

**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning

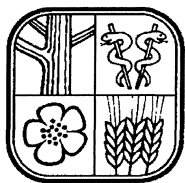
- metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i
skogliga avrinningsområden

Per Nilsson

Arbetsrapport 2 1995

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-16 58 25 Fax: 090-14 19 15

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--2--SE



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

LÄNSSTYRELSENA i

Norrbottnen Kopparberg

Västerbottnen Gävleborg

Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning

- metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i
skogliga avrinningsområden

Per Nilsson

Arbetsrapport 2 1995

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-16 58 25 Fax: 090-14 19 15

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--2--SE

FÖRORD

Denna rapport beskriver förutsättningarna att använda Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid miljöövervakning i skogliga avrinningsområden.

Projektet tillkom på initiativ av länsstyrelserna i Kopparbergs, Gävleborgs, Västerbottens samt Norrbottens län, vilka också genom medel från SNV bekostade projektet. Arbetet har utförts vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, enheten för skoglig statistikproduktion, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå.

Syftet med rapporten är att ge länsstyrelserna beslutsunderlag för uppbyggnad av regionala miljöövervakningsprogram i skogliga avrinningsområden.

Jag vill passa på att tacka de som medverkat vid arbetet.

Umeå i november 1995



Per Nilsson

Innehållsförteckning

Sammanfattning

1. Inledning

1.1 Bakgrund

1.2 Syfte

2 Material och metoder

2.1 Undersökningsområde

2.2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen - översiktlig beskrivning

2.3 Typvariabler

2.4 Uppgifternas precision

2.5 Satellitfjärranalys

3 Resultat

3.1 Befintlig fältinventering

3.2 Förslag till modifierad inventering

4 Diskussion

Referenser

SAMMANFATTNING

Denna studie behandlar Riksskogstaxeringens och Ståndortskarteringens förutsättningar att beskriva mark, vegetation och trädbestånd i skogliga avrinningsområden. Utredningen är en del av länsstyrelsernas uppbyggnad av regionala miljöövervakningssystem.

I rapporten granskas förutsättningarna att beskriva tillståndsförändringar för ett antal miljöbeskrivande variabler inom Öreälvens avrinningsområde, Västerbottens län. Inflytandet av olika förtätningar av stickprovet samt satellitfjärranalys belyses ur ett kostnads- och noggrannhetsperspektiv.

Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

Stickprovstätheten i Riksskogstaxeringens och Ståndortskarteringens befintliga fältinventering räcker generellt sett inte till för miljöövervakning på avrinningsområdesnivå. Upplösningen blir för låg. Tillräckligt statistiskt underlag för att påvisa 20%-iga förändringar föreligger endast för ett fåtal variabler inom Öreälvens avrinningsområde. Tre alternativa förslag ges för att förbättra upplösningen:

- Generell förtätning av fältinventeringen ger en god upplösning för alla testade variabler, dock inte tillräcklig för att skatta omfattningen av utförda skogsbruksåtgärder. Årlig kostnad för alternativet är drygt 500 000 kr.
- Befintlig fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys ger möjlighet att följa arealen skogsmark, myr, barr-/lövskog och slutavverkning, samt volymer och biomassa för barr-/lövträd. Förslaget innefattar ej markkemi, vilket kan vara en viktig begränsning. Metoden är klart billigast, 30 000 kr per år.
- Förtätad fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys ger nästan lika god variabeltäckning som vid generell förtätning, samt ger med fjärranalysens hjälp möjlighet att följa slutavverkningen. Förslaget innefattar även markkemi. Alternativets årliga kostnad blir knappt 250 000 kr.

Färdiga metoder finns i dag utarbetade för samtliga alternativ. Observera dock att inga färdiga produktionsrutiner i dagsläget finns framtagna för de två alternativen där satellitfjärranalys ingår. Visst utvecklingsarbete krävs därför för att dessa alternativ ska kunna realiseras.

Användning av satellitfjärranalys bedöms ha en naturlig roll vid miljöövervakning i skogliga avrinningsområden. Riksskogstaxeringens provtytor är dessutom ett mycket lämpligt referensmaterial vid klassificering av satellitbilder.

Några viktiga fördelar med att använda satellitfjärranalys vid miljöövervakning av skogliga avrinningsområden:

- Ger yttäckande och objektvis information.
- Möjliggör skattningar för mindre avrinningsområden.
- Möjliggör kostnadseffektiva skattningar bl.a. för arealen utförda slutavverkningar samt arealer och volym av barr-/lövskog.

Några nackdelar med satellitfjärranalys:

- Möjliggör skattningar för ett färre antal variabler än fältinventeringen.
- Relativt ny teknik som kräver ytterligare utvecklingsarbete.

Slutligen föreslås att provverksamhet förläggs till ett antal lämpliga avrinningsområden i landet. Syftet med testerna är att upprätta ändamålsenliga miljöövervakningsrutiner för skogliga avrinningsområden, baserade på Riksskogstaxeringens provytor och satellitfjärranalys.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I denna rapport redovisas något om Riksskogstaxeringens och Ståndortskarteringens förutsättningar att beskriva mark, vegetation och trädbestånd i skogliga avrinningsområden.

Ett avrinningsområde är en naturligt avgränsad försöksenhet lämpad för biologiska undersökningar. Områdets hydrologiska avgränsning skapar goda förutsättningar för ämnesbalansstudier. Depositionens samband med utlakningen kan bl.a. studeras för att ge kunskap om försurningens påverkan på skog och mark. Skogsbrukets nyttjande av skogsmarken påverkar också skogsekosystemen och för att närmare belysa detta måste förändringar i skogslandskapet kunna kopplas till förändringar i näringsutlakning etc.

Länsstyrelserna bygger för närvarande upp regionala miljöövervakningsprogram som skall vara i praktiskt bruk den 1 juli 1997. En stor del av länsstyrelsernas miljöövervakning är knuten till mätsystem i skogliga avrinningsområden. Vattenmätningar utförs kontinuerligt vid ett antal mätstationer längs vattendragen. Länsstyrelserna söker i dagsläget arbetsformer för att på ett effektivt sätt utföra miljöövervakning inom skogliga avrinningsområden. En målsättning är att hitta former för arbetet som bidrar till bästa möjliga kompetensutnyttjande, kostnadseffektivitet m.m. En viktig del av detta arbete består i att samordna länsstyrelsernas övervakning med andra miljöbeskrivande verksamheter. Ett annat led i arbetet är att satsa på ändamålsenlig inventeringsteknik. I detta sammanhang har inköp av satellitbilder påbörjats. Detta bl.a. av Kopparbergs, Gävleborgs och Värmlands län.

Riksskogstaxeringen har sedan 1923 utgjort statens instrument för att samla in uppgifter för att beskriva tillstånd och förändringar i skog och mark. Riksskogstaxeringen utförs av institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik vid skogsvetenskapliga fakulteten, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Inventeringen bedrivs som en årlig, systematisk stickprovsinventering och är geografiskt heltäckande. Till Riksskogstaxeringen är sedan 1983 en mark- och vegetationsinventering knuten, kallad Ståndortskarteringen. Institutionen för skoglig marklära, SLU, svarar för det vetenskapliga innehållet i Ståndortskarteringen.

Riksskogstaxeringens stickprovstäthet är i dag utformad för att ge tillräckligt bra precision för länsvisa skattningar av tillstånd och förändringar. Mindre områden än län - exempelvis avrinningsområden - kräver normalt modifierade inventeringsmetoder.

1.2 Syfte

Detta projekts syfte är att utreda hur Riksskogstaxeringens/Ståndortskarteringens data kan användas för att beskriva tillståndsförändringar i skogliga avrinningsområden med avseende på mark, vegetation och skogsbestånd. Arbetets uppläggning har i stort varit följande:

- Att granska ett antal relevanta variabler i Riksskogstaxeringens/Ståndortskarteringens data för beskrivning av ett skogligt avrinningsområde. Upplösning i relation till områdets storlek studeras.

- Möjligheter till förbättrad upplösning med utnyttjande av information från satellitbilder belyses.
- Att exemplifiera med kostnadsutfall vid olika typer av förtätningar av stickprovet.

Arbetet har skett i samråd mellan institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, i Umeå och miljöövervakningsansvariga på länsstyrelserna i Kopparbergs, Gävleborgs, Västerbottens samt Norrbottens län.

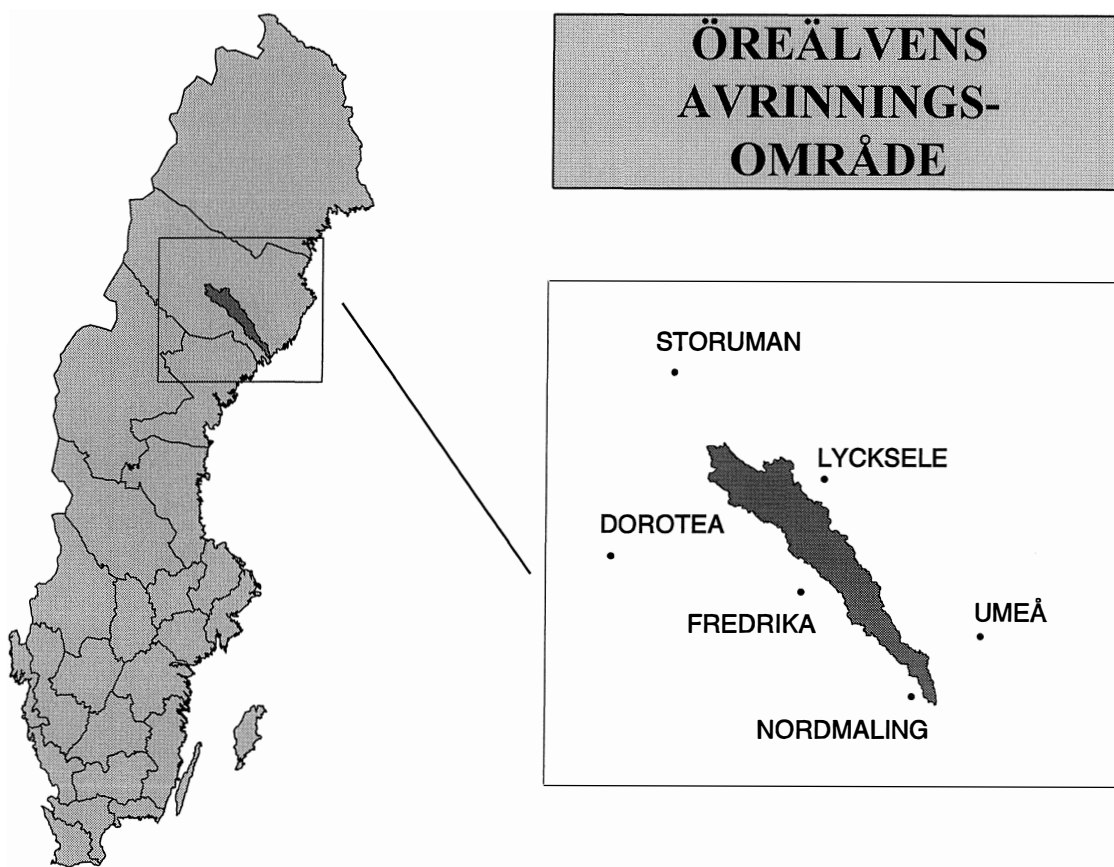
2 MATERIAL OCH METODER

2.1 Undersökningsområde

Som undersökningsområde valdes Öreälvens avrinningsområde. Öreälven rinner upp i Västerbottens inland omkring 7 mil nordväst om Lycksele och mynnar i Bottenhavet 5 mil söder om Umeå (figur 1). Avrinningsområdets areal uppgår till knappt 290 000 ha. Skälen till att Öreälvens avrinningsområde valdes är följande:

- Länsstyrelsen i Västerbottens län samt geografiska institutionen vid Umeå universitet bedriver undersökningar och mätningar i området sedan tidigare, varför information från området redan finns tillgänglig.
- Avrinningsområdet ligger relativt nära Umeå, där institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik är placerad. Detta förbilligar eventuella kommande fälttester.
- Öreälven är i hög utsträckning en skogsälv, och är oreglerad.

Den geografiska avgränsningen av Öreälvens avrinningsområde har gjorts utifrån SMHI:s digitala kartdatabas för huvudavrinningsområden.



Några data om Öreälvens avrinningsområde

(enl. Riksskogstaxeringen åren 1983-87)

Total areal:		288 000 ha
Skogsmarksareal:		207 500 ha
Trädslagsfördelning: (volymandel)	Gran	44%
	Tall	35%
	Löv	21%

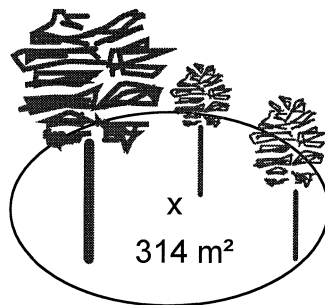
Figur 1. Undersökningsområdet samt några uppgifter om detta.

2.2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen - översiktlig beskrivning

(Följande beskrivning är hämtad ur rapporten "Riksskogstaxeringens roll i den regionala miljöövervakningen" (Nilsson, 1994). För en mer heltäckande beskrivning hänvisas till den rapporten samt till fältinstruktion för Riksskogstaxeringen 1995 resp. fältinstruktion för Ståndortskarteringen 1995.)

Riksskogstaxeringen är en årlig, systematisk stickprovsinventering av hela Sverige. Riksskogstaxeringens provytenät är geografiskt heltäckande. Inventeringen av ägoslaget (markanvändningsklassen) "skogsmark" är mest omfattande, men information samlas även in från provytor på andra ägoslag.

Provytan är det cirkulära område kring provytans mittpunkt där det huvudsakliga inventeringsarbetet utförs (figur 2). Radien är sju meter på tillfälliga ytor och tio meter på permanenta ytor.

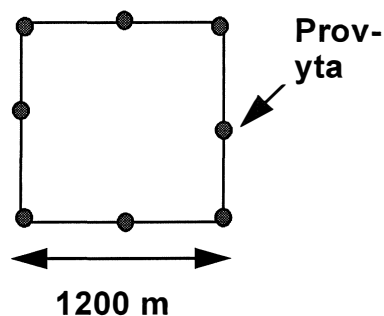


Figur 2. Permanent provyta.

På provytorna insamlas uppgifter om:

- Träd- och buskskikt
- Markvegetation
- Humuslager och mineraljord
- Ståndortsegenskaper
- Läge i landskapet
- m.m.

Provytorna ligger av arbetstekniska skäl samlade i s.k. taxeringstrakter (figur 3). Trakterna har kvadratisk eller rektangulär form och varierande storlek i olika delar av landet, och är avsedda att utgöra ett dagsverke för ett arbetslag. I södra Sverige är trakterna mindre, och normalt inventeras där två trakter per dag och arbetslag.



Figur 3. Permanent taxeringstrakt i Västerbottens kustland.

Trakterna är stickprovsheter som är utlagda i ett regelbundet nät över landet. Avståndet mellan trakterna är kortare i södra Sverige än i norra. Riksskogstaxeringen använder sig av två skilda typer av trakter. Den ena typen är tillfällig och den andra är permanent. De tillfälliga trakterna besöks bara en gång, medan de permanenta återinventeras efter ett antal år. Den tillfälliga trakten har fler provytor och för närvarande inventeras varje år flest trakter av denna typ. Detta leder till att ungefär 75% av de provytor som besöks är av tillfällig och 25% av permanent typ. De permanenta ytorna lades ut och inventerades första gången under åren 1983-87, och återinventerades under åren 1988-92. Inventeringsintervallet var alltså fem år, men ändrades fr.o.m. 1993 till att bli upp till tio år.

Ståndortskarteringen är en detaljerad inventering av mark och vegetation som utförs på permanenta provytor. Den utfördes första gången i samband med utläggningen 1983-87. I samband med första återinventeringen 1988-92 gjordes ingen förnyad ståndortskartering. Det är först fr.o.m. den andra återinventeringen, som påbörjades 1993 och som kommer att pågå under 5-10 år, som Ståndortskarteringen sker på nytt. Återinventeringsintervallet för Ståndortskarteringen blir alltså 10-15 år.

2.3 Typvariabler

I samråd med länsstyrelserna valdes ett antal s.k. typvariabler från Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen. Variablerna valdes så att de skulle beskriva trädskikt, fältskikt, botten-skikt samt mark. Följande variabler ingår i studien:

1. Ägoslag
2. Skogstyp
3. Stamvolym (virkesförråd)
4. Stamtillväxt
5. Trädbiomassa
6. Utförda skogsbruksåtgärder
7. Markvegetation
8. Biotoper (2 exempel)
9. Markkemi

Typvariabel 1-6 inventeras endast av Riksskogstaxeringen. Riksskogstaxeringens registrering av markvegetation avser endast översiktliga artgrupper. En betydligt mera detaljrik registrering av enskilda arter utförs av Ståndortskarteringen, vilken också ingår i typvariabel 7. Beträffande biotoper, kan Riksskogstaxeringens och Ståndortskarteringen material kombineras. Biotoperna under variabel 8 har dock valts ur Riksskogstaxeringens variabeluppsättning. Variabel 9 inventeras endast av Ståndortskarteringen.

Ägoslag

Ägoslagen är en klassificering av all areal med hänsyn till aktuell markanvändning. Förutom "sötatten" och "saltvatten" särskiljs följande ägoslag:

Ägoslaget "skogsmark" är mark som är lämplig för skogsproduktion då boniteten är högre än 1 skogskubikmeter per ha och år (m^3sk/ha och år) och som ej används för annat ändamål.

Jordbruksmark beskrivs som "åkermark" eller "naturbete".

Ägoslagen "myr", "berg", "fjällbarrskog", "fjäll" och "annat klimatimpediment" är alla impediment, beroende på att boniteten är lägre än 1 m³sk/ha och år. För övrigt särskiljs "väg och järnväg", "kraftledning inom skogsmark", "fridlyst område", "militärt impediment", "bebyggd mark" samt "annan mark".

Skogstyp

Genom att dela in skogsmarksarealen i s.k. skogstyper ges en uppfattning om trädslagssammansättningen inom ett område. Skogstyperna bestäms på all skogsmark med hjälp av trädslagsblandningen. Denna uttrycks på två skilda sätt: Om trädens medelhöjd är 7 m eller högre anges den som tiondelar av samtliga trädets grundyta (genomskärningsyta) i brösthöjd (1,3 m från marken). Om medelhöjden är lägre än 7 m anges den som tiondelar av det totala antalet huvudstammar/-plantor (plantor som beräknas kvarstå efter röjning).

Följande definitioner har använts:

Tabell 1. Definitioner av skogstyper.

Skogstyp	Andel av grundytan eller av antal huvudstammar/-plantor
Tallskog	Tall och contorta minst 7/10
Granskog	Gran minst 7/10
Barrblandskog	Tall, contorta och gran tillsammans minst 7/10
Blandad barr- och lövskog	Lövträd mellan 4/10 och 6/10
Lövskog	Lövträd minst 7/10
Kalmark	Slutenhet 0.0

Skogstypen "barrskog" används också i rapporten och är en sammanslagning av skogstyperna tallskog, granskog och barrblandskog.

Stamvolym

Avser stamvolymen inklusive bark (virkesförrådet) av alla träd högre än 1,3 m förutom träd som vanligen är buskformade. För exakt beskrivning hänvisas till fältinstruktionen för Riksskogstaxeringen. Träd som är torra, vindfällda eller har skador som bedöms leda till trädets död särskiljs som "torra och vindfällda". De torra eller vindfällda träden måste duga till brännved.

Stamtillväxt

Tillväxtuppgifterna avser årlig volymtillväxt inklusive bark. De grundar sig på de senaste fem årens genomsnittliga stamtillväxt hos provträd tagna under åren 1983-87. Tillväxten för de träd som avverkats under denna femårsperiod ingår inte i de redovisade uppgifterna.

Trädbiomassa

Trädens biomassa ovan stubbe uttrycks i torr vikt. I denna rapport redovisas biomassan fördelad på följande två delar av träden:

- stam inklusive bark
- levande grenar (inkl. barr för tall och gran)

Utförda skogsbruksåtgärder

Beträffande avverkade volym inventeras endast träd med större brösthöjdsdiameter än ca 4 cm (5 cm i stubbdiameter). Avverkad areal avser däremot all utförd avverkning.

Avverkning skattas på olika sätt i Riksskogstaxeringen. Avverkade virkesvolym bestäms för det senaste året med hjälp av stubbarna från de avverkade träden. Därutöver görs en bedömning av utförda avverkningsåtgärder på provytorna. Denna bedömning görs upp till 25 år bakåt i tiden och möjliggör skattningar av åtgärdad areal inom olika tidshorisonter. Avverkningen i denna rapport redovisas för tre olika avverkningsformer:

- slutavverkning
- gallring (inkl. diverse avverkning, dvs. avverkning av enstaka träd i ett befintligt bestånd)
- övrig avverkning (röjning, avverkning av fröträd samt överståndare).

Förutom nämnda avverkningsåtgärder redovisas även utförd markberedning samt dikning.

Markvegetation

Inventering av markvegetation i översiktliga artgrupper utförs både av Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen. Det primära syftet med Riksskogstaxeringens registreringar är att ge underlag för bedömning av markens bonitet. Därför bestäms fältskikts- och bottenskiktstyp enligt Hägglund och Lundmarks klassificeringsschema (Hägglund & Lundmark, 1981) på både tillfälliga och permanenta provytor. Ståndortskarteringen gör samma klassificering, dock enligt en annan arbetsmodell. Eftersom Riksskogstaxeringens registrering även görs på tillfälliga ytor, har skattningarna i denna rapport grundats på denna. Fältskiktstyperna redovisas i rapporten.

Ståndortskarteringens artregistrering är betydligt mera omfattande (ofta artnivå) än Riksskogstaxeringens. Observera dock att registreringen bara görs på permanenta provytor, dvs. på ca 25% av de provytor som besöks varje år. Stickprovsdesignen medför att vanligare arter företrädesvis registreras. För att ge en överblick över inventeringen av arter under åren 1983-87, redovisas alla inventerade arter i fältskiktet som registrerades på en eller flera provytor under perioden. Den kompletta artlistan hittas t.ex. i Ståndortskarteringens fälthandbok 1986.

Biotoper

Biotoper kan skattas genom att t.ex. uppställa specifika krav på variabler som beskriver träd-, fält- och bottenskikt på provytorna. Man kan även komplettera med uppgifter om topografiska

förhållanden, fuktighet m.m. En sumpskog- respektive lövskogsbiotop har fått exemplifiera denna typvariabel.

Markkemi

För att åskådliggöra Ståndortskarteringens markprovtagning redovisas antalet insamlade och analyserade markprov inom avrinningsområdet. Markprovtagningen är ett av de mest tidskrävande momenten vid Ståndortskarteringen. Mineralprovtagning sker därför bara på ca 20% av de permanenta provytorna.

De kemiska analyser som utförs på markproverna kan indelas i två huvudkategorier. ”Ordinarie analyser” utförs på alla insamlade prover, vilket under åren 1983-87 bestod av analys av pH, kol och kväve. För närvarande ser Ståndortskarteringens ordinarie analysprogram ut på följande vis:

- pH
- Baskatjoner (K, Na, Ca, Mg, Mn)
- Titrerbar aciditet (TA)
- Aluminium
- Kol, kväve och svavel -totalanalys (CNS)

Kategorin ”övriga analyser” specificeras i hög grad av externa användare av materialet. Ett exempel är analys av olika tungmetaller.

2.4 Uppgifternas precision

Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen är utformad som en stickprovsinventering. Ett urval av träden, markvegetationen, etc, väljs slumpvis ut och kan sedan t.ex. användas för att skatta den totala volymen av alla träd, den totala arealen täckt med en viss markvegetation, osv. Med hjälp av stickprovsteori kan man sedan få en uppfattning om noggrannheten hos de skattade variablerna - eller som det även kallas - de slumpmässiga felen. Uppgifterna från inventeringen är även behäftade med s.k. systematiska fel, dvs. sådana fel som beror på brister i bedömningar, mätningar och registreringar på provytorna. De systematiska felen är svåra att få en uppfattning om, men genom att uppgifterna samlas in av flera olika arbetslag under flera år minskar inflytandet av dessa. De systematiska felen kontrolleras dessutom med en kontrolltaxering av insamlade data. Det slumpmässiga felet kan däremot skattas och brukar ofta uttryckas som ”medelfel”, vilket avser det ”absoluta medelfelet” (t.ex. i m³sk), eller ”relativt medelfel”, vilket avser det absoluta medelfelet i procent av det skattade värdet. Medelfelet för en skattning, exempelvis av skogsmarksarealen inom ett område, kan beräknas med nedanstående formel:

$$\text{skattat medelfel} = \frac{\text{skattad standardavvikelse mellan provytor med skogsmark}}{\sqrt{\text{antal provytor med skogsmark}}}$$

Ovanstående formel förutsätter obundet slumpmässigt urval av provytor (OSU), dvs. att läget för provytorna lottas ut helt slumpmässigt. Riksskogstaxeringens provytor läggs ut systematiskt, alltså med ett fixt avstånd mellan provytorna. Detta ger ett något lägre medelfel. Medel-

felsformlerna för systematiskt urval av provvytor är dock betydligt mera komplicerade, varför OSU förutsätts i detta kapitelns exempel.

Om en skattnings medelfel är känt kan skattnings felgränser eller konfidensintervall beräknas. Ett exempel:

Skogsmarksarealen i Öreälvens avrinningsområde för åren 1983-87 skattas till 207 500 ha. Medelfelet är 7%. Med ett 95%-igt konfidensintervall blir resultatet:

$$207\,500\text{ ha} \pm (1,96 \times 207\,500 \times 0,07)\text{ ha} = 207\,500\text{ ha} \pm 28\,500\text{ ha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \{ 179\,000\text{ ha} \leq \text{skogsmarksareal} \leq 236\,000\text{ ha} \}$$

Skattningen grundar sig på ett stickprov om 268 provvytor.

För att förklara konfidensintervall, antag att vi skattar skogsmarksarealen 100 gånger. Detta görs genom att 100 gånger lägga ut ett stickprov bestående av 268 provvytor och bilda konfidensintervall för dessa skattningar. Då kommer 95 av dessa konfidensintervall att täcka värdet för den sanna skogsmarksarealen.

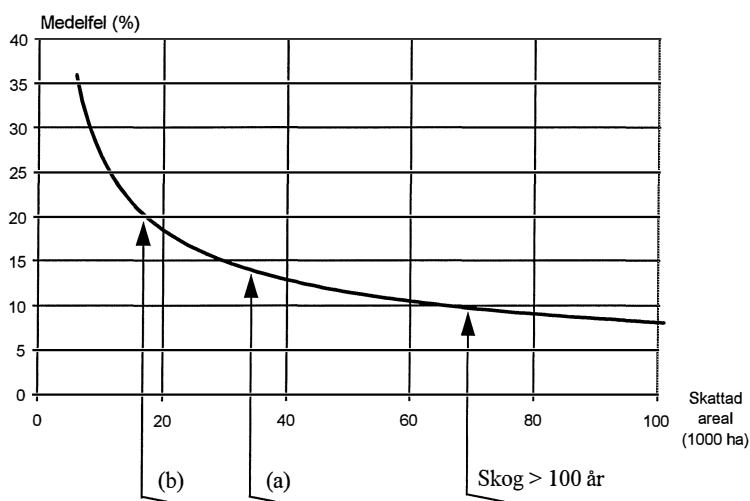
Riksskogstaxeringens provvytenät är anpassat för att ge nöjaktig precision för skattningar på länsnivå. Nöjaktig precision innebär att medelfelet inom välrepresenterade åldersklasser sällan bör överstiga 12% vid skattning av arealer och 5% vid skattning av virkesförråd (Svensson, 1983). Beräkningar av medelfel är i denna rapport baserade på Li & Ranneby, 1992.

En följd av nämnda precisionskrav blir att stickprovet normalt är för gles för områden mindre än län. För avrinningsområden, kommuner eller motsvarande blir precisionen därför i de allra flesta fall otillräcklig. Figur 4 illustrerar medelfelet samband med skattad areal, i detta fall areal inom en åldersklass. Arealen skogsmark för åldersklassen ”100 år och äldre” inom Öreälvens avrinningsområde skattas till 66 000 ha för perioden 1983-87. Denna skattnings medelfel är 10%. Observera hur medelfelet skulle förändras om bara hälften så mycket äldre skog skulle konstateras finnas inom området (a). Medelfelet skulle då hamna på 14%. En ytterligare halvering av arealen inom åldersklassen skulle medföra att medelfelet ökade till 20% (b). Lagg märke till kurvans utseende. När den skattade arealen blir riktigt liten ökar medelfelet mycket snabbt. Kurvans utseende förklaras av karaktären hos den inledningsvis redovisade medelfelsformeln. Skattas hälften så stor areal äldre skog innebär det att sådan skog påträffas på ungefär hälften så många provvytor ($n/2$). Medelfelet ändras då enligt följande:

$$\text{medelfel}_{n/2} = \frac{\text{Standardavvikelse}}{\sqrt{\frac{\text{antal provvytor}_n}{2}}} = \frac{\text{Standardavvikelse}}{\sqrt{\text{antal provvytor}_n}} * \sqrt{2} = \text{medelfel}_n * \sqrt{2}$$

Medelfelet blir alltså ungefär 1,4 gånger högre om skattningen grundas på hälften så många provvytor, och omvänt 1,4 gånger lägre om skattningen baseras på dubbelt så stort provytematerial. Denna approximativa regel kan användas för att få en uppfattning om hur förändrad stickprovstäthet påverkar precisionen hos skattningarna. En fördubbling av antalet utlagda

stickprovspunkter medför att skattningen kommer att grundas på dubbelt så stort provytematerial. Detta förutsatt att utläggningen upprepas många gånger. Ovanstående resonemang om hur stickprovets storlek påverkar medelfelet förutsätter dock att variationsmönstret mellan provpunkterna (standardavvikelsen) inte nämnvärt skiljer sig åt i de olika stickprovsurvalen. Detta krav är i praktiken sällan uppfyllt, vilket betyder att givna hållregler blir mycket överlagsmässiga.

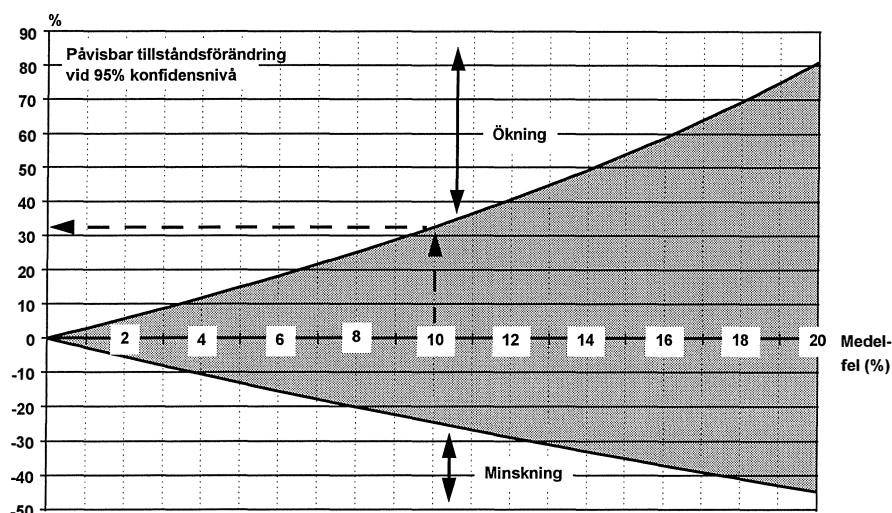


Figur 4. Medelfel för skogsmarksareal inom åldersklass. Utgår från Li & Ranneby, 1992 (hela avrinningsområdet antas ligga inom region 2).

Hur påverkas då precisionen, eller medelfelet, om undersökningsområdets storlek förändras? Förutsatt att variationsmönstret samt stickprovstätheten inom de jämförda områdena är lika, kan samma approximativa hållregel som ovan användas. En halvering av undersökningsområdets storlek ger ungefär 1,4 gånger (roten ur 2) högre medelfel för enskilda skattningar. En fjärdedel så stort undersökningsområde ger ungefär 2 gånger (roten ur 4) högre medelfel, osv.

En viktig del i miljöövervakningsarbetet är att kunna påvisa tillståndsförändringar. I figur 5 visas vilken tillståndsförändring som kan konstateras vid ett givet medelfel. Observera att diagrammet utgår från taxeringens uppläggning före 1983. Förändringar kan skattas betydligt bättre fr.o.m. 1983, genom införandet av permanenta provytor.

Slutsatsen blir att medelfelen i denna rapport ungefärligen kan halveras innan påvisbar förändring utläses i figur 5 (Hägglund, 1985). Diagrammet visar att medelfelet måste vara lägre än 5-6% för att arealförändringar i storleksordningen 10-20% ska vara möjliga att påvisa. Detta motsvarar alltså ett medelfel på ca 12% i denna studie.



Figur 5. Det relativa medelfellets samband med påvisbar tillståndsförändring avseende areal vid 95% konfidensnivå (baseras på taxeringens utformning före 1983).

En framkomlig väg att förbättra precisionen i Riksskogstaxeringen/Ståndortskarteringen är att förtäta stickprovsnätet. En fördubbling av antalet provvytor ger ungefär 1,4 gånger ($\sqrt{2}$) lägre medelfel för enskilda skattningar. Noggrannheten ökar alltså inte i samma takt som förtätningens insatsen. Omvänt ger en halvering av antalet provpunkter motsvarande högre medelfel.

En halvering av storleken på undersökningsområdet ger ungefär 1,4 gånger ($\sqrt{2}$) högre medelfel.

2.5 Satellitfjärranalys

Förtätning av provytanätet är en framkomlig väg att med Riksskogstaxeringen/Ståndortskarteringen möjliggöra skattningar av tillstånd och tillståndsförändringar för mindre områden än län. Precisionen ökar dock inte i takt med förtätningens insatsen, vilket betyder att de förtätningens insatser som behövs för bibehållen precision för mindre områden blir kostsamma. Ett alternativ är att kombinera fält- och satellitdata på ett sådant sätt att kostnadseffektiva skattningar kan erhållas för mindre områden. Riksskogstaxeringen utvecklar metoder för integrering av fjärranalys i den ordinarie inventeringen (Nilsson, 1992 och 1994). Metoderna bygger på att satellitbilder kombineras med den traditionella stickprovsinventeringen. Förutom traditionella skattningar av tillstånd och tillståndsförändringar, möjliggör tekniken även en rumslig placering av företeelser - t.ex. av slutavverkningar.

Satellitbildsteknik

En satellitbild är normalt uppbyggd av ett antal kvadratiska bildelement (s.k. pixlar) som motsvarar en viss yta på marken. Genom att dessa pixlars pixelvärden (spektrala signatur) kan tas

fram för Riksskogstaxeringens provytor (referensprovytor) kan även variabelvärden skattas för de pixlar där provyteuppgifter saknas.

Med satellitbildsteknikens hjälp kan man skatta olika variabler, exempelvis virkesförråd, för varje enskild pixel. Informationen blir alltså med denna interpoleringsteknik möjlig att presentera yttäckande och för valfria objekt, dock inte för mycket små områden. Detta är en viktig skillnad gentemot Riksskogstaxeringens stickprovsvis insamlade information som, vid kostnadsmissigt rimliga nivåer, endast möjliggör skattningar för större områden och inte går att knyta till enskilda objekt. Riksskogstaxeringens metodutveckling är bl.a. inriktad mot miljöövervakningens problemställningar. Bl.a. har en satellitbildsklassificering gjorts för Tyresås avrinningsområde (Ericsson, 1995)

Dagens satellitbilder med en pixelstorlek på mellan 20x20 och 30x30 m² ger en god geografisk upplösning. Det som i dag framförallt begränsar möjligheterna att ta fram pålitliga resultat för mycket små områden är svårigheten att klassificera varje pixel rätt. Några exempel på faktorer som kan ge problem vid satellitbildsskattningar är:

- liten spektral skillnad i satellitbildens grånivåvärden mellan vissa ägoslag, skogstyper etc
- moln vid registreringstillfället
- lutningsvariationer i terrängen
- ej tillräckligt väl bestämt läge för referensprovytorerna

Noggrannheten för klassificeringen kan emellertid förbättras genom användning av ytterligare informationskällor. Det kanske bästa exemplet är här digital kartinformation. Genom att i ett geografiskt informationssystem (GIS) integrera olika kartskikt innehållande höjddata, markfuktighet, jordarter eller dylikt med satellitbilderna ges goda möjligheter till ökad precision. Införandet av GPS-teknik (Global Positioning System) ger i sin tur en bättre lägesbestämning av referensprovytorerna, vilket betyder att risken att en provyta kopplas till fel pixel minimeras.

Digitala kartor

Nedan ges några exempel på digitala kartor som kan ge ytterligare information i skogliga miljöövervakningssystem baserade på satellitfjärranalys.

- Gränser för huvud- och delavrinningsområden (SMHI)
- Topografiska kartan (LMV:s GSD-gröna kartan, ev. GSD-blå kartan)
- Höjddatabank (LMV)
- Jordartsdata (SGU:s serie Ae och Ak)
- Vegetationskartan (LMV)

Gränser för avrinningsområden finns för hela landet.

Höjddatabanken är rikstäckande och de enskilda kartbaserna täcker 5x5 km². Höjdvärden ges här för punkter i ett regelbundet rutnät med 50 meters sida.

Den topografiska kartan innehåller bl.a. information om markanvändning och används för att avgränsa olika ägoslag, t.ex. skog och hyggen. Den topografiska GSD-Gröna kartan med skala 1:50000 är att föredra framför GSD-Blå kartan med den något sämre skalan 1:100000.

GSD-gröna kartan har dock en ofullständig täckning i norra Norrland. Enligt LMV kommer revideringsintervallet för gröna kartan att understiga 10 år och för blå kartan att vara 5-10 år.

Jordartskartans täckning av landet är för närvarande begränsad. Utgivna blad är koncentrerade till Västerbottens kustland, Mälardalen samt västkusten.

Vegetationskartan finns för närvarande bara i Norrbottens län samt för delar av fjällen.

Tillämpningar

För att ge en översiktlig uppfattning om satellitteknikens användbarhet inom miljöövervakning i dagsläget, görs här en genomgång av teknikens möjligheter och begränsningar med avseende på denna rapports valda typvariabler samt ett ytterligare antal variabler:

Ägoslagen skattas relativt bra. Problem kan uppkomma när det gäller de öppna ägoslagen, t.ex. kal skogsmark, öppen myr, naturbete samt åker. Dessa kan ibland vara svåra att skilja åt i en satellitbild, speciellt när de gränsar mot varandra. Kartdata förbättrar denna typ av avgränsningar. I en studie av Flygare (1993) klassindelades ett område strax norr om Umeå bl.a. i ägoslagen skogsmark, myr, åker samt berg. Satellitbildsklassificeringen jämfördes med referensdata från en fältinventering (tabell 2). Digitala kartdata användes inte i studien.

Tabell 2. *Andelar (%) av olika ägoslag inom ett område i Västerbotten (Flygare, 1993)*

Ägoslag	Klassific. från satellitbild (%)	Fältinventering (%)
Skogsmark	83,1	82,7
Åker	1,6	0,7
Myr	10,9	11,1
Berg	4,1	4,5
Övriga	0,4	1,1
<i>S:a</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

Enskilda trädslag - t.ex. enskilda lövträdsarter - särskiljs inte med någon högre precision. När det gäller gran och tall är läget något bättre. Barr- och lövskog däremot särskiljs i dagsläget relativt säkert. Resultatet från en studie där klassificering från satellitbild jämförts med resultat från fältinventering redovisas i tabell 3.

Tabell 3. *Andelar (%) av olika skogstyper inom ett område i Västerbotten (Flygare, 1993)*

Skogstyp	Klassific. från satellitbild (%)	Fältinventering (%)
Tallskog	32,8	36,3
Granskog	24,3	17,9
Lövskog	0	0,9
Blandbarrskog	22,4	25,3

Stamvolym och biomassa tillhör de variabler som skattas relativt bra med satellitbildsteknik. Enligt en studie gjord på samma område som i föregående stycke överskattades virkesförrådet med ca 2 m³/ha (totalt 149 m³/ha), Nilsson, muntlig ref. Möjligheter att skatta tillväxt har ännu inte testats.

Utförda skogsbruksåtgärder kan tas fram genom att jämföra bilder från olika tidpunkter (Olsson, 1994). Enligt denna studie skattas slutavverkning mycket bra. Ungefär 97% av slutavverkningarna klassificerades rätt, medan motsvarande andel för gallringar var ca 85% i ett område som var 600 ha stort. Förändringar i trädsiktet kan normalt identifieras, men för att säga vad som orsakat förändringen krävs ofta fältkontroller. Utförda undersökningar tyder på att markberedning kan påvisas på ett säkert sätt (Olsson & Ericsson, 1992). Dikning - i synnerhet nydikning - borde också kunna identifieras i en satellitbild. Om så är fallet har dock inte närmare undersökts.

Markvegetation kan inte bestämmas från satellitbilder i skogsmark med ett tätt träd- och/eller buskskikt. Däremot kan detta göras på öppnare markslag, t.ex. fjäll, myr och glesare skog som tallhed. Vegetationskartan i form av ett GIS-skikt kan dock avhjälpa denna brist. Tyvärr är vegetationskartans täckning av landet ytterst begränsad i dagsläget.

Biotoper definieras ofta med hjälp av information från både träd-, busk-, fält- och bottenskikt, ståndortsegenskaper etc. Detta innebär att en kombination av satellitbildsteknik och digitala kartdata i de flesta fall måste användas. Här kan man tänka sig att trädsiktet bestäms från satellitbilden och markvegetationen med hjälp av en digital vegetationskarta. Vegetationskartans täckning är dock som sagt begränsad. Höjddata och jordartsdata är andra exempel på tilläggsinformation som kan behövas vid avgränsningen av biotoper.

Markvariabler, som t.ex. jordarter och surhetsgrad är goda exempel på information som måste karteras och digitaliseras. Digitala jordartskartor finns som nämnts redan i viss utsträckning. Kalkrika områden borde också vara intressanta i detta sammanhang.

Andra exempel på variabler som bedöms skattas relativt bra med satellitfjärranalys är beståndsålder, medeldiameter och liknande variabler.

Fördelar med Riksskogstaxeringens provytematerial

Slutligen ska här understrykas att satellitbilsdata i dessa sammanhang sällan kan användas fristående, utan nästan alltid måste kombineras med fältinsamlade data. I detta sammanhang erbjuder Riksskogstaxeringens provytor ett unikt referensmaterial. Att använda Riksskogstaxeringens provytor kan motiveras av flera skäl:

- Materialet är stort, det omfattar ca 20 000 provytor per år
- Data samlas årligen in från hela Sverige
- Statistiskt utformad inventeringsdesign med objektiva insamlade data
- Enhetligt insamlade data

Ovanstående punkter borgar för såväl rumslig som tidsmässig jämförbarhet. Det omfattande och objektiva insamlade fältmaterialet garanterar en god representativitet hos provytorna. God jämförbarhet och representativitet är viktigt när tillstånd och tillståndsförändringar skall stude-

ras. Användningen av Riksskogstaxeringens provytor som referensmaterial ökar därmed förutsättningarna för en objektiv och sund klassificering av satellitbilderna.

Till företeelser som inte är lika beroende av fältinsamlade data hör sådana kraftiga förändringar i skogslandskapet som inte kan förväxlas med något annat, t.ex. nyligen upptagna större slutavverkningsarealer. Dessa kan i de flesta fall identifieras genom att jämföra två satellitbilder över samma område tagna vid olika tidpunkt.

3 RESULTAT

3.1 Befintlig fältinventering

I denna delstudie har valda typvariabler testats med utgångspunkt från i dag existerande inventering, dvs. en fältbaserad inventeringsdesign anpassad till tillräckligt god precision på länsnivå. Årlig kostnad för den befintliga fältinventeringen i Öreälvens avrinningsområde är 55 000-65 000 kr.

Det skattade medelfelet redovisas när underlag finns. I övriga fall har erfarenhetsbaserade bedömningar gjorts av precisionen, grundad på antalet observationer.

Vidare har ett antagande gjorts att minst 20%-iga förändringar ska kunna påvisas inom hela Öreälvens avrinningsområde. Detta motsvarar ungefär ett medelfel på högst 12%. Det inventeringsunderlag som krävs för detta när det gäller arealskattningar är att registreringar beträffande aktuell variabel gjorts på åtminstone 100 provytor.

Ägoslag

Olika ägoslags arealfördelning inom Öreälvens avrinningsområde redovisas i tabell 4. Skattade medelfel samt antalet provytor anges också.

Tabell 4. Arealen fördelad på ägoslag.

Ägoslag	Areal (1000 ha)	Medelfel (%)	Antal provytor
Skogsmark	207,5	7	268
Myr	49,1	14	62
Sötvatten	11,7	29	15
Åker	8,3	35	14
Väg	4,5	47	8
Annan mark	3,9	51	6
Berg	2,2	67	3
Fjäll	0,8	-	1
Kraftledning	0,3	-	1
<i>Samtliga</i>	<i>288,2</i>	<i>6</i>	<i>378</i>

Den totala arealen samt skogsmarksarealen skattades till 288 200 resp 207 500 ha. De skattade medelfelen är 6 respektive 7%. Myr är det näst vanligaste ägoslaget efter skogsmark med en areal på 49 100 ha och ett medelfel på 14%. Endast skogsmark klarar uppställt precisionskrav.

Skogstyper

Avrinningsområdets skogsmark har delats upp på skogstyperna tallskog, granskog, barrblandskog, barrlövblandskog, lövskog och kalmark. Arealer, medelfel samt antal provytor visas nedan (tabell 5).

Tabell 5. Skogsmarksarealen fördelad på skogstyper.

Skogstyp	Areal (1000 ha)	Medelfel (%)	Antal provytor
Granskog	71,6	13	88
Tallskog	68,5	13	87
Barrblandskog	26,9	20	37
Barrlövblandskog	20,8	23	28
Lövskog	11,5	31	15
Kalmark	8,1	37	13
<i>Samtliga</i>	<i>207,5</i>	<i>7</i>	<i>268</i>

Medelfelen blir höga för blandskogstyperna, för lövskogen och för kalmarken. Medelfelen för barrtyperna tall- och granskog är betydligt lägre, men klarar dock inte riktigt gränsen för här fastslagna förändringsstudier.

Stamvolym

Volymen av stamvirket (virkesförrådet) inom Öreälvens avrinningsområde redovisas i tabell 6. Både total volym och volym/ha finns redovisade. Medelfelet för hela avrinningsområdets virkesförråd per ha (66,5 m³sk/ha) är 3,8%. Detta medelfel ligger på en lägre nivå än för de typvariabler som enbart grundas på skattning av areal. Detta faller tillbaka på Riksskogstaxeringens inventeringsdesign, som för med sig att medelfelet för virkesförrådsskattningar ofta blir något lägre än för arealskattningar.

Medelfel för enskilda trädslag och diameterklasser har interpolerats med utgångspunkt från beräknade medelfel för Västerbottens län av Li & Ranneby, 1992. För tall, gran respektive björk blir medelfelet omkring 12% för skattning av m³sk/ha, alltså på gränsen för här fastställd gräns. Övrigt löv och torra eller vindfällda har ett högre medelfel, 39 resp 24%. Medelfelet blir för högt inom de diameterklasser som redovisas i tabell 6. Tabellens klasser måste åtminstone slås ihop till 15 cm klassvidd för att medelfelet för ”samtliga trädslag” skall hamna under 12%. För de grövsta träden (45- cm) blir medelfelen mycket höga.

Tabell 6. Stamvolymerna fördelade på trädslag och diameterklasser. Alla ägoslag.

Trädslag	1000 m ³ sk M ³ sk	Brösthöjdsdiameter (cm)									Totalt
		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-44	45-	
Gran	Totalt	127	697	1393	1856	1533	1074	573	662	156	8071
	per ha	0,5	2,6	5,1	6,8	5,6	3,9	2,1	2,4	0,6	29,6
Tall	Totalt	27	248	812	1310	1346	1326	875	332	97	6373
	per ha	0,1	0,9	3	4,8	4,9	4,9	3,2	1,2	0,4	23,4
Björk	Totalt	199	761	886	599	244	132	-	20	-	2841
	per ha	0,7	2,8	3,3	2,2	0,9	0,5	-	0,1	-	10,5
Övrigt löv	Totalt	33	85	37	40	55	59	-	41	-	350
	per ha	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	-	0,2	-	1,2
Torra+vindf	Totalt	-	68	95	54	102	9	172	27	-	527
	per ha	-	0,2	0,3	0,2	0,4	0	0,6	0,1	-	1,8
Samtliga	Totalt	386	1859	3223	3859	3280	2600	1620	1082	253	18162
	per ha	1,4	6,8	11,8	14,1	12,0	9,5	5,9	4,0	1,0	66,5

Stamtillväxt

Stamtillväxten redovisas i tabell 7. Medelfelen är ungefär lika stora som ovan redovisade medelfel för stamvolym (Svensson, 1983).

Tabell 7. Avsatt tillväxt exkl. tillväxt på avverkade träd. Alla ägoslag.

Trädslag	100 m ³ sk M ³ sk	Brösthöjdsdiameter (cm)									Totalt
		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-44	45-	
Gran	Totalt	84	375	525	483	307	214	97	105	11	2200
	Per ha	0,03	0,14	0,19	0,18	0,11	0,08	0,04	0,04	0	0,81
Tall	Totalt	29	164	437	479	294	237	108	36	10	1794
	Per ha	0,01	0,06	0,16	0,18	0,11	0,09	0,04	0,01	0	0,66
Björk	Totalt	150	461	339	184	51	21	-	4	-	1211
	Per ha	0,06	0,17	0,12	0,07	0,02	0,01	-	0	-	0,44
Övrigt löv	Totalt	28	56	19	11	21	13	-	12	-	160
	Per ha	0,01	0,02	0,01	0	0,01	0	-	0	-	0,06
Samtliga	Totalt	291	1056	1320	1158	673	485	205	157	21	5364
	Per ha	0,11	0,39	0,48	0,42	0,25	0,18	0,08	0,06	0,01	1,97

Trädbiomassa

Torrsubstans biomassa för stam samt levande grenar visas i tabell 8 respektive 9. Medelfelen är ungefär lika stora som ovan redovisade medelfel för stamvolym.

Tabell 8. *Torrsubstans (TS) biomassa för stam inkl. bark fördelat på trädslag och diameterklasser. Alla ägoslag.*

Trädslag	1000 ton TS ton TS	Brösthöjdsdiameter (cm)									Totalt
		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-44	45-	
Gran	Totalt	67	301,9	593	798,8	676,6	489,6	236,2	263,4	56,7	3483,1
	per ha	0,25	1,11	2,18	2,93	2,48	1,8	0,87	0,97	0,21	12,78
Tall	Totalt	11,7	92,5	341,2	555,8	571,7	540,1	335,2	124	33,1	2605,3
	per ha	0,04	0,34	1,25	2,04	2,1	1,98	1,23	0,45	0,12	9,56
Björk	Totalt	111,1	468,8	604,5	399,7	159,3	80,6	-	7,6	-	1831,6
	per ha	0,41	1,72	2,22	1,47	0,58	0,3	-	0,03	-	6,72
Övrigt löv	Totalt	17,6	47,2	24,1	31,7	39,6	34,4	-	15,3	-	209,9
	per ha	0,06	0,17	0,09	0,12	0,15	0,13	-	0,06	-	0,77
Samtliga	Totalt	207,4	910,4	1562,9	1785,9	1447,2	1144,7	571,4	410,2	89,8	8130,0
	per ha	0,76	3,34	5,73	6,55	5,31	4,2	2,1	1,5	0,33	29,82

Tabell 9. *Torrsubstans (TS) biomassa för levande grenar inkl. barr fördelat på trädslag och diameterklasser. Alla ägoslag.*

Trädslag	1000 ton TS ton TS	Brösthöjdsdiameter (cm)									Totalt
		0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-44	45-	
Gran	Totalt	99,1	281,9	401,7	428,6	304,6	208,5	107,1	114,1	32,6	1978,3
	per ha	0,36	1,03	1,47	1,57	1,12	0,76	0,39	0,42	0,12	7,26
Tall	Totalt	7,0	41,8	125,6	168,6	146,5	113,6	73,3	26,3	7,5	710,1
	per ha	0,03	0,15	0,46	0,62	0,54	0,42	0,27	0,1	0,03	2,61
Björk	Totalt	47,5	138,4	166,6	110,7	42	21,2	-	1,7	-	528,1
	per ha	0,17	0,51	0,61	0,41	0,15	0,08	-	0,01	-	1,94
Övrigt löv	Totalt	6,8	14,0	6,7	8,2	10,8	10,9	-	4,7	-	62,1
	per ha	0,02	0,05	0,02	0,03	0,04	0,04	-	0,02	-	0,23
Samtliga	Totalt	160,4	476,1	700,5	716,2	503,8	354,2	180,4	146,9	40,1	3278,6
	per ha	0,59	1,75	2,57	2,63	1,85	1,3	0,66	0,54	0,15	12,03

Utförda skogsbruksåtgärder

De utförda skogsbruksåtgärderna skattas normalt med något sämre precision än t.ex. ägoslag, skogstyper, trädvolym och trädbiomassa. Detta beror på att nyligen åtgärdade skogsbestånd är relativt sällsynta i jämförelse med ovanstående variabler som baseras på marktyp, bestånd och

enskilda träd. Medelfelet för hela Västerbottens kustlands slutavverkningsareal är 11,5% för perioden 1983-87, vilket betyder att precisionen för skattningar på områden med arealer motsvarande avrinningsområden blir låg.

Tabell 10 och 11 visar att underlaget varken räcker till för att skatta avverkade volymer eller arealer inom Öreälvens avrinningsområde, inte heller för markberedning eller dikning. Resultaten är samstämmiga för samtliga här redovisade skogsbruksåtgärder. Endast ett fåtal provytor bildar underlag och medelfelen blir följaktligen mycket stora (redovisas ej). Avverkningsunderlaget blir inte ens tillräckligt bra när skattningen inkluderar den avverkning som utförts fem år tillbaka, alltså perioden 1978-83, 1979-84 osv. fram till 1983-87 (tabell 11).

Tabell 10. *Avverkning fördelad på avverkningsformer (perioden 1983-87). Skogsmark.*

Avverkningsform	Total volym (1000 m ³ sk)	Volym/ha (m ³ sk)	Areal (1000 ha)	Antal provytor
Röj/hyggesr/övr.avv	15,0	12,2	1,3	5
Slutavverkning	131,1	117,4	1,1	4
Gallring	-	-	-	-

Tabell 11. *Exempel på utförda skogsbruksåtgärder under de senaste fem åren. Skogsmark.*

Avverkningsform	Areal (1000 ha)	Antal provytor
Röjning/hyggesrensning	20,8	28
Övrig avverkning	11,2	16
Slutavverkning	8,1	11
Markberedning	6,8	9
Gallring	3,7	7
Dikning	0,5	1

Markvegetation

Skogsmarksarealen fördelad på vegetationstyper (Hägglund och Lundmark, 1981) redovisas nedan (tabell 12). Hög- och lågörter i tabellen är sammanslagna oberoende av ristyp.

Trots att här använda vegetationstyper är mycket "grova" är det bara "blåbärstyp" som är tillräckligt stor med en areal på 82 000 ha och ett medelfel på 12%.

Tabell 12. Skogsmarksarealen fördelad på vegetationstyper.

Vegetationstyp	Areal (1000 ha)	Medelfel (%)	Antal provytor
Blåbär	82,8	12	104
Smala gräs	44,8	16	54
Lågört	17,7	25	24
Kråkbär/ljung	13,3	29	18
Högört	10,5	33	16
Lingon	10,5	33	16
Lavrik	6,1	43	7
Lågstarr	5,1	47	7
Lav	4,7	49	6
Breda gräs	4,5	50	6
Fattiga ris	3,8	54	6
Fräken	3,7	55	4
Mark utan fältskikt	-	-	-
Högstarr	-	-	-
<i>Samtliga</i>	<i>207,5</i>	<i>7</i>	<i>268</i>

Antalet artregistreringar av Ståndortskarteringen i fältskiktet redovisas i tabell 13. Arterna har rangordnats efter antalet observationer, från den vanligaste till den ovanligaste. Arter märkta med (1) respektive (4) registrerades endast åren 1983 resp 1984-87, (1 och 4 inventeringsår jämfört med övriga arters 5), varför antalet registreringar för jämförbarhetens skull räknats upp med faktorn 5 respektive 5/4.

Tabell 13. Antalet registreringar för ståndortskarterade arter i fältskiktet.

Art/artgrupp	Antal provytor	Art/artgrupp	Antal provytor
Kovall (1 år)	100	Hultbräken	2
Gullris (1 år)	55	Hönsbär	2
Skogsstjärna (1 år)	45	Ormbär	2
Linnea (4 år)	32	Tolta	2
Ekbräken	18	Liljekonvalj (4 år)	2
Ekorrbär	18	Hallon (4 år)	1
Harsyra	9	Högvuxna ormbunkar	1
Midsommarblomster	9	Kärrfräken	1
Orkidéer	7	Nattviol	1
Fibblor (1 år)	5	Ögonpyrola (4 år)	1
Stenbär	4		
Violer	3	<i>Övriga 48 arter</i>	<i>0</i>

Kovaller - med ungefär 100 registreringar - är den vanligast förekommande arten/artgruppen bland Ståndortskarteringens artregistrering i fältskiktet. Ett material i denna storleksordning räcker precis till för att studera här bestämda förändringar. För resterande arter räcker stickprovstätheten inte till.

Biotoper

Den första exemplifierade biotopen - gransumpskog - kan definieras som skogstypen granskog med bottenkiktstypen sumpmossor (inkl vitmossa). Med denna definition skulle underlaget inom Öreälvens avrinningsområde bli följande:

Areal (1000 ha):	31,7
Medelfel (%):	19
Antal provytor:	36

Det andra exemplet är en lövbiotop definierad som "frodigare mark med lövinslag", vilken utgörs av skogstyperna lövskog eller barrlövblandskog med vegetationstyperna låg-, högröts- eller bredbladig grästyp. Resultatet blev enligt nedan:

Areal (1000 ha):	14,1
Medelfel (%):	28
Antal provytor:	20

Den slutsats som kan dras är att ovan exemplifierade biotoper inte kan följas med Riksskogstaxeringens-/Ståndortskarteringens befintliga stickprovstäthet inom Öreälvens avrinningsområde.

Markkemi

Antalet markprover på skogsmark som analyserats inom Öreälvens avrinningsområde är - för humusskikt och mineraljord - 80 respektive 25. Detta material är för litet, en förtätad provtagning krävs också här.

Som jämförelse kan nämnas att Geografiska institutionen, Umeå universitet, för sin verksamhet förtätat det under 1983-87 utlagda stickprovsnätet med ytterligare provtagning (Ivarsson & Karlsson, 1992). Totalt togs 293 mineraljordsprover inom avrinningsområdet.

Slutsats

Stickprovstätheten i Riksskogstaxeringens/Ståndortskarteringens befintliga fältinventering ger tillräckligt statistiskt underlag för att påvisa 20%-iga förändringar för endast ett fåtal variabler inom Öreälvens avrinningsområde. Befintlig stickprovstäthet räcker generellt sett inte till för miljöövervakning på avrinningsområdesnivå.

3.2 Förslag till modifierad inventering

I detta kapitel redovisas tre olika alternativ med syfte att förbättra upplösningen i Riksskogstaxeringens/Ståndortskarteringens data för Öreälvens avrinningsområde. Målsättningen i samtliga alternativ är att kunna påvisa miljöförändringar inom avrinningsområdet.

I rapporten valda typvariabler har använts vid jämförelserna. Data från 1983-87 års inventering har använts som bakgrundsmaterial vid föreslagna förtätningar av fältinventeringen. Vidare förutsätts att ett femårigt inventeringsintervall skulle användas.

Samma krav på precision har använts som i kapitel 4.1, dvs. minst 20%-iga förändringar ska kunna påvisas för hela avrinningsområdet. Sett endast till fältinventeringen motsvarar detta, när det gäller arealskattningar, registreringar på minst 100 provytor under en femårsperiod (ca 12% medelfel). Vid precisionsjämförelser för fältinventerat material används för enkelhets skull det antal provytor skattningarna grundar sig på. Samma precisionskriterium har använts när det gäller satellitfjärranalys, dvs. minst 20%-iga förändringar ska kunna konstateras.

Redovisade kostnader grundas på 1994-95 års kostnadsnivå och är ungefärliga. Beräknade kostnader för fältinventeringen baseras på den omfattning Riksskogstaxeringen/ Ståndortskarteringen bedrivs fr. o.m. 1993 - med ett undantag - lika många permanenta som tillfälliga trakter antas inventeras under varje femårsperiod.

Alternativen är följande:

1. Generell förtätning av fältinventeringen
2. Befintlig fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys
3. Förtätad fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys

Skälet till att just dessa alternativ har valts är att de på ett bra sätt belyser möjligheter och begränsningar med Riksskogstaxeringen/Ståndortskarteringen, både när det gäller den konventionella fältinventeringen och den kommande satellitfjärranalysen. Utgångspunkten i de redovisade alternativen är följande:

Alternativ 1 beskriver en generell förtätning av fältinventeringen helt utgående från Riksskogstaxeringens/Ståndortskarteringens i dag befintliga inventeringsdesign och variabelinnehåll.

Alternativ 2 försöker åskådliggöra hur miljöövervakning skulle kunna bedrivas om tonvikten läggs på satellitfjärranalys. Alternativet innefattar ingen förtätning av fältinventeringen. Utnyttjande av fjärranalys föreslås endast för sådana variabler som i dagsläget bedöms kunna skattas med tillräcklig noggrannhet.

Alternativ 3 visar hur en förtätning av fältinventeringen skulle kunna kombineras med satellitfjärranalys. Förtätningens omfattning utformas med utgångspunkt från ett kostnadsnoggrannhetsperspektiv, vilket även inbegriper integreringen av fjärranalys. Alternativet kan ses som en sammanvägning av erfarenheter från alternativ 1 och 2.

1. Generell förtätning av fältinventeringen

Riksskogstaxeringens stickprovsnät är i dag anpassat för att med material från fem års inventeringar ge bra precision för skattningar på länsnivå. Samma antal provpunkter som för ett genomsnittslän, kan appliceras på ett godtyckligt område som i detta fall Öreälvens avrinningsområde (Nilsson, 1994). Detta betyder för Öreälvens avrinningsområde att ungefär 340 trakter skulle behöva inventeras varje femårsperiod istället för de ca 40 trakter som inventerades un-

der perioden 1983-87. Räknat på antalet provvytor blir detta ca 3400 provvytor jämfört med 378. Antalet trakter/provytor skulle alltså bli 9 gånger så många i detta alternativ.

Precision

Ett stickprov med totalt 9 gånger fler provvytor kan också förväntas ge 9 gånger större material för enskilda skattningar. Skattade medelfel kommer att bli jämförbara med de länsvisa medelfel som redovisas i Riksskogstaxeringens medelfelsrapport (Li & Ranneby, 1992). Observera dock att resultaten inte kan generaliseras eftersom förhållandena inom avrinningsområdet i vissa fall kan avvika mycket från genomsnittet.

Några jämförelser i upplösning kan göras för typvariablerna mellan alternativ 1 och dagens befintliga fältinventering (tabell 14). Kravet på upplösning är att minst 20%-iga förändringar ska kunna påvisas.

Tabell 14. Typvariabler med tillräcklig upplösning vid alternativ 1 (fet stil) samt vid enbart befintlig fältinventering (understruken).

Ägoslag	Skogstyper	Skogsbruks- åtgärder	Markvegetation (artgrupper)	Markvegetation (arter)	Forts.
Skogsmark	Barrskog	Röjn/hyggesr.	Blåbär	Kovall	Hultbräken
Myr	Granskog	Övrig avv.	Smala gräs	Gullris	Hönsbär
Sötvatten	Tallskog	Slutavv.	Lågört	Skogsstjärna	Ormbär
Åker	Barrblandsk	Markberedning	Kråkb/ljung	Linnea	Tolta
Väg	Barrlövblandsk	Gallring	Högört	Ekbräken	Liljekonvalj
Annan mark	Lövskog	Dikning	Lingon	Ekorrbär	Hallon
Berg	Kalmark		Lavrik	Harsyra	Högv.ormbunk
Fjäll			Lågstarr	Mids.blomster	Kärrfräken
Kraftledning			Lav	Orkidéer	Nattviol
			Breda gräs	Fibblor	Ögonpyrola
			Fattiga ris	Stenbär	Övriga 48 art
			Fräken	Violer	
			Mark utan fältsk		
			Högstarr		

Virkesförråd (Trädsl. vis)	Virkesförråd (Dimens.vis cm)	Biotoper	Markkemi
Alla trädsl.	Alla dimens.	Gransumpsk	Humuslager
Barrträd	15-29	Frodig lövb	Mineraljord
Lövträd	0-14		
Gran	30-44		
Tall	45-		
Björk			
Torra, vindf.			
Övrigt löv			

Förutom ägoslaget skogsmark möjliggörs i alternativ 1 även förändringsstudier för ägoslagen myr, sötvatten och åker. Underlaget är dock fortfarande för litet för mindre frekventa ägoslag inom avrinningsområdet, t.ex. berg.

Materialet är tillräckligt för alla skogstyper. Lövskogen behöver ungefär ett 7 gånger så tätt stickprovsnät än det befintliga för att uppfylla kraven.

Däremot klarar redovisning av skogsbruksåtgärderna inte det uppställda precisionsmålet, varken avverkningsåtgärderna, markberedningen eller dikningen. Den förtättningsinsats som skulle behövas ligger i storleksordningen 50 gånger det befintliga provyteantalet.

Markvegetation klarar ytterligare 5 översiktliga artgrupper och samma antal ståndortskarterade arter gränsen för förändringsstudier efter förtätning. Observera dock att 64 av totalt 70 ståndortskarterade arter inte klarar gränsen.

En generell förtätning ger - förutom trädslagsgrupperna barr- och lövträd samt gran, tall och björk - även möjlighet att följa minst 20%-iga volymförändringar för torra eller vindfällda träd samt trädslagsgruppen "övrigt löv". Detsamma gäller dimensionsklasserna "0 - 14 cm" samt "30 - 44 cm". Endast virkesförråd redovisas här. Samma resonemang gäller dock även för typvariablerna trädbiomassa samt stamtillväxt.

Båda de exemplifierade biotoperna uppfyller kraven efter förtätning.

Markkemiprovtagningen överskrider med råge 100 provytor. Antalet registreringar för humuslager respektive mineraljord skulle bli 720 respektive 225. Ett 4 gånger tätare provytenät skulle ge 100 mineraljordsprover.

Kostnad

Eftersom varje arbetslag i vanliga fall utför en trakt per dagsverke skulle 340 "lagdagar" under en femårsperiod behövas för att inventera Öreälvens avrinningsområde. Den årliga arbetsinsatsen skulle alltså bli 70 "lagdagar", vilket ska jämföras med ca 8 vid befintlig inventering. Kostnaden för fältarbetet i alternativ 1 blir 500 000-550 000 kr per år, medan den årliga kostnaden för den befintliga inventeringen är 55 000-65 000 kr. Den årliga merkostnaden för fältarbetet blir alltså knappt 500 000 kr.

Insamlade prover från markprovtagningen antas analyseras enligt Ståndortskarteringens i dag gällande ordinarie program. Kostnaderna är följande:

pH	36 kr/prov
Baskatjoner	120 kr/prov
Titrerbar aciditet	48 kr/prov
Aluminium	48 kr/prov
CNS - totalanalys	96 kr/prov

Kostnaden för dessa analyser blir 348 kr per prov, vilket innebär en merkostnad på 45 000 kr för humusprover respektive 14 000 kr för mineraljordsprover. Således totalt ca 60 000 kr per år för analysdelen.

Total årlig kostnad för alternativ 1 blir drygt 500 000 kr.

Slutsats

En generell förtätning enligt alternativ 1 ger ett tillräckligt statistiskt underlag för i rapporten ställda krav för förändringsstudier för de allra flesta av typvariablerna. Vinsten i upplösning är dock i det närmaste obefintlig när det gäller skogsbruksåtgärder. De senare kräver en mycket större förtättningsinsats.

Den ungefärliga kostnaden för alternativ 1 är drygt 500 000 kronor per år.

2. Befintlig fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys

Förslaget bygger på att förändringar fastställs med hjälp av satellitbilder med, förslagsvis, ett intervall om fem år. Kortare tidsintervall mellan skattningarna bedöms inte realiserbart i dagsläget, detta ur kostnadssynpunkt, med hänsyn till aktuella satelliters registreringsfrekvens och digitala kartors revideringstid.

Riksskogstaxeringens provytor förutsätts användas som referensytor. Det befintliga antalet provytor inom avrinningsområdet bedöms vara för få för att fylla detta syfte. Därför måste även provytor utanför avrinningsområdet användas. Ytorna inom en randzon kring Öreälvens avrinningsområde används förslagsvis.

Data från satellitbilderna integreras med digital kartinformation i ett GIS-system. Följande digitala kartdata föreslås ingå i systemet:

- Gränser för huvud- och delavrinningsområden
- GSD-Blå kartan

GSD-Gröna kartan (1:50000) täcker inte Öreälvens avrinningsområde. GSD-Blå kartan med något sämre upplösning (1:100000) föreslås därför användas som topografisk karta. Kartan föreslås om möjligt uppdateras med fem års intervall.

GIS-systemet kan dessutom kompletteras med:

- Höjddata
- Jordartsdata

Dessa kartbaser ger t.ex. bättre förutsättningar att skatta omfattning av samt lokalisera biotoper. SGU:s utgivna jordartskartor beräknas täcka avrinningsområdet 1995/96. Endast ett fåtal av bladen föreligger dock i digital form, varför scanning och digitalisering måste utföras för övriga blad.

Precision

Med de ovan använda typvariablerna som utgångspunkt bedöms minst 20%-iga förändringar kunna konstateras för följande variabler när det gäller Öreälvens avrinningsområde:

- Arealer av ägoslagen skogsmark och myr
- Arealer av skogstyperna barrskog och lövskog
- Arealer slutavverkning och markberedning
- Stamvolym och torrsubstans biomassa, totalt samt för barr- och lövträd

Markkemi utgår helt i detta alternativ. Stamtillväxt bedöms kunna skattas med minst 20% bättre precision än vid befintlig fältinventering. Precisionen för övriga typvariabler kan för närvarande inte bedömas. För detta krävs ytterligare studier.

I tabell 15 jämförs upplösningen i alternativ 2 med den upplösning som erhålls vid befintlig fältinventering. Kravet på upplösning är att minst 20%-iga förändringar ska kunna påvisas.

Tabell 15. Typvariabler med tillräcklig upplösning vid alternativ 2 (fet stil) samt vid enbart befintlig fältinventering (understruken). Typvariabler som bedöms kunna skattas med satellitfjärranalys markerade med *.

Ägoslag	Skogstyper	Skogsbruks- åtgärder	Markvegetation (artgrupper)	Markvegetation (arter)	Forts.
Skogsmark*	Barrskog*	Röjn/hyggesr.	Blåbär	Kovall	Hultbräken
Myr*	Granskog	Övrig avv.	Smala gräs	Gullris	Hönsbär
Sötvatten	Tallskog	Slutavv.*	Lågört	Skogsstjärna	Ormbär
Åker	Barrblandsk	Markberedn*	Kråkb/ljung	Linnea	Tolta
Väg	Barrlövblandsk	Gallring	Högört	Ekbräken	Liljekonvalj
Annan mark	Lövskog*	Dikning	Lingon	Ekorrbar	Hallon
Berg	Kalmark		Lavrik	Harsyra	Högv.ormbunk
Fjäll			Lågstarr	Mids.blomster	Kärrfräken
Kraftledning			Lav	Orkidéer	Nattviol
			Breda gräs	Fibblor	Ögonpyrola
			Fattiga ris	Stenbär	Övriga 48 art
			Fräken	Violer	
			Mark utan fältsk		
			Högstarr		

Virkesförråd (Träds. vis)	Virkesförråd (Dimens.vis cm)	Biotoper	Markkemi
Alla trädsl*	Alla diamtr*	Gransumpsk	Humuslager
Barrträd*	15-29	Frodig lövb	Mineraljord
Lövträd*	0-14		
Gran	30-44		
Tall	45-		
Björk			
Torra, vindf.			
Övrigt löv			

Upplösningen i alternativ 2 tar sig vid en kvantitativ jämförelse i tabell 15 inte så mycket bättre än vid befintlig fältinventering. Utöver de skattningar som klaras med befintlig fältinventering möjliggörs med satellitfjärranalysens hjälp i detta exempel även skattningar av arealen myr, arealen lövskog samt arealen utförda slutavverkningar och markberedningar. Observera dock att Öreälvens avrinningsområde är relativt stort (288 000 ha). Minskas områdesstor-

leken minskar antalet variabler som går att följa med befintligt fältinventering medan de variabler som kan följas med fjärranalys (markerade med *) kvarstår. Vid områdesstorlekar under ca 25 000 ha i södra och under ca 100 000 ha i norra Sverige kan generellt sett endast fjärranalys användas, om inte det befintliga provytanätet förtätas. Lägg därtill de fördelar som ges av att man med fjärranalys kan placera företeelser i rummet.

Kostnad

För att kunna skatta förändringar måste satellitbilder, kartdatabaser, m.m. införskaffas i initialskedet. Uppdatering sker därefter vart femte år. Eventuella rabatter är inte inräknade i nedanstående prisuppgifter.

Satellitbilder: Landsat TM kostar ca 55 000 kr per scen. En scen täcker 180x180 km². Små avrinningsområden täcks ofta av en scen - när det gäller Öreälven behövs två Landsatscener. Initialkostnaden blir 110 000 kr och den årliga kostnaden därefter blir 22 000 kr.

Kartdatabaser: Gränser för Öreälvens huvud- och delavrinningsområden kostar ca 500 respektive 4 700 kr (94 delavrinningsområden à 50 kr). Av GSD-Blå kartan behövs ca 6 stycken digitala baser à 2800 kr. Ny GSD-Blå karta beräknas inköpas vart femte år till samma kostnad. Införskaffande av gränser för avrinningsområden ses som en engångsavgift. Initialkostnaden för dessa baser blir ca 22 000 kr, sedan blir den årliga kostnaden drygt 3000 kr.

Kompletterande kartdatabaser: Från höjddatabanken behövs ca 120 digitala baser à 500 kr (1-50:e basen) och à 150 kr (51-500:e basen). Jordartskartan finns bara i digital form för 4 blad à 2500 kr. Resterande ca 11 blad måste scannas och digitaliseras à 3000 kr. Endast initialkostnad föreligger för höjddatabank samt jordartsdata. Kostnad ca 80 000 kr.

Klassningsarbete, m.m: Klassning av en satellitbild kräver uppskattningsvis 15 dagsverken. Därtill skall läggas datorkostnader. Total kostnad ca 40 000 kr. Initieringskostnaden blir följaktligen 40 000, med en årlig kostnad på 5 000 kr därefter.

Total merkostnad för alternativ 2 blir drygt 30 000 kr per år med en initieringskostnad på 170 000 kr (250 000 kr med höjd- och jordartsdata).

Utvecklingsarbete

Färdig metod finns utarbetad för fjärranalysdelen i alternativ 2. Observera dock att inga färdiga produktionsrutiner i dagsläget finns framtagna. Visst utvecklingsarbete krävs därför för att alternativet ska kunna realiseras. För detta föreslås att provverksamhet i inledningsfasen förläggs till ett antal lämpliga avrinningsområden i landet.

Slutsats

Befintlig fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys (alternativ 2) bedöms kunna användas för att påvisa minst 20%-iga förändringar för arealen skogsmark, myr, barr-/lövskog och slutavverkning, samt volym och biomassa för barr-/lövträd. Alternativet fångar inte upp data om markkemi samt ger endast en sporadisk beskrivning av markvegetation.

Satellitfjärranalysen ger yttäckande och objektiv information samt möjliggör skattningar för mindre avrinningsområden.

Den årliga merkostnaden för alternativ 2 blir drygt 30 000 kr. Därtill kommer en initieringskostnad på 170 000 kr. Önskas höjddata och jordartsdata blir det 250 000 kr.

Metod finns för fjärranalysdelen, men utvecklingsarbete krävs för att upprätta produktionsrutiner.

3. Förtätad fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys

I detta förslag förtätas provytanätet inom avrinningsområdet med hänsyn till de slutsatser som dragits i alternativ 1 och 2. Målet med alternativet har varit att täcka in så stor del som möjligt av typvariablerna med hänsyn till kostnadsaspekten.

Med hänsyn till de slutsatser som dragits i alternativ 1 föreslås ett 4 gånger tätare provytanät. En sådan förtätning innebär att provytor inom avrinningsområdet i högre utsträckning kan användas som referensytor för satellitbildsklassificering. De ytterligare utlagda provytorna lägesbestäms lämpligen med GPS för att förbättra noggrannheten i de satellitbildsbaserade skattningarna.

Precision

Upplösningen i förslaget illustreras i tabell 16. Kravet på upplösning är att minst 20%-iga förändringar skall kunna påvisas.

Tabell 16. Typvariabler med tillräcklig upplösning vid alternativ 3 (fet stil) samt vid enbart befintlig fältinventering (understruken). Typvariabler som bedöms kunna skattas med satellitfjärranalys markerade med *.

Ägoslag	Skogstyper	Skogsbruks- åtgärder	Markvegetation (artgrupper)	Markvegetation (arter)	Forts.
Skogsmark*	Barrskog*	Röjn/hyggesr.	Blåbär	Kovall	Hultbräken
Myr*	Granskog	Övrig avv.	Smala gräs	Gullris	Hönsbär
Sötvatten	Tallskog	Slutavv.*	Lågört	Skogsstjärna	Ormbär
Åker	Barrblandsk	Markberedn*	Kråkb/ljung	Linnea	Tolta
Väg	Barrlövblandsk	Gallring	Högört	Ekbräken	Liljekonvalj
Annan mark	Lövskog*	Dikning	Lingon	Ekorrhär	Hallon
Berg	Kalmark		Lavrik	Harsyra	Högv.ormbunk
Fjäll			Lågstarr	Mids.blomster	Kärrfräken
Kraftledning			Lav	Orkidéer	Nattviol
			Breda gräs	Fibblor	Ögonpyrola
			Fattiga ris	Stenbär	Övriga 48 art
			Fräken	Violer	
			Mark utan fältsk		
			Högstarr		

Virkesförråd (Träds.l. vis)	Virkesförråd (Dimens.vis cm)	Biotoper	Markkemi
Alla trädsl*	Alla diamtr*	Gransumpsk	Humuslager
Barrträd*	15-29	Frodig lövb	Mineraljord
Lövträd*	0-14		
Gran	30-44		
Tall	45-		
Björk			
Torra, vindf.			
Övrigt löv			

Variablerna i alternativ 3 uppfyller uppställda krav för förändringsstudier av skogsmark och myr.

Skogstyperna lövskog och kalmark täcks inte in av fältinventeringen. Då lövskogen behöver ett ungefär 7 gånger så tätt stickprovsnät bedöms inte den ytterligare förtätning som skulle krävas (3 gånger fler provytor) vara ekonomiskt motiverad. Lövskog bedöms kunna skattas med satellitfjärranalys.

Även slutavverkning och markberedning bedöms kunna skattas med satellitfjärranalys. Gallring och övrig avverkning skulle kunna skattas med hjälp av en inledande stratifiering med fjärranalys och en efterföljande fältinventering av identifierade områden.

Angående markvegetationens ”grövre” artgrupper, klarar blåbärstyp och smalbladig grästyp gränsen på 100 provytor. Det blir 2 jämfört med 6 stycken artgrupper vid generell förtätning. Dessa vegetationstyper dominerar dock stort inom avrinningsområdet då de täcker drygt 60% av arealen. För de ståndortskarterade arterna är förhållandet 4 jämfört med 6 stycken arter vid generell förtätning.

I alternativ 3 ges möjlighet att följa minst 20%-iga volymförändringar för samtliga trädslagsgrupper utom övrigt löv, som ju täcktes in i alternativ 1. Däremot är det ingen skillnad beträffande dimensionsklasserna. Typvariablerna biomassa samt tillväxt antas följa samma mönster.

En av de 2 exemplifierade biotoperna, nämligen ”frodigare mark med lövinslag”, uppfyller inte kraven.

Vad gäller markkemiska data klarar både humuslager respektive mineraljord den stipulerade gränsen. Ett 4 gånger tätare provytanät ger 100 mineraljordsprover och 320 humusprover.

Kostnad

Fältarbetet uppskattas till 32 lagdagar årligen under 5 år. Årlig kostnad för detta blir 225 000-275 000 kr, dvs. en merkostnad på 160 000-220 000 kr jämfört med den befintliga fältinventeringen.

Merkostnaden för analyser av markprover blir 17 000 kr för humusproverna respektive 5 000 kr för mineralproverna. Total kostnad blir alltså drygt 20 000 kr.

Kostnaden för satellitfjärranalysen är densamma som i alternativ 2, dvs. en årlig kostnad på 30 000 kr samt en initieringskostnad uppgående till 170 000 kr (250 000 kr med höjd- och jordartsdata)

Total merkostnad för alternativ 3 blir 210 000-270 000 kr per år med en initieringskostnad på 170 000 kr (250 000 kr med höjd- och jordartsdata).

Utvecklingsarbete

Färdig metod finns utarbetad för fjärranalysen i alternativ 3. Observera dock att inga färdiga produktionsrutiner i dagsläget finns framtagna. Visst utvecklingsarbete krävs därför för att alternativet ska kunna realiseras. För detta föreslås att provverksamhet i inledningsfasen förläggs till ett antal lämpliga avrinningsområden i landet.

Slutsats

Förtätad fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys (alternativ 3) klarar uppställda krav för att skatta arealförändringar för skogsmark, myr, de flesta skogstyperna, slutavverkning och de två dominerande markvegetationstyperna. Beträffande volym/biomassa fångas alla delkategorier upp utom övrigt löv samt träd över 45 cm. Markkemiuppgifter ingår dessutom i alternativet.

Satellitfjärranalysen ger yttäckande och objektvis information samt möjliggör skattningar för mindre avrinningsområden.

Den årliga merkostnaden för alternativ 3 blir knappt 250 000 kr, exkl. en fast inledande kostnad på 170 000 kr.

Metod finns för fjärranalysdelen, men utvecklingsarbete krävs för att upprätta produktionsrutiner.

4 DISKUSSION

Studiens allmängiltighet

Öreälvens avrinningsområde, som valts till undersökningsområde, är ett förhållandevis stort avrinningsområde beläget i Norrland. Resultaten kommer naturligtvis till viss del att präglas av de lokala förutsättningarna. Detta måste beaktas när de resultat som redovisas i rapporten tillämpas ute på länen. Studien bör trots detta ge en uppfattning om möjligheter och begränsningar vid användning av Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen för miljöövervakning i skogliga avrinningsområden.

Befintlig fältinventering

Stickprovstätheten vid den befintliga fältinventeringen räcker inte till för att bedriva miljöövervakning på avrinningsområdesnivå. Detta är föga förvånande, då Riksskogstaxeringens stickprovstäthet är anpassat till minst länsstora områden. Vissa av variablerna är anpassade till större redovisningsområden än län, t.ex. utförda skogsbruksåtgärder.

Modifierade inventeringsmetoder

Generell förtätning av fältinventeringen

Alternativet ”Generell förtätning av fältinventeringen” ger en mycket god upplösning för alla typvariabler förutom skogsbruksåtgärder, vilket är en betydelsefull brist. Metoden är förhållandevis dyr, speciellt om länen avser att idka miljöövervakning på ett flertal avrinningsområden.

Det finns inga genvägar för att uppnå hög precision med enbart fältinventering. För att uppnå hög precision för skattningarna krävs inventering av ett högt antal provpunkter. Ett visst antal provpunkter inom ett litet avrinningsområde ger samma precision som samma antal provpunkter inom ett stort - men i övrigt identiskt - avrinningsområde. Erforderlig inventeringsinsats (kostnad) blir därför högre per arealenhet för det mindre området.

En förtätning av fältinventeringen kan göras på skilda sätt. Den variant som alternativ 1 beskriver utgår från femåriga inventeringsomdrev, vilket betyder att inventeringen är upplagd så att femåriga medelvärden av materialet kan presenteras med erforderlig precision. En förtätning kan även koncentreras tidsmässigt, t.ex. under ett år. Fördelen med detta förfarande är att data snabbt blir tillgängligt. Metoden är intressant om en länsstyrelse med kort varsel vill få en uppfattning om miljötillståndet inom ett område eller behöver kunna jämföra data med korta tidsintervall. Metoden blir arbetsintensiv, vilket kanske också medför att den företrädesvis skulle komma att användas vid enstaka tillfällen. Under sådana förhållanden föreligger viss risk för ej representativa resultat med avseende på företeelser med stor variation mellan åren, t.ex. avverkningsingrepp.

Befintlig fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys

Alternativet ”Befintlig fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys” ger den ojämförbart lägsta kostnaden. Antalet variabler som går att följa blir dock betydligt färre än vid en ge-

nerell förtätning. Alternativet innefattar emellertid slutavverkning. De faktum att satellitfjärranalysen på en kostnadsmässigt rimlig nivå möjliggör miljöövervakning för mindre avrinningsområden samt placerar företeelser i rummet, gör tekniken mycket intressant i sammanhanget.

Slutavverkningar som de utförs i dag urskiljs bra med satellitfjärranalys. Utvecklingen i det svenska skogsbruket pekar dock alltmer mot modifierade avverkningsmetoder, inriktade mot mera gallringslika ingrepp som t.ex. plockhuggning. Denna utveckling kan medföra att det framöver kan bli svårare att säkert konstatera avverkningsingrepp direkt i satellitbilden eller med hjälp av referensprovytor. Ett sätt att tackla detta problem är att använda stratifierad sampling, dvs. att styra provyteutlägget - förslagsvis med hjälp av bilddata. Detta innebär alltså att en extra fältinventering måste utföras som ett andra steg, vilket innebär en fördyring.

Till de huvudsakliga nackdelarna med alternativet hör att data om markkemi och inventeringen av markvegetation faller bort. Data om markkemi är en förutsättning för att kunna upprätta ämnesbalanser, vilket är en betydelsefull faktor till att provverksamhet förläggs till avrinningsområden. Markvegetation är en sådan variabel som eventuellt kan bestämmas utifrån trädskiktet, dvs. en viss sammansättning av trädslag växer ofta på en viss typ av ståndort. Noggrannheten för sådana skattningar blir dock troligen låg. Sammanfattningsvis kan man dock säga att alternativet ger mycket information för pengarna om dessa variabler kan avvaras.

När det gäller satellitbildstekniken kommer satellitbildsscenenens läge att påverka inventeringskostnaden. Flera undersökningsområden inom samma scen ger naturligtvis lägre kostnad, men innebär - i varje fall för större län - att undersökningar styrs till samma länsdel.

De lägre kostnaderna vid användning av satellitfjärranalysen skulle kunna bereda väg för användning av tätare registreringsintervall än alternativets femåriga intervall. Det borde t.ex. vara intressant att årligen kunna placera utförda avverkningar rumsligt över undersökningsområdet. Satellitbildernas registreringsfrekvens tillåter dock för närvarande inte detta.

Förtätad fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys

Alternativet "Förtätad fältinventering kombinerad med satellitfjärranalys" visar - liksom alternativ 1 - att en förtätning av Riksskogstaxeringens-/Ståndortskarteringens fältinventering blir relativt kostsam. Samtidigt finns för närvarande inte någon genväg till att belysa vissa variabler, t.ex. data om markkemi. Alternativets upplösning är dock i det närmaste likvärdig med den vid "generell förtätning" samt innefattar dessutom fjärranalysens fördelar - exempelvis möjligheten att till en rimlig kostnad kunna skatta utförd slutavverkning. Till ytterligare fördelar med en förtätning hör att det i samband med denna bjuds ökade möjligheter till en för länsstyrelserna mera skraddarsydd fältinventering, samt till olika former av specialinventeringar. Den utökade fältinventeringen skulle också ge samordningsvinster vid stratifierad sampling baserad på bilddata.

Prioritering av variabler viktig

Utgångspunkten för denna studie var att valda typvariabler skulle ge en bred bild av avrinningsområdets miljötillstånd. Valet av variabler är naturligtvis viktigt vid den typ av jämförel-

ser som görs i denna rapport. Vi har sett att olika variabler ibland kan fordra relativt stor skillnad i inventeringsintensitet och i vissa fall styr valet av inventeringsmetod. Av detta följer att en gradering av variablernas enskilda betydelse också är av största betydelse. Exempelvis borde utförda avverkningsåtgärder vara en viktig faktor för att förklara skillnader i näringsutlakning. Denna studie visar att det med enbart förtätad konventionell fältinventering skulle bli mycket dyrt att med god precision följa avverkningen inom Öreälvens avrinningsområde. Satellitfjärranalys i alternativ 2 och 3 möjliggör dock kostnadseffektivare skattningar av slutavverkning. Kostnaden blir speciellt låg för alternativ 2 och om slutavverkning ges mycket hög prioritet bör detta alternativ alltså vara mycket intressant. Prioriteras däremot markvegetation och markkemi högt måste fältinventeringen bedrivas med relativt hög intensitet, som i alternativ 1 och 3. Jämföras slutavverkning och markvegetation/markkemi blir alternativ 3 ett intressant alternativ.

Andra informationskällor

Följande sammanställning är exempel på ytterligare informationskällor än de som hittills behandlats som kan tänkas användas vid miljöövervakning i skogliga avrinningsområden:

- Gödslings- och kalkningskartläggningar
- Nyckelbiotopsinventeringen
- Skogliga observationsytor
- Markägares indelningsregister (större skogsägare - t.ex. skogsbolag)
- ÖSI-data, skogsbruksplaner (mindre skogsägare)
- Flygbilder

Utvecklingsarbete

Satellitfjärranalysdelen i alternativ 2 och 3 kräver visst utvecklingsarbete för att på ett rationellt och effektivt sätt kunna sättas i produktionsverksamhet. Skattningsmetoderna är färdigutvecklade, det som krävs är en intrimning av produktionskedjans alla komponenter. För detta syfte bedöms viss testverksamhet behöva bedrivas i inledningsfasen - förslagsvis förlagda till minst 2 avrinningsområden i landet. Testerna förläggs till områden där Riksskogstaxeringen eller länsstyrelserna redan i dag, eller inom en snar framtid, kan tillgå lämpliga satellitbilder och digitala kartdata. För att förbilliga testerna bör satellitbilder/digitala kartinformation samutnyttjas med andra projekt.

Referenser

- Ericsson, J. 1995. *Satellitbildsklassificering av skogsmark baserad på Riksskogstaxeringens provytedata och kartdata - Tyresåns avrinningsområde*. SLU, institutionen för skogstaxering, arbetsrapport 23. Umeå.
- Flygare, A-M. 1993. *Contextual classification using Multi-temporal Landsat TM Data*. University of Umeå, Institute of Mathematical Statistics, Sweden.
- Hägglund, B. 1985. *En ny svensk riksskogstaxering*. SLU, institutionen för skogstaxering, Umeå. Rapport 37.
- Hägglund, B., Lundmark, J.E. 1981. *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem, del 1, 2 och 3*. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Institutionen för skoglig marklära. *Ståndortskarteringens fälthandbok 1985 och 1995*. SLU, Uppsala.
- Institutionen för skogstaxering. *Riksskogstaxeringens fälthandbok 1985 och 1995*. SLU, Umeå.
- Ivarsson, H. & Karlsson, L-I. 1992. *Geological and geochemical conditions in the River Öre drainage basin, northern Sweden*. GERUM rapport 15, Umeå universitet, geografiska institutionen.
- Karlton, E., Odell, G., Löfgren, O. & Carlsson, E. 1995. *Fältinstruktion för ståndortskartering av permanenta provytor vid Riksskogstaxeringen*. SLU, institutionen för skoglig marklära, Uppsala.
- Li, Chuan-Zhong; Ranney, B. 1992. *The Precision of the Estimated Forest Data from the National Forest Survey 1983-87*. SLU, institutionen för skogstaxering, Umeå. Rapport 54.
- Lundmark, J-E., Odell, G., Carlsson, E. 1985. *Fältinstruktion för ståndortskartering av permanenta provytor vid Riksskogstaxeringen*. SLU, institutionen för skoglig marklära, Uppsala.
- Nilsson, M. 1992. *Integrering av satellitfjärranalys i Riksskogstaxeringen - En försöksdatabas för Västerbottens kustland*. SLU, institutionen för skogstaxering, Umeå. Arbetsrapport 10.
- Nilsson, M. 1994. *Fjärranalys i Riksskogstaxeringen - Resultat från en klassificeringsstudie*. SLU, institutionen för skogstaxering, Umeå. Arbetsrapport 16.
- Nilsson, P. 1994. *Riksskogstaxeringens roll i den regionala miljöövervakningen*. SLU, institutionen för skogstaxering, Umeå. Arbetsrapport 21.

Olsson, H. and Ericsson, J. 1992. *Interpretation and segmentation of changed forest stands from difference imagery based on regression functions*. In Proceedings of the central symposium of the 'International Space Year' conference, Munich, Germany, 30 March - 4 April 1992. pp. 761-765.

Olsson, H.; Näsholm, B.; and Hagner, O. 1994. Detection of Cuttings using Segmentation of Multitemporal SPOT-Satellite Images. I "Monitoring of Local Reflectance Changes in Boreal Forests using Satellite Data". SLU, avdelningen för skoglig fjärranalys, Umeå. Rapport 7.

Muntliga referenser

Nilsson, M. SLU, inst för skoglig resurshushållning och geomatik. 901 83 Umeå.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation.

Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog.
ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning.
- metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden.
ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.