

Temaprojekt – delautomatisering

Fas 1: Behov och möjligheter

*Björn Löfgren, Isabelle Bergkvist, Torbjörn Brunberg,
Ulf Hallonborg, Klas Norin & Åke Thorsén*



Ämnesord: Automatisering, delautomatisering

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

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

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktions effektivitet. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

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

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt. Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat. Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse. Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report. Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar. Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Hypotes.....	4
Syfte och mål.....	4
Genomförande	5
Verksamhetsanalys.....	5
Uppgiftsanalys	5
Fysisk analys	6
Resultat	6
Verksamhetsanalys.....	6
Verksamhetsanalys, aktörer.....	6
Verksamhetsanalys, användare	7
Uppgiftsanalys	8
Analyser av skördare	8
Analyser av skotare.....	9
Analys av förarens arbete	9
Teknisk potential i avverkning.....	10
Nätverk	10
Diskussion.....	11
Analys av automatisering av skogsmaskinkranar	11
Vilka är styrprinciperna för redundanta kranar?	11
Vilka funktioner i kranarbetet bör automatiseras?.....	11
Hur man kan styra kranar med annat än joystick?.....	11
Analys av automatisering av skördaraggregatet.....	12
Utveckla verksamhetsanalysen.....	12
Utnyttjande av simulatorer.....	12
Skyttel	12
Slirkontroll.....	12
Optimalt marktryck	12
Sensor fusion.....	13
Nätverk.....	13
Litteratur.....	13
Bilaga 1 Robot – Nja, Delautomatisering – Ja	14
Bilaga 2 Delautomation hos engreppsskördare	29
Bilaga 3 Tidsmomentindelning.....	32
Bilaga 4 Pika 400 i slutavverkning.....	35
Bilaga 5 Valmet 330 Duo i Gallring	37

Sammanfattning

Teknikutvecklingen i svenskt skogsbruk har bidragit till en tillfredsställande lönsamhet och har varit en förutsättning för den skogsindustriella verksamheten, särskilt med tanke på det höga råvarupriset jämfört med internationell nivå. Hela 1990-talet har varit en ”skördetid”, där tidigare teknikutvecklingsarbete resulterat i mogna och fintrimmade system. Trots framgångarna måste givetvis utvecklingen gå vidare. När vi nu är helt mekaniserade står vi inför nästa steg, som troligtvis innebär att vissa funktioner kommer att automatiseras. Ett annat skäl till automatisering är förarnas ökade mentala belastning, då förarna hela tiden måste ta beslut under tidspress.

Syftet med fas 1 i temaprojekt delautomatisering har varit att skapa underlag och kartlägga behoven för att kunna automatisera rutinartade funktioner utan risk för utarmning av arbetet.

Analysarbetet har delats upp i en verksamhetsdel och en uppgiftsdel. I verksamhetsanalysen har ett antal skogsmakinförare, spridda över hela riket, intervjuats. Vidare har det gjorts en genomgång av olika intressentgruppers tänkbara synpunkter på en ökad automation i skogsbruket. I uppgiftsanalysen har dels skördarens och skotarens arbetscykel analyserats, dels studier gjorts för att se hur föraren utnyttjar spakar och knappar. Genom tidsstudier har tekniska potentialen för skördaraggregat analyserats.

Utifrån de arbete som genomförts har förslag tagits fram för det fortsatta arbetet i fas 2 i temaprojektet. Följande förslag finns utarbetade:

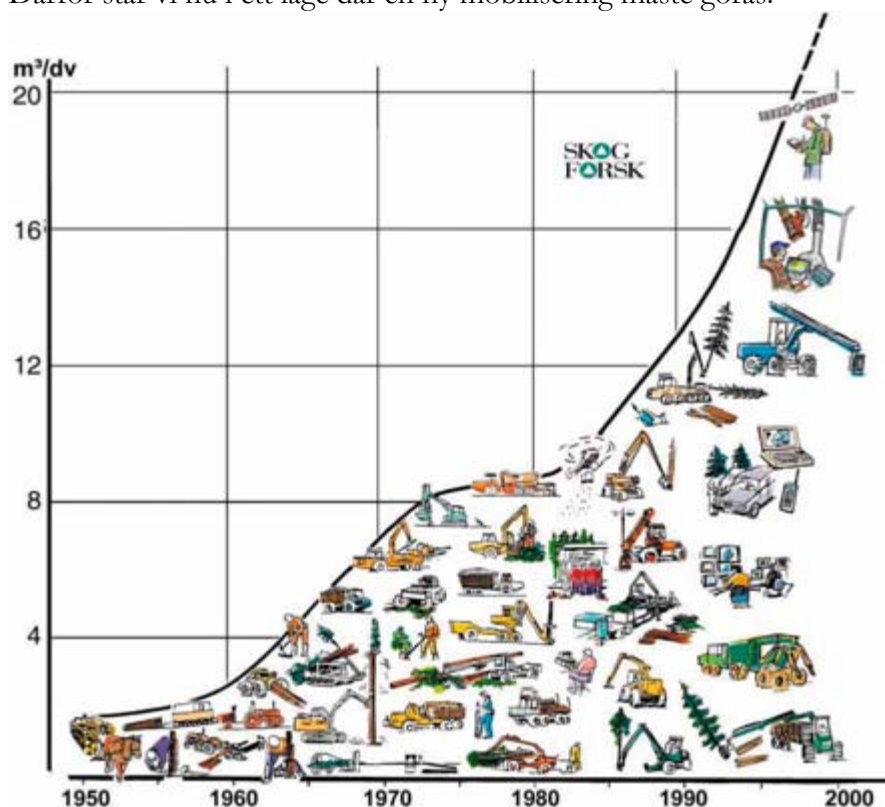
- Analys av automatisering av skogsmaskinkranar.
- Analys av automatisering av skördaraggregatet.
- Utveckling av verksamhetsanalysen.
- Utnyttjande av simulatorer.
- Analys av möjligheter/förutsättningar för skyttel.
- Upprättande av nätverk.

Sammanfattningsvis pekar resultaten från intervjuerna och övriga analyser entydigt på att kranen och aggregatet är mest intressanta att gå vidare med vid en ökad automatisering.

Inledning

Produktivitetsutvecklingen i skogsbruksledet har möjliggjort att lönsamheten i skogsbranschen har kunnat ligga kvar på en tillfredsställande nivå, trots sänkta råvarupriser. En tillfredsställande lönsamhet i skogsbruksledet är en absolut förutsättning för den skogsindustriella verksamheten, särskilt med tanke på att en stor del av råvaran anskaffas av privata skogsägare. För dålig lönsamhet leder till ett minskat utbud av råvara, vilket minskar återinvesteringarna i skogsbruket och på sikt underminerar grunden till hela industrin.

Teknikutvecklingen kan dock inte tas för given. Skogsbrukets mekanisering har varit en framgångsrik process under de senaste 40 åren (se figur 1). Perioden 1960 till 1975 kännetecknades av en kraftfull satsning av skogsbruket, eller snarare skogsföretagen och samhället. Skogsföretagen förband sig att köpa och delta i vidareutvecklingen av prototyper gjorda av maskintillverkarna. Man satsade även tillsammans med staten på att bygga upp FoU-verksamhet, bl.a. genom att bilda Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Under denna fas inriktades mekaniseringen mycket mot slutavverkning. Perioden 1980 (ca) till 1995 (ca) kännetecknades av att mekaniseringsprocessen även kom att innefatta gallring. Engreppsskördaren gjorde sitt inträde och skogsbruket entreprenöriserades. Denna åtgärd ger dock endast en engångseffekt. Hela 1990-talet har varit en ”skördetid”, där utvecklingsarbetet resulterat i mogna och fintrimmade system. Därför står vi nu i ett läge där en ny mobilisering måste göras.



Figur 1. Produktivitetsutvecklingen i skogsbruket under mekaniseringsepoken.

De nordiska förutsättningarna när det gäller trädstorlek, infrastruktur, geografi m.m. har drivit fram världsledande teknologi i form av kortvirkesmetoden. Trots framgångarna måste givetvis utvecklingen gå vidare. Den största till-

verkaren är nu nordamerikansk, och alla stora maskintillverkare arbetar med världen som marknad. Tillgången på teknikkompetens och krävande kunder ("spjutspetsmarknad") kan dock öka tillverkarnas intresse för en speciell marknad. Det är strategiskt oerhört viktigt för nordiskt skogsbruk att bibehålla sin position som spjutspets.

När nu driftssystemen är helt mekaniserade står vi inför nästa steg, som sannolikt kommer att innebära att funktioner i skogsarbetet automatiseras. Det kan vara fråga om automation av t.ex. kranens rörelser, men även andra delar av processen kan automatiseras, såsom informationsinhämtning, -överföring och rapportering.

Ett annat skäl till att automatiseringen är angelägen är maskinförarens arbetsituation. Arbetsmiljön har genom åren förbättrats när det gäller förarens fysiska belastning. Men den allt högre arbetstakten, parad med de många kvalificerade beslut som förarna hela tiden måste fatta under tidspress, har ökat den mentala belastningen. Detta medför i sin tur ökad risk för stress och belastningsskador och i förlängningen kan detta leda till sjukfrånvaro, utslagning och rekryteringsproblem. Därmed riskerar vi att människan blir en flaskhals i utvecklingen av såväl produktiviteten som skogsutnyttjandet.

Låga kostnader är bara ena delen av ett lönsamt skogsbruk. Minst lika viktigt är att maximera intäkterna utifrån givna förutsättningar. Även här har utvecklingen kommit en bra bit på väg, men fortfarande återstår mycket att göra t.ex. beträffande tillredningen av virket (sprickor, slirskador, barkning och mätnoggrannhet) samt styrning och leverans av virke i tid och rum.

Teknikutvecklingen sker ofta språngvis. I och med en ny landvinning kan en rad förbättringar av ett system göras. Vad nästa tekniksprång innebär är inte lätt att exakt förutsäga, men det kommer att behövas. Helt klart är även att den största delen av all teknisk utveckling sker utanför skogsbruket, vilket givetvis gör oss beroende av den allmänna teknologiutvecklingen.

Hypotes

Genom att automatisera tekniken och låta maskinen själv sköta så mycket som möjligt av det repetitiva tempoarbetet ger det möjligheter till produktivitet-utveckling och ökat produktvärde samtidigt som oönskade arbetsmiljöeffekter kan motverkas. Föraren kan därmed ägna mer tid åt t.ex. trädval, virkeskvalitet och miljöhänsyn samtidigt som belastningen minskar på maskinerna.

Syfte och mål

Syftet med temaprojektet har varit att skapa underlag för att kunna automatisera rutinartade funktioner som underlättar förarens arbete utan att risk för utarmning av arbetet med avseende på sådant som utmärker skicklighet och möjligheter till individuell påverkan.

Genomförande

De genomförda analyserna är starkt kopplade till förarens arbets- och besluts-situation när han utför sitt arbete. Det är av yttersta vikt att automatisering av en funktion verkligen underlättar för föraren, och inte sätter ännu större press på honom.

Arbetet har delats upp på en verksamhetsanalys och en uppgiftsanalys av förarens situation, varefter delaktiviteterna utgår från resultaten av dessa båda angreppssätt.

Verksamhetsanalys

Med en verksamhetsanalys avses en analys av verksamheten insatt i ett övergripande sammanhang. Där ingår olika aktörer, regelverk – såväl ekonomiska som organisatoriska – samt tekniska och mänskliga förutsättningar för verksamheten. I kravanalysen togs fasta på vilka funktioner verksamheten kräver, vilka funktioner som är valfria och vilka som är enbart ”bra att ha”. I kravanalysen gjordes också skillnad mellan verksamhetens krav och den enskilde maskinförarens krav. Dessa är inte alltid desamma, och ibland är de direkt oförenliga.

När det gäller analys av teknik till olika stödfunktioner, t.ex. Internet och mobilkommunikation utbyttes information, där så var möjligt, med EU-projektet INFORCHAIN.

Uppgiftsanalys

Genom att göra noggranna uppgiftsanalyser är det möjligt att kartlägga arbetet och dess krav på både förare och maskin under olika driftsförutsättningar. Det finns två typer av uppgiftsanalyser, fysisk och kognitiv.

Hypoteserna i nedanstående tabeller utgjorde utgångspunkt vid uppgiftsanalysen som beskriver olika åtgärders inverkan på produktiviteten och belastningen på föraren. När projektet är avslutat ska förutsättningarna finnas att kvantifiera plustecknen i tabellernas högerfält.

Tabell 1.

Olika åtgärders bedömda påverkan på produktivitet och belastning på föraren under avverkningsarbete.

Moment		Produktivitet	Belastning
Kranarbete	Kran ut – laserpekare	+	++
	Ansättning – laserpekare	+	+
	Kran in	+	++
Upparbetning	Tvågreppsdrivare	++	+

Tabell 2.**Olika åtgärders bedömda påverkan på produktivitet och belastning på föraren under terrängtransport.**

Moment		Produktivitet	Belastning
Kranarbete	Kran ut – laserpekare	+	++
	Grip	0	0
	Kran in – läge över lass	+	++
	Lossning i lass – lastavkännare i lasset	0	+
	Navigering	Körning mellan uppställningsplatser	++
	Tom – lasskörning	0	+

Fysisk analys

Den fysiska analysen handlar om själva handhavandet och hur arbetet utförs. När det gäller kranarbetet och aggregatet baseras analysen på empiriska data, som samlas in vid studier. Analysen behövde belysa när, var och hur kranen och aggregatet utnyttjas samt situationer där aggregatet och kranen inte utnyttjas på ett optimalt sätt. Projektets tyngdpunkt ligger i denna fysiska analys. Angreppssättet har prövats tidigare med mätkompetens från SkogForsk.

Analysen av hur aggregatet arbetar inleddes med att utifrån tillgängliga tidsstudier undersöka under hur stor del av tiden aggregatet utför arbete. Utifrån den analysen avgjordes inriktning och omfattning av nya studier.

Genom att veta var kranen har varit och hur föraren utnyttjat spakar och knappar kan man skapa underlag för automatisering av olika funktioner. Genom att avlyssna information på CAN-bussen kan man få erforderlig information.

I nya studier registrerades data med hjälp av signaler från skogsmaskinen. Utrustning och kunskap från pågående och tidigare projekt med automatisk datainsamling utnyttjades vid datainsamlingen. Förutom signaler från maskinen kan även andra, externa givare användas för att registrera t.ex. accelerationer och lutning.

Resultat

Verksamhetsanalys

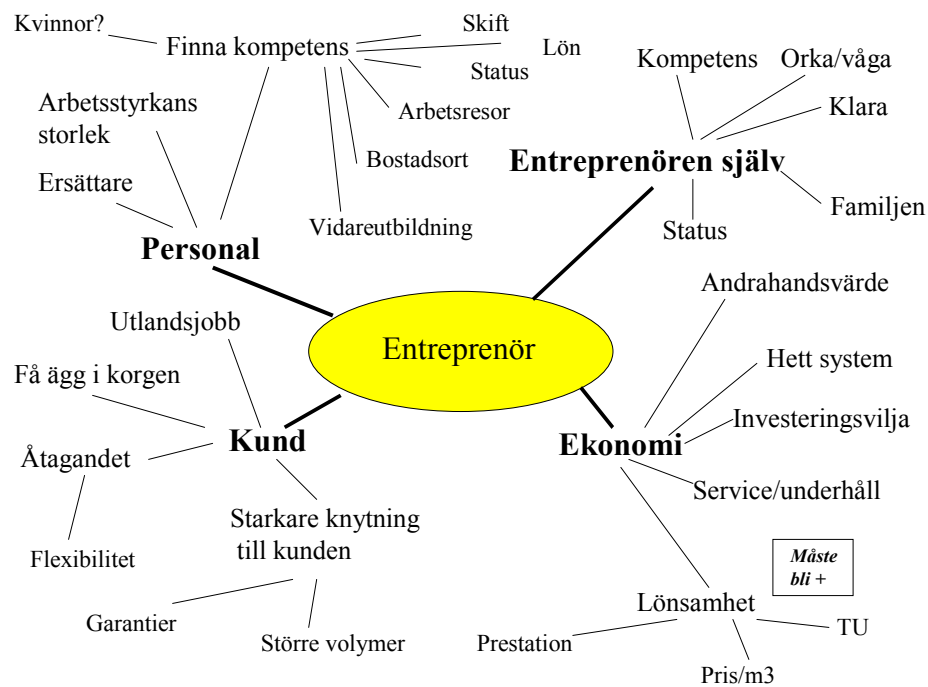
Verksamhetsanalys, aktörer

Arbetet har genomförts som en genomgång av olika intressentgruppers tänkbara synpunkter på en ökad automation i skogsbruket.

Följande intressenter har behandlats

- Allmänheten
- Privata skogsägare
- Köpare av skogsmaskintjänster
- Tillverkare
- Entreprenörer
- Förare

För analys av tänkbara synpunkter har mind-mapping använts se figur 2.



Figur 2.
Exempel på mind-mapping.

Sammanfattar man de tänkbara synpunkterna finner man följande:

- Automation är troligtvis ekonomiskt lönsamt på lång sikt, dock ej på kort sikt.
- Hur automation påverkar de sociala, humanitära aspekterna på kort och lång sikt är svårt att korrekt bedöma. Möjligtvis kan den upplevas som negativt på kort sikt.
- Den största vinsten ligger troligtvis i att man kan köra under hela dygnet, minskade belastningsskador och att man sannolikt höjer statusen på förar-yrket.
- De största svårigheten med automation kommer att vara att finna tillräckligt med kompetenta människor, företag, entreprenörer som vågar satsa på avancerad teknik och att det ur mänsklig synvinkel är negativt med 24-timmarsdrift
- Kanske måste de stora skogsföretagen tar över maskinägandet till den dag tekniken mognat och är allmänt accepterad (som de brukar göra).
- Kanske man bara ska robotisera vissa väl (fokus på både ekonomi och människa) valda moment.

För mer detaljerad information se bilaga 1.

Verksamhetsanalys, användare

Studien består av intervjuer med arton skogsentreprenörer spridda över större delen av Sverige, från Eksjö i söder till Råneå i norr. Entreprenörerna är utvalda med bistånd av skogsentreprenörernas organisation Skogsmaskinföretagarna, SMF. Kriteriet för att bli utvald var att entreprenören av SMF betraktas som en duktig entreprenör med framtidstro.

De utvalda entreprenörerna fick ett frågeformulär per post tillsammans med ett brev, i vilket de ombads fundera på frågorna. Därefter besöktes entreprenörerna och frågeformuläret fylldes i tillsammans med intervjuaren. Frågeformuläret bestod av tjugo frågor som behandlade skördare och sexton frågor som behandlade skotare. Entreprenören ombads att markera med ett kryss på en linje hur viktig han ansåg att automatisering av ett visst arbetsmoment var. Linjen som användes var tio centimeter lång och symboliserar skalan 0–10 där 0 symboliserar att ett moment är mindre viktigt att automatisera. Tio symboliserar att det är mycket viktigt att automatisera momentet. Genom att mäta var krysset sattes på linjen får man ett värde på hur viktigt varje entreprenör tyckte att ett visst moment var och man kan också beräkna ett medelvärde för den intervjuade gruppen.

Som komplement till de kryssade linjerna fick de intervjuade även motivera varför man svarat som man gjort på frågorna.

De intervjuade entreprenörerna var i de flesta fall mycket positiva till tanken att automatisera vissa av maskinens arbetsmoment. Svaren som lämnades var också relativt lika och de moment som fick högst medelpoäng hade också liten spridning mellan de intervjuade personernas svar.

Beroende på utgångspunkt, lönsamhet, ergonomi, produktivitet eller kundtillfredsställelse blir svaren och därmed prioriteringarna helt olika. Detta visar hur viktigt det är med noggranna analyser innan man väljer inriktning för det fortsatta utvecklingsarbetet. Möjligheten att testa och studera olika automatiseringsalternativ i simulator är också en intressant utvecklingsväg som förmodligen kommer att få allt större potential i framtiden.

Man var mycket positiv till att automatisera komplicerade arbetsmoment som måste utföras samtidigt med flera andra moment, t.ex. detektion av kvalitetsfel, samt kvalitetsklassning eller planering och optimering av skotningsrutten. Man ansåg också att enkla moment, t.ex. krankörning, som repeteras ofta gärna får automatiseras.

Allra högst rankade man bättre stötdämpning av hytten. Enligt flera av de tillfrågade är det dock tveksamt om det är ett problem som man i första hand löser med automatisering. Mycket återstår att göra med konventionella metoder för att lösa det problemet.

Samtliga intervjuade poängterade att automatiserade moment helst inte får störa arbetsrytmen i manuellt utförda moment, eftersom man menade att detta skulle kunna skapa mycket stress och prestationssänkningar.

För mer detaljerad information se Arbetsrapport nr 492.

Uppgiftsanalys

Analyser av skördare

Utifrån tillgängliga tidsstudier har skördarens fullständiga arbetscykel analyserats. I analysen har de delar av arbetet som är mest lämpade att delautomatisera sökts.

Arbetet med en engreppsskördare består till ca 90 % av upparbetning d.v.s. krankörning och kvistning–kapning. Resterande 10 % ägnar föraren åt att förflytta maskinen mellan olika uppställningsplatser.

Kranarbetet består till största delen av huvudmomenten kran ut och kran in. Tiden för kran ut är relativt konstant och beror inte av trädstorleken. Det gör däremot kran in som omfattar den tid som åtgår för att lägga omkull träden och positionera dem för kvistning–kapning. Hos båda momenten finns möjligheter till automation. Kran ut genom att kunna ”peka ut” vilket träd som skall fällas härnäst. Kran in genom att maskinen borde kunna komma ihåg var de olika sortimenten ligger och därmed kunna flytta trädet dit.

Kvistning–kapning kan för många träd göras enbart med aggregatet. Ju större träden är, desto mer behöver dock föraren gå in och hjälpa till med kranen.

För att förbättra situationen ytterligare är den bästa åtgärden att göra aggregatet starkare så att de orkar mata igenom träden. Den andra tänkbara åtgärden är att förse kranen med en funktion som automatiskt gör att den följer med och sedan återgår till ett förutbestämt kapningsläge.

En annan aspekt vid kvistning–kapning är att matarvalsarna slirar, vilket medför oönskade virkesskador. Ett sätt att undvika dessa skador skulle kunna vara att förse matarvalsarna med någon typ av slirkontroll.

För mer detaljerad information se bilaga 2.

Analys av skotare

Utifrån tillgängliga tidsstudier har skotarens fullständiga arbetscykel analyserats. I analysen har de delar av arbetet som är mest lämpade att delautomatisera sökts.

Arbetet med en skotare består till ca 55 % av krankörning. Resterande 45 % ägnar föraren åt att förflytta maskinen mellan avlägg och avverkningstrakt.

Kranarbetet består till största delen av huvudmomenten kran ut, gripa, kran in och släppa. Tiden för kran ut är relativt konstant och beror inte av trädstorleken. Det gör däremot kran in, eftersom momentet är beroende av antal bitar i gripen. I momenten kran ut och kran in finns möjligheter till automation. Kran ut genom att kunna ”peka ut” vilka stockar som skall plockas härnäst. Kran in genom att kranen kommer ihåg var den placerade virke i lastutrymmet och därmed kunna placera stockar på ett lämpligt ställe.

En annan tänkbar åtgärd är att förse kranen med en funktion som automatiskt kommer ihåg senaste plats för virket, så att kranen automatiskt går till ett förutbestämt läge.

För mer detaljerad information se bilaga 3.

Analys av förarens arbete

Genom att avlyssna kommunikationen på CAN-bussen har vi fått information om hur föraren utnyttjat spakar och knappar. Denna information bearbetas till underlag för delautomatisering av relevanta funktioner.

Vi har gjort en studie av en engreppsskördare, Valmet 921. Resultaten pekar, som i de övriga studierna, på att kranen och aggregatet är de funktioner som belastar föraren mest. Det finns sammanlagt 47 funktioner, i form av knappar och spakar. Vissa av dessa funktioner utnyttjas mycket sällan eller aldrig under ett arbetspass och vissa utnyttjas väldigt mycket. Ca 37 % av tiden utnyttjas kranen, ca 45 aggregatet och förflyttning ca 18 %. Flera av de funktioner som används utnyttjas samtidigt. Se figur 3. Funktionerna är korta, repetitiva

rörelser som anses vara huvudorsaken till mental hög belastning samt att de ger skador i nacke och axlar. Den mentala belastning anses ligga på samma höga nivå som snabba dataspel.

Detta resultat understryker behovet av automatisering av kranfunktionerna och aggregatet.

Teknisk potential i avverkning

Vid några tillfällen har tidsstudier i avverkning genomförts där förarna varit mycket skickliga och tempot så högt att resultaten inte varit publicerbara eftersom takten varit så högt uppdriven att den inte bedömts som möjlig att uppnå uthålligt. Man kan säga att den s.k. studieeffekten slagit igenom fullt ut. Studierna är dock intressanta ur rent teknisk synvinkel. De visar ju att tekniken i sig klarar ett avsevärt högre tempo än vad föraren uthålligt kan klara. En viss reservation finns dock för om det högre tempot påverkar aggregatets driftsäkerhet negativt. Skillnaden mellan de här resultaten och normala prestationer visar på en potential för ökad skördar- eller drivarprestation som i viss mån borde kunna tas till vara genom att delvis automatisera lämpliga delar av förarens arbete. De aktuella studierna avser visserligen drivaraggregat men det finns ingen anledning att tvivla på att prestationsnivån ligger minst lika högt för skördaraggregat.

Den ena studien (Bilaga 4) avser Pika 400 monterat på Pinomäkis drivare. Maskinen studerades som ren skördare i ett klint tallbestånd med medelstam 0,06 m³fub i uttaget och 2 300 stammar/ha före gallring. Prestationen räknat på de upparbetade träden var 173 träd/G₀-timme. Enligt Sydveds egen uppföljning av maskiner i drift ligger normal prestation i ett sådant bestånd mellan 120 och 150 träd per G₀-timme. Aggregatet borde således kunna klara en prestationsökning på 15–45 %.

Den andra studien (Bilaga 5) omfattar Valmets drivaraggregat 330 Duo som körts i två gallringsbestånd. Det ena var en förstagallring med medelstam i uttaget om 0,13 m³fub och 2 000 stammar/ha. Det andra en andragallring med stickvägar med en medelstam om 0,16 m³fub i uttaget och 1 400 stammar/ha före gallringen. Prestationen var 160 träd per G₀-timme i förstagallringen och 150 träd per G₀-timme i andragallringen. Normal prestation anses här på samma grunder vara 100 träd per G₀-timme. Aggregatet borde således kunna klara en prestationsökning på 50–60 %.

Nätverk

SkogForsk har varit med om att, under en 2-årsperiod, starta upp ett forskningscentrum vid Umeå Universitet. Forskningscentrat heter IFOR (Intelligenta Fordon Off Road). Forskningscentrat är i sin inledningsfas och kommer att bygga upp kompetens kring t.ex. navigering i terräng, styr- och reglerteknik, fordonsteknik, sensorteknologi, realtidsprogrammering etc. Detta i syfte att öka kompetensen i Sverige och automatiseringsgraden för fordon off road. SkogForsk har representanter i IFORs styrelse.

KSLA och SkogForsk har via konferenser också skapat ett kontaktnät gentemot andra branscher och företag för att öka intresset inom samt visa behovet på branschöverskridande samarbete.

Diskussion

Alla studier, från intervjuer till maskinstudier, pekar entydigt på att det finns ett stort behov av att avlasta föraren i hans arbete. De funktioner som har högst prioritet på en skördare är kranarbetet och upparbetningen och på en skotare är det kranarbetet.

Det fortsatta arbetet bör därför koncentreras på att införa förenklad kranstyrning, automatiska kranfunktioner och automatiska aggregatfunktioner. Följande konkreta delprojekt föreslås:

- Analys av automatisering av skogsmaskinkranar.
- Analys av automatisering av skördaraggregatet.
- Utveckla verksamhetsanalysen.
- Utnyttjande av simulatorer.
- Skyttel.
- Nätverk.

Analys av automatisering av skogsmaskinkranar

Förstudierna visar klart och tydligt på att kranen, på skördarna och skotarna, är det viktigaste och första steget att ta mot automatisering av skogsmaskiner. Det finns några frågor som behöver belysas:

Vilka är styrprinciperna för redundanta kranar?

I ett tidigare projekt på SkogForsk har två olika styrprinciper studerats, maximal lyftkraft och maximal hastighet. Ingen av dessa styrprinciper gav tillräckligt bra resultat. Man behöver utveckla dessa styrprinciper eller kombinera dem, alternativt undersöka någon annan styrprincip för redundanta kranar.

Arbetet genomförs som en teoretisk analys och ett simuleringsprogram tas fram för att testa olika styrprinciper.

Vilka funktioner i kranarbetet bör automatiseras?

För att avlasta föraren behöver vissa delar av kranarbetet ske automatiskt. Man behöver analysera vilka funktioner som är lämpliga att automatisera. Ska t.ex. kran ut, kran in, automatiskt avlastning, medföljning vid kvistning–kapning eller automatisk pålastning automatiseras?

Arbetet genomförs som en analys av det material som är insamlat i förstudien.

Hur man kan styra kranar med annat än joystick?

I dag styrs kranen med två stycken joysticks. Finns det några andra styrsätt som kan avlasta föraren, kan t.ex. röststyrning, pekstyrning eller siktstyrning vara tänbara alternativ?

Arbetet genomförs som en kartläggning av nuläget för de olika principerna.

Analys av automatisering av skördaraggregatet

Utveckla verksamhetsanalysen

I verksamhetsanalysen belystes hur verksamheten för föraren, entreprenören, köparen, tillverkaren, allmänheten och den private skogsägaren kan tänkas påverkas av automatisering av avverkningsarbetet i ett övergripande sammanhang. Man behöver göra en djupare analys av hur automatisering av avverkningsarbetet påverkar föraren, entreprenören och köparen.

Arbetet genomförs som en teoretisk analys, intervjuer och studier.

Utnyttjande av simulatorer

Det finns simulatorer, utvecklade av maskintillverkare, för att lära sig att hantera skogsmaskiner. De är primärt utvecklade för inläring men kan också användas för forskningsändamål. Man kan lära ut olika kör- och avverkningsprinciper till blivande skogsmaskinförare. Detta går att utveckla vidare till att göra t.ex. systemanalyser, analyser av hur föreslagna automatiseringar påverkar föraren, finna avverkningsprinciper vid automatisering.

Arbetet genomförs som en analys av vilka möjligheter det finns att göra systemanalyser och automatiseringar. Troligtvis måste man göra en del omprogrammeringar i simulatorerna. Ett viktigt arbete blir att finna finansiering.

Skyttel

I ett framtidsscenario kan tänkas att skotningsarbetet och då framför allt utkörningen av virket kan skötas helt automatiskt via en skyttel. För att det ska kunna genomföras krävs att ett antal delproblem löses:

- Nivellering
- Slirkontroll
- Optimalt marktryck
- Sensor fusion

Nivellering

För att fördela marktrycket bättre, för att öka hastigheten och framkomligheten krävs att en blivande skyttel har ett horisonterat lastutrymme. SkogForsk har testat och utvecklat aktiv dämpning och det finns lösningar på hur man kan horisontera lastutrymmet. Det ultimata vore att nivellera hela fordonet.

Arbetet genomförs som en analys av nuläget och studier av befintliga system. Förslag till nya lösningar kan utvecklas och simuleras i ADAMS.

Slirkontroll

För att få ut maximal dragkraft och samtidigt minska marksskadorna behöver man utveckla en slirkontroll så att däcken inte slirar mot marken.

Arbetet genomförs som en analys av nuläget och studier av befintliga system. Förslag till nya lösningar kan utvecklas och simuleras i ADAMS.

Optimalt marktryck

För att ytterligare minska marktrycket och samtidigt få mer optimal dragkraft kan man reglera luftrycket i däcken. CTI är ett mycket bra system för att kunna anpassa luftrycket. Tester av CTI har visat på dess förträfflighet men det finns

fortfarande en del att utveckla vidare framför allt kompressordelen och regleringen. Vidare behövs utveckling av sensorsystem för att kunna sköta lufttrycksregleringen automatisk.

Arbetet genomförs som en analys av nuläget, olika sensorsystem. Ett viktigt arbete blir att utveckla mekaniken och att finna finansiering.

Sensor fusion

För att skytteln ska kunna lösa sin arbetsuppgift behövs olika typer av sensorer. En viktig del blir att finna lämpliga sätt att få sensorerna att samverka.

Arbetet genomförs som en analys av nuläget av olika sensorsystem och att etablera samarbete med olika forskningsorgan. Ett viktigt arbete blir att finna finansiering.

Nätverk

Varken SkogForsk, maskintillverkarna eller universitet kan på egen hand lösa problemen med att införa automatisering. Därför krävs samarbete.

Det finns flera aktiva nätverk som anknyter till området off road. SkogForsk bör ha som målsättning att vara en aktiv part i dessa nätverk. I den mån nätverken uppfattas som ofullständiga eller rent av saknas bör SkogForsk aktivt verka för att de tillskapas. Nätverken bör inrymma såväl nationella som internationella aktörer.

Litteratur

- Gellerstedt, S., Asplund, C. & Wästerlund, I. 1996. Robotics With Application to Forestry. A course in the Nordic postgraduate school. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsatser och Resultat nr 285.
- Hallonborg, U. 1996. Framtidsteknik – ingen man på maskinen. SkogForsk Stencil.
- Halme, A. 2001. Forestry robotics – why, what and when. Helsinki University of Technology.
- Johansson, S. 1999. Förarlösa maskiner i lantbruket. Jordbrukstekniska institutet, JTI-rapport Nr 260.
- Löfgren, B. 1997. Autonoma system, SkogForsk, Arbetsrapport nr 361.
- Staland, F. 2002. Delautomatisering av skogsmaskiner – Brukarnas önskemål. SkogForsk, Arbetsrapport nr 492.

Robot – Nja, Delautomatisering – Ja

Klas Norin, Åke Thorsén

ROBOT - NJA DELAUTOMATISERING - JA

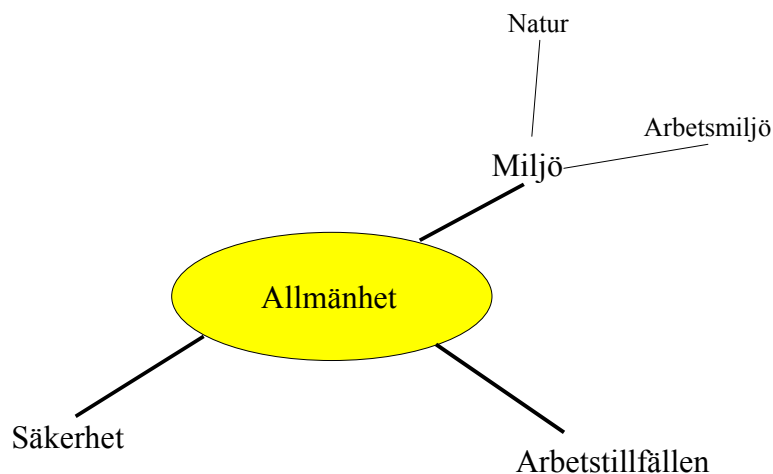


Troliga kommentarer idag från olika
intressentgrupper vid en eventuell
robotisering av skogsmaskinerna



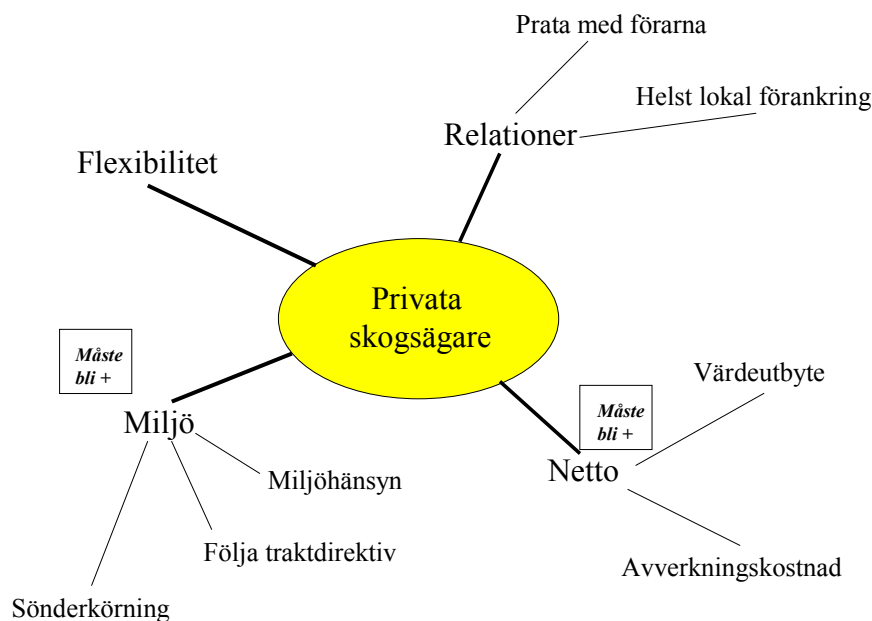
Tillverkare

- ”Vi är måttligt intresserade av robotisering. Vi vill hellre exploatera redan utvecklad utrustning.”
- ”Då behöver vi ge oss in på kompetensområden som vi behärskar dåligt i dag.”
- ”Mycket dyra utvecklingskostnader som kommer vara svårt att få betalt för.”
- ”Marknaden är antagligen ganska liten.”
- ”Spännande utmaning!”



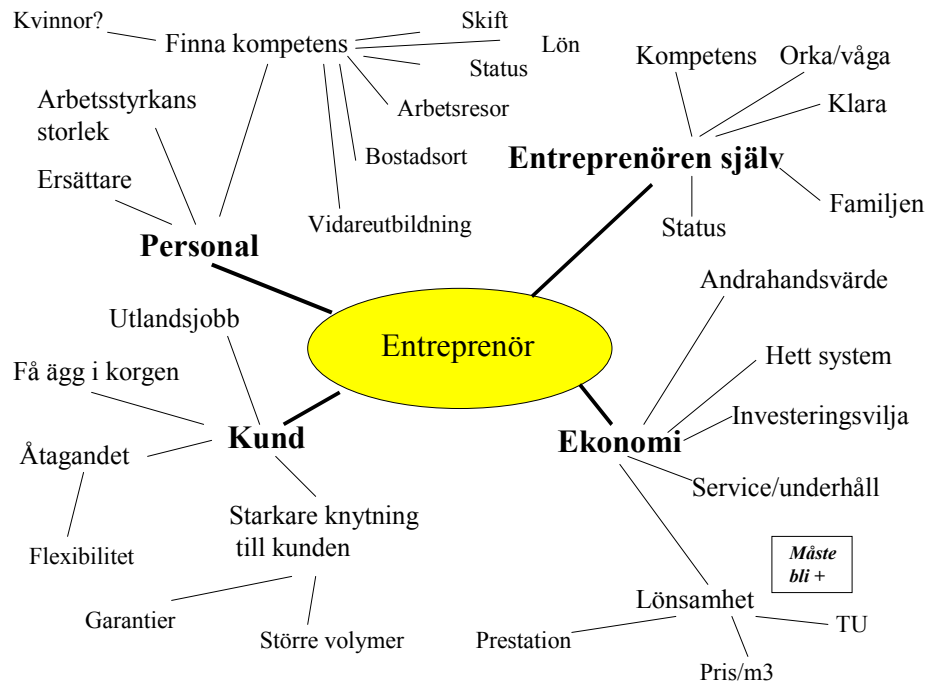
Allmänheten

- ”Tänk om maskinerna löper amok?”, ”Är det verkligen säkert att gå i skogen nu?”
- ”Kan en robot verkligen klara att ta nödvändig miljöhänsyn?”
- ”Undrar hur det är att jobba i en sådan maskin. Tråkigt eller häftigt?”
- ”Hur blir det med arbetstillfällen här i glesbygden nu när robotar tar över?”



Privata skogsägare

- ”Måste bli ett klart ökat netto jämfört med konventionell avverkning om jag ska släppa in en dylik maskin på min skog!”
- ”Klarar en robotiserad maskin traktdirektiv av typ: ”Stora björken vid kröken ska sparas!”
- ”Hur blir det med hjulspåren? Kan en robot läsa terrängen lika bra som en driven förare och anpassa körningen efter terrängförhållandena?”(Detta är en mycket viktig punkt för skogsägare.)
- ”Hur flexibla kommer så här dyra maskiner bli? Kan dom komma när jag vill eller måste dom hålla sig till en i förväg uppgjord plan för att ekonomin ska gå ihop?”
- ”Dom där maskinerna kommer nog få så stor kapacitet att att dom opererar över jättelika områden. Det betyder att det inte är säkert att man känner varken entreprenör eller förare.”



Entreprenörer

- **Ekonomi**
- ”Förhållandet mellan risk och förtjänstmöjligheter måste bli bättre än i dagens system. Eftersom risken ökar med en allt dyrare och komplexare maskin som då troligen också lättare går sönder måste rimligen förtjänstmöjligheterna öka i någon form så att investeringen känns ekonomiskt sund!”
- ”Hur blir det med andrahandsvärdet. Går det att sälja begagnade maskiner som man knappast kan repa själv?”
- ”Eftersom systemen blir allt dyrare blir de också hetare. Utrymmet för planeringsmissar, bakslag i vädret, haverier eller förändringar av industrins behov blir mindre.”
- ”Måste vi anställa dyrare personal för att kunna hålla igång maskinerna?”
- ”Kommer det gå att låna pengar till en dylik maskin?”
- ”Stillestånd blir dyrare samtidigt som man inte kan repa i samma omfattning som tidigare utan måste vänta på montör. Kommer föresten kompetenta sådana överhuvudtaget finnas?”

Entreprenör

- **Kundperspektivet**

- ”Eftersom jag blir mer sårbar med en så dyr maskininvestering måste jag luta mig hårdare mot kunden och t ex begära olika former av garantier för att våga investera i robotiserade maskiner.”
- ”Detta innebär att jag antagligen inte kommer kunna ha så många kunder, dvs. färre ägg i korgen.”
- ”Kommer ett robotiserat system bli tillräckligt flexibelt för att kunna klara alla de olika typer av krav som i dag ställs på oss?”
- ”Vad kommer kunder i andra länder att säga?”

Entreprenör

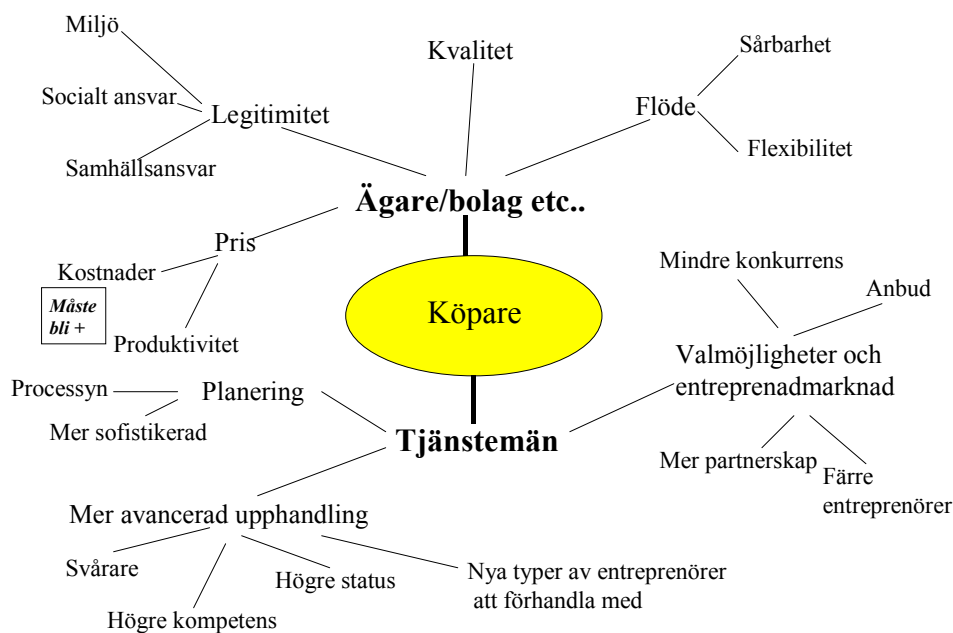
- **Personal**

- ”Det kommer behövas en ny typ av både förare och montörer – var hittar vi dom?”
- ”Hur kommer man uppleva status, det nödvändiga skiftarbetet, de längre arbetsresorna m. m. – vad kommer det vara som attraherar ungdomar att övervaka dessa maskiner?”
- ”Hur mycket personal kommer det behövas?”
- ”Eftersom kravet på TU ökar måste vi ha ersättare om någon skulle bli sjuk.”

Entreprenör

- **Entreprenören själv**

- ”Kommer jag att klara att leda ett företag med dessa maskiner och en ny typ av förare?”
- ”Kommer jag orka med alla förändringar?”
- ”Vågar jag ta ansvar för så mycket kapital?”
- ”Vågar jag ta ansvar för det jag lovar kunderna om jag bara har robotiserade maskiner?”
- ”Hur påverkar detta min familjesituation?”
- ”Behövs det en ny typ av entreprenör också?”
- ”Kanske kommer dock statusen som entreprenör öka?”



Köpare av tjänster - tjänstemannen

- **Planering**

- ”De robotiserade systemen kräver en betydligt mer sofistikerad planering och framförhållning där hela försörjningskedjan hänger ihop. Detta för att dessa dyra robotar ska få rätt objekt vid rätt tidpunkt så att stilleståndstiderna minimeras samtidigt som industrin får det virke den vill ha.”

Köpare av tjänster - tjänstemannen

- **Mer avancerad upphandling**

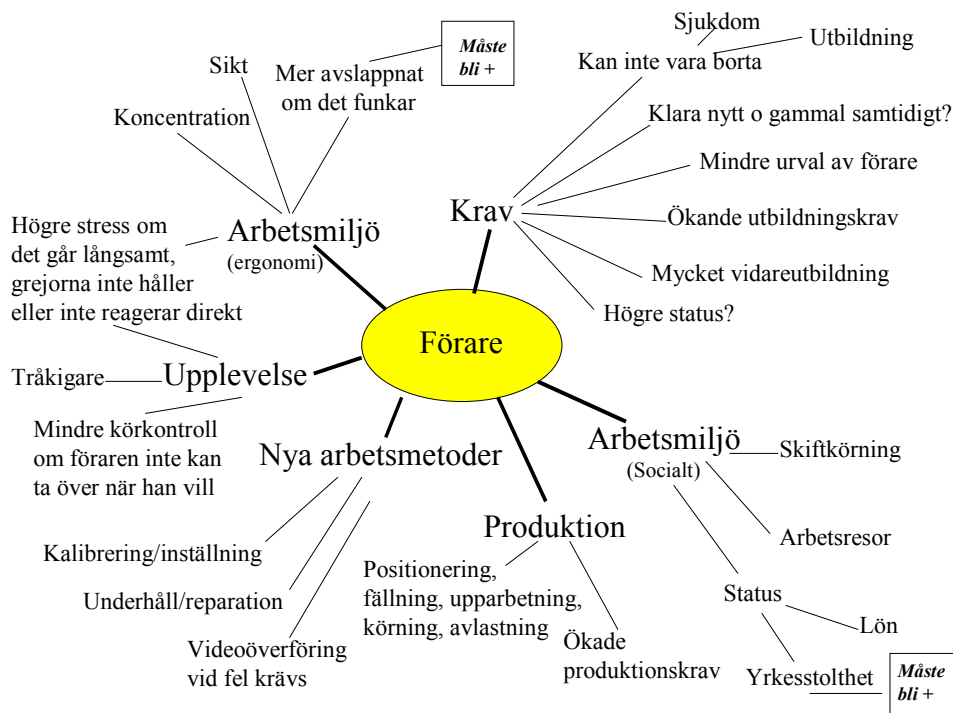
- ”Vi kommer att få en ny typ av entreprenörer att förhandla med. Antagligen måste de bli mer av ekonomer för att kunna hantera den komplexa och känsliga ekonomin i ett företag med robotar.”
- ”Upphandling och avtal måste bli mycket mer sofistikerade, med olika former av garantier samt allt specificerat i minsta detalj. Detta eftersom hela vedförsörjningssystemet blir känsligt för störningar pga. färre enheter med stor kapacitet och utnyttjande.”
- ”Kanske kommer detta höja statusen på mitt arbete!”

Köpare av tjänster - tjänstemannen

- **Valmöjligheter och entreprenadmarknaden**
- ”Det kommer bli ännu färre aktörer på entreprenadmarknaden vilket innebär att vi i mindre omfattning kan förlita oss på konkurrens som drivkraft och i stället måste bli bättre på att bygga olika former av partnerskap med de enskilda entreprenadföretagen. Detta för att kunna vidmakthålla ett fortsatt hög utvecklingstakt.”
- ”Valmöjligheterna kommer att minska med färre entreprenörer.”
- ”Vi måste antagligen använda oss av anbudsupphandling därför att vi själva inte kan räkna på de robotiserade systemen.”

Köpare av tjänster – Skogsföretag/Ägare/bolag etc.

- **Pris, flöde och kvalitet**
- ”Pris för avverkningen måste ner om en robotisering ska vara intressant, Detta samtidigt som kvalitet och då framförallt flödet säkras.”
- **Legitimitet**
- ”Om inte robotiseringen förbättrar arbetsmiljön sänder skogsbruket ut fel signaler.”
- ”Tyvärr blir det antagligen färre anställda i avverkningsarbetet.”
- ”Miljöarbetet får inte påverkas i negativ riktning.”



Förare

- **Upplevelse**
 - ”Det kan bli mycket frustrerande att inte ha full körkontroll om man inte kan ta över när som helst.”
 - ”Det är stor risk att man upplever stress om det går långsammare än vad man kan köra manuellt eller om maskinen inte reagerar direkt på kommandon. Det är också stressande om det går sönder hela tiden.”
 - ”Det blir säkert tråkigt att bara övervaka om man inte kan utföra andra uppgifter samtidigt.”
 - ”Häftigt!”

Förare

- **Arbetsmiljö - ergonomi**
- ”Arbetet i en robotiserad maskin kommer säkert innebära mindre risk för belastningsskador.”
- ”Kraven på ständig koncentration minskar så man slipper sitta på helspänn hela tiden.”
- ”Om det funkar borde man slippa anstränga ögonen så mycket i regn, snö och mörker eftersom maskinen ”ser” åt en.”

Förare

- **Arbetsmiljö - Socialt**
- ”Skiftkörning och långa arbetsresor, kanske bortaliggning, innebär stora påfrestningar på familjelivet.”
- ”Förhoppningsvis kan dagens yrkesstolthet (duktig på att köra maskin) ersättas med en ny (kompetent nog att övervaka en så dyr och komplicerad maskin).”
- ”Lönen borde rimligen bli högre.”

Förare

- **Nya arbetsmetoder**
 - ”I stället för att köra maskin kommer förarna endast ägna sig åt övervakning, kalibrering och reparation/underhåll.”
 - ”Eftersom maskinerna är så komplicerade måste det till avancerad reparationssupport antagligen i form av olika typer av video- och dataöverföring.”

Förare

- **Krav**
 - ”Kompetenskraven kommer att öka. Vi kommer säkert att få åka på vidareutbildning flera gånger om året.”
 - ”Vi kommer aldrig kunna vara borta från jobbet eftersom maskinerna är så dyra och måste gå hela tiden. Man kanske känner press att åka till skogen även om man är sjuk.”
 - ”Pressen att hålla igång maskinerna till varje pris ökar med allt vad det innebär.”
 - ”Kanske ökar statusen med yrket eftersom det kräver högre kompetens.”
 - ”Kommer man behöva både allt nytt och allt gammalt samtidigt under en övergångsperiod så blir kraven väl höga.”

Förare

- **Produktionen**

- ”De moment som borde robotiseras i första hand är positionering, fällning och upparbetning. Då skulle skörderiet bli mycket lättsammare. Avlastning vid bilväg och eventuellt också utkörning vore bra om det gick att robotisera.”
- ”Robotar kommer innebära kraftigt ökade krav på högt TU och många timmar. Om det blir 24 timmarsdrift slutar jag för då blir det fyrskift!”

Sammanfattning



Ekonomiskt kort sikt	-
Ekonomiskt lång sikt	+
Mänskligt kort sikt	-/?
Mänskligt lång sikt	?

Största vinsten

- Kan göra 24 timmars drift möjlig (+ ekonomiskt).
- Kan minska belastningsskador.
- Kan höja statusen på föraryrket.

Största hindren

- Finna kompetenta människor som vill och kan övervaka och reparera i fält.
- Finna entreprenörer som vågar satsa på så dyr och kompetenskrävande teknik.
- Finna en tillräckligt stor maskinmarknad som kan betala utvecklingskostnaderna.
- Kan gör 24 timmarsdrift nödvändig (- mänskligt).

Hur undanröja hindren?

- De stora skogsföretagen tar över maskinägandet till den dag tekniken mognat och är allmänt accepterad (som de brukar göra).
- Bara robotisera vissa väl (fokus på både ekonomi och människa) valda moment.

Delautomation hos engreppsskördare

Torbjörn Brunberg

Engreppsskördare

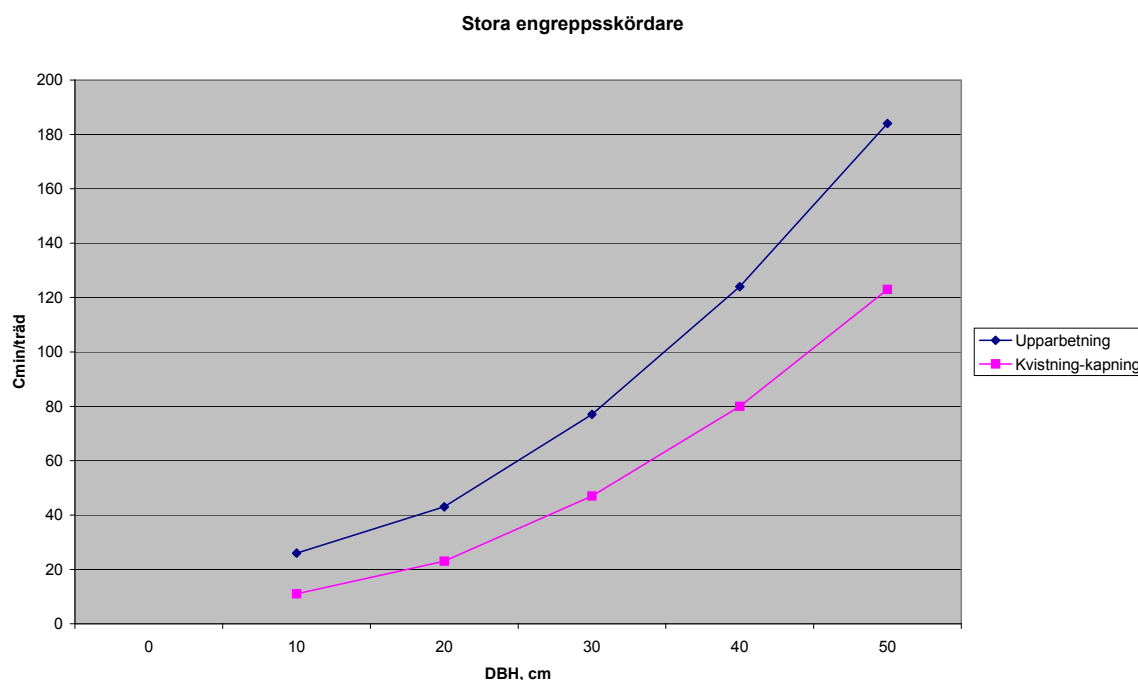
Arbetet med en engreppsskördare består till ca 90 % av upparbetning d.v.s. krankörning och kvistning-kapning. Resterande 10 % ägnar föraren åt att förflytta maskinen mellan olika uppställningsplatser.

Körning

Förutom att smidigt kunna köra igång, förflytta och stanna skördaren finns det relativt begränsat utrymme att delautomatisera detta arbetsmoment. Vid förflyttningen väjer föraren för hinder samt väljer en lämplig uppställningsplats för den kommande upparbetningen av träden. Det är således en mängd olika parametrar som skall vägas in vilka kan vara svåra att registrera och bearbeta.

Upparbetning

Tiden för upparbetning är starkt korrelerad med storleken hos de träd som skall avverkas, liksom fördelningen mellan kranarbete och kvistning-kapning. I figur 1 åskådliggörs tidsåtgången enligt de studier som genomfördes av stora engreppsskördare under första hälften av 90-talet.



Figur 1 Tidsåtgång för upparbetning över trädstorleken.

Som framgår av figuren varierar den absoluta tidsåtgången från ca 20 cmin/träd till 200, vilket är en avsevärd skillnad. Tidsåtgången för kranarbetet som i figuren utgör skillnaden mellan upparbetning och kvistning-kapning är betydligt mera konstant än tidsåtgången för kvistning-kapning.

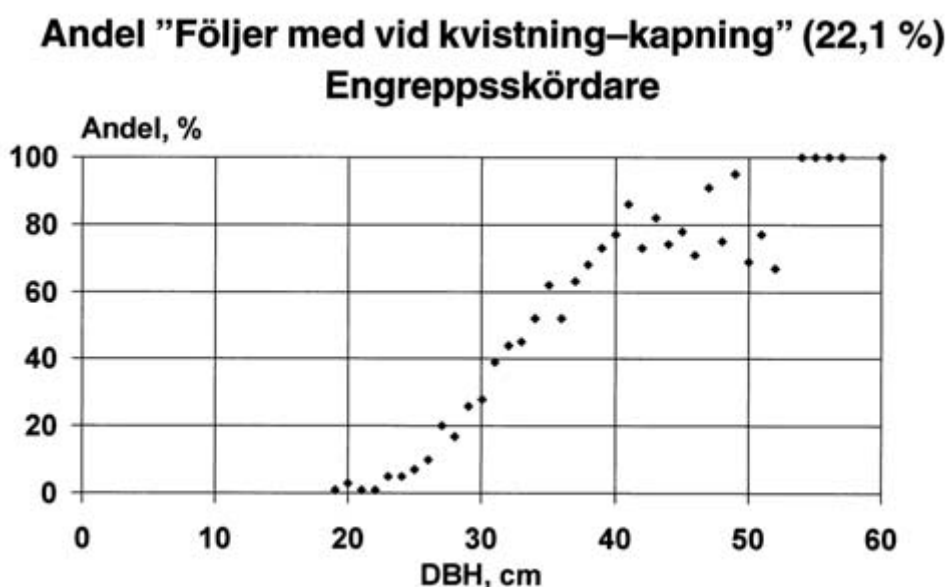
För de vanligast förekommande medelstammarna (0.15-0.35 m³fub) är fördelningen mellan kranarbete och kvistning-kapning ca 50/50.

Kranarbete

Kranarbetet består till största delen av huvudmomenten kran ut och kran in. Tiden för kran ut är relativt konstant och beror inte av trädstorleken. Det gör däremot kran in som omfattar den tid som åtgår för att lägga omkull träden och positionera dem för kvistning-kapning. Hos båda momenten finns möjligheter till automation. Kran ut genom att kunna ”peka ut” vilket träd som skall fällas härnäst. Kran in genom att maskinen borde kunna komma ihåg var de olika sortimenten ligger och därmed kunna flytta trädet dit.

Kvistning-kapning

Kvistning-kapning kan för många träd göras enbart med aggregatet. Ju större träden är desto mer behöver dock föraren gå in och hjälpa till med kranen. I figur 2 åskådliggörs med vilken frekvens föraren hjälper till vid kvistning-kapning.



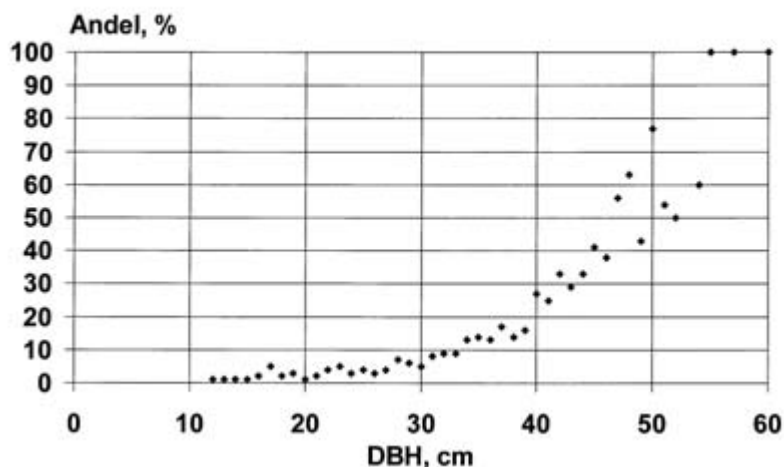
Figur 2.
Andelen hjälper till med kranen över trädstorleken.

Som framgår av figuren uppstår problemet redan hos träd med en brösthöjdsdiameter av 20 cm och då träden blivit 50 cm grova behöver kranen användas för samtliga träd. Det här grundmaterialet härstammar från tidigt 90-tal, varför situationen troligen är bättre i dagsläget.

För att förbättra situationen ytterligare är den bästa åtgärden att göra aggregaten starkare så att de orkar mata igenom träden. Den andra tänkbara åtgärden är att förse kranen med en funktion som automatiskt gör att den följer med och sedan återgår till ett förutbestämt kapningsläge.

En annan aspekt vid kvistning-kapningen är att matarvalsarna slirar, vilket medför oönskade virkesskador. Figur 3 beskriver situationen i början av 90-talet.

Andel "backning-slrining" (7,6 %) Engreppsskördare



Figur 3 Andelen backning-slrining över trädstorleken.

Av figuren framgår ett klart samband med trädstorleken. Ett sätt att undvika dessa skador skulle kunna vara att förse matarvalsarna med någon typ av slirkontroll.

Dagens apteringsdatorer innebär att föraren får hjälp med att göra apteringen, vilket innebär en avlastning av arbetstyngden. I dagsläget måste han dock gå in och göra tvångskap. I tabell 1 framgår hur stor andel av kapen per totala antalet kap och per träd som tvångskapas.

Tabell 4 Andelen tvångskap

Andel (%) Tvångskap

		Tall	Gran
	N.Sv	17	9
Kap	M.Sv	32	17
	S.Sv	27	16
	N.Sv	61	29
Träd	M.Sv	125	62
	S.Sv	123	71

Tabellen visar att tvångskap är vanligare på tall än gran och i södra och mellersta Sverige i förhållande till norra. Huvudorsaken till tvångskapen på gran är röta och på tall krökar. Röttdetektering skulle således kunna automatisera tvångskapen på gran.

Tvångskap görs även för kvalitetsgränser. Vetskapen om att sambandet mellan en stocks yttre och inre kvalitet är dåligt gör dock att allt fler kap görs av apteringsdatorerna.

Tidsmomentindelning

Torbjörn Brunberg

Tidsmomentindelning skotare

Slutavverkning

Moment	%	Moment	%
Körning	28	Tomkörning	13
		Lastkörning	15
Lastning	38	Kran ut	6
		Gripning	15
		Kran in	5
		Släppning	12
KUL	13	KUL	13
Lossning	15	Kran ut	5
		Gripning	4
		Kran in	4
		Släppning	2
Övrig verktid	6	Övrig verktid	6
Summa	100		100

Gallring

Moment	%	Moment	%
Körning	21	Tomkörning	10
		Lastkörning	11
Lastning	47	Kran ut	7
		Gripning	20
		Kran in	7
		Släppning	13
KUL	14	KUL	14
Lossning	13	Kran ut	4
		Gripning	3
		Kran in	4
		Släppning	2
Övrig verktid	5	Övrig verktid	5
Summa	100		100

Tidsmomentindelning skördare

Slutavverkning

Moment	%	Moment	%	Moment	%	Moment	%
Körning	10						
Upparbetning	86	Kran ut	13				
		Pos o Fälln	14				
		Kran in	14				
		Kvist o Kap	45	Kvist	16		
				Kap	29	Start o stopp	18
						Sågning	11
Övrig verkt.	4						

Gallring

Moment	%	Moment	%	Moment	%	Moment	%
Körning	15						
Upparbetning	77	Kran ut	14				
		Pos o Fälln	12				
		Kran in	12				
		Kvist o Kap	39	Kvist	20		
				Kap	19	Start o stopp	14
						Sågning	5
Övrig verkt.	8						

Definition av momenttider skotning

Torbjörn Brunberg

Moment	Definition
Körning	Körning med skotaren
Tomkörning	Körning med skotaren tom
Lastkörning	Körning med skotaren lastad
Lastning	Lastning av virke
Kran ut	Kranrörelse ut från lasset utan virke
Gripning	Gripen rör högen, tills virket lämnar marken
Kran in	Kranrörelse in mot lasset med virke
Släppning	Gripen rör lasset, tills den lämnar lasset
Körning under lastning	Förflyttning mellan uppställningsplatser
Lossning	Lossning av virke
Kran ut	Kranrörelse ut från lasset med virke
Gripning	Gripen rör lasset, tills den lämnar lasset
Kran in	Kranrörelse in mot lasset utan virke
Släppning	Gripen rör vältan, tills den lämnar vältan
Övrig verktid	Annan tid till gagn för arbetet

Definition av momenttider skördare

Moment	Definition
Körning	Körning mellan uppställningsplatser
Upparbetning	All tid förutom körning och övrig verktid
Kran ut	Kranrörelse ut till trädet
Positionering +Avskiljning	Positionering av aggregat samt avskiljning
Intagning	Kranrörelse in från trädet till kvistning – kapnings - position
Kvistning-kapning	Kvistning-kapning av trädet
Kvistning	Kvistning av trädet
Kapning	Uppdelning av trädet i stockar
Start o stopp	Start och stopp i samband med kapningen
Sågning	Den tid som åtgår för att såga av stockarna
Övrig verktid	Annan tid till gagn för arbetet

Pika 400 i slutavverkning

Ulf Hallonborg

Bakgrund

Under våren 1999 studerade SkogForsk en Timberjack 1270B engreppsskördare i förstagallring i ett tallbestånd med medelstam 0,05 m³fub. Studien ingick som referensled i en större studie. Den Pika Combi Trac, med 400-aggregat, som visades på Elmia var kvar i Sverige några veckor efter utställningen och vi passade då på att studera den som ren engreppsskördare i ett likadant bestånd. Studierna gjordes alltså på olika platser och med olika förare.

Syfte

Syftet med studien var att jämföra den teknik som fanns i drivaraggregatet med tekniken i en etablerad engreppsskördare, när de används på samma sätt. Det ger en niväläggning av hur långt drivartekniken har nått vad gäller fällning och upparbetning. En duktig förare kan pressa tekniken till vad den tål. Det ger en uppfattning om teknikens potential, men inget mått på vad man kan förvänta sig prestationsmässigt i normal drift. Lastning och utkörning studerades inte.

Metodik

Drivaren körde framlänges in i beståndet och upparbetade stickvägsträd och övriga träd vartefter. Träden upparbetades hela tiden så att allt ris kom i stickvägen. Lika som i den tidigare studien. Eftersom drivaren har runtomsvängande kran och hytt och kranen var riktad framåt var inte lastutrymmet i vägen för kranarbetet. Terrängen var lätt. I övrigt genomfördes studien som en vanlig momentstudie, där alla träd hade klavats och märkts. Förare på drivaren var xxx yyy som hade god erfarenhet från Finland av just denna maskin.

Bestånd

Beståndet bestod av så gott som uteslutande tall med några enstaka granar. Antal stammar per ha var enligt cirkelytaxering 2 300 och medeldiametern i brösthöjd 11,1. Medelvolymen i uttaget 0,056 m³fub med medeldiametern 11,5 cm. Eftersom aggregatet var anpassat till de finska mätningsreglerna där gränsdiametern för gagnvirke är 7 cm kunde de minsta träden inte upparbetas. Utrymmet innanför matarvalsarna var inte litet nog för att kunna mata klenare träd, som inte heller räknas i apteringsdatorn. Dessa 55 (av totalt 291) enbitsträd klassades därför som röjning. Räknas dessa bort stiger medeldiametern till 12,5 cm och volymen till 0,068 m³fub.

Resultat

Tidsåtgången per upparbetat träd för de olika momenten i studien framgår av tabell 1.

Tabell 1 Tidsåtgång cmin per träd.

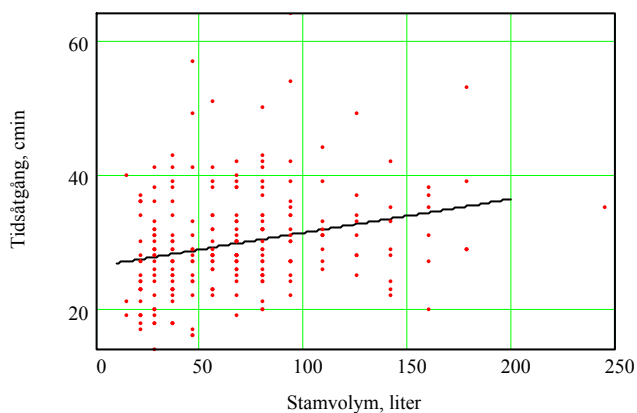
Moment	Avverkning	Röjning
Förflyttning	4,77	-
Kran ut	6,52	7,00
Avskiljning	4,19	3,95
Fällning	6,91	0,11
Kvist-Kapn	9,72	-
Topphantering	2,41	8,41
Övrig verktid	0,17	0
Summa	34,69	19,47

Ingen kv-ka förekommer i röjningen. Någon övrig verktid observerades inte i röjningen. I tabell 1 har all förflyttning lagts på avverkningen.

Prestationen räknat på de under studien upparbetade träden var således 173 träd/ G_0 -timme. Ser vi till de moment som kan anses specifika för den använda tekniken kan vi ta bort förflyttning och övrig verktid. får vi 29,75 cmin/träd. En linjär regression för tidsåtgången för dessa moment som funktion av stamvolymen i liter ger uttrycket

$$T = 0,05 * v + 26,38 \text{ cmin/träd.}$$

Denna funktion samt observerade värden visas i figuren nedan



Valmet 330 Duo i Gallring

Isabelle Bergkvist

Bakgrund

Vid en studie under av Valmet 330 Duo som enbart skördaraggregat användes en Valmet 901 som basmaskin. Vid studien utnyttjades aggregatet i det närmaste maximalt med tanke på vad en förare kan klara under kortare tid.

Syfte

Syftet i denna studie av ”skördaren” var att ge en uppfattning om drivaraggregatets potential i gallring vid olika medelstam.

Bestånd

Studiebestånden utgjordes av ett underväxtröjt förstagallringsbestånd och ett andragallringsbestånd. Trädskiktet i båda bestånden bestod till 100% av gran, boniteten låg kring G36 och åldern var ca 30 år i förstagallringsbeståndet och ca 45 år i andragallringsbeståndet. Beståndsdata i de båda bestånden kommer fortsättningsvis beskrivas tillsammans enligt följande, förstagallring/andragallring. Stamantalet i bestånden innan avverkning var ca 2000/1400 st/ha och medeldiametern i brösthöjd 15/18 cm. Medelstamvolymen innan avverkningen var 0,178/0,244 m³fub. I uttaget var medelstamvolymen 0,104/ 0,145 m³fub och medeldiametern i brösthöjd 13/14 cm. Terrängförhållandet i båda bestånden var enkel utan stenblock eller andra hindrande element. Markstatusen var frisk, på enstaka mindre fläckar frisk/fuktig.

Metodik

Avverkningen gjordes enligt Sydveds gallringspolicy, i andragallringen utnyttjades befintliga stickvägar och i förstagallringen togs nya vägar upp. Gallringskvoten i förstagallring var extremt låg (0,68)¹, detta kan delvis förklaras med att stamvolymen i beståndet var ojämn och en hel del förväxande träd med en diameter på upp till 25 cm lämnades vid gallringen. Även i andragallringen gjordes en markant låggallring² (gallringskvot 0,75). Låggallringen och den klena medelstammen i uttaget bidrar givetvis till att ett större antal stammar per G0h kan avverkas jämfört med om medelstammen i uttaget varit grövre. Skotning och utkörning ingick ej i studien.

Resultat

Tidsåtgången per upparbetat träd för de olika momenten i studien framgår av tabell 1

Tabell 1 Tidsåtgång cmin per träd

¹ Gallringskvoten definieras som medeldiametern I uttaget/ medeldiametern I kvarvarande bestånd.

² En gallringskvot < 0,9 definieras som låggallring

	Förstagallring	Andragallring
Kran ut	5,8	5,1
Fällning	3,7	3,6
Intagning	5,7	5,2
Kvistning/kapning	11,5	13
Topp	5,5	6,4
Röjning	0,7	0
Förflyttning	4,9	5,7
Övrig verktid	1	1
TOTALT (cmin/träd)	37,8	39
Medelstamvolym i uttag (m ³ fub)	0,104	0,145
Antal avvertrade träd (st)	281	190
Träd (st/G ₀ h)	159	154
Volym (m ³ fub/G ₀ h)	16,1	21,8

Eftersom en del i studiens syfte var att studera skillnader i aggregatets kapacitet vid olika medelstam har ingen normering med avseende på medelstamvolym gjorts. Däremot har momentet övrig verktid satts lika i de båda studieleden eftersom momentet inte borde påverkas av beståndstyp eller metod. I övrigt är siffrorna oförändrade.

Prestationen i studien var i princip lika per träd 159 träd per G₀h i förstagallringen mot 154 träd per G₀h i andragallringen.

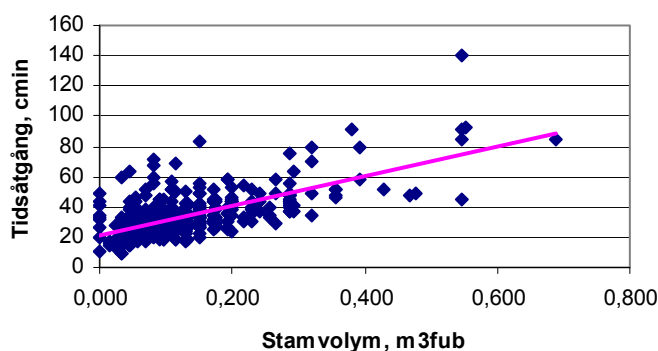
En linjär regression för tidsåtgången per träd vid första- respektive andragallring som funktion av stamvolymen i m³fub kan beräknas för de moment som kan anses specifika för den använda tekniken. Samtliga moment är då medtagna utom övrig verktid och förflyttning.

Detta ger uttrycket

$$T = 99 * v + 20,5$$

$$R^2 = 0,5$$

Tidsåtgång per träd vid olika stamvolym



Funktionen och de observerade värdena visas i figur 1

Figur 1. Tidsåtgång per träd för avverkning vid olika stamvolym undantaget momenttiderna för övrig verktid och framflyttning