Kräver även stora ytor att lagras på.
- Kräver att kunden har möjlighet att sönderdela materialet.

När man sönderdelar GROT i skogen används oftast en traktorburen flishugg vilket består vanligtvis en skotare utrustad med en flisningsenhet påmonterad på lastutrymmet. Flisningsenheten består av flishugg med separat motor och en balja för att lagra flisen i. Föraren matar flishuggen med skotarkranen och när baljan är full så tippas flisen över till en flisskyttel, alternativt att man tippas flisen vid väggkant. I ett försök att minska behovet av tomma containrar kan man tippat flisen på marken, ofta med någon typ av underlag (t.ex. viraduk) för att undvika föroreningar. För att bättre kunna nyttja flishuggens kapacitet så kan man skota fram GROTen lös och lägga upp den i en vält för att senare kunna flisa den vid vältan (Pettersson 2006). Flisning direkt på hygget är ett krävande system med många svaga punkter eftersom delar i kedjan är beroende av varandra. För att undvika att maskinerna måste vänta på varandra så krävs noggrann planering. En annan lösning är en så kallad huggbil. Det är en lastbil som har en flishugg fast monterat på lastutrymmet vilket ger ett oberoende system för flisning och transport (Trolin 2013).

Fördelar med flissystem:

- Man utnyttjar lastbilarnas lastkapacitet bättre än för lösGROT vilket medför att vägtransporten blir billigare.
- Möjlighet att leverera till alla typer av kunder. Huggbilen ger dessutom möjlighet till ruttplanering för att minska transportkostnaderna.

Nackdelar med flissystem:

- Huggbilen kräver att GROTen ligger vid väggkant.
- Den skotarburna flishuggen är en dyr maskin att skota fram den sönderdelade flisen med.
- Använder man sig av en flisskyttel så belastas drivningskostnaden av en till maskin.

Buntaren består av en konventionell skotare utrustad med en buntningsutrustning på lastutrymmet (Pettersson 2006). Det finns två olika principer av buntsystem det ena är principen att GROTen lastas med skotarkranen i komprimeringsutrymmet och sedan komprimeras den och binds ihop vilket är en satsvis komprimering. Den andra principen är kontinuerlig komprimering vilket betyder att GROTen läggs på ett inmatningsbord till en komprimeringsenhet och den komprimerar GROTen kontinuerligt. Förutom att komprimera GROTen binder den även ihop den. När "GROTstocken" har uppnått lämplig längd så kapas den. När buntarna är färdiga faller den ner på marken, vilket sker automatiskt. Buntarna som produceras har en längd av drygt tre meter, en diameter på ungefär 75 cm och väger cirka 500 kg och innehåller cirka 1 MWh. Efter buntning kan ordinarie rundvirkesmaskiner användas för att transportera GROTen till förbrukare eller terminal (Pettersson 2006). Timberjack 1490 D hade i en finsk studie en produktivitet på 18,1 bunt per G₁₅-timme (effektiv arbetstid inklusive avbrott <15 min) (Kärhä & Vartiamaäki 2006).

Fördelar med buntsystem:

- Man kan nyttja både skotarens och lastbilens lastförmåga bättre än med lösGROT.
- Möjliggör en rationell sönderdelning.
- Kan lagras hos kunden.

Nackdelar med buntssystem:

- Buntaren är en dyr specialmaskin som man inte kan använda till något annat.
- Om objektet är litet blir flyttkostnaden för buntaren hög per ton GROT.
- Kräver ett stort intag och en stor motoreffekt på flistuggen alternativt krossen.

Det finns tidigare studier som har berört produktiviteten vid GROTskotning. En av dessa är en finsk studie, Nurmi (2007), vilken jämför tre olika behandlingar, dels den icke bränsleanpassade avverkningen vilket innebär att kvistningen av stammarna sker framför maskin men även två typer av bränsleanpassade avverkningar då man kvistar stammarna vid sidan om maskinen. Denna studie mätte både skotarens produktivitet vid skotningen av GROTen men även hur mycket man tillvaratog av GROTen. I studien användes en 14-tons skotare med ett lastutrymme på 22 m³ vilket gav ett medellass på 9 ton (rå vikt). Med ett omräkningstal på 0,9 ton per kubikmeter ger detta ett lass på 10 m³f. Mer än hälften av skotarens arbetstid upptogs av lastningstid. Produktiviteten för skotaren vid ett lass på 9 ton och 300 meters skotningsavstånd var 12-13,3 ton per effektiv arbetstimme utan avbrott (G₀-timme). Nurmi delade upp arbetet i fyra olika huvudmoment och dessa var körning utan last, lastning, körning med last samt lossning. Eftersom en stor del av arbetstiden upptogs av lastning så delades detta moment upp i ytterligare fyra moment: Kran ut, greppa material, kran in och öppna grip. I studien lastades materialet av på en stor presenning för att sedan vägas med en kranvåg i en separat process.

En studie som gjordes av Brunberg och Eliasson (2013), med syfte att ta fram en produktionsnorm för GROTskotning, visade att de påverkande faktorerna för skotarens effektivitet var uttag per hektar, köravstånd och terrängsvårigheter. Den tyngst vägande faktorn var uttag per hektar. Arbetsmomenten vid skotningsarbetet hade i denna studie delats upp i terminaltid, körning och övrig tid. Med terminaltid menas tid för lastning, lossning samt körning under lastning. Körning definieras som körning med eller utan last mellan avverkning och välta. Övrig tid är tid som inte ingår i skotningsarbetet t.ex. täckning av välta. Produktiviteten vid GROTskotning varierar mellan 10-13 m³f/G₁₅-timme beroende på mängden GROT per hektar enl. Brunberg och Eliasson (2013).

En studie som utfördes i Västerbottens kustland visar att ett uttag av GROT ger i medeltal 40 ton råvikt biomassa per hektar (Sallin 2008). En GROTmängd på 40 ton per hektar ger en produktivitet på 11,5 m³f/G₁₅-timme eller 10,4 råton enl. Brunberg och Eliasson (2013). Antaget en maskinkostnad på 830 kr/G₁₅-timme (jmf. Athanassiadis et al 2009) ger detta en skotningskostnad vid ett terrängtransportavstånd på 300 m (enkel väg) på 72,2 kr per m³f/G₁₅-timme.

1.4 Uttagsmetoder

Det har utvecklats två olika arbetsmetoder för att göra ett GROT-uttag. Metodvalet görs redan av skördarföraren när han avverkar trädet. De två metoderna är strängläggning och högläggning. Strängläggning är en modifiering av en traditionell avverkning vilken man har flyttat upp arbetspunkten från framför maskinen till bredvid maskinen. Upparbetspunkten skiljer sig lite grann mellan varje träd och därmed skapas en sträng av GROT parallellt med stickvägen. Vid högläggning fälls trädet framåt och upparbetas bredvid stickvägen. När man höglägger GROT så upparbetas träden på två punkter per maskinuppställning. En på vänstra sidan och en på högra sidan, vilket resulterar i två högar med GROT (Petterson 2006). Strängläggning innebär således att man får en lägre biomassakoncentration per ytenhet än vid högläggning

SCA Norrbränsle har utvecklat ett betygssystem i fem kvalitetsklasser vilket ska påvisa fem olika kvaliteter på GROTanpassningen:

- Kvalité 1: Nästan obefintlig, mindre än 20% godkända högar på anpassad areal, skotaren har kört på en stor del av riset, riset ligger till stor del på underväxt.

- Kvalité 2: Stränglagt eller 20-40% godkända högar, skotaren har kört på små delar av riset, en del av riset ligger på underväxt.
- Kvalité 3: 40-60% godkända högar, mycket små delar ligger på underväxt.
- Kvalité 4: 60-90% godkända högar.
- Kvalité 5: Bästa kvalité.

1.5 Syfte

Syftet med studien var att undersöka om produktiviteten vid GROTSkotning skiljer sig när GROTen antingen har stränglagts eller höglagts. Delsyften vara att mäta om antal griptag vid lastning och lossning samt lastvikter skiljer sig för metoderna. Hypotesen är att högläggning av GROT ger högre produktivitet på skotningsarbetet än strängläggning av GROT.

2 Material och metoder

2.1 Beståndet

Tidsstudien genomfördes i ett bestånd i Jämtlands län, ca 67 km nordväst från Östersund. Beståndet hade goda markförhållanden (GYL; grundförhållande, ytstruktur och lutning enligt en 5-gradig skala, där 1 anger lättaste och 5 svåraste förhållanden) enl. Berg (1993) skattades till 1:2:3, d.v.s. hög bärighet, måttligt blockighet och måttligt marklutning. Beståndet hade en total areal på 10 ha. I beståndet avverkades en rundvirkesvolym av 255 m³fub/ha varav 70% var gran (*Picea abies*) och 30% var tall (*Pinus Sylvestris*). Den skördade medelstammen på gran var 0,19 m³fub och på tall 0,30 m³fub. Beståndet var avverkat på vårvintern av två olika skördarförare vilka hade använt sig av två olika arbetsmetoder vilket resulterade i två olika typer av GROTanpassningar: 1) strängläggning och 2) högläggning. GROTen var färsk vid skotningen. Totalt avsattes 2 ha till tidsstudier på skotningsarbetet.

Det stränglagda området betygsattes till 2 enligt SCA Norrbränselns betygssystem och det höglagda betygsattes till 5. Betyg 2 innebär att GROTen är avverkad löpande efter stickvägen samt att rundvirkesskotaren kan ha kört på GROTen. GROTen kan även ligga på underväxt. Betyg 5 innebär att GROTen ligger väl samlad i högar och att det inte ligger på underväxt eller att det är kört på. Det innebär också att alla träd har avverkats i samma längdriktning vilket får till följd att riset ligger ordnat. Tidsstudierna utfördes första veckan i maj 2005.

2.2 Skotningsarbetet

Maskinen

Samma skotare användes i båda försöksleden, en Valmet 860.1 (www.komatsuforest.se) med en lastförmåga på 14 ton och utrustad med en Cranab Crf 8 kran vilken har en räckvidd på 9,1 m. Skotaren var modifierad för GROTSkotning, vilket innebar att lastutrymmet var breddat med totalt 65 cm på var sida och att kranen var utrustad med en Hultdins risgrip (www.hultdins.se) med en griparea på 0,36 m², i stället för en rundvirkesgrip. Föraren hade stor vana av både skördare och skotare och han hade skotat GROT mer än fyra år och kunde betecknas som mycket erfaren. Föraren skotade båda försöksleden för att undvika att resultatet skulle bero på förarfaktorerna.

Arbetet

Skotningsarbetet började med körning utan last från vältan fram till lastningsområdet, d.v.s. till första GROThögen att lasta (Tabell 1). Sedan stannade skotaren och började momentet lastning. Momentet bestod av flera krancykler samt körning under lastningen. En krancykel bestod av att kranen rör sig från sitt viloläge från lastutrymmet till en position där det finns GROT. Därefter grep man tag om GROTen med gripen och positionerade om den till lastutrymmet på skotaren. Sedan öppnade man gripen och upprepade processen antingen tills lastutrymmet var fullt eller att maskinen måste positioneras om. Därefter började momentet körning med last och det bestod av att maskinen körde från lastningsområdet till platsen för vältan vid bilvägen. Vid vältan skedde en omvänd process mot lastning, skotaren placerade sig vinkelrät mot bilvägen och lastade av på maskinens högra sida och lossade GROTen. Vid lossning formades vältan till utseendet av en "limpa". Skotaren lade GROTen mellan sig själv och vältans kortsida. När lastutrymmet var tomt lades kranen ner i transportläge och den totala tiden för det lasset noterades. Studien begränsades till sex fulla lass av vardera försöksled. Skotarens arbete indelades i fyra arbetsmoment (Tabell 1).

Tabell 1. Indelning av arbetsmoment vid tidsstudie av GROTSkotning
Table 1. Classification of work elements at the time study of GROT forwarding

Moment	Beskrivning
Körning utan last	Startar från det att hjulen börjar rulla vid avlägg och slutar då kranen rörs ut från maskin för att påbörja lastning på avverkningstrakten.
Lastning	Startar från det att kranen rörs ut från maskin för att påbörja lastning och slutar när kranen viks in över lasset efter sista gripen. Körning under lastning ingår i momentet.
Körning med last	Startar från det att kranen vikts in över lasset efter sista grip och slutar när kranen börjar röra sig ut från maskinen för avlastning på avlägget.
Lossning	Startar från det att kranen börjar röra sig ut från maskinen för avlastning och slutar när kranen vikts in över det tomma lastutrymmet.

Tidsstudien

Skotarens arbete filmades och utifrån filmen utfördes en kontinuerlig tidsmätning på kontoret med ett stoppur. Tidsstudien började vid ett tomt avlägg där skotaren var stillastående och olastad. Skotaren var placerad vid väggkant där senare materialet skulle lastas av i en välta. GROTen lades upp i två olika vältor, en per arbetsmetod. Direkt i fält genomfördes även manuell tidtagning och räkning av antalet krancykler per lass. Ett lass utgjorde en observationsenhet. Tidsstudien är mätt i G_0 -tid. När det uppstod avbrott eller övrig tid så stannades tidsmätningen och efter att avbrottet var åtgärdat så startades tidsmätning igen. Avbrottstid kunde t.ex. vara att en hydraulslang brast. Övrig tid kunde t.ex. vara tankning och service av skotaren. Tidsstudien genomfördes på sex lass stränglagt och sex lass höglagt material.

Bestämning av skotad massa

GROTen lagrades inte vid väggkant utan transporterades samma dag som den blev utskotad obearbetat till Jämtkrafts anläggning i Östersund där biomassan vägdes på anläggningens fordonsvåg. Vikten uppdelades endast per behandling och ej per lass.

Övriga mätningar

Terrängtransportarbetet mättes genom att mäta basvägen och stickvägen med en trådmätare av dessa värden beräknades sedan ett medelvärde per behandling.

2.3 Analyser och statistik

Medelvikten per lass för respektive metod beräknades som total inmätt vikt delat med totalt antal lass per metod. Tidsåtgången för lastnings- och lossningsarbetet jämfördes med ett t-test där en signifikansnivå på 5% ansattes.

3 Resultat

Lastningsarbetet av höglagt material tog i genomsnitt 965 s/lass vilket var 40% lägre tidsåtgång än för stränglagt material (1352 s/lass) (Tabell 2, Figur 1). Denna skillnad var signifikant (P=0,001). I medeltal behövdes det 35 krancykler för ett fullt lass med det höglagda materialet och 42 krancykler/lass för det stränglagda materialet. Denna skillnad var signifikant (P=0,018). I medeltal var lastvikten med höglagt material 7,9 ton och det stränglagt hade ett medellass på 7,4 ton. I medeltal hanterades 0,226 ton per grip med det höglagda och 0,176 ton per grip för det stränglagda.

I medeltal tog avlastningsarbetet per lass 293,5 s för höglagt och 346,0 s för det stränglagda materialet. Denna skillnad var inte signifikant, men p-värdet var ändå ganska lågt (P=0,073). I medeltal åtgick det 19 krancykler för att lasta av det höglagda materialet och 21 krancykler för det stränglagda. Denna skillnad var inte signifikant (P=0,192). I medeltal hanterades 0,416 ton per grip med det höglagda och 0,352 ton/grip för det stränglagda.

Tabell 1. Tidsåtgång (s) för de olika arbetsmomenten vid skotning av GROT som höglagts resp. stränglagts

Table 2. Time consumptions for the forwarding work when handling logging residues produced by the pile method” resp. the “string method”

Metod	Lass	Körning utan last	Lastning	Körning med last	Lossning	Total tid
Stränglagt	1	83	1580	335	290	2168
	2	135	1470	374	383	2362
	3	148	1164	340	342	1994
	4	122	1293	300	420	2168
	5	202	210	360	327	2078
	6	178	1320	376	315	2232
<i>Medeltid per lass</i>		129	1352	348	346	2167
<i>Standardavvikelse</i>		*	3,3	*	47,6	*
Höglagt	1	486	1039	744	367	2636
	2	515	1061	574	271	2421
	3	354	1014	512	313	2193
	4	389	952	611	257	2209
	5	507	720	548	294	2069
	6	450	1002	594	259	2305
<i>Medeltid per lass</i>		450	965	597	293,5	2306
<i>Standardavvikelse</i>		*	3,8	*	42,0	*

*Standardavvikelse är inte beräknad eftersom att det ingår förflyttning i arbetet och sträckan är enbart uppmätt som ett medelvärde.

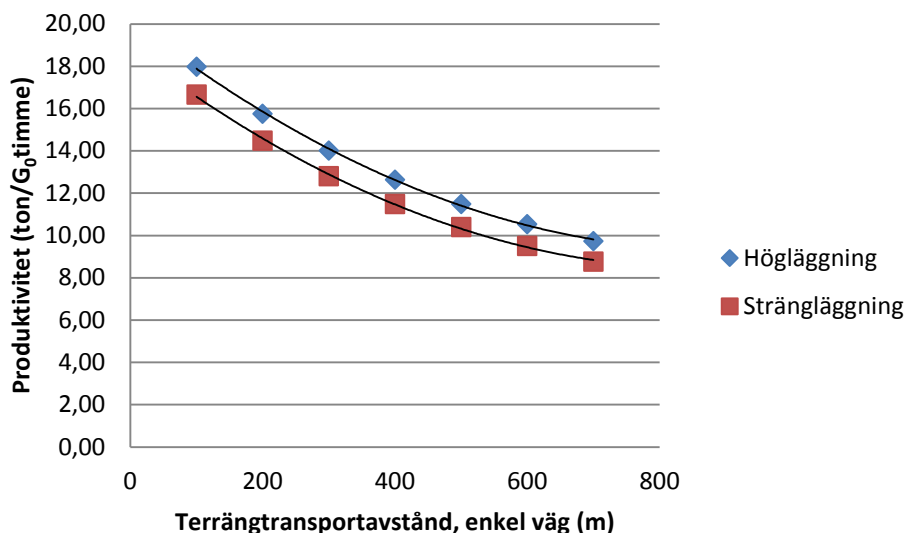
Tabell 2. Fördelning av arbetstiden vid skotning av GROT med två olika GROTanpassingar vid 300 m terrängtransportavstånd.

Tabell 2. Division of forwarder time consumption when handling logging residues harvested via two adaptation methods at a forwarding distance of 300 m.

Arbetsmoment	Stränkläggning	Högläggning	Stränkläggning	Högläggning
	(sek)		(% av totaltid)	
Körning utan last	353	353	15	15
Lastning	1352	965	56	42
Körning med last	367	367	15	16
Lossning	346	293,5	14	13
Total	2418	2306	100	100

I jämförelsen i tabell 2 har samma hastighet på terrängkörning använts för båda försöksleden vilket i momentet "Körning utan last" är 51 m/min och i momentet "Körning med last" 49 m/min

Skotarens produktivitet beroende på metod och skotningsavstånd modellerades utifrån tidsstudiedata och lastvikter (Figur 2). Vid ett skotningsavstånd på 100 m, 300 m och 600 m så är produktiviteten 8 %, 9,5 % och 11 % högre vid skotning av höglagt i jämförelse med stränklagt (Figur 2).



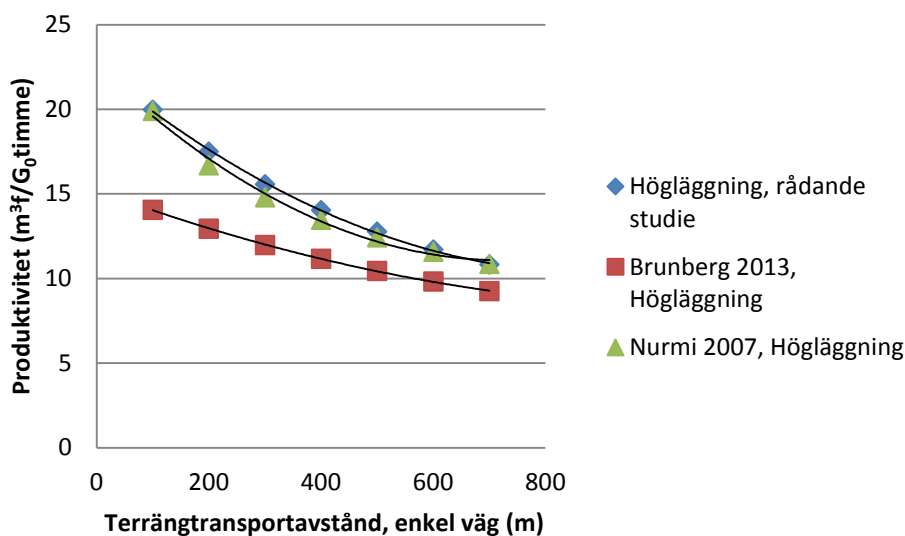
Figur 2. Skotarens produktivitet som funktion av terrängtransportavstånd vid högläggning och stränkläggning.

Figure 2. Forwarding productivity as a function of logging residue adaptation method and forwarding distance.

4 Diskussion

4.1 Resultatens tillämplighet i praktiken

Den genomförda studien visar att det är en betydande skillnad i GROTSkotarens produktivitet beroende på om GROTen är höglagd eller stränglagd vid skördetillfället. Den största delen av arbetstiden består av lastningsarbete vilket även påvisas i en studie av Nurmi (2007). Lastningstiden i rådande studie utgör en betydande del av arbetstiden, vid strängläggning 56% och högläggning 42% av den totala tiden för ett lass GROT vid ett skotningsavstånd av 300 m. Dessutom visar studien även att lastvikterna har stor påverkan på produktiviteten. I studien utförd av Nurmi (2007) utfördes skotningsarbetet med en lätt ombyggd tung skotare (Kokums 850) där ombyggnaden bestod av en förlängning av lastutrymmet med 80 cm. Denna skotare hade en lastkapacitet på 13,5 ton och av denna kapacitet nyttjades 9 ton (66%). När lastningstiden står för en stor del av arbetstiden så påverkas produktiviteten i stor utsträckning av hur skicklig föraren är att hantera skotarkranen. Skillnaderna i produktivitet mellan höglagt och stränglagt är troligen mera allmängiltiga. Lastvikterna i rådande studie visade också på skillnader mellan GROTanpassningarna vilket troligen beror på två orsaker dels att materialet som är höglagt är något kompakterat av materialets egentyngd. Den andra orsaken är att materialet i en hög ligger mera "ordnat" vilket medför att det blir lättare för föraren att nyttja lastutrymmet effektivt. Detta skulle kunna förklara skillnaderna i vikten mellan ett griptag av det stränglagda (0,176 ton) och det höglagda (0,226 ton) per griptag



Figur 3. Produktivitet vid GROTSkotning för olika studier i m³f/G₀-timme som en funktion av skotningsavstånd (enkel väg).

Figure 3. Forwarder productivity for different studies at hauling of logging residues as a function of forwarding distance (one-way).

För att kunna bedöma rimligheten i mina resultat så har jag jämfört med Skogforsks produktionsnorm (Brunberg och Eliasson, 2013) samt en finsk studie (Nurmi 2007) (Figur 3). Resultaten överensstämmer väl med Nurmis (2007) studie, men avviker mer mot Brunberg (2013). De uppvisade skillnaderna kan bero på förare, bestånd, maskinval mm. Beståndet i rådande studie skattades till en bonitet på G22 vilket i medeltal innehåller ett rundvirkesförråd på 255m³sk och håller en något hög volym i relation med ett

medelbestånd i södra Norrland. G22 motsvarar endast 7% av stående granskog i Jämtlands län. De vanligast grandominerande markerna i Jämtland har ett ståndortsindex på G16-G18 och utgör tillsammans mer än 60% av grandominerade arealen (Anon 2014). Det studerade beståndet avviker med hög biomassakoncentration, vilket kan vara en förklaring till den relativt höga produktiviteten mot Brunbergs (2013)studie.

Andra faktorer som är viktiga i bränslesystemen, men inte undersökta i denna studie, är hur kvalitén på GROT påverkas av olika typer av GROTanpassning. Dessa kvaliteter kan vara fukthalt och föroreningar, då främst sten och grus. Det höglagt material har en mindre anliggningsytan mot underlaget jämfört med stränglagt vilket betyder att materialet återfuktas mindre samt att det är mindre risk att det följer med föroreningar vid lastningen.

4.2 Tekniska förbättringsförslag

Längre kran

Av hela arbetscykeln med GROTSkotning så står lastning för merparten av arbetstiden. Det medför att det är intressantast att rationalisera detta arbetsmoment. Om man antar att all GROT på hygget skulle samlas på en plats så skulle körning under lastning samt ompositionering av basmaskinen för att fortsätta lastningen helt undvikas. Detta är dock förstås omöjligt i praktiken. Det näst bästa är att öka kranens räckvidd. Om man tänker sig att föraren når en hög med GROT per sida av maskinen med nuvarande kran och med en kran med längre räckvidd så skulle man teoretiskt kunna nå två högar per sida, totalt fyra högar per maskinposition istället för två. Om man tänker sig att för att kunna lasta ett lass så måste skotaren nå 12 högar med GROT vilket resulterar i sex maskinpositioner att positionera maskinen, vilka vardera tar cirka 10 sekunder i förflyttningstid. Skulle man kunna nå fyra högar per position så skulle detta resultera i tre maskinpositioner vilket betyder att lastningstiden per lass skulle minska med 30 sek eller cirka 3%.

Gripdesign

I studien uppmärksammades att det var stor skillnad i antalet griptag samt vikten per griptag mellan de olika typerna av GROTanpassning. Det vore önskvart att minska antalet griptag samt att öka mängden biomassa per griptag då detta minskar lastningstiden. Det som ligger närmast till hands är att gripen ska greppa mera biomassa per griptag utan att bli svårhanterlig. Det är av största vikt att en ny typ av grip inte medför att det blir en ökad risk för föroreningar i materialet. En ökad mängd föroreningar främst grus och sten innebär att slitaget vid sönderdelning ökar och det kan snabbt resultera i att den eventuella kostnadsbesparingen uteblir. Ett medellass av det höglagda materialet vägde 7900 kg och ett medelgriptag vid lastning vägde 226 kg vilket resulterar i att ett fullt lass består av genomsnitt 35 griptag ($7900/226=35$). Om man antar att en ny grip skulle kunna reducera antalet griptag med 20%. Detta skulle betyda att samma mängd GROT lastades med 28 griptag ($35*0,8=28$) och det gör att varje griptag väger 282 kg ($7900/28=282$). Ett ursprungligt lass med 35 griptag tar cirka 965 sek att lasta. Medeltiden för en krancykel vid lastning blir då $965/35=28$ sek. En ny grip skulle då lasta ett lass på 28 krancykler, vilka var och en tar 28 sek ($28*28=784$ sek), vilket skulle sänka den totala tidsåtgången för ett lass GROT med 8%. Momentet lossning består av 19 griptag vilka var och en väger 415 kg ($7900/19=415$ kg) i medeltal. Skulle samma rationalisering (20%) gälla vid lossning så skulle tidsbesparingen totalt bli 15,5 sek per griptag (tid/antalet krancykler $293,5/19$). En reduktion av antalet griptagen med 20% ($19*0,8=15$) medför att lossningsmomentet skulle ta 232,5 sek ($15,5*15=232,5$). Detta skulle minska den totala tidsåtgången med 2,7%. Sammantagen tidsreduktion vid lastning och lossning uppgår då tillsammans till 11,5% av totaltiden för ett lass. Denna andel av totaltiden kommer naturligtvis att öka eller minska med ett kortare eller längre skotningsavstånd. En typ av ny design på grip kan vara liknande en rivningsgrip till en grävmaskin.

Större lastvikter

I studien skiljde det 500 kg i lastvikt på skotaren mellan stränglagd och höglagd GROT. Det innebär att denna skillnad isolerad från andra faktorer motsvarar en produktivitetshöjning på 6,8%. Denna skillnad i materialets bulkdensitet kan bero på ett antal orsaker. En orsak kan vara att materialet självkomprimeras av egentyngden när det ligger i en hög. En annan orsak kan vara att gripen greppar materialet bättre eftersom att grenarna och topparna ligger mera ordnat i en hög än i en sträng. Detta medför att gripen kan komprimera materialet i gripen bättre.

4.3 För- och nackdelar med studiemetodiken

Styrkan med denna studie är att hela studien är utförd med en förare och skotare vilket gör att förar- och skotarbundna faktorer hålls konstanta. Det finns faktorer som skulle ha varit mätta för att ytterligare styrka sambandet mellan arbetsmetod (GROTanpassningen) och mängden skördad biomassa, exempelvis vikten på varje enskilt lass samt mängden tillgänglig biomassa att skörda. Svagheter med studien är att datamaterialet borde ha varit större samt att det borde ha mätts fler faktorer före studien. Framförallt borde beståndet ha mätts upp noggrannare, t.ex. grönkrongräns, stamform, stående volym på studieytorna. Detta har medfört att det är svårt att svara på i vilken grad som variationer mellan beståndet har påverkat skillnaderna mellan behandlingarna (arbetsmetoderna). Nurmi (2007) mätte massan av varje enskilt lass med en kranvåg och därmed kunde varje enskild lastvikt registreras vilket hade varit en fördel eftersom att då hade man kunnat se om de var en stor spridning mellan olika lass. Med de tillgängliga data så kan jag enbart påvisa arbetsmetoden som den faktor som påverkar prestationen.

4.5 Slutsatser och rekommendationer

Studien visar att det finns skillnader i både antalet krancykler och lastvikter vid GROTskotningen beroende på om GROTen är höglagd eller stränglagd vilket styr till stor del GROTskotarens produktivitet och således skotningskostnaden. Kranarbete utgör en stor del av arbetstiden vilket betyder att produktiviteten är korrelerad med förarens skicklighet att hantera skotarkranen, men sannolikt är också storleken på skillnaden mellan de två studerade arbetsmetoderna likande för andra förare.

Slutsatserna är att GROT ska höglaggas för att det är mera produktivt att skota höglagd GROT än stränglagd.

- * GROTanpassningen har en stor påverkan på lastningstiden och därmed på produktiviteten.
- * Högläggning sänker antalet krancykler och ökar mängden biomassa per grip samt höjer lastvikterna.
- * En stor del av arbetstiden vid GROTskotning består av lastningstid, men den andelen är betydligt lägre vid högläggning än vid strängläggning

Referenser

- Anon. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Skogsstyrelsen Meddelanden 2:2008.
- Anon. 2013. Skogsstatistiska årsboken 2013. Skogsstyrelsen ISBN 978-91-874535-01-7. Anon. 2015. Energiläget 2015. Energimyndigheten. ET 2015:08.
- Anon. 2014. Produktion av oförädlade trädbränslen 2013. Statens energimyndighet. Es 2014:09 ISSN 1654-7543
- Anon. 2014b. Skogsstatistiska årsboken 2014. Skogsstyrelsen ISBN 978-91-87535-05-5.
- Athanassiadis, D. Melin, Y. Lundström, A. Nordfjell, T. 2009. Marginalkostnader för skörd av grot och stubbar från förnygringsavverkningar i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för skoglig resurshushållning Arbetsrapport 261 ISSN 1401-1204.
- Berg, S. 1995. Terrängtypschema för skogsarbete. Skogforsk 1995 ISBN 91-7614-035-0.
- Brunberg, T. Eliasson, L. 2013. Underlag för produktionsnorm för Grotskotare. Skogforsk, Nr 45, 2013.
- Egnell, G. 2013. Skogsbränsle. Skogsstyrelsen 2013 Skogsskötselserien nr 17.
- Eliasson, L. Lundström, H. 2011. Skotning av färskt och hyggestorkad grot. Skogforsk, Arbetsrapport 755, 2011.
- Jacobsson, J. 2005. En uppdatering av kunskapsläget beträffande tillgång och efterfrågan på biobränsle. Rapport. Skogsindustrierna 2005.
- Kärhä, K. Vartiamaäki, T. 2006. Productivity and cost of slash bundling in Nordic conditions. Biomass and Bioenergy, 30: 1043-1052.
- Lönner, G. Danielsson, B O. Vikinge, B. Parikka, M, Hektor, B. Nilsson, PO. 1998. Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt. SLU, inst. för skog-industri-marknad studier. Rapport 51.
- Nurmi, J. 2007. Recovery of logging residues for energy from spruce (*Picea abies*) dominated stands. Biomass and Bioenergy, 31(6): 375-380.
- Petterson, M. 2006. Grotskotning - Driftsuppföljning och tidsstudie. Energidalen i Sollefteå AB.
- Sallin, S. 2008. Ekonomi vid uttag av långa toppar som skogsbränsle i slutavverkning. SLU, Inst För Skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 217. ISSN 1401-1204.
- Trolin H. 2013 En jämförande studie av fem lastbilsmonterade flishuggar. SLU-skogsmästarskolan. Examensarbete 2013:05.

Personlig kommunikation

- Brunberg, Torbjörn. 2015-08-12. Forskare Skogforsk. Uppsala Science Park 751 83 Uppsala.
- Brekke, Peter. 2015-08-19. Regionchef Mitt SCA Norrbränslen. SCA ENERGY Axel Enströms väg 1 913 31 Holmsund