

# Ingen man på maskinen

– En förarlös vision

Ulf Hallonborg

**Omslag:** Ett förarlöst drivningssystem övervakat från avlägg.  
**Illustratör:** Ulf Hallonborg

---

**SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut**

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, 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 fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. 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

Bakgrund .....	3
Visionen .....	3
Stegvis utveckling .....	3
Rationaliseringspotential .....	4
Maskinteknik .....	4
Organisation .....	4
Vägen mot målet .....	5
Enläggs drivare .....	5
Tvåläggs drivare .....	8
Enhetslaster .....	9
Förlös skyttel .....	9
Automatiskt kranarbete eller ... ... automatisk uppärbetning? .....	10
Tvågreppsdrivare .....	11
Sorteringsproblemet .....	11
Fjärrmanövrering .....	12
Hjul eller ben? .....	15
Autonomi .....	15
Diskussion .....	17
Tekniska hierarkier .....	17
Nyckelfunktioner .....	17
Urval av forskningsområden .....	18



## Bakgrund

Kostnaden för ett drivningssystem är sammansatt huvudsakligen av två typer av kostnader, maskinkostnader och personalkostnader, vilka båda i princip är proportionella mot insatsen. Under tidigare skeden i skogsbrukets rationalisering rådde en viss utbytbarhet mellan dessa båda kostnadslag. Motormanuell fällning kunde t.ex. ersättas av maskinell fällning. I röjning och plantering råder fortfarande en sådan utbytbarhet. I drivningen har emellertid utbytbarheten i stort sett försvunnit. Merparten av drivningspersonalen är maskinförare och systemen i drift kräver en man per maskin. Vi har i princip ett 1:1 förhållande mellan mantimmar och maskintimmar. Det gör att maskinernas tidsutnyttjande inte kan höjas märkbart utan motsvarande ökning av förarinsatsen. Kostnaden för varje sådan ökning tenderar dessutom att stiga progressivt. Här sätter också arbetsmiljösträvanden och omsorgen om människorna i maskinerna gränser för hur stor del av dygnet som föraren kan tillbringa i maskinen.

## Visionen

En tänkbar utväg ur denna situation är faktiskt att både öka maskinutnyttjandet och minska förarinsatsen genom att utveckla drivningssystem som innehåller förarlösa maskiner. En förarlös maskin är i princip oberoende av reglerad arbetstid och kan därför i princip köras dygnet om sju dagar i veckan. Det här är naturligtvis en lösning på lång sikt, kanske 20 år, och måste därför betraktas som en vision. Ett sådant avlägset mål tvingar oss emellertid att fundera över hur vi kan ta oss dit, vilka fördelar sådana system kan erbjuda men naturligtvis också vilka nackdelar de har och vilka konsekvenser de kan få såväl inom skogsbruket som i det övriga samhället.

En utveckling i den här riktningen skulle tvinga fram tekniker som skulle medföra ett bemästrande av de svårigheter terrängen medför. Med tekniker som bemästrar terrängsvårigheterna skulle vägen ligga öppen för utnyttjande av alla de tekniktillämpningar och den robotisering som industrin utvecklat. Och detta till en låg kostnad. En period av intensiv utveckling skulle kunna bana väg för framtida låga kostnader för systemutveckling.

## Stegvis utveckling

En vision är till för att åskådliggöra ett tillstånd som är önskvärt på mycket lång sikt. Den beskriver detta tillstånd med några få nyckelord men saknar oftast helt detaljer. Den utgör dock ett avlägset mål som underlättar beskrivningen av olika vägar att nå målet. En vägbeskrivning kan oftast delas upp i etapper med delmål som är mer detaljerade ju närmare de ligger i tiden.

Ser vi till visionen om förarlösa maskiner kan vägen dit beskrivas i etapper där olika funktioner hos dagens maskin successivt automatiseras. Men det gäller att välja en väg, d.v.s. ordna etapperna, så att varje etappmål ger något av värde oavsett om man går vidare eller inte. Visionen och beskrivningen av etapper på vägen dit syftar också till att ge varje medarbetare en helhetsbild där just hans eller hennes lösning ingår på ett konkret sätt och visar hur just den arbetsuppgiften bidrar till helheten.

## **Rationaliseringspotential**

Förarlösa maskiner kan ge rationaliseringsmöjligheter synbarligen inom två områden, maskinteknik och organisation, som kanske inte alltid går att helt skilja åt. Bakom dessa döljer sig dock en gemensam faktor, maskinutnyttjandet, som då kan ökas radikalt.

### ***Maskinteknik***

När maskinen inte längre har någon förarhytt ökar möjligheterna att placera maskinkomponenterna på nya sätt. Denna friare maskinkonfiguration gör det möjligt att placera andra enheter på inbördes nya sätt. Det kan ge maskiner nya egenskaper som gör dem effektivare. Samtidigt skapas ett investeringsutrymme för ny teknik genom att hytt, stol, luftkonditionering, kran- och andra reglage, trappa samt överstörtningsskydd och annat blir onödigt. En förare kan ändå ”stiga in” i den virtuella hytten och köra maskinen från annat håll där utrustningen delas med flera maskiner.

### ***Organisation***

Maskinförarna minskar i antal och får rollen som systemoperatörer med övervakning av hela maskinsystem som uppgift. Om övervakningen av systemet sker från t.ex. en ”hytt” på avlägget kan arbetsmiljön förbättras och skaderisken minskas avsevärt. En sådan hytt kan inriktas helt mot bra arbetsmiljö och finns sannolikt redan inom industrin. Den behöver t.ex. inte klara slagprovning. Hytten som sådan bör kunna göras avsevärt billigare än en maskinhytt. Tidsbegränsningar av arbetspassens längd på grund av vibrationer el. dyl. blir inte aktuella. Maskinernas tidsutnyttjande kan ökas trots minskad personalstyrka.

En del av de möjligheter som listats här kan naturligtvis i vissa situationer snarare upplevas som hot men detta påverkar inte utvärderingen av de tekniska möjligheterna eller de företagsekonomiska bedömningarna av olika förändringar. I första hand är det den eventuellt ökade maskinkostnaden som skall balanseras mot rationaliseringsvinsten. I ett större samhällsligt perspektiv skall självfallet sådana här systemförändringars inverkan på infrastrukturen m.m. ingå i beslutsunderlagen.

## Vägen mot målet

I det följande beskrivs en möjlig utvecklingsväg mot målet förarlösa maskiner. Därmed inte sagt att det inte kan finnas en operatör någonstans som övervakar ett eller flera system och som kan ingripa när någon maskin ber om det. Utgångspunkt har tagits i det system med drivare som finns realiserat i dag och består av en modifierad skotare försedd med drivar-aggregat.

### ***Enläggs drivare***

Den generation drivare som redan finns i dag och som representeras av Pogen (figur 1) och Pika (figur 2) kan uppnå vissa rationaliseringsvinster i körd sträcka och i kranarbetet. Det är emellertid till stor del den sänkta flyttkostnaden som gör att systemet kan vara ekonomiskt under vissa förutsättningar. Om prestationen i avverkning och skotning kan höjas till samma nivåer som i 2-maskinsystemet kan denna ”nisch” utökas något. Runtomsvängande kran och hytt (figur 3) kan kanske ytterligare höja prestationen men ger sannolikt också en fördyring som fordrar att andra faktorer, t.ex. skadenivån, vägs in och åsätts ett visst värde.



**Figur 1.**  
**Pogen, en drivare för gallring och medelgrov slutavverkning. Foto: Tillverkaren.**



**Figur 2.**  
**Pika, en gallringsdrivare. Foto: Tillverkaren.**

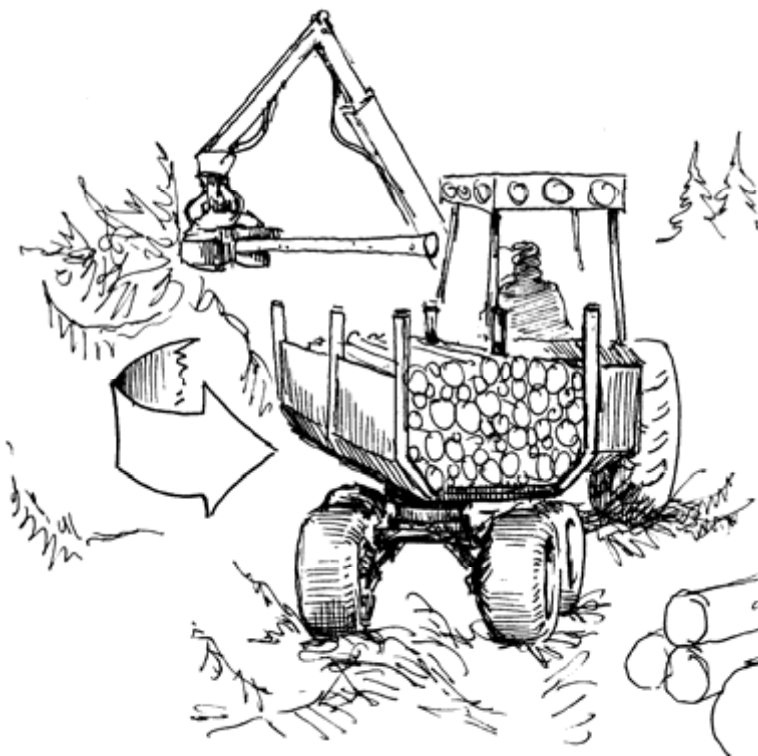


**Figur 3.**  
**Valmet, runtomsvägande träddelsskördare. Foto: SkogForsk.**

Ett större framsteg för enläggs drivare vore om virket kunde upparbetas direkt i lasset. För en backande drivare som Pogen skulle det vara möjligt åtminstone till en viss höjd där sikten blir för dålig. Det är dessutom bara stickvägsträden som kan hanteras så, såvida maskinen inte kan hantera stående träd som lyfts in från stickvägsmellanrummen och läggs i



stickvägen. I praktiken kanske halva volymen kan upparbetas direkt i lasset. Om i stället runtomsvängningen placerades under lastutrymmet skulle det kunna göras åtkomligt för direkt upparbetning även framifrån (figur 4) med bättre sikt som följd. Andra sätt kan vara att vinkla maskinen och föra hytten åt sidan eller att förse maskinen med dubbla midjor så att lastutrymmet kan sidförskjutas (figur 5). Sådana lösningar ger ökad flexibilitet för upparbetning direkt i lasset men på bekostnad av ökat utrymmesbehov, vilket är en nackdel i gallring.



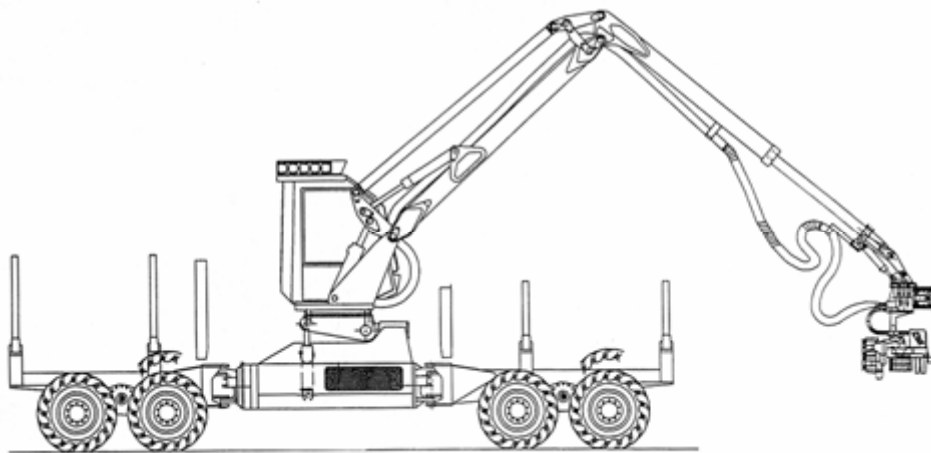
**Figur 4.**  
Drivare med vridbart lastutrymme. Illustration: SkogForsk.



**Figur 5.**  
Drivare med dubbla midjor. Källa: Vision 2000, Sydved.

## ***Tvåläggs drivare***

Om drivaren förses med två lastutrymmen kan samma lastvolym som hos enläggs drivaren lastas direkt utan att sikten behöver begränsa (figur 6). Ett andra villkor är att maskinen kan ta in stående träd och att den har runtomsvängande hytt och kran placerad mellan lastutrymmena. En sådan maskin kan realisera ett system där man hela tiden har kontroll över virket, aldrig släpper det på marken förrän det har nått åtminstone avlägget. Runtomsvängningen får här en metodmässig betydelse. Dels är den nödvändig för att båda lastutrymmena skall kunna utnyttjas, dels kan den utnyttjas för att hantera fler sortiment och för att fylla upp det bakre lasset vid körning ut. Det senare ger flexibilitet i laststorlek som kan minska körningen av ”skvättlass” när de inte går jämt upp på stickvägen.



**Figur 6**  
**Tvåläggs drivare. Illustration: MoDo, Stora och Sydved.**

Sannolikt ger den här tekniken även möjlighet att minska beståndsskadorna. Intagning av stående träd från stickvägsmellanrummen medför att all upp-  
arbetning sker direkt i lasset från stickvägen, där riset koncentreras och minskar körskadorna. En tvåläggs drivare blir tämligen symmetrisk med jämn lastfördelning vid såväl tomkörning som vid körning fullastad. Belastningen på vardera boggiåret blir dessutom lägre än vad en normal skotare har vid fullt lass.

När allt virke upparbetas direkt i lasset är drivaraggregatet inte längre nödvändigt i det arbetsmomentet. Gripfunktionen behövs i princip bara vid lossningen. Nya krankoncept kan ge möjlighet att skifta mellan ett fullfjädrat skördaraggregat och en fullfjädrad grip utan att de stör varandra och utan att omställningen tar lång tid. Den görs ju i princip bara två gånger per lass, men möjligheten finns hela tiden till hands om t.ex. virke faller vid sidan av lasset.

Tvåläggsdrivaren framstår som en ganska naturlig vidareutveckling inom ”tremetersområdet”, där maskinens totala längd blir hanterlig i gallring. Det finns emellertid knappast några tekniska hinder att skala upp maskinen till slutavverkning om man utnyttjar möjlig maskinbredd fullt ut.

### ***Enhetslaster***

I ett drivarsystem kan således lastningsarbetet rationaliseras bort helt eller delvis. Lossningen av lasten vid bilväg kvarstår dock som ett mindre värdehöjande moment. Lossningsarbetet fyller dock en viss funktion om virket samtidigt sorteras. Vid sortren skotning borde det ligga nära till hands att utveckla något sätt att tippa av hela lass. Ett annat sätt är att bilda enhetslaster som ställs av på avlägget och hämtas intakta av virkesbilen. Här är det återigen antalet sortiment och sorteringen tidigt i flödet som skapar svårigheter. Utöver behovet av ett stort antal lastenheter fordras ett logistiskt komplicerat system av returtransporter vars komplexitet ökar snabbt med antalet sortiment. Ett enhetslastsystem som omfattar både terräng- och vidaretransport synes därför mycket avlägset såvida inte uppdelningen i sortiment kan förläggas närmare industrin.

Ett möjligt system är att använda enhetslaster fram till avlägg. Virket sorteras inte men olika sortiment märks för senare automatisk sortering. Enhetslasten kan formas på en ”drivare” för att sedan ställas av och transporteras ut av ett annat fordon. Vid avlägget kan virket tippas av och lastbäraren frigörs för omedelbar returtransport. Antalet lastenheter kan på så sätt hållas nere. Ett system med enhetslaster kan provas i praktiken med en körande enläggs drivare och en förarmanövrerad skotare. Ett sådant system kan även arbeta på stickvägar.

### ***Förlös skyttel***

Den förarmanövrerade skotaren kan utvecklas så att den gör transportkörningen autonomt med hjälp av GPS och inlärd vägsträcka efter drivaren. Dockning till enhetslasten och tippning sköts ännu av föraren. I steget där efter kan även dessa operationer automatiseras och skotaren/skytteln övervakas och vid behov fjärmanövreras av operatören i drivaren tills utvecklingen av givarsystem nått så långt att själva dockningen också kan automatiseras. En operatör sköter nu två maskiner, d.v.s. ett system. I slutavverkning kan en tvåläggs drivare skapa enhetslaster med åtminstone två skilda innehåll. Om det visar sig fördelaktigt kan även skytteln ha plats för två enhetslaster. I ett sådant system är det sannolikt nödvändigt med en vidareutveckling av förarmiljön för att avlasta föraren. Delar av avverkningsarbetet kan automatiseras, men det är viktigt att välja rätt arbetsmoment ur såväl ergonomisk som prestationsmässig synpunkt.

### ***Automatiskt kranarbete eller...***

Kranspetsstyrning kan lägga grunden till en automatisering av visst kranarbete. Med hjälp av laserpekare kan föraren tala om vilket träd som skall avverkas härnäst och samtidigt ange ansättningshöjden för fälldonet. Vid intagning av stående träd kan även intagningen och nedläggningen i stickvägen tänkas automatiserad. Automatisering av kranarbete kräver sannolikt ganska stora utvecklingsinsatser för att ha någon större effekt på förarens arbete. Tillräckligt långa avbrott i den manuella manövreringen bör skapas för att föraren utan stress skall kunna ägna sig åt aptering, stödkörning av skytteln eller något annat. Mikropauser får inte heller glömmas bort.

### ***...automatisk upparbetning?***

Det är förmodligen lättare att skapa sammanhängande avbrott i behovet av övervakning av upparbetningen. Så kan t.ex. sådana granar som bara skall avsmalningsapteras troligen lämnas åt automatiken. Föraren ägnar i det här fallet mesta tiden till att fälla och ta in träd. Markering av tvångskapställen för kvalitet kan ske med laserpekare på det stående trädet. Det är osäkert hur driftsäker upparbetningen är med dagens teknik, hur ofta föraren verkligen måste ingripa. Backning och omtag i matningen skall inte behöva föranleda manuellt ingrepp förrän vid definitiv fastkörning. Vi har dessutom konstaterat i studier att dragkrafterna i engreppsaggregaten har ökat avsevärt under senare tid.

Oavsett vilket alternativ av automatisering som väljs synes inget av dem kunna ge några större prestationsmässiga effekter på en engreppsmaskin vare sig det är en konventionell skördare eller en drivare. Det går helt enkelt inte att fälla och upparbeta parallellt i större omfattning än vad som redan sker. Automatiseringen måste sannolikt drivas mycket långt för att ge effekt på prestationen. Hos tvågreppsskördaren fanns här emellertid en potential till parallellkörning av fällning och upparbetning som aldrig kom att utnyttjas fullt ut.

## ***Tvågreppsdrivare***

I en tvågreppsdrivare kan upparbetningen tänkas ske i stort sett helt automatiskt i ett särskilt upparbetningsläge dit trädet förs över efter att ha tagits in stående till stickvägen (figur 7). Upparbetningen kan ske efter att trädet lagts ned eller i gallring stående. Lastningen sker sedan helt automatiskt i någon form av lastenhet som bärs av maskinen och kan ställas av för uttransport med den tidigare nämnda skytteln. I tvågreppsdrivaren skulle det troligen vara effektivast att automatisera upparbetningen eftersom det troligen är lättast och att två automatiserade operationer, upparbetning och lastning, då följer på varandra. Även med automatisk lastning kan åtminstone två sortiment särskiljas i lasset. Och kanske också tippas av i separata vältor.



**Figur 7.**  
Tvågreppsdrivare med automatisk upparbetning och lastning. Källa: Vision 2000, Sydved.

## ***Sorteringsproblemet***

Antalet sortiment är ett ständigt återkommande problem i alla system oavsett var i kedjan fram till avlägget den görs. Sortering i högar i terrängen ger merarbete vid såväl avverkning som skotning. Sortering i en drivares lastutrymme kan ge dåligt lastutnyttjande när sortimentsammansättningen varierar eller vid ökat kranarbete vid omflyttning av sortiment. Sortering av ruslass på avlägget är tidsödande. Sorteringen utgör i största allmänhet ett stort hinder för fortsatt automatisering i sortimentsmetoden.

Om sorteringen kunde flyttas närmare industrin men med märkning av enskilda bitar eller sortiment vid avverkningen skulle avverkning och terrängtransport kunna rationaliseras avsevärt. Enhetslastsystemet kanske också skulle kunna omfatta delar av landsvägs- och järnvägstransporter. Sådana

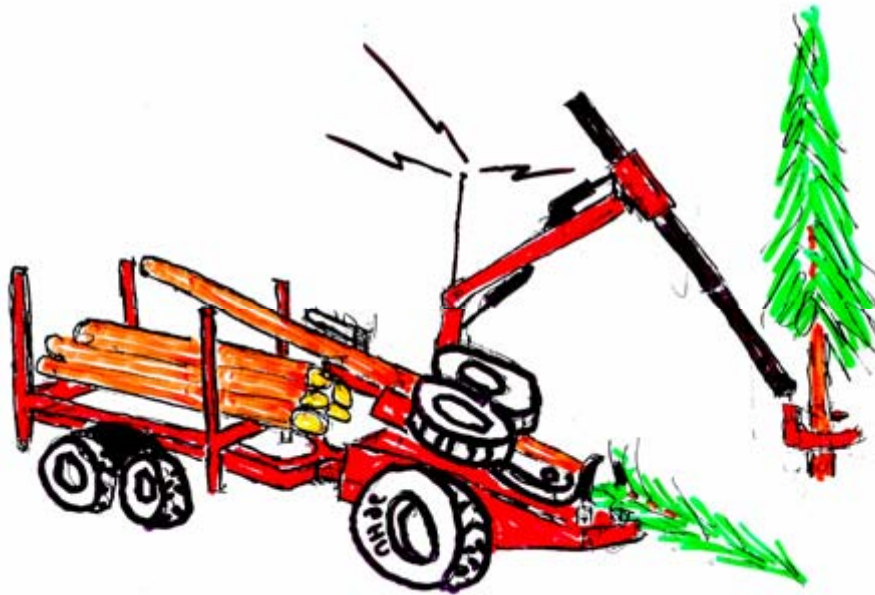
kortvirkessystem skulle i flexibilitet närma sig system med långa toppar, timmerdelar eller t.o.m. stamsystem. För sortering och eventuell uppbyggnad fordras då någon form av terminal eller att det kan ske vid någon industri. Eftersom sågverk och massaindustrier inte ligger intill varandra skulle sådana system oftast leda till fler transporter mellan industrier.

Utan tvekan är dock märkning av virket ett intressant utvecklingsområde för såväl dagens som framtida drivningssystem. Det borde finnas kalkylunderlag att applicera på sådana här systemlösningar i samband med kombinat som exempelvis i Mönsterås där en ny såg avses att byggas mycket nära massaindustrin.

### **Fjärrmanövrering**

Den förarlösa skytteln som beskrivits tidigare kunde vid behov fjärrstyras av föraren i avverkningsmaskinen. Första steget till en mer omfattande fjärrstyrning kan vara att kranarbete och/eller uppbyggnad åtminstone delvis automatiserats. Operatören kan då befinna sig t.ex. i en hytt på avlägget varifrån han övervakar och vid behov fjärrstyr alla maskiner i systemet. Operatören kan gå in i en virtuell miljö som motsvarar den han skulle sett från hytten på den aktuella maskinen. Vi har då nått ett utvecklingskede där förarplats och förarmiljö på maskinen inte längre är relevanta begrepp. Förarhytt och annat kan slopas och ge plats för en friare kombination av andra delar i maskinkonceptet.

Frånvaron av förarhytt förenklar införandet av självlastning samtidigt som många problem kringgås genom att fälldon och uppbyggnadsenhet eller engreppsskördaraggregatet är geometriskt bundna till lastutrymmet. En slutavverknings-skördare (figur 8) skulle i grunden kunna bestå av ett konventionellt skotarchassi men uppbyggnadsenheten och kran med fälldon är placerade där hytten skulle ha suttit. Kranen är så utformad att träden kan placeras i den vridbara uppbyggnadsenheten. Denna griper om träden i rotändan, lyfter toppändan och riktar in träden så att de kan matas ut i lastutrymmet. För att underlätta lastningen följer kapsågen med ett stycke mot lastutrymmet före kapningen så att uppbyggnadsenheten får tillräckligt utrymme vid insvängningen av träden. Trädens svepande rörelse fordrar även ganska fritt utrymme framför maskinen, vilket gör den till en slutavverkningsmaskin. I det skisserade utförandet finns det inga enkla lösningar för sortering av fler än såg två sortiment. Vid avverkningsenheten sparas information om körd väg så att skytteln kan utnyttja den, samt att positioner anges där lastenheterna står.



**Figur 8.**  
Förlös skördare för slutavverkning. Illustration: Ulf Hallonborg.

Lastenheterna hämtas av en förlös skyttel, som bär ytterligare en virkestrave i stället för hytten. Den navigerar med hjälp av GPS kompletterad med andra system för närdetektering. Dockning mot lastenheterna fjärrstyrs än så länge av operatören. Lastenheternas position och innehåll har angivits av skördaren.

Även på en gallringsskördare utnyttjas ett enhetslastsystem som gör engreppsdrivning möjlig. I detta fall har som omväxling en gående maskin valts (figur 9). Mer om motiven senare. Lastenheten är vridbar så att upparbetningen kan ske direkt i lasset. De fyllda lastenheterna ställs av i stickvägen där en fjärrstyrd hjulburen skyttel hämtar dem. Gallringsskytteln är en fyrhjulig helhydrostatisk maskin med breda däck och CTI för lägsta marktryck samt slirningskontroll för högsta drivförmåga.



**Figur 9.**  
Gående förarlös gallringskörare. Illustration: Ulf Hallonborg.

Ett tänkbart framtida drivningssystem kan vara uppbyggt som i figur 10. Systemet består av en skördare och en eller flera skyttlar som alla är förarlösa och delvis autonoma. På avlägget finns emellertid en systemoperatör som övervakar alla maskinerna och som kan gå in och korrigera deras beteende när så erfordras.



**Figur 10.**  
Förarlöst drivningssystem övervakat från avlägg. Illustration: Ulf Hallonborg.

I ett sådant system ingår naturligtvis även informationssystem för drift- och produktionsuppföljning samt produktflöde. Sparade terräng- och beståndsdata från avverkningen gör det också möjligt att generera kartor över



objektet där t.ex. höjdkurvor kan vara till ledning för att tillsammans med höjdläge och breddgrad prognosticera framtida röjningsbehov. Liknande kartor tillsammans med träddata kan användas för att styra markberedningens intensitet och val av trädslag samt antal plantor per hektar vid återbeskogningen.

I gallring styrs uttaget till önskad nivå med hjälp av GPS och eventuella givare på kranarmen. Trädvalet sker med hjälp av pekteknik men på lång sikt kan system för närdetektering som bland annat inkluderar bildanalys vara tänkbara. Vid avverkningen samlas data om trädslag stamform m.m. in som framtida underlag för förbättrat prognosunderlag i apteringssystemen vid den kommande slutavverkningen där det finns möjligheter att koordinatsätta såväl träd som avverkade högar.

### **Hjul eller ben?**

Vid automatisk navigering med GPS och eventuella stödsystem kan skillnaden mellan att navigera ett hjulburet och ett gående fordon vara relativt stor. Först och främst kan konstateras att gående fordon över huvud taget knappast lämpar sig för transporter eftersom deras största nackdel är låg hastighet och kommer att så vara under lång tid. Ett hjulburet fordon har i gengäld ett ganska begränsat rörelsemönster jämfört med ett gående. Det hjulburna har bara en fullt utbildad frihetsgrad i sitt rörelsemönster och det är fram/back. Dessutom kan den svänga åt vardera hållet men bara i begränsad omfattning. Ett gående fordon har tre fullt utbildade frihetsgrader i sina rörelser i planet. Den kan köra fram/back, den kan förflytta sig vinkelrätt i sidled och den kan vändas på stället. Manövrerbarheten är således väsentligt bättre hos ett gående än hos ett hjulburet fordon. Framkomligheten för ett hjulburet fordon är starkt beroende på dess förmåga att undvika hinder framför hjulen. Den sämre manövrerbarheten gör att hinder därför måste lokaliseras med större framförhållning för det hjulburna fordonet. Det gående fordonet kan kliva över hindret eller gå rakt i sidled för att undvika det. I princip fordrar det gående fordonet endast fri ”horisont” för att ta sig fram.

Hos en skördare är kravet på hastighet inte särskilt uttalat. Det kan därför vara den maskin som är bäst lämpad för tillämpning av den gående tekniken. Samtidigt fås en maskin som i gallring är lättmanövrerad i beståndet och som bara komprimerar marken på mindre ytor.

### **Autonomi**

En annan tillämpning av den gående tekniken där den kan ge synergieffekter är i markberedning och/eller maskinell plantering (figur 11). Det här är troligen det maskinkoncept som i tiden tekniskt sett ligger närmast en helt autonom maskin. Markberednings- och/eller planteringstekniken finns. Likaså tekniken för själva förflyttningen. Det som erfordras ytterligare är överordnade system för koordinering av arbete och förflyttning i en viss riktning. Mycket av det utvecklingsarbete som erfordras ytterligare ligger på mjukvarusidan.



**Figur 11.**  
Gående förarlösa planteringsmaskiner. Illustration: Ulf Hallonborg.

De ”kranarmer” maskinen går på utför markberedningen och planteringen med ”fötter” som arbetar likt Bräcke-Planter. Två maskinfunktioner har här integrerats i tiden samtidigt som vi har minskat maskinens terrängberoende. Det senare är inte minst viktigt just vid skogsvård där friheten att välja väg är viktig. Maskinen är cirkulär för att undvika alltför utpräglade radförband. Den har ingen egen definierad riktning. GPS-teknik används för att hålla maskinen inom objektet, för att hålla planteringsstråken och för att väja för undantag för naturhänsyn. Data till detta samt trädslag och plantantal har sitt ursprung i avverkningsmaskinen och återväxtplaneringen. Lämpliga planteringspunkter söks upp med hjälp av bildanalys och andra detektorer. Arbetsresultatet vid markberedningen bedöms genom avkänning av arbetsredskapet och avläsning av markberedningsstället så att misslyckade planteringar undviks. Maskinen är också utrustad med system för plantvård. Vid torr väderlek kan den hämta vatten på specificerad plats och ge plantupplaget lämplig bevattning.

På mycket lång sikt kan flera maskiner på samma objekt tänkas samverka i ”sociala” strukturer där de hjälper varandra med framtransport av bränsle och plantor.

# Diskussion

## ***Tekniska hierarkier***

Planteringsmaskinen ovan kan tas som exempel på hur teknikutveckling kan gå till. För ett antal år sedan ansågs kranspetsstyrning som frontforskning. I dag ingår liknande system som komponenter i den gående skogsmaskinen som redan finns i praktiken. Samtidigt har den maskinella planteringen utvecklats. På skilda håll har sålunda system utvecklats som skulle kunna utgöra delsystem i en gående planteringsmaskin. På en nivå ovanför dessa delsystem skapas i hierarkin en ny nivå med uppgift att samordna systemen i nivån under. Inom robottekniken talar man om ytterligare en högre nivå där de enskilda kompletta robotarna formar sociala strukturer. Den högre nivån styr systemet av robotar så att totaleffekten blir den bästa. På samma sätt kommer nya tekniker för detektering av olika saker så småningom att betraktas som enkla systemkomponenter i framtida system. Flera av dessa komponenter fattas i dag och hindrar vidare automatisering i skogsbruket.

En stegvis utveckling ger möjlighet att anpassa utvecklingstakten till den teknik som i varje skede finns tillgänglig. Bearbetning av begränsade problemområden kräver blygsamma resurser jämfört med att direkt gå på slutmålet, fullständig autonomi. Under ett sådant långvarigt projekt kan det också visa sig att slutmålet av någon anledning inte längre är intressant. Den optimala lösningen kan visa sig ligga någonstans på vägen mot fullständigt autonoma system. Låt oss återgå till det drivningssystem som beskrevs ovan. Det mål som skisserats, en skördare i slutavverkning och en eller flera delvis autonoma skotare som övervakas från avlägget, kan vara en sådan lösning.

## ***Nyckelfunktioner***

Studerar man olika maskintypers arbetscykler ser man vissa funktioner, t.ex. förflyttning i terräng, som är gemensamma för dem alla. Andra funktioner är generella för en viss maskintyp, t.ex. trädvalet för skördare. I det skisserade systemet är dockningen av en enhetslast en nyckelfunktion för skotaren, men väljer man robotisering av kranarbete som alternativ utvecklingsväg blir gripande av last från marken eller lastutrymme nyckelfunktion i stället.

Varje funktion kan ses som ett eget reglersystem i hierarkin. Sensorer samlar indata, som organiseras, bearbetas och lagras på lämpligt sätt så att de kan ge signaler till överordnade system om produktion och produkter. Det vanligaste hindret vid automatisering är att lämpliga sensorer saknas. Det är därför naturligt om försöken att automatisera olika maskinfunktioner inledningsvis, kan komma att koncentreras kring olika sensortekniker.

Den grundläggande tekniken för all lägesinformation är GPS-tekniken, men den behöver troligen kompletteras med andra tekniker t.ex. vanlig trög-hetsnavigering för att en skotare skall kunna köras med tillräcklig noggrannhet på en stickväg. När skotaren sen skall docka mot en enhetslast fordras

andra system som känner igen lastenheten, hur den står, och kan manövrera skotaren därefter. GPS tekniken duger troligen för att vägleda en skördare eller en planteringsmaskin i sina arbetsstråk allra helst som hastigheten är låg. Vid trädval eller val av planteringspunkt måste andra sensorsystem kopplas in för att lösa de uppgifterna.

Samtidigt som det är nya informationstekniker som GPS, GIS m.m. som öppnar möjligheter för långtgående automatisering kan det också visa sig att kommunikationstekniken begränsar möjligheterna att överföra all den information som ett förarlöst avverkningssystem behöver. En tveklöst viktig arbetsuppgift är därför att utreda hur sådana kommunikationssystem skall arbeta.

### **Urval av forskningsområden**

Som framgått av skrivningen ovan finns det ett stort antal problem som måste lösas, ett stort antal forskningsuppgifter att arbeta med om man siktar mot helt autonoma maskiner. System med delvis autonoma, eller förarlösa maskiner med en övervakande operatör är ett mer realistiskt och mer näraliggande mål.

På kort sikt handlar det mer om en effektivisering av dagens maskiner. Där kan delautomatisering kanske skapa en arbetsmiljö i maskinen som ger möjlighet till hög produktion under en längre del av arbetspasset. En ingående analys av arbete i t.ex. en engreppsskördare är nödvändig för att klarlägga var potentialen finns. En vidareutveckling av kranstyret kan öppna vägen för **automatisering av kranarbetet** med ökade möjligheter till mikropausar i arbetet och därigenom ökad uthållighet hos föraren. Rent tekniskt leder det inte till någon direkt rationalisering eftersom kran och upparbetning är tidsmässigt låsta till varandra. Detsamma gäller **automatisering av upparbetningen** i dagens maskiner, men i en tvågreppsdrivare skulle en sådan automatisering ge avsevärda fördelar genom att fällning/intagning och upparbetning kan ske parallellt.

Ett annat problemområde som har stark anknytning till effektivisering av dagens maskiner, såväl engreppsskördare som drivare är **flerträds-hantering**. Här är det framför allt den dåliga kvistningen som behöver förbättras. Tidigare ansträngningar på det här området har inte givit tillfredsställande resultat. En nysatsning på den här tekniken är viktig.

På längre sikt finns forskningsuppgifter som kan bana väg för nya typer av system. En sådan uppgift är att finna någon metod för **märkning av virket**. Det skulle ge större frihet att förändra logistiken i virkesflödet. Sorteringen skulle inte längre med nödvändighet ske direkt vid avverkningen. Tekniken borde ge möjlighet till individuell märkning för automatisk sortering även om den kanske bara utnyttjades för särskilt värdefulla sortiment. En del av sortimenten kan troligen sorteras efter form. Sortering senare i logistikkedjan skulle öppna möjligheter till användning av **enhetslaster** i första

hand i terrängtransporten fram till avlägg. Samlastning av sortiment underlättar elimineringen av lastningsarbetet i terrängen. Enhetslasten i sin tur skapar möjlighet att utnyttja en förarlös transportmaskin med automatisk **navigering**. Det räcker långt om maskinen kan köra en inlärdd väg som bestäms av avverkningsmaskinen.

De forskningsområden som lyfts fram under den här rubriken skall ses som just forsknings- och utvecklingsområden som var för sig fordrar en mer ingående problembeskrivning och planering innan arbetet påbörjas. Ordningen ovan innebär ingen rangordning, snarare en viss inriktning i tiden, från dagens maskiner mot framtida system.