

Drivare i föryngringsavverkning

En sammanfattning av studier utförda av Skogforsk i samarbete med
Drivargruppen 2014–2020

Rikard Jonsson



Konceptmaskinen Komatsu X19 under pågående redskapsskifte mellan skördaraggregat och skotargrip inför lossning. Bilden är tagen utanför Hökhult i Småland. Foto: Rikard Jonsson.

Innehåll

Förord	3
Summary	4
Sammanfattning	5
Inledning	7
Utförda studier	7
Specialiserade redskap slår kombinationsaggregat	7
Upparbetning över lastrede och över mark ger likvärdigt virkesvärde	8
Drivare och tvåmaskinsystem visar likvärdiga drivningskostnader	9
Utgå inte från antal sortiment, använd volymfördelning i stället	9
Avverkning utanför skogskanten är effektivare än innanför	10
Drivarens utvecklingspotential i närtid	11
Drivarens potential för automation	12
Diskussion	13
Referenser	15



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 22 april 2021 av Petrus Jönsson, Bitr. programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 28 april 2021.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport sammanfattar aktuellt kunskapsläge för drivare i föryngringsavverkning, genomfört i samverkan med Drivargruppen under åren 2014–2020. Drivargruppen bildades under 1990-talet som ett forum för brukare att diskutera specifikationer för nya maskinkoncept samt dela erfarenheter och studieresultat kring dessa. Arbetet med ett nytt drivarkoncept för föryngringsavverkning började 2007.

Jag vill rikta ett tack till tidigare och nuvarande representanter i Drivargruppen för engagemang och kunskap ni delat i arbetet, vidare maskinförarna som bidragit med sina erfarenheter, kreativitet och tålmodigt deltagit i studierna. Till sist vill jag rikta ett tack till alla kollegor som bidragit med specifika delar av arbetet som sammanfattas i rapporten, och som bidragit som bollplank. All kunskap som presenteras i rapporten är ett resultat av mångas gedigna arbete!

Rikard Jonsson

Uppsala, 2021-04-22

Summary

The two-machine (harwarder-forwarder) system (TMS) has dominated logging in Swedish forestry in the past four decades. Trials have been carried out using a one-machine system, the harwarder, which integrates the felling and the loading work, but this has not made a breakthrough on any large scale. In 2014, the Komatsu X19 concept was launched, based on the experiences from older harwarders. The aim of this report is to summarise the state of knowledge after the past seven years' work on developing and evaluating harwarders, directly or indirectly linked to the Komatsu X19 concept.

The most significant investigations and results included:

- 1) The quick hitch and specialised equipment (harvester head and grapple) at the Komatsu X19's boom tip were compared with the combination head. Logging costs were found to be reduced by 17 percent when the specialised equipment was used.
- 2) Measurement accuracy (log length and diameter) for the harwarder when processing above a nearly full load space was compared with processing over ground. No significant differences were recorded. Bucking splits were compared for the same setups, but no differences were observed.
- 3) The effects of stem volume and forwarding distance on logging costs were analysed for the X19 and the TMS. The results showed that both systems were affected in a similar way by stem volume and forwarding distance, but the harwarder was rather more sensitive to forwarding distance than TMS. Neither system could show a clear general dominance. No difference could be observed between the systems in terms of fuel consumption.
- 4) The effects of a nominal number of assortments per load and the assortment distribution in the load were analysed. The results showed that the nominal number of assortments per load is too abstract a factor to be of practical use in predicting harwarder productivity. Harwarder productivity increases rapidly when a greater proportion of the load's total volume is concentrated in the two biggest assortments.
- 5) Two methods for one-sided felling with the harwarder were compared, one an established method and the other new. The results showed 3-4 percent reduction in logging costs, where short forwarding distance produced greater savings.
- 6) A workshop was arranged in which the participants formulated ideas for technical and method-related improvements. The proposals with potential for saving work time were analysed after the workshop, and the effect on logging costs was assessed. Logging costs could be reduced by approximately 6 percent.
- 7) Harwarder operation is more cognitively demanding than harvester or forwarder operation, which signals a need for automation, while the technical potential is greater for the harwarder than for the TMS. Manually controlled and part-automated harwarders were compared in a machine simulator, and the automation saved time in certain work processes.

The knowledge generated in these studies is that varying stem volumes have similar effects on the harwarder and the TMS, but short forwarding distance and small logging sites favour the harwarder. The effect of assortment on the harwarder and TMS is not as clear, but our interpretation is that the harwarder is favoured more than TMS by low assortment complexity, with a largely uneven volume distribution. Studies in forests with large trees and with a high assortment complexity could increase knowledge about this. In

the shorter term, method development and technical adjustments will probably improve the harwarder's competitiveness in relation to TMS. In the longer term, automation development would probably have greater impact.

Sammanfattning

Tvåmaskinsystemet (TMS) har dominerat avverkningsarbetet i svenskt skogsbruk de senaste fyra decennierna. Det har gjorts flera försök med enmaskinsystemet drivaren, en maskin som integrerar avverknings- och lastningsarbetet, men den har inte slagit genom på större skala. 2014 invigdes konceptmaskinen Komatsu X19 som byggts utifrån erfarenheter från äldre drivare. Syftet med denna rapport var att sammanfatta kunskapsläget utifrån de senaste 7 årens utvärderings- och utvecklingsarbete direkt eller indirekt kopplat till konceptdrivaren Komatsu X19.

Bland de mest centrala studieresultaten återfinns:

- 1) Snabbfäste och specialiserade redskap i Komatsu X19:s kranspets jämfördes med kombinationsaggregat och ledde till 17 procent sänkta drivningskostnader.
- 2) Mätnoggrannhet avseende längd och diameter för drivaren vid upparbetning över en nästan full lastbärare i relation till upparbetning över mark jämfördes, inga betydande skillnader noterades. Även kapsprickor jämfördes med liknande upplägg, men inga skillnader kunde konstateras.
- 3) Drivningskostnader analyserades över stamvolym och terrängtransportavstånd för X19 och TMS. Resultaten visade att båda systemen påverkades påfallande likartat av både stamvolym och terrängtransportavstånd, dock uppvisade drivaren en något högre känslighet för terrängtransportavstånd än TMS. Inget av systemen kunde uppvisa en tydlig generell dominans. Beträffande drivmedelsförbrukning kunde ingen skillnad mellan systemen konstateras.
- 4) Inverkan av nominellt antal sortiment per lass och lassets sortimentsfördelning på prestationen analyserades. Resultaten visade att nominellt antal sortiment per lass är en för abstrakt faktor för att kunna prediktera drivarens prestation. Drivarens prestation ökar snabbt ju större andel av lassets totala volym som koncentreras på de två största sortimenten.
- 5) Två metoder för enkelsidig avverkning med drivare jämfördes, en redan etablerad och en ny. Resultaten visade 3–4 procent besparing av drivningskostnader, där kort terrängtransportavstånd ledde till större besparing.
- 6) En workshop arrangerades där deltagarna formulerade idéer till tekniska och metodmässiga förbättringar. Förslagen med potential att spara tid analyserades efter workshopen och effekten på drivningskostnader bedömdes. Drivningskostnaderna bedömdes sänkas med ca 6 procent.
- 7) Drivararbete är mer kognitivt krävande än dito för skördare eller skotare vilket signalerar ett behov av automation samtidigt som de tekniska förutsättningarna är bättre än för TMS. Manuellt styrd och delautomatiserad drivare jämfördes i maskinsimulator och automatiken sparade tid i vissa moment.

Kunskapsbilden från dessa studier är att drivaren påverkas likvärdigt av varierande stamvolym som TMS, och gynnas av kort terrängtransportavstånd och små trakter.

Sortimentens inverkan på drivaren i relation till TMS är inte lika tydlig, men vår tolkning är att drivaren gynnas mer än TMS av låg sortimentskomplexitet, med i huvudsak ojämn volymfördelning. För att ytterligare bygga kunskapsbilden vore det intressant med studier i grov skog och med hög sortimentskomplexitet. För kortare tidsspann kan sannolikt metodutveckling och tekniska justeringar ha stor betydelse för drivarens konkurrensförmåga gentemot TMS. För längre tidsspann kan sannolikt automationsutveckling ge stor utväxling.

Inledning

Tvåmaskinsystemet (TMS) har dominerat avverkningsarbetet i svenskt skogsbruk de senaste fyra decennierna. Det har gjorts flera försök med enmaskinsystemet drivaren, en maskin som integrerar avverknings- och lastningsarbetet, men den har inte slagit genom i praktisk användning. Äldre drivare har uppvisat fördelar i drivningskostnader gentemot TMS vid klen medelstamvolym, korta terrängtransportavstånd, små trakter och få sortiment. Äldre drivare har i huvudsak varit konstruerade för gallring och klen slutavverkning. Då de senaste drivarna försvann från marknaden såg man störst potential för drivare i föryngringsavverkning och med specialiserade redskap i kranspetsen tack vare snabbfäste, i stället för kombinationsaggregat som hittills hade testats. (Jonsson m.fl. 2016)

2014 byggdes konceptmaskinen Komatsu X19 utifrån erfarenheter från äldre drivare, tillsammans med representanter från maskintillverkare, skogsbolag, en skogsägarförening och Skogforsk. X19 utrustades initialt med kombinationsaggregat, vilket skiftades till ett snabbfäste och möjliggjorde arbete med specialiserade redskap (Jonsson m.fl. 2016). X19 har totalt utvärderats och utvecklats under ca 7 års tid.

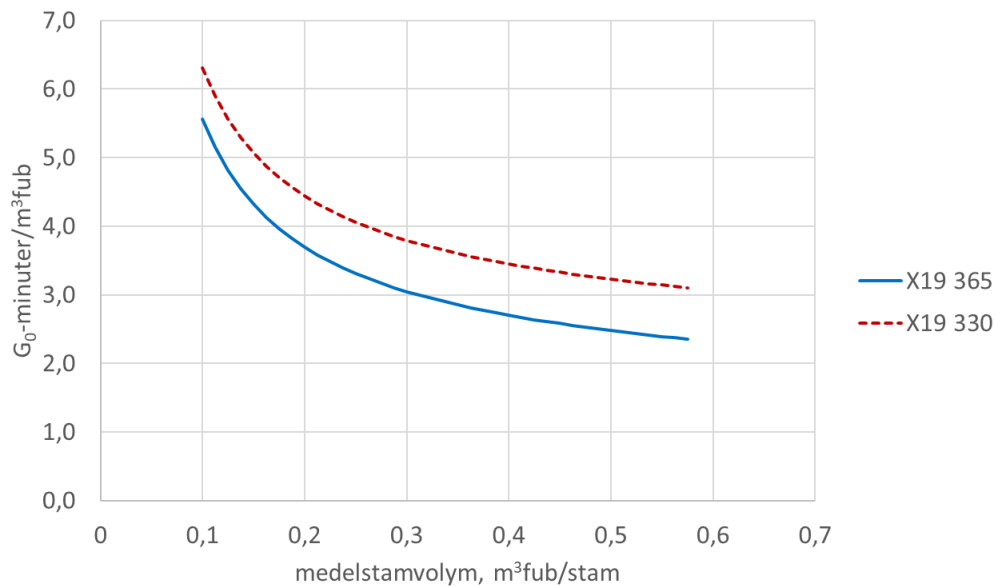
Vid introduktion av nya maskinsystem är det viktigt att de presterar bättre än det etablerade systemet inom en eller flera ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekter. Bland de mest centrala aspekterna återfinns, för ekonomiska; drivningskostnader och virkesvärde, bland sociala; förarnas upplevelser, bland miljömässiga; drivmedelsförbrukning och spårbildning.

Syftet med denna rapport var att sammanfatta kunskapsläget utifrån de senaste 7 årens utvärderings- och utvecklingsarbete direkt eller indirekt kopplat till konceptdrivaren Komatsu X19.

Utförda studier

Specialiserade redskap slår kombinationsaggregat

Jonsson m.fl. (2016) studerade tidsåtgång och kostnader för Komatsu X19, dels med kombinationsaggregatet 330DUO, dels med snabbfäste och specialiserade redskap (Komatsu 365-aggregat samt en 0,36 m²-grip). Tidsstudien omfattade fyra avverkningsobjekt i Västerbotten och utfördes med en förare. Snabbfäste och specialiserade redskap ledde till 20 procent sänkt tidsåtgång och 17 procent sänkta drivningskostnader, jämfört med kombinationsaggregat.

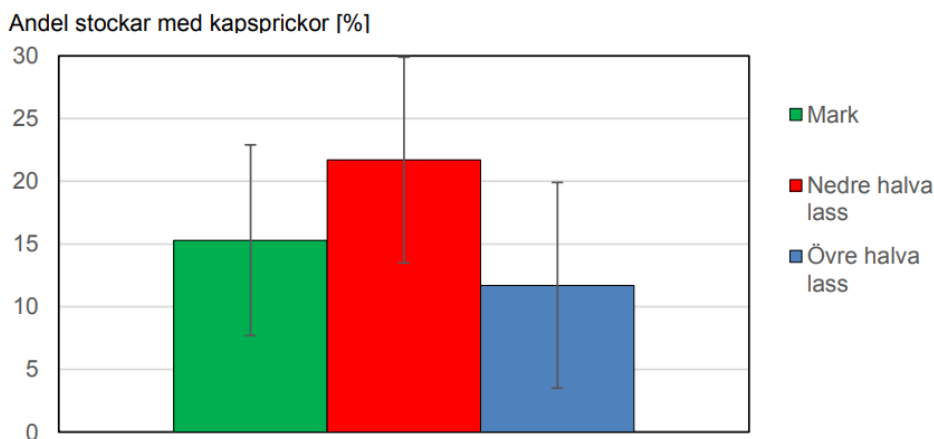


Figur 1. Prestation i drivning för X19 med kombinationsaggregat (X19 330) och X19 med specialiserade redskap (X19 365) enligt Jonsson m.fl. (2016).

Upparbetning över lastrede och över mark ger likvärdigt virkesvärde

Ågren m.fl. (2016) jämförde mätnoggrannhet avseende längd och diameter för drivaren vid upparbetning över en nästan full lastbärare i relation till upparbetning över mark och noterade inga betydande skillnader.

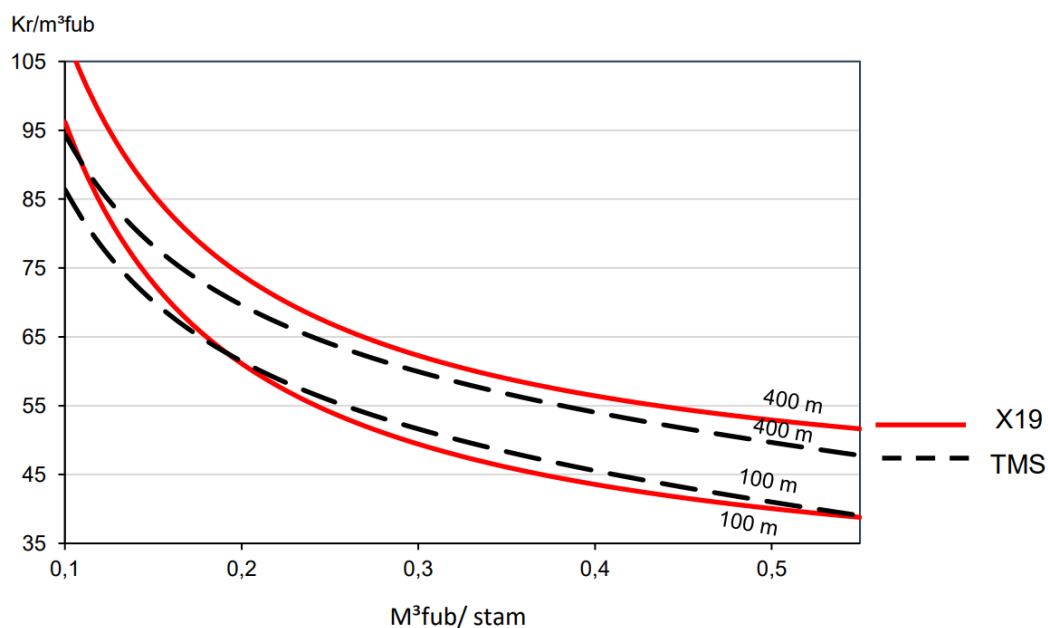
De jämförde också andelen stockar med kapsprickor i lastbärarens övre halva, lastbärarens nedre halva och kapsprickor vid upparbetning över mark. Studien genomfördes utanför Sollefteå i Ångermanland. Ingen markant skillnad av kapsprickor mellan alternativen vid upparbetning kunde fastslås.



Figur 2. Andelen stockar med kapsprickor per försöksled; upparbetning över mark, i nedre halva lass och i övre halva lass. Felstaplarna indikerar det 95-procentiga konfidensintervallet. Observera att ingen skillnad mellan försöksled var statistiskt säkerställd. Denna figur är från Ågren m.fl. (2016), figur 12.

Drivare och tvåmaskinsystem visar likvärdiga drivningskostnader

Manner m.fl. (2016) analyserade drivningskostnader över stamvolym och terrängtransportavstånd för X19 och TMS. Resultaten visade att båda systemen påverkades påfallande likartat av både stamvolym och terrängtransportavstånd, drivaren uppvisade dock en något högre känslighet för terrängtransportavstånd än TMS. Kunskapsbilden att drivaren gynnas av korta terrängtransportavstånd kunde alltså bekräftas, detsamma gällde inte klen stamvolym då inget av systemen gynnades mer än det andra i studerat intervall. Inget av systemen kunde uppvisa en tydlig generell dominans.

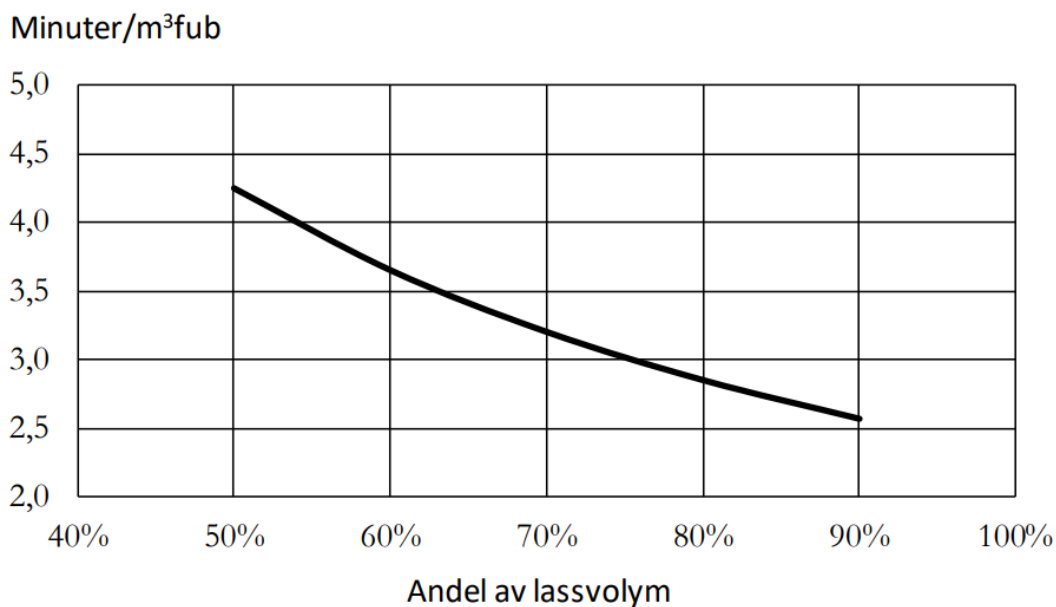


Figur 3. Systemvis drivningskostnad som funktion av stamvolym för 100 och 400 meters enkelt terrängtransportavstånd. Denna figur är från figur 4 i Manner m.fl. (2016).

Beträffande drivmedelsförbrukning kunde ingen skillnad mellan systemen konstateras.

Utgå inte från antal sortiment, använd volymfördelning i stället

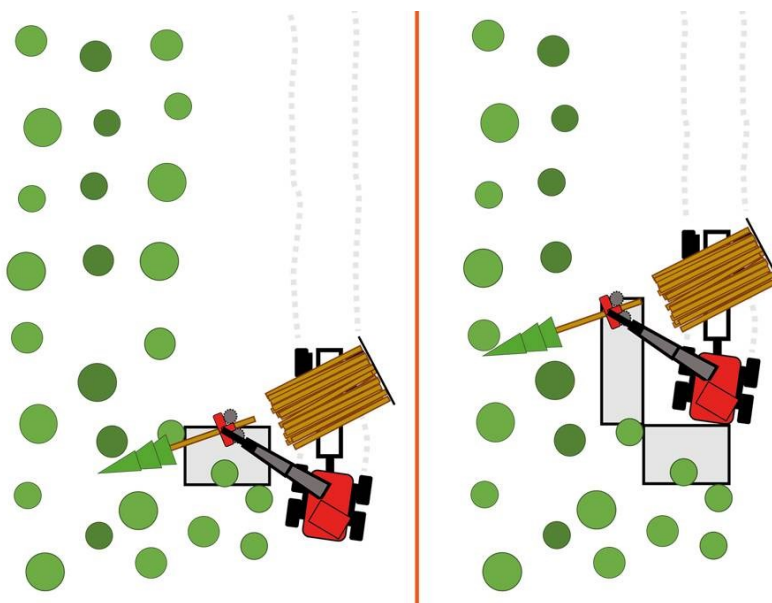
Manner m.fl. (2019b) analyserade hur nominellt antal sortiment per lass och lassets sortimentsfördelning påverkar drivarens prestation. Resultaten visade att nominellt antal sortiment per lass är en för abstrakt faktor för att kunna prediktera drivarens prestation. Problemet är att nominellt antal sortiment per lass inte beskriver lassets beskaffenhet. Prestationen predikteras bättre utifrån lassets sortimentsfördelning; antingen utifrån andelen som utgörs av lassets största sortiment eller andelen som utgörs av lassets två största sortiment tillsammans. Drivarens prestation ökar snabbt ju större andel av lassets totala volym som koncentreras på de två största sortimenten.



Figur 4. Tidsåtgång vid drivarens terminalarbete (dvs. avverknings- och lastningsarbete samt lossning) som funktion av andelen som lassets två största sortiment utgör tillsammans av lassets totala volym. Denna figur är från figur 2 i Manner m.fl. (2019b).

Avverkning utanför skogskanten är effektivare än innanför

Manner m.fl. (2020) jämförde två metoder för enkelsidig avverkning med drivare. Enligt den traditionella metoden kördes drivaren innanför skogskanten. Fördelen med det är att fler träd kan avverkas per uppställningsplats. Tack vare den bredare slagbredden blir lastningskörsträckan kortare. Men att köra maskinen innanför skogskanten påverkar kranarbetet negativt. Träden måste, rumsligt sett, fällas olämpligt i förhållande till lastredet och följaktligen måste de fällda träden dras längre sträcka till lastredet innan upparbetning kan börja. I den alternativa arbetsmetoden fälls träden utanför skogskanten. Där är läget precis motsatt. På grund av den smalare slagbredden blir lastningskörsträckan längre. Kranarbetet underlättas däremot, eftersom träden fälls rumsligt optimalt nära lastredet och tack vare det kan upparbetning börja strax efter fällningen.



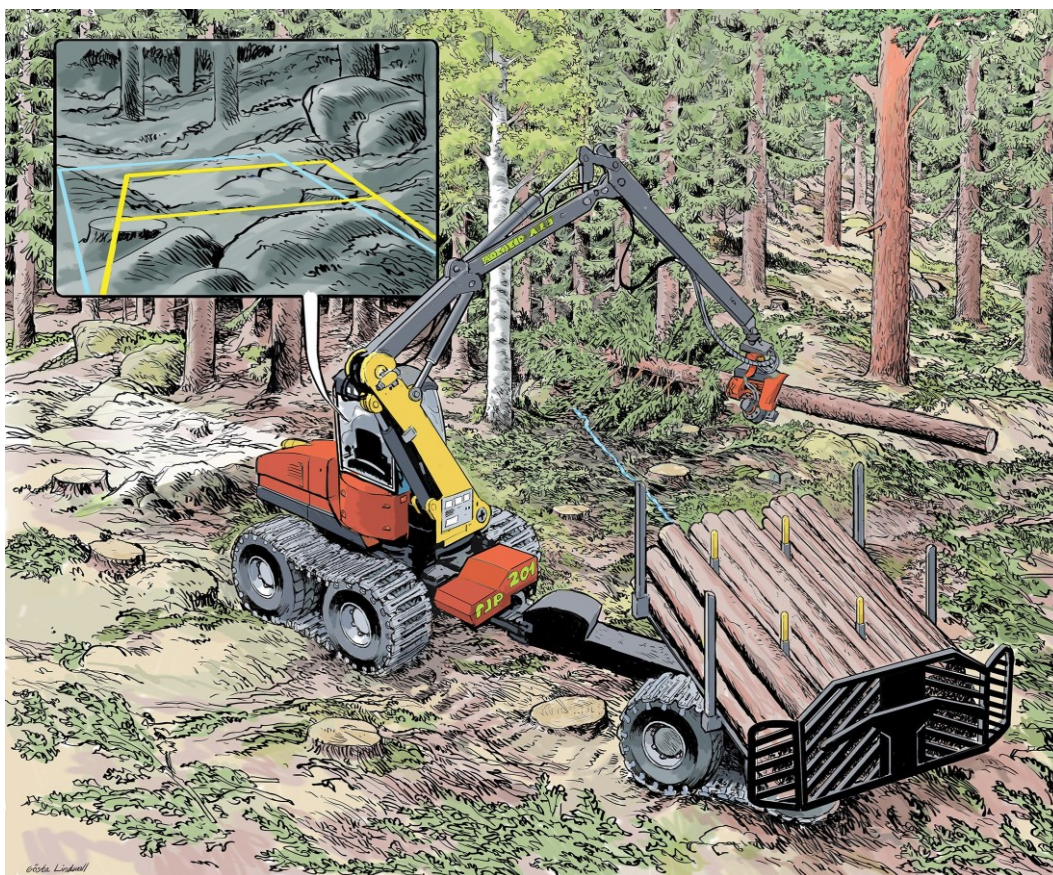
Figur 5. Körning utanför skogskant (till vänster) som var den snabbaste metoden, och körning innanför skogskant (till höger). Denna figur är från Manner m.fl. (2020).

Sammanfattningsvis är det fråga om en avvägning; lättare kranarbete mot kortare lastningskörsträcka. För att ta reda på vilken metod som är bättre, genomfördes en jämförande fältstudie där två erfarna förare körde drivaren med båda metoderna. Resultaten visade att då maskinen kördes utanför skogskanten sparades 8,9 procent G_0 -tid under avverknings- och lastningsarbetet jämfört med körning innanför skogskanten. Då hela drivningsarbetet och kostnader ingick i jämförelsen visades potential att spara 3–4 procent av drivningskostnaderna, där kort terrängtransportavstånd ledde till större besparing.

Drivarens utvecklingspotential i närtid

Året 2019 arrangerade Jonsson m.fl. (2020) en workshop med förare som kört Komatsu X19, samt en stabstjänsteman och några forskare. Deltagarna formulerade idéer till tekniska och metodmässiga förbättringar. Förslagen som hade potential att spara tid analyserades efter workshopen och effekten på drivningskostnader bedömdes.

Av förslagen som bedömdes ge sänkta drivningskostnader återfanns följande tekniska förändringar; en ny kran med ledad tiltpelare, assistans för körning mellan uppställningsplatser under avverknings- och lastningsarbete, lastrede med automatiskt höj- och sänkbara skiljestöttor, låsning av aggregatets tilt vid upparbetning av klenare stamdimensioner och snabbare låsning av aggregatets tilt som underlättar att utföra redskapsskifte vid avverkningsplatsen i stället för vid avlägg. Det identifierades även en metodförändring i att den rena avverkningsplatsen tack vare direktlastning öppnar för andra körmönster. De tekniska förändringar och den metodutveckling som föreslogs bedömdes ackumulerat leda till 9,4 procents tidsbesparing. Investeringskostnaden höjdes sammanlagt med 0,6 Mkr av föreslagna förbättringar. Drivningskostnaderna bedömdes sänkas med ca 6,0 procent.



Figur 6. Illustration av slutavverkningsdrivare under pågående avverknings- och lastningsarbete. Tekniska ändringar som föreslogs är markerade i gult. Illustratör: Gösta Lindwall.

Drivarens potential för automation

En drivarförare måste behärska fler parallella arbetsmoment än en skördarförare. Med hjälp av automation skulle föraren inte behöva styra lika många maskinfunktioner parallellt och då möjligtvis kunna klara kvarvarande uppgifter snabbare.

Precis som behovet av automation är också de tekniska förutsättningarna för automation bättre för drivaren än för dagens skördar-skotarsystem. Att skördaren lägger kapade stockar på marken innebär att skotaren måste plocka upp stockarna igen. För en eventuell robotiserad skotare är det en svår och komplex uppgift. Stockarna måste identifieras spatialt för att senare kunna plockas upp igen. Det här problemet slipper drivaren, eftersom den kapar stockarna direkt på lastredet. Detta ger drivaren unika förutsättningar för automation.

Manner m.fl. (2019a) gjorde en jämförande studie mellan manuellt styrd och delautomatiserad drivare, jämförelsen utfördes i maskinsimulator. Studiens syfte var att analysera möjligheter att öka drivarens prestation genom att automatisera vissa arbetsmoment. Resultaten visade att det inte fanns någon generell prestationsskillnad mellan en manuellt styrd drivare och en drivare utrustad med automatiska funktioner. Däremot fanns det statistiskt säkerställda skillnader då automatikens inverkan analyserades momentvis. Vid körningarna med automatik ökade tidsåtgången under arbetsmomentet fällning av trädet. Däremot sparade automatiken tid under intagning av fällda stammar och vridning av lastredet. De uppmätta tidsskillnaderna var dock relativt

små och varierade dessutom något mellan de två förarna som deltog i studien. Mer betydande tidsbesparingar kräver en hel del utvecklingsarbete, till exempel förarspecifika maskininställningar.



Figur 7. Pågående drivararbete i en virtuell skog. Som ett extra förarstöd markerades rekommenderat fällningsområde med en röd ram på marken. Detta stöd var tillgängligt hela tiden, oavsett om automatiska sekvenser användes eller inte. Figuren är från figur 1 i Manner m.fl. (2019a).

Diskussion

Denna rapport är en sammanfattning av de studier som gjorts i Skogforsks regi i samverkan med Drivargruppen, under åren 2014–2020. Studierna har i huvudsak varit inriktade på att utvärdera drivaren i relation till TMS, eller att utveckla drivaren som maskinsystem. Enligt de utvärderande studierna har drivaren presterat mycket likt TMS, ingen tydlig skillnad för drivningskostnader eller virkesvärde har kunnat konstateras. Den gamla kunskapsbilden har varit att drivaren i relation till TMS gynnas av:

- 1) Klen stamvolym – vilket inte kunnat bekräftas utan systemen har uppvisat likvärdiga resultat vid olika stamvolymmer.
- 2) Kort terrängtransportavstånd – vilket har kunnat bekräftats, detta beror på att drivaren som transportmaskin är betydligt dyrare än skotaren.
- 3) Små trakter – detta har bekräftats, faktum kvarstår att flyttkostnaden för en maskin i stället för två slår igenom starkare på små trakter där flyttkostnaden utgör en större andel av den totala kostnaden.
- 4) Få sortiment – detta har inte bekräftats då antalet sortiment som faktor är en dålig prediktor av tidsåtgången, men att volymfördelningen mellan sortimenten per lass är en bättre prediktor. Kunskapsläget kan förenklas till att både drivare och TMS gynnas av låg

sortimentskomplexitet (ojämn volymfördelning mellan sortimenten, få sortiment, ojämn rumslig fördelning på trakten), men att drivare gynnas mer.

Enligt de utvecklande studierna har drivaren uppvisat potential till sänkning av drivningskostnaderna. Utvecklingspotentialen kan delas upp i metod- och teknikutveckling. Metodjusteringen i avverknings- och lastningsarbetet gav en tydlig sänkning av drivningskostnaderna och vår bild är att metodutveckling är ett viktigt område för drivarens potential som kan sänka kostnaderna ytterligare. I studierna och i skogsbolagens och skogsägarföreningens tester har totalt 8 förare deltagit hittills och bidragit med sina erfarenheter och kreativitet för att drivaren ska jobba så effektivt som möjligt. Mer potential lär kunna hämtas om det finns fler drivare tillgängliga och med dem fler förare som kan bidra till utvecklingen. Denna potential bedöms vara tillgänglig i närtid. Teknikjusteringarna, som var centrala i workshopen om drivarens utvecklingspotential, uppvisade tydlig potential att sänka drivningskostnaderna i närtid – vilket tillsammans med metodutveckling kan vara ett betydelsefullt bidrag. Blickar vi längre fram är automation något som kan sänka drivarens drivningskostnader markant – förutsatt att det satsas tillräckligt med utvecklingsresurser.

Under dessa år har flera studier genomförts och byggt ny kunskap, mer kan dock göras. Förutsättningarna där drivaren visar störst potential, vilket är främst korta terrängtransportavstånd och små trakter, återfinns i stor utsträckning i södra Sverige. Tillsammans med det faktum att genomförda tids- och kostnadsanalyser har berört relativt klen stamvolym och genomsnittlig till låg sortimentskomplexitet vore framtida studier av drivare och TMS i grov skog med hög sortimentskomplexitet intressant. I studierna har en handfull förare deltagit, generellt med en stark utvecklingsvilja och hög prestationsnivå. För att bättre fånga bredden i maskinförarkåren vore det intressant att även studera mer genomsnittliga förare i framtida studier.

Olika varianter av drivare har testats genom åren och med tidigare misslyckade introduktioner på marknaden finns det olika synpunkter om dess potential i branschen. Om drivaren ska ta en betydande andel av marknaden lär det för det första krävas en storskalig systemanalys som kan kvantifiera potentialen utifrån dagens kunskapsläge, för det andra breda kommunikationsinsatser för att gamla kunskapsbilder ska ersättas med nya och för det tredje mer utvecklingsresurser. Då drivarens arbetsmönster är relativt inrutat i relation till TMS och det finns möjlighet att utgå från precis information om var stockar befinner sig på lastbäraren – i kontrast till på avverkningsplatsen som med TMS – bedöms drivarens potential för automation vara större än för TMS. För kortare tidsspann kan sannolikt metodutveckling och tekniska justeringar ha stor betydelse. För längre tidsspann kan sannolikt automationsutveckling ge stor utväxling.

Referenser

Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. "Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 med snabbfäste." Skogforsk Arbetsrapport nr. 911.

Jonsson, R., Mörk, A., Manner, J. & Englund, M. 2020. Drivarens utvecklingspotential. Skogforsk Arbetsrapport nr. 1058.

Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Nordström, M. 2016. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. Skogforsk Arbetsrapport nr. 892.

Manner, J., Englund, M., Mörk, A., Lundström, H. & Jonsson, R. 2019a. Utveckling och utvärdering av automation för drivare. Skogforsk Arbetsrapport nr. 1028.

Manner, J., Mörk, A., Arlinger, J. & Jonsson, R. 2019b. Prestationsutvärdering av drivare med avseende på sortimentsfördelning på lasset. Skogforsk Arbetsrapport nr. 1013.

Manner, J., Jonsson, R., Jönsson, P., Björheden, R. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. Skogforsk Arbetsrapport nr. 916.

Manner, J., Jonsson, R., Mörk, A. & Lundström, H. 2020. Modifierade arbetsmetod ger effektiv drivare. Skogforsk nr. 26.

Manner, J., Lundström, H., Mörk, A., & Jonsson, R. 2020. Två alternativa arbetsmetoder för drivare. Skogforsk Arbetsrapport nr. 1044.