

# REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR. 2 2006



Utvecklingskonferens 2006  
dokumentation



Redaktör: Lars Åkerman  
Ansvarig utgivare: Jan Fryk  
Formgivning: Niclas Eklund, Odenkontoret

© Skogforsk december 2004 ISSN 1103-4580  
Gävle Offset AB, Gävle

# REDOGÖRELSE

## Utvecklingskonferens 2006 Dokumentation

# Innehåll

Sammanfattning	5
<b>LOGISTIK</b>	
Kostnadseffektiv och smidig virkesförsörjning	18
Effektivare informationsflöden	20
Rätt väg för skogens transporter	25
Spara pengar med smarta beslutsstöd	28
Optimera maskinresurserna	32
Listigare rutter	37
<b>TEKNIK</b>	
Vi vill vässa skogsbrukets konkurrenskraft	42
Drivningsteknik i morgon och i övermorgon	46
2000-tal, dags att mekanisera skogsvården?	52
Tryck och energi i transporterna	58
Bränsleförbrukning och förarmiljö	60
Vi summerar teknikblocket	66
<b>VIRKE</b>	
Virkets värde är frukten av ditt arbete	68
Prognoser för bättre sågtimmerleveranser	74
Ny automatik för kvalitet och kubik	79
Enkelt att se hur rätt skördaren mätt	86
<b>SKOGSPRODUKTION</b>	
Den gamla skogen står i vägen för den nya	94
Strategiska skogsbruksval	105
Strategiska skogsbruksval – analys av ekonomiska konsekvenser	111
Skogsbruksplaner – om skogsägaren själv får välja	112
Stora möjligheter i lövskogen	116
Dåliga plantor – garanti för misslyckad förnygring	121
<b>NATUR OCH MILJÖ &amp; KOMMUNIKATION</b>	
Många bäckar små	126
Naturvärden och naturvård i ungskog	131
Mycket älgmat skadar inte	134
Räkna med din skog – smarta beslutsstöd på webben	138

# U-konf till tusen!

Med över 800 deltagare från skogsbruket och över 250 studenter passerade **Utvecklingskonferensen 2006** med råge drömgränsen 1 000 deltagare. Konferensen har därmed utvecklats till skogsbrukets största kvalificerade branschträff med fokus på utvecklingsfrågor.

”Alla” var där. Vi samlade entreprenörer, planerare och distriktare, uppfinnare och tillverkare, virkeschefer och skogsdirektörer runt utvecklingsfrågor och trendspaningar. Och studenterna förstås - framtiden är redan på plats.

Sist men inte minst: utvärderingarna visar att de kräsna och nyttoinriktade deltagarna är mycket nöjda med U-konf!

Sverker Johansson  
informationschef



# Sammanfattning

## KOSTNADEFFEKTIV OCH SMIDIG VIRKESFÖRSÖRJNING

Gert Andersson

Logistikutvecklingen i skogsbruket följer utvecklingen inom övrig industri. För att stärka industrins konkurrenskraft arbetar man med två delvis motstridiga målsättningar:

- resurssnål produktion (lean production)
- hög servicegrad för att klara krävande kunders efterfrågan (agility).

Översatt till skogsbruket gäller det att kombinera det vi traditionellt är duktiga på. Inre effektivitet, d.v.s. att utnyttja drivnings- och transportresurserna optimalt och att hålla låga lager och korta ledtider ska kombineras med yttre effektivitet, d.v.s. göra ytterligare insatser för att helheten ska bli bra och att kunderna tillfredsställs på bästa sätt.

För att nå framgång i skogsbrukets fortsatta logistikarbete krävs att ett antal grundläggande byggklossar verkligen fungerar och fortsätter att utvecklas. Vi belyser i ett antal föredrag: Digitala vägar, Kommunikation, Standards för informationsöverföring och ett antal beslutsstöd för strategisk, taktisk och operativ planering.

Vi diskuterar också hur skogsbruket snabbare kan gå från teori till praktik. Just nu genomför Skogforsk ett implementeringsprojekt med fyra medverkande företag där vi för ut våra beslutsstöd för strategisk/taktisk flödesplanering (FlowOpt) och operativ transportplanering (RuttOpt). Vi tror att dessa projekt kommer att ge viktiga erfarenheter hur beslutsstöden ska utvecklas för att bli användarvänliga och hur de bör integreras i ett företags befintliga systemmiljö.

## EFFEKTIVARE INFORMATIONSFLÖDEN – VILKA VÄGAR VÄLJER VI?

Bertil Lidén

Informationsflödena går som en röd tråd genom visionen *Logistik 2010*. Alla som arbetar med virkesflödet har tillgång till virkesinformation med bra kvalitet dygnet runt. Nya möjligheter att utveckla detta i våra mobila miljöer kommer inom de närmaste åren.

I dag finns brister i skördar- och skotarrapportering, men omfattning och frekvens förbättras. Antalet virkesfordon som utrustas med fordonsdatorer visar en snabb ökning.

Inom några år kommer NMT och Mobitex att vara föråldrade och stängas ned. Ett digitalt nät på 450 MHz-bandet kommer att byggas och ska stå klart 1 juli 2007. Det ska då täcka 80 % av ytan i varje län. Nätet kan på sikt komma att kunna erbjuda ”mobilt bredband” om operatören får tillgång till fler frekvenser.

TeliaSonera kommer att bygga ut sitt GSM-nät till en täckning som motsvara dagens NMT. Man inför också den s.k. EDGE-tekniken, som ger högre datahastigheter, nästan i klass med 3G-näten.

En viktig förutsättning för en utvecklad logistik är att det på varje arbetsplats finns tillgång till dator eller s.k. smart-phone. Skogforsk bedömer att så blir fallet något eller några år före 2010.

Nya standarder har utvecklats för transportstyrning. Dessa kommer att förvaltas av SDC och i kombination med den etablerade STANFORD-standarderna finns förutsättningar för ett smidigt informationsutbyte mellan olika system och företag verksamma i virkesflödet.

Med bättre antenner kan täckningen förbättras. Ett annat sätt att förbättra informationsflödet är att använda mobiltelefonen som s.k. dataskyttel. Detta har testats i ett särskilt projekt.

Med bättre täckning och snabbare dataförbindelser kommer nya applikationer och arbetssätt att bli möjliga. Grupp-samtal (PUSH-to-TALK) och fjärrservice är några exempel.

I en situation med allt fler tekniska alternativ är det viktigt att så långt möjligt förenkla för användaren så att skogsbruket verkligen drar nytta av alla tekniska möjligheter.

## RÄTT VÄG FÖR SKOGENS TRANSPORTER

Martin Ekstrand

Den digitala vägdaten, NVDB, är viktig för att utveckla den skogliga logistiken. Med hjälp av den kan transport- och flödesplanering bli bättre och administration effektiviseras.

I administrativa system för transportersättning och beslutsstöd för t.ex. väghållning samt avverknings- och transportplanering är det viktigt att kunna beräkna avstånd mellan t.ex. avlägg och industri på ett tillförlitligt sätt. En vägvalsfunktion för att skapa digitala vägval i NVDB har därför utvecklats av skogsnäringsgen gemensamt.

Skogforsk har på uppdrag av SDC undersökt hur vägvals-

funktionen ska ställas in. Efter tester och diskussioner med skogsbruket framkom tre olika inställningar av vägvals-funktionen:

- Avstånd
- Pris
- Faktiska vägval

Den tillämpning av vägvalsfunktionen som ligger närmast i tiden är avståndsberäkningar för transportprissättning. SDC och fler skogsföretag har redan förberett system för detta.

För att få tillförlitlighet i användningen av komponenten måste dock inställningarna utvärderas och modifieras ytterligare. Eventuellt bör också det verktyg i NVDB som används för att skapa inställningarna till vägvalsfunktionen utvecklas.

För att NVDB ska kunna utnyttjas är det nödvändigt att åjourhållningen av databasen fungerar effektivt. Åjourhållningsarbetet startas nu upp av skogsföretagen och av de tre lokala organisationer som har skött inrapportering på vägnätet utanför de större skogsägarna. (SNDB Norr, Mitt och Syd).

## **SPARA PENGAR MED SMARTA BESLUTSSTÖD**

Mikael Frisk

Skogforsk har utvecklat prototyper till beslutsstöd för planering av vägupprustning (VägRust) och strategiska/taktiska logistikbeslut (FlowOpt). Dessa har till funktion och uppbyggnad presenterats tidigare bl.a. vid Utvecklingskonferensen 2004. I detta föredrag redovisas resultat från några av de studier som gjorts med dessa beslutsstöd. Resultaten visar på goda potentialer till att förbättra logistikplaneringen genom att utnyttja beslutsstöd med optimeringsmodeller.

VägRust, för planering av vägupprustningar, testades på ett område på Stora Enso. I studien identifierades de mest kostnadseffektiva investeringarna som behövdes i vägnätet för att säkra ett kontinuerligt virkesflöde även under bärighetsmässigt kritiska perioder.

FlowOpt, för strategisk och taktisk flödesplanering, har använts vid flera studier tillsammans med olika skogsföretag. Ett exempel är en studie där vi analyserade vilken effekt en planerad järnvägsterminal skulle ha på företagets logistiksystem. Resultaten visade att logistiken skulle bli billigare

samt att en stor del av transportarbetet skulle kunna flyttas från lastbil till tåg.

I en annan studie analyserades, om ett antal företag skulle kunna effektivisera virkestransporterna genom bättre destination, både internt och mellan varandra. Resultaten visade att det skulle vara möjligt att sänka transportkostnaderna med 12 % eller 6 kr/m<sup>3</sup>fub. Dessutom skulle de negativa miljöeffekterna från transporterna minska med närmare 20 %.

I en studie användes en utvecklad version av FlowOpt för att skapa underlag till Sveaskogs logistikplanering efter stormen Gudrun. FlowOpt hade utvecklats för att passa nya förutsättningar och kunde på kort tid ge svar på exempelvis vilka tåglösningar som borde nyttjas, var de begränsade avverknings- och transportresurserna skulle sättas in och vilka nya kunder som borde prioriteras.

En del i Skogforsks arbete är att föra ut resultat till intressenterna. Därför satsar vi under 2006 på implementeringsprojekt, med syfte att få två av våra prototyper att användas i verksamheten på några företag.

## **OPTIMERA MASKINRESURSERNA**

Sten-Gunnar Skutin

I arbetet med att planera aktuella avverkningar måste drivningsledaren eller motsvarande alltid ta ställning till vilka maskinlag som ska tilldelas vilka avverkningstrakter. En fråga som också uppkommer med jämna mellanrum är om man har rätt sammansättning av maskinlag och olika maskintyper.

Maskintyperna har olika kostnader och prestation per G15-timme på olika typer av trakter, beroende av bl.a. avverkningsform, medelstam och skotningsavstånd. Det är inte självklart vilka kombinationer av maskiner och trakter som ger de lägsta avverkningskostnaderna, och hur maskinflottan med hänsyn till traktbankens innehåll totalt sett bör vara utformad.

Skogforsk har genom att utnyttja logiken i FlowOpt (ett beslutsstöd för flödesoptimering) tagit fram ett nytt system för maskinresursplanering på strategisk och taktisk nivå som hanterar ovanstående frågor. Det nya systemet kan användas dels för att optimera tilldelningen av trakter per befintliga maskinlag, dels för att optimera hela maskinflottans sammansättning.

Det nya beslutsstödet har testats i en pilotstudie på



Mellanskog, på ett drivningsområde i södra Hälsingland, där man önskade analysera hur en ny maskinpark borde utformas, och vilken roll den befintliga drivaren bör spela.

Genom att optimera maskinvalet per trakt (i en ny maskinpark) kan man enligt analysen sänka drivningskostnaden på det aktuella drivningsområdet med ca 5%. De största konsekvenserna för maskinflottan är att de små maskinerna (små skördare och små skotare) försvinner och att antalet drivare fördubblas. Utnyttjandet av stora skördare och mellanstora skotare ökar något.

Det nya beslutsstödet för optimering av maskinresurserna på strategisk och taktisk nivå är lätt att sätta sig in i och kräver relativt lite indata, förutsatt att man kan använda befintliga prestationsfunktioner. Vi hoppas därför det kan komma till användning på flera företag.

## LISTIGARE RUTTER

Bertil Lidén

Studier av beslutsstöd för daglig planering av fordonsflottor, där man låter datorn föreslå rutter för varje enskilt fordon, baserade på optimeringsberäkningar visar på potentiella kostnadsbesparingar i storleksordningen 5–10%.

Skogforsk har tillsammans med Linköpings universitet och flera av våra intressentföretag vidareutvecklat RuttOpt, en prototyp till beslutsstöd för daglig planering av virkesfordon.

Vid uppstarten av en analys med RuttOpt krävs ett omfattande arbete med att beskriva förutsättningarna för hur fordonen kan utnyttjas. Det gäller efterfrågan, öppettider och lossningstider vid industrin samt inte minst tillgängliga volymer och sortiment vid avläggningen.

För att identifiera lämpliga rutter, som minimerar transportkostnaden, måste RuttOpt räkna fram lämpligt vägval från ett avlägg till andra avlägg. För detta används uppgifter i NVDB, vilka sedan kan korrigeras med erfarenhetstal bl.a. för att få rätt körhastighet.

I samarbete med Holmen Skog genomfördes en studie under tre dygn. Syftet var att vidareutveckla RuttOpt och få jämföra teoretisk beräkning med hur ett antal fordon körde i verkligheten.

För att inte den teoretiska planeringen i RuttOpt bara skulle ”skumma grädden” av tillgängliga volymer, balanserades problemet så att utbudet av virke sattes lika med de volymer som faktiskt kördes under de tre dygn studien

genomfördes. På så sätt skulle fordonen i RuttOpt-analysen inte kunna köra andra lass än de som verkligen kördes in och jämförelsen mellan praktisk och teoretisk planering bli möjlig.

Resultaten från optimeringen visade att de 203 lassen som kördes under tre dygn kunde ha körts in med både mindre lasskörning och tomkörning. Man skulle ha kunnat spara in 8% av körsträckan. Av de tillgängliga tolv virkesfordonen kunde man klara transportererna med 10 fordon dag 1 och 11 fordon dag 3. Under dag 2 behövdes alla fordonen.

## VI VILL VÄSSA SKOGSBRUKETS KONKURRENSKRAFT

Magnus Thor

Utveckling av skogsbrukets teknik, metoder och system har varit och är fortfarande mycket betydelsefullt för skogsbrukets lönsamhet och näringsens konkurrenskraft. Under perioden 1992–2004 har skogsbrukskostnaden utvecklats till 64% av konsumentprisindex, KPI. Av skogsbrukskostnaden utgör t.ex. drivning 60%, skogsvård 20% och vägar 5%. Var och en av delposterna har utvecklats i olika takt under perioden. Kostnaden för transporter har ökat med 15% relativt KPI.

De kommande föredragen ger glimtar av hur drivning, röjning och transporter kan effektiviseras. Därutöver ges en presentation av hur bränsleförbrukningen kan sänkas och hur förarmiljön kan förbättras i skogsbruket.

Mycket kan förbättras i våra befintliga system och mycket spännande finns inom räckhåll när det gäller ny teknik. Men utmaningarna är stora, och många faktorer ligger utanför vår kontroll. Faktum kvarstår att svenskt skogsbruk uthålligt måste fortsätta att uthålligt höja produktiviteten med storleksordningen 2–3% per år. Nyckeln till framgång i detta avseende bedömer vi bestå av faktorer som

- Samverkan mellan brukare, tillverkare och forskare
- Ökad intensitet i FoU
- Snabbare tillämpning av FoU-resultat

Skogforsk tänker vara drivande i samtliga dessa frågor.

## **DRIVNINGSTEKNIK I MORGON OCH I ÖVERMORGON**

Björn Löfgren & Marie Jonsson

Fortfarande kan mycket utvecklas på dagens skogsmaskiner när det gäller teknik och metoder för effektivare drivningsarbete. Drivningstekniken imorgon består därför sannolikt av en vässad variant av det vi använder i dag. Bland annat skulle förbättringar av hydraulsystemet ge stor effekt på prestanda och bränsleförbrukning samt sänka underhållskostnaderna. För att bättre ta tillvara virkesvärdet måste dubbaskador minimeras. Våra studier pekar på att det går att klara sig inom aktuella gränsvärden redan i dag, och att dubbaskadorna kan minska ytterligare. I arbetet med att öka flexibiliteten hos drivningssystemen kan kombimaskinen, i princip en skotare med skördaraggregat, ses som en möjlighet. Kombinationsmaskinen kan med fördel användas som en del i ett tre- eller femmaskinsystem.

I framtiden ska produktiviteten och intäkterna ökas ytterligare, samtidigt som den mentala och fysiska belastningen på föraren måste minska. För att kunna testa och utvärdera nya idéer och koncept, utan att det ska kosta alltför mycket, har Skogforsk byggt upp en simulatormiljö för skogsmaskiner. I simulatören har kransspetsstyrning, d.v.s. då skogsmaskinens kran styrs med endast en spak, prövats. Resultaten visar på ökad prestation, snabbare inlärning och bättre arbetsmiljö. Dessutom har automation av arbetssekvenser studerats, vilket resulterat i minskad spakanvändning och större möjlighet till pauser i arbetet. I arbetet med informationshantering har en "head-up-display", med vilken information projiceras på vindrutan, prövats med gott resultat.

## **2000-TAL, DAGS ATT MEKANISERA SKOGSVÅRDEN?**

Isabelle Bergkvist

Röjning har bedrivits på i stort sätt samma vis under de senaste 50 åren. Under senare år har en delmekaniserad metod som används i det kanadensiska skogsbruket testats i ungskogsröjning med goda studieresultat. Metoden innebär maskinell röjning i 2,0–2,5 m breda stråk och motormanuell selektiv röjning i mellanzonerna som lämnades 4–8 m breda. För att kunna utvärdera hur metoden fungerar i praktisk drift i svenska bestånd har en prototypmaskin under hösten 2005 röjt drygt 700 ha hos Sveaskog, SCA

och Holmen. Som prototypmaskin används en Treemme MM250B utrustad med en FAE grenkross från Tecura AB. FAE grenkross är ett breddavverkande aggregat som arbetar med 2,5 m stråkbredd. För att metoden ska kunna konkurrera med traditionell röjning krävs uppskattningsvis en framryckningshastighet över 25 m/min. Efter ca 730 stråkröjda hektar fördelat på 24 bestånd har maskinen kört 37 m/min i medelhastighet. I några bestånd har hastigheten varit över 50 m/min. Stråkyteandelen har varit mellan 25 och 30 %, vilket innebär mellanzonsbredder runt 6–8 m. Tidsåtgången för att stråkröja ett hektar är därmed 0,5 h. I de bestånd som röjts har maskin och aggregat varit nog kraftfulla för att framryckningshastighet varken ska ha påverkats av medelhöjd i beståndet eller stamtäthet. Studier och uppföljning tyder på en prestationsökning för den motormanuella mellanzonsröjningen, åtminstone i tätare bestånd. Ökar prestationen i mellanzonsröjningen är metoden konkurrenskraftig jämfört med traditionell röjning redan vid stamantal mellan 5 000 och 10 000 stammar per hektar beroende på prestationsökningens storlek. Tidsbesparingen är drygt 15 % även utan prestationsökning i bestånd med 5 000 stammar per hektar. Metoden har en del inkörningsproblem att brottas med. Bland annat är organisationen svår att lösa kring maskinen och den har haft ett mycket lågt TU med höga timkostnader som följd.

Sammanfattningsvis är dock potentialen för metoden hög med möjlighet till sänkta kostnader, minskad tidsåtgång per hektar och därmed ökad areal årlig utförd röjning. Dessutom finns möjlighet att i framtiden anpassa planteringsförbandet med billigare markberedning och plantering som följd.

## **TRYCK- OCH ENERGI I TRANSPORTERNA**

Paul Granlund & Claes Löfroth

CTI – Central Tyre Inflation är ett system för att under färd kunna variera ett fordons däcktryck. Med minskat däcktryck får man en ökad kontaktyta mellan däck och väg och därmed minskat marktryck. Besparingspotentialen är 18–53 kr/ton för objekt där CTI används. Ett pågående implementeringsprojekt visar att CTI ger ett minskat vägslitage, ökad dragkraft, längre livslängd på drivdäcken, samt minskad vibrationsnivå för förare. Dispenser på allmänna vägar under tjällossning samt körning på Bk2 och Bk3-vägar har fungerat klanderfritt under 2005. Ett CTI-system kostar

150 000–200 000 kr monterat, vilket innebär en kostnadsökning för åkaren på 1,7 %. Effekten av ökat utnyttjande under tjällossning, ökat restvärde, ökad körhastighet och ökade livslängd på drivdäcken minskar kostnaden med 0,5 % per transporterat ton virke. För transportköparen ligger vinsterna framförallt i att lagerkostnaderna under tjällossning kan minska väsentligt. Dessutom kan nybyggnad och underhåll av vägar bli billigare. Svensk Bilprovning utarbetar nu rutiner för kontrollbesiktning av lastbilar utrustade med CTI.

I VSG, samverkansgruppen för transportteknik, arbetas med några frågor av stort gemensamt intressen för skogsbruket, t.ex. lättare virkesfordon och minskad bränsleförbrukning. Varje kg viktreduktion sänker kostnaden med 1,50 kr per ton (92 km transportavstånd). Sedan VSG startade sitt program för typfordon har medelvikten på fordonen minskat med ca 2 ton. I dag väger ett typfordon 21,8 (södra Sverige) respektive 17,9 ton (norra Sverige).

Drivmedlet svarar i dag för 25–30 % av ett åkeris totala kostnader. Det kan jämföras med 10–15 % för tio år sedan. Både kostnads- och miljökäl talar starkt för att hålla nere drivmedelsförbrukningen. Fortfarande finns det många virkesfordon som drar onödigt mycket bränsle bara för att man inte städat bort reklamskyltar, michelingubbar, extra signalhorn m.m. Rätt inställning av vindavvisare och användning av xenonljus är andra sätt att sänka dieselåtgången. I dag har merparten av de bilar som säljs en motor på 600 hk, men det räcker ofta med 500 hk. Bränsleförbrukning kan minskas väsentligt genom att fokusera på frågan, enligt konceptet *ständiga förbättringar* som engagerar alla medarbetare.

## BRÄNSLEFÖRBRUKNING OCH FÖRARMILJÖ

Claes Löfroth & Torbjörn Brunberg

Svenskt skogsbruk har minskat dieselförbrukningen per avverkad m<sup>3</sup> med 30 % de senaste 20 åren. Det går att minska förbrukningen ytterligare. Dels genom att öka trycket på tillverkarna att ta fram bränslesnålare maskiner, dels redan i dag välja de maskiner som har en lägre förbrukning. För att öka möjligheterna till rättvisa jämförelser mellan maskiner har vi utvecklat en metodik för standardiserad mätning av skogsmaskinernas bränsleförbrukning. Mätresultatet blir oberoende av terrängförhållanden, last och förare. Mätningen ger ett s.k. bränsletal. När det gäller emissioner så

kan dessa minskas t.ex. genom användning av alternativa bränslen.

Andra åtgärder att minska bränsleförbrukningen inkluderar ökad verkningsgrad i hydraulsystemet, och utbildning i ekonomisk körning liknande den som genomförts för virkesfordon.

- Hybridskotaren från El-Forest är en intressant innovation.
- Inledande tester av tillverkaren pekat på en betydande sänkning av bränsleförbrukningen.
- Vibrationer är den viktigaste arbetsmiljöfrågan för skotarföraren.

Skotning innebär mycket terrängkörning. Kraven på hög produktivitet gör att föraren ofta kör med högsta möjliga hastighet med tanke på vad maskin och den egna kroppen orkar med under givna förhållanden. Flertalet av skotare som kör med hög hastighet i besvärlig terräng (ytstruktur 2–3) överskrider troligen insatsvärdet 0,5 m/s<sup>2</sup>.

En standardiserad bana verkar vara en framkomlig väg att testa olika lösningar för att minska vibrationsnivån.

Att känna till vibrationsnivån är en bra start, men det viktiga är att minska nivå och dos på vibrationer som föraren utsätts för. Detta kan åstadkommas på flera sätt.

Aktiv dämpning av hela maskinen, horisontering av arbetsplatsen eller individuell anpassning av stolen. Genom att passera hinder som större stenar och stubbar i låg fart minskar vibrationsdosen påtagligt utan att medelhastigheten minskar nämnvärt. En viktig information till föraren är den aktuella vibrationsdosen så att han kan anpassa arbetet för att minska belastningen. Ett mycket intressant arbete pågår med att utveckla en dosimeter och informationssystem för vibrationsnivån.

## VIRKETS VÄRDE ÄR FRUKTEN AV DITT ARBETE

Lars Wilhelmsson

Tänk dig att vi delar upp det virke som hanteras av ett svenskt skogsföretag eller en skogsägareförening på de tjänstemän som ansvarar för virkeshandel och virkesförsörjning i ett antal lika stora delar. Tänk dig att var och en får en egen andel som han eller hon ansvarar för, från rot till industrigrind. En typisk ”virkeshandlare” ansvarar då årligen för ca 50 000 m<sup>3</sup> virke till ett marknadspris på

drygt 15 miljoner kronor. Samma person medverkar till ett förädlingsvärde på 45 miljoner kr före grossistledet och ett totalt produktionsvärde på 160 miljoner kr. Under ett livsverk kan det bli virke för ett marknadspris på ca ½ miljard kr, grundlagda förädlingsvärden på mer än 1,5 miljarder och sammanlagda produktionsvärden på 5–6 miljarder kronor. Tillverkningen av industriprodukter börjar i skogen. Genom att göra rätt från början kan förädlingskedjorna bli effektivare. Det är stor variation i virkesegenskaper både mellan och inom normala virkespartier. Det har vi vant oss vid. Men okontrollerad variation och skador kostar både pengar och miljö. Misstag i aptering, sortering och lagring syns kanske först vid inmätningen framme vid industrin. Där leder en del till nedklassning av virket. Andra fel syns inte förrän senare i tillverkningskedjorna. Ju mer hantlings- och processkostnader som spenderats på felaktigt virke, desto dyrare blir misstagen. Genom bättre information om virket och obrutna informationskedjor från planering till färdig produkt ökar möjligheterna att faktiskt göra rätt. Rätt från början kan bidra till att höja hela skogssektorns förädlingsvärde, med kanske 5–10 procent. Räknet på det sammanlagda förädlingsvärdet, när industrin slät slutprodukterna till grossistledet, motsvarar det 45 till 90 kr/m<sup>3</sup>fub eller 2–4 miljoner kronor/år för varje person med virkesansvar. Läs vidare och lär dig mer om vägen till att göra rätt från början.

## **PROGNOSE FÖR BÄTTRE SÅGTIMMERLEVERANSER**

Lennart Moberg, Urban Nordmark, Johan Möller & Jan Sondell

Skogbrukets möjligheter att utnyttja skogsråvaran bättre skulle kunna identifieras på kort och lång sikt med hjälp av moderna dataförsörjningsmetoder, informationssystem och förbättrade kunskaper om trädens yttre form och inre egenskaper. Skogforsk har lång erfarenhet av att beskriva råvaran på ett för industrin relevant sätt och att utnyttja denna information i praktisk drift.

Ett modellpaket som beskriver yttre form och inre kvistegenskaper har använts för att skatta sågutbyte och kvalitet enligt Nordiskt Trä med bl.a. brösthöjdsdiameter, ståndortsindex och geografiskt läge (breddgrad och höjd över havet) som grund. En jämförelse mellan modellsimulering och en röntgenmätning gav god överensstämmelse (skillnaden i

värde blev 2,7 % på grund av skillnaderna i kvalitetsklassning), även om volymsutbytet överskattades något med modellerna.

För att få tillförlitliga prognoser krävs en ändamålsenlig dataförsörjning. Tillsammans med SLU har vi anpassat modellerna och tagit fram stödfunktioner som gör det möjligt att beskriva råvarans egenskaper på nationell/regional nivå baserat på information från Riksskogstaxeringen. Modellerna har även anpassats för att stödja långsiktig planering, exempelvis som underlag för investeringsbeslut, jämförelse av skötselmetoder eller beskrivning av traktbanken (d.v.s. de trakter som skall avverkas inom 2–5 år). Med en högre upplösning i traktbanken kan ökad kundanpassning åstadkommas vid avverkningsplanering och destinering av virke till enskilda industrier i den operativa verksamheten. Tillsammans med SLU och SCA studerar vi f.n. flera metoder för att kostnadseffektivt leverera den information som behövs.

Ett exempel på hur vi praktiskt utnyttjat kunskap om inre kvistegenskaper är automatisk friskkvistaptering. Sedan Johan Möller vid förra utvecklingskonferensen redovisade resultat från detta utvecklingsprojekt har vi genomfört ett storskaligt försök tillsammans med Sveaskog/SETRA Group med lyckat resultat. Av de stockar som skördaren klassade som friskkvistiga höll 86 % möbelkvalitet vid bedömning efter sönderdelning. På motsvarande sätt, men omvänt, blev 63 % av de icke-friskkvistiga stockarna inte heller klassade som möbelkvalitet i sågen. Av det sågade virket som klassades till möbelkvalitet, lyckades skördaren identifiera nästan 80 % av den tillgängliga volymen. Ytterligare ett exempel på praktisk tillämpning av egenskapsmodeller presenteras av Johan Möller som visar hur de kopplar till klassning av sågtimmer enligt VMR.

## **NY AUTOMATIK FÖR KVALITET OCH KUBIK**

Johan J. Möller, John Arlinger, Lars Wilhelmsson & Lennart Moberg

Under 2004–2005 har Sveaskog, Södra skogsägarna och Skogforsk utvecklat och testat ett automatiskt kvalitetsklassningssystem för skördarmätning. Detta har sedan jämförts med dagens system för värdering av skog. I testet användes stamprissättning, vilket innebär att hela stammar prissätts baserat på DBH (diameter i brösthöjd 1,2 m över stubbe) eller stamvolym (m<sup>3</sup>fub). Vid värdering av objekt med stamprissättning värderas följande variabler:

- Dimensioner (DBH-klass, Stamstorlek, medelstam).
- Stamfelsavdrag (defekt ved i dimensioner större än 15 cm, ex röta, krökar, etc).
- Kvalitetsindex (beräknas med egenskapsmodeller torr-rå densitet och kviststorlekar).
- Trädhöjd (jämfört med normal höjd för regionen).

Med det nya kvalitetssättningsystemet kan objekt som har fördelaktiga råvaruegenskaper för vissa industrikunder betalas med ett högre pris medan objekt med mindre lämpliga råvaruegenskaper ges ett lägre pris. Systemet har tagits fram för att med hjälp av skördar- och objektsdata kvalitetssätta tall- och granstammar automatisk. Vid utvecklingen har funktioner för olika råvaruegenskaper använts, t.ex. för:

- kvistegenskaper (vilka kan relateras till sågtimmerkvalitet).
- fibregenskaper (som t.ex. påverkar ljusheten och styrkan hos pappret).
- torr-rådensitet (som är direkt kopplat till sågtimrets hållfasthet och åtgången av massaved och därmed industrins råvarukostnad).

De egenskaper som ska ingå i en kvalitetsberäkning har valts därför att de utgör nycklegenskaper för många industrikunder. I ett första steg har målet varit att få en prisneutral övergång från VMR 1–99 (virkesmätningens klassningssystem) till stampris. Resultatet visar på god överensstämmelse mellan dagens sätt att prissätta skog enligt VMR 1–99 och den testade modellen. För objekt avverkade och prissatta enligt stampris respektive VMR 1–99 låg skillnaden i värde i medel på noll med en spridningen på 2,0–2,5 %. Detta är ett bra resultat och ger en indikation på att stamprissättning och automatisk kvalitetssättning kan värdera skog och när så önskas få ett utfall som är jämförbart med traditionell prissättning.

## ENKELT ATT SE HUR RÄTT SKÖRDAREN MÄTT

John Arlinger, Johan J. Möller & Jan Sondell  
Produktionen av stockar kan styras mot olika sortiment med en stor mängd längd- och diameterkombinationer.

Produktionsdata med hög detaljeringsgrad kan genereras för att föda försörjningsplaneringen. För att vi ska kunna utnyttja dessa möjligheter maximalt krävs att vi kan lita på skördarnas mätnoggrannhet.

För att förbättra kontrollen av mätningen i skördare har Skogforsk tillsammans med ett flertal intressenter utvecklat ett system för kvalitetssäkrad mätning i skördare. Ett komplett system för slumpvis uttag av provträd för kontroll införs nu i alla nyare skördare.

Utformningen av systemet har byggts på följande principer:

- Egenkontroll av längd och diametermätning utförs av föraren själv.
- Stammar för kontrollmätning slumpas automatiskt.
- Förare ska mäta stammarna utan att kunna se hur skördaren mätt för att undvika att föraren anpassar klavningen efter skördarens mätning.
- Daglig sändning av resultaten från kontrollmätningen.
- Oberoende revisor ska om så önskas kunna följa skördarförarens kontroller och vid behov genomföra kontrollmätningar.

Inom ramen för projektet har:

- Rutiner utvecklats för uppstart och drift av systemet,
- Skogforsk och SDC har utvecklat program för att analysera data,
- VMR tillsammans med Skogforsk tagit fram en metod för att kunna revidera kvalitetssäkrings-systemet på ett effektivt sätt.

Systemet ger möjlighet att i praktisk drift enkelt följa upp enskilda maskiner, jämföra olika maskin- och aggregattyper, öka tillförlitligheten i informationsflödet samt påskynda teknikutvecklingen och byte av gammal teknik.

## DEN GAMLA SKOGEN STÅR I VÄGEN FÖR DEN NYA

Ola Rosvall

Med ökad tillgång på högförädlade skogsplantor uppkommer ett produktivitetssprång. Ny skog växer bättre till

obetydligt högre kostnad. Det höjer markvärdet så att nuvarande skog måste förränta ett större kapital, och bör därför avverkas tidigare för högsta lönsamhet. På så sätt ger den framtida tillväxtökningen ett omedelbart tillskott av avverkningsmogen skog. Med lämplig hushållning kan den kortsiktiga avverkningsökningen ges ett jämnt eller ökande förlopp och hjälpa till att överbrygga kommande virkessvacka när det saknas medelålders skog. Lämplig hushållning behövs också för att fasa in skogen i mer optimal åldersklassfördelning till följd av den nya snabbväxande skogens kortare omloppstid och större årliga avverkade areal. Det här visar en ekonomisk analys som både tar hänsyn till värdet av uttaget virke och kvarvarande skog. Resultaten i detta stadium är principiellt riktiga men effekternas storlek beror på pris- och kostnadsutveckling, ränta etc. Dessa och andra faktorer inverkan kommer att studeras vidare.

En förutsättning för ökad avverkning på kort sikt är att det finns avverkningsbar skog och att det tillväxthöjande skötselprogrammet fullföljs. Om man väljer att redan nu ta ut mer virke förpliktar man sig att fullfölja skötselåtgärderna. En ekonomisk risk är då att åtgärden inte utförs. Förädlade plantor och t.ex. contortaplantor finns tillgängliga och kostar obetydligt extra, vilket innebär att det inte sker någon ekonomisk bindning utöver vad planteringsskogsbruket i sig kräver.

Andra skötselåtgärder kräver årliga investeringar och är därmed mer riskabla. Det finns också en osäkerhet om nivån på tillväxtökning-en och om eventuell förändrad risk för kalamiteter. Växtförädlingens mål är dock att öka odlingssäkerheten. En generell försiktighetsåtgärd kan vara att låta inmätt tillväxtökning i ungskogsfasen styra avverkningen. Möjligheten att omedelbart öka avverkningen när ny snabbväxande skog införs är en viktig fråga för ett skogsföretags virkesförsörjning.

## STRATEGISKA SKOGSBRUKSVAL

Bo Karlsson

Skogforsk och SLU har gjort en konsekvensanalys av två alternativ till konventionellt trakthyggesbruk med gran, dels kontinuitetsskogsbruk med gran (blädning), dels ett skogsbruk baserat på självföryngrad björk.

Konsekvensanalysen avser produktion, ekonomi, naturvård, miljö samt påverkan av och på viltstammar. Forskare

på SLU och Skogforsk har arbetat fram underlag till analysen. Analysen förutsätter ett skogsbruk som drivs med företagsmässiga lönsamhetskrav, men samtidigt följer riktlinjerna i svensk skogspolitik om likvärdiga produktions- och miljömål.

Resultatet kan sammanfattas enligt följande:

- Kunskapsläget är begränsat, speciellt vad gäller produktion och möjligheter till rationell drift i kontinuitetsskogsbruket. För jämförelsen mellan gran- och björkskogsbruk är underlaget relativt gott.
- Produktionen av virkesråvara är högre för trakthyggesbruk med gran än för alternativen. Jämfört med kontinuitetsskogsbruk ger trakthyggesbruk på beståndsnivå ca 20 % högre produktion och vid en jämförelse mellan gran och självföryngrad björk är överlägsenheten ännu större till granens fördel. Genetisk förädling av gran gör att dessa skillnader kommer att öka med tiden.
- Ekonomi. Kalkyler baserade på dagens prisrelationer visar att trakthyggesbruk med gran är mest lönsamt. Den högre årliga nettoavkastningen varierar från några hundra kronor/ha jämfört med kontinuitetsskogsbruk i norra Sverige, till över 1 000 kr/ha när man jämför med björk på bra marker i södra Sverige.
- Risker. Björken är mindre utsatt för stormskador än gran, men en simulering visade att granens ekonomi är så mycket bättre, att inte ens stormar av Gudruns omfattning vart 5:e år ändrar förhållandet mellan trädslagen. Den största risken med kontinuitetsskogsbruk är kunskapsbrist. Satsning på detta skogsbrukssystem kan lätt misslyckas och leda till stor produktionsförlust.
- Natur- och miljöhänsyn. Trakthyggesbruket kan på ett positivt sätt kompletteras med de alternativa skogsbrukssystemen. Dock ersätter de senare inte kraven på normal hänsyn i trakthyggesbruket.
- Produktionshöjande åtgärder som genetisk förädling, intensiva förnygringar, användning av nya träslag, gödsling m.fl. förutsätter trakthyggesbruk. Potential-

en för dessa åtgärder uppskattas till 20 % ökad avverkning i landets skogar på 100 års sikt.

## **STRATEGISKA SKOGSBRUKSVAL – ANALYS AV EKONOMISKA KONSEKVENSER**

Lars Lönnstedt

Syftet är att visa effekterna på förädlingsvärde, exportvärde och sysselsättning av ändrade skogsbruksstrategier (ökad tillväxt på skogsmarken, oförändrad tillväxt respektive minskad produktion som en följd av kontinuitetsskogsbruk på granmarker). Detta uppnås genom exemplifiering på fyra anläggningar, två mekaniska massabruk (Hylte Bruk och Ortviken) och två sågverk (Mönsterås och Sikås). Avsikten med dessa fallbeskrivningar är att visa vad förändrade skogsbruksstrategier innebär för enskilda anläggningar och för närområdena. Baserad på nationalräkenskaper för skogsindustrin och en kalkylmodell görs en samhällsekonomisk analys för att illustrera effekterna av förändrade skogsbruksstrategier för skogsindustrin och därmed också för Sverige.

## **SKOGSBRUKSPLANER – OM SKOGSÄGAREN SJÄLV FÅR VÄLJA**

Johan Sonesson & Ingemar Eriksson

Det behövs ett nytänkande vad gäller skogsbruksplaner. Olika skogsägare har olika behov av beslutsstöd beroende på ekonomi, kunskap, intresse, självverksamhetsgrad och fastighetens karaktär. Vi har utarbetat ett koncept för individuellt anpassade planer, där skogsägaren kan välja fritt mellan ett antal planeringstjänster, alla med olika syften och tidshorisonter. Vi har testat konceptet i en intervjuundersökning på 43 skogsägare över hela Sverige. I slutet av intervjun har skogsägaren fått göra en fiktiv ”beställning”. Resultaten visar att 86 % av skogsägarna väljer olika kombinationer av de nya tjänsterna, övriga valde en traditionell plan.

Skogsägare, som i dag har en aktuell plan, tenderar att välja en sådan igen, men de flesta väljer dessutom till en eller flera tilläggstjänster. Skogsägare som i dag saknar plan väljer mer fritt bland tjänsterna och mer sällan en traditionell plan. Vår slutsats är att det finns en efterfrågan på ett mer flexibelt plankoncept och att en vidareutveckling

av dessa idéer kan leda till bättre beslut i småskogsbruket i framtiden.

## **STORA MÖJLIGHETER I LÖVSKOGEN – INTE MINST I UNGDOMEN**

Lars Rytter & Martin Werner

I dag sköts de ordinära lövträden på ett, från flera synpunkter, inoptimalt sätt. Detta är speciellt tydligt i röjningsfasen. En ny skötselstrategi anpassad till lövets tillväxtdynamik skulle innebära tidigare och hårdare röjningar än vad som görs i dag. Detta bekräftas av en genomförd röjningsstudie. Resultaten efter fem år visar att det inte förelåg några skillnader i höjd mellan oröjda, normalt röjda och hårt röjda ytor. Däremot framkom tydliga skillnader i diameterutveckling mellan oröjda och röjda ytor. Skillnaderna var dramatiska för kronutvecklingen, där de oröjda ytorna snabbt tappade kronandel. Ingrepp utförda i tid är en förutsättning för ett lönsammare lövskogsbruk, där kvalitet och dimensionsutveckling prioriteras.

Men detta räcker inte! Det finns också en del problem som måste lösas:

- Viltskador är starkt förknippade med lövskogsbruk, och trots förlusterna i virkesproduktion tvekar många att hägna ut viltet.
- Naturvården fortsätter att konsumera lövskog genom avsättningar. Detta skapar osäkerhet och olust att satsa på virkesproduktion i lövskog.
- Det saknas en transportorganisation för mindre volymer av värdefulla lövsortiment.

Det förekommer dessutom dubbla budskap:

- Samtidigt som miljömålet för levande skogar och certifieringsorganisationerna kräver en ökning av lövskogsandel, får ett trädslag inte räknas som huvudstam om det inte producerar minst 60 % av volymen av bästa trädslag på marken. Nya resultat från SLU sänker den självföryngrade björkens produktion betydligt i förhållande till tidigare uppfattningar.
- Industrin förordar gran, men importerar samtidigt lövved.

Det finns många skäl utöver virkesproduktion som talar för en ökad andel lövskog i framtiden. Men för att lövskogen ska kunna bli ett självklarare alternativ, måste lövskogsbruk vara lönsamt. Detta förutsätter en aktiv och uthållig skogsskötsel, som startar i rätt tid i de unga bestånden. Dessutom måste ovanstående problem hanteras så att skogsägarna finner det värt och lönsamt att satsa mer på lövskog.

## DÅLIGA PLANTOR – GARANTI FÖR EN MISSLYCKAD FÖRYNGRING

Jörgen Hajek

Våren 2003 planterades miljontals tillsynes gröna friska plantor som efter några veckor på hygget förvandlades till bruna döda plantor. Orsaken till katastrofen var ett hastigt väderomslag mellan den 17:e och den 20:e oktober året innan, då temperaturen efter en längre period med britt-sommarvärme övergick till sträng kyla. Plantor som vid det tillfället stod ute på friland fick omfattande frysskador på rötterna.

Ekonomiska bakslag i förnygringsarbetet av den typ som exemplifierats ovan står i bjärt kontrast till de krav på sänkta förnygringskostnader, som under senare tid allt oftare framförts. Enkel men effektiv kvalitetssäkring skulle t.ex. innebära att plantering av dödsdömda plantor i hög grad kunde undvikas. Varje år levereras 320 miljoner plantor som planteras ut på 140 000 ha. Förnygring med plantor kostar skogsbruket 860 miljoner kronor varje år.

Vår uppskattning baserad på tester av ett stort antal plantpartier, erfarenheter från fält och kundkontakter är att i genomsnitt över år, plantskolor och plantpartier, dör ca 10 % av plantorna efter plantering p.g.a. defekter som uppkommit under tiden i plantskolan. Orsaken till avgångarna är huvudsakligen frostsador, svampangrepp och obalans mellan plantans skott och rot.

Under 2 år har Skogforsk i samarbete med Holmen Skog AB utvecklat och använt ett tillvägagångssätt för att identifiera plantpartier i kyl- och fryslager med brister som kan leda till avgångar. Vid testning används en serie beprövade metoder där var och en har fokus på enskilda avgångsorsaker. För ett plantparti innebär testet att ett representativt urval av plantor genomgår en standardiserad kontrollsekvens. Efter att plantorna gått igenom testerna görs en analys där resultaten från de olika delmomenten vägs samman till

en helhetsbild. Med utgångspunkt från analysen ges rekommendationer om åtgärder för varje plantparti.

## MÅNGA BÄCKAR SMÅ...

Eva Ring (Skogforsk), Stefan Löfgren (SLU), Isabelle Bergkvist (Skogforsk) & Lars Högbom (Skogforsk)

Det mesta vattnet som faller som nederbörd passerar marken innan det rinner ut i vattendrag och sjöar. Därför påverkas vattnet av hur vi brukar marken t ex för produktion av livsmedel och virke. Vattenfrågorna är i fokus i dag, dels nationellt genom de 16 nationella miljökvalitetsmålen som riksdagen antagit, dels genom EU:s ramdirektiv för vatten. I EU Life-projektet *Skog för vatten* deltar Skogforsk tillsammans med Skogsstyrelsen, länsstyrelser, WWF och SLU. Syftet är att belysa vad skogsbruket kan göra för att uppfylla målen i EU:s ramdirektiv för vatten. I ett fältförsök i Västerbotten studerar vi hur slutavverkning påverkar vattenkvaliteten. Vi håller även på att sammanställa en rapport om vad vi i dag vet om skogsbrukets påverkan på vatten och vad man kan göra för att minska denna påverkan. Att känna till hur enskilda skogsbruksåtgärder påverkar miljön är viktigt. Det är först när man vet vilken påverkan skogsbruket har, som man kan testa olika motåtgärder. Om skogsbruket ska kunna bidra till att uppfylla de nationella miljökvalitetsmålen, såväl som EU:s ramdirektiv för vatten, måste man veta var, när och hur man ska göra sina insatser. Nedan redovisas några preliminära slutsatser från rapporten.

Hänsyn till vatten inom skogsbruket ska baseras på planering. En god planering innebär dels att man kan reducera kostnaderna för olika miljöåtgärder, dels att man kan optimera de positiva miljöeffekterna av åtgärderna. Med enkla medel kan man ta hänsyn till vatten inom hela organisationen i ett skogsbolag. Man kan analysera skogsbrukets påverkan på vatten genom att ställa sig följande fem frågor:

1. Hur ser miljön och det allmänna miljötilståndet ut i vårt område?
2. Hur stort är avrinningsområdet som vi planerar för?
3. Vad är målet?
4. Vilken är den mest kritiska faktorn?



## 5. Hur uppnår vi våra mål?

Några praktiska och allmänna råd som kan vara till hjälp är:

1. Se till att totalt högst 10 % av avrinningsområdet i södra Sverige och 30 % i norra Sverige berörs av slutavverkning och kvävegödsling, särskilt i små avrinningsområden (i storleksordningen upp till 100 ha).
2. Markbered så skonsamt som möjligt.
3. Planera avverkningsåtgärderna noggrant och använd tekniska hjälpmedel som markskonare och portabla broar för att undvika skador på mark och vatten.
4. Undvik fysiska och kemiska störningar i utströmningsområdena i anslutning till vattendrag och sjöar.
5. Skapa eller lämna beskogade kantzoner i utströmningsområdena längs vattendrag och sjöar.

## NATURVÄRDEN OCH NATURVÅRD I UNGSKOG

Olof Widenfalk, Jan Weslien, Roger Bergström (Skogforsk) & Lena Gustafsson (SLU)

Ungefär en tredjedel av den produktiva skogsmarksarealen i Sverige utgörs av plantskog och ungskog. Men nästan all naturvårdsforskning och praktisk naturvård är riktad mot äldre skog, antingen hur ska man avverka den eller var man ska spara den för fri utveckling. Det är ingen tvekan om att många naturvärden går förlorade då den gamla skogen avverkas, men samtidigt skapas nya genom ändrade temperatur- och näringsregimer. Som ett första steg i att kartlägga vilka naturvärden som finns i ungskog och hur man ska sköta ungskogen för att öka dessa värden har vi studerat litteraturen på området för att klargöra kunskapsläget. Vi rapporterar också resultat från några ännu ej publicerade undersökningar utförda vid Skogforsk och SLU.

Vi ger exempel på flera olika organismgrupper som påverkas av hur vi sköter ungskogen. Vi vill trycka på, att det är i skogens tidiga utvecklingsstadier som man i brukade skogslandskap har störst möjlighet att efterlikna olika typer av störningar, som skapar luckor, bryn, solexponerade döda träd och olika lövsuccessioner. Dessa effekter av störning är svåra att skapa genom avsättningar av gammal skog, om inte arealerna är mycket stora, så att naturliga störningar

genom brand och storm kan få utrymme. Mer kunskap behövs dock om vilka naturvärden som finns i ungskogar, framförallt i form av strukturer och ekologiska funktioner, jämfört med gammelskogen. Struktur och funktion hos många svenska skogar styrs i dag av skogsbruksåtgärder, där föryngringssätt och röjning kanske är de viktigaste för formandet av det framtida skogsbeståndet. Redan med dessa åtgärder styrs i stor utsträckning den trädslagsblandning och rumsliga struktur som skapar slutavverkningsbestånden. Den praktiska frågan blir hur vi ska sköta skogens alla stadier för att på kort- och lång sikt uppnå formulerade produktions- och miljömål.

## MYCKET ÄLGMAT SKADAR INTE

Roger Bergström (Skogforsk), & Göran Bergqvist (Jägareförbundet)

Inom förvaltning av naturresurser används i ökande utsträckning modeller för att strukturera problem och för att skapa underlag för tester av olika förvaltningsåtgärder. Här presenteras en sådan modell som syftar till att skatta hur många tallar som skadas per hektar vid ett antal givna förutsättningar. Modellen bygger på älgars foderkonsumtion och med hjälp av kunskap om älgens betesbeteende och enkla beräkningar kan skadenivåer skattas. I modellen kan man beräkna hur skadenivån förändras om t.ex. älgtätheten eller ungskogandelen förändras. Även älgstammens sammansättning och konsumtion av tall kan förändras i modellen. Beräkningar med realistiska ingångsvärden om foderkonsumtion, betesbeteende, ungskogsarealer och antalet tallstammar per hektar indikerar att en älg skadar i storleksordningen 0,6–0,7 % av tallarna per vinter. Sådana tal kan beräknas för olika situationer eller områden och sedan ställas i relation till uppsatta mål. Genom att jämföra modellskattningar med verkliga data från ofta punktvisa inventeringar kan modellen och förutsägelser förbättras, vilket på sikt leder till en bättre förvaltning.

## RÄKNA MED DIN SKOG – SMARTA BESLUTSSTÖD PÅ WEBBEN

Mats Hannerz

Kunskap Direkt är ett kunskapssystem på internet om skogsskötsel. Systemet kan användas som en uppslagsbok

om skogsskötsel, men det innehåller också många interaktiva övningar och beräkningsverktyg. Verktøygen kan användas som beslutsstöd inför skogsbruksåtgärder genom att användaren kan göra beräkningar och analyser baserade på den egna fastigheten. Under det senaste året har flera nya verktyg tagits fram. Nu finns en verktygslåda som kan användas bland annat för att beräkna värdetillväxt i mogen skog, effekter av gödsling, lönsamhet i röjning, kostnader och intäkter för att bygga skogsbilväg, behov av gallring och röjning, val av skogsodlingsmaterial eller hur frostrisken kan påverkas av föryngringsåtgärder. Verktøygen kan användas av både skogsägare och deras rådgivare, och som ett komplement till ordinarie rådgivning och utbildning. Genom att användaren genomför realistiska beräkningar baserade på den egna fastigheten befasts kunskapen och budskapet i rådgivningen. Verktøygen fungerar också som en länk mellan forskning och praktik i och med att forskarens modeller kan testas på verkliga data.

## **LOGISTIK**

# Kostnadseffektiv och smidig virkesförsörjning

Gert Andersson

Logistikutvecklingen i skogsbruket följer utvecklingen inom övrig industri. För att stärka industrins konkurrenskraft arbetar man med två delvis motstridiga målsättningar:

- resurssnål produktion (lean production)
- hög servicegrad för att klara krävande kunders efterfrågan (agility).

Arbetet kräver både traditionellt arbete med ständig effektivisering av produktionsapparaten i kombination med strategiska satsningar för att förstärka logistiken. Investeringar genomförs i teknik och metoder för att bl.a. ha kontroll över lager, flöden och leveranser samt kommunikation av denna information både med kunder och internt i företagen.

Fokus flyttas alltmer från att försörja en kund till att tillgodose en efterfrågan, från *Supply Chain Management* till *Demand Chain Management*.

Detta kan kanske tyckas som en lek med ord, men indikerar den mentala omställning som krävs av personalen och att det finns potential i en förändring.

Översatt till skogsbruket gäller det att kombinera det branschen traditionellt är duktig på, d.v.s. inre effektivitet – att utnyttja drivnings- och transportresurserna optimalt, hålla låga lager och korta ledtider, med yttre effektivitet – att göra ytterligare insatser för att helheten ska bli bra och kunderna tillfredsställs på bästa sätt.

Förbättrad logistik har pekats ut som ett av de mest intressanta utvecklingsområdena för skogsbruket. Möjligheterna ligger i att:



- Sänka transportkostnaderna genom smartare transportlösningar – en potential på 5–15 % av transportkostnaden eller 3–15 kr/m<sup>3</sup>fub har identifierats i flera studier som Skogforsk genomfört hos olika intressentföretag.
- Klara allt tuffare industrikrav och att göra detta med rätt lagernivåer, korta ledtider och rätt resursnivå i drivning, transport och hantering. Ett exempel på möjliga kostnadsbesparingar är rätt sammansättning på maskinparken. En nyligen genomförd analys indikerade att kostnadssänkningar på knappt 5 % eller 3–4 kr per m<sup>3</sup>fub var möjliga att uppnå.
- Bättre ta tillvara virkesvärdet. Ökad kunskap om virkets egenskaper i kombination med tydligare industrikrav kräver bra informationshantering och effektiva beslutsstöd för att klara kombinationen av resurssnål produktion och hög servicegrad mot kunderna. Potentialerna i ökat virkes-

värde bedöms ofta bli flera tiotals kronor per m<sup>3</sup>fub på sikt.

## Spännande och mödosam resa

Vi vill i följande föredrag diskutera vägar till effektivare logistik. Vår hypotes är att arbetet handlar om att skaffa kunskap om kundkrav, traktbank, lager och flöden och att använda denna kunskap i kraftfulla beslutsstöd som underlättar planering och styrning av virkesflödet. Beslutsstöden krävs också för att snabbt kunna göra rätt avvägning mellan produktionskostnad och servicegrad, t.ex. att ta ut rätt pris för en specialaptering.

För att nå framgång i det fortsatta logistikarbetet krävs att ett antal grundläggande byggklossar verkligen fungerar och fortsätter utvecklas. Vi kommer i följande föredrag att belysa:

- Digitala vägar. Den Nationella Vägdatan är färdig att tas i bruk på bred front. För att kunna utnyttja de stora investeringar som gjorts, gäller det för skogsbruket att nu snabbt börja ta vara på

möjligheterna i NVDB. En första tillämpning kan vara att utnyttja den vägvalsfunktion som utvecklats för val av bästa väg och prissättning av transporter. En viktig fråga är också att utveckla effektiva former för åjourhållning av vägdata basen.

- Kommunikation. Väl fungerande kommunikation med god täckning och hög överföringskapacitet för data är en avgörande framgångsfaktor. Vad ska ersätta NMT 450 och Mobitex? Osäkerheten är stor men många intressanta tekniker finns att tillgå. Det gäller att skogsbruket fortsätter att agera klokt för att övertyga marknaden och politikerna om våra behov för att hålla igång en ”mobil processindustri”.
- Standarder för informationsöverföring inom skogsbrukets eget standardiseringsarbete. StanFord, fortsätter utvecklingen av logistikstödande standarder för bl.a. kommunikation av prislister och geografisk information. SDC har också arbetat fram en standard för digital transportorder som är en förutsättning för effektivare, mindre områdesbundna transporter.
- Beslutsstöd för samtliga planeringsnivåer: strategisk, taktisk och operativ. Vi visar exempel på resultat från studier där vi använt prototyper till beslutsstöd för transportplanering och väghållning.
- Från teori till praktik. Hur går vi från försök till praktisk användning? Just nu genomför Skogforsk ett implementeringsprojekt med fyra medverkande företag, där vi

för ut våra beslutsstöd för strategisk/taktisk flödesplanering (FlowOpt) och operativ transportplanering (RuttOpt). Vi tror att dessa projekt kommer att ge viktiga erfarenheter av hur beslutsstöden ska utvecklas för att bli användarvänliga och hur de bör integreras i ett företags befintliga systemmiljö.

# Effektivare informationsflöden – vilka vägar väljer vi?

Bertil Lidén

## Nuläge och problem

Informationsflödena går som en röd tråd genom visionen *Logistik 2010* som har utarbetats av Skogforsk och SDC (Resultat nr 21, 2005). För att visionen ska kunna förverkligas måste flera hinder övervinnas i skogsbrukets informationsförsörjning. Det måste vara enkelt att skapa, lagra, sammanställa och komma åt information. Med hjälp av Internet kan vi i dag, hemma eller på kontoret, nå aktuell information om bl.a. produkter, tjänster och nyheter. På samma sätt bör alla som

arbetar med virkesflödet ha tillgång till virkesinformation med bra kvalitet dygnet runt. Nya möjligheter att utveckla detta i våra mobila miljöer kommer inom de närmaste åren.

## Brister i lagerinformation

Dålig skärpa i informationen om lager vid bilväg och på andra platser utgör trots förbättringar fortfarande en hämsko för såväl drivnings- som transportarbetet när virkesförsörjningen till industri ska utvecklas. Uppgifterna behöver uppdateras oftare och finnas tillgängliga för alla aktörer i försörjningskedjan. I dag brister det

ofta i skärpa och regelbundenhet i produktionsrapporteringen från skördare, skotare och lastbilar. Erfarenheter visar dock att kvaliteten på informationen stiger när efterfrågan och krav ökar.

## Skördarrapportering

Efter en nedgång på grund av stormen Gudrun skickar i dag ca 600 skördare (av totalt ca 1 400) produktionsuppgifter till SDC varje dag. Detta sker genom att man trådlöst sänder in en s.k. ”prd”-fil som innehåller detaljerade uppgifter om dagens produktion, t.ex. timmerstockarnas fördelning på längd- och diameterklasser (en s.k. stocknota).

---

## Vad betyder förkortningen?

---

**PMR** = Publik Mobil Radio

**NMT** = Nordisk Mobiltelefon

**GSM** = Global System for Mobile communication

**UMTS** = Universal Mobile Telephone System

**CDMA** = Code Division Multiple Access

**WCDMA** = Wideband CDMA

**EDGE** = Enhanced Data for Global Evolution

**GPRS** = General Packet Radio Services

**2G** = Andra generationens mobiltelefoni

**3G** = Tredje generationens mobiltelefoni

**Mobitex** = Äldre landstäckande mobildatanät

**WLAN** = Wideband Lokal Area Network

**HomeRun** = TeliaSoneras produktnamn för publik WLAN-tjänst

**GPS** = Global Positioning System

**Kbps** = Överföringshastighet 1000 bitar per sek.

**Mbps** = Överföringshastighet millioner bitar per sek.

**Handover** = Överkoppling av samtal

**Roaming** = Använda mobilen i andra operatörers nät

**SMS** = Short Message Service

**MMS** = Multi Media Servicemode

**WAP** = Wireless Application Protocol

**Streaming Video** = Ett bantat videoformat för web

**XML** = Extensible Markup Language

---



**Figur 1.** En s.k. ruggad telefon för det kommande digitala 450-nätet.

Hos några företag har man påbörjat en övergång till att använda s.k. ”pri”-filer som innehåller data om varje stock. Antalet anslutna skördare ökar snabbt och bedöms av SDC att uppgå till ca 700 vid slutet av 2006.

### Skotarrapportering

För skotarrapportering finns i dag flera olika tekniska alternativ. Ett vanligt sätt att rapportera volym framskotad till bilväg är s.k. talsvarssystem. Några företag har introducerat fordonsdatorer i skotarna, bl.a. för att stödja en enkel

och effektiv inrapportering av skotade volymer. Inrapportering via hemdator och Internet förekommer också. En rundringning till ett 10-tal större företag i januari 2006 ger vid handen att alla skotare kan rapportera varje dag, men att frekvensen och kvaliteten på rapporterna lämnar en del övrigt att önska.

Tyvärr händer det att vältor vid bilväg registreras med felaktiga koordinater. Korrekta koordinater är ett tvingande krav från framför allt transportledning och chaufförer.

### Bättre täckning

I dag finns två olika nät som kan användas på nästan alla arbetsplatser i skogsbruket, NMT och Mobitex. TeliaSonera som driver NMT kommer att stänga detta när licensen går ut 2007-12-31. Mobitex kan bedömas stängas av några år senare. Båda näten erbjuder förhållandevis låga datahastigheter.

GSM-näten täcker i dag ca 65 % av landets yta. Det har därför många ”vita fläckar” på sina täckningskartor och är många gånger ett dåligt alternativ för skördare och skotare.

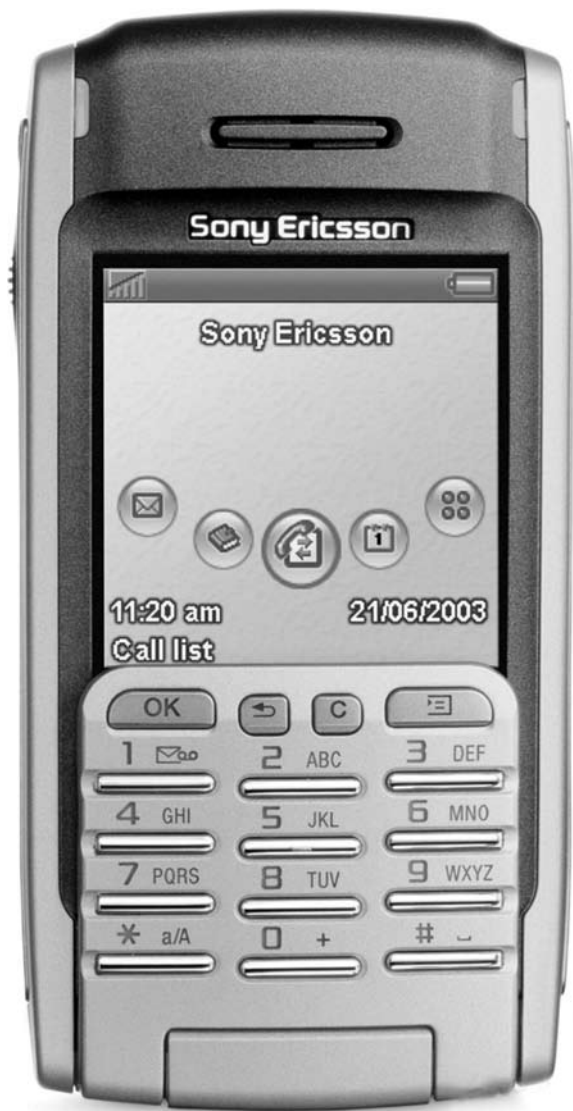
3G eller UMTS använder frekvenser på 2,4 GHz-bandet, vilket medför dålig täckning och vågutbredning i skogsterräng. Ingen operatör har ännu i slutet av 2005 byggt klart sitt nät. Tillstånden från Post & Telestyrelsen (PTS) stadgar att ”brevlådor” ska täckas, d.v.s. områden där folk bor, inte där de arbetar eller färdas. När UMTS-näten är färdigbyggda kommer de endast att täcka ca 25 % av landets yta. UMTS kommer således att vara ett nät som främst kan användas i tätorter.

### Nya tekniska möjligheter

Inom några år kommer nya tekniska lösningar att möjliggöra effektivare informationsflöden tack vare såväl bättre täckning som högre datahastigheter. Befintliga nät byggs ut och nya nät tillkommer.

### Digitalt 450-nät kan ge 3G i skogen

I mars 2005 beslutade PTS att bevilja företaget Nordisk Mobiltelefon AS en licens för att driva ett digitalt nät på 450MHz-bandet. Detta nät ska vara utbyggt 2007-07-01 och då täcka 80 % av ytan i varje län när man ringler från en ficktelefon (handterminal)



Figur 2. En s.k. smart-phone användes i Mobeel-projektet.

utomhus. Nätet kommer att byggas med en standard kallad CDMA2000 som är en av flera godkända 3G-standarder. I ett första skede kommer man att kunna erbjuda datahastigheter på drygt 100 kbps (kilobits per sekund).

Om operatören erhåller ytterligare frekvenser i början av 2008 när NMT stängts ned kommer man att kunna erbjuda ”mobilt bredband” med datahastigheter på nominellt 2 Mbps (Megabits per sekund), i praktiken kanske strax under 1 Mbps.

Samma operatör började driftsätta

ett likadant nät i Norge hösten 2005. I detta nät kommer man dock redan från början att kunna erbjuda snabb dataöverföring.

Nordisk Mobiltelefon AS har också aviserat en lansering av s.k. fältmässiga eller ruggade telefoner som ska tåla hårdhänt hantering i skog och mark.

#### Telia bygger ut GSM

I januari 2005 meddelade TeliaSonera att man kommer att bygga ut sitt GSM-nät i Sverige till ca 90 % yttäckning. Samtidigt kommer man att

införa den s.k. EDGE-tekniken som medger betydligt högre datahastigheter än GSM/GPRS. Enligt uppgifter från Telia kommer man att kunna nå ca 200 kbps vid nedladdning av data och ca 100 kbps när man sänder data med hjälp av EDGE.

I ett samarbete mellan Skogforsk och KTH utfördes ett examensarbete under hösten 2005 för att testa datahastigheter med EDGE-tekniken i praktiken i skogsterräng. Preliminära resultat visar att man kan räkna med ca 100 kbps nära basstationen och ca 50 kbps när man befinner sig mitt emellan två basstationer. Examensarbetet kommer att publiceras i februari 2006.

#### Andra tekniker

Inom tele- och dataindustrin sker en snabb utveckling av nya tekniker. Ser man några år framåt kommer en flora av olika nät och tekniker att erbjuda trådlös uppkoppling mot Internet, speciellt i tätorter. En av de mest omtalade standarderna är Wimax.

Wimax är en standard som säger sig kunna erbjuda trådlöst bredband speciellt till orter där man inte bygger ut de befintliga telenäten med bredbandsmöjligheter. Man har i december 2005 fattat beslut om en standard även för mobilt bruk. De våglängder som denna teknik arbetar med kommer inte att ge någon bra täckning i skogsterräng. En förutsättning för höga datahastigheter är s.k. ”Line-of-Sight”, d.v.s. klar sikt mellan basstation och mobil enhet.

Tjänsterna via satellittelefon utvecklas också mot allt högre datahastigheter och i vissa fall lägre priser. I ett meddelande i december 2005 säger Inmarsat att man lanserar BGAN (Broadband global area network). Med utrustning något större än en mobiltelefon kom-



mer man att kunna ringa och skicka data över i stort sett hela jorden förutsatt att man har fri sikt till satelliterna.

### **Vilken teknik väljer skogsbruket?**

De kommande åren kommer det att finnas många olika tekniska möjligheter att kommunicera trådlöst. Skogsbrukets främsta krav är yttäckning. Därefter kommer pris och prestanda. Såväl GSM/EDGE som digitalt 450 kommer att kunna erbjuda god service förutsatt att utbyggnad sker enligt presenterade planer. Förhoppningen är att en sund konkurrens ger bra yttäckning till rimliga priser.

### **En dator på varje arbetsplats?**

I Logistik 2010 anges att "alla skogsmaskiner är ständigt on-line" och att "alla virkesfordon kör on-line". Det förutsätter att alla på sin arbetsplats har tillgång till en dator som enkelt kan användas i det dagliga arbetet. Många ser nu en snabb utveckling speciellt av antalet lastbilar som utrustas med fordonsdator. I många fall kan en s.k. smart-phone (se figur 2) vara ett fullt tillräckligt hjälpmedel för att klara av enklare produktionsrapportering i skotare och virkesfordon. Skogforsk bedömer att det finns tillgång till datorer eller smart-phone på alla arbetsplatser något år före 2010.

### **Standarder en viktig grund**

Inom skogsnäringen kommer alltid att finnas olika system. Företag kommer att ha koncerngemensamma system, egna system och standardsystem. Olika organisationer kommer att skilja sig åt i användningen av informationen. För att olika system enkelt ska kunna hämta och lämna information krävs standarder för att elektroniskt hantera, lagra och överföra data. Förvaltning

och vidareutveckling av standarder måste vara dynamisk så att man snabbt kan införa nya variabler.

### **Stanford – still going strong**

StanForD kan betraktas som en global de-facto standard för datakommunikation med skördare och skotare. Under senare år har tillämpningen successivt skärpts samtidigt som standarden vunnit allt större förtroende hos tillverkare och brukare. StanForD förvaltas av Skogforsk.

### **Nya standarder för transportstyrning**

Under 2005 tog en särskild arbetsgrupp fram ett förslag på standarder relaterade till virkeslager och virkestransporter. I gruppen ingick representanter för SDC, Skogforsk samt köpare och säljare av transporttjänster. Förslaget antogs av SDC:s styrelse i oktober 2005. Standarden kommer att användas av s.k. XML-teknik som bl.a. kännetecknas av att dataformatet är oberoende av operativsystem och hårdvara. Standarden kommer att förvaltas av SDC och kommer att kunna finnas tillgänglig via deras hemsida ([www.sdc.se](http://www.sdc.se)).

### **Täckningen kan förbättras**

Ett radionät kommer alltid att ha "vita fläckar" i sin yttäckning på grund av terrängförhållanden och andra faktorer. Att t.ex. bygga ut ett GSM-nät i Sverige till nästan 100 % täckning skulle vara nästintill omöjligt och orimligt dyrt. Med olika arbetssätt och utrustning kan man dock förbättra täckningen.

### **Mobeel**

Skogforsk har tillsammans med Sveaskog testat konceptet *Mobeel*. I detta används mobiltelefonen som en

s.k. dataskyttel. När föraren skapar sin produktionsfil vid skiftets slut överförs den automatiskt till mobiltelefonen, en s.k. smart-phone. Om förbindelse med GSM-nätet finns skickas produktionsfilen automatiskt vidare till mottagaren. Om maskinen inte har kontakt med GSM-nätet skickas filen automatiskt vidare när föraren t.ex. på sin väg hem kommer in i ett område med täckning.

På motsvarande sätt skickar arbetsledaren på kontoret t.ex. en ny fil med apteringsinstruktioner (apt-fil) till maskinförarens mobiltelefon. När han eller hon kommer till skördaren överförs filen automatiskt till apteringsdatorn.

En viktig erfarenhet från studien var möjligheten att förenkla rapporteringen för föraren. Det räckte med en knapptryckning i samband med skiftslut för att överföring av produktionsfilen skulle fungera.

### **Bättre antenner**

När signalerna från basstationen är svaga och man nätt och jämt får kontakt kan räckvidden förbättras med en bättre antenn. Tyvärr har antennerna på moderna mobiltelefoner blivit sämre av bl.a. designskäl. Ett enkelt sätt att få bättre antennfunktion är att hålla telefonen från kroppen och använda öronsnäcka. Då skärmar inte kroppen av signalerna som när man håller telefonen intill örat.

Ett ännu bättre sätt att öka räckvidden är att installera en fast antenn på taket på skogsmaskinen. Dels kommer antennen högre upp, dels kan man skapa ett s.k. jordplan som förbättrar mottagning och sändning. I början av 2006 kommer en särskild utrustning att testas som kombinerar en yttre antenn i skogsmaskinen med en bärbar trådlös telefon, en s.k. DECT-telefon,

som via en särskild frekvens kommunicerar med enheten i maskinen. Då kan man ringa med den bärbara enheten när man är utanför maskinen även i många områden där en vanlig ficktelefon inte skulle ha kontakt med GSM-nätet. Denna utrustning kommer praktiskt att provas i en skördare i början av 2006.

### **Nya applikationer och arbetssätt**

Med bättre täckning och högre datahastigheter i mobilnäten kommer flera nya applikationer och tjänster att kunna ge möjligheter till effektivare arbetssätt. Rätt använt kommer vi att kunna effektivisera vår vardag och våra virkesflöden.

### **Gruppsamtal**

Många är vana vid att kunna anropa flera personer på en gång vid användning av kommunikationsradio med s.k. öppen trafik. Ett exempel är radiokommunikation inom ett jaktlag. Med snabbare dataförbindelser kommer en tjänst för gruppsamtal troligen att introduceras även i Sverige. Den kallas ofta "PUSH-to-Talk (PTT)" eller "Push over Cellular (PoC)". Omfattande arbeten läggs ned för att standardisera tjänsten. Man ska t.ex. enkelt kunna definiera olika grupper via Internet. En annan viktig aspekt är att en grupp ska kunna bestå av användare knutna till olika operatörer.

### **Fjärrservice**

En maskintillverkare erbjuder redan i dag en fjärrservicetjänst via GSM/GPRS. Skördarföraren ringer upp verkstaden som kopplar upp sig mot maskindatorn, kontrollerar inställningar, gör justeringar, felsökning m.m. Med högre datahastigheter kommer denna tjänst att bli effektivare och ock-

så medge att man tar bilder och skickar in till specialisten på verkstaden.

### **Chauffören rapporterar**

För att kunna följa upp bilvägslagret använder man idag oftast data från inmätningen vid industrin. Detta blir problematiskt i de fall virke blir liggande en eller flera dagar i väntan på inmätning.

Ett sätt att hålla "järnkoll" på alla bilvägslager är att alla volymer, framskotade och avtransporterade, rapporteras i realtid. Om skotarföraren rapporterar varje framskotat lass och chauffören i virkesfordonet rapporterar upplastad volym när han lämnar avlägget kan bilvägslagret uppdateras direkt. Detta kommer att krävas för att man ska kunna dra full nytta av avancerad ruttplanering på daglig basis. Vare sig befraktare eller transportörer kommer att acceptera fördröjningar i rapporteringen från skotare och virkesfordon.

### **Förenkla för användaren!**

Med moderna telefoner och snabbare datahastigheter öppnar sig många möjligheter, men även fallgropar. Som intresserad användare är det lätt att lockas av de många möjligheterna. För att tekniken ska kunna användas på ett bra sätt ur logistiksynpunkt gäller det att förenkla för användaren så mycket som möjligt. En rapport som kan skapas och skickas in till kontoret med ett fåtal knapptryckningar har betydligt större förutsättningar att verkligen bli använd på bred front jämfört med om man vill utnyttja finesser. Det måste vara mer än enkelt för användaren!

Med effektivare IT-stöd, så långt möjligt baserade på standarder, kommer vi att kunna utveckla informations- och beslutsstöd som underlättar när det gäller att uppfylla krävande

kunders krav och minska kostnaderna i försörjningskedjan.

### **Litteratur**

- Eriksson, I., Arlinger, J., Lidén, B. Ett koncept för säker mobil dataöverföring. Resultat nr 21, 2004. Skogforsk 2004.
- Andersson, G., Ekstrand, M. Kostnadseffektiv och flexibel logistik i skogen – en vision för 2010. Resultat nr 21, 2005. Skogforsk 2005.

# Rätt väg för skogens transporter

Martin Ekstrand

## Bakgrund

För olika beslutsstöd, som används vid transport- och avverkningsplanering, avståndsberäkning och väghållning, är tillgången till heltäckande och standardiserad väginformation betydelsefull. Mot denna bakgrund har Skogforsk tillsammans med skogsnäringen under lång tid verkat för få tillstånd den Nationella Vägdatan, NVDB.

För att göra vägdatan mer lättillgänglig har skogsbruket via SDC satsat på en särskild Skoglig Nationell Vägdata (SNVDB). SNVDB är en kopia av NVDB, med möjlighet att lagra skoglig information, som uppgifter om vägavgifter, uppställningsplatser och mötesplatser. Dataformatet är också mera allmänt än det som används av vägverket i NVDB, vilket underlättar integreringen med de aktuella skogsföretagens befintliga system. Alla skogsföretag har möjlighet att installera en kopia av SNVDB för användning i den egna verksamheten. Dessutom utvecklar SDC webbapplikationer, t.ex. för att underlätta för åkerier att hitta kostnadsbesparande returtransporter.

I utvecklingen av den Skogliga Nationella Vägdatan pågår också utveckling av en vägvalsfunktion. Vägvalsfunktionen är en programvara, baserad på NVDB-data, som automatiskt skapar vägval från angiven startpunkt till angiven slutpunkt och anger avståndet däremellan.

## Vägval och avstånd

De vägval och avstånd som genereras med vägvalsfunktionen kommer att kunna användas för bestämning av transportavståndet. Idag sker beräk-

ningen av transportavståndet vid praktisk transportplanering och pristräkning på olika sätt i olika delar av landet. Tre vanliga metoder är, från norr till söder: Viapunkt, Vägdistrikt och LKF, (Län Kommun, Församling).

*Viapunkt* innebär att avlägget kopplas till en viapunkt från vilket avståndet till alla mottagande industrier är kända. Avståndet från avverkningen till viapunkten anges manuellt.

*Vägdistriktsystemet* innebär att geografin är indelad i vägdistrikt. Varje avverkning ligger inom ett vägdistrikt från vilket avståndet är känt.

*LKF-systemet* fungerar på samma sätt som vägdistriktsystemet, men indelningen utgår ifrån församlingarna.

Det är ofta tidskrävande att bestämma avståndet enligt dessa metoder och noggrannheten kan ibland också vara mindre god. Med vägvalsfunktionen sparar man tid och pengar tack vare förenklade arbetsrutiner och mindre administration.

För att kunna skapa avstånd och vägval med hjälp av vägvalsfunktionen behöver den ställas in och utvärderas mot praktiska erfarenheter. Skogforsk har därför på uppdrag av SDC undersökt hur vägvalsfunktionen bör ställas in och utifrån detta tagit fram förslag till inställningar.

Efter tester och diskussioner med skogsbruket framkom följande tre möjligheter till inställningar av vägvalsfunktionen som mest intressanta:

- A. avståndsbaserat vägval,
- B. kostnadsbaserat vägval,
- C. faktiska vägval.

Inställningen av vägvalsfunktionen inleds med att man stänger av de vägar i NVDB som en rundvirkeslastbil

med släp inte kan eller tillåts använda. Orsaken till en avstängning kan vara t.ex. bärighets- och bruttoviktsbegränsningar samt bredd- och höjdhinder.

Vägvalet styrs sedan av s.k. motståndsvärden. De värden i NVDB som ska påverka vägvalet belastas med ett motståndsvärde. Motståndsvärdet multipliceras med vägens längd för att erhålla vägens totala motstånd. När vägvalet görs söker och finner vägvalsfunktionen det vägval med minsta sammanlagda motstånd från start till mål.

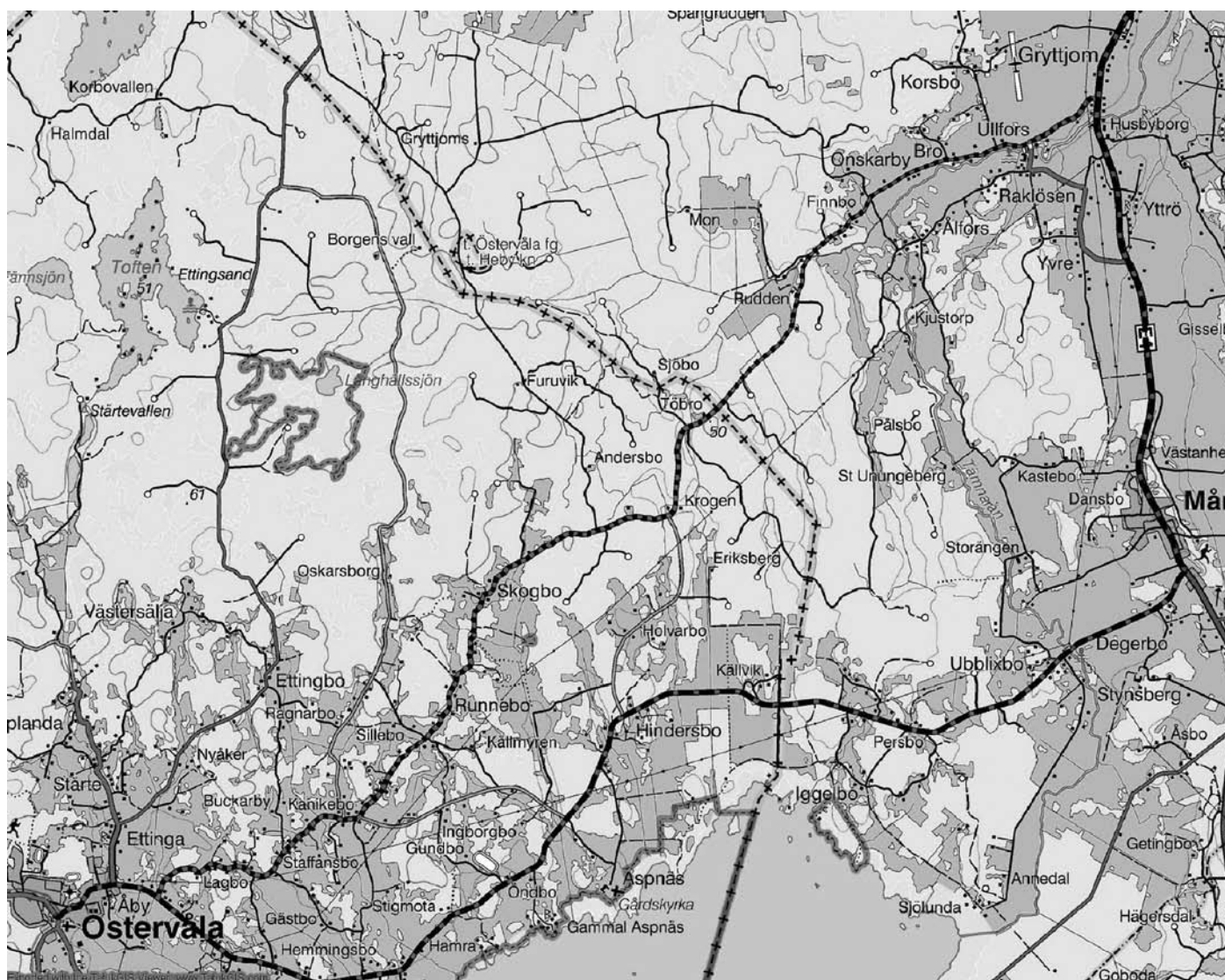
*Exempel:* För en väg har hastigheten angetts till 70 km/h. I regelverket har motståndet för 70 km/h angetts till 40. Vägen är 6 km lång. Det totala motståndet för vägen kopplat till hastigheten är då  $40 \times 6 = 240$ .

**A. Avståndsbaserat vägval:** Avståndsbaserat vägval innebär att vägvalsfunktionen söker och finner kortaste tillåtna och framkomliga väg för ett fordon. Vägvalet tar ingen hänsyn till aspekter som kostnad, hastighet, komfort eller miljö.

**B. Kostnadsbaserat vägval:** Kostnadsbaserat vägval innebär att vägvalsfunktionen ska finna den billigaste vägen för en rundvirkestransport. Inställningen bygger på en kostnads-kalkyl för ett rundvirkesfordon.

Utifrån kostnads-kalkylen har ett samband mellan vägens beskrivning i NVDB och kostnadens storlek fastställts.

**C. Faktiskt vägval:** En inställning definierades utifrån exempel på vägval från praktiken, där annat vägval än kortaste eller billigaste i dag tillämpas. Inställningen gjordes så att de vägval som genereras av vägvalsfunk-



**Figur 1.** Beroende på inställning väljer vägvalskomponenten olika vägar. Den prickade linjen illustrerar vägval genererat av inställningarna baserade på avstånd och kostnad. Den streckade illustrerar vägval genererat av en inställning som efterliknar vägval som görs i praktiken.

tionen efterliknar så många som möjligt av de vägval som görs i praktiken.

### Den direkta nyttan med en vägvalsfunktion

Med hjälp av en väl fungerande vägvalsfunktion med olika inställningar som kortaste, billigaste och faktiskt vägval är det möjligt att underlätta

arbetet med att fastställa transportavstånd och prisräkna transporter.

Redan i dag kan man göra avståndsberäkningar för transportprissättningen med hjälp av vägvalsfunktionen direkt i virkesordern hos SDC. Flera företag har också installerat egna kopior av SNVDB med denna funktion. Utifrån dagens prisräkningssystem där LKF,

vägdistrikt och viapunkt används som utgångspunkt för att skapa avståndsmatriser från skog till industri kan olika lösningar utvecklas. Vägvalsfunktionen kan beräkna avståndet direkt från avlägg till industri eller beräkna avståndet från avlägg till t.ex. en viapunkt.

Genom att man kan skapa vägval och avstånd elektroniskt, öppnas också

möjligheter att underlätta hanteringen av ersättningar till väghållare. På liknande sätt kan också transportavdrag räknas fram, d.v.s. det avdrag på virkeslikviden som skogsägare med långa transportavstånd drabbas av.

**Fortsatt arbete:** Efterhand som användningen av vägvalsfunktionen kommer igång behöver inställningarna utvärderas och eventuellt modifieras. Studier av transporter på olika vägar kan behöva göras för att säkerställa samband mellan vägval och vägens beskrivning i NVDB.

För att efterlikna de val som görs i verkligheten krävs att det verktyg som används för att skapa inställningarna utvecklas. Det finns också möjlighet att skapa inställningarna på andra sätt.

### **Beslutsstöd kräver NVDB!**

Det har gjorts stora investeringar i NVDB och det är därför viktigt att utveckla applikationer som kan ta tillvara potentialen. Detta är anledningen till att Skogforsk satsat mycket resurser på prototyputveckling, när det gäller beslutsstöd för flödes-, transport- och vägplanering. Ett gemensamt behov för beslutsstöden är att elektroniska vägval från avlägg till industri kan genomföras snabbt och trovärdigt.

### **Effektiv åjourhållning – en överlevnadsfråga**

Om inte NVDB kontinuerligt åjourhålls kommer databasen snabbt att bli ointressant. Arbetet med uppdatering pågår både hos de tre regionala organisationer som är ansvariga för skogsnäringens dataförsörjning (SNDB Norr, Mitt och Syd), hos flera företag och hos andra organisationer.

Förutom det mer långsiktiga åjourhållningsarbetet finns intressanta

möjligheter att samla och redovisa information om statusen i vägnätet som är av mera tillfällig karaktär. Det kan gälla inrapporterad information om t.ex. tjällossning, plogning, sandning och grusning från åkare, avverkningslag och skogstjänstemän. Denna information kan kombineras med information om vägstatusen från Vägverket och ge en bra bild av den aktuella situationen. En del av denna information finns redan i dag tillgänglig på nätet.

Skogforsk och SDC kommer också att stödja detta arbete genom att titta på behovet av väg- och trafikinformation samt studera hur insamling och registrering tekniskt och organisatoriskt kan bedrivas.

### **Litteratur**

- Bergström, Johan & Larsson, Hans. 2002. Enkät i svensk skogsnäring om tillämpningar av NVDB. Skogforsk, stencil, 2002.
- Ekstrand, Martin. 2005. Inställning av vägvalskomponenten i TNE. Skogforsk, Arbetsrapport nr 600, 2005.
- Forsberg, Mattias. 2002. Transmitt – Driftstatistik och vägstandardens påverkan på bränsleförbrukningen. Skogforsk, Arbetsrapport nr 515, 2002.

# Spara pengar med smarta beslutsstöd

Mikael Frisk

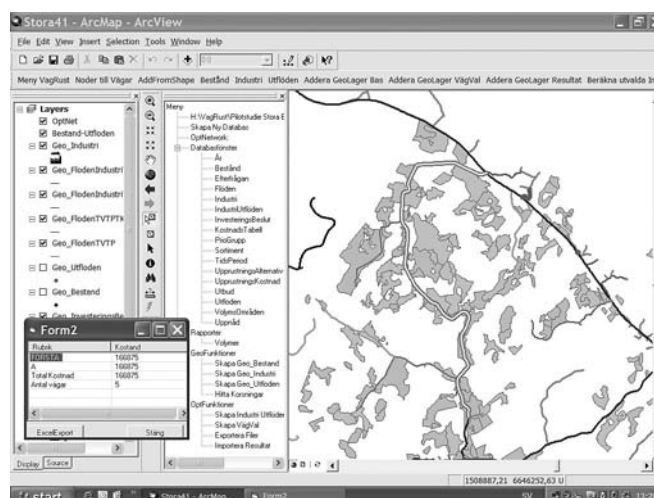
På Utvecklingskonferensen 2004 presenterade vi verktyg som kan effektivisera virkesförsörjningen. I detta föredrag ska jag beskriva resultat från studier med VägRust och FlowOpt, prototyper till beslutsstöd för väghållning och strategisk/taktisk flödesplanering.

## VägRust – stöd för vägupprustning

Bra vägar är en grundläggande förutsättning för effektiv logistik. Eftersom alla vägar inte behöver nyttjas samtidigt handlar det dessutom om att de ska vara anpassade till virkesflödet, så att råvaruförsörjningen av olika industrier kan skötas så billigt som möjligt. VägRust är ett beslutsstöd som visar vilka upprustningar av vägnätet som bör prioriteras för att man till lägsta möjliga kostnad ska kunna transportera nödvändig virkesvolym.

En studie av VägRust har utförts på Stora Enso, distrikt Hagge i trakten av Fagersta. Planerade avverkningar under en kommande tioårsperiod ställdes mot ett förväntat virkesbehov hos ett antal kunder. För att uppfylla flödeskriterier under olika delar av året, t.ex. tjallossningsperioden, valde en optimeringsmodell vilka trakter som borde utnyttjas och vilka vägar som måste tjälsäkras. Givet förutsättningarna i studien behövde vägar rustas till en kostnad av omkring 400 000 kr. Kostnaden motsvarar ca 50 öre per m<sup>3</sup>fub. I studien gjordes flera optimeringar, där industribehoven under tjallossning och andra kritiska perioder successivt ökade.

Resultaten illustreras i ett kartgränssnitt och visar vilka vägar som bör rustas, vilka trakter och vägar som nyttjas under olika delar av året



**Figur 1.** Bilden visar en skärmdump från VägRust. Det tjockare vägvagnsnittet i bildens mitt är ett av optimeringens förslag till upprustningar. I rutan till vänster (Form2) beskrivs kostnaderna för just den investeringen.

samt totalt virkesflöde per vägsträcka. De förslag VägRust gav stämde med distriktspersonalens prioriteringar av investeringsbehov i vägnätet. Kostnaden för upprustningarna bedömdes dock något låga vilket beror på för lågt satta kostnader i indata.

Studien visar att ett beslutsstöd som VägRust kan användas som stöd för väghållaren vid prioritering av vägupprustningar för att klara flödeskraven. Eftersom både vägkunskap och lokalkännedom riskerar att bli en allt större bristvara ute i organisationerna bedömer vi att ett hjälpmedel som VägRust är viktigt.

VägRust ger möjlighet att studera hur t.ex. olika längd på tjallossningsperioden påverkar investeringsbehovet i vägnätet. Med bra informationsunderlag och detta beslutsstöd kan flera olika scenarier analyseras och skapa handlingsalternativ till framtida händelser.

Förutom att nyttjas i den egna vägplaneringen kan resultaten från en VägRuststudie även användas som diskussionsunderlag vid samtal med

exempelvis Vägverket om underhåll av det allmänna vägnätet.

Med VägRust bör det vara möjligt att sänka kostnaderna för de åtgärder i vägnätet som är nödvändiga för effektiva virkesflöden året runt. I slutändan ska åtgärderna som vidtas leda till ett säkrare och jämnare råvaruflöde hela året. Värdet av att utnyttja VägRust ligger i att med större säkerhet kunna planera åtgärder i vägnätet, för att i nästa steg kunna erbjuda kunden säkra leveranser i rätt tid, även under tjallossning och höstregn.

Kostnaden för de föreslagna åtgärderna ska ställas mot kostnaderna för extra lagerhållning och hantering av virke, risk för försämrad virkeskvalitet p.g.a. ofarbara vägar, ökad kapitalbindning och räntor, eller akuta investeringar i vägnätet i samband med avverkningar.

## FlowOpt – stöd för styrning av virkesflödet

Övergripande flödesplanering görs på tidshorisonter om 1–3 år och omfattar exempelvis översyn av transportorga-

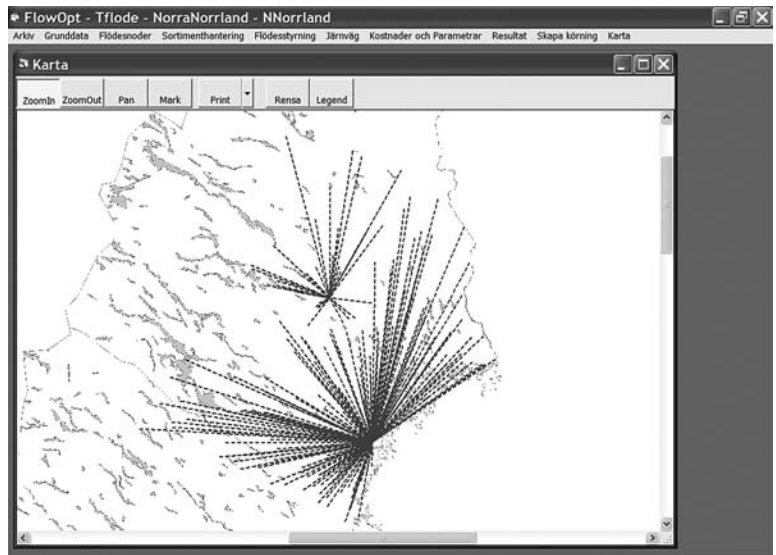


nisationen. Frågor som ställs är hur lastbils- och tågtransporter kan kombineras, vilka järnvägsterminaler som kan utnyttjas, till vilka mottagare importerade volymer ska gå o.s.v. I planeringen kan beslutsstöd med optimeringsmodeller som minimerar transport- och lagringskostnader användas, exempelvis FlowOpt. I analyser kan t.ex. kostnader för redan utförda transporter jämföras med kostnaden för optimeringens förslag. Det går då att i efterhand räkna ut hur logistiken borde ha sett ut och hur stor ekonomisk potential som finns i effektivare planering.

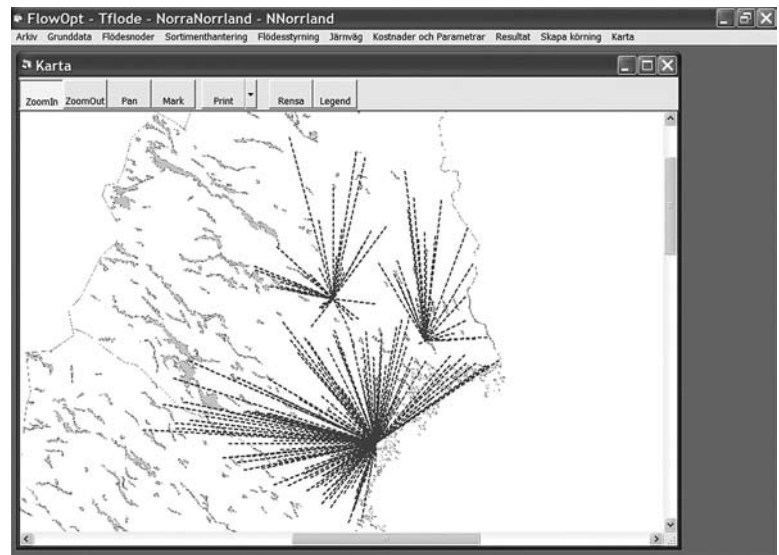
Ett exempel är en studie där vi analyserade ett logistiksystem med lastbilstransporter i kombination med två tågset som kördes från fyra järnvägsterminaler till två pappersbruk och två sågverk. I studien ville vi bl.a. belysa om rätt mängd virke omsattes på respektive terminal och om det fanns potential för ytterligare en terminal. FlowOpt användes för att göra optimeringar med respektive utan den extra terminalen. Utifrån resultaten av de två optimeringarna beräknades effekten av den föreslagna terminalen.

Kostnadsbesparingen utslaget på hela den studerade volymen blev marginell. Terminalen påverkade däremot hur de olika transportslagen (tåg och lastbil) utnyttjades. Transportarbetet (tonkm) på lastbil minskade med 6 %, vilket kan ha positiv effekt på miljön. Medeltransportavståndet för flöden till de industrier som direkt berördes av järnvägstransporterna minskade med 10 %. Med resultatet från studien som grund projekteras nu för en möjlig etablering av järnvägsterminalen.

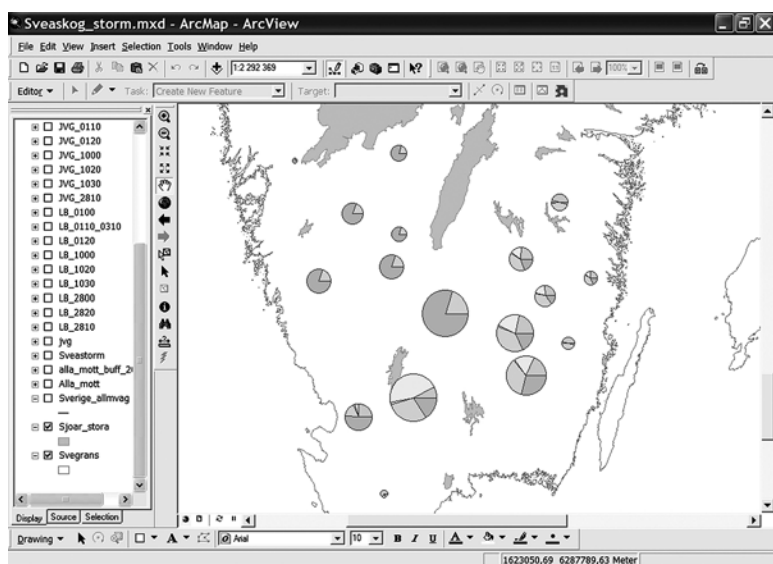
I studien utnyttjades information från utförda transporter, eftersom kommande års flöden förväntas vara stabila och likna dagsläget. Med Flow-



**Figur 2.** Skärmdump från FlowOpt med resultat som visar lastbilsflöden för att försörja en kustnära industri. Optimeringsmodellen väljer om transporterna ska ske direkt eller via en järnvägsterminal i inlandet för vidaretransport med tåg till industrin.



**Figur 3.** Motsvarande resultat som för bilden ovan fast från en optimering med ytterligare en järnvägsterminal i inlandet. Medeltransportavståndet för lastbilstransporter till industrin minskade med 10 % med den extra terminalen.



**Figur 4.** Exempel på resultat från optimeringen. Cirkeldiagrammen visar hur mycket av respektive sortiment som optimeringen väljer att inte avverka på olika platser.

Opt beräknades således om just dessa transporter hade blivit effektivare med en ny järnvägsterminal. FlowOpt kan även användas på kortare tidshorisont, från någon vecka till ett år och dels vid analyser av utfört arbete, dels vid planering av framtida flöden.

I ett fall studerade vi hur ett antal företag skulle kunna effektivisera sina rundvirkesflöden genom bättre destinerings dels inom företagen, dels mellan varandra (virkesbyten). En månads virkesflöden analyserades och resultaten från optimeringarna jämfördes med de verkliga virkesflödena.

Om varje enskilt företag hade optimerat sina virkesflöden hade den totala transportkostnaden, jämfört med den verkliga kostnaden under den aktuella månaden, kunnat minska med 4%. Potentialen varierade mellan 2% och 6%, motsvarande 1–3 kr/m<sup>3</sup>fub, mellan olika företag.

I studien analyserades också effekten av mer virkesflöden över företagsgrän-

ser (virkesbyten). Om företagen kunde transportera virket till den närmast belägna möjliga mottagaren, oavsett ägare, skulle de totala kostnaderna minska med 12% eller 6 kr per m<sup>3</sup>fub. Detta trots att byten i viss utsträckning redan förekom.

Förutom de ekonomiska fördelarna med optimal destinerings (som kan identifieras med optimerande beslutsstöd), så innebär effektivare logistik också mindre miljöpåverkan. I studien skulle de negativa miljöeffekterna minska med 18%, vilket bl.a. motsvarar 950 ton mindre koldioxidutsläpp den aktuella månaden.

Förbättringspotentialen härleddes till både massaved- och timmerflöden, men den största potentialen låg i bättre destinerings av timmer. En förklaring till det är att optimeringen inte tog hänsyn till hur virket var apterat. Det innebär att för att nå större delen av potentialen måste flödesplanering ske tidigare än i dag, redan före avver-

ning. Det är en utmaning, eftersom många sågverk har specifika kvalitetskrav som styr apteringen och det kan krävas nya affärsformer för att få detta att fungera, exempelvis stamprissättning.

I ett arbete tillsammans med Sveaskog användes en utvecklad version av FlowOpt för att analysera logistiksituationen efter stormen Gudrun. FlowOpt behövdes för att analysera effekten av olika handlingsalternativ. Eftersom originalversionen av FlowOpt inte hanterar avverkningsresurser och begränsade lastbilsresurser samt värdering av virke i olika lagerpunkter och vid kund, kompletterades optimeringsmodellen med funktioner för detta.

Inom några få veckor efter stormen gjordes de första optimeringarna med den nya modellen efter de förutsättningar som gällde för Sveaskogs situation i stormområdet. Analysen omfattade en period som sträckte sig från februari till juli. Under den perioden var både avverknings- och transportresurser begränsade och virkesvärdet varierade beroende på sortiment, på om det skulle lagras (och i så fall var) samt på olika kunders betalningsvilja.

Resultaten från optimeringarna visade vilka avverknings- och transportresurser som skulle prioriteras, hur mycket virke som skulle lagras och var, vilka tåg- och båtlösningar som var lönsammast samt vilka nya affärer som borde prioriteras. Dessutom kunde olika scenarier analyseras. Då testades hur logistiklösningen påverkades av mer avverknings- eller lastbilsresurser, nya kunder och nya tåglösningar.

Analysen blev ett tydligt exempel på hur ett beslutsstöd med optimering kunde användas direkt i verksamheten för att planera vilka åtgärder som



var mest kostnadseffektiva att vidta. Analysresultaten låg till grund för Sveaskogs logistikplanering månaderna efter stormen.

### Från forskning till tillämpning

Det är i dag få skogsföretag i Sverige som använder optimering i sin logistikplanering. Däremot har flera företag utnyttjat information och resultat från enskilda analyser för att förbättra sin logistik.

Skogforsk har i flera analyser visat på möjligheter att med olika beslutsstöd identifiera bättre logistiklösningar än de som utnyttjats vid tillfället för analysen. Nu är det dags att flytta användningen av optimerande beslutsstöd från efteranalyser till faktisk planering – innan transportererna är utförda och innan vägarna är sönderkörda. De hinder och motstånd som existerar väger lättare än de möjliga vinster som optimerande beslutsstöd medger.

Skogforsk satsar tillsammans med Södra Skog och Korsnäs under 2006 på att införa FlowOpt inom respektive företag att användas i logistikplaneringen, både som planerings- och analysverktyg. Under året kommer företagen att bygga kopplingar till FlowOpt från sina befintliga system. Skogforsk stödjer implementeringsarbetet med kompetens och dokumenterar samtidigt den process som det innebär att föra ut forskningsresultaten till praktisk tillämpning hos intressentföretagen. Erfarenheterna från arbetet blir viktiga i Skogforsks fortsatta arbete med utveckling av beslutsstöd för effektivare logistik.

### Litteratur

- Frisk, M. & Rönnqvist, M. 2005. FlowOpt – en väg till effektivare virkesflöden. Resultat nr. 8, 2005. Skogforsk.
- Frisk, M. & Rönnqvist, M. 2005. Analys av virkesflöden med FlowOpt – tre fallstudier. Resultat nr. 15, 2005. Skogforsk.
- Forsberg, M. Frisk, M. & Rönnqvist, M. FlowOpt – a decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry. International Journal of Forest Engineering. Vol 16, nr. 2. 2005.
- Frisk, M. 2004. VägRust underlättar planeringen. Redogörelse från Skogforsk, nr. 1, 2004.
- Karlsson, J., Rönnqvist, M. & Frisk, M. RoadOpt – A decision support system for road upgrading in forestry. För publicering i Scandinavian Journal of Forest Research.

# Optimera maskinresurserna!

Sten-Gunnar Skutin, Isabelle Bergkvist & Mikael Frisk

I arbetet med att planera aktuella avverkningar måste drivningsledaren eller motsvarande alltid ta ställning till vilka maskinlag som ska tilldelas vilka avverkningstrakter. En fråga som också uppkommer med jämna mellanrum är om man har rätt sammansättning av maskinlag och maskiner, d.v.s. rätt mix av:

- stora skördare (t.ex. John Deere 1470D eller Valmet 911),
- mellanstora skördare (t.ex. John Deere 1070D eller Valmet 901),
- små skördare (t.ex. John Deere 770D),
- drivare eller motsvarande (t.ex. Valmet 801 Combi),
- stora skotare (t.ex. John Deere 1410D eller Valmet 860),
- mellanstora skotare (t.ex. John Deere 1110D eller Valmet 840),
- små skotare (t.ex. John Deere 810D eller Valmet 830).



Figur 1. Drivningsområdet Ovanåker.

Maskintyperna har olika kostnader och prestation per G15-timme på olika typer av trakter, beroende av bl.a.:

- avverkningsform
- medelstam
- skotningsavstånd

Det är inte självklart vilka kombinationer av maskiner och trakter som ger de lägsta avverkningskostnaderna, och hur maskinflottan med hänsyn till traktbanken totalt sett bör vara utformad.

## Ett nytt beslutsstöd för optimering av maskinresurserna

Skogforsk har genom att utnyttja logiken i FlowOpt (ett beslutsstöd för flödesoptimering) tagit fram ett nytt system för maskinresursplanering på strategisk och taktisk nivå, som hanterar ovanstående frågor. Efter själva optimeringen exporteras resultatet till Excel eller Access för vidare analys. Det nya systemet kan användas dels för att optimera tilldelningen av trakter per befintliga maskinlag (alternativet befintlig

maskinpark), dels för att optimera hela maskinflottans sammansättning (alternativet ny maskinpark). I optimeringen minimeras de totala avverkningskostnaderna med hänsyn till trakternas olikheter och samtliga maskiner i området. Optimeringen väljer att kombinera maskintyp och trakt beroende på de maskinkostnader och de prestationsfunktioner som används i optimeringen.

Maskinstorleken kan ha en viss inverkan på graden av skador på kvarstående träd vid gallring, men skadorna kan till stor del undvikas genom ett varsamt körsätt. Även markskador kan till viss del undvikas, genom bättre planering, hjälpmedel vid svaga överfarter (t.ex. olika typer av broar) och teknisk utrustning (t.ex. ökad bredd på däck). Optimeringen tar inte hänsyn till risken för skador på bestånd och mark.

## Pilotprojekt på Mellanskog

Det nya beslutsstödet har testats i ett projekt på Mellanskog, på virkesområde Västra Ljusnan, drivningsområde Ovanåker (omfattar Ovanåkers kommun, i södra Hälsingland). Drivningsområdet hanterar ca 200 000 m<sup>3</sup>fub per år. Drivningsarbetet utförs av sju maskingrupper, fördelat på två slutavverkningsgrupper, en drivare, två gallringsgrupper och resten grupper för antingen slutavverkning eller gallring.

I analysen användes data för redan avverkade trakter, dels för att få högkvalitativa data om varje trakt (skördarnas uppgifter om volym och medelstam användes), dels eftersom man i första hand ville utreda vilka typer av bestånd som skulle tilldelas de olika maskingrupperna.

I första hand önskade man svar på följande frågor:

- Hur många drivare bör man ha på drivningsområdet?
- Vilka typer av trakter ur traktbanken bör drivaren sättas in på?
- Hur påverkas övriga maskinsystem?
- Vilken är den lönsammaste uppsättningen av olika maskintyper?
- Hur mycket kan man sänka drivningskostnaderna genom en optimerad resursplanering?

Den sistnämnda frågan avser en kostnadsjämförelse mellan verkligt utfall (vilka trakter respektive maskinlag i verkligheten tilldelats) och en optimal avverkningsplanering.

Indata till analysen har bestått av trakter för tre månaders avverkning inom drivningsområdet Ovanåker (se tabell 1), uppgifter om hur många maskiner av respektive maskintyp man använder i dag, samt kalkylpriser för olika maskintyper. Industrins efterfrågan förutsätts vara identisk med utfallet från avverkningarna. För drivaren har vi satt två restriktioner:

- Max 5 sortiment per trakt (drivarens prestation minskar vid många sortiment).
- Max medelstam 0,40 m<sup>3</sup>fub (ett

försök att sätta en teknisk begränsning).

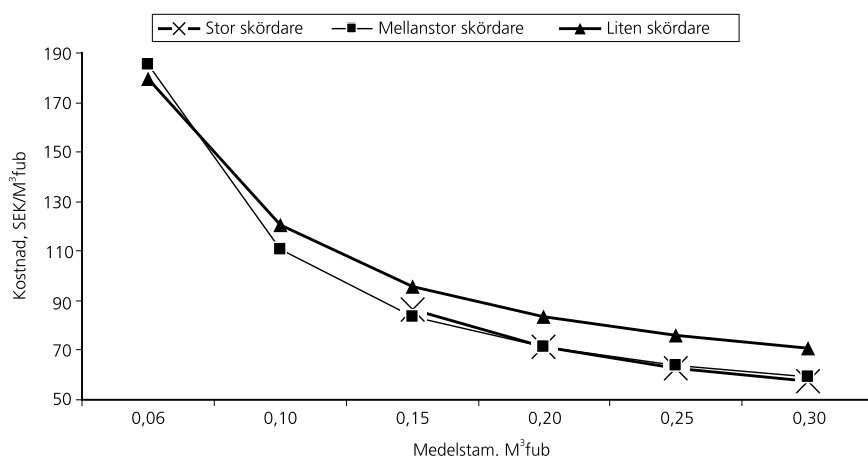
Uppfylls inte restriktionerna så väljs skördare och skotare för aktuell trakt.

### Prestationsfunktioner och maskinkostnader

En rätt betydande del av arbetet har bestått i att ta fram prestationsfunktioner för olika maskintyper, av olika storleksklasser, i olika avverkningsformer (gallring, slutavverkning och överståndare/fröträd). Prestationsfunktionerna grundar sig på maskinuppföljning från olika skogsföretag,

resultat från Skogforsks studier och produktionsnormer. Vi räknar med att nu kunna använda de framtagna funktionerna även för kommande analyser på andra företag. Under analysarbetet har vi kunnat se att förändringar i de olika prestationsfunktionerna snabbt slår igenom i analysresultatet. Vill man öka säkerheten i analyserna kan man därför nivålägga funktionerna för det egna företaget, det kräver dock att det finns tillgång till en relativt omfattande maskinuppföljning.

Den andra faktorn som naturligtvis slår igenom i analysresultatet är de kalkylpriser som används (se tabell 2). De



Figur 2. Exempel på kostnadskurvor för skördare enligt Mellanskogsstudien.

Tabell 1. Summerade uppgifter för de trakter som ingår i analysen.

Total volym	51 700 m <sup>3</sup> fub
Totalt antal trakter	83 st
Varav – gallring	36 st
– slutavverkning	31 st
– överståndare/fröträd	16 st
Medelstam	0,06–1,02 m <sup>3</sup> fub
Skotningsavstånd	50 – 800 m

Tabell 2. Maskinpriser som använts för alternativet ny maskinpark.

Maskintyp	Maskinpris, kr/G <sub>15</sub> -timme
Stor skördare	930
Mellanstor skördare	866
Liten skördare	819
Drivare	908
Stor skotare	620
Mellanstor skotare	572
Liten skotare	535

flesta företag har dock en klar uppfattning om vilka priser som bör användas för olika maskintyper.

Kombinationen av maskinpriser och prestandskurvor ger kostnadskurvor för varje maskintyp. Av figur 2 framgår vilka konsekvenser det gett för studien på Mellanskog när det gäller skördare av olika storlek i gallring. Liten skördare är lönsammast i riktigt klena gallringar och stora skördare i mycket grova gallringar. Däremellan är mellanskördare lönsammast.

### Resultat från studien på Mellanskog

Analysen har utförts som två typfall, optimerad trakttilldelning med befintlig maskinpark respektive optimerad trakttilldelning med en helt ny maskinpark (optimal maskinpark). Vi redovisar här resultat för alternativet ny maskinpark, eftersom det är av störst allmänt intresse.

Analysen i alternativet ny maskinpark avser en jämförelse av billigaste maskinval för avverkning och skotning (stor, mellan, liten skördare och stor, mellan, liten skotare, eller drivare) kontra verkligt val. Kombinationer av olika storlek på skördare och skotare har jämförts med drivaren.

Optimeringen gjorde ett annat val än det verkliga valet av avverkningsmaskin på ca hälften av trakterna. Genom att optimera maskinvalet per trakt (i en ny maskinpark) kan man enligt analysen sänka drivningskostnaden med ca 5 %. Hur stor kostnads-sänkningen blir på olika drivningsområden eller motsvarande beror på hur pass väl dagens maskinpark är anpassad för aktuell traktbank. Men även nivåläggningen av de maskinpriser som används kan inverka relativt kraftigt på den framräknade kostnads-

**Tabell 3.** Optimalt maskinval med ny maskinpark i studien för Ovanåkers drivningsområde.

#### BILLIGAST SKÖRDARE

##### Gallring

Liten skördare i mycket klena gallringar.  
Mellanskördare i klena och normala gallringar.  
Stor skördare i mycket grova gallringar.

##### Slutavverkning

Stor skördare är billigast på alla trakter.

#### BILLIGAST SKOTARE

##### Gallring

Mellanskotare är billigast på alla trakter.

##### Slutavverkning

Stor skotare är billigast på alla trakter.

#### BILLIGAST SYSTEM

##### Gallring

Drivare i klena gallringar om skotningsavståndet är max 400 m.  
Mellanskördare och mellanskotare i normala gallringar.  
Stor skördare och mellanskotare i mycket grova gallringar.

##### Slutavverkning

Medelstam 0,19 m<sup>3</sup>fub och lägre:  
Drivare vid skotningsavstånd max 200 m.  
Stor skördare och stor skotare däröver.  
Medelstam 0,20 m<sup>3</sup>fub och högre:  
Drivare vid skotningsavstånd max 300 m.  
Stor skördare och stor skotare däröver.

sänkningen (se känslighetsanalysen i tabell 5).

### Resultat per maskintyp och avverkningsform

Resultat per maskintyp och maskinsystem per avverkningsform framgår av tabell 3 (fröträdsställningar har ute-

lämnats). Gränsfallen påverkas snabbt av förändringar i maskinpriser och i prestandsfunktioner.

### Konsekvenser för maskinflottan

Vid en optimering av maskinvalet för de 83 trakterna i studien, i en helt ny maskinpark, så är de största conse-

**Tabell 4.** Konsekvenser för maskinflottan.

Maskintyp	Optimalt antal maskiner	Verkligt antal maskiner
Stor skördare	2,3	2,0
Mellanstor skördare	2,5	2,5
Liten skördare	0,2	1,5
Drivare	2,1	1,0
Stor skotare	2,0	2,0
Mellanstor skotare	3,3	3,0
Liten skotare	0,0	2,0

kvenserna för maskinflottan att de små maskinerna (små skördare och små skotare) försvinner och att antalet drivare fördubblas. Utnyttjandet av stora skördare och mellanstora skotare ökar något.

Av tabellen framgår att behovet av maskiner i vissa fall är del av en maskin. Ökning med del av en maskinhet kan ske genom:

- att en maskin delas med annat distrikt eller motsvarande.
- att man upphandlar del av en maskins tjänster (entreprenören agerar på en fri marknad och kör åt flera företag).
- att entreprenören justerar antalet skift på en eller flera maskiner.

### Känslighetsanalyser

I studien genomfördes tre känslighetsanalyser.

- I den ordinarie analysen gick både den gamla och nya maskinparken på nymaskin-kalkylpris – med ett undantag. Den gamla drivaren fick av olika anledningar gå på avtalt pris (gällande marknadspris). Första analysen avser hur stor den framräknade kostnadsänkningen blir om även gamla drivaren får gå på kalkylpris för ny maskin.
- Spridningen i prestationsnivå för olika drivare i slutavverkning verkar vara relativt stor. Den andra analysen avser hur utfallet förändras om vi sänker nya drivares prestationsnivå i slutavverkning och fröträdsställningar med 10%.
- Maskinpriset för nya drivare kan variera beroende på bl.a. hur stora rabatter man lyckas förhandla sig till vid inköpet. Den tredje analys-

Tabell 5. Känslighetsanalys för studien på Mellanskog.

Resultat av optimering	Ordinarie datakörning	Kalkylpris även för gamla drivaren	Sänkt prestation (10 %) i slutavverkning och fröträdd för drivare	Sänkt kalkylpris (10 %) för drivare
Minskad drivningskostnad	3,4 %	4,8 %	3,1 %	6,8 %
Konsekvenser för maskinflottan	Små skördare och små skotare försvinner, antalet drivare fördubblas	–	Små skördare och små skotare försvinner, stora skördare ökar med ca 0,7 maskiner, antalet drivare och stora skotare ökar med ca ½ maskin vardera.	Små skördare och små skotare försvinner, antalet drivare ökar från 1 st till ca 5,5 st. Behovet av mellanskördare minskar från 2,5 maskiner till ca 1 maskin, behovet av mellanskotare halveras.
Lämpliga trakter för drivaren – gallring	Klena gallringar, med inte alltför långa skotningsavstånd	–	Klena gallringar, med inte alltför långa skotningsavstånd	Klena och normala gallringar med inte alltför långa skotningsavstånd
– slutavverkning	Klen slutavverkning med skotningsavstånd max 200 m. Normal slutavverkning med skotningsavstånd max 300 m.	–	Normal slutavverkning med skotningsavstånd max 50 m.	Alla slutavverkningar med skotningsavstånd max 700 m
– fröträdd	Alla fröträdsställningar med skotningsavstånd max 400 m	–	Normal fröträdsställning med skotningsavstånd max 150 m.	Alla fröträdsställningar med skotningsavstånd max 800 m

en avser hur resultatet påverkas om vi sänker kalkylpriset för drivare med 10%.

Resultatet från känslighetsanalysen kan sammanfattas enligt tabell

5. Kalkylpriset verkar vara det som generellt sett slår hårdast på utfallet (kostnadsänkning, lämpliga trakter för drivaren och lämpligt antal drivare). Vi kan även konstatera att det är av stort värde att ha en ordentlig maskin-

uppföljning, så att man kan nivålägga prestationsfunktionerna rätt. Enligt känslighetsanalysen så blir drivaren i vårt fall mindre intressant i slutavverkning om man sänker prestationsnivån med 10%. Nuvarande analysmodell tar inte hänsyn till flyttkostnad per uppställningsplats (ofta avverkar man på drivningsområdet Ovanåker 3–4 trakter efter samma vägsystem utan att flytta maskinerna med trailer). Flyttersättningen till entreprenören är ungefär hälften så stor för drivaren som för ett tvåmaskinsystem. För större trakter och uppställningsplatser har flyttkostnaden ingen inverkan på maskinvalet, för mindre isolerade trakter har den viss inverkan. För att få en bild av hur flyttkostnaden påverkar optimeringen av maskinresurserna så har den ordinarie datakörningen kompletterats med en särskild analys. Om flyttkostnaden tas med i optimeringen så blir den viktigaste konsekvensen för maskinflottan, att antalet drivare ökar med ytterligare ca 50%, utöver ökningen i den ordinarie datakörningen (ökningen i den ordinarie datakörningen innebär en fördubbling av antalet drivare på Ovanåkers drivningsområde). Total drivningskostnad minskar med 3,7% (att jämföra med 3,4% i den ordinarie datakörningen). Vid en samlad bedömning utifrån allt som kommer fram i känslighetsanalysen minskar dock total drivningskostnad med ca 5%.

### Fortsatta analyser

Analysen för att optimera maskinresurserna ökar medvetenheten på fältet om hur en effektiv maskinpark bör vara utformad och kan bl.a. leda till att man undviker rena felinvesteringar. Det nya beslutsstödet för optimering av maskinresurserna på strategisk och

taktisk nivå är lätt att sätta sig in i och kräver relativt lite indata, förutsatt att man kan använda befintliga prestationsfunktioner. Vi hoppas därför det kan komma till användning på flera företag.

Under 2006 räknar Skogforsk med att återuppta arbetet med att utveckla ett beslutsstöd för optimerad operativ turordningsplanering (se Bergström & Brunberg, 2000). Erfarenheterna från resursplaneringen kommer att vara värdefulla i detta utvecklingsarbete.

### Litteratur

- Bergkvist, I, Nordén, B. & Hallonborg, U. 2003. Drivaren är konkurrenskraftig. Skogforsk, Resultat nr 14, 2003.
- Bergström, J. & Brunberg, T. 2000. Gasa och bromsa i turordningsplaneringen!. Utvecklingskonferensen 2000. Skogforsk, Redogörelse nr 2, sid. 48–52, 2000.
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk, Redogörelse nr 3, 2004.
- Frisk, M. 2005. FlowOpt – en väg till effektivare flöden. Skogforsk, Resultat nr 8, 2005.

# Listigare rutter

Bertil Lidén

Skogforsks processkartläggning av transportledarnas arbete på fem olika företag visade på möjligheter att utveckla arbetet (Ekstrand & Skutin, 2005). Arbetssättet skilde sig en del mellan olika transportledare och mycket arbete gick åt till att kontrollera och korrigera information samt rätta till uppkomna fel.

Studier av beslutsstöd för daglig planering av fordonsflottor, där man låter datorn föreslå rutter baserade på optimeringsberäkningar visar på potentiella kostnadsbesparingar i storleksordningen 5–10%.

Skogforsk har bl.a. med dessa erfarenheter som grund tillsammans med Linköpings universitet och flera av våra intressentföretag vidareutvecklat RuttOpt, en prototyp till beslutsstöd för daglig planering av virkesfordon.

## Schemaläggning av transporter – ett komplext problem

Antalet teoretiskt möjliga rutter under några dagar är mycket stort för varje virkesfordon. För att en optimeringsrutin i datorn ska kunna jämföra olika alternativa rutter i sökandet efter den bästa lösningen gäller det att alla indata håller hög kvalitet. Först då blir slutresultatet praktiskt användbart. Förutsättningarna för transporter måste också noga anges. Vid uppstarten av en analys med RuttOpt krävs därför ett omfattande arbete med att beskriva förutsättningarna för hur fordonen kan utnyttjas, efterfrågan, öppettider och lossningstider vid industrin samt inte minst tillgängliga volymer och sortiment vid avlägg.

## Omfattande indatakrav

**Bilvägslager:** Volymen virke i varje

välta måste anges. En daglig uppdatering av bilvägslaget med hjälp av skotarrapportering är alltså en grundförutsättning liksom att varje välta anges med korrekta koordinater.

**Mottagande industri:** Industrins efterfrågan uttryckt som månads- eller veckokvot bryts ned till dagskvoter i RuttOpt. För varje industri anges en minimi- och en maximivolymer för varje aktuell dag i planeringsperioden. Öppettiderna och uppskattade lossningstider måste också anges för varje industri. Lossningstiderna avser den tid inklusive eventuell väntetid det tar för en truck att lossa. Om industrin är öppen men ingen lossningstid finns för aktuell tid på dygnet förutsätts att fordonet lastar av med sin egen kran.

**Vägval och avstånd:** För att identifiera lämpliga rutter som minimerar transportkostnaden måste RuttOpt räkna fram lämpligt vägval från ett avlägg till andra avlägg. För detta används tillgängliga körhastighetsuppgifter i NVDB, vilka kan korrigeras med erfarenhetstal för att få rätt körhastighet på olika vägsträckningar.

Den vägvalsfunktion som i dag används i RuttOpt är en ”kusin” till den vägvalsfunktion som utvecklats och testats i den Nationella Vägdatan. På sikt kan samma vägvalsfunktion komma att användas i RuttOpt och i den Nationella Vägdatan. Genom att beräkna vägval från alla avlägg och mottagningsplatser till såväl avlägg som mottagningsplatser konstrueras i RuttOpt en avståndsmatrix som innehåller avstånd och körtider. Denna avståndsmatrix är sedan en hörnsten i optimeringsalgoritmen, där transportkostnaden minimeras under de givna förutsättningarna.

**Virkesfordon:** I RuttOpt anges för varje virkesfordon flera uppgifter, som

t.ex. kostnader per km för körning med respektive utan last. Dessutom uppgifter hur mycket fordonet lastar och vilka tider på dygnet som fordonet kör.

**Hemmabaser och skiftbyten:** För varje virkesfordon anges koordinater för hemmabasen och var skiftbyten kan ske. I beräkningarna antas fordonet starta från hemmabasen och återvända dit vid dagens slut. Man kan dock även ange andra start- och slutpunkter för fordonets arbete under dagen. Tiden för skiftbyten anges som ett tidsfönster, d.v.s. ett byte som tar 20 minuter, ska ske inom en period på två timmar och genomföras på en angiven plats.

**Optimeringsmodellen:** För att lösa komplexa problem som ruttplanering finns i princip två olika slags metoder, optimerande eller heuristiska. De optimerande metoderna tar fram den optimala lösningen men har nackdelen att beräkningstiden i datorn ofta blir opraktiskt lång. För RuttOpt används en heuristisk eller ”näroptimal” metod som ger en lösning till ofta betydligt kortare beräkningstid. För en flotta på 10–20 virkesfordon med ett normalt antal avlägg och mottagande industrier är beräkningstiden 5–10 minuter för en veckoplanering. För mycket stora fordonsflottor på 100–150 fordon är beräkningstiden i dag ca 2 timmar.

## Studie hos Holmen Skog 2004

I samarbete med Holmen Skog genomfördes en studie under tre dygn. Syftet var dels att utveckla RuttOpt, dels att jämföra resultatet med hur ett antal fordon körde i verkligheten.

**Datainsamling och övriga förutsättningar:** Inom region Norrköping valdes 12 virkesfordon ut för studien. Varje fordon förde dagbok över körningarna under tre dagar i juni

2004. Sammanlagt kördes 203 lass in till 22 olika mottagare. Det aktuella bilvägslagret sammanställdes med hjälp av Holmen Skogs egen åkarwebb. Det geografiska området för studien

illustreras av figur 1, där mottagande industrier och skogsbränsleterminaler framgår.

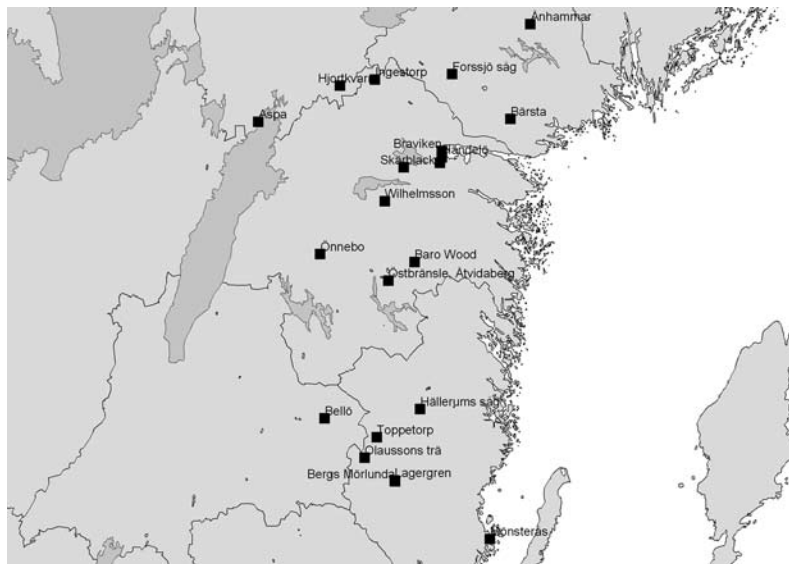
**Förutsättningar:** Uppgifterna om aktuella volymer per avlägg stämdes

av med hjälp av Holmen Skog. Bilvägslagret motsvarade ungefär en veckas transporter. För att inte den teoretiska planeringen i RuttOpt bara skulle ”skumma grädden” av tillgängliga volymer balanserades problemet så att utbudet av virke sattes lika med de volymer, som faktiskt kördes under de tre dygn studien genomfördes. På så sätt skulle fordonen i RuttOpt-analysen inte kunna köra andra lass, än de som verkligen kördes in. Därmed skulle jämförelsen mellan praktisk och teoretisk planering bli möjlig.

För att hitta bästa lösningen för hela flottan av 12 fordon i studien togs alla begränsningar bort i RuttOpt vad gäller avlägg som virkesfordonen fick köra till. I optimeringen kunde således alla fordon köra till alla avlägg.

**Ruttopt sparade 8% av körd sträcka:** Resultaten från optimeringen visade att de 203 lasserna, som kördes under tre dygn, kunde ha körts in med både mindre lasskörning och tomkörning. Som framgår av tabell 1 skulle man ha kunnat spara in 8% av körsträckan. Av de tillgängliga tolv virkesfordonen kunde man klara transportererna med 10 fordon dag 1 och 11 fordon dag 3. Under dag 2 behövdes alla fordonen. Se vidare gantt-schemat i figur 3.

För att få tillförlitliga resultat måste RuttOpt kalibreras så att beräknade körtider stämmer överens med verkliga. I figur 4 framgår skillnaderna mellan verkliga körtider och de som beräknas av RuttOpt. Som grund för beräkningarna i RuttOpt har angivna hastigheter för olika vägtyper i NVDB modifierats med ledning av verkliga körtid enligt transportörernas dagboksanteckningar.



**Figur 1.** Mottagande industrier vid studie av 12 virkesfordon under en tredagarsperiod försommaren 2004.



**Figur 2.** Bilvägslagret i RuttOpt-analysen sattes till de volymer som faktiskt transporterades i praktisk körning under tre dygn.



## Flera användningsområden och arbetssätt med ruttopt

Ruttopt ger möjlighet att utveckla planering och styrning av fordonsflottor på upp till kanske 150 fordon.

Förutom att använda Ruttopt som beslutsstöd för den dagliga transportledningen, finns stora möjligheter till avancerade analyser.

**Analys av transportförutsättningar:** Ett intressant användningsområde är att utnyttja Ruttopt för analyser av transportförutsättningarna inom ett område. Genom att beskriva förutsättningarna för en veckas arbete och sedan förändra olika parametrar kan ett bra underlag skapas för diskussioner kring transporter.

Faktorer som t.ex. industrins öppettider, lossningstider vid olika industrier, lastningstider vid olika typer av avlägg och vägförhållanden kan analyseras, inte bara för det enskilda fordonet, utan också med avseende på hur en förändring i en eller flera parametrar påverkar fordonsflottan och transportkostnaden i ett helhetsperspektiv.

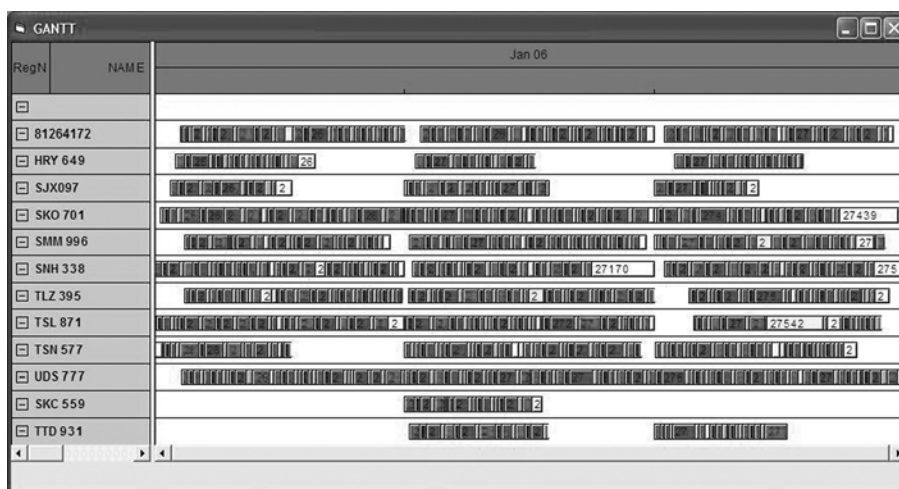
Resultaten kan sedan användas för diskussioner mellan befraktare och transportörer.

**Nya arbetssätt i den dagliga transportplaneringen:** För transportledaren och åkeriet/chauffören kan utnyttjandet av ett beslutsstöd som Ruttopt för den dagliga transportplaneringen medföra stora förändringar jämfört med hur man arbetar i dag. Det är därför viktigt med förankring och diskussion om hur beslutsstöd som Ruttopt ska användas. Två exempel på förändringar kan vara:

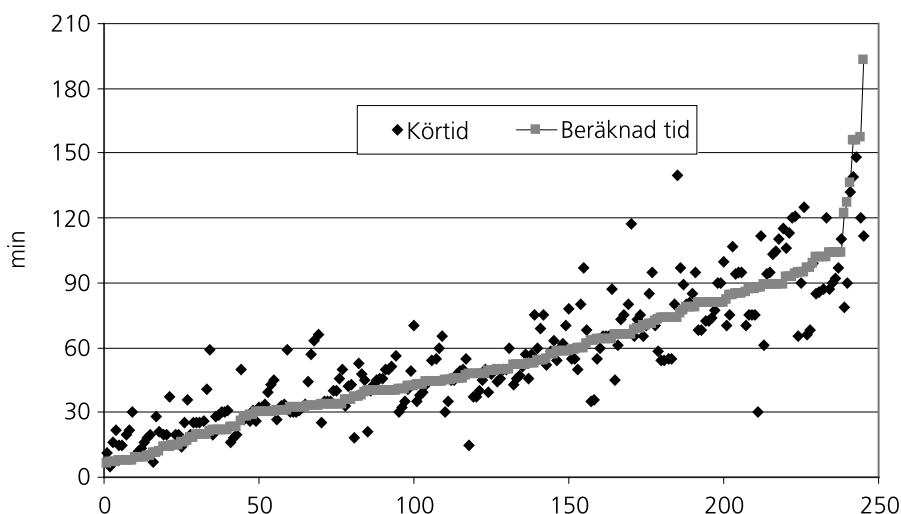
- En transportör som arbetar med ett hemområde med ensamrätt på alla körningar, kommer kanske i

Tabell 1. Jämförelse mellan verkliga transporter och Ruttopts förslag.

	Antal lass	Lasskörning	Tomkörning	Km totalt
Verklig körning	203	11 996	9 695	21 691
Ruttopts förslag	203	11 386	8 524	19 910
Skillnad		-610	-1 171	-1 781
		5,1 %	12,1 %	8,2 %



Figur 3. Gantt-schema för 3 dagars körning som ger en snabb överblick över virkesfordonens olika aktiviteter.



Figur 4. Verkliga och av Ruttopt beräknade körtider för i studien förekommande vägsträckor. De verkliga tiderna varierar

stället att samarbeta med andra transportörer över ett större område.

- En transportledare som i dag fördelar transportuppgifterna, som större beting till åkerierna, kommer kanske mera aktivt att planera fordonens arbete med stöd av RuttOpt.

**Järnkoll på vägslaget:** Helt andra krav på indatakvalitet ställs för att kunna genomföra arbetet med RuttOpt. Den springande punkten är att ha ett aktuellt bilvägslager och kanske också en god överblick över skogslaget. Detta kräver betydligt större skärpa i skördar- och skotarrapporteringen än i nuläget. Det kan också i många fall bli aktuellt att chauffören i virkesfordonet rapporterar lastning vid avlägg och lossning vid industri. Att invänta uppgifter från ordinarie inmätning kan i många fall vara otillräckligt, om man måste ha dagsaktuella uppgifter om bilvägslaget.

SDC kommer att kunna få en nyckelroll för datainsamling och dataförsörjning av olika aktörers system för planering och uppföljning av bilvägslager. En konsekvent tillämpning av standarder i informationsutbytet mellan olika aktörer är då nödvändig.

#### **Variation i fordonsutnyttjande:**

Om man genomför en konsekvent styrning av en fordonsflotta med hjälp av beslutsstöd som RuttOpt, kommer fordonsflottans transportkapacitet att öka jämfört med vid konventionell manuell planering.

Användningen av RuttOpt medför bättre överblick av transportförutsättningarna. Detta parat med fordonsflottans högre kapacitet kommer att ge bättre möjligheter att klara toppar i

transportarbetet. Under perioder med lägre transportbehov kommer någon eller några virkesfordon i en flotta att inte vara fullt sysselsatta. Principer för organisation och prissättning av transporter måste diskuteras särskilt i dessa fall.

#### **Att bli styrd av ett körschema**

Med de snabba förändringar som hela tiden sker vid praktiskt transportarbete måste man utveckla arbetssätt med tillräcklig flexibilitet för att en RuttOpt-planering skall bli användbar.

Utmaningen ligger troligen i att hitta avvägningen mellan planeringsförslaget från beslutsstöd som RuttOpt och transportledarnas och transportörernas yrkesskicklighet. Datorns förslag måste alltid utvärderas och omsättas med omdöme. Vikten av att inte låsa det praktiska arbetet i alltför detaljerade anvisningar är också en erfarenhet från Finland. Där man under många år har arbetat med datorstödd transportplanering för virkestransporter.

#### **Implementering av RuttOpt under 2006**

Under 2005 och 2006 genomför Skogforsk tillsammans med flera intressentföretag ett par implementeringsprojekt inom områdena flerträds-hantering och transportplanering. Syftet är att studera hur vi effektivare ska kunna föra ut forskningsresultat till praktisk användning.

RuttOpt ingår i implementeringsprojektet. Planen är att prova beslutsstödet hos SCA Skog AB och VSV Frakt AB under 2006. RuttOpt kommer att användas på ett transportledarområde per företag med syfte att värdera dess praktiska användbarhet och effekterna på transportplanering-

en. Arbetet med RuttOpt hos SCA och VSV kommer att ge svar på flera av frågorna om hur RuttOpt ska utnyttjas i praktisk drift.

#### **Litteratur**

Lundgren, J. et al. 2003. Optimeringslära. Studienlitteratur, Lund.

#### **Referens**

Ekstrand, M., Skutin, S.-G. 2005. Processkartläggning av transportledning och transporter. Arbetsrapport 596-2005. Skogforsk.

## TEKNIK

# Vi vill vässa skogsbrukets konkurrenskraft

Magnus Thor

## Produktivitet utveckling en nyckelfråga

Utveckling av skogsbrukets teknik, metoder och system har varit och är fortfarande mycket betydelsefullt för skogsbrukets lönsamhet och närings konkurrenskraft. Teknikutvecklingen har mycket stor del i att skogsbrukarens rotnetto har bibehållits på acceptabel nivå, trots reellt sjunkande virkespriser. Under perioden 1992–2004 har skogsbrukskostnaden utvecklats till 64 % av konsumentprisindex, KPI (figur 1). I denna kostnad ingår drivning, skogsvård, vägar, administration och övrigt. Mellan 1992 och 1993 skedde en rejäl minskning av kostnaderna, och om 1993 väljs som basår för jämförelsen är skogsbrukskostnaden istället 81 % av KPI. Detta innebär en real kostnadsänkning med 1,7–3,0 % per år beroende på vilket jämförelseår vi

väljer. Denna utveckling måste fortsätta om vi även i fortsättningen vill vara med i leken.

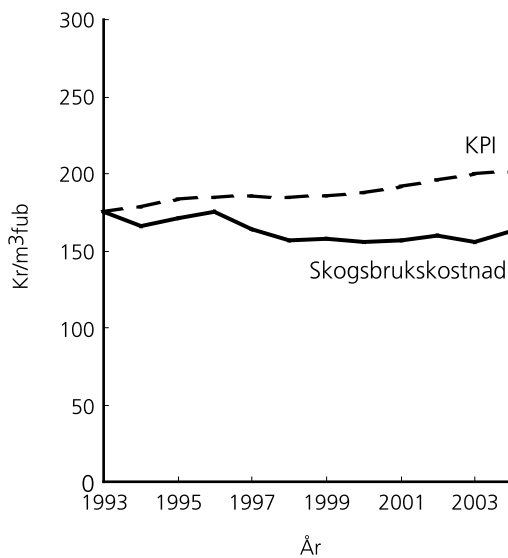
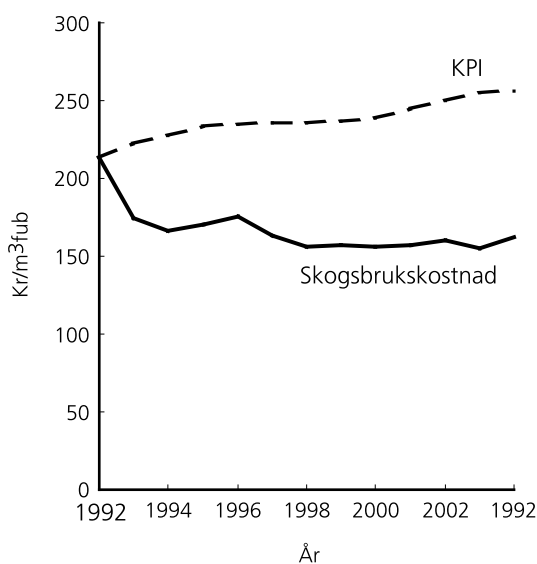
## Drivning

Skogsbrukskostnaden kan delas upp i ett antal delar. Varje delpost har på olika sätt bidragit till kostnadsutvecklingen. Den största kostnadsposten (ca 60 %) är drivning. Blickar vi bakåt har förstås engreppsskördarens segertåg betytt mycket för rationalise-

ringen i både gallring och slutavverkning. Mekaniseringen är genomförd. Systemet har fått möjlighet att mogna under en stabil period och maskinerna ser nu till det yttre ungefär likadana ut år från år. Förändringarna sitter istället på insidan. Utvecklingen är imponerande, t.ex. när det gäller producerad årsvolym per lag (tabell 1). Produktionsökningen har möjliggjorts av pålitligare maskiner med högre prestanda som kunnat

**Tabell 1.** Några nyckeltal för en maskingrupp med engreppsskördare och skotare i slutavverkning.

	1995	2000	2005
<b>TU (%)</b>			
– EGS	77	81	83
– Skotare	82	85	87
<b>G-timmar per år</b>	1 900–2 400	2 200–2 800	2 500–3 100
<b>Årsvolym per maskingrupp</b>	30 000–40 000	40 000–65 000	60 000–100 000



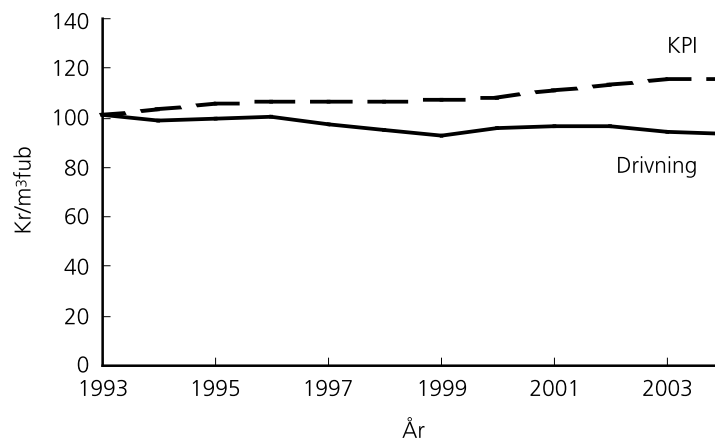
**Figur 1.** Skogsbrukskostnadens utveckling relativt KPI med två jämförelseår: 1992 (vänster) och 1993 (höger).

arbeta fler timmar per år. Detta har också medfört en genomsnittligt yngre maskinpark i arbete, vilket påverkat produktiviteten positivt. Sammantaget har drivningskostnaderna sjunkit med realt ca 20 %, eller 1,8 % per år, sedan 1993, (figur 2).

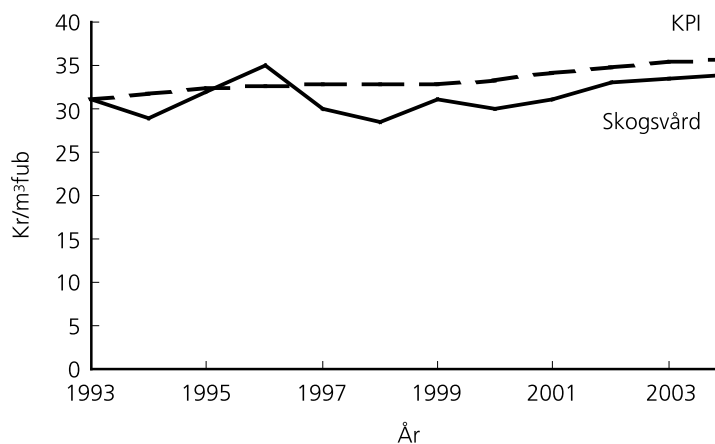
Vad kan vi förbättra och utveckla på drivningssidan? För närvarande arbetar vi efter två inriktningar: Rationalisering av dagens teknik och metoder samt utveckling av morgondagens teknik, metoder och system. Vi vill här utveckla kunskap som vid tillämpning leder till effektivare system. Det handlar förstås om att sänka kostnader, men även om ökade intäkter, förbättrad arbetsmiljö och minimerad yttre miljöpåverkan. Samtidigt eftersträvas flexibla system. Björn Löfgren och Marie Jonsson går närmare in på några exempel om dagens och morgondagens drivning.

### Skogsvård

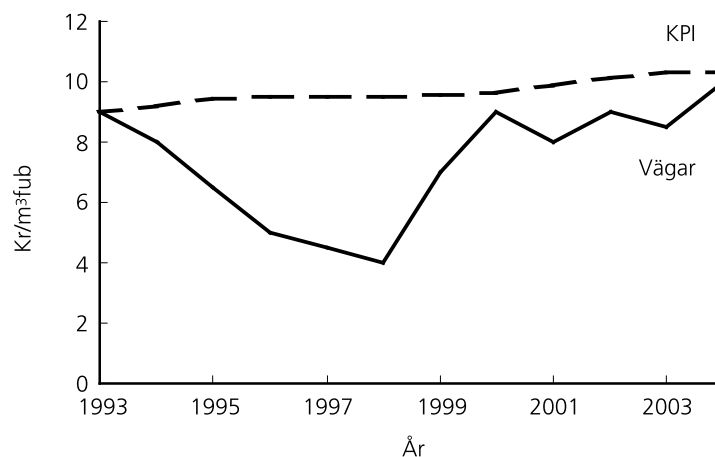
Skogsvården omfattar ca 20 % av skogsbrukets kostnader. Stora delar av skogsvårdsarbetet utförs fortfarande med motormanuella eller manuella metoder, t.ex. plantering och röjning. Kostnadsutvecklingen, utslaget per avverkad  $m^3$ fub har i stort sett följt den allmänna kostnadsutvecklingen i samhället (figur 3). Tidigare omfattande satsningar på mekanisering har hittills inte slagit igenom på bredden. Geometrisk maskinell röjning i stråk kombinerat med motormanuell röjning mellan stråken har gett lovande resultat i studier, vilket vi kunde redovisa på förra Utvecklingskonferensen. En maskin för stråkröjning har fram till dags dato röjt ca 1 000 ha, och Isabelle Bergkvist kommer strax att berätta hur konceptet med stråk-



Figur 2. Kostnadsutveckling för drivning 1993–2004.



Figur 3. Skogsvårdskostnadens utveckling 1993–2004 (kr/avverkad  $m^3$ fub).



Figur 4. Kostnadsutveckling för nybyggnad och underhåll av skogsbilvägar (kr per avverkad  $m^3$ fub) 1993–2004.

röjning har fungerat under den första säsongen i praktisk drift.

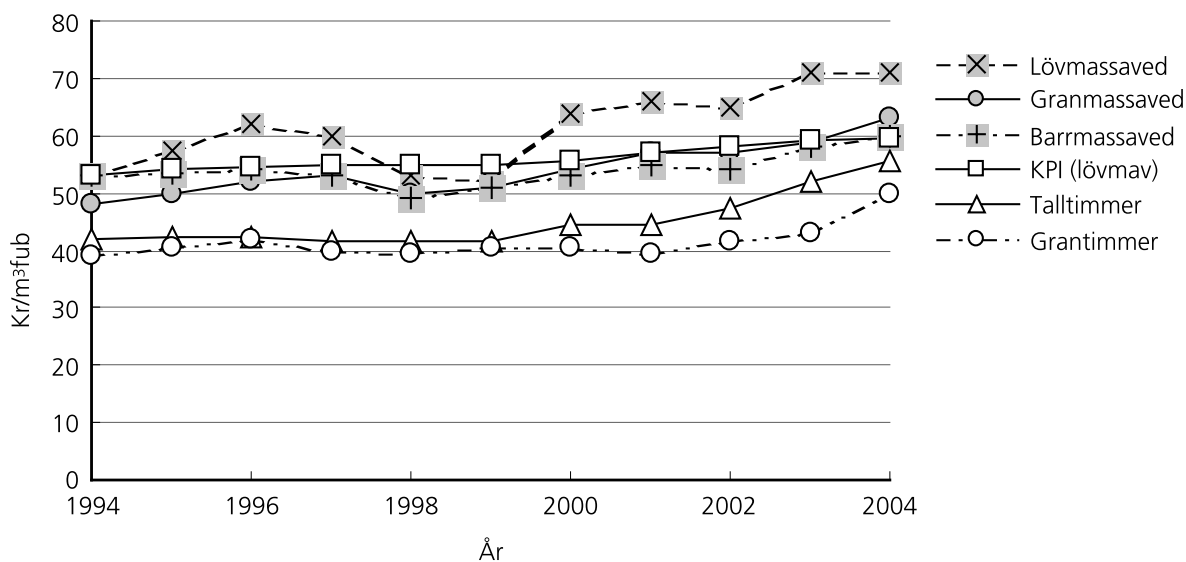
### Vägar och transporter

Nybyggnad och underhåll av skogsbilvägar utgör ca 5% av skogsbrukets kostnader. I och med övergången till 60 tons bruttovikt gjordes förbättring-

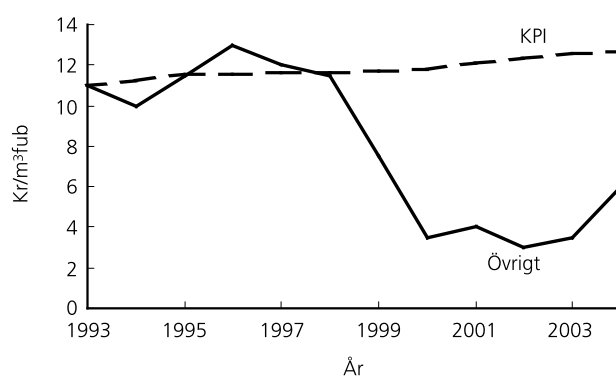
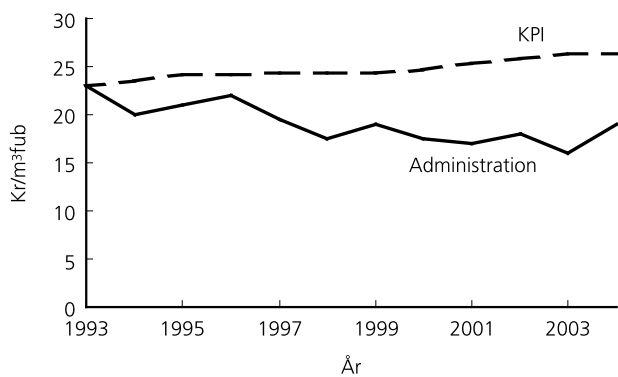
ar i skogsbilvägnätet. Därefter vidtog en mer passiv fas; uppmärksamheten på vägnätets standard minskade och fordonen blev tyngre. Sedan 1999 har kostnadsutvecklingen varit väsentligt brantare än KPI (figur 4), vilket kan förklara att skogsbruket nu åter investerar mer i vägar. Samtidigt har logistik

blivit viktigare, vilket naturligtvis verkar i samma riktning.

Kostnaden för transporter belastar inte skogsbruket i denna sammanställning (d.v.s. ingår inte i figur 1), men har stor betydelse för industrins virkesanskaffningskostnad och konkurrenskraft. Därmed påverkar det



Figur 5. Kostnadsutveckling skogstransporter 1994–2004 (kr/m³fub).



Figur 6 resp 7. Kostnader för skogsbrukets administration samt övriga kostnader 1993–2004 (kr/m³fub).

skogsbruket. Transportkostnaderna har ökat med ca 15 % relativt KPI sedan 1994 (figur 5). En stor del av denna ökning kan härledas till ett ökat pris på drivmedel och andra faktorer som skogsbruket inte kan påverka. Bränslebesparande åtgärder blir därför allt viktigare, något som Paul Granlund berör i ett senare föredrag. Han berättar även mer om hur tekniken kan bidra till ännu effektivare transporter.

### **Administration och övriga kostnader**

Administrationskostnaderna har minskat med mer än 4 % per år sedan 1993, vilket är imponerande (figur 6). Detta ska ses mot bakgrund av utvecklingen av IT, att antalet anställda minskat väsentligt och att den digitala kedjan börjat etablera sig. En del av administrationen har även flyttats ur skogsföretagen till entreprenadföretagen. Kostnaden belastar då drivningen i stället.

Posten övriga kostnader utgörs av allt som inte kan hänföras till någon annan verksamhet. Denna post har halverats på 10 år. Tillsammans utgör administration och övriga kostnader ca 15 % av skogsbrukets kostnader till bilväg.

### **Påverkan på inre och yttre miljö**

Arbetsmiljön för operatörer och skogsarbetare samt påverkan på yttre miljö är exempel på faktorer som är svårare att direkt avläsa i termer av rationalitet eller lönsamhet. Oftast finns mycket tydliga kopplingar mellan ekonomi och miljö, t.ex. när det gäller minskad bränsleförbrukning. Ett antal viktiga variabler är reglerade genom lagstiftning eller frivilliga åtaganden, bl.a. avseende emissioner och arbetsmiljö. Drivningssystemens negativa påverkan

på inre och yttre miljö har minskat över tiden. Fortfarande kan dock mycket förbättras. Claes Löfroth kommer senare att sammanfatta resultat och kunskapsläge rörande två högaktuella frågor, bränsleförbrukning och vibrationer.

# Drivningsteknik i morgon och i övermorgon

Björn Löfgren & Marie Jonsson

## Morgondagens drivningsteknik

Det finns fortfarande mycket att utveckla på dagens skogsmaskiner när det gäller tekniska system och metoder för att kunna effektivisera drivningsarbetet. Här görs nedslag i tre aktuella områden.

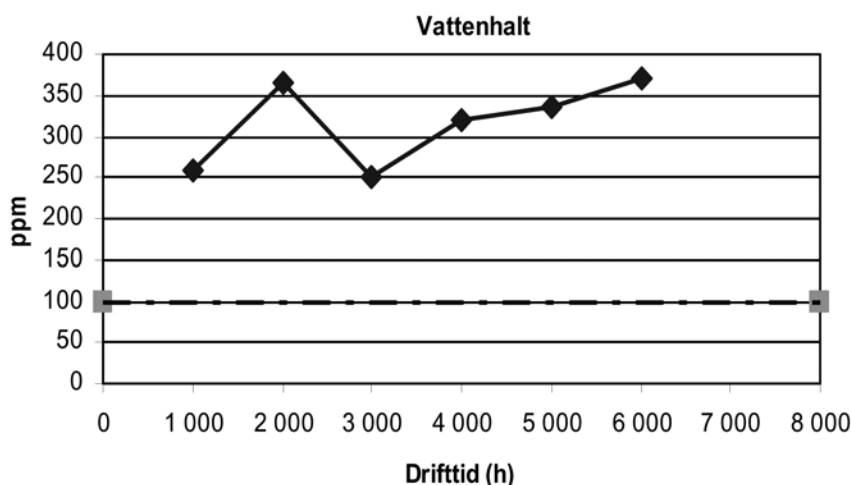
## Hydraulik

Hydraulsystemet är skogsmaskinens hjärta och blodomlopp. Förbättringar av hydraulsystemet kan få stor effekt på prestanda och bränsleförbrukning samt sänka underhållskostnader för maskinen. Förluster i dagens hydraulsystem är stora. Enligt analyser utförda av Institutet för tillämpad hydraulik ligger hydraulsystemens totala verkningsgrad på

53–55%. Tester hos SMP (Statens Maskinprovning) i Umeå visar dessutom att flera oljor i dag inte klarar de krav som svenskt skogsbruk ställer på miljöolja, vad gäller livslängd och renlighet.

Därför har TSG (Tekniska samverkansgruppen) vid Skogforsk tagit fram en kravlista på hydraulsystemen och hydraulolja. I listan anges bland annat måttal för hydraulsystemets tillgänglighet, verkningsgrad renhet, vatteninnehåll m.m. Klarar skogsmaskintillverkarna att möta dessa krav kommer skogsbrukets produktivitet och livslängden på systemets komponenter att öka. I kraven tas även betydelsen av utbildning upp. För detta ändamål har en särskild kursplan utarbetats där nödvändig kunskap för den som handhar systemet presenteras.

För att följa hydraulsystemets status tas oljeprover. Där analyseras sådant som vattental, syrataltal, mängd av förorening m.m. Att kunna följa upp



Figur 1. Exempel på diagram från oljeprov. I diagrammet visas utvecklingen över tid, samt rekommenderad nivå (100ppm).

t.ex. vattentalet, d.v.s. hur mycket vatten oljan innehåller, är viktigt eftersom för mycket vatten leder till korrosion, problem med filter, kärvande ventiler, slitage och liknande. TSG har utarbetat riktlinjer för vad som bör redovisas i olika oljeanalyser samt för hur data ska presenteras så att användaren enkelt kan förstå om nivån är skadlig och följa utvecklingen av nivån över tid. Ett exempel på hur en sådan presentation, i detta fall av vattental, bör göras visas i figur 1.

## Dubbskador

Dubbskador och deras påverkan på virket har varit föremål för diskussion de senaste 30 åren. Inledningsvis använde man sig av stålvalsar, som orsakade så pass stora skador att det påverkade sågutbytet och också blev en grogrund för blånad. VMR införde då bestämmelser för hur värdet skadat virke ska reduceras, vilket gav ekonomiska incitament för användandet av gummivalsar. I och med att kraven på ökad produktion börjat komma har stålvalsarna åter blivit aktuella, då de ger en högre produktivitet, bättre

matning och lägre underhållskostnad. Stålvalsarna gör det möjligt att göra kompaktare aggregat. Detta i kombination med sågverkens allt snävare postning har återigen gjort dubbskadefrågan högaktuell.

Dubbskador är komplext och kan delas in i tre kategorier: Maskin- och förarspecifika (såsom körsätt, klämttryck på matarvalsar m.m.), Beståndspecifika (barkjocklek, mängden kvist och krök m.m.) samt matarhjulspecifika (dubbens utformning, matarhjulens storlek m.m.)

Skogforsk har på uppdrag av VMF Qbera utvärderat 11 olika matarvalsar. Studien fokuserades på tall, som enligt statistiken har högst uppmätt dubbskadedjup. Resultaten visar att varken matarhjulen eller brösthjulen (i de fall de förekom) gav skador som är djupare än 8 mm, se figur 2.

De flesta matarvalsar på marknaden i dag behöver inte, om maskinen är rätt inställd och förhållandena gynnsamma vad gäller bestånd och årstid, resultera i dubbskador som ger värdeavdrag på virket. Det finns ett kunskapsglapp i övergången från



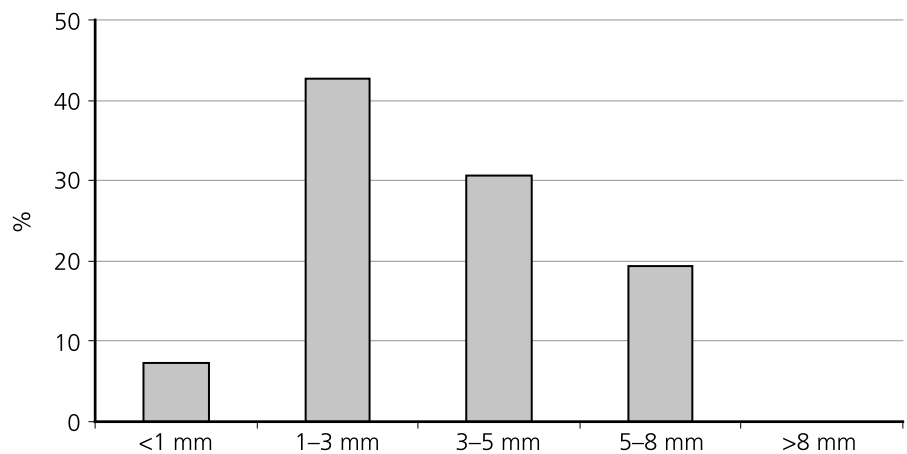
gummihjul till stålvals, som måste fyllas med information. De flesta är inte medvetna om vilka enkla grepp som kan reducera skadedjupet: t.ex. rätt inställt tryck på knivar och matarhjul där variationsmöjligheter utnyttjas och kvistknivar i gott skick samt ett följsamt körsätt.

Frågan är också hur slutprodukten egentligen påverkas? I en studie utförd av Södra sågades 100 granstockar med skadedjup över 5 mm för att kontrollera hur många av de färdiga bräderna som bar spår efter matarhjulen. Av de 196 bräder som blev resultatet, uppvisade 24 spår av matarhjulsskador. Endast 1 % av bräderna var så skadade att de inte var säljbara utan avkap. Många sågar upplever dock stora problem, då främst med blånad, men även med mekaniska skador. Skogforsk fortsätter arbetet i frågan bl.a. i en studie tillsammans med en tillverkare, där totalekonomin för stålvals och gummihjul ska kartläggas.

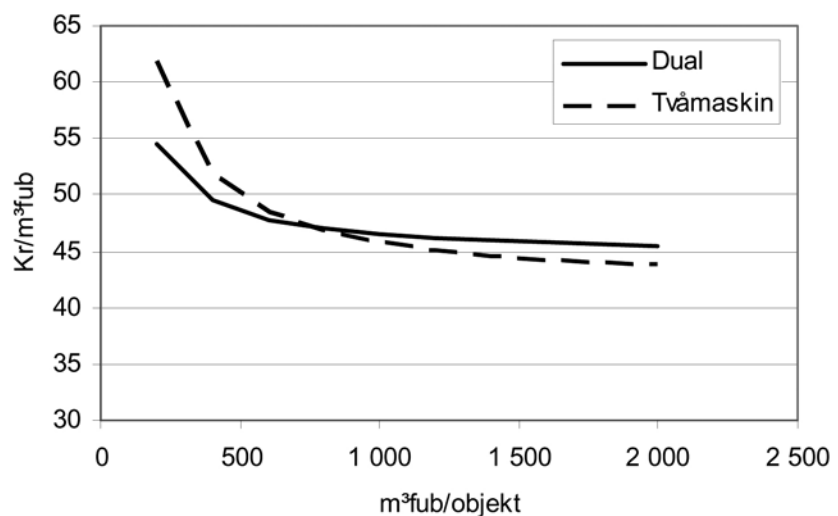
### Kombimaskin

På förra utvecklingskonferensen talades det om drivare. Denna gång nämner vi de s.k. kombimaskinerna i stället. En kombimaskin är i princip en skotare som även kan förses med ett skördaraggregat. Kombimaskinen framhålls av många som ett billigare alternativ med lägre ekonomisk risk än en drivare och framstår som attraktiv då kapitalkostnaden kan sänkas. Maskintypen kan ses som ett komplement till ett ordinärt skördarsystem. Grundtanken är då att maskinen tidvis, t.ex. vid kapacitetsbrist eller större haverier, kan fungera som antingen skördare eller skotare i ett konventionellt skördarsystem.

På uppdrag av SCA Skog har vi jämfört en Ponsse Dual med ett kon-



Figur 2. Skadedjupsfördelning för studiens matarhjul. Totalt 11 matarhjul.

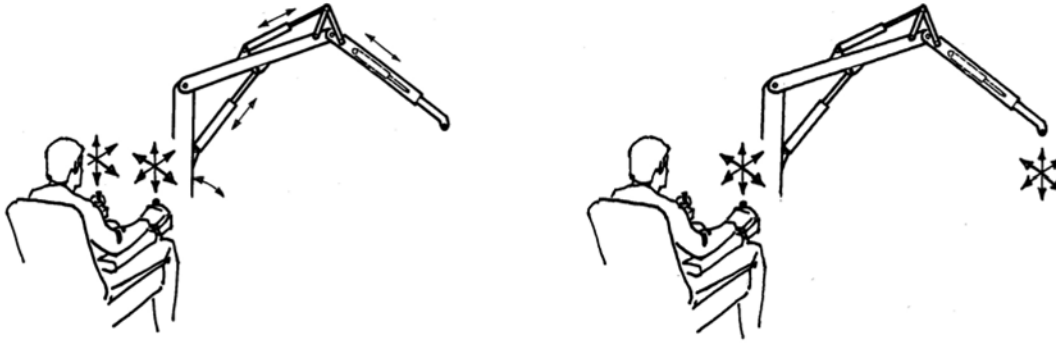


Figur 3. Objektstorlekens betydelse för drivningskostnaden med Dual och tvåmaskinsystem.

ventionellt skördarsystem i slutavverkning. Jämförelsen avsåg tidsåtgång och prestation. Dual var billigare som skördare och dyrare som skotare jämfört med ett tvåmaskinsystem på SCA:s normalobjekt (2 000 m³fub). På mindre objekt, i kalkylen mindre än ca 700 m³fub, var Dual billigare (se figur 3). Detta antyder att Dual lämpar sig bättre på företag och i

områden där avverkningsobjekten är mindre t.ex. där andelen virkesköp är stor. Brytpunkten kommer att förskjutas mot större objekt om Dual arbetar mer som skördare, d.v.s. i bestånd med klenare medelstamvolym och/eller bestånd med kortare terrängtransportavstånd.

Konceptet med kombinationsmaskin bör inte renodlat ställas mot



Figur 4. Konventionell styrning (vänster) och kranpetsstyrning (höger).

ett tvåmaskinsystem, så att valet är antingen det ena eller det andra. I stället kan det vara värt att beakta "tre- eller kanske "fem-maskinsystem", där en kombinationsmaskin utnyttjas på objekt där den är mest lämplig. De kraftfullare skördare-skotare systemen bör styras till stora objekt med hög medelstamvolym och på längre avstånd från väg. Sammantaget erhålls på så vis en ökning av produktiviteten över hela registret av objekt.

### Drivningsteknik i övermorgon

Intresse att finna nya vägar och utveckla dagens skogsmaskiner och

drivningssystem är stort. Bakgrunden är det uppenbara behovet av fortsatta starka produktivitetshöjningar i drivningsarbetet. Detta steg innebär t.ex. automation av olika funktioner hos våra skogsmaskiner. Beräkningar visar t.ex. att en årlig kostnadsbesparing på ca 250 Mkr kan åstadkommas genom effektivisering av kranarbetet med 10 %.

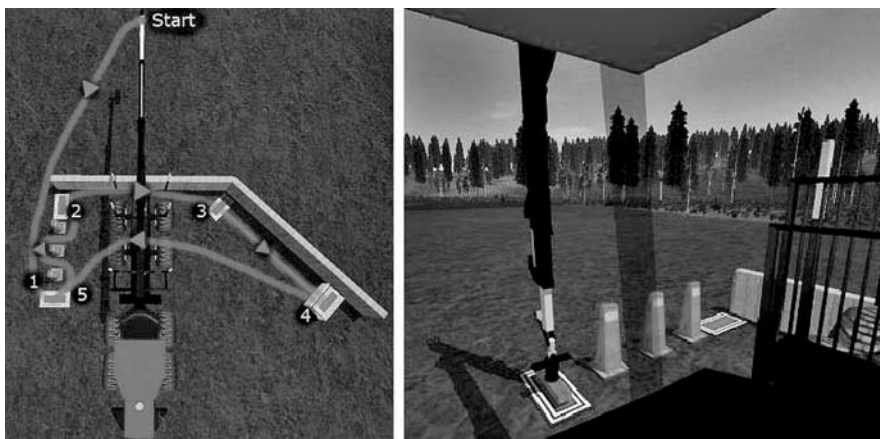
Det finns många idéer och tankar om vad man kan göra med skogsmaskinerna för att effektivisera och underlätta arbetet för dagens skogsmaskinförare. Problemet är dock att kunna testa och utvärdera dessa idéer

utan att det ska kosta alltför mycket. Skogforsk har därför byggt upp en skogsmaskinsimulator, kallad Troëds-son Forest Technology Lab, vilket innebär ett stort tekniksprång inom skogsteknisk forskning. Med simulatortorn har Skogforsk kunnat studera nya idéer av engreppsskördaren utan att maskinen måste byggas om. Här ges några exempel på resultat som framkommit i simulatorstudier.

### Kranspetsstyrning

Med kranpetsstyrning avses att kranen på en skotare styrs med en enda spak till skillnad från dagens system där den styrs med två spakar (se figur 4).

Hypotesen med kranpetsstyrning är att kortare tid behövs för inläring, högre prestation uppnås samt att belastningen på föraren minskar. Tidigare genomförda studier har gjorts i fält och med arbetsmoment som inkluderat hantering av virke. Detta har gjort att det varit svårt att särskilja vad som varit kranhantering eller vad som varit hantering av virke. Med vår simulator har Skogforsk haft möjlighet att renodla själva kranarbetet och få svar om hypoteserna ovan stämmer. Två grupper med elever från en skogsbruksskola fick lära sig var sitt styrsystem (dagens



Figur 5. Testbana med hinder, vy från ovan (t.v.) och med vy från hytten (t.h.)

metod med två spakar samt kranspetsstyrning). Den konventionella gruppen fick träna dels på riktiga maskiner, dels i simulatorn, medan kranspetsgruppen endast tränade i simulatorn. Eleverna fick föra kranen längs en speciell bana (figur 5) där det gällde att undvika att slå i hinder och maskin. Ett precisionsmoment ingick också som bestod i att placera ett fyrkantigt block så precist som möjligt i en ruta.

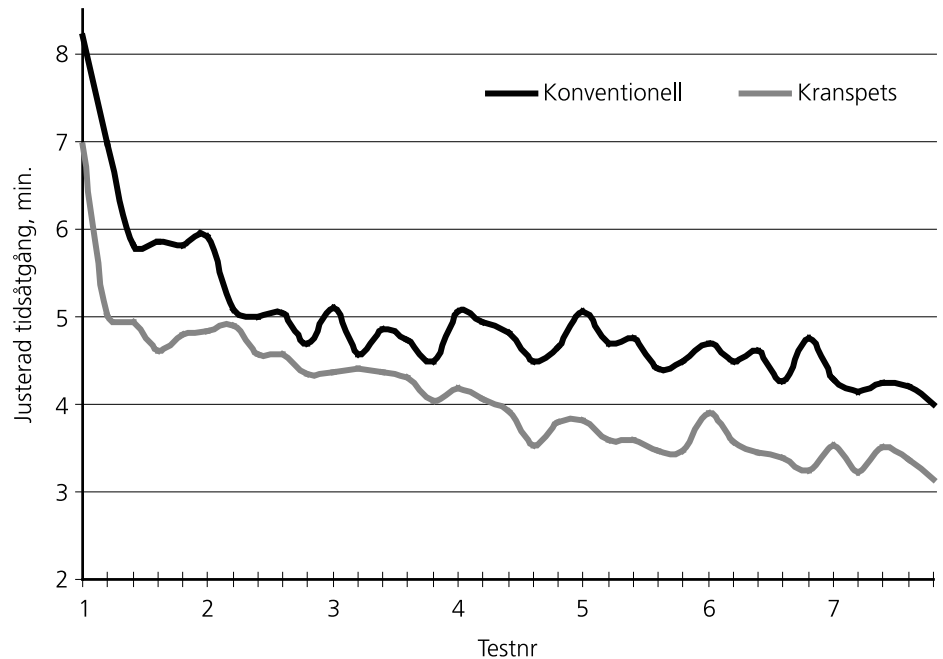
Vid studien registrerades den tid det tog att utföra en cykel och det antal fel som uppstod. Med fel avses om något hinder berördes. Felen definierades som tid och man fick olika tidstillägg beroende på om man slog i ett hinder eller i skotaren. Figur 6 visar justerad tidsåtgång. I denna ingår tidstillägg för fel och det är alltså ett samlat mått på snabbhet och precision. Den grupp som arbetade med kranspetsstyrning hade hela tiden högre prestation än den grupp som arbetade med konventionell styrning. Skillnaden var statistiskt säkerställd under studieperiodens andra hälft, d.v.s. där staplarna inte överlappar varandra.

I figur 7 har de två gruppernas prestation utjämnats med hjälp av regressionsanalys. Av lutningarna på linjerna ser man att kranspetsgruppen ökade sin prestation snabbare än den konventionella gruppen. Förbättringen var i genomsnitt 9 sekunder per testomgång för kranspetsgruppen mot 1,2 sekunder för den konventionella gruppen.

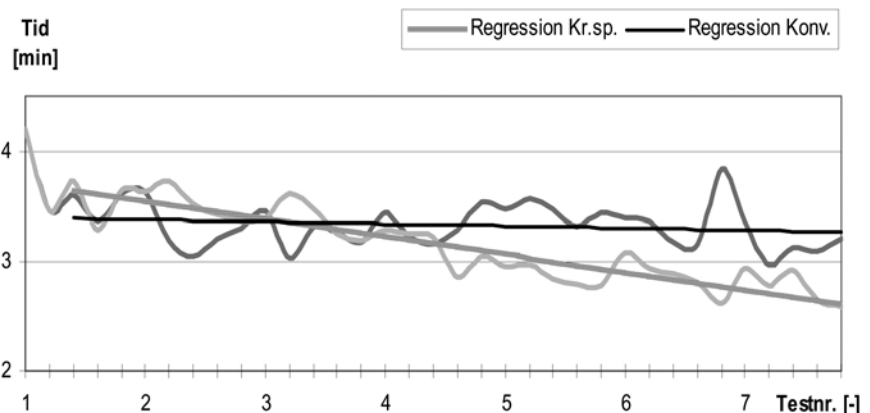
Under utbildningstiden intervjuades grupperna om arbetsbelastningen. Kranspetsgruppen upplevde överlag att arbetet var betydligt lättare än den konventionella gruppen.

## Automation

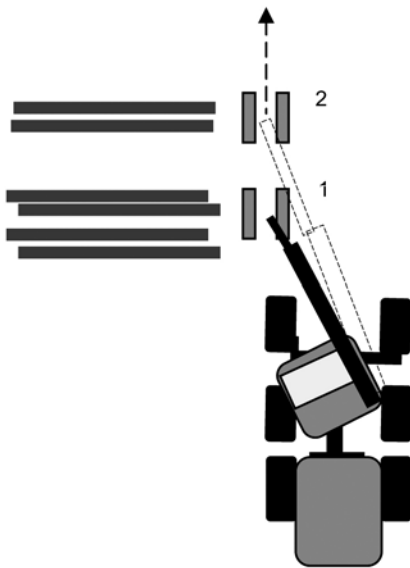
I vissa avseenden har maskinerna större kapacitet än vad föraren kan



**Figur 6.** Justerad tidsåtgång. Kurvorna anger tidsåtgången i minuter per vända inklusive tidstillägg för fel vid sju testtillfällen. Hinderbanan kördes fem gånger vid varje tillfälle. Övre linjen = konventionell styrning. Nedre linjen = kranspetsstyrning.



**Figur 7.** Regression för tidsåtgång. De räta regressionslinjerna divergerar, d.v.s. skillnaden ökar med tiden. Ljusa linjen = konventionell styrning. Mörka linjen = kranspetsstyrning.



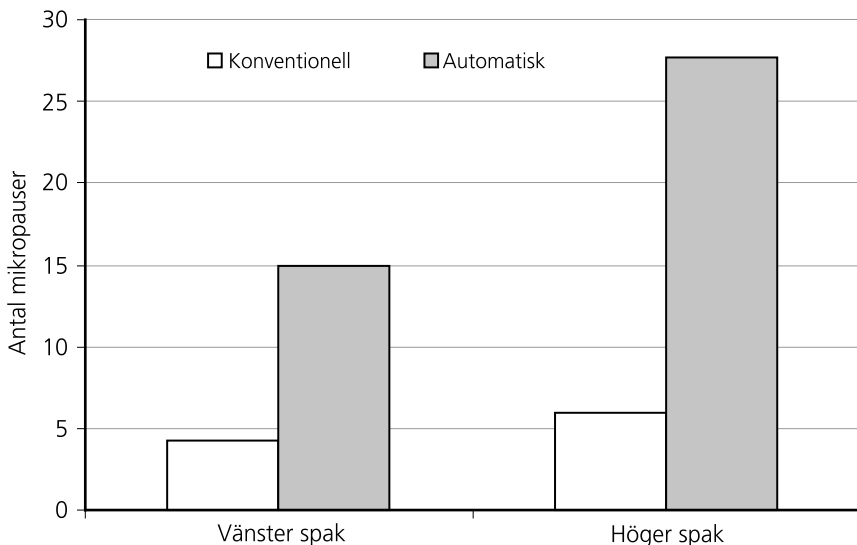
**Figur 8.** Automatisk kranförflyttning vid sortering.

utnyttja. För att öka produktiviteten behöver därför vissa moment i arbetet automatiseras. Det kan t.ex. vara fråga om kranens rörelser eller aggregatets tillredning av trädet, men även andra delar av arbetet kan automatiseras,

såsom informationsinhämtning, informationsöverföring och rapportering. Ett annat skäl till att automatiseringen är angelägen är maskinförarens arbetssituation. Den allt högre arbetstakten kan leda till sjukfrånvaro, utslagning och rekryteringsproblem. I simulatören har olika automationskoncept för engreppsskördare studerats, allt från en så enkel sak som att automatiskt rikta skördaraggregatet vid ansättning till att automatisera sortering av virke (se figur 8).

Även här studerades elever från en skogsbruksskola för att se skillnaderna mellan konventionell styrning och automation. Eleverna presterade 30 % bättre med automatiseringsfunktionerna än med dagens styrning och de använde 60 % färre joystickfunktioner och 30 % färre rotatorfunktioner.

För att få en uppfattning om elevernas nivå jämfördes de med en erfaren förare. För att utföra samma arbetsuppgift som en erfaren förare behövde eleverna 74 % mer tid om de körde maskinen med konventionell styrning



**Figur 9.** Antalet mikropausor vid konventionell styrning och med automatiserade sekvenser (erfaren förare).

jämfört med 21 % om de använde de automatiska funktionerna.

Alla testade automatiseringsmoment har mottagits mycket positivt av testförarna och spakutslagen har minskat mer än förväntat, vilket gör alla dessa funktioner angelägna att arbetat vidare med.

Vid studier av automatisk sortering i simulatören med en erfaren förare (studier som även inkluderar de övriga automatiserade kranfunktionerna) ökade antalet mikropausor, se figur 9. En mikropaus är en paus längre än 3 sekunder, som ökar möjligheten för musklerna att återhämta sig under arbetets gång.

### Head-up-display

Förare av skogsmaskiner tar in och bearbetar en ansenlig mängd visuell information, dels från omvärlden, dels från displayer i hytten. Skördarförare i synnerhet, har i dag oroväckande hög mental arbetsbelastning. Den display som ska presentera apterings- och maskininformation är lågt placerad vid vindrutans nedre kant, medan förarens huvudsakliga uppmärksamhet är riktad rakt fram för manövrering av kran och aggregat. Displayen innehåller en stor mängd alfamerisk information. För att kunna ta del av denna måste föraren släppa blicken från kranens spets och fokusera blicken på displayen. Därmed förlorar föraren en viktig informationskanal. Genom att förbättra gränssnittet på displayen görs inhämtande och omsättning av informationen enklare för föraren och den mentala belastningen minskar.

Genom att presentera informationen på vindrutans nedre kant, som på ett jaktflygplan, har föraren möjlighet hämta in nödvändig information utan att ta blicken från

aggregatet. I och med att apteringsinformationen finns på vindrutan kan den befintliga skärmen användas, t.ex. för att visa en karta över avverkningsområdet. För att prova olika förslag på hur information kan presenteras på en skördares framruta utfördes en studie i simulatoren. Där provades och utvärderades förslag på head-up-display av en erfaren förare. Resultatet från denna studie utmynnade i ett förslag som visas i figur 10.

Föraren upplevde head-up-displayen som mycket positiv, men ansåg att mängden information borde minska ännu mer, något som är föremål för framtida studier av Skogforsk.

### Avslutande ord

Även om vi pekat på några saker som kan ge en ökad produktion, ökade intäkter och minskad mental och fysisk belastning för föraren, finns det fortsatt ett stort behov av att utveckla tekniken i drivningen. Det är dock viktigt, för en fortsatt hållbar utveckling av skogsbruket, att balansera kostnader och intäkter samt att detta går hand i hand med en förbättrad arbetsmiljö för föraren.

### Litteratur

#### Kranautomation

Brander, M. et al. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. Arbetsrapport nr 562. Skogforsk.

Brander, M. & Nordén, B. 2004. Utvärdering av automatfunktioner på engreppsskördare med en professionell skördarförare. Arbetsrapport nr 573. Skogforsk.

Erikssohn, P. & Oscarsson, M. 2005. Automatisk sortering med engreppsskördare. Arbetsrapport nr 593. Skogforsk



Figur 10. Förslag till Head-up-display.

Egermark, T. 2005. Kransspetsstyrning – En jämförande utvärdering av kranstyrning för skogsmaskiner utförd i simulator. Arbetsrapport nr 594. Skogforsk

Egermark, L. & Löfgren, B. 2005. Kransspetsstyrning ger snabbare inläring. Resultat nr 24 2005. Skogforsk.

#### Head-Up-display

Forsberg, A. 2002. Presentation i realtid av apteringsinformation i skördare - ett gränssnittsförslag. Högskolan i Gävle

Lundin, et al. 2005. Head-up-display i engreppsskördare. Arbetsrapport nr 599 2005. Skogforsk.

#### Hydraulik

Tekniska samverkansgruppen. 2002. Kvantifiering av mål för hydraulsystem i skogsmaskiner, TSG-krav 2002-01 [www.skogforsk.se/upload/7076/Hy-](http://www.skogforsk.se/upload/7076/Hydraulikkrav.pdf)

[draulikkrav.pdf](http://www.skogforsk.se/upload/7076/Hydraulikkrav.pdf)

#### Kombimaskin

Hallonborg, U. et al. 2005. Ponsse Dual Buffalo i slutavverkning. Arbetsrapport nr 586. Skogforsk.

Nordén, B. et al. 2005. Kombimaskin jämfört med tvåmaskinsystem – Tidsstudier av Ponsse Dual, Ponsse Beaver och Ponsse Buffalo hos SCA Skog AB. Arbetsrapport nr 606. Skogforsk.

Hallonborg, U. et al. 2005. Tidsstudier av Ponsse Dual, Ponsse Beaver och Ponsse Buffalo hos SCA Skog AB. Resultat nr 12 2005. Skogforsk.

#### Dubbskador

Jonsson, M. 2005. Kartläggning av dubbskador. Arbetsrapport nr 602. Skogforsk.

# 2000-tal, dags att mekanisera skogsvården?

Isabelle Bergkvist

En växande andel orörd ungskogsareal och befarad framtida arbetskraftsbrist ger en ökad efterfrågan på högre effektivitet vid ungskogsskötsel. Under 2003 bildades därför en referensgrupp för ungskogsröjning med deltagare från ledande skogsföretag, skogsskötselentreprenörer, maskintillverkare och skoglig forskning. Referensgruppens syfte var att titta på alternativa metoder och teknik som kommer att krävas om effektivisering och mekanisering av ungskogsskötseln ska kunna genomföras.

Under sommaren 2003 studerades de biologiska effekterna av geometrisk röjning i stråk; stråkröjning. Stråkröjning är en delmekaniserad metod där maskinen används för att på ett effektivt sätt reducera stamantalet och underlätta för motormanuell selektiv röjning i mellanzonerna. Resultaten visade att stråkröjning var fullt jämförbar med traditionell motormanuell röjning med avseende på antal och fördelning av högkvalitativa stammar i det framtida slutavverkningsbeståndet. Skadegraden ökade inte heller nämnvärt efter maskinell stråkröjning jämfört med motormanuell röjning. Under sommaren 2004 följdes studien av de biologiska effekterna upp med studier av tre alternativa maskintyper för maskinell röjning i stråk. Stråkröjningsmetoden var vid studien upp till 60 % effektivare än traditionell motormanuell röjning när man använde breddavverkande aggregat. Metoden innebar 10–40 % billigare röjning oavsett vilken maskin och vilket aggregat som användes. För att kunna utvärdera hur metoden fungerar i praktisk drift i bestånd som är representativa för svensk ungskogsröjning har en

prototypmaskin under 2005 röjt drygt 700 ha på Sveaskog, SCA och Holmen skogs egna innehav.

## Målsättning

Målsättningen är att vid projektets avslut kunna leverera:

- metodbeskrivning för stråkröjning vid olika beståndsförutsättningar.
- prestation och kostnadskalkyl för stråkröjning.
- maskinkalkyl för den maskin och det aggregat som används i projektet.
- bortsättningsmall för motor-manuell röjning i mellanzonerna.
- begränsningar för metoden t.ex. flyttavstånd, beståndsstorlek och terräng.

## Omvärldsanalys

I Kanada använder man stråkröjningsmetoden i praktisk drift sedan ett antal år. I staten Quebec går 10–15 maskiner i stråkröjning beroende på säsong. Metoden är i stort sett densamma som vi använt i pilotprojektet. Uppföljning av metoden i Kanada visar att maskiner som klarar framryckningshastigheter över 25 m/min innebär billigare och effektivare röjning än den traditionella motormanuella metoden. För maskiner som klarar 35 m/min innebär metoden en kostnadsänkning på 30 %. I den motormanuella mellanzonsröjningen ökar prestationen med 15–20 % i och med enklare planering och förbättrad framkomlighet.

Förutsättningarna för metoden är något bättre i Kanada än i Sverige. De har större hyggesarealer och självförnygrade bestånd med 30 000–40 000 stammar/ha. Myndigheterna i Kanada

ställer dock hårdare krav vad gäller t.ex. stråkbredder och stubbhöjder. Detta reducerar effektivitetsökningen då maskinstorleken måste begränsas till 2 meters bredd och därmed begränsas i de flesta fall även motorstorlek och effekt. Även effektiviteten i mellanzonsröjningen begränsas då tid måste läggas på att röja stubbar över 10 cm i stråken. Åtgärden är förmodligen betydelselös eftersom alla studier som gjorts visar att stubbarna efter maskinröjning blir splittrade och torkar ut, vilket medför att uppslag av stubbskott är ytterst ovanligt.

## Utrustning och arbetsmetod

**Maskin och aggregat:** Som basmaskin används en Treemme MM250B. Tremme är en liten redskapsbärare, ca 5 m lång och 2,5 m bred. Vikten är ca 7,7 ton. Motorn har en effekt på 250 hk och är utrustad med hydrostatdrift där topphastigheten på lågväxeln är 11 km/h och 40 km/h på högväxeln. Aggregatet monteras på en arm ca 70 cm framför förarhytten. Armen är höj- och sänkbar, vilket medför att stenar och andra hinder delvis kan undvikas.

Aggregatet är en FAE grenkross från Tecura AB. FAE grenkross är ett breddavverkande aggregat som arbetar med 2,5 m stråkbredd. Aggregatet drivs hydrauliskt.

Maskinen är utrustad med GPS och en mjukvara från Bracke systems, vilket medför att stråken kan följas i ett digitalt kartmaterial där sträcka och tid loggas.

**Metod:** Maskinen röjer 2,5 m breda stråk. Mellan stråken lämnas 4–8 m breda zoner som röjs selektivt motormanuellt. Större stenar och andra hinder undviks givetvis, men i övrigt sker stråkröjningen statistiskt i raka rader i ett förutbestämt förband.

Förbandet och mellanzonernas bredd anpassas till stamantalet i beståndet. I normala bestånd med stamantal under 10 000 stammar per ha lämnas bredare mellanzoner och i tätare bestånd med stamantal över 15 000 stammar per/ha lämnas smalare mellanzoner. Maskinen bör inte användas i bestånd med stamantal under 5 000 stammar/ha på grund av att den motormanuella röjningen där är effektiv och svår att konkurrera med.

### Resultat från uppföljningen

**Maskinell röjning:** Målsättningarna för maskinens effektivitet i den praktiska röjningen har infriats med råge. För att metoden skulle vara motiverad att arbeta vidare med krävdes en framryckningshastighet över 25 m/min. Efter ca 730 stråkröjda hektar fördelat på 24 bestånd har maskinen kört med en medelhastighet på 37 m/min. I några bestånd har hastigheten varit över 50 m/min. Stråkyteandelen har varit mellan 25 och 30 %, vilket

innebär mellanzonsbredder runt 6–8 m. Tidsåtgången för att stråkröja ett hektar var därmed 0,5 h.

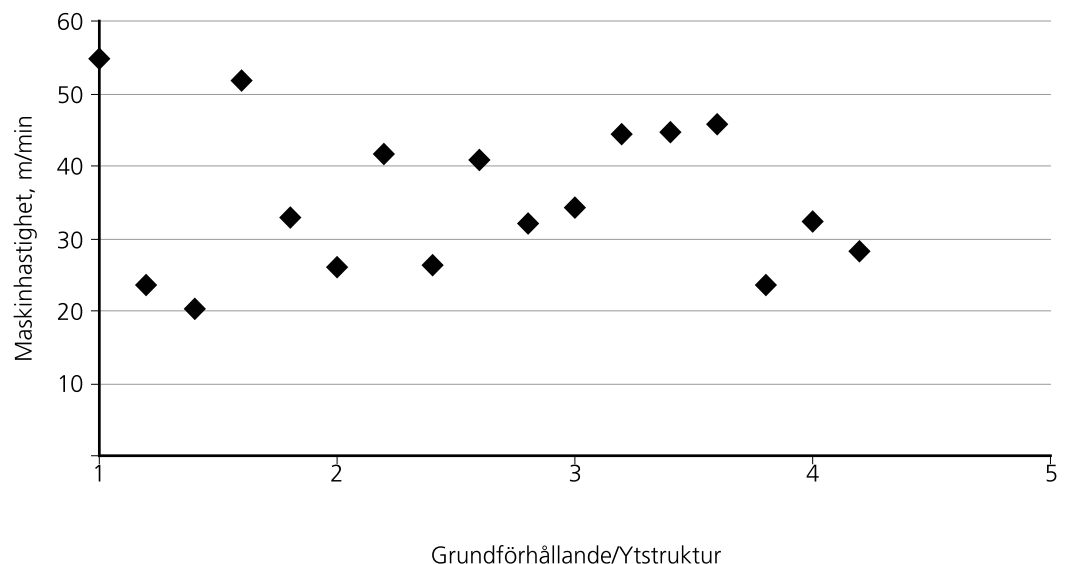
**Analys:** Hypotesen var att sämre grundförhållanden och ytstruktur skulle leda till lägre framryckningshastighet. Något sådant samband kan dock inte styrkas för de bestånd som röjts hittills, där förhållandet snarare är det omvända, figur 1. I figuren är värdet för grundförhållande och ytstruktur (G och Y i GYL, (L=lutning)) summerat och ställt mot maskinhastighet. Att maskinen verkar gå snabbare ju sämre förhållandena är kan bero på att man lyckats undvika de sämsta delarna av beståndet eller att det registrerade GYL-värdet helt enkelt inte stämmer med verkligheten.

En annan förklaring är att ytstrukturen haft mycket mindre betydelse för framryckningshastigheten än man trodde från början. Enligt maskinförarna är det under barmarksperioden relativt enkelt att upptäcka och väja för större stenar. Det som påver-

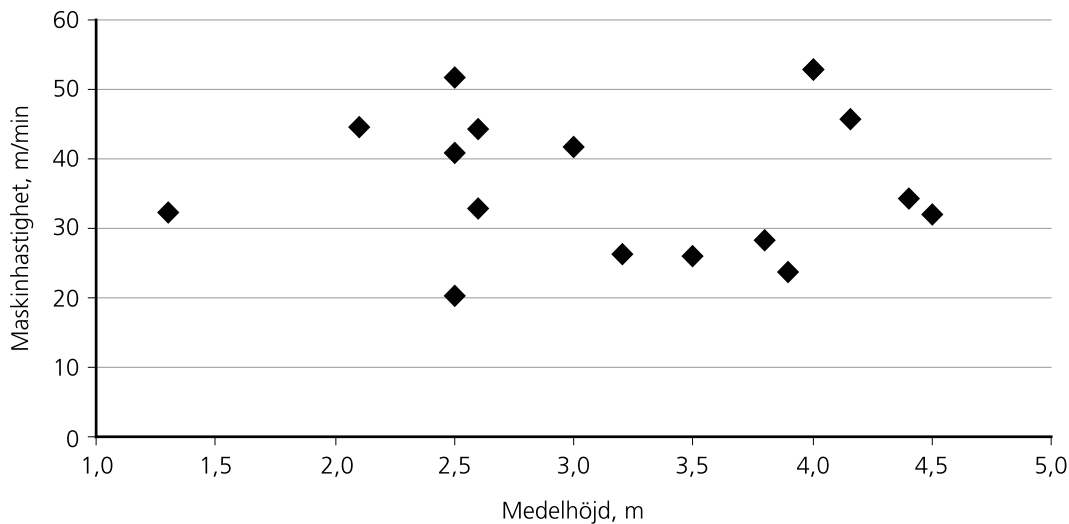
kat hastigheten mest negativt är om beståndet innehåller surhål och blöta partier där risken för fastkörning är stor. Blöta partier är svåra att upptäcka från hytten och hastigheten måste sänkas. Eftersom marken mellan surhålen kan vara fastmark med god bärighet kan dessa bestånd vara klassade med bra/lågt värde på grundförhållandet.

Framryckningshastigheten har inte påverkats av vare sig medelhöjd eller stamantal i de bestånd som körts (figur 2 och 3). Förklaringen till detta är förmodligen att maskin och aggregat är tillräckligt kraftfulla för att inte påverkas av de stamantal och trädhöjder som är representerade i projektet.

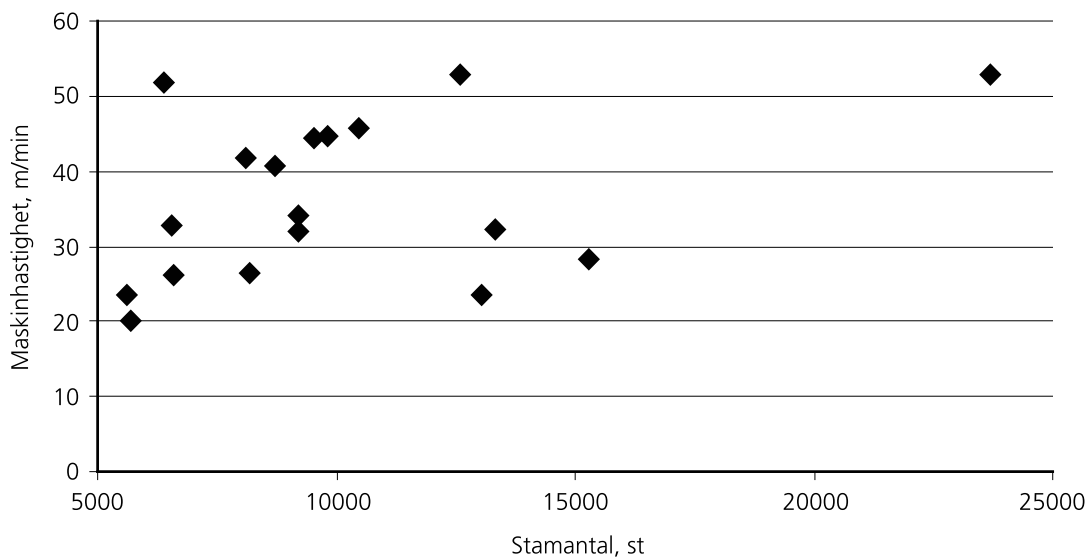
**Motormanuell röjning:** Den andra avgörande delen i projektet är att prestationen i mellanzonsröjningen måste öka för att metoden ska vara konkurrenskraftig i en stor del av röjbestånden. På grund av snö och mörker hann tyvärr inte tillräcklig areal röjas för att några säkra resultat ska kunna redovisas från pilotprojektet. Studier och den



**Figur 1.** Framryckningshastighet vid olika terrängförhållanden. (Det summerade värdet för grundförhållande och ytstruktur (G och Y i GYL)).



**Figur 2.** Framryckningshastighet vid olika medelhöjd.



**Figur 3.** Framryckningshastighet vid olika stamantal (röjstammar).

uppföljning som gjorts i Sverige och Kanada visar dock på att prestationen ökar i mellanzonsröjningen. Anledningen till prestationsökningen är

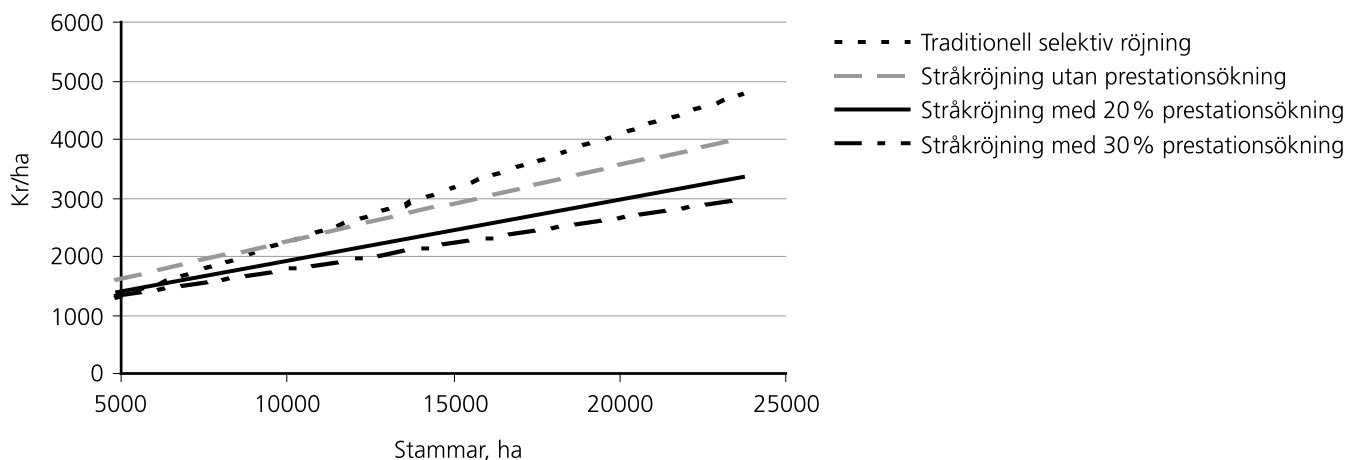
- enklare planering,
- lättare att ta sig fram och fälla träd ut i stråken,

- psykologiska effekter där man känner att det händer något även i riktigt täta bestånd.

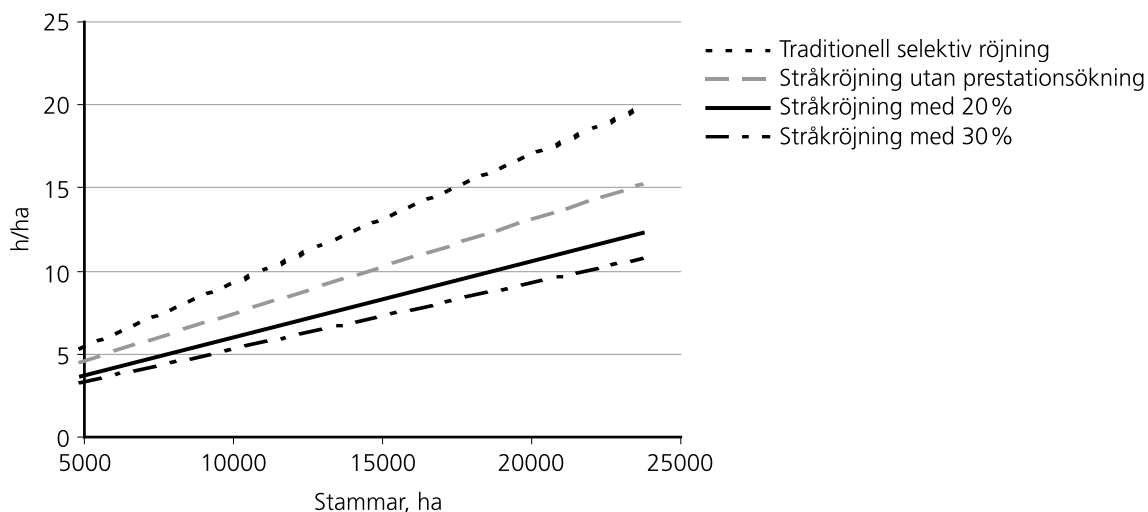
Dessutom är det något färre stammar att röja i mellanzonen p.g.a. kalytan i stråken, eftersom målsättningen är samma stamantal efter röjning oavsett

metod. De skickligaste röjarna har förmodligen störst nytta av stråken i riktigt täta bestånd, medan medelröjaren kan utnyttja fördelen av lättare planering och framkomlighet i alla typer av bestånd. I figur 4 och 5 har den faktiska tidsåtgången för maskinen vid olika stamtätheter summerats





**Figur 4.** Kostnaden för stråkröjning och traditionell motormanuell röjning enligt bortsättningsmall. Prestationsökningen vid motormanuell röjning av mellanzoner är 0, 20 och 30 % jämfört med traditionell motormanuell röjning.



**Figur 5.** Tidsåtgången för traditionell motormanuell röjning enligt bortsättningsmall jämfört med stråkröjning förutsatt att mellanzonsröjningen ökar 0, 20 och 30 % i prestation.

med tiden för motormanuell röjning enligt SLA:s bortsättningsmall. Den motormanuella röjningen har antagits öka 0 %, 20 % och 30 % i effektivitet. Resultatet jämförs med traditionell motormanuell selektiv röjning i motsvarande bestånd enligt samma mall. Maskinkostnaden är kalkylerad till 1 200 kr/h och den motormanuella röjningen till 240 kr/h. Bestånden

har olika terrängförhållanden och olika medelhöjd, varför kostnader och tidsåtgång varierar en del. Trenderna för de olika metoderna är dock tydlig, vilket visas med trendlinjer i figurerna (figur 4 och 5). Vid stamtal lägre än ca 5 000 stammar/ha är det billigast att röja traditionellt motormanuellt. Om prestationsökningen är 30 % i mellanzonsröjningen ligger brytpunkten vid

5 000 stammar/ha. Även om det inte blir någon prestationsökning i mellanzonsröjningen är stråkröjningsmetoden billigast vid stamtal över ca 10 000 stammar/ha (figur 4 och tabell 1). Tidsåtgången och därmed arbetskraftsbehovet är knappt 20 % lägre redan vid 5 000 stammar per hektar även utan prestationsökning. Vid 25 000 stammar per hektar görs röjningsarbetet på

**Tabell 1.** Procentuell kostnadsnivå för stråkröjning vid olika prestationsökningar och stamantal. Traditionell motormanuell röjning motsvarar 100 %.

Kostnadsförhållande	Stamantal				
	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
Stråkröjning utan prest.ökn.	121 %	100 %	93 %	88 %	84 %
Stråkröjning med 20 % prest.ökn.	107 %	91 %	78 %	75 %	70 %
Stråkröjning med 30 % prest.ökn.	100 %	86 %	69 %	67 %	62 %

**Tabell 2.** Faktisk och procentuell tidsåtgång vid de olika prestationsökningarna jämfört med traditionell röjningsmetod.

Tidsåtgång (h)	Stamantal				
	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
Traditionell selektiv röjning	5,5	9	13	16,5	21
Stråkröjning utan prest.ökn.	4,5	7,5	10	13	16
Stråkröjning med 20 % prest.ökn.	3,9	6	8	10,5	12
Stråkröjning med 20 % prest.ökn.	3,5	5,5	7,2	9	10,5
Tidsförhållande (%)					
Traditionell selektiv röjning	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Stråkröjning utan prest.ökn.	82 %	83 %	77 %	79 %	76 %
Stråkröjning med 20 % prest.ökn.	71 %	67 %	62 %	64 %	57 %
Stråkröjning med 20 % prest.ökn.	64 %	61 %	55 %	55 %	50 %

halva tiden med stråkröjningsmetoden om prestationen kan ökas med 30 % i mellanzonröjningen (figur 5 och tabell 2).

## Diskussion

**Uppstartsproblem:** Alla nya metoder drabbas av uppstartsproblem, så även denna. Maskinen har belastats av ett stort antal mantimmar (nästan dubbelt mot antal maskintimmar) beroende på dels utbildning av nya förare, dels att det varit svårt att lösa organisationen kring maskinen. Det har varit problem att få fram reservdelar till både aggregat och basmaskin, vilket inneburit långa ställtider när något gått sönder. Vidare är aggregatet mycket

kraftkrävande, >200 hk och därmed eventuellt något överdimensionerat för ungskogsröjning. Fördelen med ett kraftfullt aggregat är att framryckningshastigheten inte begränsas av gamla avverkningsstubbar eller grövre stammar i beståndet. De negativa konsekvenserna av detta är en hög bränsleförbrukning (20–25 l/h), vilket är nästan dubbelt mot vad en medelstor skördare förbrukar. För att hålla nere bredden på maskinen har den utrustats med relativt smala däck, vilket medfört ett högt marktryck speciellt i framdelen där vikten på aggregatet påverkar mest. Vid blötare väderlek och dåliga grundförhållanden har detta inneburit stor risk för fastkörning och ytterligare

ställtider. Alla dessa faktorer har resulterat i ett lågt TU och hög timkostnad på maskinen. Mycket kan dock lösas när maskin och metod utvecklas. Även organisationen kring maskinen kan effektiviseras en hel del och merparten av problemen är rena inkörningsproblem och utvecklingspotentialen för både maskin och metod är mycket hög.

**Ytterligare studier:** Om den slutliga utvärderingen av pilotprojektet visar att metoden är värd att arbeta vidare med och intresset fortfarande är högt från skogsbrukets sida måste studier säkerställa att den framtida beståndskvaliteten inte påverkas negativt av stråkröjningsmetoden. Ett flerårigt projekt där beståndens kvalitet och tillväxt studeras ingående ska möjliggöras genom fondansökningar i samarbete med SLU. Planen är att studera traditionell röjning och stråkröjning i ett antal bestånd. Jämförelser ska göras med avseende på:

- urvalsmöjligheter och kvalitet,
- tillväxt,
- stammarnas morfologiska utveckling,
- ytterligare studier av tidsåtgång och prestation.

**Förarnas utvärdering:** Maskinen är som tidigare nämnts i kraftigaste laget för ren ungskogsröjning. En mindre och klenare maskin med ett alternativt aggregat (t.ex. hopmonterade röjskivor, slåtterttyp eller någon form av kedjeröjning) minskar dock möjligheten till alternativa användningsområden där kraft och storlek behövs. Oavsett vilken maskin som används kräver arbetet i den typ av bestånd som är aktuella att maskinen är utrustad med:

- kraftig bukplåt och hög mark-

frigång (för att undvika skador från grövre stammar och grenar),

- bredare däck än vad som finns på den nuvarande maskinen (ger bättre bärighet),
- en bra förarstol för bättre ergonomi och komfort,
- tidredovisningssystem där man kan se vad som påverkar TU (den tekniska utnyttjandegraden) och hur det kan förbättras.

**Metoden ska användas där den fungerar som bäst!** Ett problem med tidigare försök att mekanisera röjningen var de många begränsningar som fanns i beståndsvalet för maskinerna. Hitills har stråkröjningsmetoden fungerat i ett betydligt bredare spektrum av bestånd men det finns ändå beståndstyper som ska undvikas.

- Vid låga stamantal (<5 000 röjstammar/ha) har metoden problem att konkurrera med motormanuell röjning.
- Metoden ska företrädesvis användas i förstaröjningar och lövröjningar. I en andraröjning är huvudstammarna redan utställda, vilket minskar urvalsmöjligheterna i röjningen och det tvingande uttaget i stråken kan ge ett bestånd med för få huvudstammar efter röjning.
- Maskinen har en hyfsad terrängframkomlighet men vissa begränsningar finns trots detta. Som riktvärde ska inte metoden användas i sämre terräng än GYL: 3-3-3.

De bestånd som väljs ut som lämpliga för maskinen måste förplaneras,

antingen av uppdragsgivaren eller av röjlaget. En noggrann inventering av bestånden ger kunskap om vilka delar av beståndet som är för blöta eller steniga för maskinen, samt där stamtätheten är för låg och bör undantas från den maskinella röjningen.

Dessutom erhålls säkrare beståndsdata och därmed bättre förutsättning för en bra bortsättning

För att metoden ska kunna bli en vedertagen skötselmetod i framtiden krävs intresse och engagemang från såväl entreprenörer och förare som tjänstemän och beslutsfattare. Bra planering och kännedom om röjningsobjekten är ett måste för att maskinen ska hamna i rätt bestånd och därmed vara lönsam.

Som nämnts tidigare är utvecklingspotentialen mycket hög både för maskin och metod. Inkörningsproblemen som funnits i projektet är lösbara problem och i de flesta fall bundna till maskinen och inte metoden. Tidigare studier och utländsk erfarenhet tyder på att metoden inte orsakar negativ påverkan på det framtida beståndet och ytterligare studier planeras för att klarlägga detta.

Hittills visar studier och uppföljning av metoden på en hög potential med sänkta kostnader för ungskogs-röjning, minskat arbetskraftsbehov per hektar och därmed ökad årlig areal utförd röjning.

I framtiden finns även möjlighet att anpassa planteringsförbandet med billigare markberedning och plantering som följd.

# Tryck och energi i transporterna

Paul Granlund & Claes Löfroth

## Central Tyre Inflation

CTI – Central Tyre Inflation är ett system för att under färd kunna variera ett fordon's däcktryck. Med minskat däcktryck får man en ökad kontaktyta mellan däck och väg och därmed minskat marktryck. Detta öppnar en möjlighet att öka tillgängligheten på allmänna och enskilda vägar. Studier av virkesfordon utrustade med CTI har visat på en rad intressanta effekter av tekniken. Främst lockar möjligheten att öka framkomligheten på mjuka underlag, t.ex. skogsvägar vid tjällossning. Svenska studier visar att besparingspotentialen ligger i intervallet 18–53 kr/ton för objekt där CTI används. Tekniken finns i dag och används i praktisk drift i Nordamerika.

För att kunna nyttja potentialen med CTI krävs förståelse och medverkan från myndigheterna. Därför är det viktigt att arbeta fram fungerande samarbetsformer mellan transportköpare, transportörer och Vägverk för att ge möjligheter att under vissa överenskommelser köra BK1-laster (60

ton) på nedklassade vägar både under tjällossning och andra tider under året.

För att visa möjligheterna till besparing med hjälp av CTI-tekniken startades ett treårigt implementeringsprojekt våren 2003. Intressenter i projektet är de svenska skogsbolagen, lastbilstillverkare och Vägverket. Projektet har nu pågått i drygt två och ett halvt år och håller som bäst på att dokumenteras. Några av de intressantare resultaten från projektet:

- Slitaget på vägar minskar, eftersom ett lägre lufttryck ger en större anläggningsyta mot vägbanan och däcken slirar inte eller gräver ner sig lika lätt.
- Bilarnas dragkraft ökar med upp till 140 % när däcktrycket regleras optimalt.
- Däcken på drivaxlarna får 3 000–4 000 mil längre livslängd eftersom slirningen på olastade bilar elimineras.
- Nacke, rygg- och axelskador minskar på förarna, eftersom vibrationerna i hytten avtar när däcktrycket

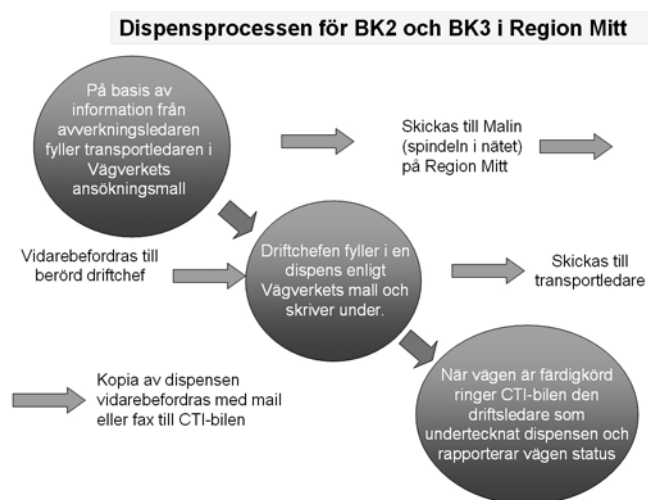
anpassas till underlaget. En studie visar att vibrationsnivåerna sänks med i medeltal 8 % för en vända industri till industri, och upp till 15 % när fordonet körs olastat på dålig väg.

- Dispenser på allmänna vägar under tjällossning samt körning på BK2 (51 ton) och BK3-vägar (37 ton) har fungerat klanderfritt under 2005. Alla inblandade är nöjda med hur dispensprocessen fungerat (figur 1).
- Vägverket jobbar nu på att det ska finnas en fungerande dispensprocess för hela landet vid projektets slut sommaren 2006.

**Åkeriägaren:** Totalt kostar ett CTI-system 150 000–200 000 kr färdigmonterat. Om man gör en kalkyl på den extra investeringen och i kalkylen inte tar med de positiva effekter systemet ger, får man en kostnadsökning på 1,7 % per transporterat ton. Tar man med effekten av ökat utnyttjande under tjällossning, ökat restvärde genom att CTI-systemet kan avskrivas på 10 år i stället för 5 som är normalt för ett virkesfordon, ökad körhastighet eftersom fastkörning elimineras och den ökade livslängden på drivdäcken, får man en kostnadsminskning på 0,5 % per transporterat ton virke.

**Transportköparen:** Vinsterna ligger framför allt i minskade lagerkostnader under tjällossning. Kostnaden för detta ligger på 900 miljoner kr/år och den kan om CTI-fordon används minskas med ungefär hälften.

Om nybyggnationen av vägar anpassas för CTI-fordon kan kostnaden reduceras med 30–60 miljoner kr. Vägunderhållet kan halveras på vägar som



Figur 1. Dispensprocessen Vägverket Region Mitt.

endast trafikeras av fordon utrustade med CTI.

Svensk Bilprovning håller redan på att utarbeta rutiner för att besiktiga lastbilar utrustade med CTI.

### VSG (Samverkansgruppen för transportteknik)

På begäran av Skogforsks intressenter har en samverkansgrupp avseende transportteknik startats upp. Den har arbetat under knappt två år.

Gruppens primära funktion är att vara ett forum för samverkan och ”att företräda skogens transportköpare och transportörer i sammanhang med transportteknisk inriktning”. Gruppen utgör ett kraftfullt nätverk för specifika branschgemensamma frågor, vilket bidrar till att branschen med gemensam kraft kan framföra synpunkter krav till tillverkare, forskare, myndigheter, m.fl.

Gruppen kan även vara ett forum för gemensam dialog med tillverkarna i utvecklingsfrågor av både kort- och långsiktig natur.

Genom VSG kan företagen även stödja varandra i utvecklingsarbetet på hemmaplan, t.ex. i gemensamma projekt.

Den övergripande inriktningen är att verka för en ändamålsenlig och effektiv teknisk utveckling av virkesfordon på kort och lång sikt. Dessutom behandlas relevanta vägfrågor.

Målsättningen är att effektivisera transportarbetet med avseende på teknik och miljö.

Några av de arbetsområden som avhandlats inom gruppen har varit lättare lastbilar och att minska bränsleförbrukningen på virkesfordonen.

**Lättare lastbilar:** Varje kilogram minskad fordonsvikt innebär en kostnads-

sänkning om 1,50 kr per transporterat ton vid ett medeltransportavstånd på 92 km (medeltransportavståndet i Sverige). Sedan VSG startade sitt program för typfordon för ett antal år sedan har medelvikten på virkesfordonen minskat med ca 2 ton. Anledningen till viktminskningen är framför allt användningen av nya material, t.ex. nya lättare stålsorter.

I dag ligger ett typfordon för södra Sverige på 21,8 ton och för norra på 17,9 ton.

**Lägre bränsleförbrukning:** Behovet att minska bränsleförbrukningen och miljöbelastningen för transporter med lastbil är stort. Skogsnäringen svarar för ungefär 15 % av landets totala transportarbete med lastbil. Inom skogsbruket transporteras årligen ca 60 miljoner m<sup>3</sup> rundvirke till en total kostnad av 2,8 miljarder kr, varav ca 20 % utgörs av kostnader för diesel. Bränsleförbrukningen för Sveriges virkesfordon har uppskattats till ca 150 000 m<sup>3</sup> per år. Den årliga miljöeffekten är beräknad till ca 400 000 ton CO<sub>2</sub> och ca 4 200 ton NO<sub>x</sub>.

Drivmedlet svarar i dag för ca 35 % av ett åkeris totala kostnader. Det kan jämföras med 10–15 % för tio år sedan. Det blir därför allt viktigare att hålla nere drivmedelsförbrukningen.

Fortfarande finns det många virkesfordon som drar onödigt mycket bränsle bara för att man inte städat bort reklamskyltar, michelingubbar, extra signalhorn m.m. Med dagens dieselpriiser blir det mycket pengar på ett år. Det är också viktigt att ställa in vindavvisarna rätt.

Ett annat sätt att sänka dieselåtgången är att byta till xenonljus. Dels kräver de mindre effekt, dels ger de så mycket ljus att det inte behövs någon

extraljusramp som ökar luftmotståndet.

När man ska investera i nya virkesfordon bör man satsa på lagom stora motorer. I dag har merparten av de bilar som säljs en motor på 600 hk, men det är ofta onödigt mycket, det räcker med 500 hk. En mindre motor drar mindre i sig, dessutom lockar den inte till ryckig körning.

Avslutningsvis tror vi tror att man kan minska bränsleförbrukningen väsentligt genom att fokusera på frågan. Det här är ett område där det passar bra att arbeta enligt konceptet ”ständiga förbättringar” och där alla medarbetare engageras.

Här listas en del av de saker som kan minska bränsleförbrukningen på virkesbilar.

Om man tar bort reklamskylten får man en minskad bränsleförbrukning på 0,5 %, vilket ger en årlig besparing på 5 000 kr. Den åkare som ändå vill visa upp sig eller det företag man kör åt, kan i stället trycka reklamen direkt på vindavvisaren på taket.

Om man tar bort extraljusen från taket så ger detta en minskad bränsleförbrukning på 0,7 %. Besparingen på bränslekostnaden blir 7 000 kr per år.

Slutligen den populära michelingubben som ger en ökad förbrukning på 0,7 %. Besparing 7 000 kr.

Att minska bränsleförbrukningen är något som inte bara gäller på virkesbilar. Det är precis lika viktigt att göra detta på alla slags fordon och på Skogforsk har vi de senaste åren arbetat mycket med att sänka förbrukningen på skogsmaskiner. Mer om detta följer i nästa föredrag.

# Bränsleförbrukning och förarmiljö

Claes Löfroth & Torbjörn Brunberg

Det svenska mekaniserade skogsbruket har minskat dieselförbrukningen per avverkad m<sup>3</sup> med 30 % de senaste 20 åren. Våra beräkningar visar på typiska maskinsystem för åren 1985, 1995 och året 2005 (figur 1). Tungta och otympliga maskiner har ersatts med effektiva och snabba maskinsystem med högre lastvikter för både skotare och lastbilar. Maskinerna som utför arbetet har blivit färre och mer produktiva. Motorutvecklingen den senaste 20-årsperioden har också varit gynnsam rörande emissioner och bränsleförbrukning. I början på 1980-talet dominerades av-

verkningsystemen av fällare – läggare, processorer och skotare i storleksklassen 8–12 ton. I dag ser vi engreppsskördare, skotare och drivare med hög lastkapacitet där den totala bränsleförbrukningen för systemet beräknas vara under 2 liter per m<sup>3</sup>fub.

## Bränsletal

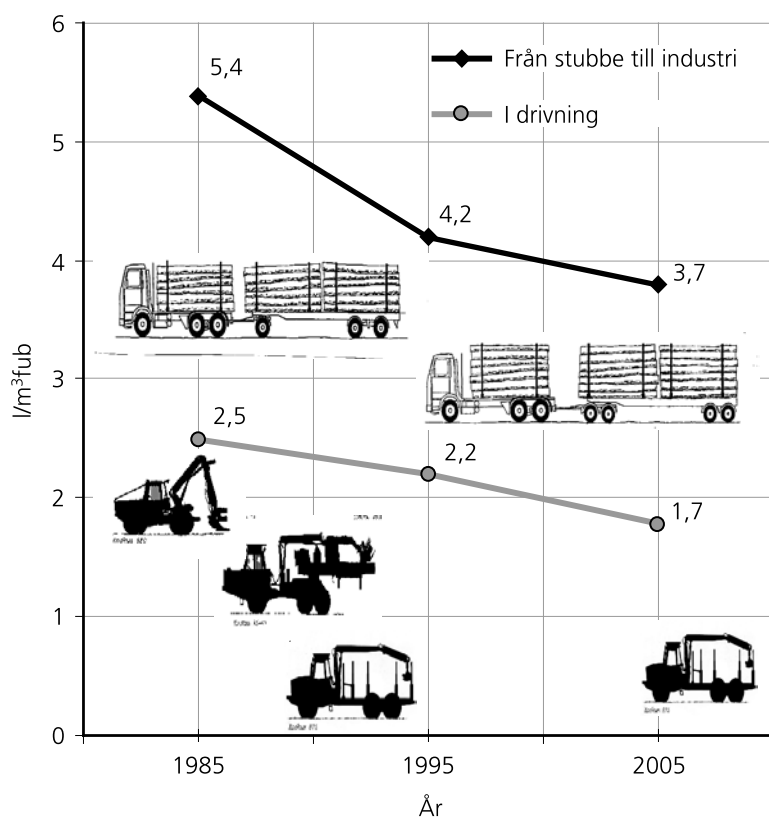
Kan bränsleförbrukningen minskas är både miljön och plånboken vinnare. Detta har accentuerats under senare tid då bränslepriset skjutit i höjden (figur 2). Mycket lite talar för att det ska sjunka framgent och det blir därför allt mer angeläget att på olika sätt reducera bränsleförbrukningen. Beräkningar som Stora Enso Skog har gjort, visar

att en krona högre dieselpris ger en merkostnaden på 1,30 kr/m<sup>3</sup>fub i slutavverkning och 2 kr/m<sup>3</sup>fub i gallring (B. Morenius, 2005). Detta innebär en total merkostnad på 90 Mkr per år om avverkningsvolymen är 60 Mm<sup>3</sup>fub. En ökad förbrukning med en liter per timme innebär en merkostnad på 0,80 respektive 1,50 kr/m<sup>3</sup>fub i slutavverkning respektive gallring, d.v.s. ca 60 Mkr totalt.

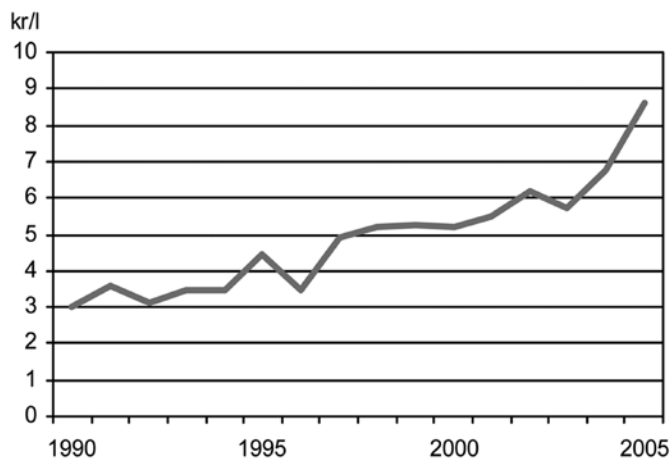
Hur vet jag att maskinen jag köper är bränslesnål? För att öka möjligheterna till rättvisa jämförelser har vi utvecklat en metodik för standardiserad mätning av skogsmaskinernas bränsleförbrukning. Mätresultatet blir oberoende av terrängförhållanden, last och förare. Mätningen ger ett s.k. bränsletal (figur 3), som för både skotare och skördare är lägre än den verkliga förbrukningen. Med hjälp av erfarenhetstal från praktiska uppföljningar och studier kan bränsletalet översättas till verklig förbrukning för skotare och skördare (figur 4). Tekniska samverkansgruppen har framfört till maskintillverkarna att man önskar uppgift om bränsletal i maskinbroschyren framgent.

## Vad påverkar bränsleförbrukning och emissioner?

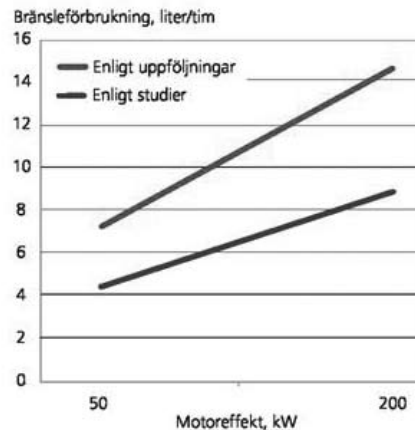
Enligt en kanadensisk studie påverkas bränsleförbrukningen och emissionerna till 60 % av maskinkonstruktionen och till 20 % vardera av motor respektive körsätt. Under svenska förhållanden har sannolikt maskinkonstruktion en relativt sett mindre betydelse (i den kanadensiska undersökningen ingår både kortvirkesmaskiner och maskiner i stammetoden). Vi har tidigare hört om hur verkningsgraden i hydraulsystemet kan ökas. Det är en viktig åtgärd framöver. Andra åtgärder att minska bränsleförbrukningen inklu-



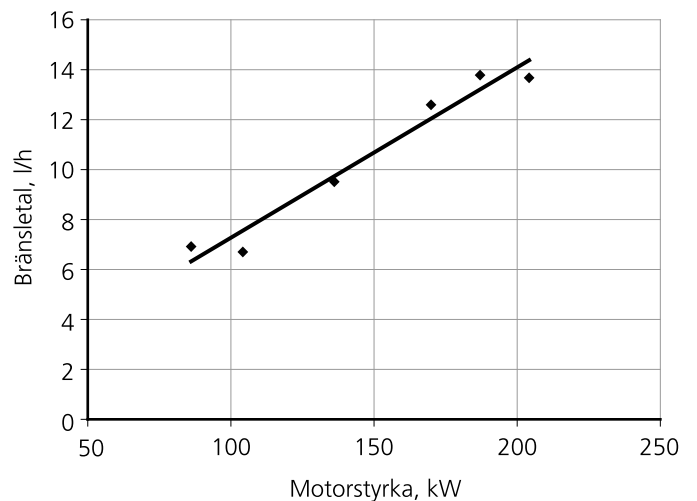
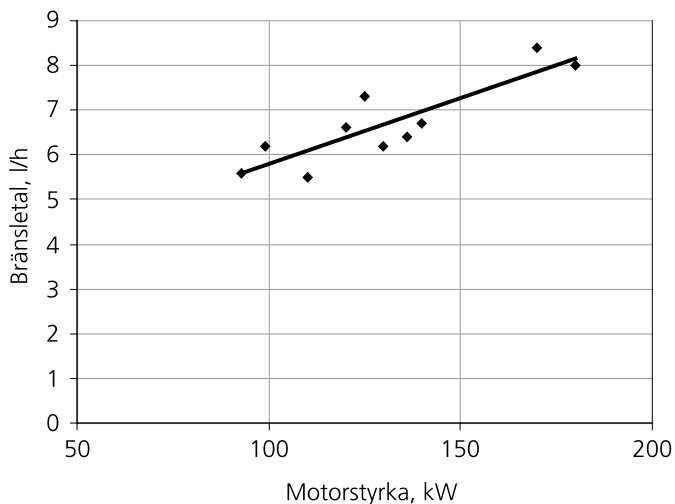
Figur 1. Beräknad bränsleförbrukning (l/m<sup>3</sup>fub) från stubbe till industri 1985, 1995 och 2005.



Figur 2. Dieselpriset utveckling (uppgifter från Stora Enso).



Figur 4. Samband mellan bränsletal och bränsleförbrukning enligt uppföljning.



Figur 3. Beräknat bränsletal och motorstyrka, skotare och skördare. Mätningarna är utförda under 2003 och 2004.

derar utbildning i ekonomisk körning liknande den som genomförts för virkesfordon. Det handlar bl.a. om att anpassa motorns varvtal till olika sorters arbete och att i högre utsträckning använda band och slirskydd. En presentation av momentan bränsleförbrukning liknande den som finns i de flesta nya person- och lastbilar, är en annan angelägen förbättring. Genom att minska antalet lampor och

samtidigt utnyttja gasurladdningslampor med lägre effektbehov, kan man reducera bränsleförbrukningen.

När det gäller emissioner så kan dessa minska t.ex. genom användning av alternativa bränslen. Vi har tidigare tillsammans med Sveaskog och nuvarande Komatsu Forest testat syntetisk diesel, EcoPar, med positiva resultat. Förbrukningen var likvärdig och halten skadliga ämnen var lägre eller likvärdi-

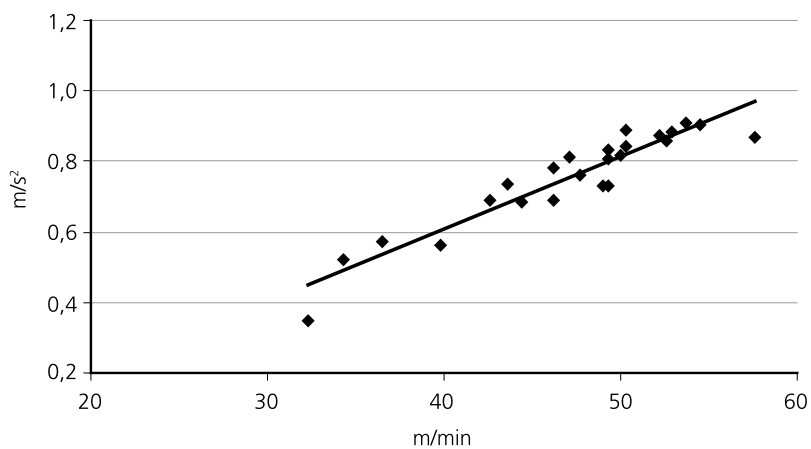
ga med diesel av klass Mk1. Dessutom kan bränslet framställas ur biomassa. Det är blandbart med vanlig diesel och kräver ingen ombyggnad av motorn. Vid testerna fungerade bränslet lika bra under sommar som vinter.

### Framtiden

Hybridskotaren från El-Forest (figur 5) är en intressant innovation. Den har en liten dieselmotor på 40 kW som



**Figur 5.** Hybridskotaren El-Forest i skotningsarbete.



**Figur 6.** Uppmätta vibrationer i sidled (y-led) på drivare och skotare under körning i lättare terräng (ytstruktur 2). Tester på hinderbana.

driver 3 elgeneratorer. Dessa i sin tur laddar ett antal batterier som driver en elmotor vid varje hjul. Framdrivningen är alltså elektrisk. Konceptet innebär en väsentligt minskad bränsleförbrukning och mindre avgasemissioner. Detta beror på kombinationen av en liten motor och att denna hela tiden körs på konstant varvtal. Maskinen har konstruerats och utvecklats av Lennart Lundström och Thordab





**Figur 7.** Hinderbanan består av 2 st 6-meterssektioner med 15, 25 och 35 cm höga hinder. Varje sektion har 6 hinder.

i Örnsköldsvik. Inledande tester av tillverkaren pekar på en betydande sänkning av bränsleförbrukningen. Mitsubishi presenterade i januari i år på bilmässan i Detroit ett hybridkoncept, en ”hjulmotorhybrid”, för personbil som bygger på exakt samma princip som El- Forestskotaren.

### **Vibrationerna i skotare – den viktigaste arbetsmiljöfrågan**

Skotning innebär mycket terrängkörning. Kraven på hög produktivitet gör att föraren ofta kör med högsta möjliga hastighet med tanke på vad maskin och den egna kroppen orkar med under givna förhållanden. Helkroppsvibrationer i kombination med låst arbetsställning orsakar belastnings-

skador och är sannolikt den viktigaste arbetsmiljöfaktorn för en skotarförare.

Arbetsmiljöverket har tagit fram föreskrifter (AFS 2005:15) om helkroppsvibrationer i fordon som gäller fr.o.m. 1 juli 2005.

### **Föreskrifter styr**

Föreskrifterna innebär i korthet att medelvärdet för vibrationsnivån ( $m/s^2$ ) under en arbetsdag på 8 h inte i någon riktning (x, y eller z) får överskrida gränsvärdet eller insatsvärdet.

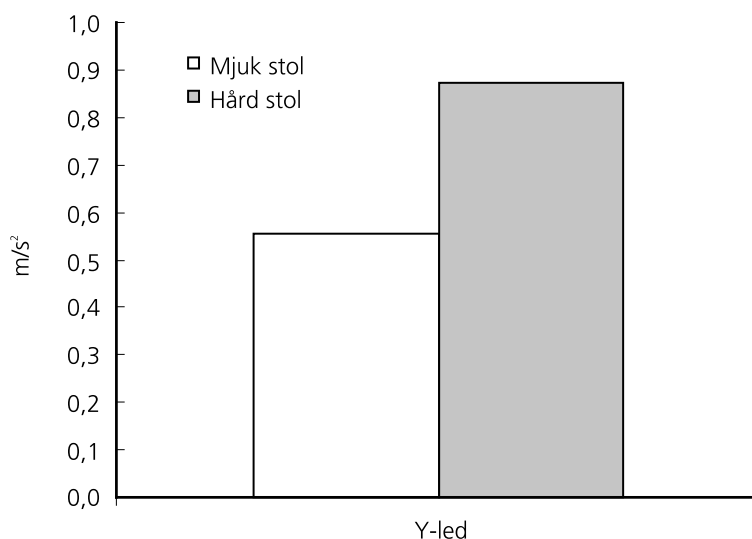
Om *insatsvärdet*  $0,5 m/s^2$  överskrids ska åtgärder vidtagas, exempelvis tekniska förbättringar eller organisatoriska förändringar som resulterar i att dagliga vibrationsdosen sänks.

*Gränsvärdet* för den dagliga vibra-

tionsexponeringen får inte överskrida  $1,1 m/s^2$  (gäller from 1 juli 2007). Om det sker ska arbetet stoppas. Flertalet skotare som kör med hög hastighet i besvärlig terräng (ytstruktur 2–3) överskrider troligen insatsvärdet  $0,5 m/s^2$ . Figur 1 visar vibrationsnivåer under körning i terräng med skotare och drivare. Vibrationsnivån har ett mycket starkt samband med körhastigheten (figur 6). Man kan alltså oavsett maskintyp minska förarens vibrationsdos genom att sänka hastigheten, men med sänkt prestation som följd. Med syfte att hitta ett standardiserat sätt att mäta vibrationer konstruerades en hinderbana (figur 7). Banan byggdes av Hultdins i Burträsk och bestod

av ett antal plåthinder som sammanbundits med plåtbalkar. På banan genomfördes jämförande mätningar före och efter stolsbyte på maskinen. En John Deere 1110 (6-hjulig) skotare framfördes i en hastighet av ca 30 m/min.

Resultaten visade att det var möjligt att mäta relevanta vibrationsnivåer och att få repeterbarhet vid upprepade körningar. Även stolens dämpförmåga påverkade vibrationsnivån betydligt (figur 8). I riktningen y-led d.v.s. sidledes var skillnaden 60%. Den mjuka stolen gav lägre vibrationsnivå och mindre variation mellan mätningarna än den hårda stolen. I y-led överskreds insatsvärdet enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Notera dock att körning i terräng (som



**Figur 8.** Vibrationsnivå i y-led (sidledes) vid körning i 30 m/min på hinderbanan.



**Figur 9** (ovan). Vibrationsdosimetern monterad i sittplattan placerad på stolsdynan.



**Figur 10** (t.h.). Vibrationsdosen avläses direkt via instrumentet.

mätningen speglar vid körning på banan) endast är ett delmoment i det totala arbetet för en skotare. Vibrationsnivån under lastning och lossning är lägre.

Att på ett enhetligt sätt mäta vibrationer i terräng är omöjligt. Hastighet, terrängförhållanden, maskinkonstruktion, stol, däck och lufttryck i däck samt hyttupphängning är några faktorer som påverkar resultatet. En standardiserad bana verkar vara en framkomlig väg att testa olika lösningar för att minska vibrationsnivån.

### **Minska vibrationerna**

Att känna till vibrationsnivån är en bra start, men det viktiga är att minska nivå och dos på vibrationer som föraren utsätts för. Detta kan åstadkommas på flera sätt.

### **Maskinens konstruktion**

Aktiv dämpning av hela maskinen, t.ex. genom att använda pendelarmar, minskar vibrationerna och maskinen horisonteras. Horisontering innebär dessutom att produktiviteten kan öka med ca 5 % enligt våra studier. Dessutom minskar påverkan på marken, eftersom vikten fördelas jämnare på alla hjul när marken lutar. Ett annat sätt att åstadkomma horisontering av arbetsplatsen är att ändra hyttupphängningen, men detta påverkar inte viktfordelningen på samma positiva sätt.

### **Stolens konstruktion och inställning**

Moderna stolar ger möjlighet till individuell anpassning. Fortfarande återstår dock mycket att utveckla på stolarna, vilket inte minst framgår av de resultat som presenterats här. Utrustning som horisonterar stolen är

ytterligare ett sätt att förbättra arbetsställningen för föraren.

### **Körsätt**

Genom att passera hinder som större stenar och stubbar i låg hastighet minskar vibrationsdosen påtagligt utan att medelhastigheten minskar nämnvärt.

### **Mätning och presentation av vibrationsdosen**

En enkel vibrationsdosimeter är under utveckling (figur 9 och 10). Den placeras t.ex. i stolen och ger information till föraren om den dagliga vibrationsdosen. Här kan man tänka sig en utveckling där föraren förändrar sitt beteende med hjälp av information från dosimetern.

### **Litteratur**

Arbetsmiljöverket, AFS 2005. Föreskrifter  
Vibrationer.

Brunberg, T. 2005. Standardiserad bränslemätning för skotare och skördare. Skogforsk, Resultat nr 10, 2005.

Löfroth, C. & Rådström, L. 2006. Bränsleförbrukning och miljöpåverkan vid drivning och vidaretransport. Skogforsk, stencil 2006.

Morenius, B. 2005. Föredrag Bränslekostnader.

# Vi summerar teknikblocket

Magnus Thor

Systemstabiliteten börjar kanske luckras upp, flera intressanta automationslösningar ligger runt hörnet och maskinell röjning kanske står inför en renässans. Transporttekniken har kommit mer i fokus. All effektivisering måste alltid ske med tanke på att samtidigt förbättra virkesvärde samt inre arbetsmiljö och yttre miljö. Det är en kort sammanfattning av det vi just hört.

Mycket kan förbättras i våra befintliga system och mycket spännande finns inom räckhåll när det gäller ny teknik. Men utmaningarna är stora och många faktorer ligger utanför vår kontroll, t.ex. hur mycket tillverkarna kan satsa på ”vår” teknologi kortvirkesmetoden, oljepris och skatter. Faktum kvarstår att svenskt skogsbruk måste fortsätta att uthålligt höja produktiviteten med i storleksordningen 2–3 % per år. Nyckeln till framgång i detta avseende bedömer vi bestå av följande faktorer:

- Samverkan mellan brukare, tillverkare och forskare, både nationellt och internationellt. Detta var en mycket tydlig framgångsformel för svenskt skogsbruk under mekaniseringen och den är nödvändig att bygga vidare på i former som passar in i dagens strukturer.

- Ökad intensitet i FoU, där det gäller att få in skogsbrukets frågor också i ”nya” forskningsmiljöer, t.ex. på tekniska högskolor och universitet. Arbete pågår för att påtagligt växla upp FoU-frågor rörande skogsbrukets produktions- och försörjningskedja. Den internationella scenen blir här allt viktigare. Det är också viktigt att vi etablerar oss inom EU:s 7 ramprogram.
- Snabbare tillämpning av FoU-resultat. Ju snabbare branschen kan ta till sig relevanta FoU-resultat, desto mer pengar finns att tjäna, alternativt spara. För att detta ska fungera behövs dock både att ”sändning” och ”mottagning” utvecklas på flera punkter. Pågående implementeringsprojekt är en bra början på detta arbete, som inrymmer en väsentlig del process- och verksamhetsutveckling.
- Detta block av presentationer har gett en glimt av pågående verksamhet inom teknikområdet och har långt ifrån varit fullständigt. Vi räknar dock med att också i fortsättningen aktivt medverka till att ni kan fortsätta den positiva utveckling som skogsbruket har genomgått fram till i dag.

**VIRKE**

# Virkets värde är frukten av ditt arbete

Lars Wilhelmsson

Vill du öka värdet av ditt och dina medarbetares arbete, och samtidigt bidra till ett ökat virkesvärde för dina kunder?

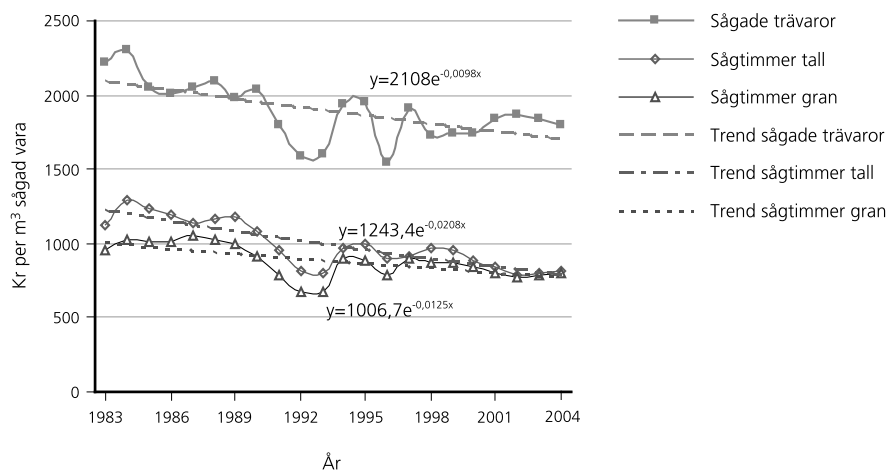
Då undrar vi om ni:

- vill utveckla kommunikationen med era kunder för att gå igenom möjligheterna att leverera det kunderna vill ha?
- har intresserat er för kundernas produkter och tillverkningsprocesser och förstår deras beroende av olika egenskaper hos virket?
- har tillräcklig information om det virke ni arbetar med?
- kan göra bra utbytesprognoser för tillgängliga volymer och fördelningen på dimensioner och olika kvalitetssegenskaper?
- vill effektivisera affärsformerna?
- vill göra insatser för att utveckla skördarlagens roll i produktionskedjan?

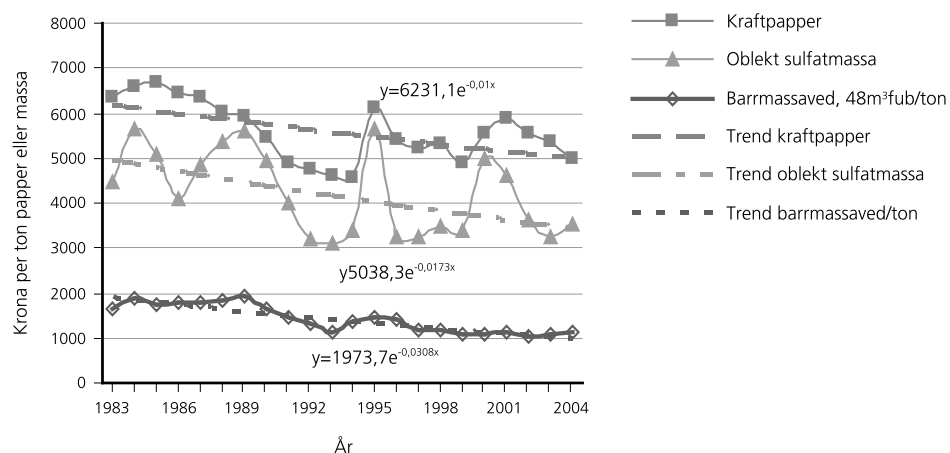
Jag tror att detta engagerar dig! Därför föreslår jag att du tar fram anteckningsblocket och märk-pennan. Följ med, för nu ska vi inom "Virkesblocket" berätta både om de stora linjerna och om några konkreta utvecklingsprojekt, som vi och i många fall även ni arbetar med. Syftet är att öka lönsamheten och minska miljöbelastningen genom hela kedjan från skog till slutkund.

## Virkets bruttovärde – mycket pengar

Tänk dig att vi delar upp virket som hanteras av ett skogsföretag eller skogsägareförening på de tjänstemän som arbetar med och ansvarar



**Figur 1.** Real utveckling (KPI-justerade värden) för exportpriser per m<sup>3</sup> sågad trävara och sågtimmer av tall och gran 1983–2004. Observera att timmerpriserna avser kronor per m<sup>3</sup> sågad vara (m<sup>3</sup>sv) beräknat med ett schablonmässigt sågutbyte på 50 % av volymen timmer (m<sup>3</sup>fub). Exponenten över e multiplicerad med 100 anger den beräknade årliga värdeförändringen i procent, d.v.s. ca -1 % för sågade trävaror, -2,1 % för talltimmer och -1,3 % för grantimmer (x = aktuellt år-1983) (Källor: SCB, SDC & Skogsstyrelsen, 2005).

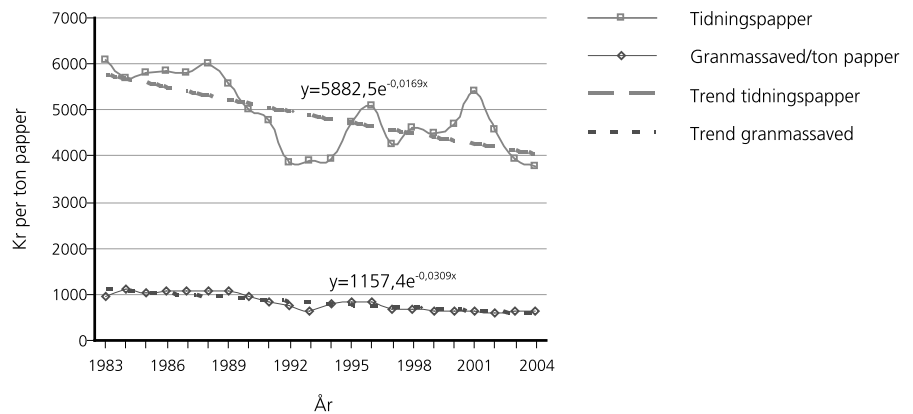


**Figur 2.** Real utveckling (KPI-justerade värden) för exportpriser på kraftpapper och oblekt sulfatmassa, samt barrmassaved 1983–2004. Observera att åtgångstalet för barrmassaved har satts till schablonen 4,8 m<sup>3</sup>fub/ton papper eller massa. Detta åtgångstal varierar med produkt och process och sannolikt även över tiden (informationen inte tillgänglig för analysen). Exponenten över e multiplicerad med 100 anger den beräknade årliga värdeförändringen i %, d.v.s. ca -1 % för kraftpapper, -1,7 % för oblekt massa och -3,1 % för barrmassaveden (x = aktuellt år-1983). Observera också att de stora prisvägningarna på främst oblekt sulfatmassa, men också på kraftpapper gör trendberäkningen osäkrare (Källor: SCB, SDC & Skogsstyrelsen, 2005).

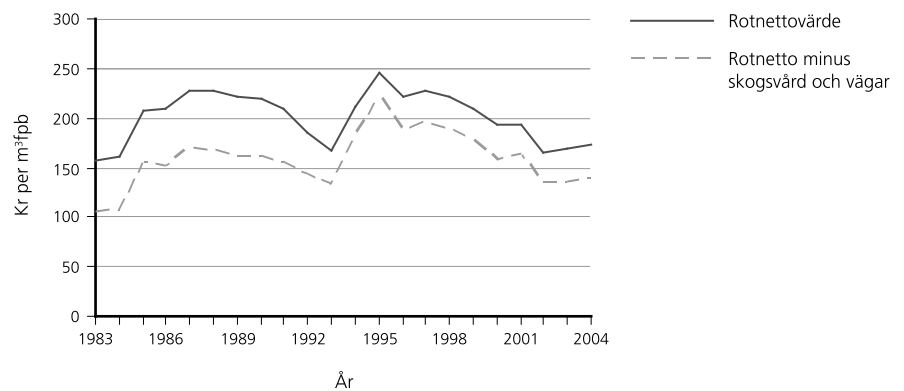
för virkeshandel och virkesförsörjning. Tänk dig att var och en får en egen andel som bara just han eller hon ansvarar för helt och hållet från rot till industrigrind. Det blir minst 30 000 m<sup>3</sup>fub, ibland upp till 100 000 m<sup>3</sup>fub/person och år, beroende på företag, inriktning, affärsled, kundrelationer m.m. Vi räknar försiktigt med 50 000 m<sup>3</sup>fub. År 2004 var det volymviktade genomsnittspriset för olika virkessortiment på svenska virkesmarknaden 316 kronor/m<sup>3</sup>fub (SDC & Skogsstyrelsen, 2005). Med det som grund ansvarar personerna i vårt exempel var och en för virke till ett marknadspris på drygt 15 miljoner kronor/år. Under ett livsverk kan det sammanlagda marknadsvärdet för det virke som personen i exemplet ensam ansvarar för mycket väl komma att summeras till mer än en halv miljard kronor!

### Marknad under press och omvälvning

Med goda kunskaper om både virket och kundernas behov, bra verktyg och en vilja att utveckla erbjudanden i dialog med kunderna kan värdet höjas genom hela produktionskedjan. Arbetar man inte med dessa faktorer är det stor risk att värdet kommer sänkas. Skogens många ”mogna produkter” är utsatta för stark internationell konkurrens från andra länders skogsindustri och från plast-, aluminium-, stål- och betongindustri, med ständig prispress som följd (figur 1–3). Detta är inte unikt för skogsbranschen utan genomsyrar de flesta vanliga produktområden, t.ex. hemelektronik, vitvaror och bilar. Genom att målinriktat sänka drivningskostnaderna har minskningen i



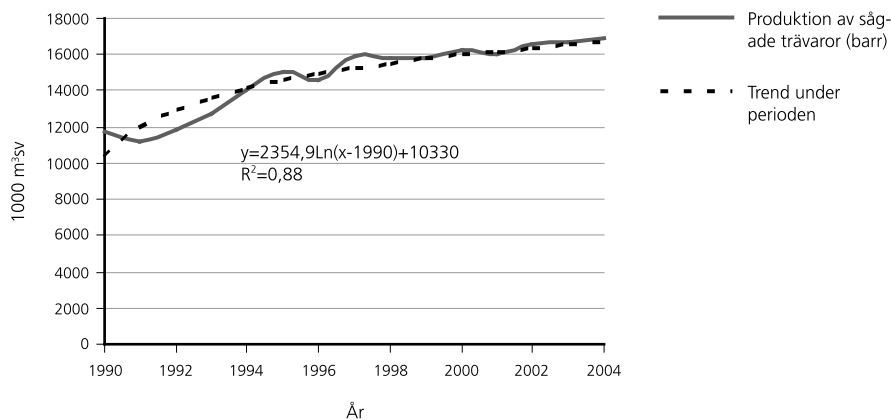
**Figur 3.** Real utveckling (KPI-justerade värden) för exportpriser på tidningspapper och granmassaved 1983–2004. Observera att åtgångstalet i m<sup>3</sup>fub granmassaved har satts till schablonen 2,6 m<sup>3</sup>fub per ton obestruket tidningspapper. Detta åtgångstal varierar sannolikt även över tiden (informationen inte tillgänglig för analysen). Exponenten över e multiplicerad med 100 anger den beräknade årliga värdeförändringen i procent, d.v.s. ca -1,7 % för tidningspapper och -3,1 % för granmassaveden (x = aktuellt år-1983) (Källor: SCB, SDC & Skogsstyrelsen, 2005).



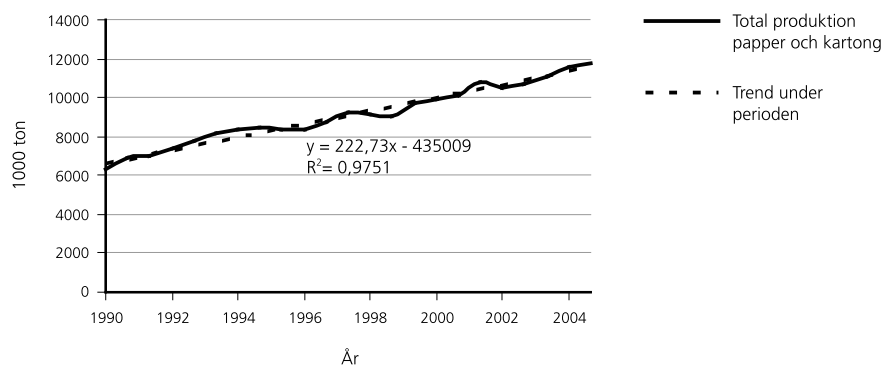
**Figur 4.** Rotnetto och rotnetto minus skogsvård o vägar i 2004 års prisnivå (justerat med KPI) för kubikmeter på bark. Rotnettot minus skogsvård och vägar motsvarar i stort SCB:s redovisning av förädlingsvärdet för skogsbruk och serviceföretag till skogsbruk (Källa: Skogsstyrelsen, 2005.).

rotnettot (virkets bruttovärde minus drivningskostnader) kunnat begränsas. Både sågverksindustrin och massa-/pappersindustrin har ökat sin produktion (figur 5–6) och till en del kunnat motverka prispressen med ökad produktivitet och större produktions-

volym. Effekten syns i den ökade efterfrågan på produktion av virke (figur 7). Det kan gynna prisbildningen i råvaruledet, men om utbudet av slutprodukter på marknaden blir större än efterfrågan och konkurrensen hårdnar missgynnas



**Figur 5.** Total produktion av sågade trävaror (barr) i Sverige baserat på statistik för perioden 1990–2004. Källa: Skogsindustrierna. Den långsiktiga trenden har varit ökande, men i avtagande takt (logaritmskt stigande). Den årliga produktionen var 2004, ca 5 miljoner m<sup>3</sup>fub högre än 1990, vilket motsvarar 44 %.



**Figur 6.** Total produktion av papper och kartong i Sverige 1983–2005. Källa: Skogsindustrierna. Den långsiktiga trenden har varit linjärt ökande. Vikten årligen producerat papper har fördubblats på 20 år. Minskade genomsnittliga ytvikter (g/m<sup>2</sup>) i många produkter och därmed ökad genomsnittlig pappersyta per ton papper har ökat andelen fyllmedel i bestrukna kvaliteter. Fyllmedlet (t.ex. krita eller lera) bidrar till den kraftiga ökningen av den totala producerade vikten papper. Vidare har importen av massaved och flis ökat med ca 6 miljoner m<sup>3</sup>fub och returpappersanvändningen (varav en mindre del importerats) med ca 1,4 miljoner ton.

prisutvecklingen för dessa slutprodukter. Här behövs värdeskapande motåtgärder, annars kan industrins pressade marginaler snart bli ett problem för både industri och skogsbruk. Därför är det viktigt att även skogsbruket bidrar med åtgärder som kan

förstärka lönsamheten längre fram i kedjan skog – slutprodukt. Nya konsumtionsmönster och trender kan snabbt förändra industrins förutsättningar. Det gäller att vara lyhörd och att våga tänka i nya banor. Arbetet med löpande effektivisering är oer-

hört viktigt. Oavsett var vi befinner oss i produktionskedjan bör vi också se och kommunicera våra möjligheter att bidra systematiskt till produktutveckling, nya erbjudanden, varumärken, marknadsföring och kundrelationer.

### Förädlingsvärdet – värdet av att förädla vidare

Värdet av de varor och tjänster en bransch/sector producerar minus värdet av de tjänster, råvaror och halvfabrikat som används som insats i produktionen brukar kallas för förädlingsvärde. Förädlingsvärdet ska täcka den egna verksamhetens kostnader för löner, egna maskiner, egna lokaler m.m. och generera ett tillräckligt överskott för att förränta ägarnas innesittande kapital. Summerar vi förädlingsvärdena i en hel produktionskedja får vi det sammanlagda täckningsbidraget för alla de affärsled som ingår i kedjan. Vi ska nu tillföra ett förädlingsperspektiv på skogens möjligheter. Ur SCB:s, Skogsindustriernas och Skogsstyrelsen statistik (2004) över förädlingsvärden och tillverkningsvolymerna för olika trävaror, pappersprodukter samt energi till värmeverk har jag beräknat ett genomsnittligt förädlingsvärde på ca 880 kronor/m<sup>3</sup>fub (figur 8) (i industrisektorerna har värdena fördelats även på importvirke). Det ger ett totalt förädlingsvärde på 44 miljoner kronor för de 50 000 kubikmetrarna i vårt exempel. Detta är förädlingsvärdet av de produktionskedjor som inleds vid avverkningsplaneringen och summeras då produkterna står färdiga för försäljning. Den genomsnittliga förädlingsgraden för skogssektorn inklusive skogsbruk (förädlingsvärde/nettoomsättning) är beräknad till 28 % (tabell 1; SCB, 2005). Fortsätter vi

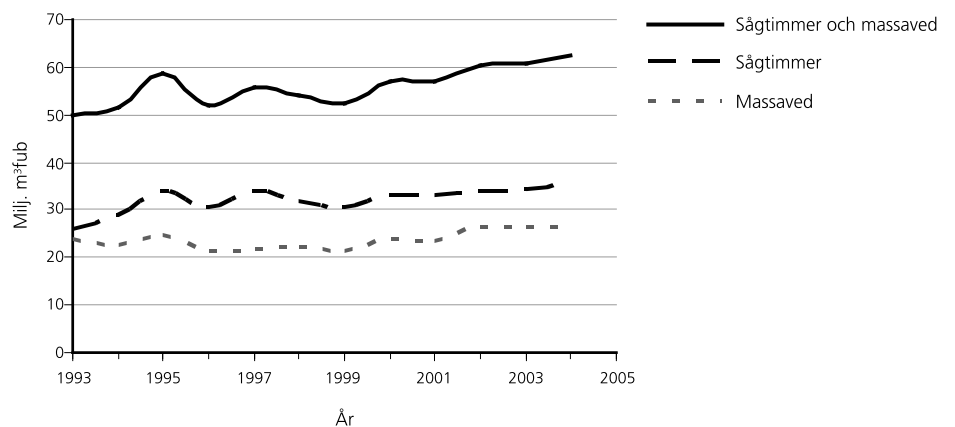


räkneövningen kan vi konstatera att den sammanlagda nettoomsättningen för produkterna i vårt exempel redan före grossist- och detaljhandelsleden uppgår till nära 160 miljoner kronor/år (per 50 000 m<sup>3</sup>fub). Då har vi inte räknat in efterföljande näringsgrenar som förlag, grafisk industri, tjänsteföretag och detaljhandelsled.

Om vi kan minska mängden virke som behövs per enhet slutprodukt utan att egenskaperna hos produkten försämras, kan vi spara både virkes- och processkostnader. Dessutom minskar miljöbelastningen proportionellt. Att detta är möjligt för pappersprodukter har vi berättat om bl.a. vid tidigare utvecklingskonferenser (Arlinger m.fl., 2000). Motsvarande möjligheter finns även för trävaror där rätt kombinationer av längd och diameter och en anrikning av timmer med t.ex. önskade hållfasthetsegenskaper, kvisttyper mm, kan reducera materialbehovet i en träkonstruktion och/eller minska andelen ej acceptabla sågutbyten. I båda fallen bör värdet av en kubikmeter kunna öka för alla inblandade i produktionskedjan.

### Variation i virkets egenskaper och kundernas krav

När vi studerar egenskaper hos olika virkespartier hittar vi oftast stor variation både mellan och inom partier. Vi har vant oss vid att det ser ut på ett visst sätt och att det inte går att göra så mycket åt. Men okontrollerad variation och skador kostar både pengar och miljöbelastning. Misstag i aptering, sortering och lagring syns kanske först vid inmätningen framme vid industrin. Ibland leder det till nedklassning av virket. Andra fel syns inte förrän senare i tillverkningskedjorna. Ju mer hanterings- och processkostna-



**Figur 7.** Årlig avverkning av sågtimmer och massaved i Sverige 1993–2004. (Skogsstyrelsen, 2005). Skillnaden mellan början och slutet på perioden är drygt 12 miljoner m<sup>3</sup>fub eller ca 25 %.



**Figur 8.** Genomsnittligt sammanlagt förädlingsvärde per 50 000 m<sup>3</sup>fub (jmf. typpersonen i exemplet), uppdelat på skogsbruk och olika sektorer av skogsindustrin i Sverige (2004). Värdena för trädbränslen, värmeverk och trämöbler är osäkra. Källor: Skogsindustrierna, SCB och Skogsstyrelsen (2005). Notera att ett genomsnittligt skördarlag producerar ungefär 75 000 m<sup>3</sup>fub/år eller 1,5 ggr nivåerna i diagrammet.

der som spenderats på felaktigt virke, desto dyrare blir naturligtvis misstagen.

Det är klart att en storm som Gudrun kan få oss att känna både uppgivenhet och maktlöshet inför naturkrafterna. Men det gäller att göra det bästa möjliga av varje situation. Det bästa

möjliga ur ett sammanvägt ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Även om vi inte kan få bort variationen i virkets egenskaper, kan vi nu med skördarteknikens och planeringssystemens hjälp beskriva, och då så efterfrågas, anrika önskvärda egenskaper för olika

industrikunder. Genom att utnyttja ny kunskap och nya verktyg från både Skogforsk och andra FoU-organisationer, kan skogsbruket göra mer för att hjälpa industrikunderna att effektivisera sina processer och utveckla nya konkurrenskraftiga och miljövänliga produkter. Vad sägs om att samtidigt åstadkomma låga kostnader och höga intäkter, låg miljöbelastning och höga naturvärden?

### Åtgärds paket

För att processingenjörer, produktutvecklare och formgivare ska kunna tillämpa sina kunskaper effektivt och metodiskt behövs bl.a. bättre information om virkets egenskaper och en starkare integration av skogsbruket med både industrin och industrins kunder. Därför bör vi öka insatserna för att:

- den operativa tillverkningen av olika produkter inleds redan i skogen, inte först efter leverans till industrin.
- effektivisera formerna för virkeshandeln så att tillredningen kan frikopplas från affärsuppgårelsen med skogsägaren, samtidigt som ersättningsgrunden är tydligt kommunicerad, värdeskapande, begriplig och möjlig att kontrollera.
- nya metoder för att mäta och beräkna dimensioner och virkesegenskaper av ekonomisk och miljömässig betydelse snabbare ska komma ut i avverkningsmaskiner och planeringsrutiner. Syftet är att kunna uppfylla olika kunders beställningar och önskemål till lägsta möjliga kostnad, samt att förse virket med innehållsdeklaration och färskhetsprognos.
- information om virket ska kunna nå berörda parter snarast efter tillredningen. Då kan korrigeringar i leveransplaner genomföras så snart redovisade avvikelser, prognoser om avvikelser eller ändrade kundkrav gör det motiverat.
- kvalitetssäkra kritisk information, t.ex. skördarnas dimensionsmätning, så att produktionsresultatet blir riktigt och att affärsuppgårelser med skördarmätning som betalningsgrund får fullt förtroende från berörda parter.

**Tabell 1.** Några nyckeltal för näringsgrenar av skogsindustrin samt skogsbruk och serviceföretag till skogsbruk, 2004. Notera att möbelindustri och trädränslen, värmeverk inte ingår i sammanställningen nedan. (Källa: SCB, 2005).

Näringsgren (SNI)	Antal anställda	Nettoomsättning, milj.kr	Förädlingsvärde, milj. kr	Förädlingsgrad, %
20.0 Skogsbruk och serviceföretag till skogsbruk.	12 136	49 216	10 797	21,9
20.1 Sågverk och hyvlerier; träimpregneringsverk.	14 324	41 294	7 363	17,8
20.2 Industri för fanér och träbaserade skivor.	1 732	3 312	558	16,8
20.3 Industri för trähus och byggnadsnickerier.	15 547	25 219	7 765	30,8
20.4 Träförpackningsindustri.	1 751	3 015	932	30,9
21.1 Massa-, pappers- och pappindustri.	27 188	90 757	28 849	31,8
21.2 Industri för pappers- och pappvaror.	9 629	19 405	6 411	33,0
Summor och medelvärde inkl. skogsbruk.	82 307	232 218	62 675	28
Summor och medelvärde exkl. skogsbruk.	70 171	183 002	51 878	30

- integrera värdet av önskvärda råvaruegenskaper (även inom sortiment) och kostnader för virkesfel i transport- och leveransplanerna.

## Du kan påverka!

### Kan du sätta igång direkt?

Du och dina medarbetare kan påverka resultatet av ert arbete. Under-skatta inte den kraften, utan ställ er frågorna: Vad kan vi göra redan nu? Vad vill vi utveckla på sikt? Varje procent ni kan ”gnet” ihop i ökat förädlingsvärde för den samlade skogssektorn (figur 8) motsvarar totalt ca 9 kr/m<sup>3</sup>fub att fördela mellan de olika affärsleden och produktionskedjorna. Det har gjorts en del undersökningar där värdet av råvaruegenskapernas inverkan på olika processer och produkter har analyserats. Följ med genom *Virkesblocket* där vi beskriver nya verktyg och arbetssätt som kan hjälpa er att göra rätt från början. Värdet av det varierar, men vi tors lova att det alltid finns outnyttjade möjligheter. Rätt från början kan bidra till att höja hela skogssektorns förädlingsvärde med 5–10 %. Räkna på det sammanlagda förädlingsvärdet, när industrin sålt slutprodukterna, motsvarar det grovt räknat 45 till 90 kr/m<sup>3</sup>fub eller 2–4 miljoner kronor/år som kan grundläggas av vår virkesansvarige i exemplet (eget ansvar 50 000 m<sup>3</sup>fub/år). Men vill ni ha en bild av just era verkliga möjligheter att nå resultat, behöver ni också analysera de förutsättningar som gäller för just er. Ta gärna hjälp från Skogforsk så kan vi göra den analysen tillsammans!

I *Prognoser för bättre sågtimmerleveranser (Såg du vad sågen såg, innan sågen såg vad den sågat?)* belyser Lennart Moberg (Skogforsk), Urban

Nordmark (Sveaskog) samt Johan J. Möller (Skogforsk) och Jan Sondell (Skogforsk) skogsbrukets möjligheter att göra prognoser för bättre sågtimmerleveranser. Det kan hjälpa sågverket att förutse produktionsutfallet avseende både volym och kvalitet.

I *Ny automatik för kvalitet och kubik* beskriver Johan J. Möller, John Arlinger, Lars Wilhelmsson och Lennart Moberg hur skördaren kan utnyttjas för att mäta virket och hur stampris kan användas för utveckling av nya effektiva affärsformer.

I det sista föredraget, *Enkelt att se hur rätt skördaren mätt* berättar John Arlinger och Johan J. Möller om nya rutiner och hjälpmedel som ger möjligheter att förbättra apteringsresultaten och sända pålitliga rapporter om volymer och dimensionsfördelningar. Att följa upp varje skördares mät noggrannhet är en viktigt del i detta och en förutsättning för att utnyttja skördare för betalningsgrundande mätning.

### Referenser

- Arlinger, J. Spångberg, K. Wilhelmsson, L. Lundqvist, S O. Hedenberg, Ö. Jonasson, J. Jansson, U. 2000. Vedegen-skaper för massaindustrins behov. I: Frumerie, G. (ed.) Redogörelse 2. SkogForsk (Uppsala), sid 23–30.
- SCB, 2005 Statistiska Centralbyrån. Statistikdatabasen Näringsverksamhet. [www.scb.se](http://www.scb.se)
- Skogsindustrierna, 2005. Statistik ([www.skogsindustrierna.se](http://www.skogsindustrierna.se))
- Skogsstyrelsen, 2005. Skogsstyrelsens webb-plats för skoglig statistik. [www.svo.se](http://www.svo.se)

# Prognoser för bättre sågtimmerleveranser

Lennart Moberg (Skogforsk),  
Urban Nordmark (Sveaskog),  
Johan J. Möller (Skogforsk) &  
Jan Sondell (Skogforsk).

Att leverera rätt virkesråvara till rätt kund i rätt tid har länge varit en viktig drivkraft för utvecklingen inom svenskt skogsbruk. Fokus på små lager, färskhet och rationella logistiklösningar medför höga krav på precisionen i inflödet av skogsråvara till skogsindustrin. En undersökning utförd vid Skogforsk (Forsberg 2003) har också visat att leveranssäkerhet (d.v.s. förmågan att garantera ett visst råvaruflöde eller en viss lagernivå) är den fråga som f.n. är högst prioriterad vid virkesförsörjningen till sågverk och massaindustrier. Sedan finns det ett antal produktrelaterade önskemål (t.ex. jämnare eller bättre egenskaper) som

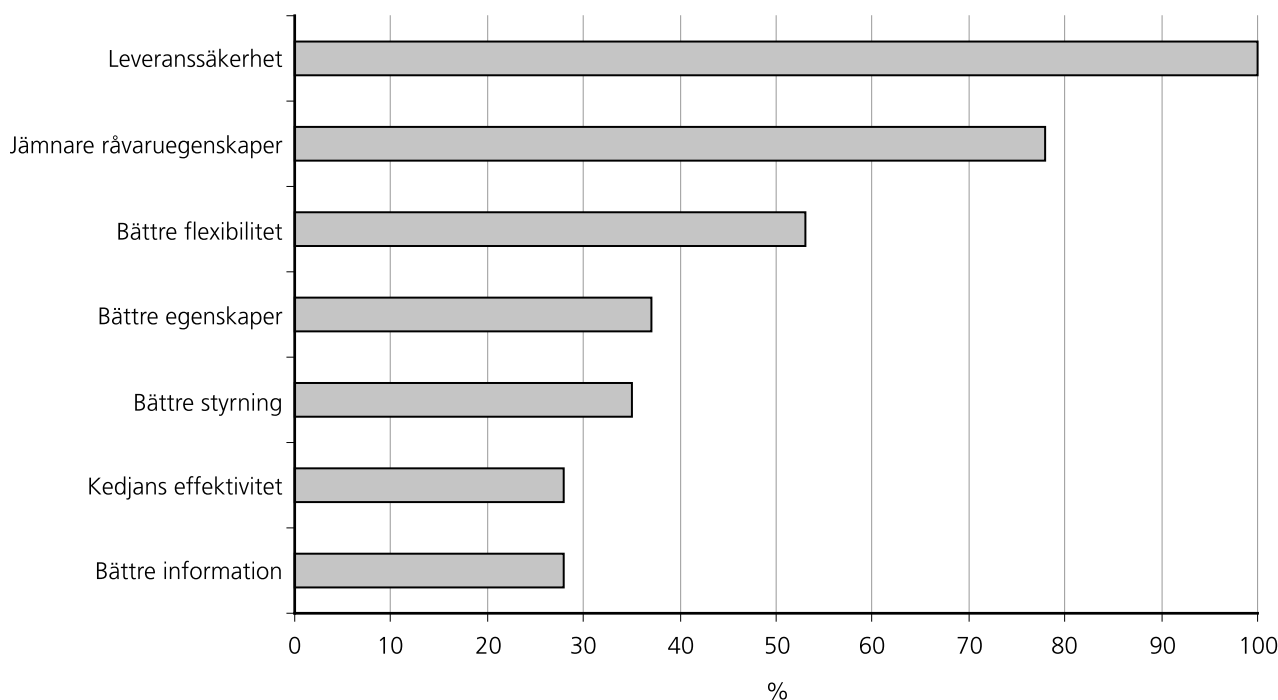
pekar på behovet av kundanpassningar tidigt i försörjningskedjan (figur 1). I den här presentationen tänker jag först beskriva hur utbytet av sågade trävaror kan uppskattas redan för stående träd. I framtiden är det möjligt att utnyttja detta för att planera och styra sågtimmerleveranser på ett mera kundanpassat sätt. Sedan presenteras flera praktiska exempel som visar hur vi redan i dag tillämpar denna och liknande kunskap i olika utvecklingsprojekt.

I en undersökning av olika sorteringsstrategier vid sågverk, uppskattade Waller (2002) att försortering av stockar för snickeri-, möbel- respektive konstruktionsvirke gav en förväntad ökad intäkt på 4–7 %. Det kunde åstadkommas genom ett bättre kvalitetsutfall när varje grupp sönderdelades för sig. Fördelen med styrning redan vid avverkning är bl.a. att det

dessutom går att påverka fördelningen mellan grupperna och längdfördelning inom grupperna genom kundanpassad aptering. I sin doktorsavhandling uppskattade Urban Nordmark (2005) att med bättre kännedom om trädstammars yttre form och inre kvistegenskaper är det möjligt att öka intäkten med 10–13 % genom produktstyrd aptering, sortering och sönderdelning. Med dagens teknik är det nog inte möjligt att uppnå hela denna förtjänst genom åtgärder i skogsbruket, men Nordmarks analyser ger en fingervisning om en potentiell värdeökning genom tidig kundanpassning av sågtimmer.

## Sågsimulering i skogen

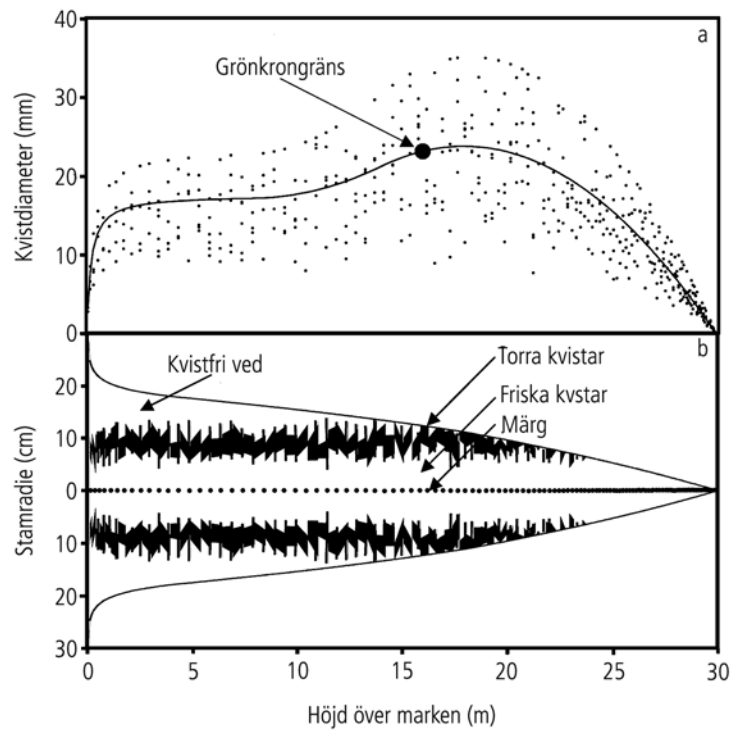
Skogforsk har i samarbete med flera andra institutioner lång erfarenhet av att beskriva råvaruegenskaper på ett för industrin relevant sätt. Ett exempel är



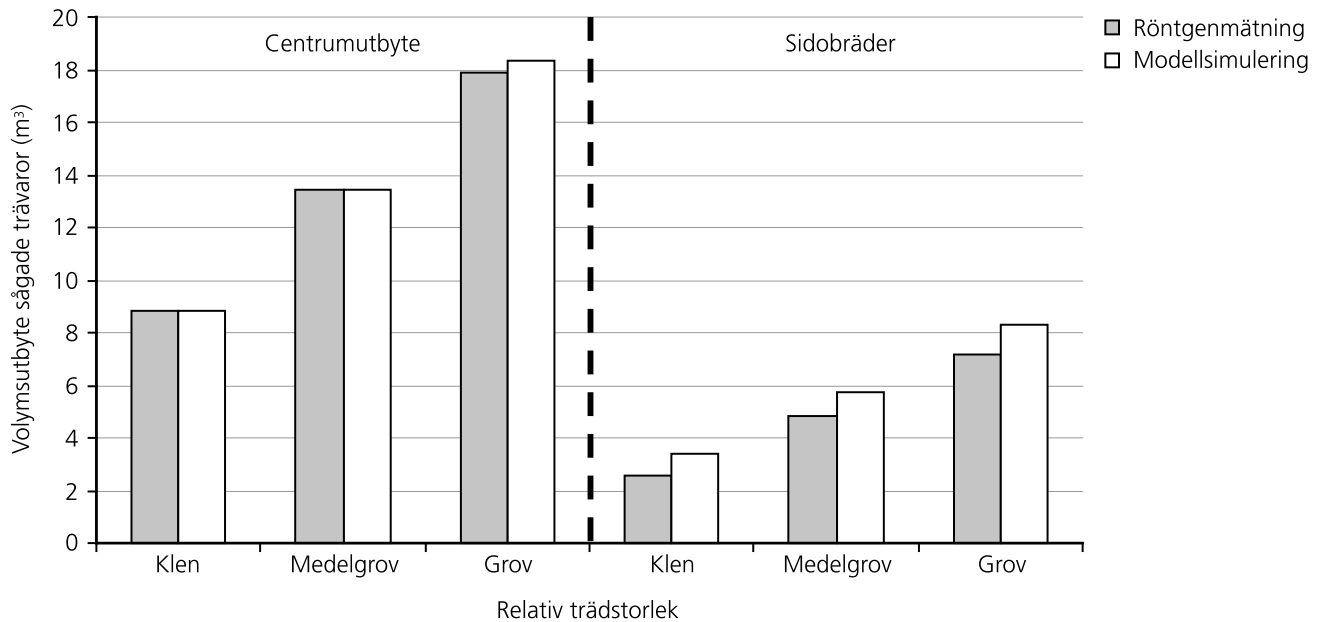
**Figur 1.** Rangordning bland massaindustrier, sågverk, skogsbolag och skogsägareföreningar av olika områden för bättre kundanpassning (Forsberg 2003).

modeller av trädens inre kviststruktur som kanske är den viktigaste kvalitetsaspekten för furuträvaror. Kviststorlek är ofta avgörande för högkvalitativa snickeriprodukter medan kvisttyp är viktigt för synligt trä som används till möbler eller panelvirke. Modellerna har utvecklats för att med hjälp av träd- och traktdata ge detaljerad information om enskilda kvistar (se figur 2). Tillsammans med verktyg för sågsimulering kan denna information användas för att uppskatta volyms- och värdeutbytet från sågverkens produktion av trävaror (Moberg & Nordmark, 2006).

Vi har jämfört simulerade sågutbyten som baseras på stockvärden från röntgenmätningar med sådana som genererats från träddata och egenskapsmodeller (totalt ca 600 stockar från hela landet). Båda datakällorna visar



**Figur 2.** Generering av yttre form och inre kviststruktur med hjälp av träd- och traktdata samt egenskapsmodeller.



**Figur 3.** Skattade volymsutbyten sågade trävaror.

god överensstämmelse för centrumutbytesvolymerna vid olika trädstorlekar (figur 3). Däremot överskattades konsekvent volymen sidobränder med modellerna sannolikt p.g.a. alltför raka stammar. Andelen Sort A virke (ungefär motsvarande o/s enligt Gröna boken) minskade med ökad trädstorlek, till fördel för Sort B virke, medan andelen av den sämsta sorten (C) var konstant för samtliga trädstorlekar (figur 4). I förhållande till röntgenmätning underskattade trädmodellerna utbytet från både Sort A och C med motsvarande överskattning av Sort B. Nettoeffekten på värdeutbytet blev 2,7 % på grund av skillnaderna i kvalitetsklassning. När även avvikelserna i volymklassningen bedömdes blev skillnaden i värdeutbytet totalt 9,2 %.

### Planering för rätt virke

Planering handlar ofta om att göra rätt från början. Inom SLU drivs f.n. ett stort projekt – *Heureka* – för att utveckla morgondagens planeringsverktyg för skogsbruket. Ett verktyg

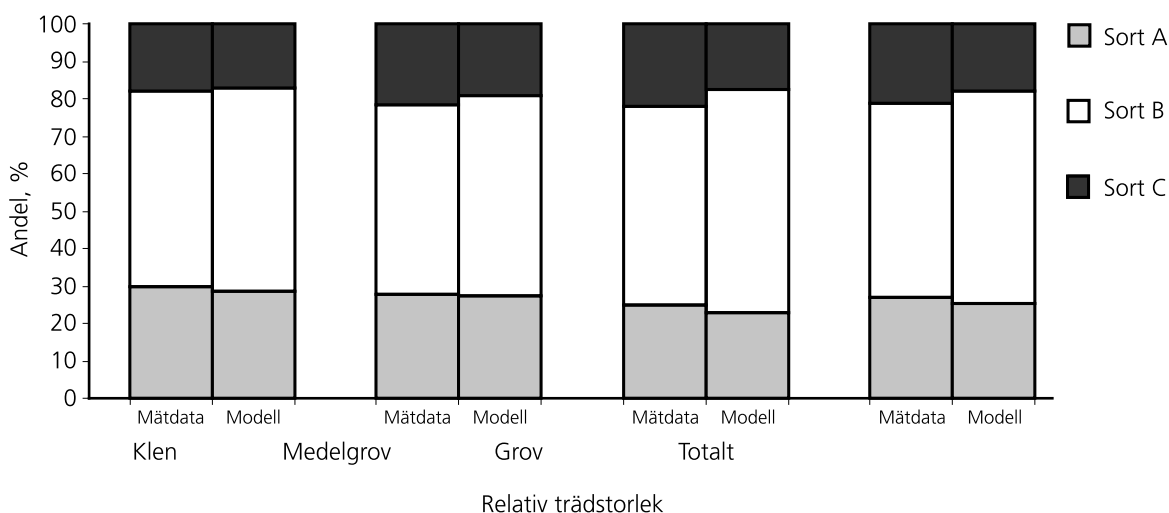
för långsiktig planering utvecklas för skogsbolagen och omfattar en strategisk nivå som hanterar t.ex. översiktliga mål (virkesproduktion och naturvård) för upp till en hel omloppstid samt en taktisk nivå som syftar till att precisera vilka objekt som ska avverkas inom 3–5–10 år – den s.k. traktbanken. Detta verktyg ska på sikt ersätta nuvarande Indelningspaketet. Samtidigt utvecklas ett liknande verktyg som är anpassat för familjeskogsbrukets behov.

I samarbete med SLU och STFI-Packforsk har Skogforsk levererat såväl kvistmodeller som andra egenskapsmodeller (densitet, kärnvedsandel, fiberlängd m.m.) till Heureka-systemet. Det gör det möjligt att ge industrin relevanta beskrivningar av råvaran inom ett fångstområde. Beskrivningen kan användas för att stödja strategiska beslut om industriinvesteringar (t.ex. för att utveckla produktmixen) eller långsiktiga effekter av olika skötselmetoder. På en taktisk nivå kan traktbanken få en högre upplösning för att öka

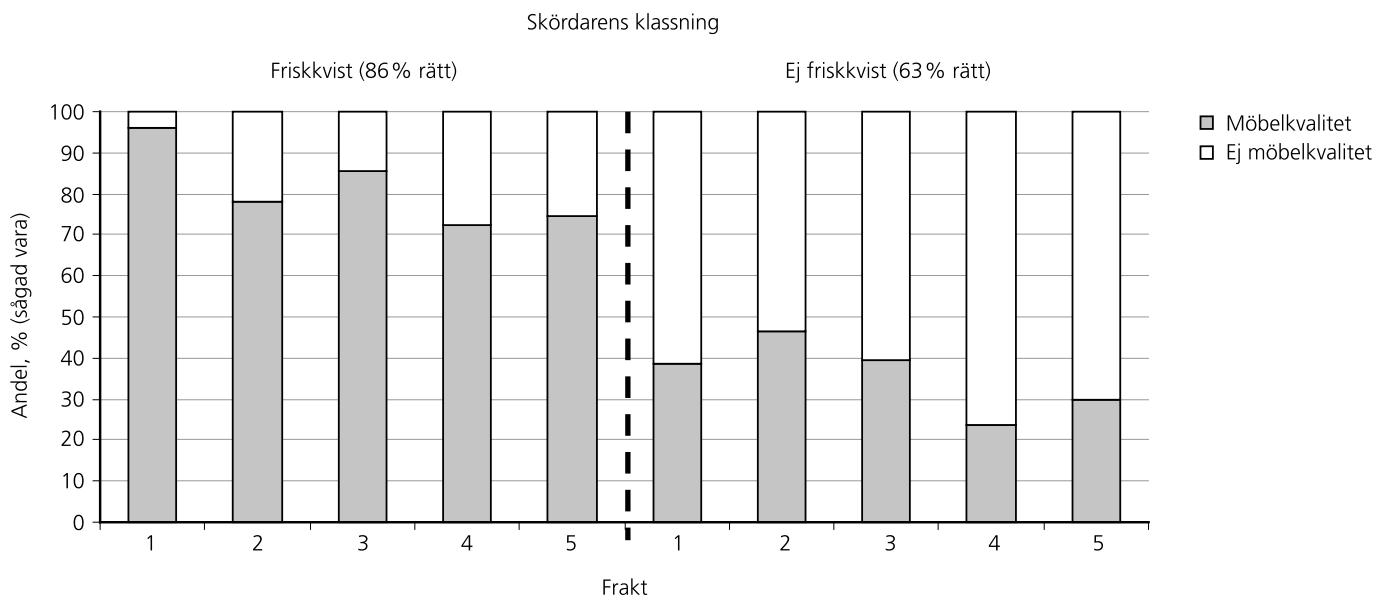
precisionen i avverkningsplanering eller destineringsplanering av virke till industrier med specifika råvarukrav. I nästa etapp av Heureka, som inleddes vid årsskiftet, ska det vara möjligt att sätta ett värde på virket m.h.t. egenskaperna och på så sett beakta inre kvalitetsaspekter.

### Vad behövs?

Gemensamt för alla skattningar är att resultatet aldrig blir bättre än kvaliteten på tillgängliga indata. Modellerna som levererats till Heureka är anpassade till Riksskogstaxeringens variabler. I vissa fall har stödfunktioner tagits fram för att beräkna variabler som inte finns tillgängliga, men som behövs för att driva modellerna. Följande grundläggande fältdata behövs: Brösthöjdsdiameter, trädhöjd (eventuellt skattad med stödfunktion), beståndsålder, ståndortsindex, breddgrad och höjd över havet. Dessa variabler finns som sagt tillgängliga i Riksskogstaxeringens databas och vi kan därför göra prognoser av virkesegenskaper på nationell



Figur 4. Simulerad klassning av sågade trävaror enligt Nordisk Trä.



**Figur 5.** Automatisk klassning av friskkvistigt sågtimmer omfattande ca 1 700 stockar avverkade under ordinarie produktionsförhållanden.

eller regional nivå. Men skogsbruket behöver sannolikt enklare metoder, som kan användas för att kostnadseffektivt leverera den information som behövs. Hansson (1999) redovisade olika datainsamlingsmetoder för att få godtagbar information om traktors diameterfördelningar som underlag till en prognos av stocknota (längd och diameterfördelning) för sågtimmer. Just nu pågår ett projekt (med Ingemar Eriksson som projektledare) där vi studerar möjligheten att använda flera datakällor på olika sätt tillsammans med SLU och SCA. En kombination av skördardata, fältinventering och laserscanning utvärderas på 36 slutavverkningstrakter i norra Sverige. Resultat från projektet förväntas under 2006.

### Friskkvistaptering fungerar i praktiken

Johan Möller presenterade vid förra utvecklingskonferensen resultat från

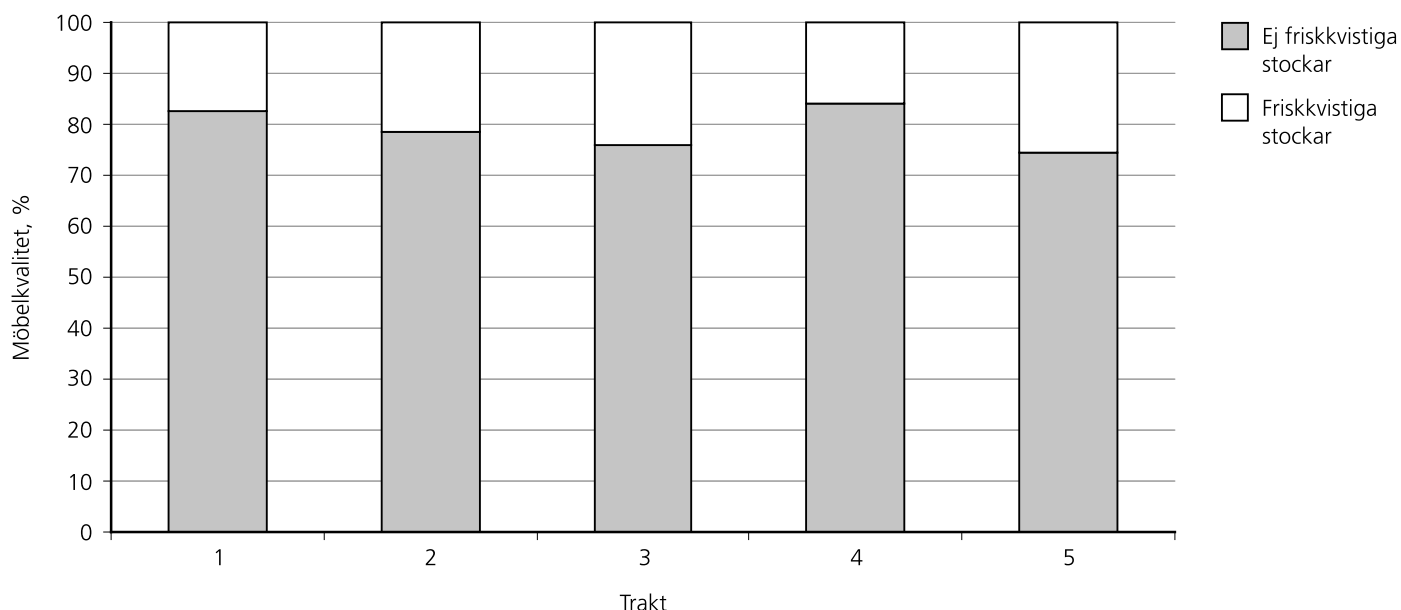
en serie tester där vi utnyttjade den funktion för friskkvistaptering som finns i John Deeres och Ponsses skördardatorer (Möller m.fl., 2004). Funktionen kan användas för att identifiera, styra aptering och märka friskkvistigt sågtimmer för exempelvis möbelindustrin. Den bygger på ett enkelt samband mellan brösthöjdsdiameter och grövsta stamdiametern där friskkvistigt virke kan apteras. Johan redovisade hur funktionen kalibrerades och användes i ett första mindre test på två trakter. Efter förra utvecklingskonferensen kompletterades testerna med ett storskaligt försök (omfattande ca 1 700 stockar) tillsammans med Sveaskog/SETRA Group.

Av de stockar som skördaren klassade som friskkvistiga höll 86 % möbelkvalitet vid bedömning efter sönderdelning (figur 5). På motsvarande sätt, men omvänt, blev 63 % av de icke-friskkvistiga stockarna inte heller klassade som möbelkvalitet i

sågen. Om man bara jämför det sågade virket som klassades till möbelkvalitet, lyckades skördaren identifiera nästan 80 % av den tillgängliga volymen (figur 6). Sammanfattningsvis visade studien att det är möjligt att identifiera friskkvistigt virke vid avverkning rätt väl. Genom att ändra funktionsinställningen, går det dessutom att påverka resultatet mot antingen en högre träffprocent (jmf. figur 5) eller högre volym identifierad möbelkvalitet (jmf. figur 6) beroende på specifika önskemål.

### Slutsats

Produktion av skogsprodukter grundläggs redan vid planering före avverkning. Presentationen visar att det är fullt möjligt att åstadkomma rätt långtgående kundpassningar i skogsbruket. På sikt kan värdet av skogsbrukets produkter ökas genom högre upplösning i traktbanken, kundorderstyrd avverkningsplanering, produktanpassad aptering och riktade leveranser till



**Figur 6.** Fördelning av total tillgänglig möbelkvalitet enligt skördarnas klassificering

sågverk med specifika önskemål om trädslag, längd, diameter och kvalitets-egenskaper. Däremot kanske varken skogsbruket eller sågverken än så länge är mogna att tillämpa sågsimulering i planerings- och driftssystem för att styra sågtimmerleveranser. Men i praktiken går det att med rätt enkla medel utnyttja förbättrade kunskaper om råvarans egenskaper – friskkvistap-tering är ett exempel. Stamprissättning som Johan J. Möller redovisar i nästa presentation är ett annat.

## Referenser

- Forsberg, M. 2003. Behov av informations-system för kundorienterad virkesstyrning. Skogforsk, Arbetsrapport nr 530. 18 s. Uppsala.
- Hansson, F. 1999. Inventering före av-verkning – metoder och resursåtgång. Skogforsk, Arbetsrapport nr 434. 20 s. Uppsala.

Moberg, L. & Nordmark, U. 2006. Pre-dicting lumber volume and grade recovery for Scots pine stems using tree models and sawmill conversion simulation. *Forest Products Journal* (in press).

Möller, J. J., Moberg, L., Sondell, J., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2004. Automatisering av kvalitetsap-tering. I Frumerie, G. (Red.): Utvecklingskonfe-rens 2004. Skogforsk, Redogörelse nr 1. s. 98–103. Uppsala.

Nordmark, U. 2005. Value recovery and production control in bucking, log sorting and log breakdown. *Forest Products Journal* 55(6): 73–79.

Waller, S. 2002. Strategier för lönsam kvali-tetssortering av furutimmer. SLU, Inst. för skogens produkter och marknader, Examensarbete nr 1. 40 s. Umeå.



# Ny automatik för kvalitet och kubik

Johan J Möller, John Arlinger,  
Lars Wilhelmsson & Lennart  
Moberg.

## Bakgrund

Under de senaste fem åren har betalningsgrundande skördarmätning i Sverige ökat från nära noll till ca en halv miljon kubikmeter per år. Säljare och köpare vill förenkla handeln med virke, få snabbare affärsavslut och ett mer flexibelt system för att snabbare och enklare kunna tillverka de stockar som industrin efterfrågar.

I de modeller av skördarmätning som tillämpas i dag betalas virket med någon form av fast kubikmeterpris baserat på totalvolym per träslag, medelstammens storlek eller volymen per sortiment. I dessa modeller tas ingen eller endast subjektiv hänsyn till virkets egenskaper eller kvalitet.

Många företag har varit tveksamma till introduktion av betalningsgrundande skördarmätning då det inte funnits något etablerat system för kvalitetsklassning (jfr. VMR 1–99, (Anon. 1999) virkesmätningens klassningssystem).

Under 2004–2005 har därför Sveaskog, Södra skogsägarna och Skogforsk utvecklat och testat ett automatiskt kvalitetsklassningssystem för att betalningsgrundande skördarmätning ska kunna jämföras med dagens system för värdering av skog. Med det nya kvalitetssättningssystemet kan objekt med råvara, som har fördelaktiga egenskaper för industrikunderna, betalas med ett högre pris medan objekt med mindre lämpliga råvaruegenskaper ges ett lägre pris.

Systemet har utvecklats för automatisk bestämning av prisgrundande kvalitetsegenskaper hos tall- och granstammar med hjälp av skördar- och

**Tabell 1.** De tre huvudkriterierna vid värdering av en stam vid apteringsoptimering och traditionella sortiment och prislister.

Kriterier	Beskrivning
Dimensioner	Toppdiametern för normalt 3–5 stockar per stam bestämmer priset. Producerade stockars toppdiameter mäts och respektive stocks volym värderas efter de olika toppdiametrarnas priser. För vissa sortiment är priset oberoende av diametern men sådana sortimenten apteras normalt inte där konkurrerande sortiment har högre pris. För timmersortiment sjunker normalt priset med ökad diameter. Därför kompenseras normalt långa stockar med ett pristillägg då de får en klenare diameter jämfört med korta stockar.
Stamfelsesved	Skördarföraren anger om en stamdel som uppfyller timmerdimensioner inte uppfyller övriga krav för att producera sågtimmer enligt VMR 1–99. Detta sker genom att massa- eller brännved apteras manuellt. Dessa sortiment prissätts med respektive sortiments priser vilket normalt leder till ett betydligt lägre pris än för timmersortimenten.
Egenskaper	Kvalitetsklassning enligt VMR 1–99 är normalt betalningsgrundande. I denna klassning värderas stockarnas kvisttyper och storlekar, årsringsbredd och en mängd egenskaper som t.ex. tjurved, röta, växtvridenhet, etc.

**Tabell 2.** Hantering av prissättningskriterier vid stamprissättning med skördardata.

Kriterier	Beskrivning
Dimensioner	DBH-pris: Diametern på 1,3 meters höjd (1,2 meter över stubbe) bestämmer priset. Stammens diameter mäts av skördaren i samband med avverkning eller före avverkning. På samma sätt som vid stockprissättning kan långa stammar premieras när man använder DBH-pris.
Stamfelsesved	Stamvolympris: Stammens volym mäts i skördaren och varje stam får ett stamvolympris. Alternativt kan objektets medelstam användas.
Stamfelsesved	Vid användning av DBH-pris eller stamvolympris kan ett prisavdrag göras per procent stamfelsesved av total volym. Alternativt kan ett avdrag göras för varje massa- eller brännvedsbit som apteras manuellt ur timmerdelen.
Egenskaper	Ett kvalitetsindex beräknas med egenskapsmodeller och skördardata. Idag finns en rad egenskapsmodeller som kan användas vid beräkning av egenskaper på stammar med data insamlade i samband med avverkning eller inventering av stående skog.

objektsdata. Vid uppbyggnaden av systemet har funktioner som utvecklats för att beskriva råvaruegenskaper för stockar och träd använts. I systemet ingår kvistegenskaper (Möller et al.

2003; Moberg 2006), som kan relateras till sågtimmerkvalitet, och torr-rådensitet (Wilhelmsson et al. 2002; Wilhelmsson, 2006) som påverkar bl.a. trävarors hållfasthet, vedätgångstal och

energibehov per ton massa. Dessutom kan systemet hantera fiberegenskaper (Ekenstedt et al. 2003), som t.ex. påverkar ljushet och olika styrkeegenskaper hos papper.

Olika kunder kan dock ha olika önskemål och kraven på egenskaper kan komma att förändras över tiden. I ett system som medger beskrivning av en rad olika egenskaper utöver de som ingår i dagens värdering kan industrin också på sikt lära sig mer om betydelsen av olika egenskaper och ställa nya önskemål på virkesleveranserna.

Syftet med denna presentation är att beskriva hur nyligen utvecklade modeller och teknik kan användas för automatiserad kvalitetssättning med skördare vid stamprissättning av tall- och granstammar samt att visa resultat från praktiska test.

### Vad avgör priset på skogen?

Vid värdering av skog avgörs värdet förutom av volym och trädslag i huvudsak av trädens storlek (diameter/höjd). Stockarnas dimensioner avgör till stor del vilka produkter som olika

industrier kan tillverka och därigenom även värdet. Priset för en stam sjunker generellt om det finns stamfelsesved.

Med stamfelsesved menas sådana delar av stammen som har tekniska fel (som krök, sprötkvist, dubbeltopp) eller egenskaper som inte accepteras i normala timmersortiment (VMR 1–99). Några av de vanligaste orsakerna till stamfelsesved är röta (gran), och stamkrökar. Priset varierar också med kvalitetsklasser (VMR 1–99) för såg-timmersortiment. De egenskaper som hanteras i dagens system (VMR 1–99) är exempelvis kviststorlekar, kvisttyper och årsringsbredder.

I tabell 1 listas de tre främsta kriterierna för bestämning av en skogs värde vid prissättning med dagens prislister och apteringsoptimering. I tabell 2 listas hur de tre kriterierna kan hanteras vid stamprissättning med skördardata.

### Industrins krav på egenskaper

Företrädare för de industrier som är kunder till Södra Skogsägarna och Sveaskog intervjuades för att ge en bild av vilka råvaruegenskaper som de ansåg

vara viktigast för olika produkter. Syftet var att bestämma vilka egenskaper och vilka sektionindelningar (höjd-/diametersektioner) av stammar som skulle användas vid införandet av den nya modellen för automatisk kvalitetsbestämning vid betalningsgrundande skördarmätning. Resultatet av intervjuerna är sammanställt i tabell 3.

De för industrin viktigaste egenskaperna för värdering av tall- och granstammar med skördardata byggdes in i kvalitetssystemet. Följande egenskaper beräknas: torr-rädensitet, kviststorlek, friskkvistandel och cellväggstjocklek.

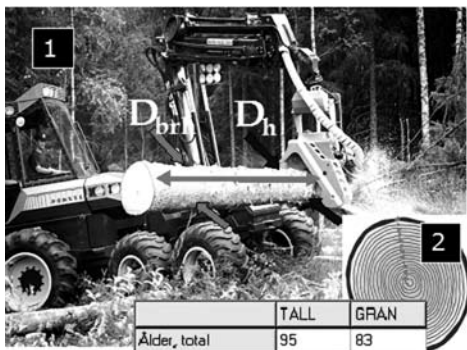
Dessutom vill industrikunderna undvika stockar med tekniska fel och oacceptabla egenskaper som t.ex. röta, krök och sprötkvist. Dessa fel hanteras med stamfelsesved.

### Automatisk kvalitetssättning i praktiken

**Datainsamling:** Förutom ålder är nödvändiga data i dag relativt enkla att samla in vid avverkning med skördare. För att utnyttja bästa tillgängliga kvalitet på indata bör mätdata från

**Tabell 3.** Industrins egenskapskrav på olika stamsektioner för gran- och tallstammar.

Trädslag	Stamdel	Egenskapskrav
Gran	Timmer från trädens nedre stamsektion	Hållfasthet och formstabilitet är de viktigaste egenskaperna hos en stor del av den totala volymen centrumutbyten.
	Timmer från övre stamsektionerna	Förutom hållfasthet och formstabilitet är även kvisttyp (frisk) och kvistarnas storlek (små) av stor vikt.
	Massaved	Viktigaste egenskaperna är cellväggstjocklek (tunn eller tjock), fiberbredd och veddensitet.
Tall	Timmer från trädens nedre stamsektion	Hållfasthet och formstabilitet är de viktigaste egenskaperna hos en stor del av den totala volymen centrumutbyten. Även sidobräder från stammar med kvistfri ved i roten har stor ekonomisk betydelse.
	Timmer från övre stamsektionerna	Viktigaste egenskaperna är friska kvistar och formstabilitet.
	Massaved	Viktigaste egenskaperna är cellväggstjocklek (tunn eller tjock), fiberbredd och veddensitet.



### 1. Skördaren avverkar träden och data lagras i en pri-fil per stam.

- DBH
- Diametrar längs stammen
- Stocklängder
- Sortiment inklusive stamvedsfel
- Volym per stock

### 2. Objektdata samlas in

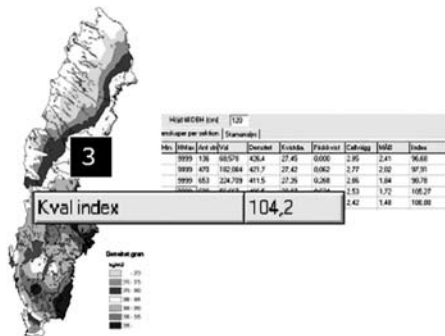
- Ålder (manuellt på 10–15 träd)
- Koordinater via skördarens GPS eller karta

### 3. Kvalitetsberäkning

- Egenskaper beräknas med egenskapsmodeller och trädhöjder

### 4. Prisräkning sker med

- Dimensionspriser
- Stamfelsesavdrag
- Kvalitetsindex



Figur 1. Systembeskrivning över datainsamling, kvalitetsberäkning och prissättning vid betalningsgrundande skördarmätning.

skördaren och uppgifter om beståndet lagras i s.k. pri-filer. Det innebär att diameter, längd, volymdata och läge i trädet lagras för varje bit och DBH, trädslag lagras för varje stam. För skördare med GPS kan också koordinater knytas till stammen. Om GPS saknas på skördaren så får koordinater liksom objektsålder bestämmas manuellt per objekt. Ålder för objektet måste samlas in via räkning av årsringar på stubbar eller genom att borra träden.

#### Exempel på prissättning med

**stampris:** Programmet vi har konstruerat i projektet rekonstruerar objektets alla träd genom att bygga ihop alla bitar som skördaren har avverkat och lagrat i pri-filen. Nedan beskrivs

### 1. Dimensioner

Stampris, kr/m³fub, för tall och gran för olika DBH-klasser. Priserna avser stående träd exklusive avverkningskostnad.

Klass/DBH	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	
Tall	255	295	285	285	310	315	325	345	350	355	370	390	400	405	415	425	430	435	435	435	435	435	435	435
Gran	255	255	255	265	285	325	345	380	405	410	425	440	445	450	465	470	470	470	470	470	465	440	435	425

### 2. Stamfelsesavdrag

För varje procentenhets stamvedsfel av respektive trädslags totalvolym reduceras stampriset ovan med aktuellt belopp i tabellen (kr/m³ pktfub)

Stamvedsfel	0,020	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0+	
Tall	0,0	1,0	1,10	1,20	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,35	1,40	1,40	1,45	1,50	1,50	1,50	1,50	1,55	1,55	1,60	1,60	1,60
Gran	0,0	1,0	1,60	1,75	1,85	2,00	2,10	2,20	2,25	2,25	2,30	2,30	2,35	2,35	2,35	2,35	2,30	2,30	2,30	2,20	2,20	2,20

### 3. Kvalitetsindex

Stampriset efter stamfelsesavdrag justeras för objektets kvalitetsindex baserat på egenskaper och höjd enligt tabellen nedan.

Index	-5	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105+
Prisjustering (%)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Figur 2. Exempel på prislista vid stamprissättning med DBH-priser, stamfelsesavdrag och kvalitetsindexjustering.

beräkningsgången vid prissättning i fyra steg:

- 1 Enligt prislisterexemplet i figur 2 så beräknas ett baspris med hjälp av ett träd-/stampris per DBH-klass eller stamstorlek (volym). Exempelvis en tall med DBH 306 mm och en stamstorlek på 0,75 m<sup>3</sup>fub. Det värderas till 370 kr/m<sup>3</sup>fub. Volymen fastställs enligt skördarens mätning.
- 2 Stamfelsesved som har registrerats i skördaren används för att beräkna ett avdrag. Avdraget beror på röta och andra defekter som normalt resulterat i massaved i timmerdelen av trädet (stockar grövre än 15 cm i topp). Stamfelsesveden är manuellt apterad av skördarföraren. I detta exempel ger 14,8 % stamfelsesved ett avdrag på 22,2 kr/m<sup>3</sup>fub (14,8 × 1,50 kr/m<sup>3</sup>fub).
- 3 Kvalitetsindex räknas fram med hjälp av trädens beräknade egenskaper och trädens höjder. För att klara av detta steg måste pridata kompletteras med objektets ålder. I exemplet är kvalitetsindex 104, vilket ger 4 % högre pris eller 13,9 kr/m<sup>3</sup>fub (0,04 % × 348 kr). Tillägget beror på jäm-

förevis små kvistar och hög densitet.

4. Totalt ger summeringen av alla poster ett medelpris på 361,7 kr/m<sup>3</sup>fub (370-22,2+13,9).

**Så här Beräknar vi kvalitetsindex:**

Systemet för automatisk beräkning av kvalitetsindex bygger på egenskapsmodeller som beskriver genomsnittliga råvaruegenskaper för stockar och stammar i olika beståndstyper och i olika delar av landet. Merparten av den information som behövs i dessa egenskapsmodeller finns som tidigare nämnts redan tillgänglig i en modern skördare och lagras i en pri-fil, som innehåller uppgifter om samtliga avverkade träd på ett objekt.

Alla beräkningar görs efter avverkningen, men oberoende av hur skogen i verkligheten har apterats. I ett beräkningsprogram återskapas de avverkade träden och delas upp i klasser efter brösthöjdsdiameter eller stamvolym. Inom respektive klass delas trädet upp i en eller flera sektioner (diameterintervaller), så att olika egenskaper kan värderas beroende på den huvudsakliga industriella användningen, t.ex. en timmersektion och en massavedssektion.

För varje sektion beräknas ett antal egenskaper som påverkar kvaliteten. I prototypprogrammet har vi valt densitet, kviststorlek, friskkvistandel och cellväggstjocklek. Varje egenskap jämförs sedan med ett normvärde – ett genomsnittsvärde för regionen (tabell 4). Om en sektion har genomsnittligt egenskapsvärde för t.ex. densitet får den index 100 för den egenskapen. Om egenskapsvärdet avviker från normvärdet ökar eller minskar index på ett i förväg bestämt sätt med en indexvikt (se tabell 4 nedan). Det totala indexet per träd och objekt är ett volymvägt medelvärde för de olika sektionerna.

**Index beräknas för varje sektion:**

Varje sektion av varje träd jämförs med ett normvärde (tabell 4 visar exempel på normvärden för densitet och kviststorlek i Götaland). För tall med en diameter mellan 14 och 19 cm är normvärdet för densitet 405 kg/m<sup>3</sup>fub. För varje kg som den beräknade densiteten avviker från normvärdet ökas eller minskas sektionens index med 0,1 enheter (100,1 vid ökning 1 kg). Normvärdet för kviststorlek är 27 mm. För varje mm som den beräknade kviststorleken avviker från normvärdet ökar eller minskar sektionens index med 2 enheter (102 vid minskning av kviststorleken 1 mm). Efter upprepade tester i syfte att nå samma genomsnittliga resultat som vid värdering enligt VMR 1–99 valde vi att endast arbeta med egenskaperna densitet och kviststorlek.

**Justering av priset:** Justering av grundpriset kan ske på olika sätt, t.ex. indexjustering för enskilda träd eller för hela objekt. Exempel: om ett objekt får kvalitetsindex 105 justeras priset upp fem procent, om index blir 97 justeras priset ner tre procent (se tabell

**Tabell 4.** Normalvärden för tall och gran i Götaland indelat i olika diameterintervall.

Tall			Gran		
Diameter-intervall	Normvärde		Diameter-intervall	Normvärde	
mm	Densitet, kg/m <sup>3</sup> fub	Kviststorlek, mm	mm	Densitet, kg/m <sup>3</sup> fub	Kviststorlek, mm
Tall 400+	430	26	Gran 400+	370	25
Tall 300–399	420	26	Gran 300–399	375	28
Tall 200–299	410	26	Gran 200–299	390	29
Tall 140–199	405	27	Gran 140–199	400	25
Tall <140	395	21	Gran <140	405	21

3). Man kan också arbeta med en klassning för att beräkna trädets eller objektets pris: Exempel: index <95 ger klass 1, 95–98 ger klass 2, 99–101 ger klass 3 o.s.v.

### Praktisk studie i centrala Götaland och norra Svealand

Under hösten 2004 tom 9 januari 2005 avverkades ca 100 objekt av Södra Skogsägarna i Götaland och Sveaskog i Bergslagen. Dessa objekt värderades med hjälp av stamprissättning och automatisk kvalitetssättning baserat på data insamlade i samband med avverkningen. Resultatet från denna värdering jämfördes sedan med pristräkning från inmätning vid industrin, baserat på klassning enligt VMR 1–99.

Jämförelsen visar att det går att få en god överensstämmelse mellan VMR:s kvalitetsklassning och automatisk

kvalitetsklassning på objektsnivå för gran- och tallobjekt.

**Utvärdering av tre prissättnings-sätt:** Syftet med att göra denna utvärdering var att kvantifiera vikten av att använda olika typer av data vid värdering av tall- respektive granobjekt.

Med hjälp av pri-data redovisas varje objekts värde på tre olika sätt som ställts i relation till värdet baserat på ordinarie inmätning enligt VMR 1–99. Totalt ingick 31 tall- och 59 granobjekt avverkade i Götaland och Svealand i utvärderingen. Nedan följer en beskrivning av de tre värderingsvarianterna:

#### 1. Medelpris per trädslag.

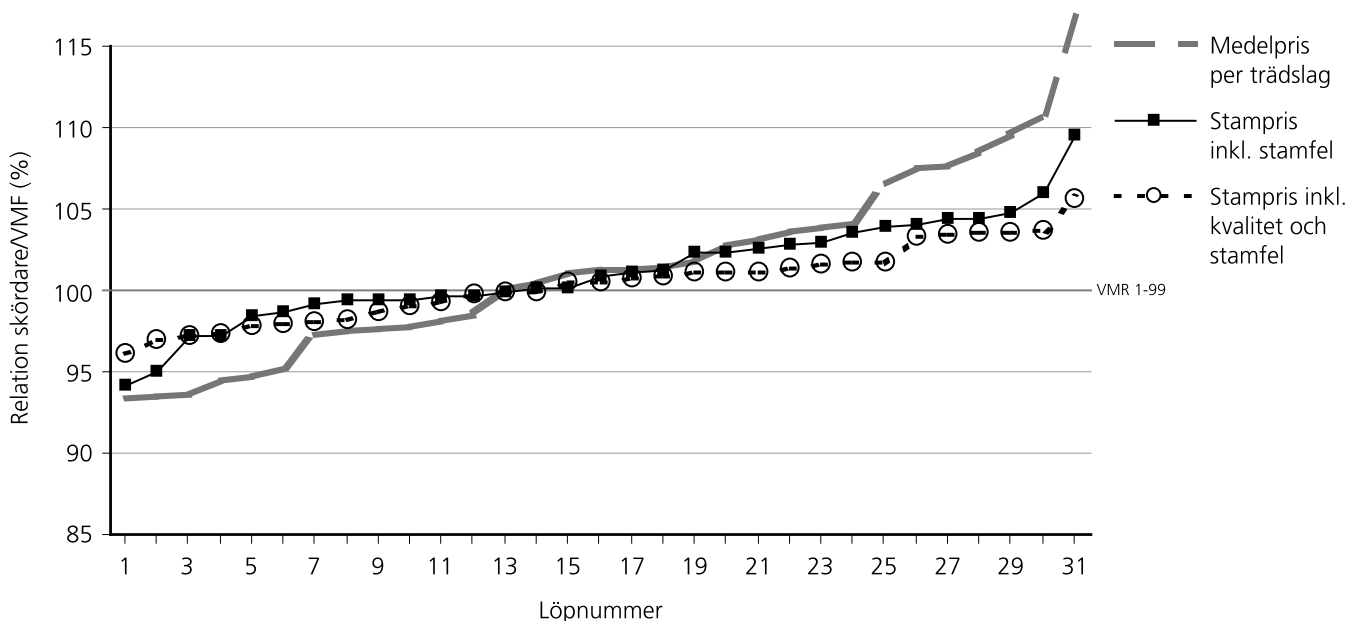
Värdet beräknat med ett medelpris för gran respektive tall inklusive en medelkostnad för stamfelsesved för respektive trädslag och område. Priserna var upp-

delade på gallring och övrig typ av avverkning (slutavverkning, fröträd, blandning av gallring/ slutavverkning). Ingen hänsyn har tagits till objektens trädstorlek. Resultat: spridning mellan metoderna var 5,7 % för tall (se figur 3) och 6,2 % för gran.

#### 2. Stampris inklusive stamfelsesved.

Värdet beräknat med stamprislista för gran respektive tall och faktisk kostnad för stamfelsesved för varje objekt. Resultat: spridningen mellan metoderna sjönk till 3,2 % för tall och 3,5 % för gran.

#### 3. Stampris inklusive stamfelsesved, höjd och kvalitetsindex. Värdet beräknat med stamprislista för gran respektive tall och faktisk kostnad för stamfelsesved för varje



**Figur 3.** 31 Tallobjekt i Götaland och Bergslagen, värderrelation mellan värdering med skördardata och VMF värdering med traditionella sortiment-priser. Figuren visar hur olika värderingssteg påverkar spridning mellan dagens stockmätning (VMR 1–99 100 %-linjen) och värdering med skördardata.

objekt. Därefter användes det framräknade kvalitetsindexet för justering av priset utifrån egenskaper. Dessutom har stammar som är längre än normala premie-rats och stammar som är kortare fått ett avdrag. Resultat: spridningen mellan metoderna sjönk till 2,3 % för tall och 2,1 % för gran.

**Samband med värderelation och trädstorlek:** I figur 4 redovisas sambanden mellan objektens medelstam, värde enligt VMF-inmätningen (VMR 1–99) och beräknat pris med pri-filer inklusive kvalitet. Resultatet visar inga skillnader i samband mellan objekt med grova respektive klena medeldiametrar. Systemet verkar fungera bra oberoende av stamstorlek.

**Påverkade faktorer:** I tabell 5 framgår hur olika faktorer påverkar värdet

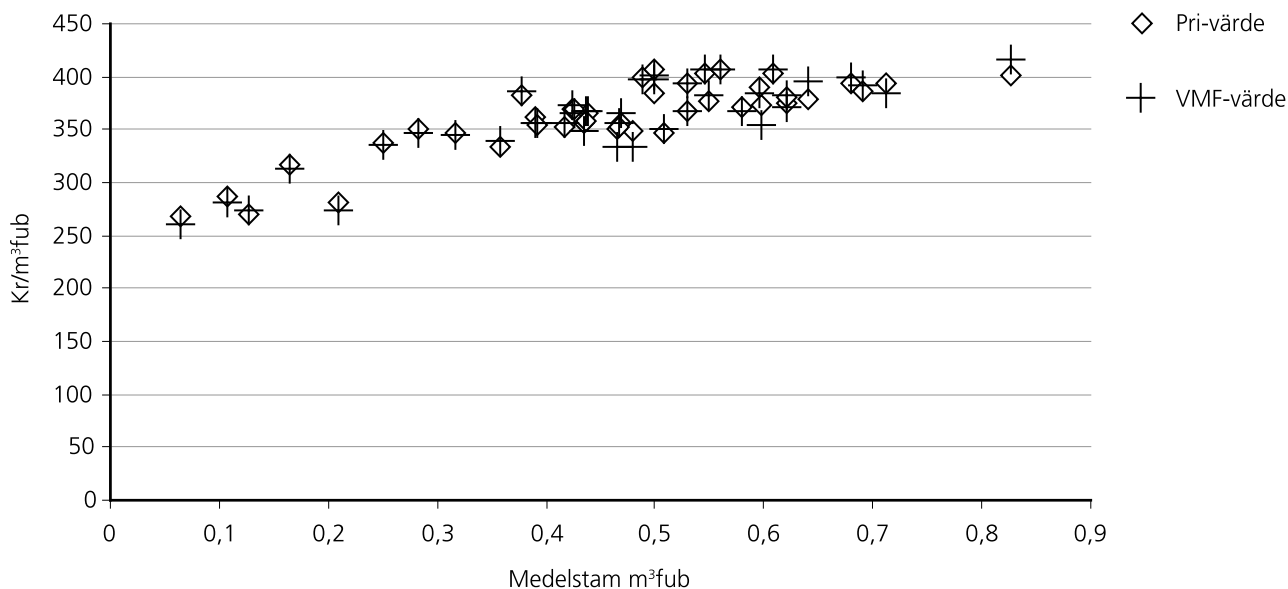
**Tabell 5.** Medelvärden för olika faktorer som påverkade priset i studien vid stamprissättning med skördardata. Totalt 96 objekt i Götaland och Svealand. Medelvärde och standardavvikelse.

	<b>Stamstorlek</b> (kr/m <sup>3</sup> fub)	<b>Stamfelsved</b> (kr/m <sup>3</sup> fub)	<b>Kvalitet</b> (kr/m <sup>3</sup> fub)	<b>Höjd</b> (kr/m <sup>3</sup> fub)
Tall	374,6 (23,5)	-15,0 (13,2)	-0,6 (8,5)	0,5 (2,3)
Gran	381,2 (41,0)	-32,6 (13,9)	-1 (7,6)	0,3 (2,2)

vid prissättning med systemet för de tall- respektive granobjekt som ingår i studien.

Stamstorleken står för den största variationen med en standardavvikelse på 23 kr/m<sup>3</sup>fub för tall och 41 kr/m<sup>3</sup>fub för gran. Andelen stamfelsved är den näst viktigaste orsaken till prisvariationen mellan objekt med en standardavvikelse på ca 13 kr/m<sup>3</sup>fub. Kvaliteten representerar en variation på ca 8 kr/m<sup>3</sup>fub och trädhöjden ca 2 kr/m<sup>3</sup>fub. Stamfelsveden gav un-

gefär samma inverkan på värdet i alla regioner för de granobjekt som ingick i studien, medan variationerna är stora för tall. Generellt kan man säga att kustområden och frodvuxna tallskogar givit höga stamfelskostnader medan mer långsamväxande skogar givit mycket lägre stamfelskostnader för tall. För tallobjekt är därför egenskaper och höjd viktigare kvalitetsvariabler i långsamväxande tallskogar, medan stamfelsveden vanligen väger tyngre i mer frodvuxna områden.



**Figur 4.** Gran. Samband mellan objektmedelstam, VMF-värde (VMR 1–99) och beräknat värde stampris inklusive kvalitet. 42 grandominerande objekt avverkade i Götaland 2004.

## Fortsatt utveckling

För att stampris med automatisk kvalitetssättning ska nå praktisk tillämpning måste skördarna ha en kvalitetssäkrad dimensionsmätning och det måste finnas en metod för kvalitetssäkring av åldersbestämningen för att kvalitetsindexet ska bli objektivt och rättvisande. Tekniskt klarar de flesta nya skördare att samla de data som krävs. På lång sikt önskas dock en teknik för automatisk avläsning av trädens ålder och fibervinkel i samband med avverkning. SDC behöver också anpassa sina system för mottagning av pri-data och prisräkning med automatisk kvalitetssättning.

Vid introduktion av metoden är det också lämpligt att börja med mindre geografiska område för att få ytterligare erfarenhet och bekräfta resultaten och på så vis bygga ett gott förtroende för metoden.

Om metoden får acceptans och ett fungerande kvalitetssäkringssystemet för mätning används av företagen, så är vår tro att 10–20 % av de avverkade volymerna i Sverige kommer att handlas baserat på volymer mätta av skördare 2010.

## Slutsatser

- Systemet fungerar i stort sett bra vid jämförelse med traditionell värdering enligt VMR 1–99. I studien låg utfallet inom  $\pm 15 \text{ kr/m}^3\text{fub}$  på ca 95 % av alla objekt, vilket vi bedömer som ett bra resultat.
- Extremt frodvuxen tallskog, typ åkerholmar med stor kanteffekt ger troligen för höga värden och bör undvikas. Inte heller på objekt med specialkvaliteter, typ timmerställningar bör systemet användas i

sin nuvarande form.

- Systemet fungerar likvärdigt för alla avverkningsformer som testats i studien: slutavverkning, gallring och fröträdsobjekt.
- För objekt med mycket grova träd som inte kan mätas i skördaraggregatet och för träd med mycket grova grenar (grovt löv) är systemet inte lämpligt då det kräver mycket manuell mätning och därigenom innebär större risk för fel.
- Betalningsgrundande skördarmätning kräver väl utbildade skördarlager vad gäller mätning och datahantering, kvalitetssäkrad mätning och bra kommunikation mellan skördare och SDC.
- Systemet ökar friheten att tillverka de dimensions- och egenskapsanpassade produktsortiment som för ögonblicket efterfrågas utan att priset och affären mellan skogsägare och logistikorganisation påverkas.
- Systemet kan på sikt utvecklas för att öka följsamheten vid värdering till industrins allt mer utvecklade egenskapskrav.

## Referenser

- Anon. 1999. Mättningsinstruktioner för rundvirkessortiment rekommenderade av Virkesmättningsrådet. VMR-cirkulär Nr 1–99, 38 s + bilagor. Ingår i Skogsstyrelsens författningssamling, SKSFS 1999:1.
- Ekenstedt, F., Grahn, T., Hedenberg, Ö., Lundqvist, S-O., Arlinger, J. & Wilhelmsson, L. 2003. Variations in fiber dimensions of Norway spruce and Scots pine – Graphs and prediction

models – Report, PUB13, STFI (Stockholm) pp 1–37.

Moberg, L. 2006. Predicting knot properties of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* from generic tree descriptors. (Models of Knot Properties for Norway Spruce and Scots Pine. *Scand. J. For. Res.* 21 (Suppl 7). 14 pp. In press.

Möller, J. J., Moberg, L. & Sondell, J. 2003. Automatisk friskkvistapatering med skördare – studie av tall hos Sveaskog våren 2003. Arbetsrapport 558. Skogforsk, Uppsala 2003.

Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Spångberg, K., Lundqvist, S-O., Grahn, T., Hedenberg, Ö. & Olsson, L. 2002. Models for Predicting Wood Properties in Stems of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 17:4, pp 330–350

Wilhelmsson, L. 2006. Two models for predicting the number of annual rings in cross-sections of tree stems. *Scand. J. For. Res.* 21 (Suppl 7). 11 pp. In press.

# Enkelt att se hur rätt skördaren mätt

John Arlinger, Johan J Möller & Jan Sondell.

Skogsmaskinen blir en allt viktigare del av den skogliga informationskedjan. Ska utnyttjandet av skogsråvaran förbättras samt drivning och logistik effektiviseras är det av stor vikt att den information som genereras är heltäckande och tillförlitlig. Flera steg har under de senaste åren tagits för att förbättra informationsflödet från och till våra skogsmaskiner. Bland annat har nya standardiserade lösningar utarbetats för att:

- följa skördarens mätnoggrannhet
- rapportera skotade volymer
- hantera avverkningsdirektiv inklusive GIS
- göra kontinuerlig driftuppföljning

## Bakgrund

Upparbetningen av stammen är avgörande för värdet på skogbrukets produkter. Produktionen av stockar kan styras mot olika sortiment med en stor mängd längd- och diameterkombi-

nationer. Produktionsdata med hög detaljeringsgrad kan genereras som inångsdata till försörjningsplaneringen. För att vi ska kunna utnyttja dessa möjligheter maximalt krävs att vi kan lita på skördarnas mätnoggrannhet. De grundläggande orsakerna till att vi har en variation i skördarnas mätning är mättekniken, förarnas körteknik, barkavskavets omfattning, barktjocklekens variation samt det faktum att stockarna inte är runda (Möller & Sondell, 2000).

För att förbättra kontrollen av mätningen i skördare har Skogforsk tillsammans med ett flertal skogsbolag, skogsägarföreningar samt SDC/VMR drivit ett projekt med målet att utveckla ett väl fungerande system för kvalitetssäkrad mätning i skördare. Ett komplett system för slumpvis uttag av provträd för kontroll införs nu i alla nyare skördare.

I arbetet som pågått 2003–2005 har fokus framförallt legat på:

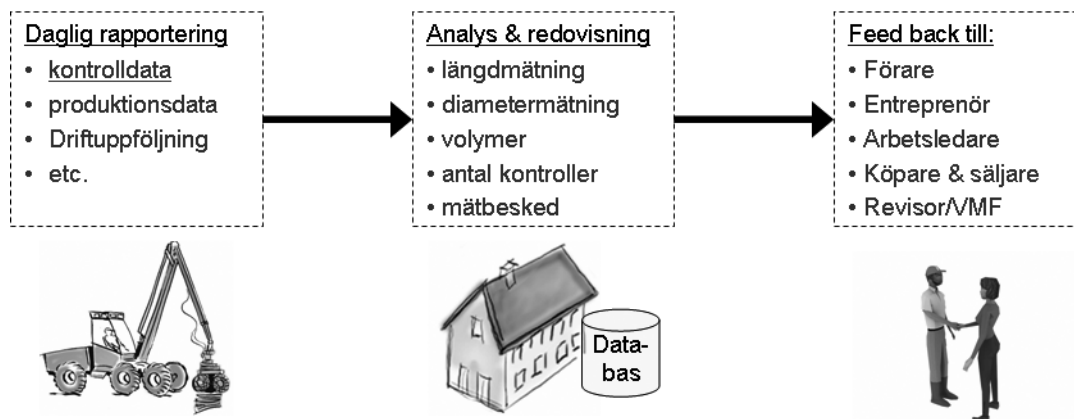
- 1 Metodik för kontroll av skördarens längd- och diametermätning baserat på automatiskt slumpade provträd.

- 2 Rutiner för inrapportering av kontrolldata (längder och diametrar) samt en användarvänlig uppföljning och analys via webben, utvecklat av SDC.
- 3 Ett system för oberoende revision av skördarnas kvalitetssäkringssystem när så önskas (VMR).

**Systemets grundprinciper:** Det nya systemet för slumpvis uttag av provträd för kontroll införs nu i alla nyare skördare, målsättningen är att data från provträd enkelt dagligen ska kunna sändas och analyseras. Resultaten ska därefter kunna återföras till alla som berörs, t.ex. förare, maskinägare och uppdragsgivare (figur 1).

Utformningen av systemet har byggts på följande principer:

- Stammar för kontrollmätning slumpas automatiskt av apteringsdatorn utan påverkan från föraren.
- Kontroll av längd- och diametermätning utförs av föraren själv med hjälp av en dataklave.
- Förare ska mäta stammarna utan



Figur 1. Dataflöde i system för kvalitetssäkring av skördarmätning



att kunna se hur skördaren mätt för att undvika att föraren anpassar klavningen efter skördarens mätning.

- Enkel daglig sändning (elektroniskt) av resultaten från kontrollmätningen.
- Oberoende revisor ska om så önskas kunna följa skördarförarens kontroller och vid behov genomföra kontrollmätningar.

### Hur fungerar systemet?

**Driftsättning:** När systemet för kvalitetssäkring tas i drift ska en representant från uppdragsgivaren eller tredje part, d.v.s. någon form av revisor, besöka maskinen för att kontrollera maskinens tekniska status, att nödvändiga instruktioner finns tillgängliga (se tabell 1) och att förarna har de kunskaper som krävs. Därefter anges i apteringsdatorn frekvensen för slumpning (d.v.s. hur ofta träd slumpas) och när föraren kommer att få signal om att ett kontrollträd har slumpats (se figur 2). Det är lämpligt att ställa slumpintervallet (frekvensen), så att 1–2 stammar per dag tas ut. I grövre skog bör signalen för kontrollstam komma vid kap av andra stocken vilket innebär att föraren upparbetar de två första och mest värdefulla stockarna utan vetskap om att det är ett slumpträd. Slutligen aktiveras hela systemet för slumpning.

När systemet har driftsatts och aktiverats genomförs en provkörning som kontrollmäts. De följande veckorna ska uppdragsgivare och eventuell revisor sedan ägna inrapporteringen från den aktuella maskinen särskild uppmärksamhet.

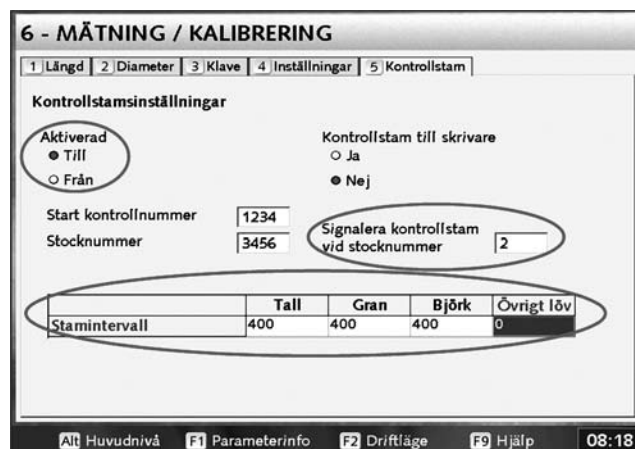
**Löpande drift:** Nedan följer en kronologisk beskrivning av arbetsgången för föraren vid användning

**Tabell 1.** Exempel på instruktioner som bör finnas hos arbetslag som arbetar med kvalitetssäkrad mätning.

Förfarande vid tekniska fel på mätsystemet.

Rutiner för kalibrerings- och kontrollmätning.

Hantering av data; identiteter, säkerhetskopiering och insändande till skogskontor eller SDC samt tid för start och avslutande av avverkningsobjekt.



**Figur 2.** Exempel på ett aktiverat system i apteringsdatorn Timbermatic. De mest väsentliga inställningarna är inringade.



**Figur 3.** Exempel på val av orsak för avvisning av slumpad provstam.

av funktionen för uttag av slumpade provstammar.

- 1 Maskinen slumpar automatiskt en stam för kontroll utan förarens vetskap. När föraren ska kapa andra stocken stannar kapsågen och föraren tvingas acceptera eller avvisa den aktuella stammen. Orsak till eventuell avvisning anges (figur 3). Om stammen avvisas

kommer nästa slumpade stam med en tätare slumpningsfrekvens.

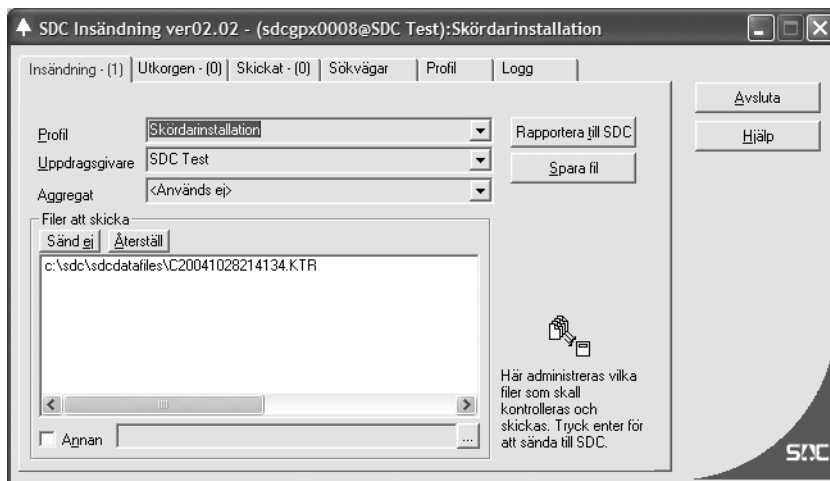
- 2 Föraren bör kontrollera var den första stocken ligger för att sedan fortsätta upparbetningen av resterande stockar. Stockarna bör läggas upp så att mätningen underlättas (figur 4). När upparbetningen är färdig flyttas rotstocken till övriga stockar. Om revision ska ske



Figur 4. Exempel på uppläggning av stockar för enkel mätning.



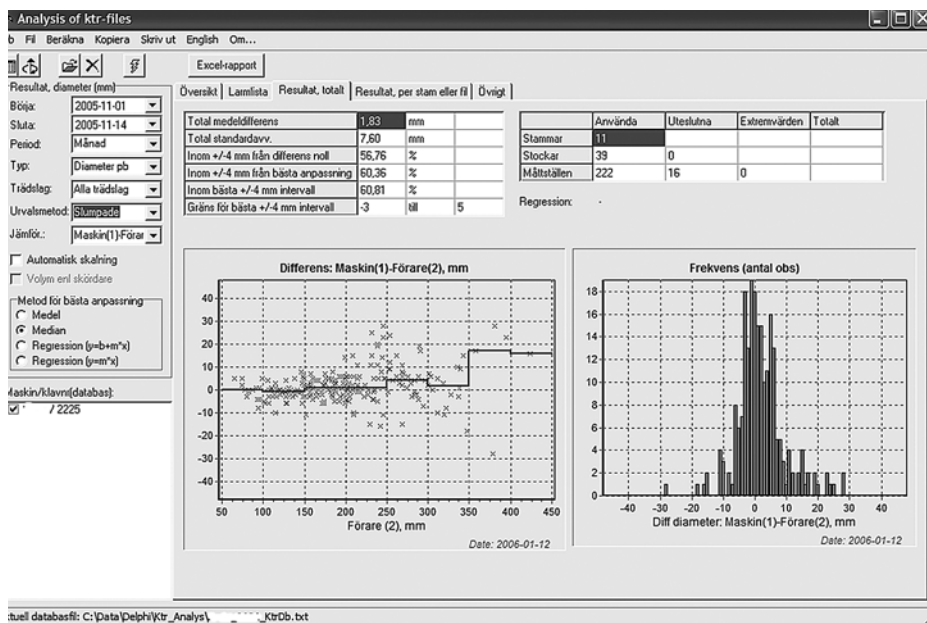
Figur 5. Längd och diametermätning av provträdens stockar, normalt en diametermätning per meter.



Figur 6. Program för insändning av filer från skogsmaskiner till SDC.

markeras rotstocken, så att man säkert vet att detta är ett provträd.

- 3 Föraren skickar därefter över data på provträdet (s.k. stm-fil) till sin dataklave och lämnar maskinen för att mäta längder och diameter (figur 5). En handledning för hur mätningen ska göras finns beskriven av Sondell & Jonsson (2006). Under mätningen av slumpade stammar ser inte föraren hur skördaren har mätt, vilket innebär att det i praktiken är omöjligt för föraren att anpassa sin mätning efter detta. Klaven kan dock ställas in så att föraren får en indikation, endast en gång per mätpunkt, om mätvärdet är orimligt (t.ex. vid sammanblandning av stockar) eller för att identifiera felregistrering. I samband med mätningen kan föraren även ange om han avser att använda några av stockarna för att kalibrera sin maskin.



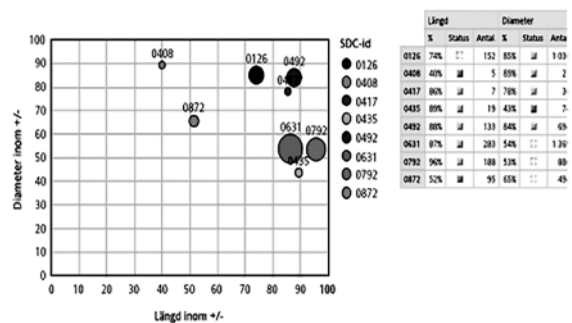
Figur 7. Exempel på diameteranalys av filer (1–14 november 2005) från en slutavverkningskördare i Bergslagen. Analysen gjord med hjälp av Skogforskors verktyg *Ktr-Analysis*.

4 När mätningen är klar och föraren åter befinner sig i hytten förs resultatet av mätningen (s.k. ktr-fil) över till apteringsdatorn. Apteringsdatorn ska per automatik i detta läge även lägga till en del information, t.ex. loggning av gjorda kalibreringar samt av visade slumpade kontrollstammar. När föraren nästa gång rapporterar sin produktion ska även kontroll-data (ktr-fil) skickas in. SDC har utvecklat en enkel programvara som används för att skicka filer från skördaren till SDC. Vid användande av detta insändningsprogram kan ktr-filen inkluderas helt automatiskt (figur 6).

**Analys av kontrolldata:** Både Skogforsk och SDC har inom ramen för utvecklingsarbetet tagit fram verktyg för att analysera kontrolldata. Det program som Skogforsk utvecklat är främst avsett för detaljerade studier av

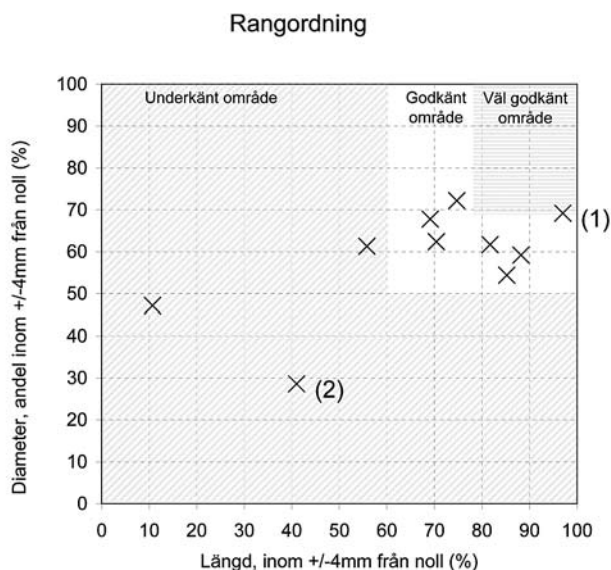
enskilda filer (exempel i figur 7) medan SDC har tagit fram en webb-lösning för att enkelt kunna följa ett valfritt antal maskiner (exempel i figur 8).

**Revision:** Som i alla kvalitetssäkringssystem är det viktigt att det finns en möjlighet att utföra revisioner m.h.a. en tredje - oberoende - part. I projektet har vi tillsammans med VMF Qbera och VMR skissat på en lösning

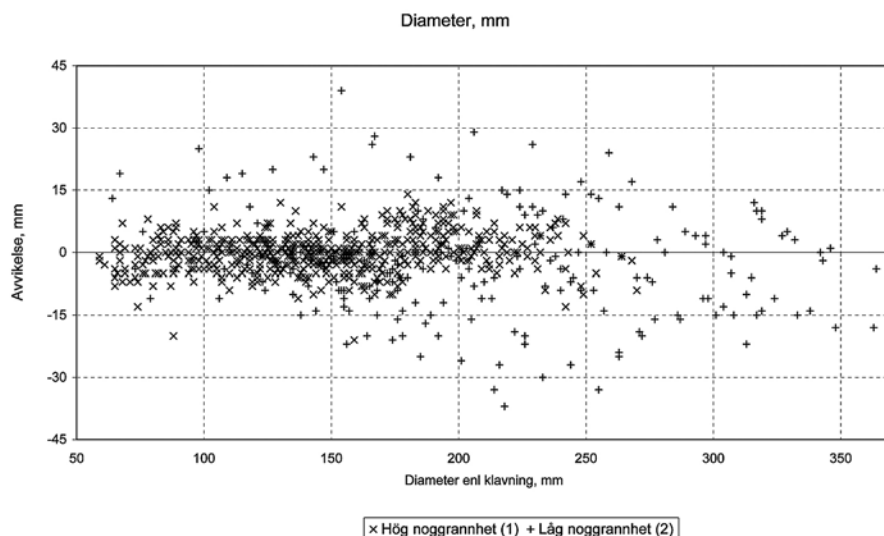


Figur 8. Exempel på analys av filer inskickade 1–14 november 2005, samtliga i projektet ingående skördare visas i diagrammet. Cirklarnas storlek motsvarar antalet mätvärden.

där VMF kan tillhandahålla denna tjänst. Tanken är att en utgångspunkt för revisorn ska utgöra de data som dagligen rapporteras från skördaren. Kontinuerlig analys av dessa data i kombination med något eller några fältbesök per år bör normalt vara tillräckligt som löpande kontroll. Om revisorn upptäcker att en viss maskin har allt för stora avvikelser eller att ru-



**Figur 9.** Rangordning för 10 olika maskiner som följts inom ramen för kvalitetsstyrningsprojektet. I figuren har ett ungefärligt "Underkänt område" markerats för att ange att maskinens mätning snarast måste korrigeras. (Maskin 1 = exempel på maskin med hög noggrannhet, Maskin 2 = exempel på låg noggrannhet).



**Figur 10.** Detaljerad analys av diameteravvikelsen (maskin – klavning) hos maskin med hög (1) respektive låg (2) mät noggrannhet.

tinerna inte följs ska givetvis maskinen ägnas mer uppmärksamhet.

Ett problem som revisorn måste lösa är att återfinna ett eller flera provträd vid fältbesök. Detta går att lösa genom att stammarnas GPS-koordinater lagras i filerna. Föraren lägger stockarna på ett underlag (figur 4) och markerar rotstocken med en färgpenna. Med en handhållen GPS-enhet kan revisorn då lätt hitta trädet. Revisorn mäter in trädet på samma sätt som föraren, men med huvudsyfte att kontrollera den manuella mätningen, inte maskinen.

Vid revisorns fältbesök kontrollmätts 1–3 träd (samma metodik som för föraren) för att se att diameter och längdvärden har kontrollerats på ett korrekt sätt. Personalens kunskaper och skördarens tekniska status granskas även. Revisorns fältbesök ska framförallt ses som ett utbildningstillfälle snarare än som en kontrollåtgärd.

### Uppföljning av maskiner i drift

Eftersom John Deere (Timberjack) redan när projektet startade hade en funktion för att slumpa ut stammar, valde vi att under själva utvecklingskedet framförallt arbeta med denna tillverkare. Totalt har, under kortare och längre tidsperioder, 5–10 skördare i praktisk drift ingått i projektet. Maskinerna var spridda från Norrbotten i norr till Småland söder. Förarna har testat systemet och kontinuerligt skickat data för analys till Skogforsk och SDC.

Med hjälp SDC:s och Skogforsks program har några enklare analyser utförts för att illustrera hur man kan arbeta. Diagrammen nedan har skapats i Excel, men snarlika figurer redovisas även i SDC:s och Skogforsks verktyg.

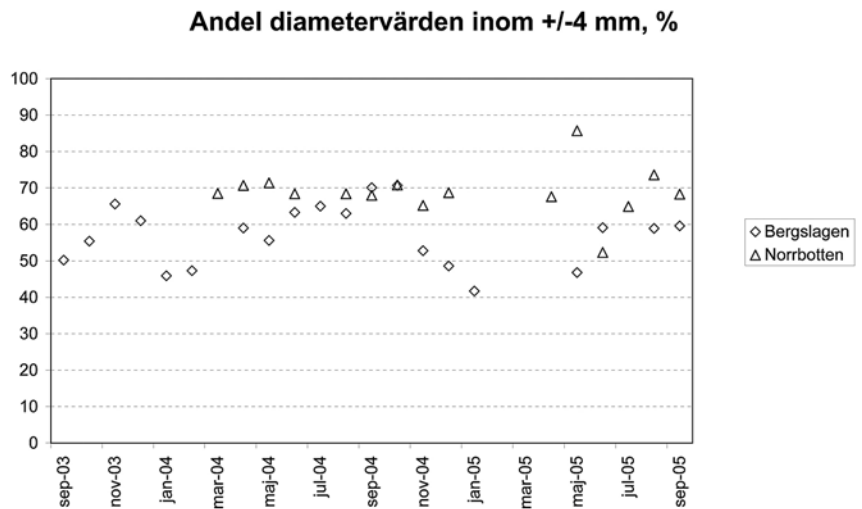
I figur 9 illustreras en rangordning baserat på genomsnittet för de maski-

ner som följts i projektet under kortare eller längre perioder. Det bör noteras att de två maskinerna med de sämsta värdena enbart följdes under en kort period (ca 1 vecka). Vi har inte följt maskinerna så noggrant att vi kan uttala oss om orsakerna till variationerna i mätnoggrannhet. Man kan alltså förvänta sig att det med begränsade insatser skulle ha varit möjligt att få upp dessa maskiner ”på banan”. Tanken med systemet är givetvis att kontinuerligt höja nivån på maskinerna. Detta innebär att man successivt bör höja minimigränsen för vad som är godkänt. De i figur 9 utritade områdena kan ses som ungefärliga.

Det är givetvis även möjligt att göra mer detaljerade studier av enskilda maskiner. Diametervärdena för maskin 1 och maskin 2 kan studeras i figur 10. Den genomsnittliga standardavvikelsen för de båda skördarna redovisas i tabell 2. De ovan (figur 9) inkluderade maskinerna, undantaget de två sämsta, har en genomsnittlig standardavvikelse för diametern mellan 4,5 mm och 7,5 mm för 2005, medan standardavvikelsen för längden varierade mellan 1 och 5 cm.

Ytterliggare en aspekt av intresse är hur mätnoggrannheten utvecklas över tiden. I figur 1 beskrivs medeltal per månad för de två skördare som följts under längst tid. Att värden saknas under perioden januari till april 2005 beror på en bugg i skördarnas programvara.

Med hjälp av apteringssimuleringar har de teoretiska förlusterna vid olika nivåer på mätprecision beräknats. Beräkningarna gjordes i tre steg. Först utan någon spridning, därefter med spridning enligt nivåerna i tabell 2. I analysen har vi enbart tagit hänsyn till spridningen och inte till eventuella sys-



Figur 11. Exempel på skördarnas mätnoggrannhet över tiden.

Tabell 2. Standardavvikelsen för längd- och diametermätningen i den bättre respektive sämre maskinen.

	Diameter, tall	Diameter, gran	Längd, tall	Längd, gran
Skördare m hög mätnoggrannhet (1)	4,8 mm	3,8 mm	1,4 cm	1,7 cm
Skördare m låg mätnoggrannhet (2)	14,0 mm	10,8 mm	8,6 cm	3,2 cm

Tabell 3. Förlust p.g.a. av spridning beräknad med hjälp av apteringssimulering med olika nivåer på diameter- och längdspridningen enligt tabell 2. Det bör noteras att skördare 2 har extremt låg noggrannhet.

Exempel maskin	Förlust
Hög noggrannhet (1)	1–3 kr/m <sup>3</sup> fub (0,3–0,9 %)
Låg noggrannhet (2)	18–24 kr/m <sup>3</sup> fub (5,1–6,2 %)

tematiska fel. Tre olika prislistor från 2005 har använts (två från Bergslagen och en från Småland). Prislistorna kompletterades, så att i de fall stockarna hamnade utanför tillåtna längd- och diameterintervall har de fått värdet 100 kr/m<sup>3</sup>. Simulering har genomförts på ett stammaterial med medel-DBH

24 cm för tall (medelstam 0,49 m<sup>3</sup>fub) respektive 19 cm för gran (medelstam 0,49 m<sup>3</sup>fub). Resultaten av analysen presenteras i tabell 3. Resultaten av en simuleringsanalys enligt ovan måste tolkas med stor försiktighet. Förlusternas storlek är till stor del beroende på hur prislistorna är utformade. Har

man vid utformningen tagit hänsyn till normal mätnoggrannhet kommer förlusterna att bli lägre, än om man inte tagit denna hänsyn. Ett exempel kan vara hur stora diameterklasserna är samt den relativa prisskillnaden mellan olika diameterklasser. En mycket stark styrning mot smala längd- och diameterklasser kommer att ge större förluster än om man arbetar med relativt breda klasser och liten styrning mot specifika klasser.

Observera att då dagens mätnoggrannhet vid stockmätning i sågen ligger i nivå med skördare 1, är det i det närmaste omöjligt att i praktiken få lägre förluster än för denna skördare.

### Utvecklingsläget

John Deere har ett fungerande kvalitetssäkringssystem i apteringsdatorn. Alla maskiner med Timbermatic 300 kan installera den aktuella mjukvaran. Även Komatsu levererar sedan våren 2005 ett system i nya maskiner. Dasa och Ponsse kommer under våren 2006 att kunna leverera efterfrågade funktioner i sina system och dessa kommer även att kunna uppgraderas bakåt.

Detta betyder att samtliga stora skördarmärken på den svenska marknaden bör ha fungerande system klara under första halvåret 2006. Grovt räknat kan ca två tredjedelar av skördarna i de svenska skogarna kvalitetssäkras enligt beskrivet system redan inom några månader, en siffra som sedan successivt stiger då äldre maskiner ersätts.

### Framtiden

Utöver den här beskrivna kvalitets- säkringen finns det givetvis ett antal andra åtgärder som bör vidtas för att förbättra skördarnas mätning. Flera av skördartillverkarna ser just nu över sina system för kalibrering för att

förenkla och förbättra dessa. Under våren 2005 kom t.ex. Valmet med en ny kalibreringsrutin. Ett annat steg är nya barkfunktioner som bl.a. finns hos Ponsse.

Det är också viktigt med kompetens om mätnoggrannhet vid utformning av prislister och styrning av längder. Eventuella förluster vid måttliga avvikelser påverkas starkt av hur prislistan i maskinen har utformats.

På lite längre sikt bör nya givare i skördarna kunna förbättra mätningen. I början av 2006 beslutade därför Skogforsk tillsammans med tio brukare och tillverkare i Sverige, att starta en förstudie som underlag för att konstruera en prototyp för beröringsfri diametermätning i skördarna.

### Slutsatser

Systemet ger möjlighet att i praktisk drift enkelt:

- öka tillförlitligheten i informationsflödet skog-industri.
- följa upp enskilda maskiner och ge förarna erfarenhetsåterföring.
- jämföra olika maskin- och aggregattyper.
- påskynda teknikutvecklingen och byte av ej acceptabel teknik.

### Litteratur

Möller, J. & Sondell, J. 2003 Betalningsgrundande skördarmätning. Resultat Nr 10. Skogforsk, Uppsala.

Möller, J., Sondell, J. & Arlinger, J. 2001 Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor. Redogörelse nr 7. Skogforsk, Uppsala.

### Referens

Möller, J. & Sondell, J. 2000. Kundenpassning kräver bättre diametermätning.

Resultat Nr 15. Skogforsk, Uppsala.

Sondell, J. & Jonsson, M. 2006. Virkesbehandling – kalibrering av skördarens mätsystem – dubbskador och kapsprickor. En handledning från Skogforsk. Handledning. Skogforsk, Uppsala.

# SKOGSPRODUKTION

# Den gamla skogen står i vägen för den nya

Ola Rosvall, Peichen Gong & Rune Simonsen

Svensk skogsbruk har genom nya fröplantager nu tillgång till mer snabbväxande förädlade plantor i sådan mängd att framtidsproduktionen avsevärt ökar (Rosvall m.fl., 2001). Plantor från de mest högförädlade fröplantagerna ökar produktionen med 20 % över omloppstiden (reducerad för bakgrundspollineri i fröplantagerna och naturlig föryngring i planteringarna). För företag med stora markinnehav kan produktionspotentialen för förädlade plantor i genomsnitt redan överträffa 15 % och inom 10 år nås 20 % även i stor skala (Rosvall m.fl., 2003). Högförädlade grankloner i form av SE-plantor (kopierade frön med somatisk embryogenes) kan då också ge mer än 30 % högre tillväxt än lämplig granproveniens. Redan i dag ger förädlad contortatall 40 % högre tillväxt än oförädlad tall. Det finns också skogsskötselmetoder som satta i system påtagligt kan öka tillväxten i den nya skogen.

Den ökade tillväxten kan nyttiggöras på olika sätt. Någon kanske tänker sig att träden blir större och skogarna virkesrikare och att varje avverkning blir mer omfattande än i dag. Andra vill av hänsyn till kvalitén undvika att de enskilda träden i beståndet växer snabbare och producerar därför fler träd med nuvarande dimensioner på varje hektar. Ytterligare andra ser en möjlighet att producera träd av nuvarande storlek men på kortare tid. Vilken strategi man än har, ger tillväxtökningar på 20–40 % anledning att analysera både hur skogsskötseln ska modifieras och hur avverkningsmöjligheter och virkesförsörjning förändras.

Möjligheten att producera avverkningsmogna träd på kortare tid ger den mest radikala förändringen genom att omloppstiden förkortas och årsytan ökar. Rent fysiskt måste då förr eller senare en större årlig areal avverkas för att ge plats åt den nya skogen med större årsyta. Vi har särskilt intresserat oss för hur omställningen till en kortare omloppstid skall ske för bästa ekonomiska resultat och vad det innebär för virkesuttag på kort och lång sikt. Här rapporteras resultatet av en inledande studie som visar de allmänna principerna med hjälp av några exempel.

## Teori

Bästa sätt för omställning till en större årsyta kan analyseras med grundläggande kapital- och investeringssteori (Wagner & Holmes 1999; Hegan & Luckert 2000; Whittock et al., 2004). Den framtida ökade virkesproduktionen höjer markvärdet, varvid räntabiliteten på den stående skogen sänks. Samma tillväxt skall förränta ett större kapital, vilket leder till tidigare avverkning. Det är denna mekanism som skapar ett tryck på att öka årsytan. Med det ekonomiska angreppssättet kan man optimera både omloppstid, avverkningar och virkesförråd (framtida avverkningar).

- Markvärde är nuvärdet av alla framtida kostnader och intäkter för ett optimalt skötselprogram som startar med kal mark.
- Skogsvärde är det maximala nuvärdet av alla framtida kostnader och intäkter för den skog som står på marken samt för marken.
- En normalskog har lika stor areal i alla åldersklasser fram till optimal omloppstid. Varje åldersklass

har ett normalt virkesförråd och normal tillväxt.

## Material och metoder

Vi har använt två olika ekonomiska analysmodeller för att studera hur snabbt den *Nuvarande skogen* skall ersättas med ny snabbväxande skog och vilken effekten blir av omställningen:

1. Modell 1 har årlig upplösning och optimerar slutavverkningsåldern (Faustman, 1849). Modellen användes för att med hög noggrannhet studera hur införandet av snabbväxande skog påverkar virkesuttaget **utan några restriktioner**, där utgångsläget var en normalskog.
2. Modell 2 har upplösning i 10-åriga perioder och maximerar lönsamheten **vid olika restriktioner** med linjär programmering (Johnson och Scheurman, 1977; Johnson m.fl., 1986). Med modell 2 studerades effekten av olika avverkningsrestriktioner för ökad jämnhet i virkesuttaget.

Två utgångslägen analyserades med modell 2:

- normal skog med lika stor areal i alla åldersklasser,
- brist på medelålders, överskott på yngre och ransonering av äldre skog.

*Nuvarande skog* är oförädlad och består i utgångsläget av tall med ståndortsindex (SI) T24. Den producerar ca 5,2 m<sup>3</sup>sk/ha, år. Produktionsmodellen bygger på förbandsförsök (Elfving, 2004) och övre höjdens utveckling enligt (Elfving & Kiviste, 1997). Vi har utgått från en föryngringstäthet som ger 2 000 st/ha vid 1:a gallring och



gallrat två gånger enligt skogsstyrelsens gallringsmall vid övre höjd ca 13 m (35 % av grundytan) och 18 m (30 % av grundytan).

*Ny skog* är förädlad och planteras när *Nuvarande skog* föryngringsavverkas. Den genereras genom att låta övre höjden utvecklas snabbare och till högre slutlig höjd, enligt resultat från genetiska experiment (Andersson m.fl., 2006; Westin, 2005; Rosvall m.fl., 2001). Det kan jämföras med att ståndortsindex höjs. Den nya skogen sköts sedan på samma sätt som skog på en högre bonitet, vilket t.ex. gör att gallringarna inträffar tidigare. Vi har valt två förädlingsnivåer för den nya skogen: *Ny skog +20 %* (motsvarar T26) och *Ny skog +40 %* (motsvarar T28). *Ny skog +20 %* representerar dagens bästa fröplantager och *Ny skog +40 %* representerar framtida högförädlade sorter eller dagens contortatall. Contortatall kan mycket väl approximeras med tall på en högre bonitet (Elfving & Norgren, 1993). Med *Ny skog ±0 %* avses att nuvarande oförädlade skog upprepas i framtiden.

Investeringen i *Ny skog* omfattar kostnader för hyggesrensning, markberedning, plantor, plantering, hjälpplantering, röjning vid 2,5 m övre höjd samt resultatinventeringar. Den extra kostnaden för förädlade plantor är

inkluderad med 100 kr/ha (Rosvall & Erikson, 002). Avverkningskostnaden relaterar till de avverkade trädens medelvolum ( $m^3\text{fub}/\text{träd}$ ) enligt norrländsk kostnadsnivå. Virkespriset (pris/ $m^3\text{fub}$ ) beräknas med en prisfunktion som relaterar till de avverkade trädens medeldiameter. Den är konstruerad genom apatering för största värde per träd med hjälp av en norrländsk sortimentsprislissa (Möller, 2005). Nivån anpassades till ett verkligt pris för en stor virkesleverantör.

**Avgränsningar:** Beräkningarna är utförda med flera antaganden – att framtida reala priser och kostnader är oförändrade samt att räntan är 2,5 %. Andra verklighetsfaktorer är inte beaktade. Vår modellskog omfattar exempelvis bara en bonitet och ett trädslag.

## Resultat

**Virkesproduktion:** Medeltillväxten i *Nuvarande oförädlad skog* kulminerar med  $5,17 m^3\text{sk}/\text{ha}/\text{år}$  vid 76 år, vilket är den omloppstid som ger störst totalproduktion. Den ekonomiskt optimala omloppstiden vid 2,5 % ränta är ett år längre (77 år) (tabell 1). De två förädlingsnivåerna *Ny skog +20 %* och *Ny skog +40 %* leder till en tidigare tillväxtkulmination och kortare omloppstid. Medeltillväxten under optimal omloppstid vid 2,5 %

ränta ökar med 19 % och 41 % (tabell 1). Gallringsuttagen är alltid lika stora, men görs vid olika tidpunkter beroende på tillväxtnivå. Slutavverkningsuttagen vid optimal omloppstid ökar med ökad tillväxt (tabell 1), men de ändras om avverkningsstidpunkten ändras.

**Ekonomiskt optimal omloppstid:** Vid kalkylränta 2,5 % är markvärdena 4 630 för *Nuvarande skog* och 10 422 respektive 17 869 kr/ha när produktionen i *Ny skog* ökar med 20 % respektive 40 % (tabell 2a). Den ekonomiskt optimala omloppstiden sjunker från 77 till 69 respektive 62 år. Förkortningen av omloppstiden är 8 och 15 år vid 2,5 % ränta och i stort sett oberoende av kalkylräntan mellan 2 % och 3 % (tabell 2a).

Då *Nuvarande skog* efter avverkning ersätts med *Ny skog +20 %* eller *Ny skog +40 %*, tidigare lägges optimal slutavverkningsstidpunkt för *Nuvarande skog* från 77 år med 2 respektive 4 år vid 2,5 % ränta (tabell 2b). Tidigareläggningen är större vid lägre ränta.

**Gallrings- och slutavverkningsuttag utan restriktioner (Modell 1):** Utgångsläget för den *Nuvarande skogen* är en normalskog med lika många hektar som den optimala omloppstiden – 77 ha vid 2,5 % ränta. Om det inte finns någon tillväxtförändring i framtiden avverkas och föryngras då

**Tabell 1.** Produktionsförhållanden och virkesuttag för *Nuvarande skog* (T24) respektive *Ny skog +20 %* och *Ny skog +40 %* vid ekonomiskt optimal slutavverkningsstidpunkt och 2,5 % ränta. Slutavverkningsålder som maximerar produktionen anges inom parentes.

Skogens produktionsnivå	Medeltillväxt		1:a gallring		2:a gallring		Slutavverkning		Totalt uttag $m^3\text{fub}/\text{ha}$
	$m^3\text{sk}/\text{ha},\text{år}$	Ökning	År	Uttag $m^3\text{fub}/\text{ha}$	År	Uttag $m^3\text{fub}/\text{ha}$	År	Uttag $m^3\text{fub}/\text{ha}$	
<i>Nuvarande</i> och <i>Ny skog ±0 %</i>	5,17	0 %	41	38	60	57	77 (76)	227	318
<i>Ny skog +20 %</i>	6,15	+19 %	36	38	51	57	69 (69)	248	339
<i>Ny skog +40 %</i>	7,28	+41 %	32	38	44	57	62 (63)	270	361

**Tabell 2a.** Ekonomiskt optimala omloppstider samt markvärden för *Ny skog* med  $\pm 0\%$ ,  $+20\%$  och  $+40\%$  högre tillväxt vid olika ränta enligt modell 1 (*Ny skog*  $\pm 0\%$  = *Nuvarande skog* upprepad).

Ränta	<i>Ny skog</i> $\pm 0\%$		<i>Ny skog</i> $+20\%$		<i>Ny skog</i> $+40\%$	
	Optimal slutavverkningsålder	Markvärde	Optimal slutavverkningsålder	Markvärde	Optimal slutavverkningsålder	Markvärde
	År	kr/ha	År	kr/ha	År	kr/ha
2,0 %	80	12 169	72	20 469	65	30 936
2,5 %	77	4 630	69	10 422	62	17 869
3,0 %	74	252	67	4 430	60	9 933

**Tabell 2b.** Optimala slutavverkningsåldrar för *Nuvarande skog* när den efter avverkning ersätts med *Ny skog* med  $\pm 0\%$ ,  $+20\%$  och  $+40\%$  högre tillväxt vid olika ränta enligt modell 1. "Tidsvinst" = antal år den optimala slutavverkningsåldern minskar i *Nuvarande skog*.

Ränta	Tillväxtökning i <i>Ny skog</i>					
	$\pm 0\%$		$+20\%$		$+40\%$	
	Optimal slutavverkningsålder	"Tidsvinst"	Optimal slutavverkningsålder	"Tidsvinst"	Optimal slutavverkningsålder	"Tidsvinst"
	År	År	År	År	År	År
2,0 %	80	0	77	3	75	5
2,5 %	77	0	75	2	73	4
3,0 %	74	0	73	1	71	3

1 ha varje år i all oändlighet. I figur 1 jämförs avverkningsuttaget över tiden med alternativet att den *Nuvarande skogen* ersätts med *Ny skog*  $+20\%$ , vars omloppstid är 69 år.

Förkortningen av omloppstiden i *Nuvarande skog* (2 år) och *Ny skog*  $+20\%$  (8 år) leder till två perioder med ökad avverkning. När den optimala slutavverkningsåldern för *Nuvarande skog* sjunker från 77 till 75 år slutavverkas omedelbart 3 ha – 1 ha av vardera 75, 76 och 77 år gammal skog. År 2 till 69 avverkas sedan 1 ha per år som uppnår den nya optimala slutavverkningsåldern 75 år i *Nuvarande skog*. Avverkningsuttaget sjunker då med de 3 sista årens tillväxt. År 70 blir den nya skog som planterades år ett på de första 3 ha som avverkades 69

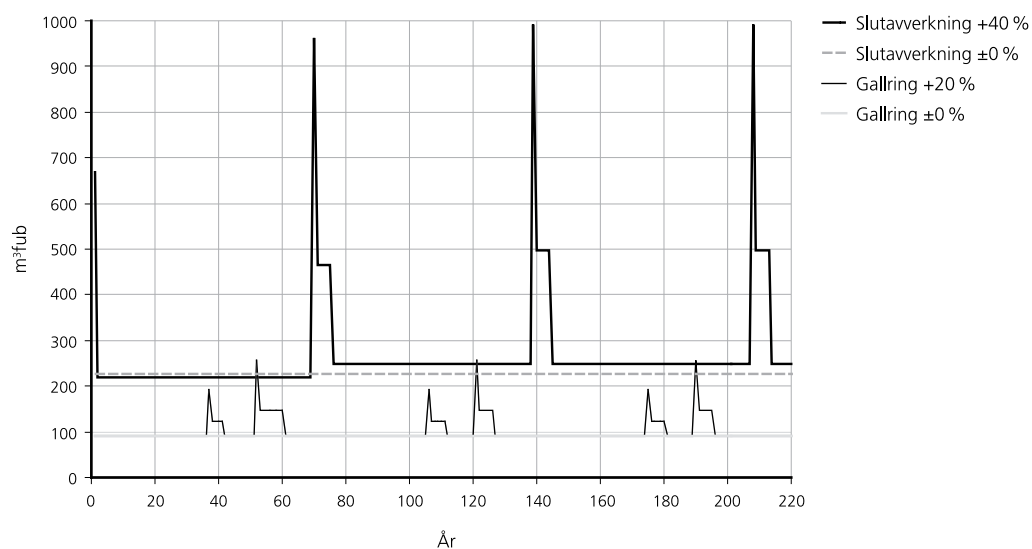
år gammal. Då avverkas 3 ha tillsammans med 1 ha *Nuvarande skog* som är avverkningsmogen, d.v.s. sammanlagt 4 ha. Från år 71 till 75 avverkas sedan 1 ha *Nuvarande* och 1 ha *Ny skog*. Med början år 76 finns det bara *Ny skog* som avverkas med 1 ha per år, men på en högre nivå till år 139 då 4 ha avverkas igen. Därefter avverkas 2 ha i 5 år. Framtida gallringar följer tidsmässigt samma mönster som slutavverkningarna.

Övergången från *Nuvarande normalskog* till *Ny skog*  $+20\%$  skapar en ojämn åldersklassfördelning av skogsmarken med 4 ha i en åldersklass, 2 ha i fem och 1 ha i resten av åldersklasserna. Om det inte läggs några restriktioner på virkesuttaget bibehålls ojämnheten i framtiden.

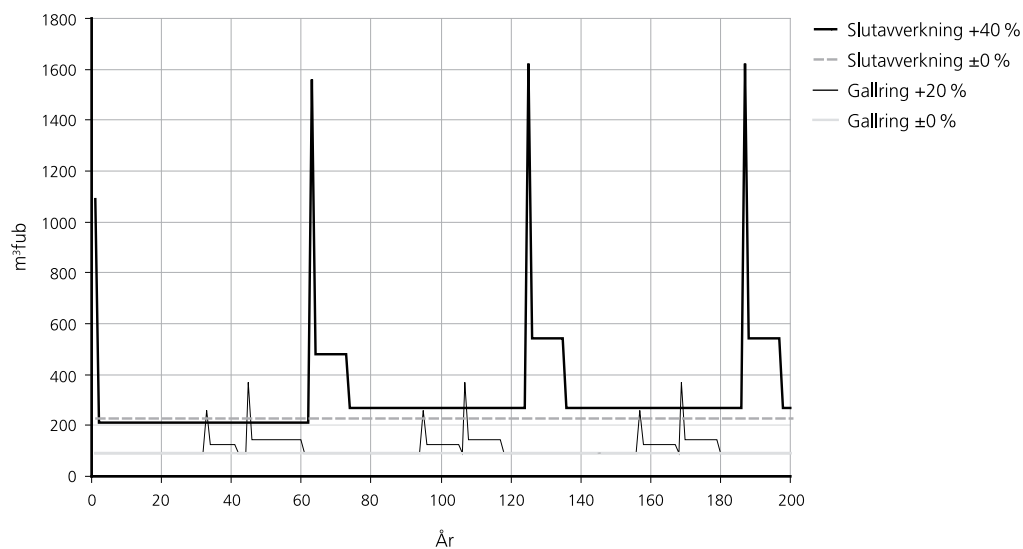
När tillväxtökningen i *Ny skog* är  $40\%$  är dess omloppstid 62 år. Det blir optimalt att slutavverka *Nuvarande skog* 4 år tidigare och den optimala avverkningen skapar en ännu större ojämnhet (figur 2).

Med acceptans för de stora svängningarna i avverkningsuttag och virkesförråd ökar lönsamheten mätt som skogsvärde med 6 % och 16 % när *Ny skog*  $+20\%$  och *Ny skog*  $+40\%$  ersätter *Nuvarande skog*. Avverkningen under den ursprungliga omloppstiden 77 år ökar med 11 % respektive 22 % och under de första 30 åren med 2 % respektive 4 %.

**Modell 2** (gallrings- och slutavverkningsuttag med restriktioner): För ett stort skogsföretag är det orealistiskt



Figur 1. Årlig avverkning när *Nuvarande skog* (normalskog) ersätts med *Ny skog +20%* enligt modell 1.

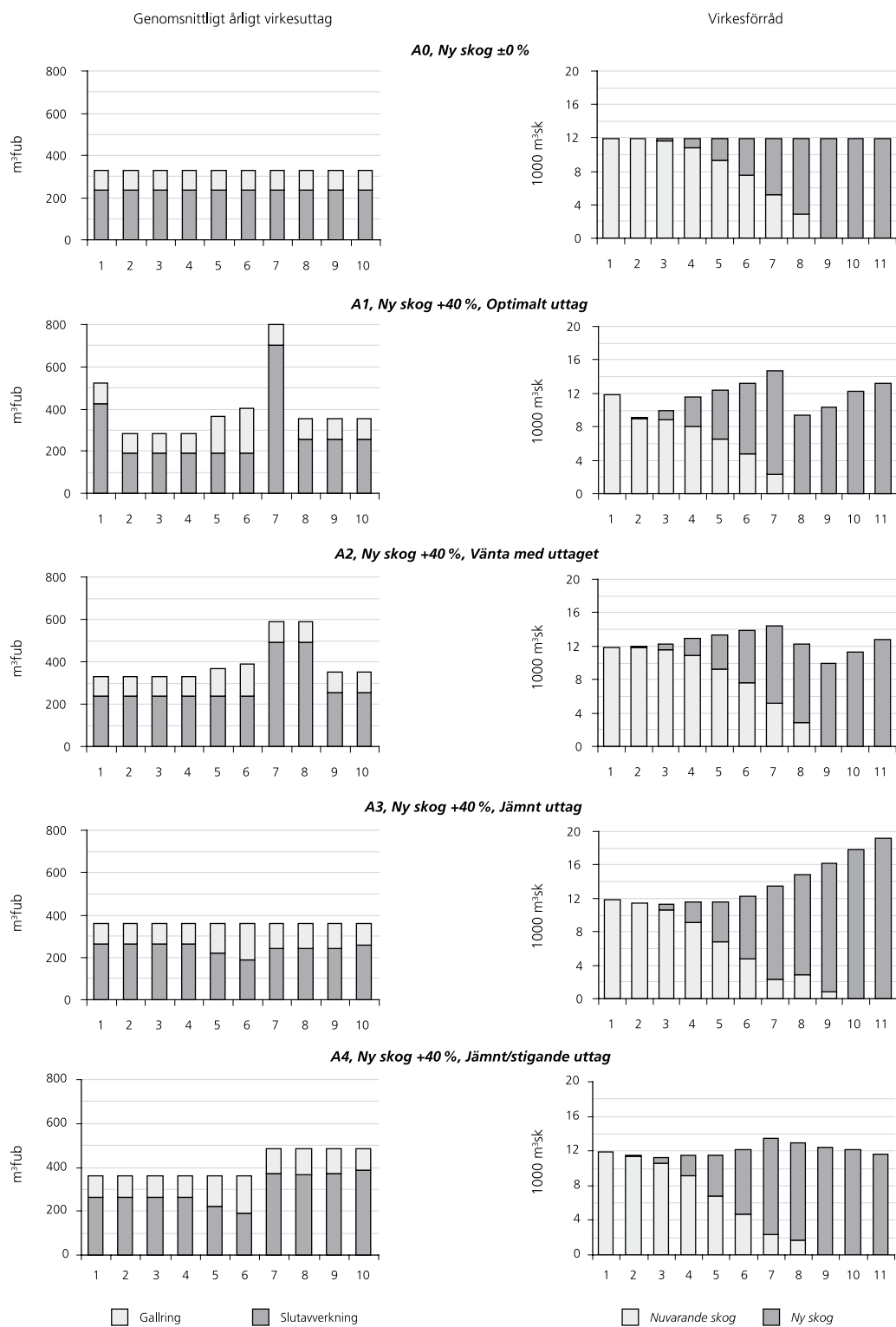


Figur 2. Årlig avverkning när *Nuvarande skog* (normalskog) ersätts med *Ny skog +40%* enligt modell 1.

att tänka sig så stora svängningar i avverkning som uppkommer vid högsta lönsamhet när *Nuvarande skog* ersätts med snabbväxande skog. Marknaden skulle påverkas genom att både kostnaden för avverkning och priset på

virke skulle ändras av svängningarna och då ändras förutsättningarna för kalkylen. Det finns också ofta fler mål för skogsbruket än vinstmaximering. Ett sådant kan vara jämn ekonomisk avkastning eller jämn avverkning för

att försörja skogsindustrin. Här har vi analyserat olika alternativ för att hålla med de ökade avverkningsmöjligheterna så att virkesuttaget utjämnas. Samma produktions- och ekonomiska förutsättningar tillämpades i modell 2



**Figur 3.** Periodvis (1–10) årlig avverkning och virkesförråd (i periodens början) under 100 år när *Nuvarande skog* (jämn åldersklassfördelning) ersätts med *A0, Ny skog ±0%* eller *A1–A4, Ny skog ±40%* med olika avverkningstraktioner.

som i modell 1 och räntan var 2,5 %. Eftersom modell 2 arbetar med 10-åriga perioder sattes omloppstiden i befintlig skog till 80 i stället för 77 år. Det förenklar till 8 st 10-åriga åldersklasser om 10 ha för normalskogen i utgångsläget. Den totala skogsarealen är 80 år även för utgångsläget *Ojämn åldersklassfördelning*.

**A. Jämn åldersklassfördelning i utgångsläget:** Alla restriktioner på virkesuttaget kommer att sänka lönsamheten och bör därför utformas med försiktighet. Men för att tydliggöra konsekvenserna av olika restriktioner har vi tagit med några ytterlighetsse-

narier enligt nedan. Scenario A0, där *Nuvarande skog* upprepas i framtiden är jämförelsegrund:

*A0, Ny skog ±0 %.* *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog ±0 %*.

*A1–A4, Ny skog +20 %* eller + *Ny skog 40 %.* *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog +20 %* eller + *40 %*.

*A1, Optimalt uttag.* Inga restriktioner på virkesuttaget.

*A2, Vänta med uttaget.* Avverka enligt nuvarande nivå tills den nya skogen är avverkningsmogen. Sedan sänks omloppstiden.

*A3, Jämmt uttag.* Virkesuttaget skall vara lika stort i alla perioder.

*A4, Jämmt/stigande uttag.* Virkesuttaget i varje period får inte understiga uttaget i perioden innan.

Resultaten när *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog* som växer 20 % och 40 % bättre är principiellt lika (tabell 5 och 6). Effekterna är större vid *Ny skog +40 %*, varför de används för att förtydliga resultaten i figur 3. I scenario *A0*, där *Ny skog ±0 %* inte växer bättre än *Nuvarande skog*, blir avverknings- och virkesförrådet oförändrat i framtiden (figur 3). Scenario *A1, Optimalt*

**Tabell 4.** Lönsamhet och virkesuttag för scenario A1–A4 när *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog + 40 %* i procent av scenario *A0* där *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog ±0 %*. Virkesförrådet i utgångsläget är 114 m<sup>3</sup>fub/ha. Ränta 2,5 %.

Scenario	Skogsvärde kkr/ha	År 1–30		År 1–80			År 100
		Avverkad areal ha	Uttag m <sup>3</sup> fub	Avverkad areal ha	Uttag m <sup>3</sup> fub	Tillväxt m <sup>3</sup> fub	Virkesförråd m <sup>3</sup> fub/ha
<i>A0, Ny skog ±0 %</i>	41,2	30	9 909	80	26 425	26 425	114
<i>A1, Optimalt uttag</i>	+15,4 %	+33 %	+10 %	+25 %	+25 %	+19 %	+13 %
<i>A2, Vänta med uttaget</i>	+13,7 %	0 %	0 %	+25 %	+23 %	+17 %	+7 %
<i>A3, Jämmt uttag</i>	+13,4 %	+19 %	+9 %	+1 %	+9 %	+24 %	+71 %
<i>A4, Jämmt/stigande uttag</i>	+14,5 %	+19 %	+9 %	+32 %	+19 %	+21 %	-2 %

**Tabell 5.** Lönsamhet och virkesuttag för scenario A1–A4 när *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog + 20 %* i procent av scenario *A0* där *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog ±0 %*. Virkesförrådet i utgångsläget är 114 m<sup>3</sup>fub/ha. Ränta 2,5 %.

Scenario	Skogsvärde kkr/ha	År 1–30		År 1–80			År 100
		Avverkad areal ha	Uttag m <sup>3</sup> fub	Avverkad areal ha	Uttag m <sup>3</sup> fub	Tillväxt m <sup>3</sup> fub	Virkesförråd m <sup>3</sup> fub/ha
<i>A0, Ny skog ±0 %</i>	41,2	30	9 909	80	26 425	26 425	114
<i>A1, Optimalt uttag</i>	+5,7 %	+33 %	+10 %	+12 %	+12 %	+9 %	-2 %
<i>A2, Vänta med uttaget</i>	+5,7 %	0 %	0 %	+13 %	+11 %	+8 %	-2 %
<i>A3, Jämmt uttag</i>	+5,5 %	+12 %	+6 %	+7 %	+6 %	+8 %	+21 %
<i>A4, Jämmt/stigande uttag</i>	+5,7 %	+12 %	+6 %	+14 %	+7 %	+8 %	+3 %

uttag, medför att en hel extra åldersklass avverkas under period 1, totalt avverkas då 20 ha. Därefter avverkas 10 ha per period till period 7 då dels 10 ha i *Nuvarande skog*, dels 20 ha i *Ny skog* avverkas i en andra topp. Optimalt uttag sänker på kort sikt virkesförrådet, men det återskapas snabbt av stor areal *Ny skog* med högre tillväxt.

Om *Ny skog* växer 40 % bättre och det inte beaktas förrän skogen är avverkningsmogen som i scenario *A2*, *Vänta med uttaget*, kommer den stora avverkningsökningen i period 7 och 8, då både *Nuvarande skog* med 80 års omloppstid och *Ny skog* med 60 års omloppstid avverkas samtidigt. I *A2*, *Vänta med uttaget*, bevaras nuvarande virkesförråd på kort sikt, men uppbyggnaden av förrådet efter den stora avverkningsökningen mot slutet av perioden sker inte lika snabbt, eftersom ny snabbväxande skog introduceras i långsammare takt.

Med avverkningsrestriktionen i scenario *A3*, *Jämnt uttag*, höjs och utjämnas avverkningsnivån på kort och lång sikt. Men den kortsiktiga uttagsnivån är mest tvingande och sätter taket för

det framtida uttaget, varför virkesförrådet i stället byggs upp. Med restriktionen i scenario *A4*, *Jämnt/stigande uttag*, ökar avverkningsnivån både på kort och lång sikt.

Det finns många fler sätt att hushålla med den ökade avverkningsmöjligheten på kort och lång sikt, men *Jämnt/stigande uttag* är bland de bättre. Det är liten skillnad i lönsamhet (Skogsvärde) mellan alla scenarier. *Jämnt/stigande uttag* ger nästan samma ökning av lönsamheten som *Optimalt uttag* – 14,5 % jämfört med 15,4 %, då *Ny skog +40 %* införs (tabell 4). Hushållningen med avverkningsuttaget innebär något lägre uttag under år 1–30 och 1–80 än vid *Optimalt uttag*, men ger istället något högre tillväxt (tabell 4). Den tillväxtökningen avverkas före år 100, så att totala uttaget blir något större (visas inte) och virkesförrådet något lägre. Hushållningen ger ett jämnare virkesförråd över tiden och en mer utjämnad åldersklassfördelning efter en omloppstid.

När *Ny skog +20 %* införs ökar lönsamheten med knappt 6 % i alla scenarier (tabell 5). För det mest avba-

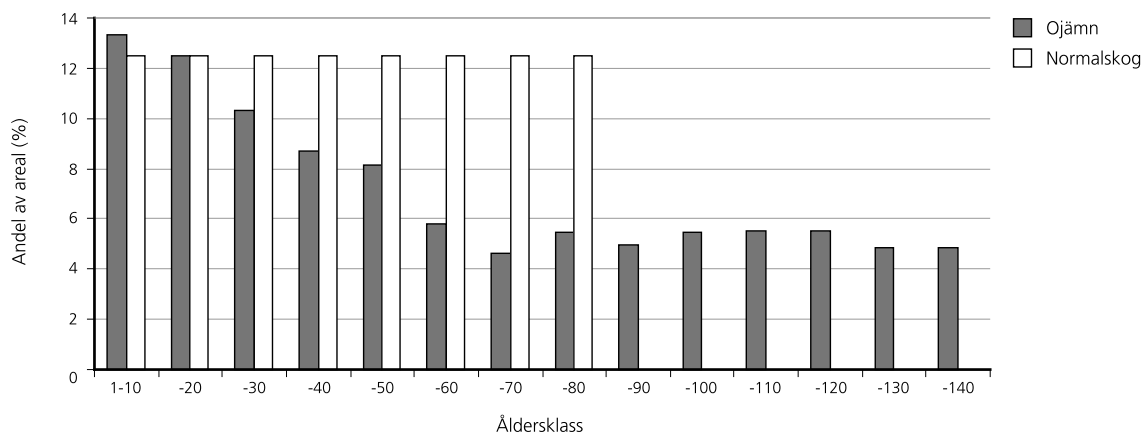
lanserade scenariot, *A4*, *Jämnt/stigande uttag*, ökar avverkningsnivån de första 30 åren med 6 % och under 80 år med 8 % för att på lång sikt öka med ca 20 %.

Sammantaget visar analysen med modell 2 att ungefär en fjärdedel av den långsiktiga tillväxtökningen av att ersätta *Nuvarande skog* med ny snabbväxande kan tas ut de första 30 åren och ca hälften under *Nuvarande skogs* livstid. När all *Nuvarande skog* är ersatt med ny snabbväxande skog kan hela tillväxtökningen avverkas.

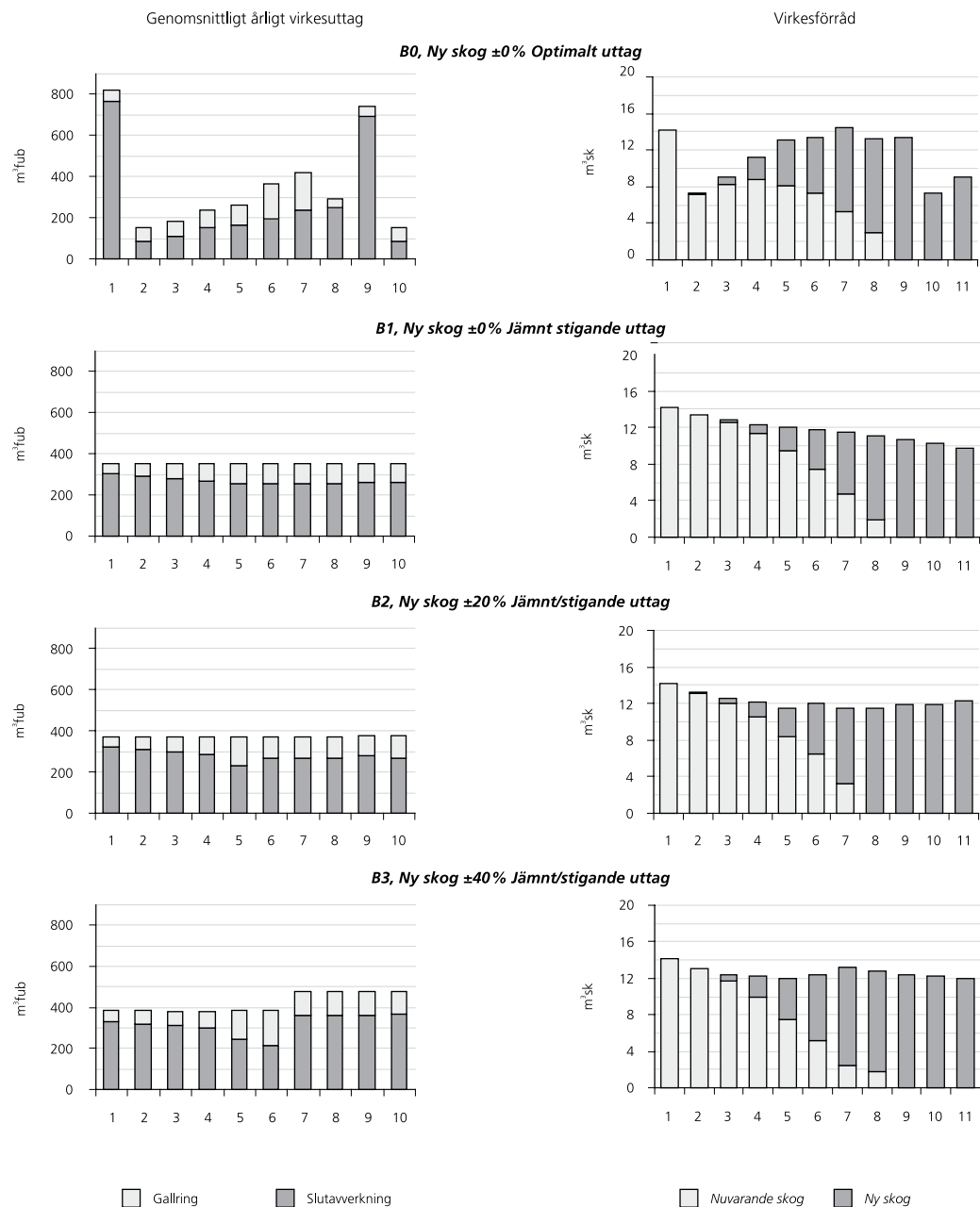
### B. Ojämn åldersklassfördelning:

På många håll i Sverige är åldersklassfördelningen ojämn. Det saknas medelålders skog som blir avverkningsmogen om 20–30 år. För att fylla den väntade virkessvackan ransoneras den äldre överåriga skogen. I figur 4 redovisas en typisk åldersklassfördelning för Sverige i jämförelse med motsvarande normala åldersklassfördelning. Hur kan inplantering av ny snabbväxande skog tänkas påverka avverkningsmöjligheterna i virkessvackan?

Möjligheterna att avverka mer under virkessvackan studerades genom att



Figur 4. Jämn åldersklassfördelning respektive ojämn, med brist på medelålders och överskott på överårig skog (total areal 80 ha).



Figur 5. Periodvis (1–10) årlig avverkning och virkesförråd (i periodens början) under 100 år när *Nuvarande skog* med ojämn åldersklassfördelning ersätts med *B0, Ny skog ±0%* utan avverkningsrestriktioner, eller *B1, Ny skog ±0%*, *B2, Ny skog +20%* och *B3, Ny skog +40%* med restriktionen Jämnt/stigande uttag.

jämföra effekten av att hushålla med *Nuvarande skog* under 30 år beroende på om *Ny skog* växer som *Nuvarande skog* eller bättre. Restriktionen var densamma, att virkesuttaget i varje period inte får understiga uttaget i perioden innan, *Jämnt/stigande uttag*.

*B0, Ny skog ±0 % Optimalt uttag.*

*B1, Ny skog ±0 % Jämnt/stigande uttag.*

*B2, Ny skog +20 % Jämnt/stigande uttag.*

*B3, Ny skog +40 % Jämnt/stigande uttag.*

Scenario *B0, Optimalt uttag* innebär att all överårig skog avverkas direkt i period 1 (figur 5) för högsta lönsamhet (tabell 6) (Det sker oavsett tillväxten i *Ny skog*). Avverkningsrestriktionen *Jämnt/stigande uttag* leder till ett över de 100 åren helt jämnt virkesuttag för *B1, Ny skog ±0 %* och successivt sjunkande virkesförråd. Scenario *B2, Ny skog +20 %* höjer avverkningsnivån på kort sikt och *B3, Ny skog +40 %* på kort och ytterligare på lång sikt. Det sker samtidigt som virkesförrådet fäses in på en hög jämn nivå (figur 5 och

tabell 6).

När *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog* med högre tillväxt förkortas omloppstiden med 2–4 år. Därmed ökar mängden äldre skog som är avverkningsmogen och det finns därigenom mer skog att hushålla med de närmaste 20–30 åren. Med högre tillväxt i *Ny skog* kan det nuvarande virkesförrådet också avvecklas snabbare på kort sikt utan att det minskar på lång sikt. Ökningen av lönsamheten och avverkningen genom att ny snabbväxande skog införs är i samma storleksordning vid ojämn som vid jämn åldersklassfördelning (tabell 4, 5 och 6).

När det helt saknas överårig skog och är brist på medelålders skog, blir avverkningen låg de första 30 åren tills dess den medelålders skogen når avverkningsmogen ålder. Den situationen kan inte lösas med inplantering av snabbväxande skog.

## Diskussion

Analysen visar, att skogsskötselåtgärder som ökar tillväxten på lång sikt, inte bara ger ökade avverkningsmöjligheter i framtiden när den nya skogen blir avverkningsmogen, utan även på kort

sikt i *Nuvarande skog*. Markvärdet höjs så mycket av den framtida tillväxtökningen att *Nuvarande skog* inte kan förränta kapitalet i skog och mark lika länge. Det leder till tidigare slutavverkning av *Nuvarande skog* och samtidigt ges ökad plats för den nya mer snabbväxande skogen. Slutavverkningstidpunkten för *Nuvarande skog* tidigare läggs emellertid inte mer än något eller några år även om den nya skogen har betydligt kortare omloppstid.

När en *Ny skogs* skötselmetod införs eller nya skogsplantor som ger högre tillväxt blir tillgängliga i stor skala skapas på detta sätt i ett ögonblick ett antal årsytor med "överårig" skog. Högst lönsamhet uppnås genom att man omedelbart avverkar alla dessa extra årsytor. Det leder till en avverkningstopp följt av en tid med lägre avverkningar och en andra topp när den nya skogen växt ikapp den *Nuvarande skogen* och de avverkas samtidigt. Analysen visar att lönsamheten sänks mycket lite av att hushålla med dessa avverkningstoppar så att en jämn eller stigande avverkning erhålls.

Resultaten visar att ny snabbväxande skog även leder till ökade

**Tabell 6.** Lönsamhet och virkesuttag för scenario *B1–B3* med samma avverkningsrestriktion när *Nuvarande skog* med ojämn åldersklassfördelning enligt figur 4 ersätts med *Ny skog* med olika tillväxt. Effekten av ökad tillväxt i *Ny skog* anges i procent vid jämförelse med scenario *B1* där *Nuvarande skog* ersätts med *Ny skog ±0*. Virkesförrådet i utgångsläget är 141 m<sup>3</sup>fub/ha. Ränta 2,5 %.

Scenario	Skogsvärde kkr/ha	År 1–30		År 1–80		År 100	
		Avverkad areal ha	Uttag m <sup>3</sup> fub	Avverkad areal ha	Uttag m <sup>3</sup> fub	Tillväxt m <sup>3</sup> fub	Virkesförråd m <sup>3</sup> fub/ha
Optimalt uttag							
<i>B0, Ny skog ±0%</i>	54,4	37,6	11 479	80	27 185	26 425	80
Jämnt/stigande uttag							
<i>B1, Ny skog ± 0%</i>	50,6	30,3	10 599	90	28 256	25 001	90
<i>B2, Ny skog +20%</i>	+6 %	+6 %	+5 %	+1 %	+5 %	+10 %	+32 %
<i>B3, Ny skog +40%</i>	+14 %	+12 %	+8 %	+15 %	+15 %	+23 %	+28 %



avverkningsmöjligheter på kort sikt om åldersklassfördelningen är ojämn. Hushållningen med överårig skog kan då förbättras så att problemen med virkessvackan minskar. Om det helt saknas avverkningsmogen skog och det råder brist på medelålders ännu inte avverkningsmogen skog, så blir hushållningsmöjligheterna på kort sikt inte mycket bättre av att den nya skogen har högre tillväxt. Effekten kommer då först genom att *Ny skog* blir gallringsmogen tidigare.

Lönsamheten blir bland de lägsta av att bibehålla nuvarande avverkningstakt tills dess den nya skogen är avverkningsmogen. Då sparas all ökad tillväxt i förrådsupbyggnad fram tills dess den första nya skogen ”vuxit i kapp” den yngre *Nuvarande skogen*. Under en tid avverkas sedan dubbla årsytor i en stor avverkningstopp. På detta sätt förs också *Ny skog* in i långsammare takt, vilket minskar de framtida avverkningsmöjligheterna. En ojämn åldersklassfördelning blir bestående.

Införandet av ny snabbväxande skog måste således tas med i avverkningsplaneringen på ett tidigt stadium. Om omloppstiden kan förkortas redan på kort sikt kommer nya skötselssystem att bli intressantare, liksom att vidareutveckla olika skogsförbättringsåtgärder (Hagner, 1969).

Ökad avverkning på kort sikt innebär dock en förpliktelse att under lång tid tillämpa den tillväxthöjande åtgärden. Om åtgärdsprogrammet inte fullföljs uteblir tillväxtökningen och framtida avverkningsmöjligheter försämras. Jämfört med andra intensiva skötselåtgärder är denna förpliktelse mindre betungande för förädlade plantor och t.ex. contortatall som bara medför marginellt ökade föröng-

ningskostnader. I ekonomiska termer innebär det ett teknikgenombrott när produktiviteten på detta sätt gör ett språng. Samtidigt finns en osäkerhet om tillväxtökningens storlek och om eventuell förändrade kalamitetsrisker. Växtförädlingens mål är dock att öka odlingssäkerheten. En generell försiktighetsåtgärd kan vara att inventera ungsbogen efter röjning så att dess tillväxtpotential kan beräknas, och sedan låta resultatet styra avverkningen. Det kan t.ex. göras vid avverkningsberäkningar med Indelningspaketet (Jacobsen, 1986).

Skog med ökad tillväxt kan skötas med vanliga naturvårdsåtgärder. Kortare omloppstid ger dock fler avbrott i skogens ekosystem, vilket kan påverka biodiversiteten.

De här redovisade resultaten kommer från inledningen på ett nytt projekt. Resultaten är principiellt riktiga men preliminära i så måtto att det endast är begränsade förutsättningar som studerats. De små skillnaderna i skogsvärde mellan de olika jämnhets-scenarierna är t.ex. till viss del en effekt av den räntenivå som använts, den jämna åldersklassfördelningen i utgångsläget och kanske också tillväxtmodellen. Högre ränta skulle ge större vikt åt avverkningar på kort sikt och därmed förmodligen ge mer reducerad lönsamhet vid olika jämnhetskrav. Å andra sidan ger redan 3 % ränta kortare omloppstider än vad som är vanligt i skogsbruket. En anledning kan vara att verklighetens målsättning är mer komplex och att den bäst skildras av en låg räntesats. Produktionsmodellen som användes i vår studie bygger på experiment och ger lägre tillväxt i gammal skog än andra modeller som bygger på surveymaterial (eg. Persson, 1992).

I det fortsatta arbetet kommer vi att bygga ut analysmodellen så att vi kan studera restriktioner med högre upplösning i simuleringarna (tid och produktivitet av skogsmarken). Vi kommer också att studera andra tillväxtscenarier, andra antaganden om priser och kostnader och andra produktionsmodeller i en serie känslighetsanalyser.

## Referenser

- Andersson, B., Persson, T., Elfving, B., Ericsson, T., & Kroon, J. 2006. Characteristics and development of improved *Pinus sylvestris* in northern Sweden. Manuskript.
- Elfving, B., & Norgren, O. 1993. Volume yield superiority of lodgepolepine compared to Scots pine in Sweden. Swedish Univ. Agric. Sci., Dept of Genetics and Plant Physiology, Report 11, pp. 69–80.
- Elfving, B. 2004. Produktionsaspekter vid gallring. I: Skogforsk Gallring 2004 — kunskap och perspektiv. Uppsala den 3 november 2004. 11 s. Uppsala.
- Elfving, B., Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. *Forest Ecology and Management* (98) 125–134.
- Faustmann, M. 1849. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. *Journal of Forest Economics* (1995) 1:7–44.
- Hagner, S. 1969. Styrmedel för val av ekonomiskt optimal insatsnivå i olika skogsvårdsarbeten samt några nya hjälpmedel för beslutsfattandet. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 8.

- Hegan, R. L. and Luckert, M. K. 2000. An economic assessment of using the allowable cut effect for enhanced forest management policies: an Alberta case study, *Can. J. For. Res.* 30: 1591--1600.
- Jacobsson, J. 1986. Optimization and Data Requirements. A Forest Management Problem. Swed. Uni. Agri. Sector for Mensuration and Management, Dissertation). 143 pp.
- Johnson, K. N. and Scheurman, H. L. 1977. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives – discussion and synthesis. *Forest Science Monograph No. 18.* 31 pp.
- Johnson, K. N., Stuart, T. W. and Crim, S. A. 1986. FORPLAN version 2 – An overview. USDA Forest Service, Land Management Planning Systems, Fort Collins, CO, 85 pp.
- Möller, J. 2005. Automatisk kvalitetsklassning och stampris – framtidens affärsform. Resultat nr 22. Skogforsk, 4 s.
- Persson, O. 1992. En produktionsmodell för tallskog i Sverige. Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr 31. Sveriges Lantbruksuniversitet. Garpenberg. 206 s.
- Rosvall, O. & Eriksson, B. 2002. Nya fröplantager i Sverige underlag för strategiska beslut. (Arbetsrapport 399, 2002, Skogforsk), 27 s.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar (Redogörelse nr 1, 2001, Skogforsk), 41 s.
- Rosvall, O., Wennström, U., Almqvist, C. Andersson, B. Karlsson B. & Sonesson J. 2003. Underlag för operativ planering av tredje omgången fröplantager (TreO) i Sverige. (Arbetsrapport 550, 2003, Skogforsk), 43 s.
- Wagner, J. E. & Holmes, T. P. 1999. Estimating economic gains for landowners due to time-dependent changes in biotechnology. *Forest-Science.* 1999; 45(2): 163--170.
- Westin, J. 2005. Unik studie visar på stor potential för förädlad gran. Resultat nr 20. 4 s. Skogforsk.
- Whitlock, S. P., Greaves, B. L. and Apio-laza, L. A. 2004. A cash flow model to compare coppice and genetically improved seedling options for *Eucalyptus globulus* pulpwood plantations. *Forest-Ecology-and-Management.* 2004; 191(1/3): 267--274.

# Strategiska skogsbruksval

Bo Karlsson

Analys av två alternativ till trakthyggesbruk med gran:

- kontinuitetsskogsbruk med gran.
- självföryngrad björk samt möjligheter till produktionshöjande åtgärder.

## Bakgrund

Valet av skogsbrukssätt (metoder och trädslag) påverkar råvaruförsörjningen för svensk skogsindustri både på kort och på lång sikt. Förutom konsekvenser för rena virkesvolymerna påverkas också kostnaden för råvaran och dess lämplighet för industriprocesserna.

På uppdrag av Skogsindustrierna och LRF Skogsägarna har Skogforsk analyserat två alternativ till trakthyggesbruk med gran. Det är kontinuitetsskogsbruk med gran och självföryngring av björk.

## Bidrag

Analysen bygger på ett omfattande underlagsmaterial som arbetades fram under 2005 av forskare vid SLU och Skogforsk. Deras arbete resulterade i 15 delrapporter:

- Vilt. Roger Bergström, Skogforsk.
- Drivning. Torbjörn Brunberg,

Skogforsk.

- Produktion gran-björk. Per Magnus Ekö, SLU.
- Produktion kontinuitetsskogsbruk. Björn Elfving, SLU.
- Systemeffekter av kontinuitetsskogsbruk. Bo Karlsson, Skogforsk.
- Miljöeffekter mark. Lars Högbom, Skogforsk.
- Björkföryngring. Göran Kempe, SLU, Lars-Göran Stener, Skogforsk.
- Blädning. Lars Lundqvist, SLU.
- Produktionssimuleringar. Anders Lundström, SLU & Ola Rosvall, Skogforsk.
- Riskkalkylering. Urban Nilsson, SLU & Ola Sallnäs, SLU.
- Miljöeffekter – vatten. Eva Ring, Skogforsk.
- Naturvård. Jan Weslien, Skogforsk.

## Förutsättningar och definitioner

Analysen har förutsatt ett skogsbruk som drivs med företagsmässiga lönsamhetskrav, men samtidigt följer riktlinjerna i svensk skogspolitik om likvärdiga produktions- och miljömål.

I det första delprojektet jämförs *trakthyggesbruk* och *kontinuitetsskogsbruk* med gran. Metoder definieras enligt följande:

*Trakthyggesbruk* definieras som en

metod där huvuddelen av träden i varje bestånd är likåldriga under större delen av omloppstiden. Föryngring sker huvudsakligen genom skogsodling med bästa tillgängliga material. Beståndet sköts med röjning och gallring.

*Kontinuitetsskogsbruk* definieras som en skogsbruksmetod (med gran som huvudträdslag) vilken bedrivs i flerskiktade, olikåldriga bestånd som aldrig slutavverkas. Virkesuttag görs i form av avverkning av de grövre träden vid varje avverkningstillfälle. Kalkyler har gjorts för blädning som är den mest realistiska formen för att bedriva kontinuitetsskogsbruk. I det andra delprojektet jämförs trakthyggesbruk med gran med ett dito med björk.

*Granbestånden* i jämförelsen är skogsodlade (plantering eller sådd) bestånd med gran som huvudsakligt trädslag. Skogsodlingsmaterial ska vara förädlad eller av bästa proveniens och anläggningsmetod respektive plantantal ska följa rekommendationer för den aktuella ståndorten.

*Björkbestånden* består i normalfallet av självföryngrad björk efter markberedning och förväntas bestå av vårtbjörk med varierande inblandning av glasbjörk. Båda alternativen sköts genom lämpliga röjnings- och gallringsprogram.

## DEL 1, KONTINUITETSSKOGBRUK MED GRAN

### Produktion

**20 % högre produktion i trakthyggesbruk:** Det finns mycket få jämförande produktionsförsök mellan blädning och trakthyggesbruk. Uppskattningar grundade på två fältförsök i Norrland och norska erfarenheter indikerar att medeltillväxten är ca 20 % högre i konventionellt trakt-

hyggesbrukade skogar jämfört med blädade skogar.

Ett fullskiktat blädningsbestånd beräknas kräva ett virkesförråd som är 37 % högre än genomsnittsförrådet i trakthyggesbruket för att kunna behålla produktionsförmågan.

Skillnaderna mellan blädning och trakthyggesbruk kommer att för-

stärkas med tiden, eftersom man i trakthyggesbruket kan plantera allt bättre genetiskt förädlad material från fröplantager. Denna effekt uppskattas för närvarande till ca 0,5 % -enheter per år.

Ett skifte till kontinuitetsskogsbruk i stor skala skulle få konsekvenser för råvaruförsörjningen för svensk skogs-

industri. Om 50 % av alla granmarker skulle skötas med blädning skulle tillväxten i Sverige minska med ca 4 milj. m<sup>3</sup>sk/år. Det motsvarar vedförbrukningen för ett större modernt massabruk.

#### **Lång tid att skapa skiktade skogar:**

De redovisade produktionssiffrorna gäller för bestånd som redan är skiktade. Att transformera likåldriga trakthyggesskogar till kontinuitetsskogar är sannolikt en mycket utdragen och svår process som tar minst 200 år. Under denna omvandlingsfas sjunker tillväxten, eftersom det då inte går att upprätthålla en hög produktion med någondera av skogsbruksmetoderna. Misslyckade försök att byta skogsskötselssystem kan leda till lågproducerande restskogar; ”gröna lögner” som var vanliga efter blädning- och dimensionshuggningsepoken under 1900-talets första hälft och ledde till mycket stora produktionsförluster.

## **Ekonomi**

**Investeringskostnader:** I ett blädningsskogsbruk slipper ägaren kostnaden för markberedning, plantering och ungskogsröjning. Det är poster som slår hårt i en beståndskalkyl. Å andra sidan får ägaren ett lägre netto vid avverkningen, eftersom det står kvar en stor virkesvolym kvar i skogen. Vid en slutavverkning faller det ut pengar som kan återinvesteras i någon annan del av rörelsen. Vid en blädning ska det kvarstående virkesförrådet därför ses som en investeringskostnad.

**Högre avverkningskostnader:** Avverkningen blir i genomsnitt dyrare vid blädning än vid trakthyggesbruk. Visserligen är medelträdet grövre vid blädning, men å andra sidan är uttaget per hektar lågt och maskinerna måste

hela tiden ta hänsyn till de kvarstående träden. Den genomsnittliga avverkningskostnaden i blädningsskog beräknas därför vara ca 30 kr högre per m<sup>3</sup>fub jämfört med genomsnittskostnaden under en omloppstid i trakthyggesbruket. Det är framför allt den låga slutavverkningskostnaden som slår igenom starkt i trakthyggesbrukets totala beståndsekonomi.

#### **Sämre nettoavkastning och lägre**

**markvärde:** På beståndsnivå ger trakthyggesbruket mer än 40 % extra i genomsnittligt årlig nettoavkastning vid 2 % kalkylränta. Enligt de kalkyler som gjorts är nuvärdet av samtliga kostnader och intäkter under en omloppstid, ca 10–12 000 kr/ha lägre med kontinuitetsskogsbruk än med trakthyggesbruk. Kalkylen bygger på dagens kostnader och virkespriser och är gjord med 2 % ränta.

En känslighetskalkyl visar att virkespriset vid väg bör höjas med ca 35 % för att få ett likvärdigt årligt resultat för de två skogsbrukssätten.

**Högre logistikkostnader:** Vid en storskalig övergång till kontinuitetsskogsbruk ökar kostnaden för vidaretransport till industri enligt våra beräkningar med 4 kr per m<sup>3</sup>fub på grund av virke måste hämtas från ett större fångstområde för att kompensera den lägre produktionen. Kostnader för väghållning, mindre avlägg och mindre möjlighet till gruppkörning m.m. ökar också något, eftersom den genomsnittliga volymen från varje avverknings-trakt blir mindre.

## **Risker**

**Samma risk för stormskador?** Om man antar att risken för stormfällning

är lika stor för träd av samma storlek och trädslag oberoende av skogsbruksmetod, så innebär det att risken för stora avgångar mätt i volym virke per hektar är mindre i en flerskiktad skog. Å andra sidan kan större arealer drabbas av stormskador i ett blädningsskogsbruk eftersom det då finns stora träd i alla bestånd. Det är alltså inte uteslutet att den totala mängden stormfällt virke är densamma oavsett skogsskötselssystem. Men det är dyrare att ta hand om de mer spridda vindfällena i kontinuitetsskogsbruket, och det tar längre tid. Det ökar risken för att vindfällna blir kvar i skogen alltför länge, med därpå följande insektsangrepp på fällna träd och kringstående skog och värdeförluster på det tillvaratagna virket.

**Mer rotröta:** Rotrötan är ett växande problem i svenskt skogsbruk. De modeller som gjorts över rotrötans spridning indikerar ett ständigt ökande problem med röta i kontinuitetsskogsbruk. Det beror bl.a. på att granandelen i beståndet alltid är mycket hög. Samtidigt går det inte att byta trädslag eller öka inblandning av andra trädslag för att minska rötans spridning.

Eftersom stora träd avverkas vid varje blädningstillfälle är det nödvändigt att använda större maskiner än vid gallring i trakthyggesbruket. Detta innebär högre marktryck och sannolikt större risk för körsador.

#### **Sämre anpassning till klimatförändringar:**

Anpassning till rådande klimat är en viktig förutsättning för beståndets sundhet och en hög virkesproduktion. Träden i blädningsskogar kan långsiktigt visa sig vara sämre anpassade till prognostiserade klimatförändringar. Vid trakthyggesbruk

finns möjlighet att använda förädlade plantor som är testade under varierande klimat- och ståndortsförhållanden.

## Naturvård och miljöeffekter

**Biologisk mångfald:** Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk kompletterar varandra vad gäller den biologiska mångfalden. Ljuståliga arter som har god spridningsförmåga kan tåla trakthyggesbruk bra. Arter med dålig ljus- eller uttorkningstolerans och svag spridningsförmåga klarar sig bättre i ett kontinuitetsskogsbruk. Det är viktigt att särskilda naturhänsyn, t.ex. tillgång till gamla levande träd, beaktas i båda skötselsystemen.

På beståndsnivå är diversiteten i blädningsskogen högre än i ett väl slutet likåldrigt granbestånd. Å andra sidan är lövandelen låg i blädningsskogen, eftersom ljustillgången alltid är begränsande, vilket missgynnar lövberoende arter. Blädningsskogarnas betydelse för diversiteten är sannolikt beroende av omfattningen och den rumsliga fördelningen i landskapet.

**Kväveutlakning:** Det finns få jämförande undersökningar av kväveutlakning mellan blädning och trakthyggesbruk. En förutsättning för ett lågt läckage är sannolikt att det finns ett vitalt rotsystem som täcker en stor del av marken. Teoretiskt sett kan detta utgöras av träd såväl som av hyggesvegetation.

tion. Exakt vilken roll träden spelar eller hur många träd per hektar som krävs på olika marker kan inte besvaras i dag. Kontinuitetsskogsbruk medför ökad körning med tunga maskiner. Det är oklart hur mycket det påverkar miljön.

**Skogscertifiering:** Större delen av den svenska skogsmarken är ansluten till något skogscertifieringssystem. Det kräver att överenskomna natur- och miljöhänsyn beaktas i båda skogsskötselsystemen.

## Vilt

I en blädningsskog är det ett lägre utbud av såväl vinter- som sommarfoder för hjortdjuren jämfört med hyggesfasen i traditionellt skötta skogar. En storskalig övergång till kontinuitetsskogsbruk på landskapsnivå skulle därför betyda ökade skador på omgivande tall- och lövträdsföryngringar. Det innebär att populationerna av hjortdjur måste anpassas till omfattningen av blädningsskogsbruket.

## Slutsats

1. Kunskapen om kontinuitetsskogsbruk, dess skötsel, produktion och ekonomi är mycket begränsad, varför bedömningen av dess konsekvenser är osäkra.
2. Blädning passar bara på en liten, mycket liten andel av granskogsarealen. Att omvandla dagens likåldriga

trakthyggesskogar till blädningsskogsbestånd tar mycket lång tid. Det bör med nuvarande kunskap betraktas som ett högriskprojekt, som riskerar att minska skogsproduktionen drastiskt under minst 200 år. Många av restskogarna från 1900-talets första hälft var missbrukade blädningsskogar och rester av dimensionshuggning.

3. Trakthyggesbruk bedrivit enligt utprovade principer, med ståndortsanpassning och naturhänsyn, bedöms vara det mest effektiva sättet att upprätthålla och öka produktionen av gran till svensk skogsindustri. Utifrån befintlig kunskap bedöms det vara en förutsättning för att behålla en tillräcklig lönsamhet i skogsbruket och därmed i skogsindustrin.
4. Det finns dock andra skäl som talar för ett inslag av kontinuitetsskogsbruk i skogslandskapet, bl.a. för att gynna vissa arter och för att främja kulturmiljövård och hänsyn till friluftslivet.
5. Det är angeläget att ny forskning rörande blädningsskogar initieras. Framför allt saknas lämpliga produktions- och demonstrationsytor som jämför de båda skötselsystemen, i synnerhet i södra Sverige. Naturvårdsrelaterade frågeställningar och miljöeffekter är andra viktiga forskningsområden.

## DEL 2, TRAKTHYGGESBRUK MED BJÖRK

### Föryngring

**Björken svårföryngrad:** Möjligheten att lyckas med självföryngring av björk varierar. En studie baserad på data från riksskogstaxeringen visar att ca hälften

av alla föryngringar på friska marker får tillräckligt mycket självföryngrad björk för att ge ett tillfredsställande produktionsbestånd. Studien täcker hela Sverige och merparten av ytorna

torde ha varit markberedda. På fuktiga marker hade ca 75 % av objekten en tillfredsställande föryngring.

Dessa siffror bör kunna förbättras genom ett bättre val av objekt, riktigt

insatt markberedning och en anpassning till björkens fröfall.

## Produktion

**På beståndsnivå:** En ny rapport från Skogsstyrelsen grundad på data från Riksskogstaxeringen visar att den självföryngrade björkens produktionspotential i genomsnitt ligger på 46 % jämfört med granens, alltså mindre än halva produktionen.

Beståndskalkyler visar att planterad gran årligen producerar 3–7 m<sup>3</sup>sk/ha mer än självföryngrad björk. Det betyder ca 200–500 m<sup>3</sup>sk/ha mer under en 75-årsperiod.

Till detta ska läggas att skogsträdsförädlingen kontinuerligt tar fram nya, allt mer produktiva gransorter. Granens produktionspotential bedöms i genomsnitt öka med 0,5 %-enheter per år genom genetisk förädling.

Det sker också en viss förädling av björk, vilket innebär att granens överlägsenhet inte är lika stor vid en jämförelse med välskött, förädlad björk. Men för att kunna utnyttja förädlad björk måste ny skog planteras, vilket är svårt att ekonomiskt försvara, eftersom planteringarna oftast också måste hägnas mot vilt.

**På landsnivå:** Effekterna av en omfattande övergång till ett ökat björkskogsbruk studerades för Jönköpings och Västernorrlands län i två scenarier. Där omfördes 30 respektive 60 % av granarealen successivt till björkskog, d.v.s. en del av den areal som skulle ha beskogsats med gran självföryngrades i stället med björk och sköttes som ren björkskog. Analyserna gjordes med hjälp av HUGIN-systemet.

När omföringen är fullbordad och det finns nya björkskogar i alla åldersklasser (en ny balans uppnådd) visade

analysen att tillväxten minskar med 7–12 % i Jönköpings län och 3–7 % i Västernorrlands län om 100 år. En bedömning för landet i sin helhet är att tillväxten minskar med 4 respektive 9 milj. m<sup>3</sup>sk per år för de två scenarierna.

Det är viktigt att notera att redan i grundscenariot ökar virkesförrådet av löv från ca 15–20 % i dag till 25 % och att den tillkommande ökningen genom dessa scenarier är maximalt 5 %-enheter. Möjligheterna att kompensera den förlorade tillväxten med produktionshöjande åtgärder som t.ex. skogsträdsförädling eller gödsling minskar med ökande björkandel, eftersom arealen på vilken man kan applicera dessa åtgärder reduceras.

## Ekonomi

**Sämre beståndsekonomi:** För markägaren är det stora skillnader i beståndsekonomi beroende på om man väljer gran eller björk. I en kalkyl blev det årliga nettoöverskottet per hektar 400–1 300 kr högre för granalternativet utan räntebelastning. Skillnaderna ökade med markens bördighet. Kalkylen gjordes med dagens virkespriser och kostnader. Bidrag eller andra subventioner ingick inte i kalkylen.

**Lägre markvärde:** Markvärdet för granalternativet varierade mellan 16 200 och 56 400 kr/ha beroende på ståndortsindex medan björkens motsvarande markvärde var mellan 16 000 och 23 000 kr/ha. Kalkylen gjordes med 2 % ränta. Kalkylerna bygger på att ett erforderligt plantantal uppnås i självföryngringen av björk.

## Risker och skador

**Stormskador:** Björken är visserligen mindre utsatt för stormskador än gran, men en simulering visade att granens

ekonomi i genomsnitt är så mycket bättre att till och med stormar av Gudruns omfattning vart 5:e år, inte ändrar förhållandet mellan trädslagen.

Vid en hög frekvens stormar (ca vart 12:e år eller oftare) visade dock kalkylerna, att en strategi med bara en gallring och kortare omloppstid kan vara befogad för granen.

**Rotröta:** Risken för skador p.g.a. rot-röta är mindre i ett rent björkbestånd än i ett granbestånd. Forskning visar också att risken minskar i takt med inblandning av björk i granbestånd.

**Andra skadegörare:** Vad gäller andra skadegörare som kan åstadkomma storskaliga skador i björkbestånd är kunskapsläget dåligt. Det finns svampar som kan orsaka stor skada, t.ex. björkrost m.fl. De kan medföra tillväxtnedsättningar och kvalitetsfel. Bland insekter som kan försäkra kvalitetsfel i björktimmer kan nämnas björkbastflugan.

För gran är risken för insektsskador mer känd. De allvarligaste skadorna åstadkommer snytbaggarna i planteringar och granbarkborren i äldre skog.

**Klimatskador:** Klimatrelaterade skador kan drabba båda trädslagen. Här kan nämnas frostskaador under försommar och höst på granplantor, snöbrott och torkskaador på björkungskogar. Ekonomiska konsekvenser av dessa skaderisker är svåra att kalkylera, eftersom de uppträder mer eller mindre slumpmässigt och delvis är skötselberoende.

## Markägarens värdering viktig

Risker är svåra att kalkylera på ett objektivt sätt, varför individuella värde-

ringar kan väga tungt vid markägarens trädslagsval.

## Natur- och miljöeffekter

**Biologisk mångfald:** Björkskogsbruk som komplement till granskogsbruk är positivt för artdiversiteten. Antalet arter som utnyttjar träden är ungefär lika för björk och gran. Trädslagsrena bestånd ökar fragmenteringen i landskapet om lövandelen i landskapet hålls konstant. Detta talar till förmån för lövrika blandbestånd med inslag av äldre träd.

**Mark och vatten:** Markens pH är högre i rena björkbestånd än i rena granbestånd och detta påverkar florans och markfaunan – även om pH inte bara beror på trädslag utan också på skillnader i produktion och beståndshistorik.

Den stora grönbiomassan året runt gör att kvävedepositionen blir större för gran än för björkbestånd. Omfattningen av kväveläckage är dåligt belagd eftersom flera undersökningar är utförda i gammal skog där läckaget kan vara högre än i yngre skog. Vattenkvaliteten i bäckvatten har inte påverkats vid försök där skogen har röjts längs bäckar så att trädslagsrena bestånd har uppstått. Däremot föreligger skillnader i den bottenlevande faunan.

**Skogscertifiering:** I befintliga skogliga certifieringssystem som huvuddelen av den svenska skogsmarken är ansluten till, finns anvisningar för hur stora lövandelar som krävs. Uppföljning av effekterna av dessa insatser är angelägen.

## Samspel med viltstammar

Fodermängderna för stora växtätare är större i rena björkskogar än i granskogar. Om skötseln av björkskogar kräver intensivare röjning än

i granskogar kan situationen bli den motsatta i skötta bestånd. Det kan lokalt innebära minskade fodermängder med risk att huvudstammar av björk utsätts för bete. Äldre björkskogar är generellt bättre vilthabitat än äldre granskogar. Det kan bli svårt att etablera bestånd av björk på grund av betningsskador. Sannolikt måste hjortdjurspopulationerna därför anpassas under dagens nivåer för att säkerställa produktiva och tillräckligt skadefria björkföryngringar utan hägn.

## Blandskog

Här har bara behandlats konsekvenser av rena bestånd av björk och gran. I praktiken blir olika former av blandskogar vanligare än artrena bestånd. Med tanke på att bara hälften av de friska markerna kvalificerar sig för produktion av rena björkbestånd bör alltid plantering (i varierande omfattning) göras för att säkerställa en acceptabel föryngring. Blandskogar har dokumenterade fördelar, t.ex. minskad spridning av rottröta. På minussidan kan ställas ökade skötsel- och drivningskostnader.

## Slutsatser

1. Granen ger högre produktion än björk och är mest lönsamt på lämpliga granmarker, både för skogsägaren och för samhället.
2. Granen är ett odlings säkert alternativ som till en relativt låg investeringskostnad ger ett skogsbestånd med hög produktion och hög ekonomisk avkastning.
3. Granens virke ger en god ekonomi som gynnas av strukturen och produktionsinriktningen i svensk skogsindustri, som i stor utsträckning är baserad på och beroende av gran.
4. Granfibern är en boreal och svensk

nisch på världsmarknaden. Dess långa slanka fibrer skiljer sig markant från björkens korta och är mer unika på den globala fibermarknaden. Björkens korta fibrer är utmärkta för vissa papperskvaliteter, men ofta utbytbara mot bl.a. eucalyptusfiber.

5. Det finns kunskapsbrister som kräver ytterligare forskning. Exempel på angelägna teman är kostnadseffektiv föryngring av björkbestånd, bättre utnyttjande av värdefull björkråvara samt ytterligare jämförande produktionsstudier mellan trädslagen och blandningar mellan dem.
6. För gran finns ett behov av att studera skötselsystem som reducerar risker för stormfällning och värdeförluster p.g.a. rottrötesvampens angrepp.
7. För att bevara biodiversiteten i vissa områden krävs betydande inslag av lövskog i landskapet.
8. Demonstrationsytor som kan exemplifiera och verifiera forskningens resultat är angelägna, eftersom de har ett stort pedagogiskt värde.

## Trakthyggesbruket – en förutsättning för fortsatt ökad skogsproduktion

Med kontinuitetsskogsbruk och självföryngrade björkskogar är man hänvisad till markens och trädens naturliga produktionsförutsättningar. Med trakthyggesbruk kan man däremot driva ett betydligt mer intensivt skogsbruk.

Skogforsk har i annat sammanhang utrett möjligheter att öka produktionen i svenskt skogsbruk under den kommande 100-årsperioden jämfört med den produktion som skulle åstadkommas med dagens skogsbruk. De verktyg som är tillgängliga är: intensi-

Tabell 1. Möjlig ökad avverkning år 2050 om produktionshöjande åtgärder tillämpas i skogsbruket.

Metod	Ökning, (%)
Intensivare föryngring	3
Skogsträdsförädling	8
Användning av contortatall	2
Skogsgödsling	2
Summa	15

vare föryngringar, skogsträdsförädling, skogsgödsling samt användning av contortatall. Effekten fram till år 2050 sammanfattas i tabell 1 nedan.

Under andra halvan av perioden, efter år 2050 ökar avverkningsmöjligheten ytterligare och kommer då att ligga mellan 15 och 20 % högre än dagens nivå. Det betyder, applicerat på dagens avverkning 90 milj. m<sup>3</sup>sk, att 13,5 milj. m<sup>3</sup>sk extra kan avverkas år 2050, och ca 18 miljoner m<sup>3</sup>sk mer år 2100. För att kunna utnyttja dessa potentialer krävs oftast ett trakthyggesbruk.

### Kommentarer

- I undersökningen sattes målet att alla föryngringar ska klara skogsvårdslagets krav. Det kräver att markberedningen ökar med 20–25 %-enheter, att andelen planteringar ökas med ca 10 %-enheter samt att kalmarkstiden kortas eller hålls oförändrad.
- Här förutsätts att plantering sker med bästa förädlade material vid varje tillfälle. Det betyder att använda dagens fröplantager som ger 10 % merproduktion i början av perioden och successivt använda allt bättre material, vilket betyder en merproduktion av ca 50 % på det som planteras i slutet av 100-årsperioden.

- Beräkningarna baseras på två scenarier: ett högt där det gödslas 220 000 ha/år och ett lägre där 60 000 ha gödslas årligen. Som jämförelse kan nämnas att det i dag gödslas cirka 20 000 ha/år medan det under 1970-talet som mest gödslades på cirka 200 000 ha årligen. Här redovisas enbart det lägre alternativet.
- Analysen grundas på plantering av förädlad contortatall i norra Sverige på 15 000 ha årligen. Det är den nivå som tillåts av skogsvårdslagen och 10 gånger mer än dagens användning, men bara ungefär hälften av vad som användes under 1980-talet.

### Ytterligare åtgärder

En annan åtgärd som lokalt kan öka produktionen avsevärt är rensning av skogsdiken. Dikessystemen i skogsmarken är ofta dålig underhållna och många skogar på annars produktiva marker håller på att försumpas och få en drastiskt minskad produktion. Dräneringen kan också minska risken för framtida stormskador.

En ökad intensitet i röjning av ungskogarna skulle innebära att omloppstiderna kan minskas och dimensionerna i framför allt första gallring

ökas. Omloppstiden kan kortas och lönsamheten ökar.

En viltförvaltning som anpassar stammarna av framför allt älg och rådjur till tillgänglig fodermängd är ett annat exempel på åtgärd som resulterar i ökad produktion och förbättrad kvalitet och därmed ökad lönsamhet i våra skogar.

### Erkännanden

Denna rapport är synteser av 15 delrapporter författade av forskare vid Skogsfakulteten, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut (Skogforsk) (namn listade i inledningen).

Författarna ansvarar för innehållet i sina respektive bidrag, medan synteserna är en tolkning av dessa. Eventuella felaktiga tolkningar av bidragen ska inte ligga respektive författare till last.

### Litteratur

- Anon. 2001. Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitikens effekter – SUS 2001. Meddelande 2002:01.
- Bergquist, J. Ekö, P-M. Elfving, B. Johansson, U. & Thuresson, T. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. Rapport 19. Skogsstyrelsen.
- Ekelund, H. & Hamilton, G. 2001. Skogspolitik historia. Rapport 8A. Skogsstyrelsen.
- Rosvall, O., Jacobson, S., Karlsson, B. & Lundström, A. 2004. Ökad produktion – trots ökad naturvård? I: Utvecklingskonferens 2004. Redogörelse nr 1 2004. Skogforsk.

[www.svo.se/fakta/stat/](http://www.svo.se/fakta/stat/)



# Strategiska skogsbruksval – analys av ekonomiska konsekvenser

Lars Lönnstedt, SLU

Syftet är att visa effekterna på förädlingsvärde, exportvärde och sysselsättning av ändrade skogsbruksstrategier (ökad tillväxt på skogsmarken, oförändrad tillväxt respektive minskad produktion som en följd av kontinuitetsskogsbruk på granmarker). Detta uppnås genom exemplifiering på fyra anläggningar, två mekaniska massabruk (Hylte Bruk och Ortvikén) och två sågverk (Mönsterås och Sikås). Avsikten med dessa fallbeskrivningar är att visa vad förändrade skogsbruksstrategier innebär för enskilda anläggningar och för närområdena. Baserad på nationalräkenskaperna för skogsindustrin och en kalkylmodell görs en samhällsekonomisk analys för att illustrera effekterna av förändrade skogsbruksstrategier för skogsindustrin och därmed också för Sverige.

Studierna av de fyra företagen visar på påtagliga negativa resultat effekter om kontinuitetsskogsbruk på granmark införs. Detta gäller i synnerhet för sågverken. Förklaringen är att ju större andel av kostnaderna som ved-

råvaran utgör av de totala kostnaderna desto känsligare är det ekonomiska resultatet för förändringar av avverknings- och transportkostnader. Även råvarutillgången är viktig, speciellt gäller detta för sågverken som saknar alternativ. Många sågverk kommer att tvingas upphöra med sin produktion om tillgången på granved minskar. Massabruken klarar sig bättre, åtminstone på kort sikt. På lång sikt kan även här nedläggningar komma att ske.

Huruvida björk som virkesråvara är ett intressant alternativ eller inte beror på produktionsinriktningen. Inte i något av de fall som studerats, är björk ett alternativ. Med tanke på den svenska produktionsstrukturen för sågverk och massabruk skulle plantering av björk på granmarkerna innebära mycket omfattande nedläggningar och få påtagliga samhällsekonomiska effekter.

En ökning av virkesproduktionen är mer eller mindre en förutsättning för bibehållen konkurrenskraft. En fortlöpande ökning av produktionen sker genom s.k. vardagsrationaliseringar, vilka möjliggör produktivitetsförbät-

ringar. Detta innebär många gånger ökad produktion, vilket i sin tur successivt medför en ökad förbrukning av virkesråvara.

En förändring av skogsbruksstrategi har ur ett samhällsekonomiskt perspektiv påtagliga effekter på förädlingsvärde, exportvärde och sysselsättning för sågverken och massaindustrin. Effekterna är mest påtagliga för sågverken eftersom råvaran utgör en betydande del av sågverkens produktionskostnader. En omfattande andel av sågverkens produktion exporteras och sågverken är mer sysselsättningsintensiva än massaindustrin. Påverkan på förädlingsvärde, exportvärde och sysselsättning blir än mer påtagliga om man beaktar effekterna på efterföljande led i vidareförädlingskedjan.

# Skogsbruksplaner – om skogsägaren själv får välja

Johan Sonesson och  
Ingemar Eriksson

## Skogsbruksplanen behöver utvecklas

Skogsbruksplanerna för mindre skogsägare har inte genomgått någon större utveckling de senaste decennierna. En förändring som skett är att naturvården införlivades under 90-talet och planerna blev ”gröna”. Nya forskningsresultat och metoder för datafångst, planering och optimering som har utvecklats, har i betydligt högre grad implementerats inom storskogsbruket.

Dagens skogsbruksplaner kan anses ha låg datakvalitet i förhållande till värdet och effekterna av beslut som de är avsedda att stödja och de föreslagna åtgärderna kan därmed vara långt ifrån ekonomiskt och ekologiskt optimala. Planen görs oftast med liten eller ingen inblandning av skogsägaren och tar liten hänsyn till individuella behov och önskemål. Trots dessa brister fyller dagens skogsbruksplaner viktiga funktioner, kanske främst som discussionsunderlag vid rådgivning, avverkningsplanering och virkesköp. Många skogsägare använder dock sina planer bara delvis eller inte alls.

Ovanstående problemställningar har varit utgångspunkten för ett pågående projekt som syftar till att ge underlag för utveckling av morgondagens skogsbruksplaner. Vår målsättning är att skogsbruksplanen

- blir ett mer flexibelt beslutsstöd än dagens skogsbruksplaner,
- blir bättre anpassad till skogsägarens individuella mål, ekonomi, intressen och kunskaper,
- utarbetas i en tydlig och strukturerad dialog mellan planläggare och skogsägare,

- har en högre datakvalitet som ger underlag för bättre beslut,
- föreslår åtgärder som är baserade på senaste tillgängliga kunskaper och metoder,
- kan rymma både långsiktiga strategier och kortsiktiga beslut i samma plan,
- blir enkel att underhålla och komplettera.

## Ett nytt koncept

Som ett första steg i utvecklingen av framtidens skogsbruksplaner har Skogforsk utvecklat ett nytt plankoncept som vi kallar ”*Beslutsunderlag för privatskogsbruk*”. Tanken bakom konceptet är att skapa en mer flexibel skogsbruksplan som är individuellt anpassad till varje skogsägare och dennes situation, med möjlighet till högre datakvalitet och med en dynamisk planeringshorisont. Konceptet har tre bärande komponenter:

- Ett fritt val av olika tjänster som kan beställas var för sig eller i kombination
- Olika tidshorisonter för olika tjänster
- Möjlighet till val av nivå på datakvalitet

Beställning av ett beslutsunderlag görs efter ett samtal mellan skogsägaren och planläggaren. Innan samtalet har planläggaren skaffat sig en överblick av fastigheten t.ex. genom fältbesök, flygbild eller en gammal plan. Samtalet tar någon eller några timmar och har fyra faser:

- 1, En intervju om fastigheten, inriktningen på skogsbruket och ägarens önskemål.

- 2, En kort utbildning i skogsbruksplanering och nyttan med denna.
- 3, En presentation av de olika tjänsterna.
- 4, Skogsägaren beställer sin egen kombination av tjänster.

Det viktiga med konceptet är ovanstående principer och inte i detalj vilka tjänster som skogsägaren kan välja på och hur dessa är uppbyggda.

## Konceptet testas

För att testa konceptet på ett antal skogsägare definierade vi ett antal tjänster och datakvaliteter. Följande tio tjänster ingick i den första intervjuomgången:

1. **Strategi** är en långsiktig plan för skogsskötsel och virkesuttag på fastighetsnivå.
2. **Naturvård** beskriver och eventuellt värderar bestånd som avsätts för naturvård.
3. **Mångbruksplan** samordnar virkesproduktion och andra värden, t.ex. kulturminnesvård och jakt.
4. **Slutavverkning** är en kortsiktig plan med förslag på bestånd och rangordning av dessa.
5. **Gallring** är en kortsiktig plan med förslag på gallringsbestånd och rangordning av dessa.
6. **Skogsvård** planerar och rangordnar skogsvårdsåtgärder, framför allt röjning.
7. **Samordning** föreslår hur avverkningar kan samordnas samt ger förslag på vägprojekt.
8. **Skogsbruksplan** är en traditionell plan som går att kombinera med andra tjänster.
9. **Beståndsanalys** ger förslag på skötselalternativ och utveckling för enskilda bestånd.
10. **Gödsling** ger förslag på lämpliga

bestånd att gödsla samt en kostnads-intäkts kalkyl på åtgärden.

Inom flera av tjänsterna kunde skogsägaren välja mellan subjektivt skattade data och data insamlade vid en objektiv cirkelyteinventering. Efter utvärdering av den första omgången om 17 intervjuer reducerades konceptet till 8 tjänster inför den andra omgångens intervjuer. Tjänsterna mångbruk och samordning togs bort eftersom de rönt minimalt intresse från de tillfrågade skogsägarna.

För att testa skogsägarnas acceptans för det nya konceptet har vi genomfört de inledande samtal som beskrivs ovan med skogsägare. Intervjuerna har gjorts i två omgångar. Första omgången genomföres med 17 skogsägare i Dalarnas och Gävleborgs län. Andra omgången gjordes med 17 skogsägare i Hallands och Kronobergs län samt med 10 skogsägare i Jämtlands och Västerbottens län.

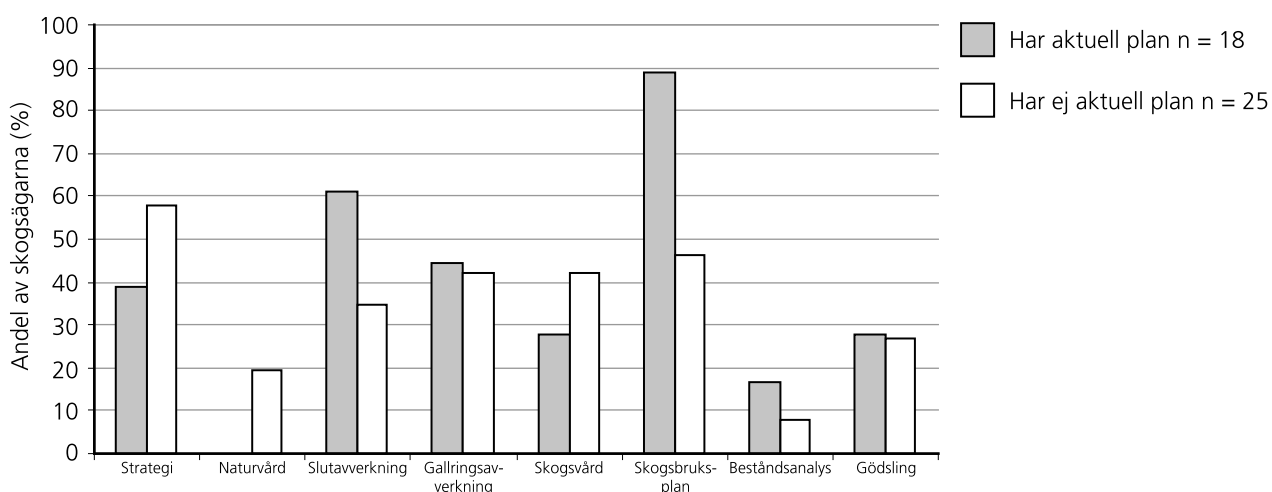
Skogsägarna har i slutet av samtalet fått göra en beställning. De har gjorts medvetna om att vi är intresserade av vad de skulle ha valt i en verklig beställningssituation. Under samtalet har skogsägaren fortlöpande informerats om kostnaden för de olika tjänsterna och hur kostnaden påverkades beroende på vilka kombinationer av tjänster som valdes. Samtalet har alltid avslutats med att skogsägaren deklarerat att detta är vad han/hon skulle ha beställt till den aktuella kostnaden i en verklig situation.

För att göra situationen så realistisk som möjligt utbildades åtta planläggare som genomförde samtalen. Urvalet av skogsägare begränsades till de som hade en fastighet på 50–150 ha skogsmark (30–150 i intervjuomgång 2) och som var högst 50 år. I den första omgången valdes endast sådana som saknade aktuell plan och i den andra omgången ingick även sådana som hade en aktuell plan. De senare

ombads svara som om de inte hade en plan utan stod i begrepp att skaffa en ny. Av de skogsägare som uppfyllde dessa krav gjordes ett slumpmässigt urval. Dessa kontaktades och de som visade intresse för att vara med i undersökningen intervjuades.

### Stor variation i skogsägarnas val

Resultaten visade att markägarna i mycket stor utsträckning utnyttjade möjligheterna att fritt välja tjänster (figur 1). Tydliga skillnader mellan de två intervjuomgångarna kunde noteras. I intervjuomgång 1 där 17 skogsägare utan aktuell plan ingick valde endast 4 skogsägare traditionell skogsbruksplan, 3 av dessa valde dessutom någon eller några tilläggstjänster till planen. Endast en valde bara skogsbruksplan. I intervjuomgång 2 där 18 av de 27 skogsägarna hade en aktuell plan valde 24 skogsägare en traditionell plan, 19 av dessa valde även till andra tjänster och endast 5 valde enbart skogsbruks-



Figur 1. Skogsägarnas val av tjänster fördelat på de som hade en aktuell plan och de som inte hade en.

plan. Tre skogsägare avstod från en traditionell plan och valde enbart andra tjänster.

I valet mellan subjektivt skattade data och data insamlade med en objektiv cirkelyteinventering valde de flesta den objektiva metoden som ger säkrare och mer användbara data, trots att denna metod ger en högre kostnad (figur 2). För skogsvårdstjänsten valde dock de flesta en subjektiv skattning. De som valde objektiv metod för datainsamling gjorde detta till en merkostnad av 2 740 kronor per plan.

De flesta skogsägare valde tjänster till en kostnad som översteg kostnaden för en traditionell skogsbruksplan (figur 3). Några valde dock endast någon eller några tjänster som tillsammans kostade mindre än en skogsbruksplan. I genomsnitt valde skogsägarna kombinationer av tjänster som kostade 3 209 kronor (motsvarar 26 %) mer än en traditionell plan.

I intervjuomgång 2 tillfrågades

skogsägarna om de uppskattade samtalet med planläggaren före beställning och planläggning samt om de skulle vara beredda att betala för det. Samtliga 27 svarade att de uppskattade samtalet och 22 svarade obetingat ja på frågan om de var beredda att betala för det, fyra svarade "kanske" och en "nej".

### Diskussion och slutsatser

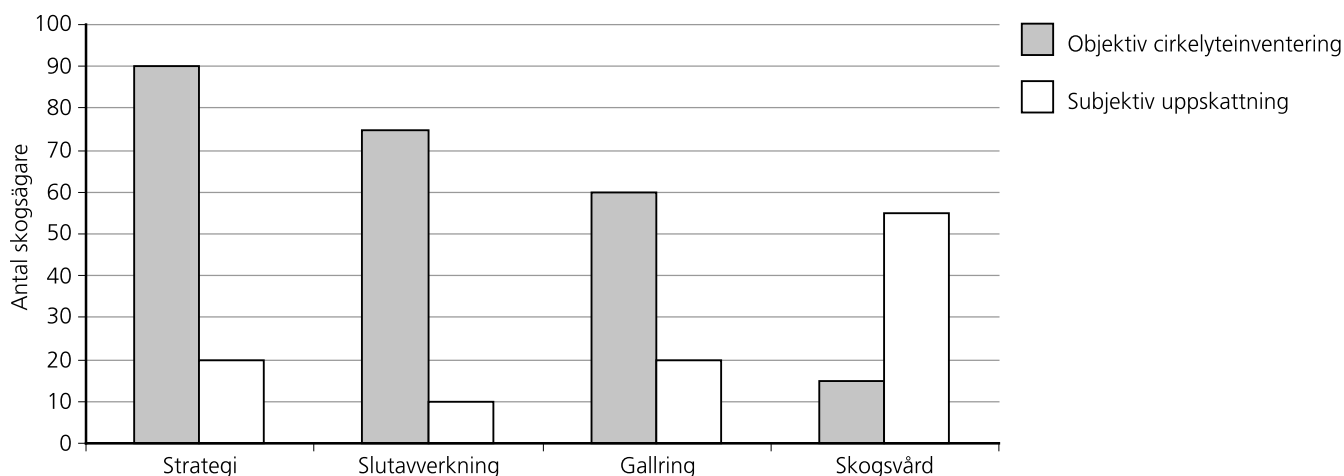
Undersökningens huvudsakliga svaghet bestod i att markägarna inte gjorde verkliga beställningar. Vid flera tillfällen uttryckte man svårigheten att tänka sig in i situationen. Vi är dock övertygade att de genomgående gjorde sitt bästa för att svara så sanningsenligt som möjligt.

En annan svårighet var att bedöma kostnaden för de olika tjänsterna, t.ex. merkostnaden för en objektiv inventering. Vårt intryck är att man ofta inte var känslig för "någon tusenlapp upp eller ner", utan att behoven styrde i

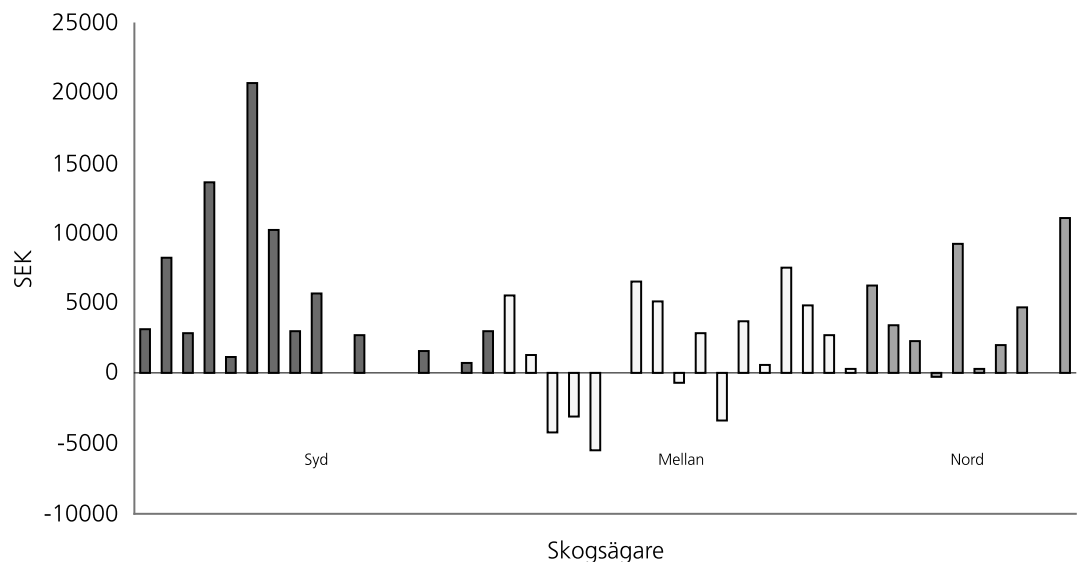
hög grad. En viktig uppgift i kommande undersökningar är ändå att bättre undersöka till vilken kostnad de olika tjänsterna kan genomföras.

Med dessa svagheter i beaktande drar vi följande slutsatser:

- Skogsägarna gjorde mycket varierande val.
- Skogsägare, som i dag inte har en aktuell plan, kan i stor utsträckning tänka sig att avstå från information som ingår i en traditionell plan till förmån för mer noggranna data om visa bestånd.
- Skogsägare, som i dag har en aktuell plan, är mer benägna att välja en sådan igen, men i stor utsträckning med tillval av andra tjänster.
- Betalningsvilja finns för dyrare alternativ.
- Skogsägarna uppskattade dialogen



Figur 2. Antal skogsägare som valt objektiv eller subjektiv metod för datainsamling för de olika tjänsterna..



**Figur 3.** Skillnad mellan kostnaden för valda tjänster och en traditionell skogsbruksplan. Skogsägarna är grupperade i Syd- Mellan- och Nordsverige, där intervjuomgång 1 är Mellansverige och intervjuomgång 2 är Syd- och Nordsverige.

med planläggarna och är beredda att stå för kostnaden.

kan det ge breddade och fördjupade arbetsuppgifter för planläggaren.

- Tillförlitliga objektiva data värderades högt.
- Tankegången bakom "tidsdynamisk planering" förstods och uppskattades.
- Planläggarna var positiva till arbets sättet.

Vi bedömer att skogsägarna med det nya plankonceptet kommer att kunna fatta bättre beslut än med dagens skogsbruksplaner. Vi tror också att fler skogsägare kommer att skaffa plan och använda den. Det kan i sin tur leda till höjd kunskapsnivå, ökat engagemang och ökad aktivitet hos skogsägarna.

Det nya plankonceptet kan också leda till att förbättra skogsägarens kommunikation med rådgivare, virkesköpare och myndigheter. Dessutom

# Stora möjligheter i lövskogen – inte minst i ungdomen

Lars Rytter & Martin Werner

Det är högst sannolikt att produktionspotentialen inte utnyttjas hos de snabbväxande ordinära lövträden d.v.s. björk, asp och al. Såväl höjdtillväxt som volymtillväxt kulminerar i tidig ålder (figur 1) och mycket tyder på att denna tidiga tillväxtpotential tappas bort p.g.a. att lövskogen inte blir skött eller att skötseln inte är anpassad till de aktuella trädslagen. Effekterna av de tidiga skötselinsatserna har inte blivit ordentligt studerade för ordinära lövträd, vilket medför att befintliga produktionsstabeller måste betraktas som mindre tillförlitliga.

Täta, oröjda och ogallrade bestånd producerar mer biomassa än röjda och gallrade bestånd (t.ex. Rice m.fl., 2001; Simard m.fl., 2004). Men om biomassan förloras genom självgallring eller läggs på klena träd med svag vitalitet, och därmed inte dirigeras till de träd som står kvar för framtiden, är

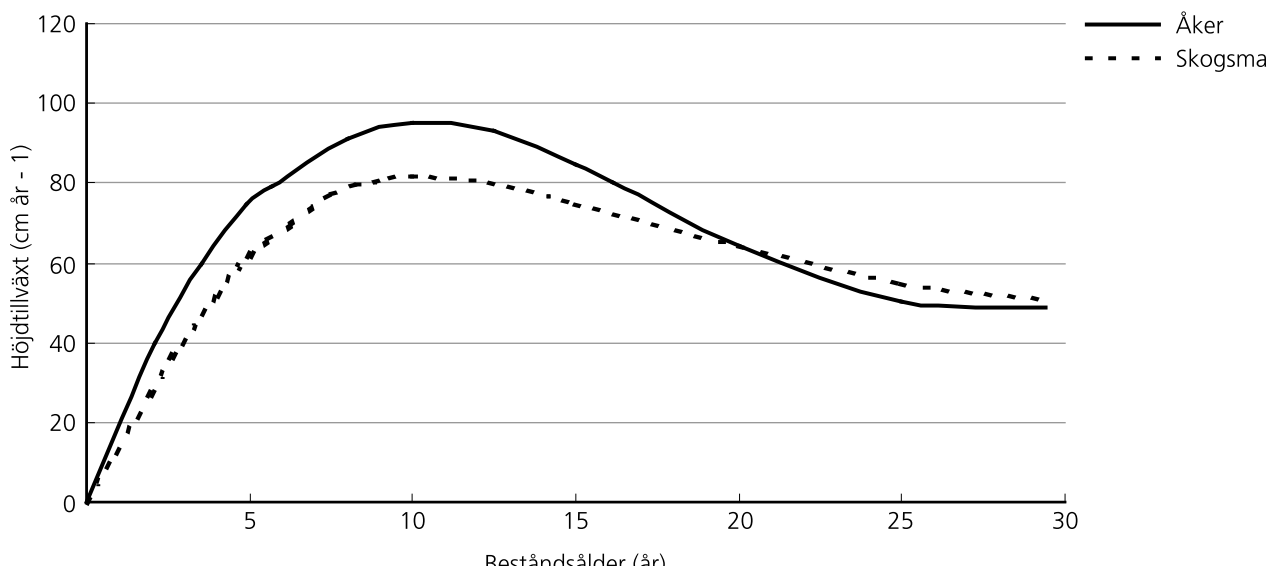
denna merproduktion av ringa värde för lövskogsbrukets lönsamhet. Den snabba dynamiken i ungdomen hos pionjärträdslagen innebär att konkurrens uppstår och förändras på kort tid. I allmänhet är rekommendationerna för röjning av lövskog en kompromiss mellan att lämna tillräckligt många träd för det framtida urvalet samt ”kvalitetsdana” dessa, och att öppna upp beståndet så att kvarvarande träd kan behålla och utveckla sin grönkrona och därmed tillväxtkapacitet. I detta sammanhang tror vi att för lite uppmärksamhet har riktats mot tillväxtförluster hos framtidsstammarna som hämmats av tidig och ihållande konkurrens från omgivande träd. Med den här presenterade röjningsstudien vill vi rikta uppmärksamheten mot denna problemställning. Studien visar hur en bättre förståelse av tillväxtdynamiken i röjningsskog av björk, asp och al skapar förutsättningar för en skötsel, som bättre tillvaratar produktionspo-

tentialen hos våra ordinära lövträd, då målet är att få värdefulla timmerträd.

## Studien

Hypotesen i vår röjningsstudie var att framtidsstammarnas tillväxtpotential inte realiseras p.g.a. stark trängselverkan och svaga ingrepp i ungdomen.

Tre olika röjningsstrategier genomfördes på åtta olika lokaler med huvudsakligen självföryngrade ordinära lövträd. De olika röjningsregimerna var: 1) Normal röjning enligt befintliga rekommendationer sammanställda i t.ex. Rytter & Werner (1998); 2) Stark röjning till ungefär 2/3 av stamantalet i alternativ 1; 3) Fördröjd röjning i fem år. Framtidsstammar i det senare alternativet utsågs på samma sätt som i röjningsalternativen men de friställdes inte. På varje lokal lades provtytor ut i tre olika block, d.v.s. varje behandling fanns i tre upprepningar på samtliga lokaler. Framtidsstammarnas utveckling i form av stamdimensioner och



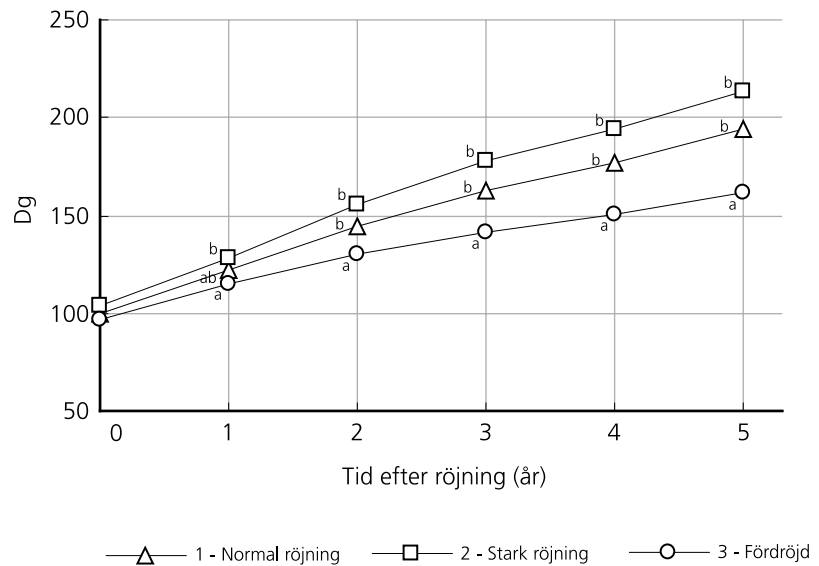
**Figur 1.** Tillväxtmönstret hos pionjärträd, här exemplifierat med Raulos (1977) resultat för finsk björk på såväl åker- som skogsmark.

grönkronornas utveckling följdes under fem år efter försöksstart. Björk var det dominerande trädslaget, men även bestånd med asp och klibbal ingick. I figurerna nedan redovisas resultat för björk, men utvecklingen visade samma mönster, med motsvarande skillnader mellan behandlingarna, även för asp och klibbal.

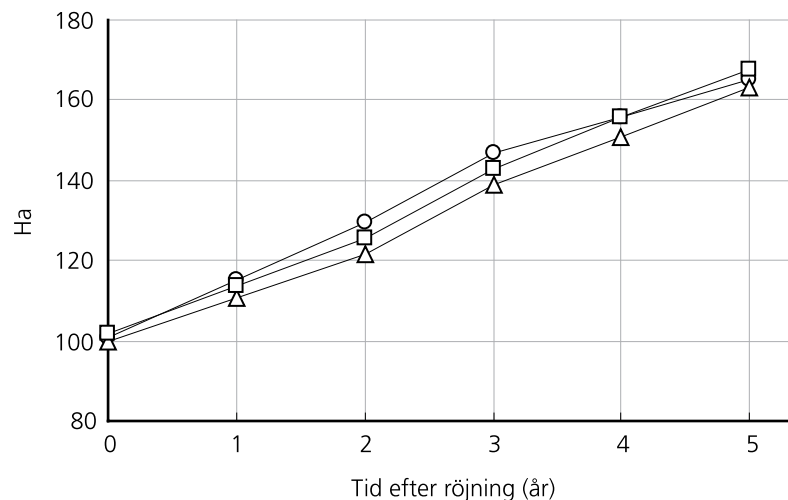
I utgångsläget fanns inga skillnader i trädkaraktärer mellan de olika försöksleden, men redan två år efter behandling hade signifikanta skillnader uppstått. Brösthöjdsdiametrarna var tydligt grövre i de röjda försöksleden, medan skillnaderna mellan normal och stark röjning var små (figur 2). Höjdtillväxten påverkades däremot, såsom väntat, i mycket liten grad av röjningsregim (figur 3).

Det mest dramatiska resultatet var emellertid att grönkronorna utvecklades avsevärt sämre på öröjda jämfört med röjda provtytor. Såväl kronlängd som kronbredd utvecklades betydligt svagare när röjning uteblev. Den relativa kronlängden (grönkronans längd i förhållande till hela stamlängden) bibehölls på ungefär samma nivå på de röjda ytorna medan en kraftig minskning skedde på öröjda ytor (figur 4). Kronbredd var den karaktär där skillnaden mellan normal och stark röjning kunde ses med signifikant bredare krona hos framtidsstammarna vid stark röjning.

Resultaten visade tydligt att dimensionsutvecklingen efter fem år är signifikant sämre där röjningen fördröjts. Denna skillnad kommer sannolikt att förstärkas i framtiden p.g.a. den underutvecklade grönkronan hos träden. Effekten av detta kan befaras bli speciellt allvarlig eftersom den mest aktiva tillväxtperioden hos träden redan passerats. Kronornas återupp-



**Figur 2.** Utvecklingen av grundtytemedelstammens brösthöjdsdiameter ( $D_g$ ) hos björk vid tre olika röjningsstrategier. Figuren visar den relativa diameterutvecklingen, där värdet för det normalröjda alternativet utgör bas och år 0 = 100 %. Olika bokstäver anger signifikanta skillnader vid specifika år.

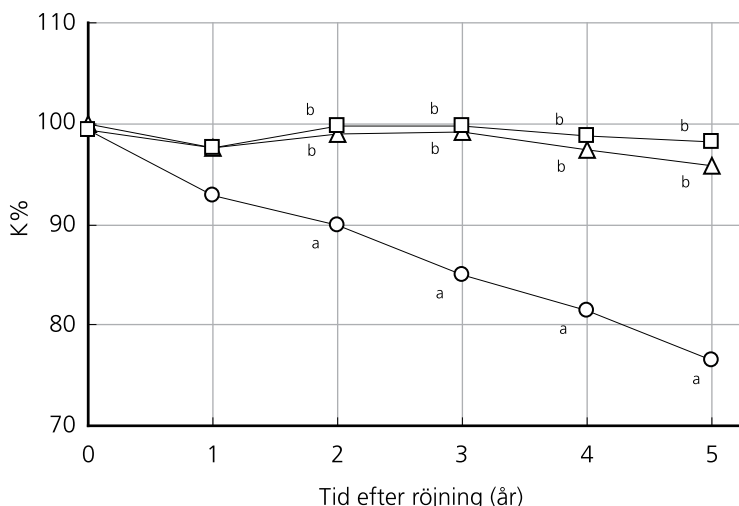


**Figur 3.** Utveckling av den aritmetiska medelhöjden ( $H_a$ ) hos björk vid tre olika röjningsstrategier. Figuren visar den relativa höjduutvecklingen, där värdet för det normalröjda alternativet utgör bas och år 0 = 100 %. Inga signifikanta skillnader påträffades mellan behandlingarna under studieperioden. Symboler framgår ur figur 2.

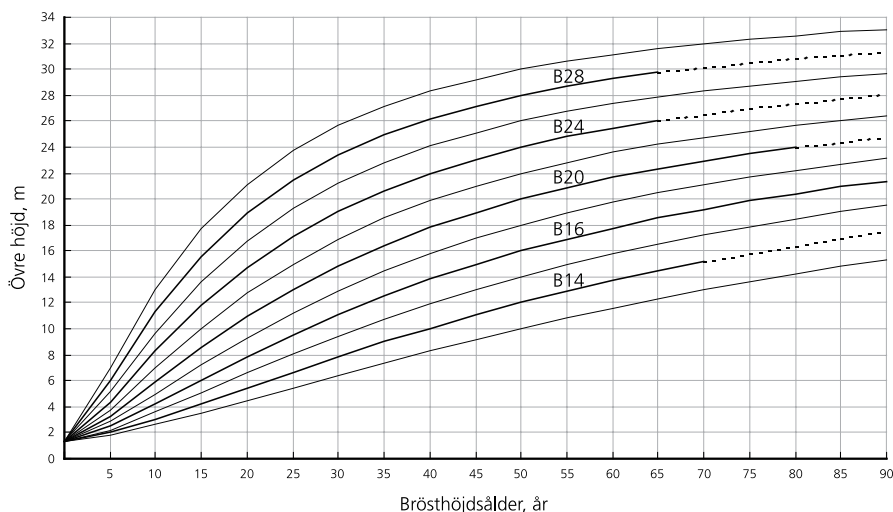
byggnad kommer därför sannolikt att gå långsammare. Detta kan illustreras av höjdtvecklingskurvor (figur 5) där man tydligt ser hur höjdtvecklingen avtar redan vid tidig ålder, en ålder som redan håller på att passeras i röjningsbestånden.

Effekterna av röjningsregim var något olika för de olika lövträds-lagen. Till exempel påverkades aspens kronlängd relativt sett mindre av röjningsintensitet jämfört med björk. Klubbal var däremot mycket känslig för skillnader i röjningsstyrka för såväl kronlängd som kronbredd. Detta visar att röjningsrekommendationer bör anpassas till de olika ordinära lövträds-lagen. Resultaten understryker effekterna av:

- Tidig röjning – leder till att den gröna kronan utvecklas på ett positivt sätt så att det enskilda trädets tillväxtpotential kan behållas.
- Reducerad kronutveckling – leder snabbt till minskad diametertillväxt.
- Röjning på det ekonomiska utfallet – ekonomin kommer troligen att påverkas mer negativt än vad som kan ses efter en inledande femårsperiod, eftersom det kommer att ta tid (eller inte ske över huvud taget) innan frihuggna träd utvecklats sin krona till samma nivå som träd, där en aktiv röjning genomförts i tid
- Utebliven röjning på trädens stabilitet – träd som stått trångt blir instabila genom att förhållandet mellan diameter och höjd blir för lågt (figur 6). Detta kan leda till ökade skador av vind och snö, till böjda och brutna träd.



**Figur 4.** Utvecklingen av den relativa kronlängden (kronans längd i förhållande till trädhöjden räknat som procent (%)) hos björk i de tre olika röjningsalternativen. Värdet för det normalröjda alternativet utgör bas och år 0 = 100 %. Olika bokstäver anger signifikanta skillnader mellan röjningsalternativen vid specifika år. Symboler framgår i figur 2.



**Figur 5.** Höjdtvecklingskurvor för björk enligt Eriksson m.fl. (1997). Det framgår tydligt att höjdtillväxten på de bättre ståndorterna tydligt avtar efter 10 års brösthöjdsålder.

Undersökningen visar fördelarna med en tidig och väl genomförd skötsel. Om målet med lövskogsbruket är att få träd med grova dimensioner och hög kvalitet är tidig röjning med noggrant val av framtida stammar en nödvändig

skötselåtgärd. Vi kan konstatera, att den hittills utförda skötseln av snabbväxande ordinära lövträd snarast är en kombination av bok- och granskogsskötsel. Bokens starka krav på trängselverkan i ungdomen för att kunna



nå god stamkvalitet har varit ledande, tillsammans med de svaga och relativt glea ingrepp, med måttliga krav på tidsprecision, som gäller för granskogsbruk. Det är förvånande att två trädslag med sekundärt tillväxtmönster och stor skuggtolerans blivit vägledande för skötseln av pionjärträdslagen, med snabb initial tillväxt och stora ljuskra.

## Dagsläget

I dagsläget talar mycket för mer och välskött löv i våra skogar. Industrin importerar lövvirke av olika sortiment (Skogsstyrelsen, 2005), naturvården kräver mer löv (t.ex. Appelqvist, 2005), liksom de nationella miljömålen (Miljödepartementet, 2000), certifieringssystemen (PEFC, 2002, Svenska FSC-rådet, 2000) och policybeslut inom skogsvårdsorganisationen. De snabbväxande lövträden passar väl in i den ökande marknaden för bioenergi. Orkanen i januari 2005 har öppnat möjligheter för att öka lövträdsandelen på många marker, och lövskogen är väl lämpad för ett skogsbruk med ökad riskspridning och tidiga intäkter.

Men det är också lätt att hitta argument mot mera lövträd i ett barrskogsdominerat skogsbruk:

- Lövträden blir ändå bara viltfoder.
- Lövvirket har en genomsnittligt dålig kvalitet (Rytter & Stener, 1998), huvudsakligen beroende på årtionden av försummad skötsel.
- Små spridda förekomster av lövträd är svåra att sköta rationellt, ger små spridda volymer som inte "kan" hanteras rationellt med dagens transportsystem, och leder därför till inoptimal sortering. Lövmas-saveden innehåller 10–15 % sågbara sortiment (Bylund & Rytter, 1997; Pape, 2000), vilket

ytterligare försämrar lövets ekonomiska rykte.

- Marknadsutsikterna är osäkra, "eukalyptus importerats i stället" (jfr. Johard, 2004).

Lövskogsbruket är även hämmat genom grumliga riktlinjer från myndigheterna. Samtidigt som mer löv efterlyses av naturvårdsskäl, får björk inte användas som huvudträdsdrag (bilda ett björkbestånd) där den producerar mindre än 60 % av granens volym (Anon., 2005). Det medför nya begränsningar, eftersom nya rön baserade på riksskogstaxeringens material visar att man med dagens skötselsystem förlorar mer på att ha björk på bra granmarker än man tidigare trott. Det finns alltså risk för att björken kommer att trängas undan mot sämre boniteter, där den absolut inte bör växa, om man vill uppnå en ekonomisk björkproduktion, d.v.s. både god volym- och kvalitetsproduktion.

De skogsägare som har värdefull lövskog råkar, eftersom den är en bristvara, inte sällan ut för olika typer av restriktioner i brukandet. I Sverige ska enligt delmål 1 i "Levande skogar" ytterligare 900 000 ha skogsmark undantas från produktion till år 2010 (Naturvårdsverket & Skogsstyrelsen, 2005). Siktet är bl.a. inställt på ädellövskogar, hassellundar, trivial-lövskogar, äldre lövsuccessioner och strandlövnaturskogar, vilket gör att skogsägarna sannolikt känner osäkerhet över möjligheten till ekonomisk lövvirkesproduktion i framtiden. Att myndigheterna lägger en "död" hand över lövskogar, uppmuntrar inte till att öka lövträdsandelen.

## Hur ser framtiden ut

Det finns uppenbara rationella industriekonomiska skäl för den som

vill framhålla gran och hålla tillbaka lövskog i ett barrdominerat land som Sverige. Kalkyler som bygger på dagens förhållanden, där man jämför självförnygrad björk med planterad gran visar sämre lönsamhet för björk. Men en sak är helt säker: dagsläget kommer inte att gälla i framtiden. Med all sannolikhet kommer bl.a. energisektorn att förändra verkligheten. Alla skogsägare är därför inte beredda att enbart gå "den breda vägen" (Werner & Heurlin-Karlsson, 1999). Det finns en hel del som talar till förmån för lövträd och lövskog:

- Redan i dag anser den grupp skogsägare, som har en stor andel lövskog att lövskogsbruk är en lönsam verksamhet.
- Boendemiljö och landskaps-/naturvård prioriteras högt av markägare och det kräver och gynnar lövskog. Ståndsortsanpassning kräver också lövträd.
- Riskspridning och ett jämnt kapitalflöde gynnas av ett kombinerat skogsbruk, där allt ifrån snabbvuxen hybridasp, via konventionell granodling, till ek med lång omloppstid, ingår.
- Resultatet av att skogen ska skötas för såväl produktion som biologisk mångfald medför att mer lövskog behövs.
- Fokus på skogens sociala värden kommer att öka och det kräver mer lövskog.
- Intresset för skogsenergi ökar starkt. Då räknas inte bara virkesvolym, utan producerad biomassa betalas i vikt eller energivärde. För detta passar björken utmärkt, den ger högvärdig energived redan i röjningen.

- En stigande medeltemperatur på grund av växthuseffekten gynnar lövträden som är väl anpassade till ett varmare klimat. Lövträden kan komma att behövas för att få god produktion på våra marker.

För att de positiva trender och krafter som finns för att lövskog ska kunna expandera krävs emellertid några klargöranden och förändringar:

Det vore önskvärt att dagens spretiga riktlinjer ersätts med en tydligt uttalad, sammanhållen och enhetlig policy för lövskog från samtliga berörda myndigheter, något som det tyvärr råder brist på i dag.

Viltskador är ett stort problem, inte bara för lövskogen, och kostar årligen stora pengar (Bergström & Glöde, 2004). Här krävs att viltstammarna kan hållas på en acceptabel nivå, något som Skogsstyrelsen uppmärksammat (Ingemarson m.fl., 2005). Vi måste ändra inställning till lövskogsskötsel och inse att lövskogens potential bara kan förverkligas om skötselinsatserna sker i tid och på ”rätt” sätt, inte minst i ungdomen. Prioritera därför röjning av ungskogen på bekostnad av äldre och ofta eftersatta bestånd.

## Slutsatser

I dag sköts asp, björk och al på ett från flera synpunkter inoptimalt sätt. Detta är speciellt tydligt i röjningsfasen. En ny skötselstrategi anpassad till lövets tillväxtdynamik skulle innebära tidigare och hårdare röjningar än vad som görs i dag. Om en sådan anpassning görs skulle asp, björk och al kunna spela en större och viktigare roll i det framtida svenska skogsbruket.

## Referenser

- Anon. 2005. Nu skärps reglerna för godkända hyggen? Skogseko 4/2005: 4.
- Appelqvist, T. 2005. Naturvårdsbiologisk forskning – Underlag för områdeskydd i skogslandskapet. Naturvårdsverket, Rapport 5452, Stockholm.
- Bergström, R. & Glöde, D. 2004. Viltbete – smakar det så kostar det. Skogforsk, Redogörelse Nr 1, Uppsala, s. 53–58.
- Bylund, N. & Rytter, L. 1997. Inventering av sågbart lövvirke i massavedsleveranser. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 374, Uppsala, 7 s.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Kiviste, A. 1997. A site-index model for pure and mixed stands of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 12: 149–156.
- Ingemarson, F., Claesson, S. & Thuresson, T. 2005. Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden. Skogsstyrelsen, Preliminär rapport 2005-12-01, Jönköping.
- Johard, C. 2004. Temperaturen stiger nu i Eunápolis i Brasilien. *Nordisk Papper & Massa* Nr 1, 2004.
- Miljödepartementet 2000. Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier. Regeringens proposition 2000/01:130. Regeringskansliet, Stockholm. 255 s.
- Naturvårdsverket & Skogsstyrelsen 2005. Nationell strategi för formellt skydd av skog. Naturvårdsverket, Stockholm & Skogsstyrelsen, Jönköping, 95 s.
- Pape, R. 2000. Sågbart virke av björk och asp i massaveden. Mellanskog, Projekt Al Asp Björk, Delrapport 15, 6 s.
- PEFC 2002. System för certifiering av skogsbruk och virkesflöde – Tekniskt dokument. Pan European Forest Certification, PEFC/05-1-1, Stockholm. 16 s.
- Raulo, J. 1977. Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. *Comm. Inst. For. Fenn.* 90.4.
- Rice, J. A., MacDonald, G. B. & Weingartner, D. H. 2001. Precommercial thinning of trembling aspen in northern Ontario: Part 1 – Growth responses. *The Forestry Chronicle* 77: 893–901.
- Rytter, L. & Stener, L.-G. 1998. Genomsnittlig timmerkvalitet för olika lövträd i Sverige. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 405, Uppsala, 16 s.
- Rytter, L. & Werner, M. 1998. Lönsam lövskog – steg för steg. Skogforsk,Handledning, Uppsala, 43 s.
- Simard, S.W., Blenner-Hassett, T. & Cameron, I.R. 2004. Pre-commercial thinning effects on growth, yield and mortality in even-aged paper birch stands in British Columbia. *For. Ecol. Manage.* 190: 163–178.
- Skogsstyrelsen. 2005. Skogsstatistisk årsbok 2005. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Svenska FSC-rådet 2000. Svensk FSC-standard för certifiering av skogsbruk. Forest Stewardship Council A.C., Uppsala. 37 s.
- Werner, M. & Heurlin-Karlsson, L. 1999. Skogsägares uppfattning om lövskogsbruk. Skogforsk, Redogörelse Nr 3, Uppsala, 35 s.

# Dåliga plantor – garanti för en misslyckad föryngring

Jörgen Hajek

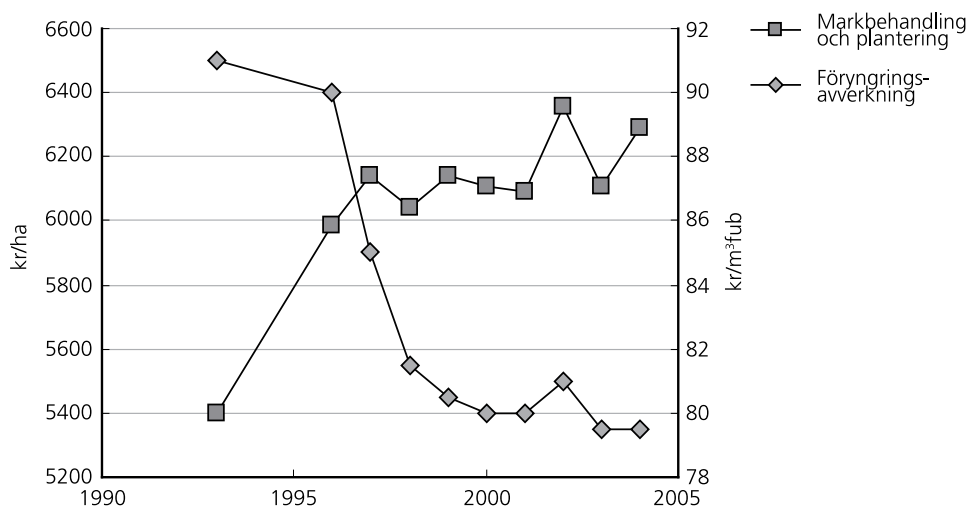
## Problemet

Våren 2003 planterades miljontals tillsynes gröna friska plantor som efter några veckor på hygget förvandlades till bruna döda plantor. Detta kostade skogsbruket 10-tals miljoner kronor i bortkastade plant- och planteringskostnader, försämrade (åldrade) markberedning, förlorad produktionstid p.g.a. omplantering o.s.v.

Orsaken till katastrofen var den gången ett hastigt väderomslag i hela Sverige mellan den 17:e och 20:e oktober 2002. Temperaturen sjönk snabbt efter en längre period med brittsommarvärme till sträng kyla ända ner i Götaland. Plantor som vid det tillfället stod ute på friland hade tillräckligt härdade skott för att klara köldknäppen, men rötterna var mindre härdiga. De omfattande frysskadorna som drabbade rötterna syntes inte vid inlagringen i kylar och frysar. Plantorna betraktades i stället utifrån skottens utseende som oskadade och vitala.

Kontentan av hela historien blev en smäll i form av reklamationer av döda plantor, bortkastat föryngningsarbete, naggat förtroende för plantskolorna etc. Ironiskt nog ledde det sistnämnda till, att en del plantköpare vill försäkra sig om att de får levande plantor genom att kräva leverans av plantor med skjutande skott. Detta är i sig ett misstag då lagrade plantor ska planteras i vila för att ha bäst förutsättningar att klara sig på hygget. Dessutom säger inte sträckande skott någonting om rötternas vitalitet.

Sådana här ekonomiska bakslag i föryngningsarbetet står i bjärt kontrast till de krav på sänkta föryngningskostnader, som under senare tid allt oftare framförs. Den effektivisering som skett



Figur 1. Kostnadsutveckling för förnyngningsavverkning och förnyngring genom plantering under perioden 1993–2004.

på drivningssidan saknar till stor del motsvarighet inom plant- och förnyngningsområdet (figur 1). I princip odlas och planteras plantor på samma sätt i dag som för 20 år sedan. Inom ramen för befintliga system finns emellertid goda möjligheter till förbättringar. Enkel men effektiv kvalitetssäkring skulle t.ex. innebära att plantering av dödsdömda plantor i hög grad kunde undvikas. Potentialen i detta kan exemplifieras på följande sätt:

- I dag kostar en täckrotsodlad planta mellan 60 öre till 2 kr beroende på typ av planta och storlek.
- Planteringskostnaden är i genomsnitt ca 1 kr per planta.
- Årligen levereras ca 320 miljoner plantor (varav 265 miljoner är täckrotsodlade).
- Planteringen görs på ca 140 000 ha.

- Kostnaden för markberedning och plantering är i genomsnitt 5 200 kr/ha i norra Sverige och 7 100 kr/ha i södra Sverige.

En återväxttaxering som utförts av ett skogsbolag, som i snitt planterar ca 2 350 barrplantor per ha, visar att det totala antalet huvudplantor av barr efter 6–9 år är ca 1 700 inklusive självförnygrade plantor. Detta innebär att ca 30 % av de planterade plantorna försvunnit.

Om man antar att en tredjedel av plantorna dött av orsaker som redan uppkommit i plantskolan och överför resonemanget till hela den planterade arealen, innebär det att plantor till ett värde av 32 miljoner kr och plantering till ett värde av 38 miljoner förloras av orsaker relaterade till plantskolorna. Måste därutöver markberedningen göras om tillkommer ytterligare 16–18 miljoner i ökade förluster. Utöver dessa



**Figur 2.** Döende planta året efter plantering.



**Figur 3.** Vid den morfologiska studien beskrivs bl.a. förhållandet mellan rot och skott.

direkta kostnader tillkommer produktionsförluster som glesare bestånd, oförädlade huvudstammar och förlorad tid som eventuell omplantering medför.

### Orsakerna

För att göra något åt saken bör man veta var felet sitter. Orsaken till avgångar som har sitt ursprung i plantskolan är flera:

- Frostskador. Drabbar plantorna på friland under hösten där de står i väntan på att bli tillräckligt hårdiga för vinterlagring. Skador på rötterna orsakar mer problem än skador på skotten. Skaderisken ökar med sydligare ursprung.
- Svampangrepp. Till exempel gremmeniella som framför allt infekterar plantan under sensommaren i plantskolan och sedan följer med ut i fält.

Under vinterlagring (speciellt i kyl och vid kartonghantering) kan gråmögel orsaka omfattande skador.

- Obalans mellan rot och skott. Orsakas bl.a. av att kunderna vill ha stora plantor till priset av små plantor. Detta leder till överodling – d.v.s. att plantorna odlas för lång tid i förhållande till krukornas storlek. Resultatet blir plantor med stor grönmassa, men med små rotsystem. De underdimensionerade rotsystemen har svårt att försörja plantan med vatten och näring efter plantering. Dessutom har överodlade plantor ofta deformerade rotsystem som ger sämre tillväxt och stabilitet i fält.
- Näringsbrist. För låga näringsnivåer i plantorna vid inlagringen leder till att de får för

liten matsäck med ut på hygget, vilket minskar möjligheterna till bra och snabb etablering.

### Lösningen

Under två år har Skogforsk i samarbete med Holmen Skog AB utvecklat och använt ett tillvägagångssätt för att identifiera ”de ruttna äggen i korgen”, d.v.s. plantpartier i kyl- och fryslager som har brister som kan leda till avgångar. Detta har inneburit att leverans av dödsdomda plantpartier har stoppats innan de lämnat plantskolan. Testet görs ett par månader innan tänkt leverans, vilket ger utrymme för omDispositionering av planer för såväl plantskolan som kunden. Uppkommen brist på plantor hos en plantskola kan avhjälpas genom inköp eller byte av plantor mellan plantskolor. Plantpartier med för ögonblicket dålig vitalitet för att klara en etablering på hygget kan i vissa fall hållas kvar och rehabiliteras i den gynnsamma odlings-

**Tabell 1.** Exempel på hur plantorna och dess vitalitet redovisas.

Parti	Morfologisk beskrivning av plantan				Näring	RGC, % plantor med döda eller dåliga rötter	Resultat på skott-del efter 5 veckors provodling		Kommentarer
	Höjd cm	Rothals-diam. mm	Torrsvikt i g, hela plantan	Rot-skott kvot torrsvikt (>0,30)			Vikt-% kväve (2,0–2,5)	% vitala oskadade plantor	
Tall	10,0	2,6	1,84	0,40	2,31	0	91,4	1,3	Bra vitala plantor dock ojämn i storlek. Ca 15 % fastvuxna i kasset.
Gran	21,1	2,8	1,91	0,35	2,00	10	91,2	3,9	Relativt bra plantor, Ca bedöms 90 % klara plantering.
Tall	13,7	2,6	1,89	0,37	1,97	10	93,0	1,8	Bra plantor men se upp med gråmögel. Plantorna sammanväxta i kasset.
Gran	16,9	3,1	1,89	0,42	2,45	0	97,7	0	Mycket bra och robusta plantor.
Tall	12,7	3,1	2,55	0,37	2,13	0	88,9	2,0	Bra plantor men se upp med gråmögel angrepp spec. vid kartong hantering.
Gran	19,2	3,0	2,21	0,40	1,76	0	91,3	0,9	Bra plantor med god balans mellan skott och rot, dock dålig näringsstatus se upp vid lång lagring.
Gran	26,6	3,6	3,21	0,25	2,12	0	85,0	0,5	Plantorna något överodlade med låg andel rötter. Se upp med gråmögel vid kartonghantering. 90–95 % av plantorna klarar plantering.
Gran	14,2	2,3	1,03	0,29	2,03	65	76,5	2,6	Plantorna långnattbehandlades inte och drabbades av frostsador på skott och rötter. 30–40 % bedöms dö vid plantering och behövs därför sorteras före leverans. Kräver god vård då rötterna är få och skadade.



**Figur 4.** Provodling för kvalitetssäkring.

miljön vid plantskolan och användas vid senare leverans. Förutom att undvika utplantering av dåliga plantor, ger testen plantskolan en feedback på hur odlingarna lyckades och var förbättringar behövs.

### Hur gör man?

Vid testningen används en serie beprövade metoder där var och en har fokus på enskilda avgångsorsaker. För ett plantparti innebär testet att ett representativt urval av plantor genomgår en standardiserad kontrollsekvens:

- Morfologisk studie. Genom mätning av plantans höjd, stambasdiameter, torrsvikt och dess fördelning mellan skott- och rot identifieras plantor som överodlats och därmed kan få problem vid etableringen i fält.
- RGC (Root Growth Capacity).

Sker i en speciell odling där plantorna planteras i ett sandblandat substrat och odlas kontrollerat under 3 veckor i konstant temperatur och ljus. Efter odlingen bedöms antal nybildade rötter och dessas längd enligt en standard varigenom plantor med skador på rötterna kan identifieras.

- Näringsanalys. Görs på barren och ger information om plantans näringsstatus. Kväveinnehållet är särskilt viktigt. Plantor med för lågt kväveinnehåll klarar inte lång frys- eller kylgring och har för liten matsäck med ut på hygget.
- Provodling. Sker i +20° och med tilläggslyjus på 16 000 lux. Plantornas utveckling följs löpande under 5 veckor. Efter 5 veckor inventeras samtliga plantor av-

seende vitalitet, förekomst av olika typer av skador på ovanjordsdelen, som exempelvis gremmeniella och frost. Provodlingen ger besked om plantornas utvecklingspotential den första tiden efter plantering.

- Cellodling. Från plantpartier med omfattande och svårbestämda skador görs cellodlingar med syfte att fastställa eller utesluta svampinfektion.

Efter att plantorna gått igenom testen görs en analys, där resultaten från de olika delmomenten vägs samman till en helhetsbild. Många små defekter kan vara lika allvarliga för plantan som en större enskild defekt för dess förutsättningar att klara kedjan från transport till etablering. Med utgångspunkt från analysen ges rekommendationer om åtgärder, som exempelvis skötsel och hantering innan och vid plantering eller i värsta fall kassering av hela partiet (tabell 1).

### Skogforsk gör jobbet

Det borde alltså vara en självklarhet för varje seriös plantodlare att leverera testade plantor till sina kunder. Vill eller kan man inte utföra testen själva erbjuder Skogforsks plantskolor i Sävar och Ekebo standardiserad testning. Testning via oberoende part ökar sannolikt även trovärdigheten i testen. Priset för ett test är beroende av hur många plantpartier som delar på de fasta kostnaderna. För 10 partier är priset ca 10 000 kr/parti och för 30 partier är motsvarande pris ca 6 000 kr.

# **NATUR OCH MILJÖ & KOMMUNIKATION**

# Många bäckar små...

Eva Ring Skogforsk, Stefan Löfgren (SLU), Isabelle Bergkvist & Lars Högbom, Skogforsk

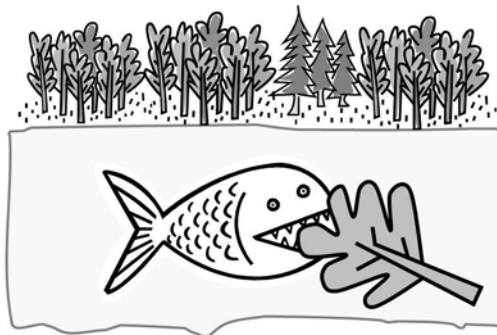
Det mesta vattnet som faller som nederbörd, passerar marken innan det rinner ut i vattendrag och sjöar. Därför påverkas vattnet av hur vi brukar marken t.ex. för produktion av livsmedel och virke. I EU Life-projektet "Skog för vatten" deltar Skogforsk tillsammans med Skogsstyrelsen, länsstyrelser, WWF och Institutionen för miljöanalys (SLU) för att belysa vad skogsbruket kan göra för att uppfylla målen i EU:s ramdirektiv för vatten. I ett fältförsök i Västerbotten studerar vi hur slutavverkning påverkar vattenkvaliteten. Vi håller även på att sammanställa en rapport om vad vi i dag vet

*Med "skogsbruk" menar vi det system som börjar med att plantorna levererats till skogen och slutar med att virket ligger vid bilväg.*

om skogsbrukets påverkan på vatten och vad man kan göra för att minska denna påverkan. I det följande sammanfattar vi vad vi hittills kommit fram till och ger några råd till stöd vid planering för skogsbruk och vatten.

## Hälften av Sveriges nationella miljömål är kopplade till skog och vatten

Flera viktiga miljöproblem är på olika sätt kopplade till skog och vatten, exempelvis försurning, övergödning och den globala uppvärmningen. Riksdagen har antagit 16 nationella miljökvalitetsmål. Hälften av dessa har anknytning till skog och vatten. Att bedriva skogsbruk med hänsyn



**Figur 2.** I skogsbäckar sker den huvudsakliga tillförseln av näring till bottenlevande djur och fisk från den omgivande skogen. Blad, barr och grenar, insekter m.m. ramlar ned i vattnet, transporteras med strömmen och blir till föda för de vattenlevande organismerna. I skogsbäcken är fisken i huvudsak uppbyggd av skogen. Växtproduktionen i bäcken är vanligtvis låg eftersom trädskronornas skugga begränsar tillväxten.

till vatten är följaktligen en viktig nationell angelägenhet.

## Höga mål i EU:s ramdirektiv för vatten

Även i ett europeiskt perspektiv betonas vikten av att bevara och förbättra våra vatten genom EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG). Detta direktiv kommer att bli juridiskt bindande och arbetas in i Miljöbalken. Ramdirektivet omfattar biologi, vattenkvalitet och kvantitet i alla typer av vatten nämligen inlandsvatten, vatten i flodutlopp, kustvatten och grundvatten. Det omfattande arbetet med att införa direktivet pågår för fullt. Som en del av detta har Sverige delats in i fem vattendistrikt som vardera leds av en vattenmyndighet. Det är vattenmyndigheterna som i samverkan med exempelvis kommuner, länsstyrelser, skogs och jordbrukare ska se till att de högt ställda målen i ramdirektivet uppfylls. Exakt hur ramdirektivet kommer att påverka skogsbruket vet vi inte i

dag, men vi bedömer att skogsbrukets påverkan, liksom all annan påverkan på vatten, kommer att få större uppmärksamhet i framtiden.

## Miljöeffekter av skogsbruk

### Ingen urskog – bara brukad skog:

Hur enskilda skogsbruksåtgärder påverkar miljön går att undersöka, men att utröna hur skogsbruk i vid mening påverkar miljön är svårt eftersom nästan alla skogar i Sverige är mer eller mindre påverkade av människan. Historiskt sett har flera åtgärder kopplade till skogsbruk sannolikt påverkat våra vatten nämligen svedjebuket, flottningen, den storskaliga dikningen och den effektiva bekämpningen av skogsbränder.

Att känna till hur enskilda skogsbruksåtgärder påverkar miljön är viktigt. Det är först när man vet vilken påverkan är som man kan pröva olika motåtgärder. Om skogsbruket ska kunna bidra till att uppfylla de nationella miljökvalitetsmålen, såväl som EU:

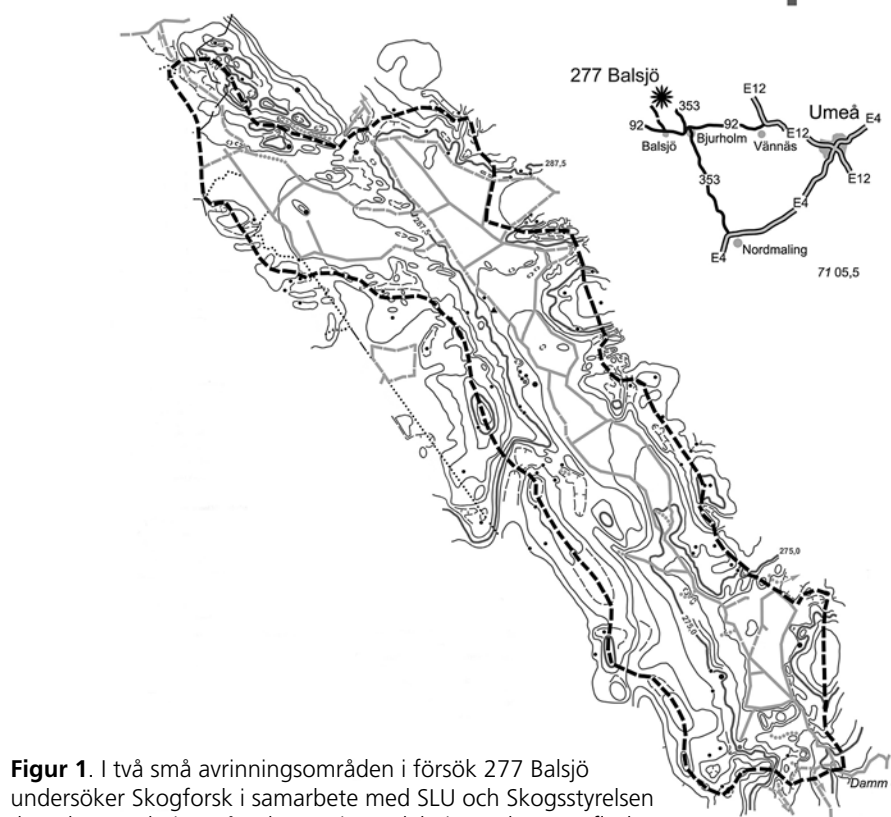




s ramdirektiv för vatten, måste man veta var, när och hur man ska göra sina insatser. Med begränsade resurser gäller det att maximera nyttan av åtgärderna.

**Olika typer av effekter:** Skogsbruk påverkar de vattenlevande organismerna, vattenkvaliteten och vattenflödena. De flesta skogsbruksåtgärder påverkar vattenkvaliteten på olika sätt. Flera åtgärder påverkar även vattenflödena exempelvis slutavverkning och dikning. De vattenlevande organismerna har, liksom vi människor, krav på sin omgivning. Några av de viktigaste faktorerna är tillförseln av partiklar, vattenflödet, tillgången på näring, ljus, temperatur samt vattnets surhet och halter av aluminium, syrgas och organiskt material. De vattenlevande organismerna riskerar att påverkas av skogsbruk om skogsbruket innebär att någon eller några av ovanstående faktorer påverkas. Genom ökade kunskaper om hur skogsbruk påverkar vatten kan man bättre ta hänsyn till vatten i den dagliga planeringen. Inom EU Life-projektet arbetar vi därför med att sammanställa dagens kunskap om skogsbruk och vatten i en rapport som kommer att publiceras under 2006. Här presenterar vi några utvalda och viktiga delar av denna sammanställning.

**Slutavverkning ökar kväveutlakningen:** Vi har långt ifrån alla pusselbitar i dag men vi anser att slutavverkning är en åtgärd där skogsbruket har möjlighet att göra förbättringar både när det gäller utlakning av näring och sedimenttransport. Slutavverkning utgör en kraftig störning i ekosystemet och berör dessutom stora arealer varje år. I södra Sverige visar flera studier att kväveutlakningen från hyggen är förhöjd i ungefär 2–7 år efter avverkning. I norra Sverige finns få uppgifter om



**Figur 1.** I två små avrinningsområden i försök 277 Balsjö undersöker Skogforsk i samarbete med SLU och Skogsstyrelsen hur slutavverkning påverkar näringsutlakning och vattenflöden i denna tämligen outforskade del av landet. Vi testar även om en beskogad kantzon längs bäcken kan minska utlakningen. Studierna ingår i EU Life-projektet "Skog för vatten". I samma områden studerar Kevin Bishop m.fl. (SLU) hur denna åtgärd påverkar utlakningen av kvicksilver och metylkviksilver. Vattendelaren (d.v.s. gränsen mellan olika avrinningsområden, streckad linje) har ritats in utgående från topografien och skär höjdkurvorna vinkelrätt. De grå linjerna visar vattendrag och diken. Holmen Skog AB är markvärd.

hur mycket eller hur länge det lakas ut kväve (och andra ämnen) från hyggen. Inom EU Lifeprojektet "Skog för vatten" har Skogforsk därför påbörjat en studie om hur mycket kväve m.m. som lakas ut efter slutavverkning i tre små avrinningsområden i Västerbotten. Där kommer vi att testa om man kan motverka utlakningen genom att lämna en beskogad kantzon längs bäcken. Vi vet att beskogade kantzoner kan ha flera positiva effekter på de vattenlevande organismerna, vilket är ett tillräckligt skäl för att skapa sådana kantzoner.

Vilken åtgärd som är mest effektiv för att minska näringsutlakning vet vi emellertid ännu inte.

**Tidpunkt, varaktighet och andel av avrinningsområdet:** Effekten av de flesta åtgärder påverkas mer eller mindre av tidpunkten då åtgärden görs, eftersom avrinning, väder, markförhållanden och vegetationens vatten- och näringsupptag varierar över året. Om man tillför lösliga ämnen, t.ex. kvävegödsel eller vissa vedaskor under höst och vinter är risken för hög utlakning stor då avrinningen är

hög och vegetationens näringsupptag lågt. Om man kör då marken är fuktig och mjuk får man lättare körskador än om marken är frusen eller torr.

Vattnen påverkas olika länge av olika åtgärder. Ett exempel på en i skogssammanhang relativt kortvarig påverkan är de vattenkemiska effekterna av skogsgödsling, som brukar vara i ett till två år. Effekterna av dikning däremot påverkar vattenflödena så länge dikena fungerar, d.v.s. upp till flera årtionden.

De vattenkemiska effekterna i ytvatten beror på vilka skogsbruksåtgärder som utförs och hur stor andel av avrinningsområdet som påverkas. Markanvändning i ett regionalt perspektiv är en mosaik i tid och rum. Jordbruk bedrivs i vissa områden samtidigt som olika skogsbruksåtgärder görs på olika håll i landskapet. Det avrinnande vattnets kemi speglar hela denna mosaik tillsammans med effekterna av all annan mänsklig aktivitet.

### **Avrinningsområdena är basen för vattenplaneringen**

Då man planerar för vatten ska man utgå från avrinningsområden, inte administrativa gränser som exempelvis ägo- eller länsgränser. Drivningsledare och planerare har redan i dag tillgång till nödvändigt underlag för att ta reda på hur avrinningsområdena ser ut inom distrikten. För att identifiera avrinningsområden krävs nämligen endast en topografisk karta och detta finns redan i GIS-systemen som används i den skogliga planeringen. På den topografiska kartan identifierar man ett avrinningsområde genom att börja i en punkt i ett vattendrag och dra en linje vinkelrätt mot höjdkurvorna tills man kommer tillbaka till

*Avrinningsområdet är det område ovanför en punkt i ett vattendrag som bidrar till vattenflödet i punkten. Vattnets sammansättning och volym i den punkten är resultatet av markanvändningen i det område som avvattnas uppströms denna punkt d.v.s. i avrinningsområdet.*

samma punkt i vattendraget (figur 1). Linjen som markerar gränsen mellan olika avrinningsområden kallas för vattendelare.

Ett avrinningsområde innehåller ofta flera mindre avrinningsområden. SMHI har delat in Sverige i 119 huvudavrinningsområden och ca 13 000 delavrinningsområden (se [www.smhi.se](http://www.smhi.se) för mer information).

### **Extra hänsyn i utströmningsområdena**

Då man planerar för vatten måste man även ta hänsyn till de s.k. utströmningsområdena. Dessa områden har en nyckelroll i skogs- och vattenlandskapet. Man kan dela in landskapet i in- och utströmningsområden utifrån hur grundvattenmagasinet fylls på respektive tappas av. Inströmning av vatten sker på lokala höjder och utströmning av grundvatten sker i lokala svackor till sjöar, vattendrag och sankpartier. Även i samband med kraftiga regn och snösmältning domineras tillförseln till sjöar och vattendrag av grundvatten. Grundvattnet flödar då mycket ytligt och nästan horisontellt i zonen nära bäcken eller sjön. En stor del av bäckarnas årsavrinning består av grundvatten som transporterats ytligt i marken. Endast en liten del av avrinningen består av smältvatten som aldrig passerat marken. Den ytliga transporten i utströmningsområdena påverkar även grundvattenkemin. Den

övre delen av marken i utströmningsområdena har därför stor betydelse för vattendragets kemi. Detta är ett skäl till att man bör vara försiktig med exempelvis terrängkörning i dessa områden. Det var i samband med terrängkörning som halterna av metylkvicksilver ökade dramatiskt i ett avrinningsområde i sydvästra Sverige. De exakta orsakerna till ökningen är ännu inte helt klarlagda men forskning pågår bl a i 277 Balsjö (figur 1).

Med hjälp av markvegetationen kan man identifiera permanenta utströmningsområden. I dessa områden hittar man fuktälskande arter som vitmossor. Utströmningsområdenas utbredning varierar med vattenflödet.

### **Skogsbruk och vatten – hur kan man visa hänsyn?**

**Planera för vatten:** Hänsyn till vatten inom skogsbruket ska baseras på planering. En god planering innebär dels att man kan reducera kostnaderna för olika miljöåtgärder, dels att man kan optimera de positiva miljöeffekterna av åtgärderna. Med enkla medel kan man ta hänsyn till vatten inom hela organisationen i ett skogsbolag. Oavsett på vilken nivå man befinner sig i organisationen kan man analysera skogsbrukets påverkan på vatten genom att ställa sig följande fem frågor:

#### **1. Hur ser miljön och det allmänna miljötilståndet ut i vårt område?**

Är det några speciella miljöproblem t.ex. försurningspåverkan, kvävenedfall, övergödning och tungmetallbelastning som är relevanta för hur skogsbruket kommer att påverka vatten? Hur ser landskapet ut; topografi, jordarter, vattenförekomster och särskilt värdefulla miljöer? "Landskapet" kan vara ett skogsbolags hela mark-

innehav, ett distrikt eller avrinningsområdet till en liten bäck. Frågan är relevant oavsett hur stort området är.

**2. Hur stort är avrinningsområdet som vi planerar för?** Är det frågan om en privat brunn, en särskild bäck, en sjö, en kommunal vattentäkt, ett skogbolags hela markinnehav eller hela Östersjön? Ett skogsbolag kan ha en övergripande vision om hur man vill bedriva skogsbruk med hänsyn till vatten. I detta fall inbegrips stora avrinningsområden, många olika typer av miljöer och vatten. På distriktet kan det vara fråga om enskilda sjöar och vattendrag.

**3. Vad är målet?** Målet kan vara att öka den biologiska mångfalden, öka möjligheterna till rekreation i form av fiske och friluftsliv, motverka för höga eller för låga vattenflöden i ett vattendrag, säkerställa vattenkvaliteten i den kommunala vattentäkten, minska den storskaliga transporten av näring m.m. I ett skogsbolags vision är målen övergripande, exempelvis att öka den biologiska mångfalden och minimera skadorna på vattenmiljön. Det är viktigt att övergripande visioner bryts ner i konkreta mål som t.ex. att minska markskadorna. Det är på distriktet som målen ska genomföras t.ex. att undvika sedimenttransport vid avverkning i anslutning till en bäck, som innehåller flodpärlmussla, att installera vägtrummor så att dessa inte kommer att utgöra vandringshinder för de vattenlevande organismerna m.m.

**4. Vilken är den mest kritiska faktorn?** Identifiera vilken eller vilka faktorer som har störst betydelse för att man ska uppnå målet. Det kan vara en kemisk egenskap hos vattnet såsom surhet, nitrathalt eller humusinhåll,

ljusinsläpp till ett vattendrag eller transporten av sediment. På övergripande nivå är troligen den viktigaste faktorn att se till att kunskaperna om vatten är goda inom hela organisationen. På distriktet måste man känna till vad som händer/kan hända med vattnet i samband med olika skogsbruksåtgärder.

**5. Hur uppnår vi våra mål?** På distriktsnivå, d.v.s. i små avrinningsområden som enskilda bäckar, kan planeringen av enskilda skogsbruksåtgärder vara det bästa sättet att uppfylla målet. Exempel: en avverknings-trakt genomkorsas av en bäck med ett fint öringbestånd i. Marken är mycket erosionskänslig för den lutar brant mot bäcken och innehåller mycket mjåla. Målet är att behålla det fina öringbeståndet och samtidigt bedriva skogsbruk. För att inte påverka öringbeståndet negativt, måste extra surstötter och utförsel av sediment i bäcken undvikas. Undvik därför att köra i och nära bäcken vid den planerade slutavverkningen och förlägg avverkningen till vintern då marken är tjälad. Då är risken för markskador mindre. Planläggaren har kontrollerat att hygget endast kommer att beröra en liten andel av det aktuella avrinningsområdet, vilket minskar risken för höga grundvattennivåer och stora vattenflöden som kan leda till erosion och extra stora surstötter.

I stor skala, exempelvis för hela Östersjön, måste man bedöma skogsbrukets bidrag på ett annat sätt än i liten skala. Här är det den totala markanvändningen som spelar roll och för skogsbrukets del är det alla skogsbruksåtgärder över tiden, som har betydelse. Att ta hänsyn till vatten i liten skala borgar dock för att man ska

uppnå goda resultat också i stor skala. Många bäckar små blir en stor å även i detta fall!

## Några praktiska råd

Nedan ger vi några råd om hur vi anser att man bör bedriva skogsbruk med hänsyn till vatten. Kostnaden för miljöåtgärderna måste alltid vägas mot miljönyttan och nedanstående råd är därför i första hand att betrakta som generella miljö-/naturvårdshänsyn.

**Åtgärder för att minska näringstransporten:** I dag vet vi inte tillräckligt för att kunna ge några allmänna och definitiva råd om hur skogsbruket ska kunna minska näringstransporten från skogsmark. Vårt råd är att se till att en begränsad andel av avrinningsområdet (totalt högst 10% i södra Sverige och 30% i norra Sverige) berörs av slutavverkning och skogsgödsling, särskilt i små avrinningsområden (i storleksordningen upp till 100 ha). Dessutom kan kantzoner och föryngring under skärm i vissa fall minska kväveutlakningen.

**Markberedning:** Markbered så skonsamt som möjligt d.v.s. minsta möjliga andel av markytan och så ytligt som möjligt. Kör längs med höjdkurvorna då kontinuerliga metoder som exempelvis harvning används. I branta partier måste markberedningen göras tvärs emot höjdkurvorna av tekniska skäl, men om man vid harvning då och då lyfter markberedningsaggregatet bryter man fårorna och minskar risken för erosion. Då marken blir flackare nedanför de branta områdena så utnyttja möjligheten att köra längs med höjdkurvorna där. Detta område kan då fungera som en sedimentfälla för material som eroderar från de branta partierna.

**Gallring och slutavverkning:** Planera avverkningsåtgärden noggrant. För att undvika skador på våtmarker och vattendrag är det viktigt att fastställa om beståndet kan delas med avlägg på flera ställen och därigenom undvika körning över känsliga partier. I små bestånd med flera avläggsomöjligheter kan oftast avverkningen ske året om. Bestånd där stora volymer ska transporteras ut, i sämsta fall över ett och samma område, bör avverkas då marken är frusen och med nödvändiga tekniska hjälpmedel (se nästa stycke). Underhåll maskinerna för att undvika oljeläckage m.m.

**Rinnande vatten:** Undvik att köra i och över vattendrag i största möjliga utsträckning. Om ett vattendrag måste korsas så utnyttja de tekniska hjälpmedel som finns, exempelvis markskonare och kraftigare broar i trä eller plast (t.ex. Weholite-broar).

**Utströmningsområdena** längs sjöar och vattendrag och övriga blöta partier – beskogade kantzoner: Utströmningsområdena, d.v.s. där grundvatten tappas av, är mycket viktiga för vattenkvaliteten i sjöar och vattendrag och här ska man undvika fysiska och kemiska störningar. Undvik därför all form av körning, maskinell markberedning, lagring av virke, gödsling, askspridning och all hantering av kemikalier i utströmningsområdena. Skapa eller lämna beskogade kantzoner i utströmningsområdena längs sjöar och vattendrag för detta motverkar framtida körning och markberedning och gynnar livet i vattnet. Kantzonen kan även fungera som ett filter för sediment på erosionskänsliga marker, men ett hjulspår, eller ett harvspår, i detta område kan öka sedimenttransporten till vattendraget.

## Tackord

Detta arbete har finansierats av EU Life-projektet Skog för vatten (Forwater) och Formas. En omfattande rapport kommer att publiceras under 2006.

# Naturvärden och naturvård i ungskog

Olof Widenfalk, Jan Weslien,  
Roger Bergström, Skogforsk &  
Lena Gustafsson SLU.

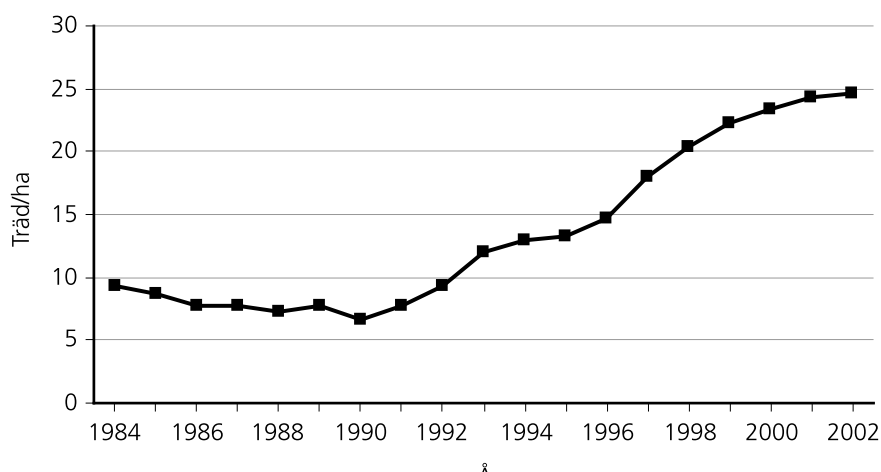
## Bakgrund

Ungefär en tredjedel av den produktiva skogsmarksarealen i Sverige utgörs av plantskog och ungskog. Men nästan all naturvårdsforskning och praktisk naturvård är riktad mot äldre skog; antingen hur man ska avverka den eller vilka bestånd man ska spara för fri utveckling. Det är ingen tvekan om att många naturvärden går förlorade då den gamla skogen avverkas, men samtidigt skapas nya genom ändrade temperatur- och näringsregimer. Som ett första steg i att kartlägga vilka naturvärden som finns i ungskog och hur man ska sköta ungskogen för att öka dessa värden har vi studerat litteraturen på området för att klargöra kunskapsläget. Vi rapporterar också resultat från några ännu ej publicerade undersökningar utförda vid Skogforsk och SLU.

Det finns i huvudsak tre olika angreppssätt för att bedriva naturvård i ungskog:

1. Livlinan. Värdefulla habitat från den gamla skogen lämnas kvar vid avverkning så att arter kan leva kvar i den uppväxande skogen.
2. Investeringen. Dagens ungskogar blir morgondagens gammelskogar. Exempelvis så grundläggs det möjliga inslaget av löv här.
3. Störningen. Ljus och värme påverkar många arter. Bryn och gläntor är viktiga habitat för många organismer.

Här ges exempel på några studier som visar på vikten av att man be-



**Figur 1.** Medelantalet grova (>20 cm brh) levande träd per ha i plantskog (medelhöjd under 1,3 m) under perioden 1984–2002 för hela Sverige. Data från rikskogstaxeringen.

aktar alla tre angreppssätten i skogsbruket.

## Livlinan – exempel lavar i medelålders skog

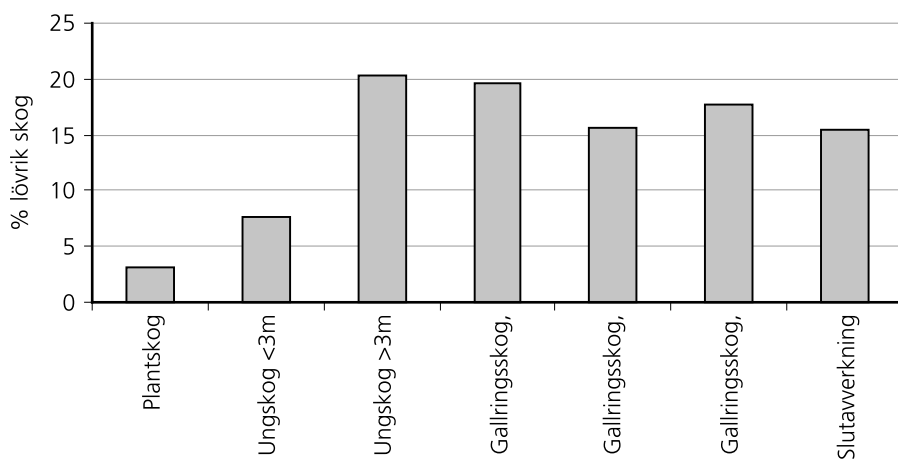
En undersökning genomförd i 30–70-årig skog i Hälsingland (Gustafsson, opubl.) visade att de rödlistade lavar som hittades där nästan uteslutande växte på äldre kvarlämnade lövträd och gamla lågor, mycket sällan på de yngre stammarna. Detta tyder på att de kvarlämnade äldre träden fungerat som "livlinor". Dessa skogar anlades under perioden 1935–1975 och de äldsta härrör alltså från tiden innan hyggena blev helt kala, och det var framförallt i dessa som arterna hittades. Skogar som anlades under 1960- 1970- och 1980-talen innehåller små mängder äldre träd och död ved och kommer troligen inte att kunna hysa dessa arter. En analys av rikskogstaxeringens data gjord vid Skogforsk bekräftar att det är ont om grova levande träd fram till mitten på 1990-talet i plantskogen. Denna trend bryts under 1990-talet och medelantalet levande grova träd

ökar kraftigt i alla delar av landet. År 2002 var riksgenomsnittet ca 25 träd per ha (figur 1).

Studien av rödlistade lavar tyder på att vardagshänsynen vid avverkning, t.ex. att lämna hänsynsytor, döda och gamla träd, kan göra det möjligt för vissa arter att leva kvar i beståndet tills skog vuxit upp och börjar producera nya substrat. Trots att detta är en vanlig åtgärd så är effektiviteten fortfarande till stor del okänd. Detta beror i första hand på att det tar lång tid att undersöka sådana mönster. Nu är det drygt 10 år sedan vardagshänsynen tog sina nuvarande former. Därför borde det vara möjligt att åtminstone undersöka hur bra olika arter klarar av hyggesfasen. Vi efterlyser sådana undersökningar.

## Investeringen – exempel lövskog och fåglar

Vissa fågelarter behöver ganska höga andelar lövrika äldre bestånd i landskapet. Exempel på sådana arter är stjärtmes (Jansson, 1999) och mindre hackspett (Wiktander m.fl., 2001).



**Figur 2.** Andelen lövrik skog (>40 % av stamantalet) för olika huggningsklasser. Medeltal under 2000–2002. Data riksskogstaxeringen.

Stjärtmes behöver 10–15 % medelålders till äldre lövdominerade bestånd i landskapet. Ett par av mindre hackspett behöver ca 40 ha äldre lövdominerade bestånd inom ett område på högst 200 ha. Detta stämmer väl med teoretiska resonemang om fragmentering där avstånden mellan habitaten ökar exponentiellt, då habitatarealen understiger ca 20 % av landskapet (Angelstam & André, 1993).

En analys av riksskogstaxeringens data på andelen lövrika bestånd inom olika landsändar visar på stora regionala skillnader. I Norrland finns det relativt höga andelar lövrika bestånd i ogallrad skog, men andelarna är låga i gallrade bestånd. I Svealand och Götaland är skillnaden mellan gallrat och ogallrat liten. Samtliga regioner har mer än 15 % lövrika bestånd i äldre ungskog och ogallrad gallringsskog och för hela landet är genomsnittet ca 20 % (figur 2). Ett genomgående mönster för hela landet och för alla huggningsklasser är att ungefär halva arealen av den lövrika skogen utgörs av bestånd med mer än 70 % lövträdstammar.

Utgångsläget ser alltså ganska ljust ut men det framtida lövinslaget kommer i hög grad att bero på hur vi röjer och gallrar.

I det här sammanhanget kan det vara värt att nämna, att det idag i stort sett saknas naturliga lövsuccessioner i landskapet. Att avsätta lövrika ungskogar för fri utveckling skulle i många landskap vara värdefullare än att ibland spara ”halvtriviala” äldre skogar för att uppnå certifieringskravet på 5 % avsatta bestånd.

### Störningen – exempel växter och insekter i död ved

Det brukar ofta framhållas att avverkning är det största hotet mot biologisk mångfald. Detta var sant under 1980-talet då hyggena var stora och kala. Förhållandena har ändrats sedan dess. I dag är troligen igenväxning ett minst lika stort hot. Allt tyder på att skogarna som anlades för 50–20 år sedan kommer att ha mycket låga naturvärden under hela omloppstiden. Stora, homogena och välbestockade – en dröm för fiberproduktion – en

mardröm för biologisk mångfald.

Ungskogarna, som anläggs i dag med kvarlämnade äldre träd och död ved, liknar på flera sätt naturskogslandskapets tidiga successioner efter brand och storm. Dessa successioner är viktiga för många växt- och djurarter.

Det finns en omfattande teoribildning kring störning och artdiversitet i växtsamhällen. Flera teorier förutspår att en viss grad av störning ökar diversiteten av växter (se t.ex. Sheil & Burslem, 2003) Effekten av störning anses också vara större på bördiga än på fattiga marker (Grime, 1979). De flesta av teorierna kring störning och växtsamhällen har dock utvecklats och testats i andra ekosystem än våra nordliga skogar, t.ex. tropiska regnskogar och hagmarker. Skogforsk har analyserat riksskogstaxeringens stora material med avseende på skogens ålder och förekomst av kärleväxter. Resultaten tyder på att dessa teorier också gäller för våra skogsekosystem. Ungskogar hade fler arter av kärleväxter än gallrings- och slutavverkningsskogar. Skillnaden är särskilt tydligt för högorter. Skillnaden i medelantalet arter mellan ungskog och äldre skog var större för bördiga än för fattiga (<4 m<sup>3</sup>sk/ha/år) marker. Det fanns också en tendens att diversiteten ökade efter röjning i ungskog.

Ett slående exempel på hur störning kan gynna en insektsart är den större flatbaggen *Peltis grossa*. Det är en art som lever i rödmurken stående ved av olika trädslag och den har under lång tid ansetts vara hotad av skogsbruket. Skogforsk har inventerat ett landskap i Grangärde, Dalarna, där vi letade efter kläckhål av denna art. Sammanlagt undersöktes mer än 6 000 döda trädstammar. Kläckhål av större flatbaggen hittades enbart i ungskog aldrig i äldre skog, inte ens inom ett större naturre-

servat i området. Anledningen till detta var inte att det saknades rödmurkna stående träd i den äldre skogen utan troligen att arten inte trivs i skugga. Konstgjorda högstubbar ställda för mer än tio år sedan var den vanligaste fyndplatsen.

## Strukturer och ekologiska funktioner

Att bevara biologisk mångfald är komplext och innefattar betydligt mer än att ta hänsyn till hotade arter. Bland annat så inbegriper det att värna om naturliga processer, strukturer och ekologiska funktioner. Detta framgår också i de nationella miljömålen "Levande skogar" och "Ett rikt växt- och djurliv". Mycket tyder på att unga skogar har ekologiska funktioner som äldre skogar många gånger saknar. Mat och skydd för vissa ryggradsdjur och fåglar är en sådan funktion i ungskogarna. Vidare så finns det flera trädslag och buskar, t.ex. asp, ek, rönn, säl, som förekommer i rikare omfattning i unga skogar än i gamla. De flesta av dessa buskar och träd har nektar och pollen som är viktiga för insekter eller de bär på andra resurser (bär, ollon) som nyttjas av många djurslag. Däggdjur, fåglar och insekter som rör sig över stora ytor kan behöva flera ålderstadiet av skog under sin levnad. Exempelvis så kan häckningsplatser och födosöksplatser vara olika. Därför kan bryn och gläntor vara särskilt värdefulla.

Unga skogsstadier är också viktiga miljöer för hjortdjur. Bete i ungskogen är en naturlig störning som påverkar markvegetation och strukturer i träd och buskskikt. Då viltstammarna blir mycket höga så leder detta som bekant till stora problem för skogsproduktionen, men också naturvärden kan

påverkas. Hjortdjurens bete anses bl.a. vara en av de väsentligaste faktorerna som påverkar etablering och uppväxt av t.ex. asp, ek, rönn och säl, som är prefererade av hjortdjur och samtidigt viktiga för många andra organismer.

## Slutsatser

Hittills har stora insatser, både frivilliga och lagligt tvingande, gjorts för att öka arealerna av gammal naturskog. Det är ingen tvekan om att detta är bra för den biologiska mångfalden i skogslandskapet. Vardagshänsynen vid avverkning är en annan åtgärd som troligen ökar många arters möjligheter att fortleva i det brukade skogslandskapet. Vi menar dock att det finns ytterligare möjligheter att gynna biodiversiteten i skogen tvärs över alla beståndsåldrar. Här finns en stor potential i dagens ungskogar.

Vi vill trycka på att det är i skogens tidiga utvecklingsstadier som man i brukade skogslandskap har störst möjlighet att efterlikna olika typer av störningar, som skapar luckor, bryn, solexponerade döda träd och olika lövsuccesorer. Dessa effekter av störning är svåra att skapa genom avsättningar av gammal skog om inte arealerna är mycket stora, så att naturliga störningar genom brand och storm kan få utrymme.

Här har vi gett några exempel på flera olika organismgrupper som påverkas av hur vi sköter ungskogen. Mer kunskap behövs dock om vilka naturvärden som finns i ungskogar, framför allt i form av strukturer och ekologiska funktioner, jämfört med gammelskogen. Struktur och funktion hos många svenska skogar styrs idag av skogsbruksåtgärder, där föryngringsätt och röjning kanske är de viktigaste för formandet av det framtida skogs-

beståndet. Redan med dessa åtgärder styrs i stor utsträckning den trädslagsblandning och rumsliga struktur som skapar slutavverkningsbestånden. Nuvarande riktlinjer för naturvård i föryngring och röjning är ganska övergripande av typen "ståndortsanpassa", "spara 10 % löv" eller lämna "kantzoner oröjda". Dessa riktlinjer går med säkerhet att förfinas för att skapa god virkesproduktion och samtidigt värna om bästa möjliga biodiversitet under skogens alla stadier.

Den praktiska frågan blir hur vi ska sköta skogens alla stadier för att på kort- och lång sikt uppnå formulerade produktions- och miljömål.

## Referenser

- Angelstam, P. & Andrén, H. 1993. Hur mycket är nog. Skog & Forskning 17 1993: 14–19.
- Grime J. P. 1979. Plant ecological strategies and vegetation processes. Chichester: John Wiley & Sons.
- Jansson, G. 1999. Landscape composition and birds in managed boreal forest. Acta universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 122, SLU Uppsala.
- Sheil D., Burslem D. F.R.P. 2003. Disturbing hypotheses in tropical forests. Disturbing hypotheses in tropical forests. Trends in Ecology and Evolution (Amsterdam) 18: 18–26.
- Wiktander, U., Olsson, O. & Nilsson, S. G. 2001. Seasonal variation in home-range size and habitat area requirement of the lesser spotted woodpecker *Dendrocopos minor* in southern Sweden. Biological conservation 100: 387–395.

# Mycket älgmat skadar inte

Roger Bergström (Skogforsk) & Göran Bergqvist (Jägareförbundet)

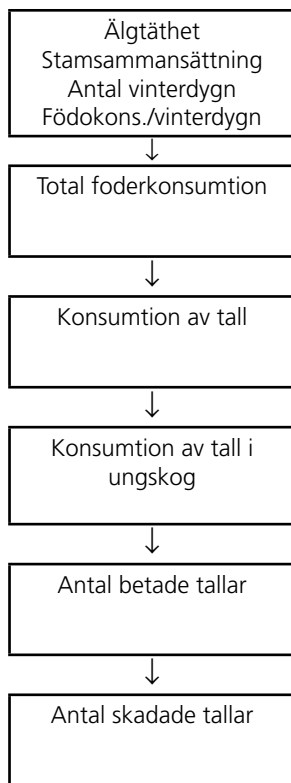
Vad gör en älg egentligen i tallungskogen? Jo, den strosar långsamt fram och tar en tugga här och några tuggor där. Ungefär 75 % av tallarna passerar den utan att beta på dem (Shiple m.fl., 1998). När den väl stannar upp och betar, tar den ofta bara 1–3 bett, men ibland tar den betydligt flera. Att så många träd bara har enstaka bett kanske är ett resultat av att den testar tallens kvalitet. Smakar den bra stannar älgan upp och fortsätter beta. Efter en timme eller två av betande lägger den sig ner och tar det lite lugnt, och kanske stöter upp en del av den goda maten för att tugga den igen.

Det är inte bara en älg som går och betar vid ett enstaka tillfälle. En ungskog har många besök per vinter (hur många vet vi inte) och det ackumuleras då fler bett per träd och tall. En inventering i Västerbotten visade att det efter en vinter i genomsnitt var ca 20 bett per betad tall (I.-L. Persson, opubl.).

Som ett mer eller mindre slumpmässigt resultat av betningen skadas ibland tallen allvarligt, d.v.s. det blir en påverkan som ekonomiskt kan drabba skogsägaren negativt. Vid betning på tall och andra trädarter tar älgan gärna toppskottet. Sitter smakliga skott så högt upp att älgan inte kan nå dem, tar den stammen med munnen och bryter av den. I en del fall passar den också på att repa lite bark. Det är dessa tre betessätt som ger upphov till det man i dag mäter som skador i Skogsstyrelsens inventeringsmetod ÄBIN [[www.svo.se](http://www.svo.se)].

## En modell

I den här presentationen bygger vi upp en enkel modell för att beräkna skador



Figur 1. Beräkningsmodell för tallskador orsakade av älg.

på tall vid en given älgtäthet (figur 1). Det här tankesättet är bara ett sätt att närma sig problematiken. Modeller är alltid förenklingar av verkligheten, men kan vara starka redskap för att strukturera problem och ge ett underlag för tester inom naturresursförvaltning. Vi för ett resonemang som så småningom sammanställs till ett svar på frågan: Hur många tallar skadas av en älg per vinter?

## Hur mycket äter en älg eller en älgstam?

En älg äter i genomsnitt ca 5 kg (torrvikt) kvistar per vinterdygn. Baserat

Tabell 1. Dygnskonsumtion av kvistar för tre olika älgkategorier.

Älgkategori	Konsumtion (kg torrvikt/dygn)
Tjur	6
Ko	5,5
Kalv	3

på flera skandinaviska studier har vi använt data enligt tabell 1. Detta innebär också att om vi ändrar stammens struktur så ändras också totalkonsumtionen. Om vi då känner älgtätheten och stammens sammansättning, kan vi beräkna en älgpopulations dygnskonsumtion. Lägger vi dessutom till antal vinterdygn (= perioden då älgarna äter vinterföda), så vet vi den totala konsumtionen under en vinter.

Om stammens sammansättning är 25 % tjur, 50 % kor och 25 % kalv blir genomsnittskonsumtionen per älg 5 kg/dygn och om vi har 10 älg-



ar per 1 000 ha och vinterns längd är 180 dagar så konsumerar älgarna totalt 9 000 kg per 1 000 ha under en vinter.

### Hur mycket av födan är tall och var äts den?

Tidigare studier visar att drygt hälften av älgens vinterföda består av tall, även om det i vissa fall, t.ex. i vinterkoncentrationsområden, kan uppgå till betydligt större andel. Hur stor del av konsumerad tallföda tas i tallungskog? Vi vet inte riktigt hur mycket, men spillningsinventering tyder på att älgen är ca 5 gånger längre tid i ungskog än på övrig mark. Troligen äter den mer per spenderad tid i tallungskog. En kvalificerad gissning är alltså att älgen tar ut mer än 5 gånger mer foder per ytenhet i ungskog jämfört med på övrig mark, men i brist på bättre kunskap antar vi här 5 gånger.

Om 60 % av älgarnas föda är tall så konsumeras  $0,6 \times 9\ 000\text{ kg} = 5\ 400\text{ kg tall}$  per 1 000 ha eller 5,4 kg/ha.

Om älgarna äter 5 gånger mer per ytenhet i ungskog än på övrig mark och ungskogen utgör 20 % av all mark så äter de 15 kg tall/ha i ungskog och 3 kg tall/ha övrig mark enligt formeln:

$$(0,2 \times X) + (0,8 \times X/5) = 5,4 \text{ där } X = \text{konsumtion i ungskog/ha och } 0,2 \text{ och } 0,8 \text{ är andelen ungskog respektive övrig mark.}$$

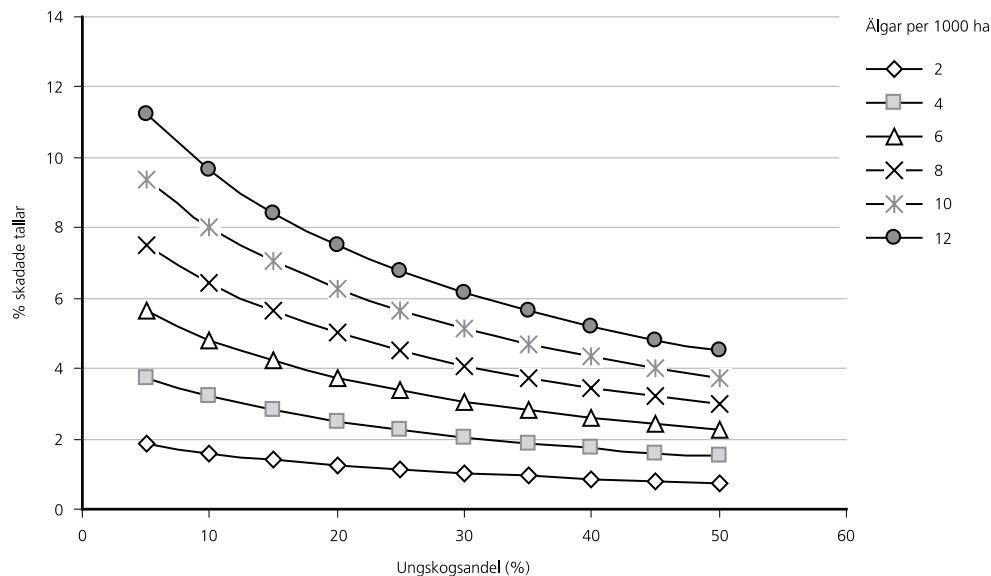
### Hur många tallar betar en älg på?

Hur många tallar betar egentligen en älgstam på under en vinter? För att svara på frågan beräknar vi först hur mycket en älgstam äter av tall (enligt ovan) och sedan dividerar detta tal med hur mycket vi vet den äter per betad tall.

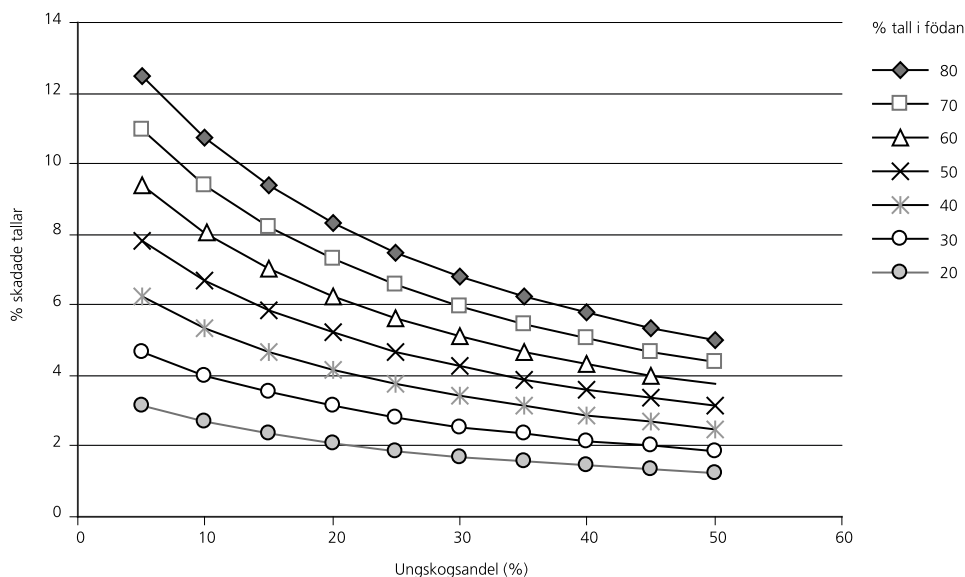
Om vi i genomsnitt räknar med att varje betad tall har 20 brett (enligt ovan) och varje brett väger i snitt 2,5 g (Shipley et al. 1998), så äter älgen ca 50 g från varje betad träd. För att få i sig 15 kg (15 000 gram) tallfoder/ha ungskog under en vinter måste den alltså beta på  $15\ 000/50 = 300$  tallar per ha ungskog.

### Alla tallar skadas inte

Att en tall blir betad är inte detsamma som att den också blir skadad, i alla fall inte ur skogsägarens perspektiv. Om älgen betar på hundra tallar i ett tvärsnitt av ungskog, hur många blir då skadade enligt den definition som man har i Skogsstyrelsens älgbetesinventering (ÄBIN)? Ett par studier på senare tid indikerar, att mellan 20 och 40 träd skadas av 100 betade (Bergström & Bergqvist, opubl.; Olsson, 2005). Vad som påverkar detta är inte helt känt,



Figur 2. Andelen tallar som skadas vid olika älgtätheter och vid olika mängd ungskog i landskapet.



**Figur 3.** Procent skadade tallar vid 10 älgar per 1 000 ha och vid olika ungskogsandelar då andelen tall i födan förändras.

men trädhöjden är viktig. Till exempel så avtar toppskottsbetningen med trädhöjden, medan toppbrott är som vanligast vid 2,5–3,0 m för att sedan avta. Barknag i ungskog är vanligast på träd ca 2,5 m höga. Då toppskotts- betning är den viktigaste skadan kommer de färsta skadorna generellt sett att avta med trädhöjd.

**I modellen har vi utgått från att av de tallar som betas, skadas 25 % enligt den skadedefinition som finns i ÄBIN.**

**Med en täthet på 10 älg per 1 000 ha skadas då  $0,25 \times 300$  tallar per ha och vinter, d.v.s. 75 tallar i genomsnitt per ha ungskog.**

Som ett genomsnitt för alla svenska ungskogar finns ca 1 200 tallstammar (Riksskogstaxeringen). Om 75 stammar skadas per ha innebär det att 10 älgar per 1 000 ha ger upphov till

$(75 \times 100)/1\ 200 = 6,2$  % skadade tallar eller 0,62 % per älg. Betar och skadar älgar på samma sätt på huvudstammar som på bistämmor så gäller dessa procenttal även för huvudstammar.

Vid ett mål på högst 2 % skador (enligt ÄBIN) så innebär det att man kan ha högst  $2/0,62 = 3,2$  älgar per 1 000 ha. Är målet högst 4 % skador, kan man ha  $4/0,62 = 6,4$  älgar per 1 000 ha. Beräkningsmodellen tar inte hänsyn till att det finns en stor årsmånsvariation i skadenivåerna se (Bergström & Glöde, 2004).

### Skogens tillstånd och skadorna

Vi utgår från att älgen äter ungefär samma mängd tall oberoende av hur mycket ungskog det finns och då kommer skadorna att öka vid minskande ungskogsandel. I beräkningarna ovan använde vi 20 % ungskog i landskapet. Utgår vi i stället från 15 % ungskog kommer skadeprocenten per älg och

vinter att öka från 6,2 % skadade träd till 7 %, d.v.s en ökning på 13 % (figur 2).

Om vi skapar alternativa foderresurser för älgen, t.ex. i kraftledningsgator och energiskog, eller genom biotopvårdande åtgärder i skogen så kan man testa hur detta slår i modellen genom att minska tallandelen i födan. Älgarna i vårt exempel äter 60 % tall. Om de i stället äter 50 % så minskar skadorna från 6,2 till 5,2 % per älg och vinter. Figur 3 visar på vad som händer med skadorna i modellen om man har 10 älgar per 1000 ha och de äter olika mycket tall.

Modellen kan enkelt göras om och baseras på fodermängder och betetryck. Då kan man också på ett mer direkt sätt laborera med vad som händer vid olika ingrepp i skogen eller vid genomförande av biotopvårdsåtgärder.

En ändring av stamantalet i modellen medför att skadorna ändras omvänt

proportionellt. Om exempelvis antalet tallstammar/ha halveras kommer skadorna att fördubblas.

### Rätt angreppssätt?

Naturen är naturligtvis mycket mer komplicerad än så här. Vi har utelämnat flera dynamiska effekter, som t.ex. återbete på redan betade/skadade tallar, att älgar betar sig på olika sätt beroende på mängden ungskog i landskapet eller att det historiska betet påverkar skadeutfallet. Vi ser det dock som en enkel tanke- och beräkningsmodell som man kan använda för att ge storleksordningar på förutsägelser. Sedan får man testa hur detta faller ut mot verkliga värden.

I forskningsprogrammet ”Adaptiv förvaltning av vilt och fisk” arbetar vi med modeller som kan användas inom skogs- och viltförvaltning för att strukturera problem och för att göra förutsägelser som kan testas mot verkliga data. Stämmer inte modellen med verkligheten måste man fundera en vända till och se efter vad som kan vara fel. På det sättet utvecklar vi vårt arbetssätt och spar förhoppningsvis tid och möda samtidigt som vi kan balansera nyttjande av våra naturresurser på ett bättre sätt.

### Slutsatser

- Älgen har under årtusendenas lopp lärt sig att vara rationell i sitt val av föda och väljer därför det bästa bland tillgängliga träd och kvistar.
- Älgens betning orsakar, mer eller mindre slumpmässigt, skada på ekonomiskt viktiga trädslag.
- Skadenivån på tall är kopplat till fodertillgång och betestryck.
- Många faktorer påverkar förhållandet mellan älgar och skador och

detta samspel är dynamiskt.

- Med givna förutsättningar indikerar modellen att varje älg i vinterstam skadar ca 0,6 % av tallarna och att en älgstam på 3–4 älgar per 1 000 ha kan tolereras om målet är att ha högst 2 % färska skador per år respektive 6–7 älgar vid målet högst 4 % skador.
- Enkla modeller hjälper oss att strukturera problemen, samt ger en bas för att testa olika förvaltningsåtgärder. På så sätt kan förvaltningsåtgärder, modeller och förutsägelser förbättras.

### Referenser

Bergström, R. och Glöde, D. Viltbete – smakar det så kostar det. - Redogörelse från Skogforsk Nr 1, 2004.

Shiple, L. A., Blomquist, S. & Danell, K. 1998. Diet choice made by free-ranging moose in northern Sweden in relation to plant distribution, chemistry, and morphology. – Canadian Journal of Zoology 76:1722–1733.

# Räkna med din skog – smarta beslutsstöd på webben

Mats Hannerz

I våra hem vänder vi oss allt oftare till datorn och internet för att få hjälp. Utbudet av användbara vardagstjänster växer lavinartat på webben. Den som är ansluten till bredband kan med några klick och på några sekunder få hjälp att välja maträtt, hitta billigaste semesterresan eller sköta sina bankärenden. Det har blivit naturligt att vända sig till internet för att jämföra priser på digitalkameror, räkna ut kostnaden för att byta bostad, kontrollera flygtider eller att hitta olika sätt att behandla krämpor.

Internet hjälper oss som privatpersoner att bli mer medvetna kunder, säljare eller patienter. På samma sätt kan internet hjälpa skogsägaren att

bli en mer kunnig och engagerad skogsbrukare. Det finns inte så mycket tjänster på webben som riktar sig med råd direkt till skogsägare. Det är ett av

skälen till att Skogforsk, på uppdrag av skogsägarrörelsen i samarbete med Skogsstyrelsen, har byggt upp kunskapssystemet Kunskap Direkt (figur 1). Innehållet i Kunskap Direkt har tagits fram i samarbete med forskare på Skogforsk och SLU samt med företrädare för praktiken.



Figur 1. Kunskap Direkt har byggts ut stegvis sedan 1999 och innehåller i dag över 500 webbsidor om föryngring, röjning, gallring och föryngringsavverkning.

## Beståndsval



**Beståndsval** är ett kalkylverktyg för slutavverkningsmogna bestånd. Fyll i uppgifter om **beståndet**. Verktyget räknar ut tillväxt, virkesvärde, avverkningskostnad, rotnetto och visarprocent.

Tips: Håll muspekaren över knappar och variabelnamn så får du mer information!

## Egna bestånd

Om det ska vara meningsfullt för dig att räkna på dina egna bestånd måste du ha bra och färiska beståndsdata. Då kan du få fram rättvisa värden så att du kan jämföra dina bestånd. Är du osäker på dina data bör du gå ut och göra en ny mätning. Läs mer om [mätning i bestånd](#).

Beståndsidentitet	<input type="text" value="Avd 87"/>
Län	<input type="text" value="Södermanla"/>
Breddgrad	<input type="text" value="59"/>
Höjd över havet (m)	<input type="text" value="50"/>
Ståndortsindex	<input type="text" value="T22"/>
Virkeskvalitet	<input type="text" value="Bra"/>
Ålder (år)	<input type="text" value="95"/>
Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk/ha)	<input type="text" value="239"/>
Medeldiameter dg (cm)	<input type="text" value="30"/>

**Trädslagsblandning**

Andel tallskog (%)	Andel granskog (%)	Andel lövskog (%)
<input type="text" value="90 %"/>	<input type="text" value="10 %"/>	<input type="text" value="0 %"/>

Figur 2. I verktyget Beståndsval fyller användaren i uppgifter om sin egen skog för att sedan räkna fram värde och förräntning.

## Kunskap Direkt – den digitala skogvaktaren

Kunskap Direkt kan användas som en uppslagsbok för raka råd om skogs-skötsel. Men systemet är mer än så. Webbformatet bjuder stora fördelar jämfört med den traditionella uppslagsboken eftersom informationen kan göras interaktiv och sökbar. Användaren kan själv göra övningar och beräkningar som utgår från hans eller hennes skog. Det är det vi har tagit fasta på när vi nu tar fram allt fler beräkningsverktyg och beslutsstöd till Kunskap Direkt. Verktygen bygger visserligen på modeller av verkligheten, men de ska ändå så långt det är möjligt återspegla situationen på den enskilda fastigheten. Med råd som är skraddarsydda för den egna skogen är vi åtminstone en bit på väg mot målet

”den digitala skogsvaktaren”.

Här kommer jag att ge exempel på några verktyg du kan hitta i Kunskap Direkt i dag. Vi gör det genom att följa med utboskogsägaren Björn i hans förberedelser inför ett besök på sin skogsfastighet i Sörmland. Nu ska han träffa en representant för ett skogs-företag som brukar hjälpa till med skogsvård och gallringar. Föryngrings-avverkningar brukar Björn bjuda ut på marknaden, men han vill ändå passa på att diskutera vilka bestånd som kan vara aktuella för de närmaste åren.

Innan träffen passar han på att gå in i Kunskap Direkt för att se vilka beräkningsverktyg som skulle kunna vara användbara för honom. Det första han gör är att ta fram sin skogsbruksplan och pricka för de bestånd som är gamla nog att föryngringsavverkas under de närmaste åren.

### Vilka bestånd bör avverkas först?

Verktyget Bestandsval hjälper honom att beräkna värdet och förräntningen på bestånden. Ett vanligt sätt att rangordna slutavverkningsobjekt är att jämföra visarprocenten. Visarprocenten är ett mått på den relativa värdeavkastningen på beståndet. Om avkastningen är låg, och kanske lägre än det förräntningskrav Björn själv ställt upp för skogsbruket, är det bättre att avverka beståndet och ersätta det med ett nytt. Det betyder att ett värdefullt bestånd som har en låg värdetillväxt kan vara mer lönsamt att avverka, medan ett mindre värdefullt bestånd med hög relativ värdetillväxt bör få växa vidare. Sett över hela skogsfastigheten ger det resonemanget den långsiktigt högsta förräntningen på skogsbruket.

Med verktyget Bestandsval kan Björn själv knappa in uppgifter om sina bestånd (figur 2). Verktyget an-

vänder tillväxt- och utbytesfunktioner, och beräknar hur mycket timmer och massaved av olika trädslag som kan tas ut i dag och om fem år. Värdet av den avverkade skogen beräknas också genom att utnyttja en prislista, som Björn själv kan ändra i om han vill. Eftersom avverkningskostnaden skattas med hjälp av avverkningsfunktioner kan han beräkna ett rotnetto för bestånden, och även en visarprocent som anger storleken på den relativa värdetillväxten i bestånden.

Björn gör några olika beräkningar av sina bestånd och får fram förslag till vad de skulle vara värda (figur 3). Han väljer mellan två tallbestånd och ett

Visarprocent

Ekonomisk förräntning - visarprocent	
Beståndsdensitet	Ard 87
Visarprocent	3,1

Bestandsdata

Bestandsdata	Idag	Om 5 år
Ålder (år)	95	100
Medelhöjd (m)	20,2	20,6
Medeldiameter dgv (cm)	30,0	31,7
Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk/ha)	239,0	266,2
Grundyta (m <sup>2</sup> /ha)	26,2	28,5
Antal träd (antal/ha)	410	410
Löpande tillväxt (m <sup>3</sup> sk/ha, år)	5,4	-
Tillväxt %	2,3	-

Utbyte

– massaved och timmer

Gagnvirke	Idag	Om 5 år
Granmassaved (m <sup>3</sup> fub/ha)	2,4	2,4
Barrmassaved (m <sup>3</sup> fub/ha)	41,7	43,2
Lövmassaved (m <sup>3</sup> fub/ha)	0,0	0,0
Summa massaved (m <sup>3</sup> fub/ha)	14,8	15,4
Tallsågstimmer (m <sup>3</sup> te/ha)	146,8	167,2
Gransågstimmer (m <sup>3</sup> te/ha)	4,8	6,5
Summa sågstimmer (m <sup>3</sup> te/ha)	151,7	173,7

Virkesvärde

Virkesvärde (kr/ha)	Idag	Om 5 år
Granmassaved	566	538
Barrmassaved	8 765	9 074
Lövmassaved	0	0
Tallsågstimmer	59 849	69 064
Gransågstimmer	1 998	2 768
Summa virkesvärde	70 178	81 464

Virkesvärde

Avverkningskostnad	Idag	Om 5 år
Kr/m <sup>3</sup> fub	71	67
Kr/ha	13 996	14 747

Rotnetto

Rotnetto	Idag	Om 5 år
Kr/m <sup>3</sup> fub	287	304
Kr/ha	56 182	66 717

**Figur 3.** Bestandsval räknar fram bestandsdata, virkesutbyte, virkesvärde, avverkningskostnad och rotnetto nu och om fem år. Värdeförändringen uttrycks som visarprocent.

tätbestockat granbestånd och konstaterar att granbeståndet har såväl högst rotnetto som lägst visarprocent. Det var visserligen ingen jätteskillnad mellan bestånden, men han låter siffrorna följa med som beslutsunderlag när han träffar sin rådgivare.

### Lönar det sig att gödsla?

Björn har också hört att man kan gödsla skog, och undrar om det kan vara lönsamt. Han har ett jämnt 95-årigt tallbestånd som skulle kunna fungera. I verktyget Gödslingskalkyl fyller han i sina beståndsuppgifter. Det visar sig bli en riktigt lönsam affär (figur 4). Mertillväxten på grund av

**Gödslingskalkyl**

*Gödslingskalkyl räknar ut beståndets virkesproduktion och lönsamhet efter skogsgödsling. Fyll i uppgifter om läge, beståndet och gödslingsåtgärder så räknar kalkylverket ut volym- och värdeproduktion och den ekonomiska lönsamheten.*

*Tips! Håll muspekaren över knappar och variabelnamn så får du mer information.*

**Beståndsdata**

Ståndortsindex: T22

Ålder (år): 95

Virkesförråd (m<sup>3</sup>sk/ha): 230

Medeldiameter dgV (cm): 30

Virkeskvalitet: Mycket bra

Gödslingskostnad (kr/ha): 2 500

Gödselgiva (kg kväve/ha): 150

Kalkylränta (%): 2,5

Beräkna    Nytt bestånd

**Resultat**

Diameterrökning (mm)	6,4
Volymökning (m <sup>3</sup> sk/ha)	11,7
Vinst (kr/ha)	2 824
Volymandel (%)	70,2
Dimensionsandel (%)	29,8
Vinst, nuvärde (kr/ha)	1 870
Internränta (%)	9,9
Produktionskostnad (kr/m <sup>3</sup> sk)	213

Mertillväxt

Diskonterad vinst

**Figur 4.** Verktöget Gödslingskalkyl beräknar gödslings effekter och lönsamhet.

gödsling blir 12 kubikmeter på 10 år. Förräntningen på kostnaderna han hade för gödsling blev 10 %.

**...eller röja?**

Björn har inte bara gammal skog, han har också en skuld i ”röjningsberget”. Han vet att han måste röja, men vill ändå få en puff framåt med hjälp av siffror. Han går in i verktöget Röjningsanalys. Där knappar han åter in så mycket uppgifter han kan från sin skogsbruksplan och låter programmet räkna fram hur avdelning nr 24 kommer att se ut vid tidpunkten för förstagallring. Enligt verktöget skulle förstagallringen ge ett netto på 920 kr om han röjde nu, medan det öröjda beståndet skulle innebära en kostnad på drygt 4 000 kr vid förstagallringen (figur 5). I det här fallet lönade det sig definitivt att röja, även när han räknar ränta på röjningskostnaden. Är det värt att bygga väg? Nu har

Björn fått upp ångan rejält och bläddrar snabbt fram och åter i skogsbruksplanen. Han kanske till och med behöver bygga en skogsbilväg? Nu provar han verktöget ”Bygga väg”. Här skulle han behöva bygga 2 kilo-

meter tvärs över skogen för att avverka det 10 hektar stora granbeståndet. Det blev som han trodde – inte lönsamt (figur 6). Men han slås i alla fall av hur kostsamt det verkar vara med terrängtransport av virke jämfört med transport på väg. Han ska i alla fall prata om det med skogsbolagets representant, och fundera på om man inte kan ta något ytterligare bestånd på samma kant, eller kanske till och med dra den över till grannens väg. Det skulle spara många ryggar under ålgjakten.

**Föryngring och löv**

Nu funderar han lite över föryngring. Det blir nog granbeståndet som ryker i alla fall, men i så fall är det frågan hur beståndet ska föryngras? Det ligger på en fuktig låglänt mark med gräs och örter. Var det inte någon som sa något om frostrisk här? Han får rådet från Kunskap Direkt att plantera i första hand, eller att utnyttja naturlig föryngring under skärm om det går. Eller varför inte både plantera och lämna skärm, tänker Björn som gillar

**Gagnvirkesuttag vid gallring**

	Röjt	Öröjt
Uttag (m <sup>3</sup> ub/ha):	31	37
Andel massaved (%):	93	100
Andel sågtimmer (%):	7	0
Gallringskvot:	0,95	0,88

**Ekonomi**

Virkesintäkt (kr/ha):	6 583	7 812
Total avverkningskostnad (kr/ha):	5 663	11 914
Gallringsnetto (kr/ha):	920	-4 102
Röjningsvinst vid gallring (kr/ha):	5 022	

**Röjningsvinst**

Nuvärde av röjningsvinst vid gallring, 2% ränta (kr/ha)	2 772	
Avgår röjningskostnad:	2 494	
Nuvärde av röjning t o m förstagallring, 2% ränta (kr/ha):	279	

Gallringsuttag och ekonomi i röjt och öröjt bestånd.

Röjningsvinst

**Figur 5.** Röjningsanalys räknar ut beståndets värde vid tidpunkten för första gallring. Vinsten ligger ofta i lägre avverkningskostnad p.g.a. grövre virke i den röjda skogen. I det här fallet får skogsägaren ut 5 000 kronor högre netto för det röjda beståndet. När röjningskostnaden är avdragen och vinsten diskonterad till röjningstillfället återstår fortfarande en vinst på 279 kr per hektar.

Kalkyl	
Total terrängtransportkostnad innan vägbygge (kr)	273169
	-
Total terrängtransportkostnad efter vägbygge (kr)	68292
	+
Mervärde (kr)	0
	-
Vägbyggnadskostnad (kr)	160000
	-
Vägunderhållskostnad (kr)	29764
	-
Markvärde i väggata (kr)	20000
	=
<b>Totalt värde (kr)</b>	<b>-4887</b>
<b>Avrundat värde (kr)</b>	<b>-5000</b>

Vinst eller förlust av vägbyggnationen

NY KALKYL >>

**Figur 6.** Verktöget Bygga väg beräknar båtnaden av ett vägbygge när man tar hänsyn till vilka volymer som ska avverkas, under vilken tidsperiod, vägens längd och hur terrängtransportavståndet förändras av den nya vägen.

både hängslen och livrem. Han hittar ett verktyg som heter Frostrisk och provar lite olika varianter på skötsel och provenienser. Han konstaterar att det blir en orimligt stor risk för frostsador om han planterar ortens proveniens utan att lämna någon skärm (figur 7). Det kanske går att få upp en lövskärm, det finns ju en hel del björk i kanterna? I så fall ser han att frostrisken plötsligt blir acceptabel.

– På tal om löv, löper hans tankar vidare. Jag har ju den gamla åkern som har fått växa igen med björk. Ska man inte sköta den? Han hittar både gallrings- och röjningsrekommendationer om lövskog och knappar in sitt bestånd. Jodå, här behövs nog en gallring (figur 8).

### Skräp in – skräp ut

På måndagen tar Björn sin semester-

dag och bilar till Sörmland där han möter rådgivaren efter lunch. Björn har med sig skogsbruksplanen och tillsammans går de igenom åtgärderna. Björn plockar till och med fram papperen han skrev ut från beräkningarna i Kunskap Direkt. Rådgivaren blir lite imponerad av allt han hade räknat ut och vilka kunskaper Björn nu hade. Däremot var han lite kritisk till en del uppgifter. Skogsbruksplanen hade ju några år på nacken och en del av uppgifterna är inaktuella. Rådgivaren konstaterade snabbt att granbeståndet var betydligt grövre, och faktiskt ännu mer värt än Björn hade hoppats på. De konstaterar också några direkta felskrivningar, och Björn får en lektion i att inte lita blint på siffrorna. Regeln ”Skräp in, skräp ut” gäller för alla kalkyler, får han lära sig.

Björn får också en kontakt för att diskutera om man inte skulle bygga en ny väg. Kalkylen hade ju visat att det var åtminstone nästan lönsamt, och att det är värt att göra en ”skarp” kalkyl tillsammans med rådgivaren. Och så

Föregående Beräkna Ny kalkyl

Akkumulerad försommarfrostrisk (%)	19,1
Akkumulerad höstfrostrisk (%)	42,8

Detaljer Utskrift Spara

**Frostrisk - ett kalkylverktyg som beräknar frostrisken vid plantering med gran - har tagits fram i samarbete mellan SLU och Skogforsk med stöd från Föreningen Skogsträdsförädling.**



**Figur 7.** Kalkylverktyget Frostrisk beräknar hur stor risken för frostsador är vid plantering med gran. Frostrisken varierar med läge i landet, ståndort, proveniens, markberedning, skärm och planttyp.

### Testa ditt bestånd - Gallringsrekommendationer (stamantal)

Ange värden för ditt bestånd och tryck på Visa.

Valt träslag  
Vårtbjörk

Ständordsindex

26

Beståndsålder

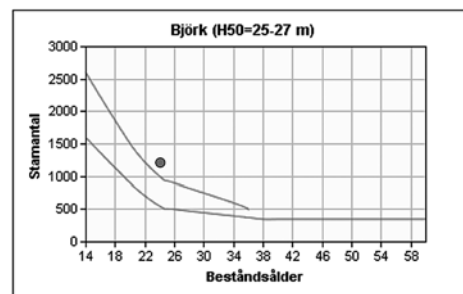
24

Stamantal/ha

1200

Visa

<< Tillbaka



Nu är det dags att gallra!  
Stamantal/höjd: gallra bort 50% av angivet stamantal, dock lägst till den nedre röda linjen.

**Figur 8.** Gallringsverktyget för björk, asp, al och hybridasp ger tips om när det är dags att gallra.

slipper Björn dra älgarna från Rågångsberget för hand.

### Allt fler använder internet

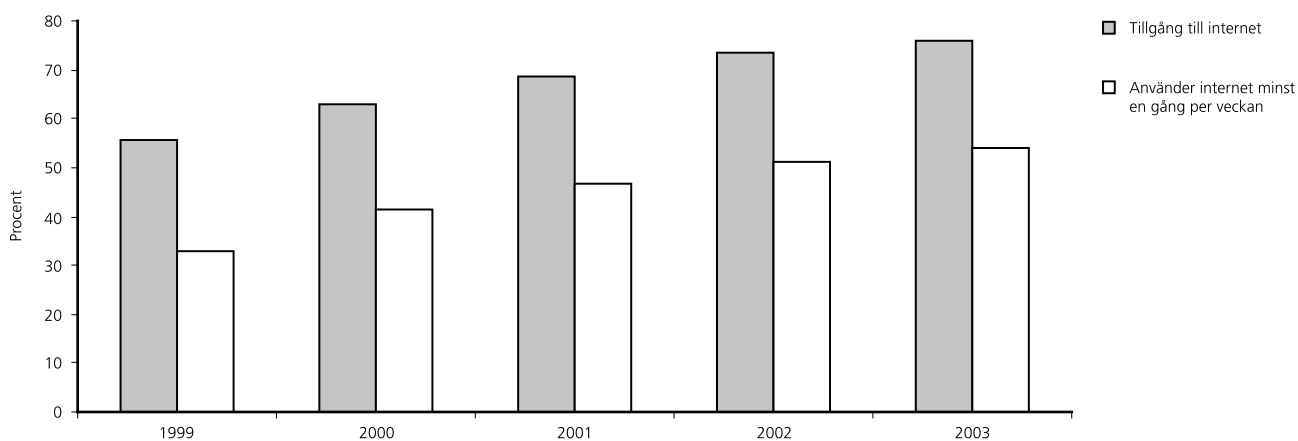
Hur realistisk är då bilden av att skogsägaren ska utnyttja denna typ av webbaserade beslutsstöd? En förutsättning för att vår satsning ska nå våra målgrupper är att de har tillgång till internet. Fortfarande lever bilden av att skogsägaren på sin höjd har internetanslutning via ett knarrigt modem. Och det kan vara delvis sant när det gäller äldre skogsägare på landsbygden. Men nära hälften av alla skogsägare är utbor, och många bor i tätorter. År 2003 hade 85 % av alla personer i Sverige i åldern 16–64 år tillgång till dator i hemmet. I samma åldersgrupp hade 76 % tillgång till internet i hemmet och 54 % använde internet minst en gång per vecka ((figur 9, SCB 2005). Det är visserligen skillnad mellan barnfamiljer, där 90 % har tillgång till internet, och ensamstående, äldre eller personer med låg utbildning där betydligt lägre andel har internetanslutning. Men utbyggnaden går oerhört snabbt, både

vad gäller tillgången till internet i allmänhet och internet via bredband i synnerhet. Post- och telestyrelsen räknade med att 47 % av Sveriges befolkning hade bredbandsanslutning i hemmet år 2005 (PTS 2006). Av dem som fortfarande hade modem- eller ISDN-uppkoppling under hösten 2005 var det 3 av 10 som uppgav att de kommer att beställa bredband inom 3 månader. Det tyder på att bredbandsanslutningarna kommer att öka mycket snabbt.

Hur stämmer då den här bilden på skogsägarna? Uppgifter som samlats in till Skogsbarometern visade att 65 % av skogsägarna hade tillgång till internet år 2004. Om man räknar bort pensionärerna hade 74 % internet-tillgång. Det tyder på att skogsägaren har väl så god internet-tillgång som den genomsnittlige svensken i motsvarande ålder. Siffrorna visar också att över en tredjedel av alla skogsägare använder internet för informationssökning i skogsbruket (opublicerade data från Skogsbarometern, Tomas Karlsson, LRF Konsult).

### Skogsägarna en heterogen grupp ...

Fortfarande är internet ett relativt nytt instrument i rådgivningssammanhang, trots att det har använts med framgång i distansundervisning om skogsbruk (kursen Hållbart Familjeskogsbruk vid högskolan i Växjö och Skogsägarskolan på internet vid SLU i Umeå). Rådgivning och beslutsstöd via webben passar säkert inte alla skogsägare. Men, precis som Johan Sonesson och Ingemar Eriksson konstaterar i sitt föredrag, är skogsägarna en mycket heterogen grupp med olika bakgrund, kunskaper, värderingar och syfte med skogsbruket. Skogsägargruppen tenderar också att bli alltmer heterogen, och att förändras i snabb takt med generationsväxlingar (Ingemarson, 2004). Det har gjorts olika sätt att gruppera skogsägare med hänsyn till deras värderingar och mål. I sin doktorsavhandling delar Fredrik Ingemarson till exempel in skogsägarna i typgrupperna optimisten, pessimisten, ekonomisten, bevarandetyper och traditionalisten. De olika typerna reagerar olika på rådgivning och signaler



**Figur 9.** Andel personer mellan 16 och 64 år som har tillgång till internet och använder internet minst en gång per vecka i hemmet. Källa: Statistisk årsbok 2005.



från politik och marknad. Det behövs alltså en palett av olika instrument och åtgärder för att informera och engagera skogsägare.

### **...med olika krav på råd och stöd**

Webben skulle kunna vara en del i en mer individanpassad rådgivningsapparat. Mycket av den traditionella utbildningen och rådgivningen har vänt sig till åbor genom de utvecklade nätverk som har funnits lokalt (SOU 1992). Men det är inte säkert att dessa koncept passar civilingenjören i Sundbyberg, mellanstadie läraren i Borås eller den dataspelande studenten som har fått ärva släktgården. De webbaserade verktygen skulle kunna hitta en roll här. Sin största nytta gör de troligen tillsammans med annan rådgivning. En virkesköpare eller rådgivare skulle kunna hänvisa till verktygen eller använda dem tillsammans med skogsägaren för att motivera olika åtgärder. Ibland behövs det en övning med egna händer för att budskapet ska smälta in. Vid utbildningar kan interaktiva verktyg också användas för övningar med egna fastighetsdata, vilket gör att kunskapen befästs bättre.

### **Webben är här för att stanna**

Vet vi då om de webbaserade beslutsstöden fungerar i skogsbruket? Vi har statistik som visar att verktygssajterna får mycket besök, vi får en hel del positiv feedback och vi gör tester med användargrupper. Men vi har inga kvantitativa mätningar av vilka som använder verktygen och för vilket syfte. Vi vet inte heller om de leder till något ändrat beteende i skogen. Å andra sidan vet vi faktiskt inte så mycket om hur traditionell rådgivning och utbildning påverkar skogsägarens

attityder och handlingar. Det finns studier som tyder på att den har en begränsad inverkan jämfört med andra yttre faktorer som marknad och råd från virkesköpare (SOU, 1992; Palmstierna, 2004). Det är därför angeläget att undersöka hur olika skogsägargrupper och rådgivare kan använda webben och interaktiva beslutsstöd för att bli aktivare skogsbrukare. Det är lika viktigt att kontinuerligt följa upp nytta och användarvänlighet med de olika verktygen – något som vi också gör kontinuerligt. När du läser detta har säkert några av verktygen redan bytt utseende och nya har tillkommit. En sak är i alla fall säker – webben har kommit för att stanna.

### **Länk mellan forskning och praktik**

Forskarna arbetar ofta med modeller och beräkningsverktyg i sin forskning. Genom att förenkla dem och publicera dem på webben skapas en direktkanal mellan forskare och praktiker – något som båda parter har nytta av. Forskaren kan få respons på sina idéer, och användaren kan testa sina egna kombinationer av indata i beräkningarna. I stället för att forskaren redovisar en tabell med exempel på beräkningar kan användaren prova sina egna varianter. Med ett lämpligt system för återkoppling kan sedan verktygen göras allt bättre och mer användarvänliga.

Flera av de verktyg som finns i Kunskap Direkt i dag har tagits fram i fondfinansierade forskningsprojekt. Målet är att de ska bli fler och mer integrerade. Det ska kunna vara möjligt att på webben mata in data om beståndet före avverkning och få tips om lämplig förnygringsmetod och skogsodlingsmaterial. Verktygen ska sen beräkna vilken tillväxt och avgång

som kan förväntas i plant- och ungskogen, och därefter vilken produktion som kan förväntas i den medelålders och äldre skogen, beroende på vilka åtgärder som vidtas.

### **Referenser**

- Hannerz, M., von Essen, M. & Johansson, S. 2005. Kunskap Direkt – skogsbrukarens guide på nätet. Resultat från Skogforsk nr 6, 2005.
- Ingemarson, F. 2004. Small-scale forestry in Sweden : owners' objectives, silvicultural practices and management plans. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria. Doktorsavhandling.
- Lantbruksbarometern 2003. LRF, LRF Konsult och FöreningsSparbanken.
- Palmstierna, A. 2004. Skogspolitikens informativa styrmedel. Påverkar utbildning och rådgivning privata skogsägares avverkningsbeslut? Uppsala universitet, Statsvetenskapliga institutionen.
- PTS, 2005. Förutsättningar för hållbar konkurrens på bredbandsområdet. Uppdaterad 2005-12-08. Post- och telestyrelsen.
- PTS, 2006. Så efterfrågar vi elektronisk kommunikation – en individundersökning 2005. Post- och telestyrelsen och Temo. Rapportnummer PTS-ER-2006:01.
- SCB, 2005. Statistisk årsbok 2005. Statistiska centralbyrån, Stockholm.
- SOU 1992:76. Skogspolitiken inför 2000-talet: huvudbetänkande av 1990 års skogspolitiska kommitté, Allmänna förlaget, Stockholm.

# TIDIGARE REDOGÖRELSE FRÅN SKOGFORSK

## 2001

- Nr 1 Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G.: Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar.
- Nr 2 von Hofsten, H., Petersson, M. & Örlander, G.: Mekaniska snytbaggesskydd – påverkan på rot- och skottutveckling hos gran.
- Nr 3 Högborg, K.-A. & Jansson, G.: Odlingstester av tallfröplantager i södra Sverige.
- Nr 4 Pettersson, F.: Effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog.

## 2002

- Nr 1 Norin, K.: Upphandling och försäljning av entreprenadtjänster i skogsbruket – en diskussion om affärskoncept som stöder drivningssystemens utveckling.
- Nr 2 Möller, J. J., Sondell, J., Lundgren, C., Nylinder, M. & Warensjö, M.: Bättre diametermätning i skog och industri.
- Nr 3 Hallonborg, U. & Granlund, P.: Virkesbehandling med engreppsskördare.
- Nr 4 Gyllemark, M.: Provenienser av svartgran (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) i södra och mellersta Sverige.
- Nr 5 Glöde, D. & Strömmer P.-G.: Norrskogsgallring – utveckling, förankring och implementering av ett gallringskoncept.
- Nr 6 Högbom, L. & Jacobson, S.: Kväve 2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige.
- Nr 7 Möller, J. J., Sondell, J. & Arlinger, J.: Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor.

## 2003

- Nr 1 Hallonborg, U.: Maskinsågkedjor i praktisk drift.
- Nr 2 Aulén, G. & Gustafsson, L.: Skogligenaturvärdesregioner för södra Sverige.
- Nr 3 Pettersson, F.: Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet.
- Nr 4 Glöde, D. & Bergkvist, I.: 30 år med maskinell röjning – summering av utförd FoU och analys av framtida potential.

## 2004

- Nr 1 Utvecklingskonferens 2004.
- Nr 2 Werner, M. & Heurlin Karlsson, L.: Skånska strövområden – vistelse, preferenser och värderingar.
- Nr 3 Brunberg, T.: Underlag till produktionsnormer för skotare.
- Nr 4 Rytter, L.: Produktpotential hos asp, björk och al.
- Nr 5 Kroon, J. & Rosvall, O.: Optimal produktion vid nordflyttning av gran i norra Sverige.

## 2006

- Nr 1 Kroon, J. & Rosvall, O.: Förflyttningseffekter hos vit- och svartgran i norra Sverige

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Vår verksamhet består av tillämpad FoU, uppdrag och kommunikation av ny kunskap.



**SKOGFORSK**

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel. 018-18 85 00 Fax. 018-18 86 00

E-post. [skogforsk@skogforsk.se](mailto:skogforsk@skogforsk.se)

[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)

© Skogforsk 2004

ISBN 1103-4580