

Johan Fransson • Fredrik Walter

## Radarsprider nytt ljus över skogen

- Radarsensorn är en aktiv sensor och kan därför avbilda skogen oberoende av ljus- och väderleksförhållanden.
- Radarfjärranalys har visat sig ge resultat fullt jämförbara med subjektiv markinventering vad gäller skattning av bl.a. virkesförråd på beståndsnivå.
- Det svenska flygburna radarsystemet CARABAS är en av de fjärranalystekniker som verkar mest lovande för att användas i det praktiska skogsbruket för skoglig inventering och planering.



**FIGUR 1.** CARABAS-II-sensorn monterad på ett av försvarets försöksflygplan. De två bommarna framför flygplanet innehåller vardera en fem meter lång radarantenn. Foto: FMV:Prov.

Skogsbrukets behov av information ökar ständigt och idag syftar datainsamlingen i skogen såväl till att optimera virkesproduktionen som till att bevara den biologiska mångfalden. Kostnaden för att samla in nödvändiga fältdata är emellertid hög, vilket gör det viktigt att hitta nya lösningar för datafångst till en lägre kostnad med bibehållen kvalitet. Möjligheten att använda radardata för skogliga tillämpningar studeras därför i pågående forskningsprojekt. Detta nummer av FaktaSkog redovisar resultat av skogliga tillämpningar av satellitradar och det flygburna radarsystemet CARABAS.

### Skillnad mellan radarbilder och optiska bilder

I skoglig fjärranalys används bilddata från aktiva och passiva sensorer för analys av det skogliga informationsinnehållet.

Bildalstrande radar är exempel på en aktiv sensor som sänder ut pulser av elektromagnetisk strålningens energi. Den reflekterade energin, eller radareköt, från skogen registreras och en radarbild skapas. Den aktiva radartechniken gör det möjligt att registrera bilddata oberoende av dagsljus. Dessutom kan skogen avbildas oberoende av väderleksförhållanden eftersom radarsensorer använder relativt långa våglängder (3–1 500 cm). Den långvägiga radarsignalen tränger ner i skogen och registrerar olika beståndsegenskaper. Faktorer som påverkar radarreflektionen är markens och trädens geometriska egenskaper (form, storlek, täthet, orientering och skrovlighet), elektriska ledningsförmåga (fukthalt) samt radarsensorns karakteristik (våglängd, polarisering och tittvinkel).

En passiv optisk sensor registrerar det solljus som reflekteras från träden i skogen, och kan därför bara användas i dagsljus och klart väder. Det använda våglängdsområdet ligger i intervallet från synligt ljus till infrarött och är i storleksordningen av en tusendels millimeter. Därför avbildas enbart skogens krontak, vilket innebär att då skogen är väl sluten ser bilden i princip likadan ut

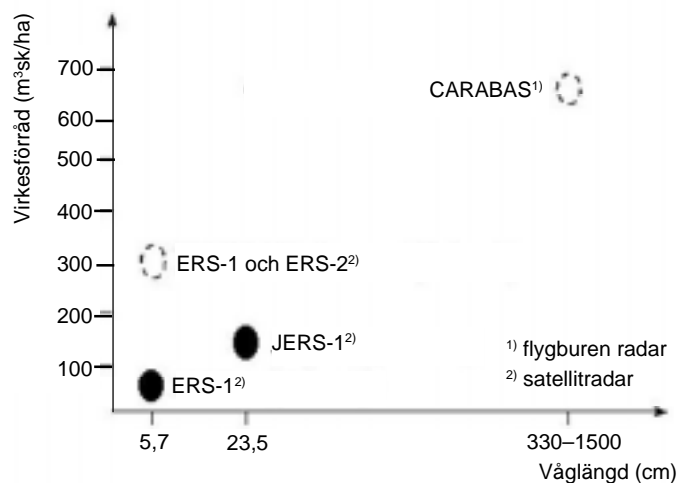
oberoende av hur stort exempelvis virkesförrådet är. Redan vid ganska låga virkesförråd blir det reflekterade ljuset konstant. Detta fenomen utgör en begränsning även när radarsensorer med kortare våglängder används för att skatta bestånd med höga virkesförråd.

Informationsinnehållet och tillgängligheten av radar respektive optiska bilddata skiljer sig åt, och dessa båda datakällor bör ses som komplement till varandra.

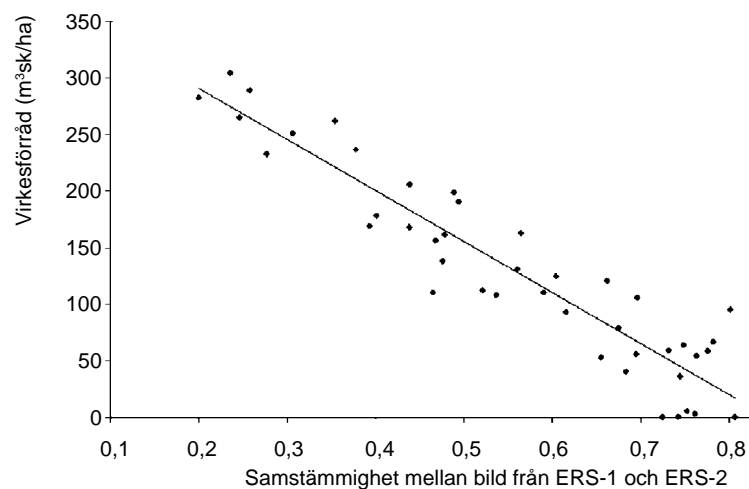
### Satellitradar

Radarbilder registrerade från satelliter karakteriseras av de förhållande-

vis korta (3–23 cm) våglängder som dessa sensorer använder. Radar-satelliterna konstruerades ursprungligen för att användas till havs för att t.ex. kartlägga havsis och oljespill. Intresset för skogliga tillämpningar har varit stort under 90-talet men användbarheten har visat sig vara begränsad. Det beror på att den huvudsakliga radarreflektionen vid dessa våglängder kommer från grenar, barr och lövverk i krontaket och att krontaket dessutom kraftigt dämpar den signal som eventuellt reflekteras från trädstammarna. För satellitradarsensorer kan virkesförrådet i bästa fall skattas upp till 300 m<sup>3</sup>sk/ha. Ju längre våglängd ra-



FIGUR 2. Övre gräns för skattning av beståndsvisa virkesförråd för olika radarsystem.



FIGUR 3. Beståndsvisa virkesförråd i förhållande till samstämmigheten mellan satellitbilder (ERS-1 och ERS-2) tagna över samma område vid två olika tidpunkter. Samstämmigheten mellan bilderna är god vid låga virkesförråd men sjunker med stigande virkesförråd.

darsystemet använder, desto högre virkesförråd klarar sensorn av att mäta (figur 2).

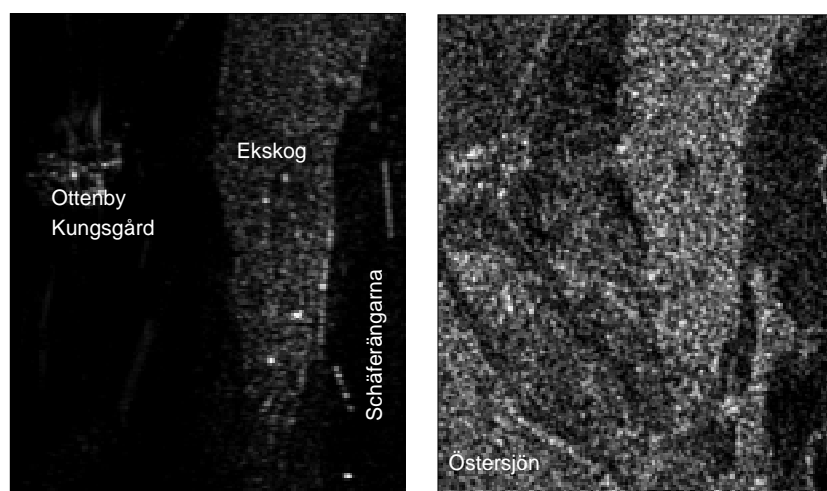
Genom att utnyttja informationen från två på varandra följande registreringar kan skattningen av virkesförråd avsevärt förbättras. Noggrannheten kan dock förämmas kraftigt av externa faktorer såsom vindstyrka, nederbörd och temperatur vid de två bildregistreringstillfällena (figur 3).

## CARABAS

CARABAS är en flygburen, långvägig radarsensor som utvecklats av

Försvarets forskningsanstalt (FOA) i Linköping sedan mitten av 80-talet. Genom att använda meterlånga våglängder (3,3–15 meter) penetrerar CARABAS skogens krontak vilket gör att det huvudsakliga radarekott kommer från trädens stammar. Det medför att den reflekterade strålningsenergin blir mycket starkt kopplad till enskilda bestånds virkesförråd. En annan unik egenskap hos CARABAS är att dess bilder i huvudsak är fria från speckel, vilket kan vara ett stort problem vid tolkning och mätning i satellitradarbilder. Speckel uppkommer då de reflekterande objekten på marken är mycket mindre än upplös-

ningen i bilden. För kortvägig radar kommer reflektionen från slumpmässigt ordnade objekt (exempelvis grenar, barr och löv) inom ett bildelement att ibland förstärka och ibland försvaga varandra, vilket ger en bild som ser brusig ut. I CARABAS-bilden utgör endast ett fåtal objekt (träd) per bildelement reflektorer, vilket gör att speckel uppkommer mycket sällan. Figur 4 visar en CARABAS-bild över Ottenbylunds skog på södra Öland samt motsvarande ERS-1 radarsatellitbild med hög speckelnivå. Notera särskilt att skogsområdet i radarsatellitbilden inte skiljer sig nämnvärt från Östersjön (nedre vänstra hörnet).



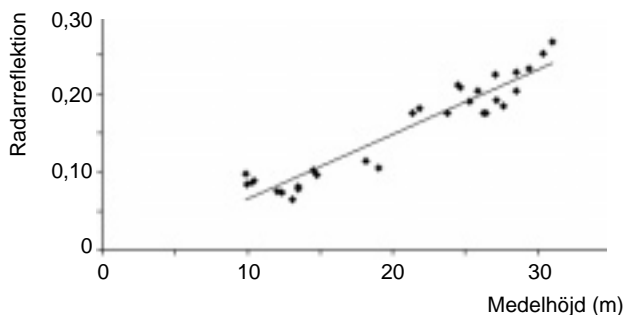
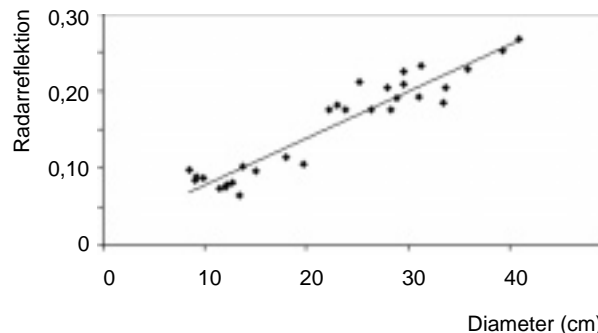
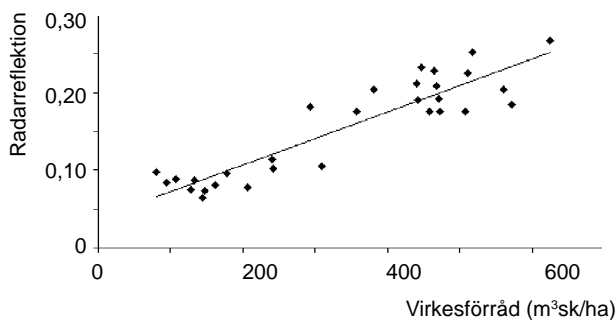
**FIGUR 4. Jämförelse mellan en CARABAS radarbild (vänster) och en ERS-1 radarbild från södra Öland, processade till likvärdig upplösning.**



**FIGUR 5. Kartriktig CARABAS-bild med överlagrade beståndsgränser från skogskartan. Ju ljusare bilden är desto högre virkesförråd på marken. Enskilda ljusa prickar motsvarar stora träd eller trädkluster som ger starkt radarekott.**

CARABAS-sensorns position lagras kontinuerligt under flygningen med decimeterprecision genom GPS-teknik. Den höga positionsnoggrannheten har gjort det möjligt att framställa kartriktiga radarbilder till valfritt lokalt kartsystem. Det är en stor fördel då denna s.k. geometriska korrigering ofta är en stor kostnad när fjärranalysbilder används. För den geometriska korrigeringen behövs även en digital terrängmodell (DTM) över det aktuella skogsavsnittet. Lantmäteriets DTM med upplösning på 50x50 meter är tillräcklig i de flesta fall, men ger relativt stora fel i terrängavsnitt med stora höjdvariationer. På FOA utvecklas för närvarande metoder för automatisk framtagning av digitala terrängmodeller från CARABAS-bilder registrerade från parallella flygstråk. Dessa terrängmodeller kommer sannolikt att ha högre upplösning än de som finns tillgängliga idag, vilket medför att framställningen av kartriktiga radarbilder kommer att kunna utföras med än högre precision. I figur 5 visas en kartriktig CARABAS-bild tillsammans med beståndsgränser hämtade från en skogskarta.

Under 1998/99 genomfördes en studie med CARABAS-II över Tönnersjöhedens försökspark där sensorns mättnadsnivå och dess förmåga att kartlägga skogliga parametrar undersöktes. Trots försöksparkens mycket höga virkesförråd på upp till 625 m<sup>3</sup>sk/ha, nåddes inte någon övre gräns för skattning av virkesförråd. För granbestånd på



**FIGUR 6. Hur radarreflektionen beror av virkesförråd, diameter respektive medelhöjd för 30 objektivt inventerade granbestånd på relativt plan mark.**

relativt plan mark ( $\pm 4$  grader) erhöles ett starkt samband mellan radarreflektion och virkesförråd. Noggrannheten i dessa skattningar kan jämföras med markbunden subjektiv inventering (okulär uppskattning). För andra parametrar med stark koppling till virkesförråd, såsom diameter och medelhöjd, var skattningsnoggrannheten också hög. I figur 6 visas sambanden mellan radarreflektion och dessa skogliga parametrar.

Större förändringar i skogen, såsom gallring, slutavverkning och stormfällning av skog, torde vara möjligt att kartlägga med CARABAS. Forskningen fortsätter nu på ett flertal testområden i landet för att vidareutveckla de metoder som hittills tagits fram. Möjligheten att använda CARABAS i det praktiska skogsbruket kommer också att undersökas.

Sammanfattningsvis medför den höga skattningsnoggrannheten och den stora ytäckningsförmågan (en miljon hektar på några timmar) att CARABAS har stor potential för kostnadseffektiv skattning av exempelvis bestandsvisa virkesförråd.

### Ämnesord

Fjärranalys, radar, CARABAS, skoglig inventering, skattning av skogliga parametrar

### Litteratur

- Fransson, J. 1999. Analysis of synthetic aperture radar images for forestry applications. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 100*, SLU, Umeå.
- Walter, F. 1999. Extraction of forest stand parameters from CARABAS VHF SAR images. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 115*, SLU, Umeå.

### Författarna

*Johan Fransson* är skoglig doktor vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, avd. för fjärranalys, SLU, 901 83 Umeå. Telefon: 090-786 65 54, fax: 090-14 19 15, e-post: Johan.Fransson@resgeom.slu.se

*Fredrik Walter* är skoglig doktor och har disputerat vid Centrum för bildanalys, SLU, Uppsala. För närvarande bedriver han konsultverksamhet inom områdena GIS och fjärranalys samt är deltidanställd vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, avd. för fjärranalys, SLU, 901 83 Umeå. Telefon: 0921-691 71, e-post: Fredrik.Walter@Dianthus.nu

Forskningen har bedrivits i nära samarbete med institutionen för spaningsradar vid Försvarets forskningsanstalt (FOA), Linköping och institutionen för radio- och rymdvetenskap vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Ansvarig utgivare:  
Redaktör:

Internet:  
Prenumeration, distribution  
och lösnummerförsäljning

Pris:  
Tryck:

Göran Hallsby, institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ  
Lotta Möller, SLU informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA  
Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: Lotta.Moller@info.slu.se  
www.slu.se/forskning/fakta.html  
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA  
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54/67 35 00  
E-post: Inger.Blomstedt@service.slu.se  
300 kr + moms  
SLU Reproenheten, Uppsala, 2000  
ISSN 1400-7789 © SLU

