



Jämförelse av skotares körsträcka och bränsleförbrukning vid drivningskoncepten ”Rätt metod” och konventionell metod

*Comparison of forwarding distance and fuel consumption at
forwarding with two different methods
”Rätt Metod” and the conventional method*

Johan Larsson

**Arbetsrapport 6 2014
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Ola Lindroos**

Jämförelse av skotares körsträcka och bränsleförbrukning vid drivningskoncepten ”Rätt metod” och konventionell metod

*Comparison of forwarding distance and fuel consumption at
forwarding with two different methods*

”Rätt Metod” and the conventional method

Johan Larsson

Nyckelord: Drivningsteknik, medelkörsträcka, skotare, produktivitet, körskador

Jägmästarprogrammet

EX0772, A2E

Master thesis in Forest Management at the Department of Forest Biomaterials and Technology

Handledare: Ola Lindroos, 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: 2014

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Denna studie är ett examensarbete motsvarande 30hp i skogshushållning med inriktning på skogsteknik. Studien är utförd vid institutionen för skogliga biomaterial och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill först och främst tacka min handledare på SLU, Ola Lindroos, som under arbetets gång alltid ställt upp med hjälp och kommit med konstruktiva kommentarer.

Jag vill också tacka Stora Enso Skog som gjort det här arbetet möjligt. Framförallt min externa handledare Fredrik Ekelund samt Vegard Haanaes ska ha ett stort tack. Även drivningslag 601 som består av Jan, Anders, Magnus och Thomas ska ha ett stort tack för att dom ställt upp i studien.

Umeå, Mars 2014

Johan Larsson

Sammanfattning

Stora Enso Skog har tillsammans med sitt drivningslag 601 utformat drivningskonceptet Rätt Metod. Syftet med konceptet var framförallt att förebygga de markskador som kan uppstå i samband med avverkning och skotning. Syftet var också att öka GROT-uttaget. Dock så förväntas konceptet generera flera ekonomiska fördelar i form av höjd produktivitet, ökat GROT-uttag och en bättre arbetsmiljö. Konceptet är dock relativt nytt och det har inte genomförts några jämförande studier som utvärderat dess eventuella fördelar.

Studiens syfte var därför att undersöka hur medelkörsträckan och bränsleförbrukningen hos skotaren påverkades av det nya konceptet. Studien genomfördes som en jämförande studie, där Rätt Metod ställdes mot konventionell drivning. Studien genomfördes på Hällefors distrikt med drivningslag 601 och baserade sig på att två försökslokaler, med två parceller på respektive lokal, avverkades och skotades. På varje försökslokal tillämpades de båda drivningskoncepten på varsin parcell.

Resultaten indikerade att det var möjligt att sänka medelkörsträckan med i genomsnitt 17% då Rätt Metod användes. Även bränsleförbrukningen sjönk, troligtvis dels som en konsekvens av det den kortare medelkörsträckan och på att andelen körning på risade slag blev högre. Den totala bränsleförbrukningen sjönk med 8-13 %. På grund av flera olika felkällor så blev det svårt att dra några slutsatser kring hur produktiviteten hos skotaren påverkades av drivningskonceptet.

Nyckelord: *Drivningsteknik, medelkörsträcka, skotare, produktivitet, körskador*

Summary

Stora Enso Skog has together with logging team 601 designed the harvesting concept "Rätt metod". The concept's aim was primarily to prevent the land damage that may occur during harvesting. The aim was also to increase the yield of logging residues. However, the concept expects to generate more economic benefits in terms of increased productivity, increased removal of logging residues and a better working environment. The concept is relatively new and there have been no comparative studies evaluating its potential benefits.

The study aimed to investigate how medium driving distance and fuel consumption of the forwarder was affected by the new concept. The study was conducted as a comparative study, where "Rätt Metod" was pitted against conventional harvesting. The study was conducted on Hällefors district with logging team 601 and was based on the two experimental locals, with two plots in the respective local, were felled. In each experimental local was the two harvesting concepts applied on each plot.

The result indicated that it was possible to reduce both average driving distance and fuel consumption when "Rätt metod" was applied. The average driving distance was a total of 17% shorter and also fuel consumption fell, partly as a consequence of the shorter average distance driven and partly because the proportion of driving on roads with logging residues was higher in the plots with "Rätt metod". The total fuel consumption fell by about 8-13%. Because of various sources of error was it difficult to draw any conclusions about how the productivity of the forwarder was influenced by the new harvesting concept.

Keywords: *Harvesting technology, main forwarding road, forwarder, productivity, soil damage.*

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
Summary	4
1. Inledning.....	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Konventionell drivning	7
1.3 Rätt metod	8
1.4 Skotningsrelaterade termer.....	10
1.5 Jämförande studier	10
1.6 Syfte	10
2. Material och metoder	11
2.1 Maskin och förare.....	11
2.2 Försökslokaler och studieytor (parceller).....	11
2.3 Medelkörsträckan	12
2.4 Bränsleförbrukning.....	13
2.5 Efterföljande inventering.....	14
2.6 Databearbetning	14
3. Resultat.....	16
3.1 Medelkörsträcka och volymer	16
3.2 Bränsleförbrukningen.....	18
3.3 Produktivitet	19
3.4 Vägnätets utformning och markskador	19
4. Diskussion	20
4.1. Resultatet.....	20
4.2 Begränsningar och felkällor	21
4.3 Material och metoder	22
4.4 Slutord	22
4.5 Slutsatser	23
Referenser.....	24
Muntliga referenser	25
Bilaga 1. Beskrivning av skotares färdväg registrerat med GPS.	26

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Sverige är internationellt sett en ledande producent och exportör av skogsindustriprodukter. Skogsindustrin möter dock en hårdnande global konkurrens och för att bibehålla sin position på världsmarknaden krävs det att näringen kan anskaffa råvara och producera fiberbaserade produkter kostnadseffektivt och uthålligt (NRA Sweden, 2012). Den svenska skogsnäringen består av en lång kedja av olika aktörer från planta till slutprodukt. En av de mest fundamentala aktörerna är olika försörjningsorganisationer som ansvarar för att avverka skogen och leverera den till olika mottagare.

År 2012 uppgick nettoavverkning i Sverige till 72,1 miljoner kubikmeter fast under bark ($m^3\text{fub}$) (Bäcke, 2012). Den totala drivningskostnaden under år 2010 var 8,7 miljarder kronor och drivningskostnaden i slutavverkning var 71-93 kronor per fast kubikmeter på bark ($m^3\text{f pb}$) (Christiansen, et al., 2012). Drivningskostnaden består huvudsakligen av två kostnadsposter, avverkningen och skotningen. Skotningen står för ca 39-43 % av den totala drivningskostnaden vilket motsvarar 39-43 kr/ $m^3\text{fub}$ i slutavverkning (Brunberg, 2013). Kostnaden är direkt kopplad till produktiviteten och det finns flera olika faktorer som påverkar skotarens produktivitet i slutavverkning. En faktor som påtagligt påverkar är terrängtransportavståndet. Vid ett avstånd på 100 meter producerar en medelstor skotare 26,4 $m^3\text{fub}/G_{15}\text{-tim}$ (produktiv arbetstimme inklusive avbrott < 15 min). Om terrängtransportavståndet ökar till 500 meter så sänks produktiviteten med 9 $m^3\text{fub}/G_{15}\text{-tim}$ (Brunberg, 2004). Att skotarens produktivitet är direkt korrelerad med drivningskostnaden ökar motivet för att ständigt utveckla ny teknik och nya metoder för att höja produktiviteten hos skotaren. Andra viktiga produktionsfaktorer för en skotare är laststorlek, terrängförhållanden samt antal sortiment som samlastas (Brunberg, 2004); (Manner, et al., 2013). För varje nytt sortiment sjunker prestationen med 3-4 % (Brunberg & Arlinger, 2001).

Bränsleförbrukningen hos en stor skotare med en motoreffekt på 166 kW är ungefär 14,0 l/ $G_{15}\text{-tim}$ och 0,65 l/ $m^3\text{fub}$ i slutavverkning (Brunberg, 2006). Den faktor som har störst inverkan på bränsleförbrukningen hos skotaren är motorstyrkan, men även valet av hjulutrustning, terrängförhållanden och körstil har en påtaglig inverkan på bränsleförbrukningen. Det ska också beaktas att prestationen hos skotaren påverkar bränsleförbrukningen per $m^3\text{fub}$ påtagligt. Enligt Nordfjell et al. (2003) förbrukar en skotare med motorkapaciteten 157 kW ungefär 9,5 - 10,2 l/ $G_{15}\text{-tim}$ och 0,36-0,66 l/ $m^3\text{fub}$, där variationen framförallt beror på vilket sortiment som skotas.

År 2007 utgjorde bränslekostnaderna ungefär 10% av den totala drivningskostnaden. Totalt så förbrukar den svenska skogsindustrin ungefär 170 000 m^3 diesel årligen vilket motsvarar en kostnad på ungefär 1,36 miljarder kronor (Jönsson & Löfroth, 2007). Enligt Brunberg (2012) så har bränsleförbrukningen ökat med ungefär 9 % mellan åren 2006 och 2012 vilket är en oönskad utveckling, med avseende på både miljö och kostnader. Anledningen till ökningen är att skotarna har blivit kraftfullare och dessutom används boggiband i en större omfattning.

En branschgemensam utmaning är att förebygga och undvika de markskador som uppstår i samband med avverkning. I februari 2010 antog 14 företag och organisationer inom skogsnäringen en gemensam policy om vad som ska beaktas som acceptabla körskador samt vilka skador som ska anses vara oacceptabla (Berg et al., 2010). Syftet var att skapa en samsyn på körskador och sedan därifrån arbeta för att reducera dessa eftersom att samhällets tolerans gentemot körskador blir mindre och mindre. Körskada/markskada definieras som

hjulspår eller markkompaktering i skogsmark, som kan innebära kemiska, biologiska och ekonomiska effekter. En allvarlig markskada är när man kört i vattendrag, nära en sjö, myr eller körning i hänsynskrävande biotoper, rekreationsområden samt nära bebyggelser (Berg, et al., 2010).

Enligt Eriksson (2007) beräknas Sveriges årsmedeltemperatur öka med 2,5–4,5 °C, sett över hela perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990. Även nederbörden som faller över Sverige förväntas öka under det närmaste seklet med mellan 10-20 %. Dessa klimatförändringar i form av mer nederbördsrika somrar och höstar samt mildare vintrar kommer att försvåra planeringsarbetet och innebär ökad risk för att markskador uppstår i samband med avverkning (Eriksson, 2007). Att utföra ett planeringsarbete som genererar jämna virkesflöden året om samtidigt som hela det produktiva markinnehavet brukas rationellt utan att omfattande markskador uppstår ställer stora krav på de olika avverkningsorganisationerna (Berg et al., 2010). Om inte markskadorna minskas så kommer lagar och restriktioner uppstå för den svenska skogsnäringen. Sådana restriktioner skulle kunna vara begränsning av GROT-uttag, förbud mot tyngre skotare eller begränsade möjligheter att avverka i närheten av vattendrag under vissa årstider (Davner, 2011).

Efterfrågan på biobränslen från skogen ökar som en konsekvens av EUs klimatmål och den globala energiomställningen. EU:s 2020-mål innebär att år 2020 ska 20 % av Europas energikonsumtion komma från förnyelsebara energikällor. Målet kommer att höja efterfrågan på biobränslen och därmed kommer kraven på ett högt uttag av grenar och toppar (GROT) i samband med slutavverkning att öka (Svebio, 2008).

Wästerlund (2006) påvisade att spårbildningen i slutavverkning reduceras påtagligt om skotningen sker på risade körstråk istället för på orisade. En 2 dm bädd av GROT på körstråken resulterade i samma spårbildning vid 5 överfarter som för en överfart utan GROT i körstråken. En utmaning blir därför kompromissen mellan att använda GROT till energiändamål eller att använda den för att förebygga markskador (Wästerlund, 2006).

Idag är så gott som samtliga skogsmaskiner utrustade med GPS och GIS applikationer. För skotaren är det främsta syftet att kunna effektivisera sitt arbete genom att kunna navigera efter skördarens slag. Även skördaren kan planera sitt arbete bättre genom att få en bättre bild av trakten och därmed anpassa avverkningen med hänsyn till rågångar och traktgränser (Gotthardsson, 2003). Gotthardsson (2003) undersökte också hur precisionen i positioneringen varierade beroende på skogstyp, hur många satelliter som GPS-mottagaren hade kontakt med och beroende på om maskinen rörde sig eller ej. Precisionen varierade mellan 0,7 och 3,7 m beroende på ovan nämnda faktorer. Att använda GPS-loggarna för att beräkna terrängtransportavståndet är dock inget som används kommersiellt idag. Enligt Femling (2005) så finns det en stor potential för att använda GPS-loggarna i större omfattning, bland annat för att justera prognoser mot utfallet och för att förbättra produktionsplaneringen.

1.2 Konventionell drivning

Normalt planerar och utför skördarföraren avverkningen med långa och raka slag. Det innebär att skördaren får hög produktivitet, där andelen körning utan avverkning blir minimal. Den struktur som bildas kan liknas med ett så kallat parallellutformat stickvägsmönster (Peterson, 1987). Dock innebär metoden att skotaren blir tvungen att avvika från skördarens slag för att kunna minimera terrängtransportavståndet. Detta stickvägsmönster innebär att skotaren blir tvungen att köra på orisade slag i en större omfattning. Om skotarföraren ska följa det stickvägsmönster som skördarföraren skapar vid konventionell drivning blir man dessutom

ofta tvingad ut till traktgränserna vilket kan resultera i markskador där (Persson, 2008a). Konventionell drivning kan även innebära en minskad produktivitet för skotaren i de fall skotarföraren lägger tid på att bryta skördarens mönster av långa raka slag. Detta görs oftast genom att lyfta undan rundvirke och/eller grot för att skapa genvägar i avverkningstrakten. I vissa fall påverkar det även kvaliteten på biobränslet då högar som ligger i vägen, men som inte flyttas när genvägarna skapas blir påverkade av smuts och nedkörning (Ekelund 2013, pers. komm).

När den konventionella metoden tillämpas så öppnar skotarföraren oftast trakten med ett s.k. ”rek-slag” vilket innebär att skördaren börjar med avverka traktens ytterkanter och kontrollerar traktgränser, natur- och kulturytor och får en uppfattning om traktens utformning. Skotarföraren vill sedan lägga ut långa, raka och jämbreda slag på avverkningstrakten. Skotningsarbetet inleds sedan längst bak på trakten och/eller ifrån det område av avverkningen som är mest komplicerat att skota fram. Om skotningen är rätt planerad bör de första lassen på avverkningen ta längst tid. På så sätt håller skotaren en hög produktivitet och inget virke blir kvarglömt på trakten, eftersom skotarföraren skapar en bra struktur för det fortsatta skotningsarbetet (Persson, 2008b).

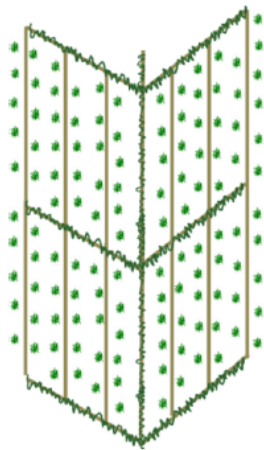
1.3 Rätt metod

Stora Enso Skog har tillsammans med sitt avverkningslag 601 på Hällefors distrikt utformat drivningskonceptet Rätt metod (RM) som bygger på att skotarföraren tillskapar en struktur på avverkningstrakten som gynnar skotarens arbete och minimerar skotarens behov av att själv skapa nya, kortare, vägar.

Konceptet baserar sig på att skotarföraren planerar och utför avverkning så att skotningen sedan kan koncentreras till ett eller flera slag där man lagt groten i slaget (risade slag) för att underlätta skotningsarbetet. Skotarföraren ska planera avverkningen så att basstråken hamnar på de områden inom trakten som har bäst bärighet. Genom att skotaren enbart kör på orisade vägar då den är utan last eller under lastning så förväntas andelen körskador att minska och produktiviteten att öka i drivningsarbetet. Dessutom antas konceptet kunna innebära att skotaren kommer kunna hitta en kortare väg mellan avlägg och lastningssträckan ute på hygget.

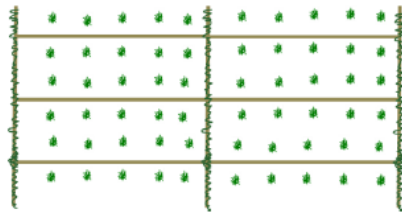
Konceptet kräver att skotarföraren planerar avverkningen noggrant så att upplägget resulterar i ett väl strukturerat nät av risade basstråk som möjliggör högproduktiv skotning. En viktig del i konceptet är att skördaren lägger ut så kallade tvärslag för att bryta av de konventionella långa slagen. Avståndet mellan tvärslagen skall anpassas utifrån virkestätheten ($m^3 \text{fub/ha}$) på det aktuella avverkningsobjektet. Målet är att det ska finnas ungefär ett skotarlass av traktens huvudsortiment, oftast timmer, mellan de risade tvärslagen, vilket resulterar i att skotaren kör på de slag där man lagt groten i högar för grottskörd (grotade slag) under framförallt lastning för att sedan kunna koncentrera den fullastade skotningen till de risade basstråken.

För att metoden ska gå att tillämpa på trakter med olika förhållanden så har tre varianter av metoden utvecklats (figur 1).



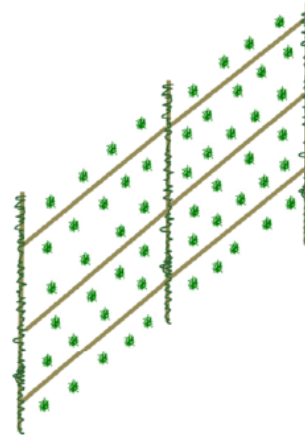
Y-metoden

Kan användas i relativt branta sluttningar, fungerar även på flacka marker.



Tvärlagsmetoden

Kan användas på flacka, blöta marker och även i korta sluttningar.



Snedlagsmetoden

Kan användas i fuktiga sluttningar.

Figur 1. Olika varianter av konceptet Rätt Metod.

Figure 1. Different variants of the concept Rätt Metod.

Metoden utformades ursprungligen främst för att minska de markskador som kan uppstå i samband med avverkningen. Genom en bra planering med risade basstråk kan skotningen koncentreras till dessa stråk och på så sätt undvika att köra sönder känsliga områden inom trakten. Intill känsliga områden bör också skördarföraren lägga ut så kallade ”spökstråk”, där virket upparbetas mot intill liggande stråk och på så sätt slipper skotaren köra på områden med sämre bärighet.

Att skotaren huvudsakligen kör på risade basstråk innebär dessutom höjd komfort för föraren. Karolinska institutet har under sommaren 2013 utfört mätningar som indikerar att förarmiljön blir betydligt bättre när skotaren kör på risade vägar istället för orisade. Resultatet från studien indikerade att vibrationerna kunde minska med ungefär 20-30 % när skotningen utfördes på risade slag (Stora Enso Skog, 2013). Att skotningen kan koncentreras till risade basstråk innebär förmodligen också att produktiviteten höjs genom högre medelhastighet. Mätningar som utförts av Stora Enso Skog indikerar också att bränsleåtgången kan sänkas påtagligt om man tillämpar Rätt metod. (Haanaes, 2013. Pers. komm.) Antagandet ligger i linje med Wästerlund & Anderssons (2011) studie som påvisade att när spårbildningar djupare än 10 cm uppstår så förbrukar skotaren 0,1 liter mer bränsle per ton.

Att skotningen mestadels utförs på risade basstråk förväntas också ge minskat maskinslitage och därmed högre teknisk utnyttjandegrad. Konceptet antas också ge ett ökat uttag av biobränslen eftersom en konsekvent planering och risning av basstråk säkerställer ett högt GROT-uttag på hela trakten, oavsett när GROT-skotningen ska genomföras. När avverkningslagen inom Stora Enso Skog började tillämpa Rätt metod så ökade biobränsle uttaget med 20 % år 2013 på Region Väst. (Ekelund 2013, Pers. komm.) Om förväntningarna på Rätt Metod infrias skulle det innebära många ekonomiska och ekologiska fördelar jämfört med den konventionella drivningsmetodiken. Konceptet är dock relativt nytt och har ännu inte utvärderats i jämförande studier.

1.4 Skotningsrelaterade termer

När man behandlar skotningsrelaterade frågor förekommer flera olika begrepp som är förhållandevis odefinierade. Det är därför motiverat att definiera samtliga begrepp som kommer användas i den här studien. Begreppen i den här studien kommer basera sig på Lindroos (2012) begrepp. I medelskotningsavståndet ingår fyra olika delsträckor; sträckan för tomkörning från avlägg tills att lastning påbörjas ute på trakten (S_{tav}), sträckan för lastning (S_l), sträckan för körning fullastad till avlägg (S_{lav}) samt den sträcka som körs vid avlastningen (S_a). Oftast så delas medelskotningsavståndet med två eftersom att det är praxis att inom skogsbruket att ange sträckan enkel väg. Om delsträckorna S_l och S_a tas bort, alltså lastning- och lossningssträckan, från medelskotningsavståndet så erhåller man terrängtransportavståndet, vilket är den sträcka som används till ren transport. Även den sträckan är det praxis att ange enkel väg, så oftast delas den med två. Oftast så är det terrängtransportavståndet som anges i traktidirektivet och som därmed är det vederlagsgrundande avståndet. Det avståndet skattas genom att sträckan mellan traktens volymvägda medelpunkt och avlägget uppmäts. Den sträckan korrigeras sedan med ett så kallat slingertillägg, som är ett tillägg som tar hänsyn till att man inte kan köra närmast väg och oftast inte heller helt rakt (Lindroos, 2012). I det här arbetet kommer termen medelkörsträcka att användas p.g.a. studiens utformning. Den sträckan inkluderar delsträckorna S_{tav} , S_l och S_{lav} . Även den sträckan anges enkel väg d.v.s. uppmätt sträcka delat med två.

1.5 Jämförande studier

Det svåraste med jämförande studier i skogliga sammanhang är just att uppnå likartade förhållanden. Det förekommer alltid svårkontrollerade faktorer. Det kan till exempel vara klimat, heterogena bestånd samt maskinförarens motivation och skicklighet. Sådana ovidkommande faktorer brukar sammanfattas under uttrycket ”brus”. Vid skogliga försök bör man därför minimera mängden brus i den omfattning det är möjligt (Bergstrand, 1987). För att minimera mängden ”brus” vid jämförande studier finns framförallt tre strategier (Bergstrand, 1987). Den första strategin är konstanthållning som innebär att man försöker konstanthålla faktorer som inte skall studeras. Till exempel är det viktigt med så likvärdiga bestånd, maskinförare och i den omfattning det är möjligt även väderförhållanden. Att upprepa försöket eller delar av det skapar också en högre tillförlitlighet i resultatet och möjliga brus har därför inte lika stor inverkan. Det går även att mäta och normera bort eventuella brus.

1.6 Syfte

Drivningskonceptet Rätt Metod är nyligen framtaget och det saknas därför studier som utvärderar dess förväntade fördelar. Syftet med arbetet är därför att undersöka hur Stora Enso Skogs drivningskoncept Rätt Metod påverkar medelkörsträckan och bränsleförbrukningen jämfört med ett konventionellt drivningsutförande. Hypotesen är att medelkörsträckan minskar då skotaren kan utnyttja de risade basstråken som uppstår när Rätt Metod tillämpas för att hitta en kortare väg ut till avlägg. Hypotesen är också att bränsleförbrukningen minskar som en konsekvens av det kortare skotningsavståndet och den skonsammare körningen på risade basstråk.

Målet var att påvisa vad en god skördarplanering kan innebära för skotningsavståndet. Om hypotesen skulle bekräftas så skulle det innebära att det skulle bli lättare att motivera användandet av Rätt Metod, då det finns ett direkt ekonomiskt incitament i form av ett kortare skotningsavstånd och lägre bränsleförbrukning.

2. Material och metoder

2.1 Maskin och förare

Materialet som behövdes genererades av en jämförande fältstudie, där två drivningskoncept jämfördes under likartade förhållanden. Försöken genomfördes med hjälp av Stora Ensos avverkningslag 601 på Hällefors distrikt. Studiens tillförlitlighet styrktes då maskinförarna var väl insatta i både Rätt Metod och konventionell drivning. Ett avverkningslag användes för att undvika den variation som kunde uppstått om man använt flera avverkningslag. Inför försöken blev förarna informerade om studiens syfte och tillvägagångssätt. Oavsett metod så försökte förarna alltid att köra sortimentsrena lass i den omfattning det var möjligt. Om samlastning förekom så var det antingen timmer- eller massavedssortiment som samlastades.

Skotaren som användes i studien var en John Deere 1710 D ECO 111 som var utrustad med fordonsdator och GPS (tabell 1). Fordonsdatorn hade programmen Arc Gis 7.0 och Timbermatic 700 (TMC) vilket innebar att det gick att erhålla både förflyttningsloggar (Arc Gis 7.0) och specifika data (TMC) om bränsleförbrukningen samt skotade volymer. Två olika skotarförare var delaktiga i studien. Förare 1 hade kört skotare i 25 år och förare 2 hade kört ungefär 15 år. Under studien var skotaren utrustad med band både fram och bak.

Tabell 1. Specifikationer för studiens skotare John Deere 1710D ECO 111

Table 1. Specifications for an John Deere 1710D ECO 111

Motor	6081HTJ
Effekt (kW)	160 vid 2000 varv/min
Vridmoment (Nm)	1100 vid 1300 varv/min
Transmission	Hydrostatisk – mekanisk
Antal hjul	8 hjul
Max lastkapacitet (m ³ fub kg)	19 17 000
Kran/Grip	Timberjack CF 8/ Hultins SG360 S

2.2 Försökslokaler och studieytor (parceller)

Studien omfattade två försökslokaler med två parceller på vardera lokal. På vardera försökslokal utfördes en lottning om vilket koncept som skulle tillämpas på respektive parcell. Den första försökslokalen var trakten Norra Kämtorp, belägen ca 1 mil nordväst om Hällefors i Örebro län. Lokalen avverkades under oktober 2013 och försöket genomfördes mellan 17/10- 21/10. Lokalen omfattade totalt 25 ha och trakten var gallrad sen tidigare. Beståndet hade en ålder på 73 år och ett ståndortindex som var G33. GYL skattades enligt Bergs (1992) metodik och var 321. En stor begränsning var den stora mängden kulturlämningar som återfanns på lokalen vilket innebar att parcellerna blev relativt små i förhållande till den totala arealen. På lokalen så identifierades två parceller som var likvärdiga med avseende på de mest väsentliga faktorerna.

Den andra försökslokalen var trakten Bredvik som var belägen cirka 6 km söder om Hällefors. Avverkningen påbörjades i början av december 2013 och försöket pågick mellan 2/12-9/12. Trakten omfattade totalt 9 hektar och hela arealen var gallrad sen tidigare. Beståndet hade vid avverkningstillfället en ålder på 86 år och SI var G28. GYL uppskattades till 223 i beståndet. Det förekom nästan inga kulturlämningar på trakten och skogen var förhållandevis homogen. På den ena parcellen, som lottades till konventionell metod så fanns dock en kolbotten som bröt av ett körslag något.

Det som också upptäcktes under första försöket var att driftuppföljningen var inaktiverad på skotaren, vilket åtgärdades inför andra försöket. Det gick dock inte att utreda eventuella skillnader i produktiviteten på första försökslokalen. Avgränsningen av respektive parcell på de båda försökslokalerna utfördes först i Bergviks beståndsdatabas (BESK) och sedan med GPS och snitselband i fält. Avgränsningen i BESK syftade till att få en övergripande bild av trakten för att sedan kunna få ut parceller med liknande utseende. Det var viktigt att de olika parcellerna hade ett liknande virkesförråd och att arealen var lika för att medelkörsträckan skulle kunna skattas med god tillförlitlighet.

Tabell 2. Volymuppgifter från respektive parcell.

Table 2. Volume information from each plot.

Försökslokal 1 Konv. Metod								
Variabel	Tall		Gran		Löv		Totalt	
	Volym	Antal	Volym	Antal	Volym	Antal	Volym	Antal
Timmerstockar	1,2	5,0	257,8	1257,0	0,0	0,0	259,1	1262,0
Klentimmerstockar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Massastockar	1,3	13,0	112,1	1567,0	3,9	44,0	117,3	1624,0
Samtliga stockar	2,5	18,0	370,4	2827,0	3,9	44,0	376,8	2889,0
Medelstamsvolym	0,4		0,4		0,2			
Försökslokal 1 Rätt Metod								
Timmerstockar	1,2	4,0	288,2	1272,0	0,0	0,0	289,4	1276,0
Klentimmerstockar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Massastockar	1,7	23,0	65,1	941,0	5,5	55,0	72,3	1019,0
Samtliga stockar	2,9	27,0	353,7	2214,0	6,0	56,0	362,6	2297,0
Medelstamsvolym	0,3		0,5		0,2			
Försökslokal 2. konv.metod								
Timmerstockar	162,2	889,0	108,5	609,0	0,0	0,0	270,7	1498,0
Klentimmerstockar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Massastockar	42,8	715,0	86,7	1434,0	14,0	158,0	143,5	2307,0
Samtliga stockar	205,4	1605,0	195,7	2048,0	14,0	158,0	415,1	3811,0
Medelstamsvolym	0,5		0,3		0,2			
Försökslokal 2 Rätt Metod								
Timmerstockar	73,3	410,0	202,0	1116,0	0,0	0,0	275,3	1526,0
Klentimmerstockar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Massavedsstockar	21,8	310,0	119,9	1717,0	16,1	114,0	157,8	2141,0
Samtliga stockar	94,1	720,0	322,4	2837,0	16,7	120,0	433,2	3677,0
Medelstamsvolym	0,5		0,4		0,4			

2.3 Medelkörsträckan

Medelkörsträckan inne i respektive parcell mättes vid de olika drivningskoncepten. En tillträdespunkt identifierades därför på respektive parcell innan försöken inleddes. Tillträdespunkten fungerade som en start- och stoppnod för arbetsmomentet skotning. Därmed så exkluderades sträckor som inte var relevanta och som inte borde skilja mellan de båda koncepten. De sträckorna kan till exempel vara till och från kojans, tankning, transport mellan två parceller och avlastning vid avlägg.

Skotarens loggningsfil samlades in när respektive försök hade utförts och överföringen skedde via ett USB-minne. Filerna bearbetades sedan i ArcMap 10.0. För att underlätta

bearbetning av materialet så kontrollerades skotarens GPS och fordonsdator innan försöken. Inför andra försöket så kompletterades dessutom skotarens GPS med en extern GPS som lades in i skotaren. Den externa GPS;en var en HP-handdator med en extern GPS-enhet. PDOP-värdet respektive GPS sattes till 8 vilket gjorde så att koordinater med hög osäkerhet sällades bort (PDOP-värdet anger hur stor osäkerhet det finns i positionsbestämningen). Loggningsintervallet sattes till 15 sekunder vilket innebar att man erhöll en position var 15;e sekund. Med ett kort intervall så undviks risken att eventuella körsträckor exkluderas från studien.

Även de trippmätta avstånden för varje vända samlades in genom att föraren fyllde i en blankett. Trippmätaren nollställdes när respektive parcell påbörjades och rullade sedan kontinuerligt fram till att föraren utförde något annat arbetsmoment än skotning (Till exempel transport mellan traktdelar, avlastning, persontransport mellan koja och trakt, etc). När ett annat arbetsmoment uppstod så redovisade föraren det avstånd som trippmätaren angav i en blankett och nollställde sedan mätaren när skotningsarbetet återupptogs. Avstånden för respektive vända redovisades och därmed registrerades enbart medelkörsträckan. Eftersom att varje vända registrerades som en observation blev det därmed möjligt att utföra statistiska analyser på hur medelkörsträckan varierade mellan parcellerna. Efter varje avslutat skift så registrerades även medelvoly m och medelvikt per lass samt utnyttjad G_{15} -tid.

2.4 Bränsleförbrukning

Skotaren tankades full före och efter respektive skift på varje parcell. Därmed så gick det att räkna ut hur mycket bränsle skotaren förbrukade per skotad m^3 fub, vända och G_{15} -timme. Data om bränsleförbrukningen erhöles också från TMC, där specifika data om den totala förbrukningen samt förbrukningen per lass kunde erhållas. Vid det andra försöket så låg parcellen där Rätt Metod användes inte i anknytning till en väg, vilket innebar att virket skotades ut via en basväg. Bränsleförbrukningen på denna basväg undersöktes genom att skotaren fick köra basvägen fram och tillbaka både tom- och fullastad. Före och efter respektive vända på basvägen så tankades skotaren full och därmed erhöles bränsleförbrukningen per vända. Utifrån den uppmätta bränsleförbrukningen räknades det sedan ut ett medelvärde. Medelvärdet multiplicerades sedan med antalet vändor till parcellen och resultatet drogs bort från den totala bränsleförbrukningen för parcellen. Under mätningen på basvägen så registrerades också medelhastigheten för att sedan kunna räkna ut tidsåtgången för körningen på basväg. För att räkna ut hastigheten så togs tiden för både den olastade och lastade vändan. Hastigheten som noterades fick också vara en referens, så att förarna hade en hastighet att förhålla sig till under försöket. Resultatet från basvägsmätningarna redovisas i tabell 3 och 4.

Tabell 3. Tidsåtgång för körning på basvägen.

Table 3. Time consumed for driving the main road.

Tid på basvägen	
Längd (m) (Tur och retur)	641
Medelhastighet (m/s)	1,06
Tidsåtgång (sek/vända)	676,6
Antal vändor	21
Total tid (h)	3,95

Tabell 4. Bränsleförbrukningen på basvägen.

Table 4. Fuel consumption for the main road.

Vända	Variabel	Värde
Tom	Längd (m) (Tur & Retur)	640
	Hastighet (m/s)	1,14
	Bränsleförbrukning (l)	4,4
Lastad	Längd (m) (Tur & Retur)	642
	Hastighet (m/s)	0,97
	Bränsleförbrukning (l)	6,3
Tom + Lastad	Medelförbrukningen (l/vända)	5,35

2.5 Efterföljande inventering

När parcellerna var färdigskotade så utfördes en inventering som syftade till att beskriva skillnader mellan Rätt Metod och konventionell metod på respektive försökslokal. Under inventeringen så registrerades andelen risade vägar, ristjocklek och eventuella markskador på respektive parcell. Inventeringen utfördes den 12 och 13 december år 2013.

Ristjockleken noterades enligt Terrängtypschemats instruktion, där riset mäts samtidigt som det pressas ihop något med foten (Berg, 1992). På de risade slagen så noterades ristjockleken var 15:e meter. Först så utfördes en visuell inventering av parcellerna och gick det identifiera någon skada som uppkommit i samband med drivningen så noterades djup och längd på skadan. Markskador definierades i studien som körspår som var längre än 10 meter långa och i medeltal 15 cm djupa.

2.6 Databearbetning

Databearbetningen utfördes i tre olika faser:

- Det första som utfördes var att all rådata från försöken sammanställdes i Microsoft Excel 2013. Där beräknades medelvärden för respektive parameter som ansågs vara befogad att inkludera i resultatet. Även samtliga tabeller och diagram skapades i Excel 2013.
- Loggningsfilen som erhöles från skotardatorn bestod av flera segment som sorterades i kronologisk ordning. Varje segment bestod av flera positioner som tillsammans bildade en sträcka. För att lyckas rekonstruera respektive vända så fick man arbeta parallellt mellan kartvyn och attributtabeln och gå igenom segment för segment. De segment som tillhörde samma vända fick samma nummer i kolumnen "vändor". Ett segment bestod av 6 koordinater. Vissa segment blev man tvungen att dela vid varje

koordinat för att lyckas ta bort sträckor som inte var aktuella att mäta. Då användes verktyget ”split line at vertices” i Arcmap. För att mäta hur stor andel av vägnätet som bestod av risade slag så mättes de risades slagens längd i ArcGis. Först så skapades en ny feature Class (Linje) där varje slag fick representeras av en linje. I attributtabeln skapades sedan ett nytt fält (längd) där längden (m) beräknades för respektive slag. Längden av samtliga slag sammanställdes sedan i Excel. Vilka slag som var risade noterades under inventeringen och de risade slagen fick en egen beteckning så att det gick att särskilja längden på de slagen från de orisade.

- De trippmätarmätta köravstånden analyserades med hjälp av programvaran Minitab 16. Eventuella skillnader i medelköravstånd mellan metoderna undersöktes med hjälp av variansanalys (ANOVA) i en ”General Linear Model”. I analysen ingick metod som en fix faktor inom den stokastiska blockningsvariabeln försökslokal. Dessutom ingick den stokastiska interaktionen mellan metod och försökslokal. Den kritiska signifikansnivån sattes till 5 %, d.v.s. att p-värden mindre än 0,05 krävdes för att resultaten skulle anses vara statistiskt signifikanta och inte orsakade av slumpen.

3. Resultat

3.1 Medelkörsträcka och volymer

Vilken variant av Rätt Metod som skulle tillämpas på respektive parcell avgjordes av skördarföraren och valet berodde på de rådande förutsättningarna på respektive parcell. På den första försökslokalen tillämpades det Y-metoden, på grund av den flacka terrängen och på försökslokal 2 användes tvärslagsmetoden på grund av den lätt sluttande marken (se figur 1).

I enighet med hypotesen blev medelkörsträckan kortare på båda försökslokalerna då Rätt Metod tillämpades. På den första försökslokalen så var skillnaden i medelkörsträcka 20,5% och på den andra försökslokalen så uppgick skillnaden till 13,9%. Resultatet indikerar en påtaglig skillnad mellan de olika drivningskoncepten oavsett försökslokal, men skillnaden mellan metoderna var precis utanför, eller kanske snarare på, den satta gränsen för statistisk signifikans enligt variansanalysen ($p=0,051$). Medelkörsträckan skilde sig signifikant åt mellan försökslokalerna ($p=0,036$), men skillnaden mellan metoderna var ändå densamma (ingen interaktionseffekt mellan metod och försökslokal; ($p=0,846$)). Variansanalysens förklaringsgrad (R^2) var 15,4% vilket betyder att variationen i medelkörsträckan inte kan förklaras av vilket drivningskoncept som tillämpats på respektive parcell.

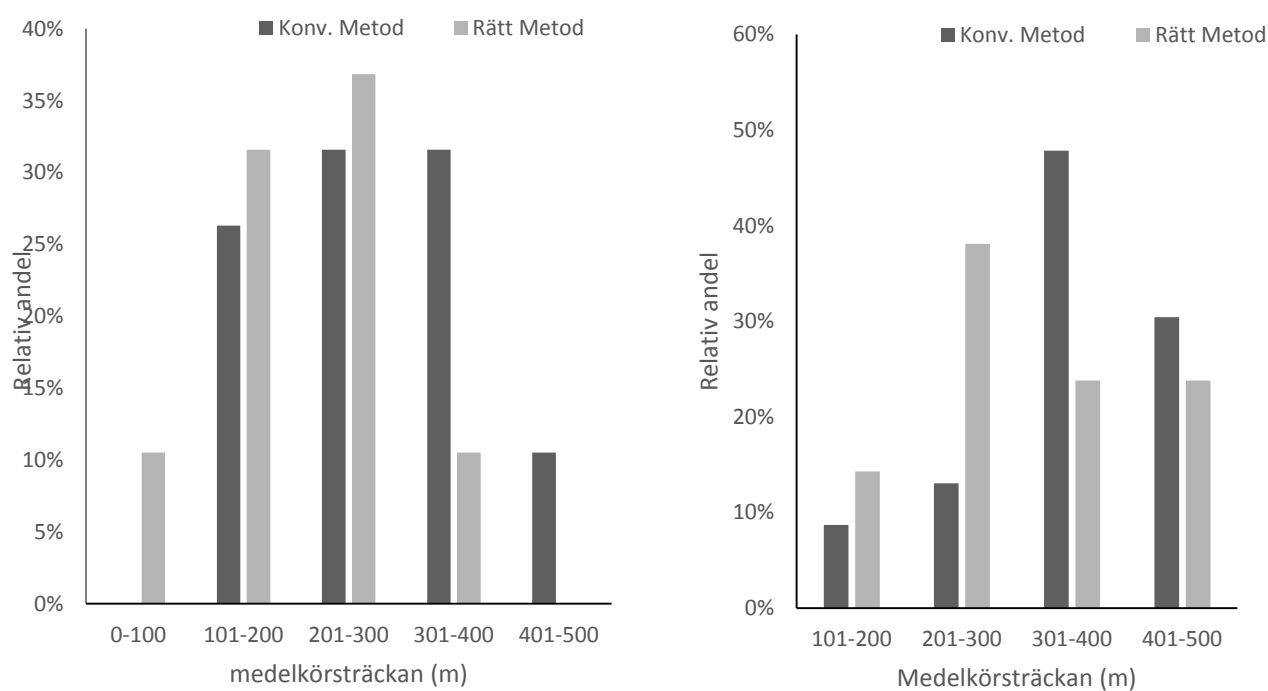
Eftersom att skillnaden mellan de bägge drivningskoncept inte påverkades av vilken försökslokal som drivningen utfördes på är det relevant att beräkna ett medelvärde för den relativa skillnaden mellan metoderna. Det visar att körsträckan i snitt var 17,2% kortare med Rätt metod än med konventionell metod.

Enligt loggspåren i bilaga 4 så använde skotarförarna olika körtekniker på de olika parcellerna. På de parceller där Rätt metod tillämpats så var förarna mer benägna att backa in på slagen för att sedan köra ut på det risade basstråket igen och på de parceller där konventionell drivning tillämpats var slingkörning mer vanligt förekommande.

Det förekom ingen stor skillnad i volymsutfallet mellan parcellerna inom respektive försökslokal. Störst skillnad var det mellan parcellerna i försökslokal 2, där det skiljde 18,1 m³fub. Något som bör uppmärksammas är den relativt stora skillnaden i lastvolym i försökslokal 2, vilket bör beaktas när man reflekterar kring den kortare medelkörsträcka som uppstod då Rätt Metod användes.

Tabell 5. Avståndsdata och volymer från respektive försökslokal.
Table 5. Distance data and volumes from each test.

	Försökslokal 1		Försökslokal 2	
	Konv. Metod	Rätt metod	Konv. Metod	Rätt metod
Antal vändor (n)	19	19	23	21
Total sträcka (m)	5392	4285	8181	6429
Medelkörsträcka (m)	141,9	112,8	177,8	153,1
Standardavvikelse (m)	102,9	106,3	91,4	106,6
Total volym (m ³ fub)	376,8	362,6	415,1	433,2
Antal vändor (n)	19,00	19,00	23,00	21,00
Lastvolym (m ³ fub/vända)	19,83	19,09	18,04	20,63
Körsträcka per m ³ fub	14,3	11,9	19,7	14,8



Figur 2. Relativ fördelning av skotningsvändorna på försökslokal A (vänster figur) och B (höger figur).

Figure 2. Relative distribution of forwarding turns on test A (left figure) and B (Right figure).

3.2 Bränsleförbrukningen

Den totala bränsleförbrukningen skiljde sig mellan metoderna på bägge försökslokalerna (tabell 6). Hur bränsleförbrukningen blev utslaget på antalet vändor och m³fub återfinns också i tabell 6. Volymerna på respektive parcell är de skördade volymerna som erhöles via prd-filerna. De olika mätmetoderna visade en liknande procentuell skillnad, även om fordonsdatorn konsekvent låg lägre än den manuellt uppmätta bränsleförbrukningen. På försökslokal 2 förekom det ingen skillnad mellan de olika metoderna med avseende på l/vända, vilket kan förklaras av att antalet vändor skiljde sig mellan parcellerna på försökslokal 2.

I enighet med hypotesen så var den totala bränsleförbrukningen lägre då Rätt Metod användes. På den första försökslokalen var skillnaden 13,5% och på den andra försökslokalen var den 9,1% (manuell mätmetod). Det förekom också en påtaglig skillnad med avseende på liter per m³fub. Skillnaden i bränsleförbrukningen blev då 10,1% samt 12,9% på respektive försökslokal baserat på de manuella värdena, där Rätt Metod genererade den lägsta bränsleförbrukningen.

Tabell 6. Bränsleförbrukningen för metoderna inom de olika försökslokalerna.

Table 6. Fuel consumption for each plot in the various tests.

Bränsleförbrukningen	Mätmetod	Försökslokal 1			Försökslokal 2		
		Konv. Metod (Liter)	RM (Liter)	Skillnad* (%)	Konv. Metod (Liter)	RM (Liter)	Skillnad* (%)
Total	TMC	149,50	135,00	9,7	167,50	154,65	7,7
	Manuellt	192,00	166,00	13,5	181,20	164,65	9,1
Per vända	TMC	7,87	7,11	9,7	7,28	7,36	-1,1
	Manuellt	10,11	8,74	13,5	7,88	7,84	0,5
Per m ³ fub	TMC	0,40	0,37	6,2	0,40	0,36	11,6
	Manuellt	0,51	0,46	10,2	0,44	0,38	12,9
Per G ₁₅ -timme	TMC	-	-	-	8,16	7,75	5,0
	Manuellt	-	-	-	8,80	8,10	8,0

* Hur mycket lägre bränsleförbrukningen var med Rätt Metod jämfört med den konventionella metoden.

3.3 Produktivitet

På parcellen där den konventionella metoden användes var tidsåtgången 20,53 G₁₅-timmar. För den andra parcellen (RM) så exkluderades tidsåtgången för körning på basvägen (tabell 4) och tidsåtgången blev därefter 19,96 G₁₅-timmar. Det förekom alltså en viss skillnad i förbrukad G₁₅-tid mellan parcellerna i försökslokal 2 (0,6 G₁₅-tim).

Eftersom att det förekom någon större skillnad i volymsutfallet mellan parcellerna i försökslokal 2, så blev det heller inte någon stor skillnad i produktiviteten hos skotaren. På parcellen där konventionell drivning användes var produktiviteten 20,22 m³fub/G₁₅-tim och på den andra parcellen (RM) var den 21,70 m³fub/G₁₅-tim. Produktiviteten var 1,48 m³fub/G₁₅ högre på den parcell där Rätt metod användes.

3.4 Vägnätets utformning och markskador

Då parcellerna låg mot en väg så risades det slag som låg mot vägen för att undvika markskador vid avlägget. Den sträckan redovisas separat i tabell 7, då den åtgärden inte är kopplat till något av de bägge drivningskoncepten. På försökslokal 1 (Konv. Metod) blev även ett kort slag risat där stora volymer skulle passera från det som var kvar av trakten. Den totalt risade väglängden är inklusive avläggsrisning. Det blev en kortare total väglängd på respektive försökslokal när RM tillämpades (tabell 7).

På den första försökslokalen så hade det inte uppstått någon markskada, vilket beror på att grundförhållandena (3) var ganska bra och antalet vändor på respektive slag var få. På den andra försökslokalen så kom det ungefär 10 cm snö innan inventeringen, vilket gjorde det svårt att registrera eventuella markskador. Under inventeringen så registrerades ingen markskada. Även på den här försökslokalen var grundförhållandena väldigt bra (2) och antalet vändor per slag var få.

Tabell 7. Information om vägnätet på respektive parcell.

Table 7. Information on roadnetworks in each plot.

Variabel	Försökslokal 1		Försökslokal 2	
	Konv. Metod	RM	Konv. Metod	RM
Risets medeltjocklek (mm)	137	155	132	151
Standardavvikelse (mm)	40	90	59	60
Antal mätpunkter (n)	12	19	9	11
Vägnätets totala längd (m)	667	621	875	779
Varav risad väglängd (m)	154	295	97	117
Varav risat för avlägg (m)	94	72	97	-

4. Diskussion

4.1. Resultatet

Resultatet indikerar, i enighet med hypotesen, att det är möjligt att sänka bränsleförbrukning och medelkörsträckan för skotaren genom en god planering och att en konsekvent risning utförs av skördarföraren. Dock gick det inte att statistiskt säkerhetsställa skillnaden i medelkörsträckan på signifikansnivån 95%, även om det var så nära det bara går att komma (P -värde=0,051).

Den kortare medelkörsträckan beror mest troligt på att skotaren kan nyttja de tvärslag i form av de risade basstråk som uppstår då Rätt Metod tillämpas. Genom dessa kan skotarföraren hitta en kortare väg från fullastad ut till avlägg. Basstråken innebär också att skotarföraren får fler alternativa vägar att skota ut virket via, vilket innebär att områden med sämre bärighet kan undvikas. För försökslokal 1 visar figur 2 att mängden långa vändor minskar om Rätt Metod tillämpas. Detta är en logisk följd av tvärslagens effekt, då det är de långa vändorna som framförallt borde bli kortare. Dock gick det inte att utläsa en lika tydlig effekt på försökslokal 2.

Den lägre bränsleförbrukningen som uppstod då Rätt Metod tillämpades är förmodligen en direkt konsekvens av den kortare medelkörsträckan. Att skotningen även kan koncentreras till risade basstråk bör påverka förbrukningen, vilket stämmer överens med Wästerlund och Andersson (2011) som påvisade att bränsleförbrukningen ökade med ett ökat motstånd i form av de spårbildningar som kan uppstå i samband med avverkningen. Om man jämför bränsleförbrukningen med Brunberg (2006) så var bränsleförbrukningen i den här studien lägre oavsett om man jämför per skotad volym- eller tidsenhet. Dock så hade skotaren i Brunbergs studie en något högre motorstyrka (166 kW) jämfört mot skotaren som användes i den här studien (160 kW). Enligt Brunberg (2006) är bränsleförbrukningen för en stor skotare 14 l/G₁₅-tim och 0,65 l/m³fub i slutavverkning. I den här studien var bränsleförbrukningen 8,1- 8,8 l/G₁₅-tim och 0,36–0,51 l/m³fub. Bränsleförbrukningen i den här studien stämmer dock väl överens med den med den studie som Nordfjell et al. (2003) utförde, där bränsleförbrukningen var 0,36–0,66 l/m³fub och 9,5–10,2 l/G₁₅.tim. Skotaren i Nordfjell et al. (2003) studie var också väldigt lik skotaren som användes i den här studien.

En förklaring till en lägre bränsleförbrukning än i Brunbergs (2006) studie är det relativt korta terrängtransportavståndet som uppstod i den här studien. Något som också bör ha bidragit till den lägre förbrukningen var att enbart skotningsmomentet inkluderades i studien. Brunbergs studier baserar sig på enkäter där entreprenörerna redovisar total bränsleåtgång för en viss tidsperiod, sedan delas förbrukningen på antalet registrerade G₁₅-timmar. Därmed kommer moment som stillestånd och körning till och från koja med i den studien. Det går inte heller säga något om vilka förutsättningar som förekom hos respektive skotare under den tidsperiod som studerades.

Under de bägge försöken så samlades bränsleförbrukningsvärdena in både från fordonsdatorn (TMC) samt de värden som erhöles då de tankade efter respektive skift (Manuella). Genomgående för de bägge försöken så understeg fordonsdatorn den manuellt uppmätta bränsleförbrukningen. Den procentuella skillnaden mellan de olika koncepten visade dock en liknande trend på de bägge försökslokalerna, vilket styrkte tillförlitligheten i resultatet då flera olika mätmetoder visar en liknande trend. Om man ska välja ett resultat så borde de

bränslevärden som redovisades i samband med tankningen vara de som är mest tillförlitliga (manuella), då det förekom en viss osäkerhet i hur noggrant skotardatorn uppskattade förbrukningen.

I tabell 7 redovisas medelristjockleken på respektive parcell och man bör beakta att tjockleken varierar något mellan de olika parcellerna vilket kan påverka bränsleförbrukningen. Det är dock svårt att styra tjockleken vid avverkningen, då den beror på den rådande skogstypen. Dock så bör inte den observerade tjockleken påverka bränsleförbrukningen påtagligt. Ur samma tabell kan man också se att Rätt Metods totala vägnätslängd är kortare än den konventionella metoden på båda försökslokalerna.

Skotningens produktivitet på försökslokal 2 verkade inte påverkas påtagligt av vilket drivningskoncept som tillämpades. Det ska dock beaktas att flertalet felkällor fanns som påverkade produktiviteten på respektive parcell på försökslokal 2 (stycke 4.2). En logisk följd av den kortare medelkörsträckan borde vara en produktivitetsökning då medelkörsträckan tillsammans med virkestätheten och lastvolym är de faktorer som påverkar skotarens produktivitet mest (Brunberg, 2004) (Nurminen, et al. 2006). Enligt Manner et al. (2013) så utgör terrängtransporten, d.v.s. delsträckorna som enbart omfattar ren transport, ungefär 18-22% av den totala tidsåtgången för skotningen när terrängtransportsavståndet är mellan 200-300 meter enkel resa. Skillnaden som uppstod i medelkörsträckan borde ha uppstått i den rena terrängtransporten, då det inte förekom någon skillnad i lastningssträckan inom parcellerna på respektive försökslokal.

Att skotaren borde kunna hålla en högre medelhastighet på de risade slagen borde också genererat en högre produktivitet. Eventuellt skulle den faktorn gett ett större utslag på en trakt med sämre bärighet. Troligen skulle den produktivitetsfaktorn också påverka skillnaden mer på en större trakt då andelen körning på risade basstråk borde bli högre än på en mindre trakt. Även på försökslokal 1 borde produktiviteten varit högre på parcellen med Rätt Metod, då medelkörsträckan skiljde sig så markant, samtidigt som övriga produktionsfaktorer var identiska förutom att andelen risade slag var högre på parcellen med Rätt Metod.

4.2 Begränsningar och felkällor

Den ursprungliga tanken var att beräkningen av körsträckan skulle basera sig på GPS loggarna. Från GPS-loggarna förväntades det gå att utläsa de olika sträckorna S_{tav} , S_l , S_{lav} och S_a beroende på de olika segmentens längd och man skulle sedan kunna analysera hur de olika delsträckorna påverkades av respektive drivningskoncept. Dock så blev inte loggarna tillräckligt tillförlitliga på någon av försökslokalerna. Det var dock möjligt att urskilja körmönstren på respektive parcell, så loggarna rekonstruerades och inkluderades i rapporten (bilaga 1) för att illustrera slagens utformning på respektive parcell. I ArcGis uppmättes också den totala väglängden och andelen risade slag. Tyvärr blev det omöjligt att dra någon säker slutsats kring medelkörsträckan utifrån loggarna. Även Femling (2010) hade problem med att lyckas analysera medelskotningsavståndet utifrån loggningsfilerna på grund av samma felkällor som uppkom i den här studien.

På den andra försökslokalen uppstod en del komplikationer påverkade både medelkörsträckan samt bränsleförbrukningen. På den första parcellen (konv. metod) så kom skotaren ikapp skördaren vilket kan ha inneburit att skotarföraren inte presterade maximalt, något som återspeglar sig i tabell 5, där man kan se att m^3 fub per lass är något lägre där än på de övriga parcellerna. När Rätt metod-parcellen skotades kom det dessutom 1 dm snö vilket troligtvis påverkade både bränsleförbrukningen och produktiviteten negativt på grund av att sorteringen

av olika sortiment tog längre tid. På parcellen som avverkades med den konventionella metoden på försökslokal 2 blev det en större spridning på sortimentsutfallet jämfört med den andra parcellen (RM). Enligt Brunberg & Arlinger (2001) så sänker en större sortimentsspridning produktiviteten hos skotaren med cirka 3-4 % per sortiment. Det innebär att produktiviteten skulle varit något högre på parcellen med konventionell metod om sortimentsutfallet hade liknat det på parcellen med Rätt Metod.

Olika förarens körstilar kan också ha påverkat resultatet. Dock så körde de bägge förarna ungefär lika mycket på varje parcell, vilket borde ha genererat en tillförlitlig jämförelse av metoderna. Tidsåtgången och bränsleförbrukningen på basvägen baserar sig på ett stickprov vars medelvärde sedan fick representera samtliga vändors värden. Det kan förekomma skillnader i de skattade värdena och de faktiska värdena vilket bör beaktas när man reflekterar kring resultaten från försökslokal 2. Bränsleförbrukningen på basvägen kan anses vara hög om man jämför med andra studier. Förbrukningen blev 8,34 l/km vilket kan jämföras med studien av Nordfjell et al. (2003), där Timberjack-skotaren drog 2,3 – 3,8 l/km. Dock så bör det uppmärksammas att basvägen i denna studie hade en kraftig lutning (L=4) enligt Berg, (1992), vilket bör ha påverkat bränsleförbrukningen avsevärt. Skotaren i Nordfjells et al. (2003) studie hade dessutom en något mindre motor, vilket kan ha bidragit till den lägre förbrukningen.

4.3 Material och metoder

Den här studien utfördes som en jämförande studie där två olika drivningskoncept jämfördes under likartade förhållanden. Med avseende på skogliga faktorer såsom areal, GYL, medelstam och virkestäthet så förekom inte någon större avvikelse mellan parcellerna på respektive försökslokal, vilket borde ha genererat ett tillförlitligt resultat. På grund av kulturlämningar, trakternas utformning och naturliga avgränsningar (bäckar, kärr, etc.) så gick det inte urskilja större parceller på någon av försökslokalerna. Det skulle vara intressant att utföra en större studie där fler avverkningslag och större parceller involverades för att se hur resultatet skulle påverkas av dessa faktorer. Större trakter skulle generera längre slag och därmed skulle man kunna analysera huruvida markskadeförekomsten påverkas av att tillämpa Rätt Metod, då det troligen skulle uppstå fler vändor per slag.

I studien användes en start- och stoppnod för att enbart inkludera medelkörsträckan. Det kan diskuteras huruvida noden gynnade/missgynnade något av drivningskoncepten med avseende på medelkörsträckan. Det ska dock beaktas att det ständigt förekommer noder i den operativa vardagen där all skotning måste passera. Till exempel en basväg, bäcköverfarter eller passager med bättre bärighet än övriga trakten. Så att använda en start-/stoppnod var en förutsättning för att kunna utföra studien och borde också gett ett tillförlitligt resultat.

4.4 Slutord

Den här studien har fokuserat på hur medelkörsträckan och bränsleförbrukningen påverkas av två olika drivningskoncept. Det skulle vara intressant att undersöka hur skördarens produktivitet påverkas av respektive koncept. Eventuellt så skulle den extra planering som Rätt Metod kräver innebära en lägre produktivitet eller så kanske den extra planeringen kompenseras av att avverkningslaget har en gemensam standard för hur avverkningen ska gå till (sortering, basstråk etc.) och därmed så förblir produktiviteten densamma eller rentav höjs. Att undersöka hur GROT uttaget påverkas av Rätt Metod skulle också vara intressant att undersöka. Indikationen är att drivningskonceptet Rätt Metod ökar GROT-uttaget (Haanaes 2013. pers. komm), vilket kan tyckas motsägelsefullt då konceptet baserar sig på att

konsekvent risa en del av slagen. Anledningen till det ökade uttaget anges dock vara att de risade basstråken möjliggör ett högt GROT uttag på hela trakten året om och dessutom blir fler trakter tillgängliga när konceptet tillämpas.

Att kombinera olika GIS-applikationer såsom laserskanning och digitala grundvattenkartor med bättre arbetsmetoder såsom Rätt Metod kommer med all sannolikhet göra det möjligt att minska mängden markskador. Dessutom borde det kunna ge en mer kostnadseffektiv verksamhet vilket är en förutsättning för att framtiden kunna bedriva ett hållbart och lönsamt skogsbruk.

4.5 Slutsatser

Trots studiens begränsade omfattning kan det dras vissa slutsatser tack vare resultatet entydighet och logik:

- Indikationen från den här studien är att det går att förkorta skotningens medelkörsträcka genom en bra skördarplanering. Den kortare körsträcka beror förmodligen på de tvärslag, i form av risade basstråk, som uppstår när Rätt Metod tillämpas.
- Bränsleförbrukningen kan också sänkas, mest troligt dels som en konsekvens av det kortare medelskotningsavståndet och även på grund att skotningen kan koncentreras till risade basstråk med bra bärighet.
- Huruvida drivningskonceptet påverkade produktiviteten behövs det vidare studier för att undersöka. Indikationen från den här studien är att produktiviteten höjs något när Rätt Metod tillämpas, men resultatet är kopplat till ett antal möjliga felkällor på grund av praktikaliteter under försökets utförande som skapar en viss osäkerhet i resultatet.

Referenser

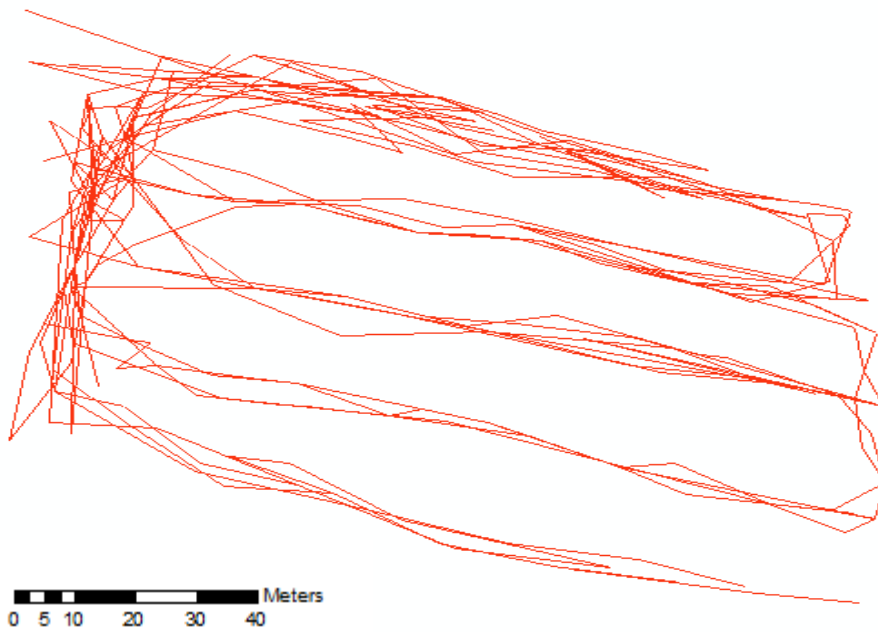
- Berg, R. Berqvist, I. Lindén, M. Lomander, A. Ring, E. Simonsson, P. 2010. *Förslag till en gemensam policy om körskador för svenskt skogsbruk*. Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport 2010:731.
- Berg, S. 1992. *Terrängtypschema för skogsarbete*. Uppsala: Skogforsk.
- Bergstrand, K.-G., 1987. *Planering och analys av skogstekniska tidsstudier*. Kista: Forskningsstiftelsen skogsarbeten. Redogörelse 1987:17.
- Brunberg, T., 2004. *Produktionsnormer för skotare*. Uppsala: Skogforsk. Redogörelse 2004:3
- Brunberg, T., 2006. *Bränsleförbrukning hos skördare och skotare 2006*. Uppsala: Skogforsk. Resultat 2006:22.
- Brunberg, T., 2010. *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2009 : Ökade drivningskostnader och lägre virkespriser*. Uppsala: Skogforsk. Resultat 2010:7.
- Brunberg, T. 2012. *Bränsleförbrukningen hos skogsmaskiner 2012*. Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport 2013:789
- Brunberg, T. 2013. *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2012*. Uppsala: Skogforsk.
- Brunberg, T. & Arlinger, J. 2001. *Vad kostar det att sortera virket i skogen?* Uppsala: Skogforsk. Resultat 2001:3.
- Bäcke, J., 2012. Avverkning och virkesmätning. i: *Skogsstatistisk årsbok*. Jönköping: Skogsstyrelsen, pp. 157-175.
- Christiansen, L. Karlsson, S. & Petterson, J., 2012. Ekonomi. i: I. Wigtrup, red. *Skogsstatistisk årsbok*. Jönköping: Skogsstyrelsen, pp. 279-294.
- Davner, L. 2011. Markskador - Snart ett minne blott? *Skogen nr 4*. 18/4-2011.
- Eriksson, H. 2007. *Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar*. Jönköping: Skogsstyrelsen. Rapport 2007:8.
- Femling, J. 2010. *Uppföljning av planerat skotningsavstånd med hjälp av geografisk informationsteknologi (GIT)*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 278.
- Gotthardsson, N. 2003. *Utvärdering av precision och noggrannhet hos GPS-mottagare i skördarmiljö*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsats nr 61.
- Jönsson, P. & Löfroth, C. 2007. *Stor besparingspotential för bränslesnål skotning*. Uppsala: Skogforsk. Resultat 2007:12.
- Lindroos, O. 2012. Skotningen har många avstånd. *Skogen nr 6*. pp. 38-39.

- Manner, J. Nordfjell, T. & Lindroos, O. 2013. *Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding*. Silva Fennica 47 (4).
- Nordfjell, T., Athanassiadis, D. & Talbot, B. 2003. *Fuel Consumptions in forwarders*. International journal of forest engineering 14 (2), 11-20.
- NRA Sweden, 2012. *En nationell strategisk forskningsagenda*. Stockholm: NRA Sweden/Skogsindustrierna.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J. 2006. *Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system*. Silva Fennica 40 (2), 335-363
- Persson, P.-E. 2008 a). *Arbete i avverkninglag. Del 1. Arbetsmiljö, kvalite, produktion. grundläggande kunskaper. del 1*. Mora: Mora in Europe.
- Persson, P.-E. 2008 b). *Arbete i avverkninglag. Del 2. Praktisk produktion*. Mora: Mora in Europe.
- Peterson, J. 1987. *Drivningsteknik*. Borås: LTs förlag.
- Stora Enso Skog, 2013. *Stora Enso Skog*. [Online]
Available at: www.storaensoskog.se
[Använd 10 December 2013].
- Svebio, 2008. *Potentialen för bioenergi*, : Svebio.
- Von Knorring, M., 2012. *Beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medeltransportavståndet*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 2012:358.
- Wästerlund, I. 2006. *Körskador i skogsbruket: Störst är värst*. Miljöforskning, pp. 5-6.
- Wästerlund, I. & Andersson, E. 2011. *Increased harvesting operation using adapted ground pressure to soil conditions*. Proceedings of the 17th International Conference of the ISTVS. Blacksburg, VA, USA: International Society for Terrain- Vehicle Systems.

Muntliga referenser

- Vegard Haanaes. Produktionschef, Falun. Stora Enso. September 2013
- Fredrik Ekelund. Verksamhetsutvecklare sektion drivning, Falun. Stora Enso. September 2013.

Bilaga 1. Beskrivning av skotares färdväg registrerat med GPS.



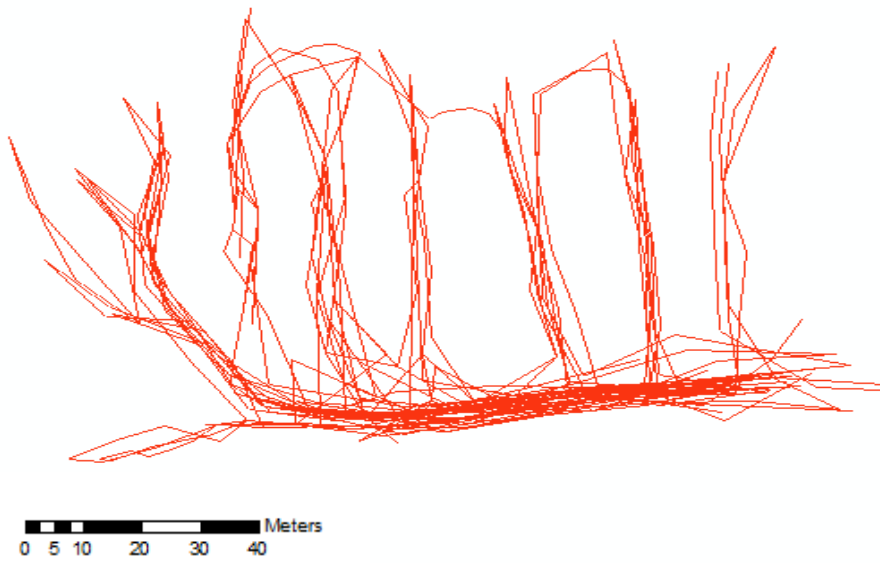
Figur 3. Försökslokal 1. Konventionell metod
Figure 3. Test 1. Conventional method



Figur 4. Försökslokal 1. Rätt Metod
Figure 4. Test 1. Rätt Metod



Figur 5. Försökslokal 2. Rätt Metod.
Figure 5. Test 2. Rätt Metod



Figur 6. Försökslokal 2. Konventionell metod.
Figure 6. Test 2. Conventional Method.