



# Resultat

FRÅN SKOGFORSK NR. 1 2013

## Bättre utbytesberäkningar med laserdata

Bättre utbytesberäkningar kräver detaljerad information om den stående skogen. Men idag baseras prognoserna över vilka sortiment som kan tillredas oftast på medelvärden, och i planeringen görs antaganden om trädens diameter- och höjdfördelning.

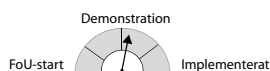
Med flygburen laserskanning ökar detaljnivån och noggrannheten. Högupplösta laserdata ger höjd och krondiameter för alla träd som identifieras från luften. Tillsammans med referensdata från en markbaserad provyteinventering skattas brösthöjdsdiametern för varje höjdmätt träd.

Alla dessa data, tillsammans med lokal statistik över virkesskador och fel, gör det möjligt att beskriva träden med hög noggrannhet. Det förbättrar överensstämmelsen mellan simulerad och verklig avverkning. Därmed kan även prognoserna över flödet av olika sortiment från skogen bli bättre.

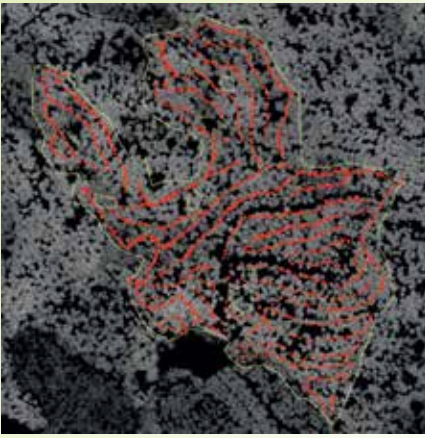


Andreas Barth  
andreas.barth@skogforsk.se  
Tel 018-18 85 37

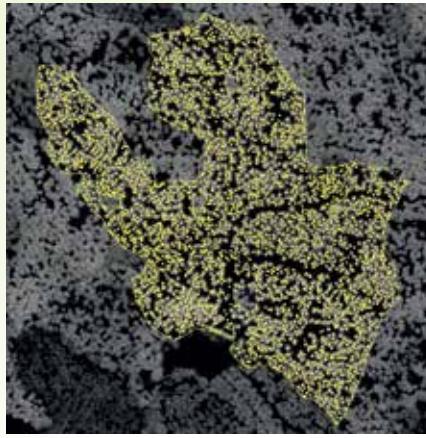
Medförfattare: Johan J. Möller,  
Lars Wilhelmsson och John Arlinger.



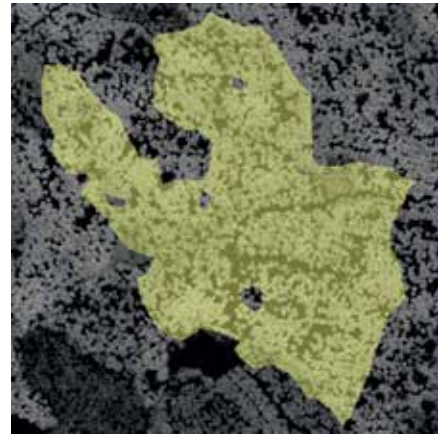
*"Längd- och diameterfördelningen från laserskanning kan ge bättre utbytesprognoser"*



**Skördare:** Skördarens produktionsdata har använts som referens i utvärderingarna. I bilden är träden koordinatsatta med hjälp av skördarens position. Det avverkade områdets yttergränser har följts upp manuellt med GPS efter avverkningen.



**Laserdata:** Diametern i brösthöjd för alla träd som identifierats i laserskanningen används för att beskriva diameterfördelningen i den stående skogen. I bilden finns alla koordinatsatta träd.



**Fältinventering:** Vid fältinventeringen görs en bedömning av virkesförrådets medelvärde per trädslag. Baserat på ett subjektivt uppskattat virkesförråd används en schablon för att generera en diameterfördelning för respektive trädslag.

## Bakgrund

FLEXWOOD är ett nyligen genomfört EU-projekt, där forskare i Europa tillsammans jobbat för att höja kvaliteten på skogliga indata och förbättra styrningen av råvaruflödena. Skogforsk har tillsammans med FORAN Remote Sensing och Logica (CGI) deltagit i projektet, där ett skogsområde i norra Uppland laserskannats med finansiellt stöd från Bergvik Skog AB och BillerudKorsnäs AB.

### Om studien

Högupplösta laserdata samlades in med flyg över det 16 500 ha stora skogsområdet. Tillsammans med drygt 100 fältmätta provtytor användes FORAN:s Single Tree Method för att positionera och identifiera enskilda träd samt beräkna trädhöjd, kron-diameter och brösthöjdsdiameter. Med hjälp av spektrala data från flygbilder och fältdata kunde även trädslagen klassas.

### Kompletterades med skadestatistik

Skördarnas produktionsfiler från redan genomförda avverkningar användes för att skatta frekvensen sortimentsavgörande stamskador och fel i området. Stockar med sågtimmerdimensioner som vid tillredningen klassats om till massa- och brännved antogs vara skadade. Vid nedklassning av

rotstockar hos gran var orsaken vanligen röta. Även förarstyrda tvångskap registrerades i skördarens produktionsfiler. Vid bearbetningen antogs tvångskapen bero på stamskador eller fel.

### Jämförelse med verkligt utfall

Effekterna av att utgå från bättre indata för utbytesberäkningarna analyserades genom att jämföra simulerade och verkliga produktionsdata från 16 av de objekt som avverkats inom det laserskannade området. Totalt omfattade objekten 139 ha och 37 600 m<sup>3</sup>fub.

De laserbaserade utbytesberäkningarna jämfördes med skördarens produktionsfiler, som beskriver det producerade utfallet på stocknivå. De jämfördes också med utbytesberäkningar enligt dagens metod med subjektiv uppskattning av objektens virkesförråd i fält. Baserat på de subjektivt uppskattade virkesförråden genererades en diameterfördelning för respektive trädslag och objekt. Fördelningen baserades på schablonmässiga antaganden. För båda metoderna användes samma statistik för skadefrekvenser och schabloner för trädens stamform.

### God noggrannhet...

Våra analyser visar att flygburna laserdata beskrev skogens dimensioner med hög noggrannhet. Trädens höjd, diameter, grundyta och stamantal hade alla låga systematiska fel (Tabell 1).

### ...också för trädslagsfördelningen

Även trädslagsfördelningen visade bättre överensstämmelse än vi sett vid tidigare studier. De beräkningsmetoder som används för fjärranalys tenderar att dra både trädslags- och diameterfördelningar mot mitten av de referensdata som härrör från provtytor. Det kan leda till att trädslagsrena bestånd beräknas innehålla flera trädslag.

Dessa effekter var dock inte så stora i det aktuella området. Det kan bero på att de flesta bestånden var blandskogar med både tall och gran.

För de 16 analyserade objekten träffade den subjektiva fältinventeringen rätt på det genomsnittliga virkesförrådet, som i detta fall bestämdes utan något större systematiskt fel. För trädslagsfördelningen tenderade dock fältinventeringen att överskatta volymandelen för tall.

Egenskap	Systematiskt fel summa objekt	Standardavvikelse enskilt objekt
Grundtyevägd medelhöjd	0,9 %	2,7 %
Aritmetisk medeldiameter	1,3 %	8,1 %
Grundyta	0,7 %	9,1 %
Stamantal	1,3 %	15,1 %

**Tabell 1.** Noggrannheten för några egenskaper på objektsnivå skattade med laserdata och jämförda med avverkade träd i samma objekt. Data från 16 objekt i norra Uppland.

# Resultat

I beräkningarnas sista steg simulerades avverkning och tillredning av enskilda träd, som beskrivits med laserdata respektive med fördelningsfunktioner ur medelvärden från fältinventering. Vi använde samma styrprislista som vid den verkliga skörden. Sortimentfördelningen för den avverkade volymen från provområdet beräknades sedan med de olika metoderna.

Diameterfördelningen för hela området (Fig. 1) skattades med god noggrannhet utifrån generella antaganden om spridning runt medelvärdena, medan laserdata gav högre noggrannhet på objektsnivå (Fig. 2).

## Felklassade stockar

"Reynolds error index" visar andelen felklassade stockar per diameterklass. Ett lägre index innebär en bättre överensstämmelse mellan den skattade diameterfördelningen och det verkliga utfallet. Laserdata gav ett lägre genomsnittligt index på objektsnivå (0,15) än fältinventeringen (0,18). På flödesnivå, när alla stockar summerades, var förhållandet dock det omvända. Laserdata hade svårt att identifiera klenare träd i skiktade bestånd. Bearbetningen av laserdata (Single tree method) underskattade också ofta diametern på de grövsta träden. För några av de enskilda objekten gav laserdata därför ett högre index än fältinventeringen (Fig. 2).

## Beräknad sortimentfördelning

Prognosen för sortimentsfördelningen baserad på medelvärden från fältinventering underskattade andelen normalt grantimmer utan att överskatta de övriga gransortimenten (Fig. 3). Trots att laserdata överskattade den totala virkesvolymen blev fördelningen på sortiment bättre skattad än för prognosen baserad på fältinventering.

Fördelningen av olika tall- och gransortiment inom tall visar att laserdata gav en något bättre överensstämmelse med skördardata än samma prognos baserad på medelvärden från fältinventeringen (Fig. 4, se nästa sida).

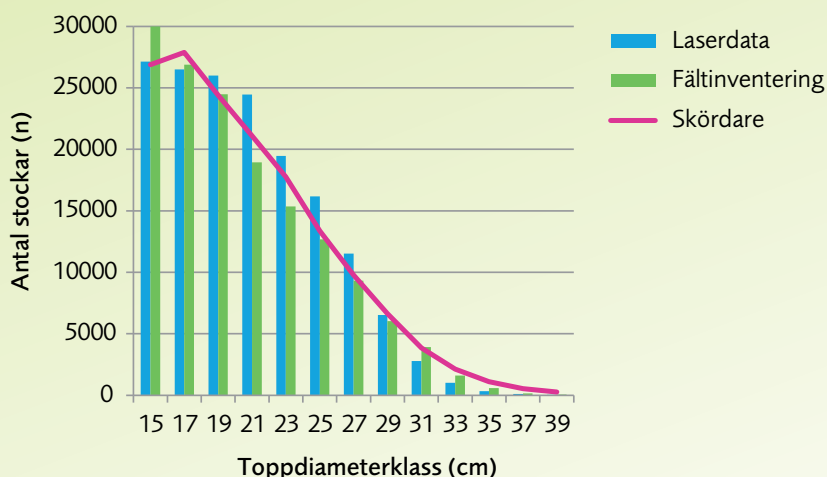


Fig 1. Antal stockar per toppdiameterklass enligt skördare, laserdata och fältinventering. Summa för samtliga 16 objekt visar diameterfördelningen för hela området.

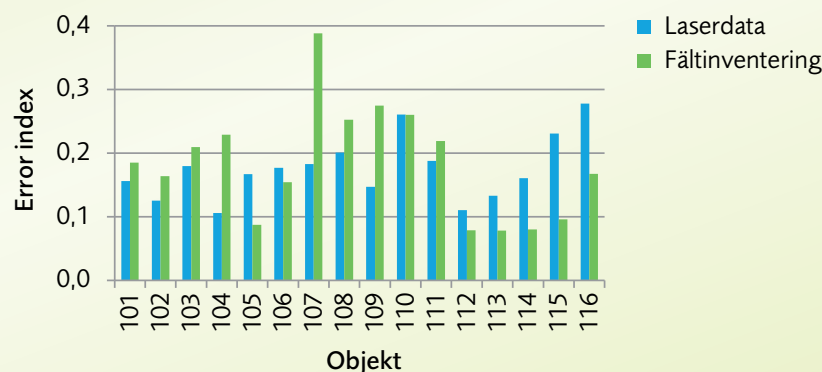


Fig 2. "Reynolds error index" visar andelen stockar per objekt som klassats till fel toppdiameterklass enligt laserdata och fältinventering i jämförelse med verklig produktion enligt skördardata (index=0).

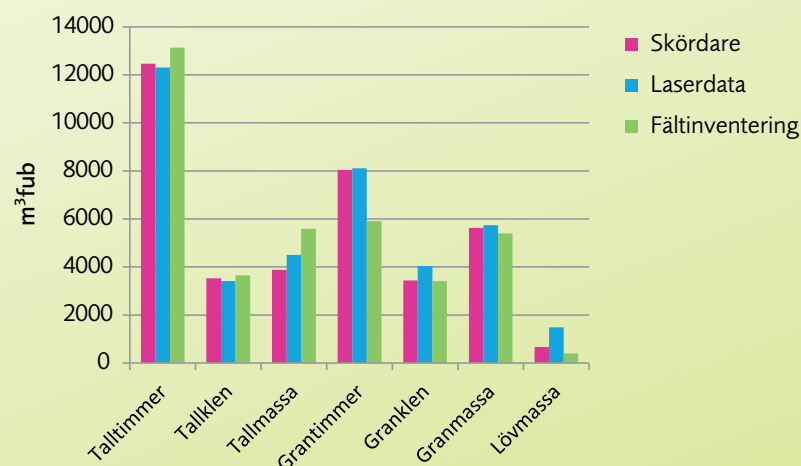


Fig 3. Virkesvolym (m³fub) per sortiment från samtliga 16 objekt enligt skördarens produktionsfil, jämfört med prognoser från laserdata och fältinventering.

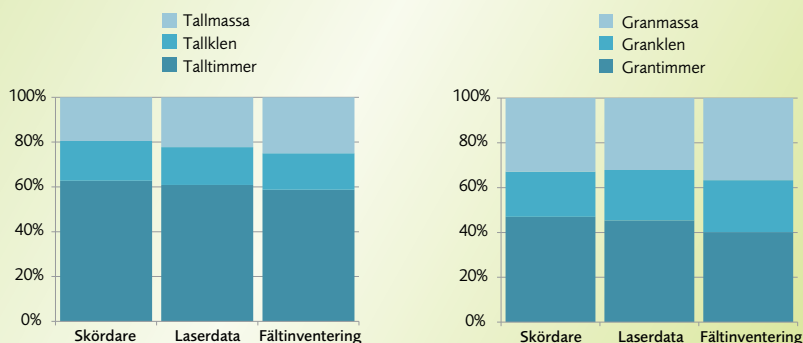


Fig 4. Hela virkesvolymens (16 objekt) relativa fördelning på olika sortiment enligt skördarens produktionsfil, jämfört med prognoser från laserdata respektive fältinventering.

## Laser data give better yield calculations

To improve yield calculations, more detailed information is needed about the standing forest. Currently, forecasts about forest products are usually based on average figures and, in planning, assumptions are made about tree diameter and height distribution.

Airborne laser scanning increases the level of detail and accuracy. High-resolution laser data provides heights and crown diameters for all trees that are identified from the air. Combining these data with reference data from a ground-based plot survey, breast-height diameters are estimated for every tree whose height is known.

All these data, together with local statistics regarding wood damage and defects, makes it possible to describe the trees with great accuracy. This improves the level of correspondence between simulated and actual logging, and thereby also the predicted flow of various forest products.

### Läs mer

Möller, J., Barth, A., Frisk, M., Wilhelmsson, L., Rönnqvist, M., Flisberg, P., Eriksson, M., Eskilsson, H., and Söderman, U. 2012. Task 8100 – Northern Europe. Implementation and demonstration of the Flexwood Concept North Europe Use Case. Flexwood – Flexible Wood Supply Chain. 52 p.

## Diskussion

### Bättre med laserdata

Utbytesprognoserna från laserdata stämde bättre än de som baserades på fältinventeringen. Prognoserna från laserdata över-skattade visserligen virkesförrådet, men fördelningen för sortimenten blev bättre än med medelvärden från fältinventeringen (Fig. 4).

Förklaringen är att laserdata gav en bättre beskrivning av trädens längd- och diameterfördelning. Användningen av produktionsfiler från tidigare avverkningar i samma område gav också ett bra statistiskt underlag för beräkning av andelen nedklassat sågtimmer för olika diameterklasser och trädslag. Observera dock att samma statistiska underlag användes för såväl laserdata som fältinventering.

### Viktigt med rätt formkvot

För beräkning av stamform och volym användes Edgren-Nylinders funktioner med formkvoten 0,66 vilket gav en 10-procentig överskattning av granvolymen. Enligt senare jämförelser mellan stamprofiler från avverkade granar från ett av bestånden skulle en formkvot på 0,60 ge en volym-skattning utan systematiska fel.

### Välskötta skogar enklare att bedöma

Jämfört med våra allmänna erfarenheter av dataunderlag för praktiska utbytesberäkningar visade både laserdata och fältinventeringen mycket bra resultat, med små

systematiska fel och låg standardavvikelse. Skogarna i området är välskötta och har gallrats vid tre tillfällen varför det kan ses som ett relativt enkelt testområde.

I skogar med större variation bör effekten av bra diameter- och höjdfördelningar vara ännu större, samtidigt som det troligtvis blir svårt att ge en noggrann beskrivning av trädens variation.

### Från forskning till tillämpning

Redan idag är det möjligt att använda laserdata med hög upplösning som ger möjlighet till mer detaljerade utbytesberäkningar. Fjärranalysföretagen Foran och Logica (CGI) har anpassat sina system för att samla in och hantera information om enskilda träd. Lågupplösta laserdata har redan fått ett genomslag hos många av skogsbrukets större markägare. Generellt sett höjer laserdata kvaliteten i avdelningsregistren, vilket nu kan användas för att förbättra resultaten från utbytesberäkningarna.

### Skördardata och fjärranalys

Vi tror att utvecklingen går mot metoder som baseras på standardiserade skördardata i kombination med mätbara fjärranalysparametrar. Metoden bör anpassas bättre till olika skogars form och skadefrekvenser, vilket ger bättre utbytesprognoser. Dessutom behöver orsaker till skillnaderna i trädens avsmalning studeras och nya, praktiskt tillämpbara funktioner utvecklas.