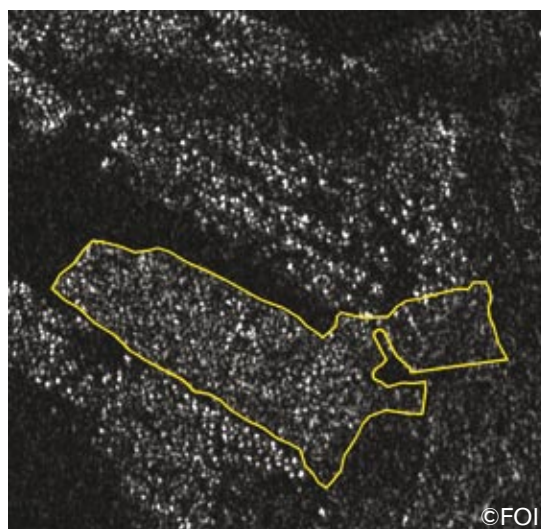


MATTIAS MAGNUSSON • JOHAN FRANSSON

Skoglig inventering med framtidens fjärranalystekniker

- Flygburen laserskanning är den enskilt bästa av de undersökta fjärranalysteknikerna för skattning av virkesförråd och trädhöjd.
- Flygbildstolkning av Z/I DMC-bilder i en digital fotogrammetrisk arbetsstation kan ersätta flygbildstolkning av filmbaserade flygbilder i analoga eller analytiska fotogrammetriska instrument utan att noggrannheten försämras.
- En kombination av multispektrala optiska satellitdata och Carabas radardata, samt multispektrala optiska satellitdata och trädhöjdsdata, ger en förbättrad skattning av virkesförrådet.



Figur 1. Optisk satellitbild från SPOT-5 (vänster), digital flygbild från Lantmäteriets nya Z/I DMC-kamera (höger övre) och radarbild från Carabas (höger nedre) över ett 4 ha stort skogsbestånd. De ljusa prickarna i radarbilden är enskilda stående träd. Lasermätningar för området som är markerat med ett vitt streck i flygbilden visas i Figur 3.

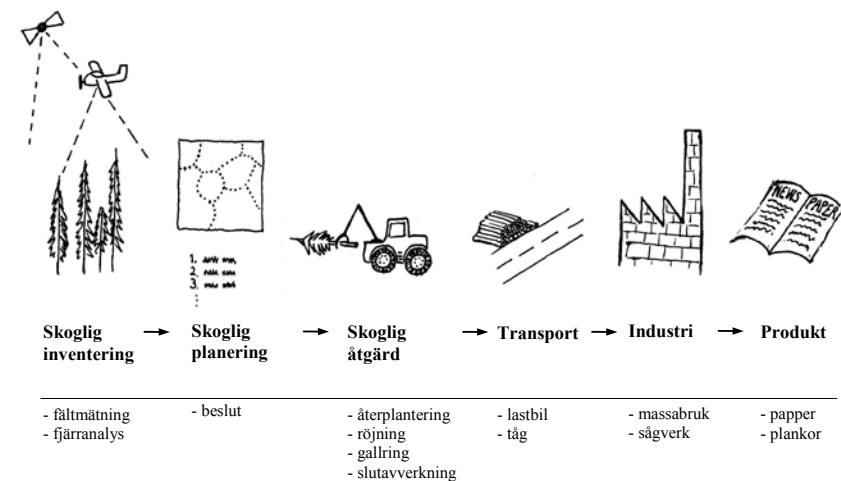
Det finns ett kontinuerligt behov av en korrekt beskrivning av skogen. Skogsdata på beståndsnivå behövs vid skoglig planering, speciellt när åtgärder för de kommande åren skall bestämmas. Vanligtvis samlas skogsdata in med subjektiva inventeringsmetoder i fält. Mätningar i fält är dock arbetsintensiva vilket medför att kostnaderna är stora. Ett komplement till inventering i fält är att använda fjärranalysdata som kan samlas in med olika instrument från helikopter, flygplan eller satellit.

Skoglig planering

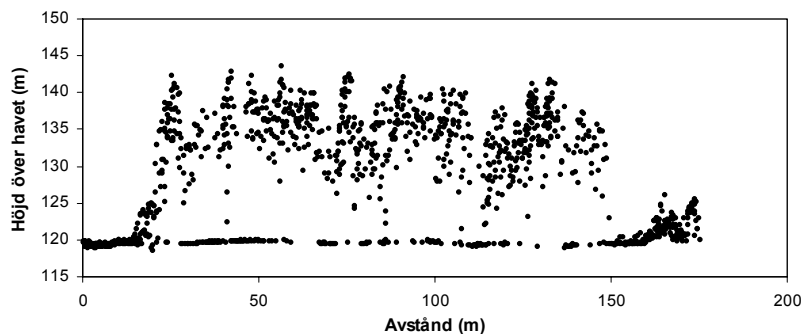
Utnyttjandet av skogen förutsätter skoglig planering för att möta krav från markägare och samhälle. I planeringsprocessen fattas beslut som sedan genomdrivs för att nå de uppsatta målen, t.ex. hög ekonomisk avkastning, rekreation eller naturvärden. Utgångspunkten i den skogliga planeringen är skogstillståndet. Vanligtvis finns en skogskarta och ett beståndsregister tillgängligt för fastigheter. Skogskartan är indelad i ett antal bestånd (ca 0,5–20 ha) där varje bestånd antas ha ett homogent trädskikt och ståndortsindex. Beståndsregistret innehåller variabler som virkesförråd, trädhöjd, trädslagsblandning, ståndortsindex och ålder. Figur 2 visar en generaliserad och förenklad bild av ett timmerorienterat skogsbruk.

Skoglig inventering

Skoglig inventering med hjälp av olika fjärranalystekniker har undersökts på fastigheten Remningstorp i Västergötland. Skogarna på Remningstorp är barrdominerade och ligger i huvudsak på fastmark. Både unga och äldre bestånd har analyserats och noggrannheten vid inventering av skogliga variabler har utvärderats med fokus på virkesförråd (se Figur 6).



Figur 2. Flödesschema i ett timmerorienterat skogsbruk.



Figur 3. Lasermätningar längs en fem meter bred gata genom ett skogsbestånd (se Figur 1) med ca 2,5 lasermätningar per kvadratmeter. Mätningarna har gjorts från en höjd av 430 m över marken med lasersystemet TopEye.

Optiska satellit- och flygbilder

Det reflekterade solljuset från skogen kan mätas med optiska instrument ombord på exempelvis en satellit eller ett flygplan. Tekniken är således beroende av dagsljus, men även av bra väder, för att ge användbara bilder. I optiska bilder är skogsområden med litet virkesförråd ljusa. På grund av skuggbildning framträder däremot täta välbestockade områden med högt virkesförråd mörkare i bilddata. På Remningstorp har optiska satellitbilder, samt analoga och digitala flygbilder utvärderats för skogliga tillämpningar (Figur 1).

Radar

Genom att använda mikro- eller radiovågor kan skogen avbildas med hjälp av radarteknik. Radarinstrumenten är sidtittande och skickar aktivt ut och tar emot radarvågor i form av pulser med välbestämt våglängdsinnehåll. Radarekots som sprids tillbaka från skogen registreras av radarn utefter en viss flygsträcka och omvandlas sedan till en bild. En styrka med radar är att bilder kan tas fram oberoende av solljus och väderleksförhållanden.

Ungskogar med lågt virkesförråd är mörka i bilddata till skillnad mot äldre skog som är ljusare. Förenklat uttryckt ökar radarekots styrka med ökat virkesförråd upp till en viss gräns beroende på radarvåglängden. Det skogliga informationsinnehållet i radarbilder över Remningstorp från såväl satellit- som flygburna system har analyserats i flera projekt. Radardata har vid upprepade tillfällen samlats in av det svenska flygburna radarsystemet Carabas som tagits fram av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) i Linköping (Figur 1).

Laser

Med flygburen laserteknik kan skogen mätas genom att pulser aktivt skickas ut med ett laserinstrument. Pulsarna reflekteras sedan från skogen och på så sätt kan avståndet mellan lasern och vegetationen eller marken mätas. Eftersom positionen på laserinstrumentet vid varje ögonblick kan bestämmas med stor noggrannhet via navigeringssystem kan även positionerna för de enskilda lasermätningarna beräknas. En vanligt förekommande laserteknik utgår från att pulserna fördelas i ett sicksackmönster över skogen med hjälp av en roterande spegel. Mindre träd stående under stora träd kan inte mätas med flygburen laser. Figur 3 visar lasermätningar längs ett tvärsnitt genom ett skogsbestånd.

Lasermätningar kan göras oberoende av dagsljus men kräver att sikten inte är skydd, dvs. molnfria och goda väderleksförhållanden. Ett flertal helikopterflygningar har utförts på Remningstorp med det svenska lasersystemet TopEye. Idag finns det ett antal kommersiella aktörer på marknaden som erbjuder laserskanning av skog.

Bestandsvisa skattningar av virkesförråd

För att ta fram skogliga uppgifter (t.ex. virkesförråd, trädhöjd, stamdiameter och trädslag) med fjärranalys krävs ett väl insamlat stickprov av fältdata. Arbetet går sedan ut på att koppla ihop fjärranalysdata med fältdata. När väl sambandet har etablerats kan fjärranalys användas för att ta fram uppgifter över skog där enbart fjärranalysdata finns men där fältmätningar saknas.

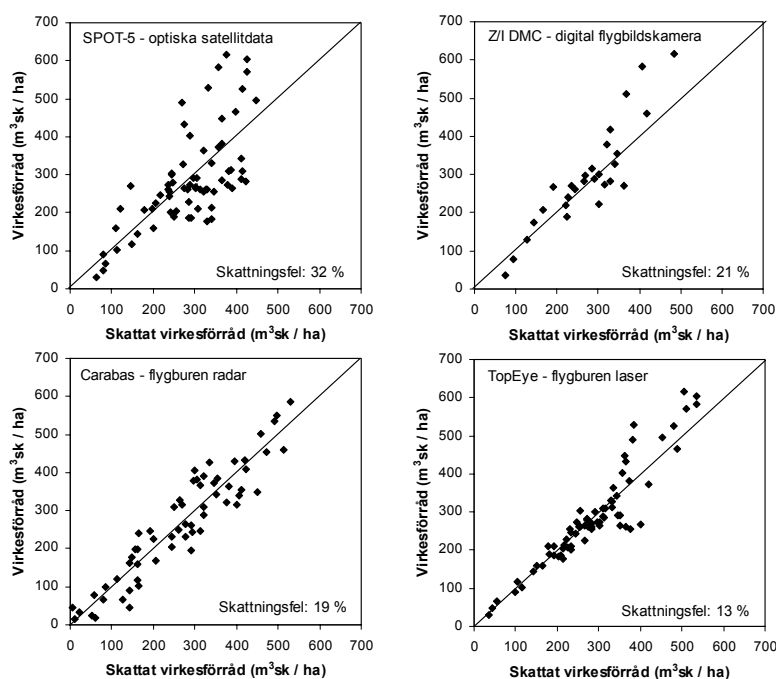
Optiska satellitbilder avbildar skogens krontak eller täthet. Då ett bestånd sluter sig ökar mängden skuggor och därmed blir en optisk bild successivt mörkare med ökat virkesförråd. Vid skattning av virkesförråd utnyttjas därför färginformationen i bilddata som speglar mängden reflekterat ljus från skogen.

Tabell 1. Skattningsfel av genomsnittligt virkesförråd på beståndsnivå med fjärranalysdata från enskilda datakällor och för en kombination av datakällor

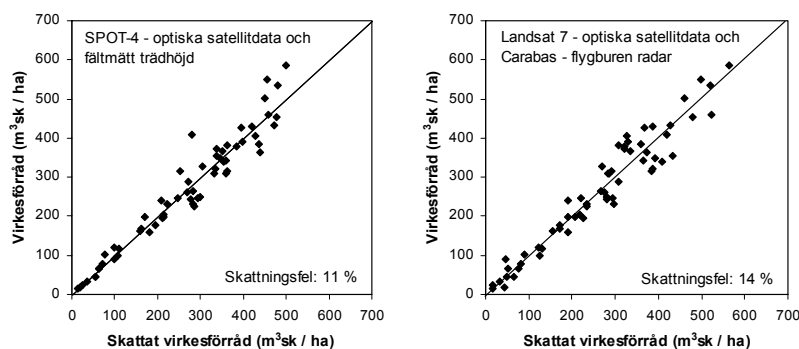
	Skattningsfel av genomsnittligt virkesförråd (%)	Förbättring i jämförelse med bästa enskilda datakälla (%)
Singel		
SPOT-4	24	
SPOT-5	32	
Landsat 7	25	
Wild RC30, filmbaserade pankromatiska flygbilder	21*	
Z/I DMC, digitala infraröda flygbilder	21*	
Carabas	19	
TopEye	13	
Kombination		
SPOT-4 och Carabas	16	15
Landsat 7 och Carabas	14	23
SPOT-4 och trädhöjd	11	53
Landsat 7 och trädhöjd	12	52
SPOT-5 och TopEye (trädhöjd)	20	38**
SPOT-5 och TopEye (trädhöjd och täthet)	12	5

* korrigerat för systematiska fel

** i jämförelse med SPOT-5 data



Figur 4. Fältmätt virkesförråd i jämförelse med skattat virkesförråd från olika fjärranalystekniker. Varje prick är ett enskilt bestånd.



Figur 5. Fältmätt virkesförråd i jämförelse med skattat virkesförråd från en kombination av olika datakällor. Varje prick är ett enskilt bestånd.

Radarsystemet Carabas mäter virkesförrådet genom att de utskickade radiovågorna studsar mot marken och sedan mot trädets stam. Resultatet blir ett radareko som ökar i styrka med trädets storlek. Genom att ta medelvärdet av alla radarekon inom ett bestånd kan det genomsnittliga virkesförrådet skattas.

I Figur 3 kan siluetten av en skog skönjas med lasermätningar såväl i vegetationen som på marken. Av figuren framgår att ett bestånds medelhöjd och täthet går att bestämma. Tätheten tas ofta fram genom att beräkna andelen lasermätningar i vegetationen. Medelhöjden tillsammans med täthetsmättet används sedan för att skatta virkesförrådet i ett bestånd.

Skattning av virkesförråd från optiska satellitbilder, radar och laser kan automatiseras. Däremot är det svårare att automatisera virkesförrådsskattning med optiska flygbilder. I stället görs därför en manuell tolkning av flygbilder där en operatör mäter trädhöjd och bedömer slutenhet för varje enskilt bestånd i en stereomodell. Dessa uppgifter tillsammans med beståndets trädslagsblandning används för att skatta virkesförråd. De nya digitala flygbilderna ersätter nu de traditionella filmbaserade (analog) flygbilderna i rask takt. Lantmäteriets nya Z/I DMC-kamera är ett exempel på en digital flygbildskamera. På Remningstorp har det första försöket i Sverige genomförts för att skatta virkesförråd, trädhöjd och trädslag med de nya digitala flygbilderna från Lantmäteriet.

I Figur 4 visas resultat från en beståndsviss jämförelse mellan fältmätt virkesförråd och skattat virkesförråd med olika fjärranalystekniker. I figuren redovisas också det genomsnittliga skattningsfelet av virkesförråd; laser ger generellt sett de bästa skattningarna (skattningsfel på 13 %) och optiska satellitbilder de sämsta (skattningsfel på 32 %). För riktigt höga virkesförråd (> 400 m³sk/ha) ger Carabas den bästa skattningsnoggrannheten (skattningsfel på ca 10 %). Som en jämförelse kan nämnas att relaskopmätningar i fält ofta ger ett skattningsfel på omkring 20 %.

För att ytterligare förbättra skattningsnoggrannheten (dvs. minska skattningsfelet) av virkesförråd på beståndsnivå kan olika datakällor insamlade såväl med fjärranalysteknik som via fältmätningar kombineras. I Figur 5 visas två exempel på s.k. kombinationsskattningar. Resultaten av de undersökta fjärranalysteknikerna för skoglig inventering av virkesförråd sammanfattas i Tabell 1.

Finansiärer bakom studierna som ingår i Mattias Magnussons doktorsavhandling är Rymdstyrelsen och Hildur och Sven Wingquists stiftelse för skogsvetenskaplig forskning.



Figur 6. Bilderna visar exempel på bestånd som ingår i studierna. I mitten visas fastigheten Remningstorp där de mörkklagda bestånden har analyserats.

Ämnesord

Skoglig inventering, virkesförråd, kombinationsskattningar, flygbildstolkning, multispektral optisk satellitbild, flygburen laserskanning, flygburen radar

Läs mer

Magnusson, M. 2006. Evaluation of Remote Sensing Techniques for Estimation of Forest Variables at Stand Level. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 85. Doctoral Thesis. ISSN 1652-6880.

Författare



SkogD Mattias Magnusson är verksam vid avdelningen för fjärranalys, institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, 901 83 Umeå.
Tel: 090-786 85 79
E-post: Mattias.Magnusson@resgeom.slu.se



Docent Johan Fransson är verksam vid avdelningen för fjärranalys, institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, 901 83 Umeå.
Tel: 090-786 85 31
E-post: Johan.Fransson@resgeom.slu.se

Fakta Skog – Om forskning vid Sveriges lantbruksuniversitet

Redaktör: Göran Sjöberg, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 Umeå
090-786 82 96 • Goran.Sjoberg@adm.slu.se

Ansvarig utgivare: Jan-Erik Hällgren, 090-786 82 38 • Jan-Erik.Hallgren@sfak.slu.se

Webb: www.slu.se/?id=142

Prenumeration: 15 nummer per år för 340 kronor + moms.

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07, Uppsala, 018-67 11 00 • Publikationstjanst@slu.se

Elanders Tofters AB, Uppsala 2006

ISSN 1400-7789 © SLU



Universitetet som utbildar
och forskar för livet