



Fjällinventering

- En utredning av innehåll och design

**Göran Ståhl
Mats Walheim
Per Löfgren**

Arbetsrapport 50 1999

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 90-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--50--SE

Förord

I denna arbetsrapport redovisas resultat om tänkbart innehåll och design för en fjällinventering. Naturvårdsverket är uppdragsgivare och arbetet har i huvudsak utförts vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, som även är huvudman för Riksskogstaxeringen. Målet för utredningen var att nå fram till ett läge där nästa steg i ett utvecklingsarbete vore att genomföra inledande pilotstudier för att utvärdera olika alternativ.

Ett flertal tidigare utredningar av behov och möjligheter att genomföra inventeringar i fjällregionen har varit värdefulla basdata i arbetet, särskilt vad gäller inventeringens innehåll. Några av dessa arbeten är:

- Anon. 1997. Övervakning av faunan i fjällen, - programförslag. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 6.
- Anon. 1998a. Övervakning av flora och fauna i fjällen, - ett programförslag. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 3.
- Benson P. 1997. Floraväkteri i fjällen, - en pilotstudie. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 13.
- Dahlberg U., Bergstedt J. och Pettersson A. 1998. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 32.
- Hemberg L., et al. 1997. Försöksverksamhet med satellitbildsbaserad renbetesinventering i Västerbottens län 1995/96. Stencil.
- Hemström P. och Nordberg M-L. 1998. Studier av linjära strukturer i fjällen med hjälp av satellitbilder, - en pilotstudie inom RESE-projektet "vegetation change". Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 2.
- Hörnell M. och Willebrand T. 1997. Censusing spring population of Willow Grouse and Rock Ptarmigan. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 9.
- Lindroth S. 1996. Linjeinventering av fjällvegetation, - resultat av fältstudier 1995. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 11.
- Löfgren O. 1996. Studier av däggdjur och fåglar i den skandinaviska fjällvärlden, -en litteratursammanställning. Länsstyrelsen i Västerbottens län.
- Moen J. 1995. Vegetationsstudier i den skandinaviska fjällvärlden. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 14.
- Svarén A. 1996. Jordmänsbildning och markkemisk övervakning i fjällområdet, - en pilotstudie. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 14.

Värdefulla synpunkter har inhämtats även från andra håll och här bör särskilt nämnas forskare inom Fjäll-Mistra, Mistra-RESE och CIRC. Det första av dessa projekt befinner sig fortfarande i en inledande fas, medan flera fjällrelaterade arbeten inom de senare är långt framskridna. Ett särskilt tack riktas till Ulrika Dahlberg, som bistått med såväl värdefulla synpunkter som data från en inventering i Abisko. Dessa data användes för att stödja beräkningarna i anslutning till diskussioner om nödvändig stickprovsstorlek.

Värdefulla synpunkter har också erhållits från personal vid Riksskogstaxeringen och Ståndorts-karteringen, samt från deltagare i en doktorandkurs i sampling som hölls vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik.

Sammanfattning

I denna arbetsrapport redovisas resultaten av en utredning som genomförts vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik på uppdrag av Naturvårdsverket. Syftet var att utreda innehåll och design för en eventuell framtida storskalig fjällinventering. Omfattningen av uppdraget var att nå fram till ett läge där nästa steg vore att genomföra inledande pilotstudier.

Behovet av data från fjällområdet och tänkbara metoder att samla in desamma har varit föremål för flera tidigare studier. Resultaten av dessa har varit viktiga basdokument i den aktuella utredningen. Vad gäller innehållet i en fjällinventering är frågor i anslutning vegetationen och förändringar i vegetationens sammansättning centrala. En rad andra frågor för vilka data från fjällområdet efterfrågas diskuteras också.

Inventeringen föreslås baseras på befintlig förhandsinformation från fjällområdet. Denna används för att dela upp området i någorlunda homogena polygoner, vilka förs till olika stratum. Stickprov av polygoner väljs sedan stratumvis. De aktuella polygonerna kan liknas vid Riksskogstaxeringens trakter. Inom dem görs mätningar på provytor och längs linjetransekter motsvarande en dags arbete för ett inventeringslag. För att begränsa antalet längre förflyttningar – som ofta torde kräva helikopter – bör polygonerna slumpas ut på ett sådant sätt att ett inventeringslag kan upprätta basläger kring vilka ett flertal polygoner återfinns inom rimligt gångavstånd.

Vid studier av nödvändig dimensionering framgick att minsta relevanta omfattning av en fjällinventering är ca 200 polygoner. Ett lämpligt antal bedöms dock vara minst 800 stycken, motsvarande en årlig kostnad om (minst) ca 2.2 miljoner kronor. Eftersom förändringar snarare än tillstånd normalt efterfrågas föreslås alla mätningar bli utförda på permanenta provytor.

Inledning

Grunden för den aktuella utredningen är ett behov att kunna följa trender för miljöutvecklingen i fjällregionen. Miljö är emellertid ett vagt begrepp som behöver konkretiseras. I regeringens proposition 1997/98:145 ges förslag om nationella miljömål. För fjällens del anges det övergripande miljö kvalitetsmålet till att ”fjällen ska ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden”. Detta specificeras till att fjällens karaktär av storslaget naturlandskap med vidsträckta sammanhängande områden ska bibehållas, att rennäring, turism, jakt, fiske och övrigt nyttjande ska bedrivas med hänsyn till naturens långsiktiga produktionsförmåga, den biologiska mångfalden, natur- och kulturmiljövärden, samt till värden för friluftslivet. Främmande arter och genetiskt modifierade organismer ska ej introduceras.

Som delmål anges att hotade arter ska ges möjlighet att sprida sig, att trafik med motordrivna fordon ska minimeras och att skador av barmarkskörning ska vara försumbara. Ett antal tänkbara delmål identifieras också. Dessa rör uthållligt nyttjande av fiskbestånd, bevarande av samiska natur- och kulturvärden och lavtäckets täckning.

Den aktuella propositionen är givetvis en viktig utgångspunkt för arbetet med föreliggande utredning. Samtidigt är inte miljöövervakning det enda motivet för att en storskalig fjällinventering skulle kunna vara intressant. Rennäringen (ev. via Jordbruksverket) har intresse av en kartläggning av renbetes-tillgångar. Andra tänkbara intressenter är Jägareförbundet, turistnäringen, forskningen, skogssektorn, m.fl. Den senare kategorin kan tyckas malplacerad, men eftersom fjällbjörkskogen enligt internationella normer är att hänföra till skog finns behov av att upprätta jämförbar statistik.

Flera inventeringar pågår redan i fjällområdet eller är under utveckling. Rovdjursinventeringar har utförts under ett flertal år. Inventeringar av kulturlämningar pågår. Jägareförbundet tillsammans med några länsstyrelser planerar en övervakning av ripstammen. Populationsfluktuationer av smågnagare studeras regelmässigt på en lokal (Ammarnäs). Övervakning av jaktfalkar planeras. Riksskogs-taxeringen och Ståndortskarteringen inventerar den fjällnära skogen. Nyckelbiotopsinventeringar i privatägd skogsmark har utförts av SVO. Samtliga länsstyrelser i fjällregionen har också gått samman för att ta ett helhetsgrepp på den miljöövervakning som kan behövas i fjällområdet.

Varje specifikt syfte kräver sin speciella inventeringsdesign. Eventuella samordningsvinster måste därför vägas mot eventuella likriktningsförluster. Objektivitet bör dock vara en grund för all inventering som syftar till att producera statistik som ska kunna jämföras över tiden och mellan olika regioner. Då totalmätningar av hela fjällområdet aldrig kan bli aktuella måste data samlas in via stickprovsmätning. En viktig bas för objektivitet är att stickproven väljs enligt någon form av slumpförfarande. Resultat som erhålls från mätningar gjorda inom subjektivt valda områden kommer förmodligen endast att accepteras av grupper vars argument stöds av insamlade data. Övriga grupper kan mycket lätt bestrida resultaten med hänvisning till att uppgifterna inte är allmängiltiga och noggrannheten okänd. Klassiska exempel från det här området kan hämtas från opinionsundersökningar som genomförts på befolkningsgrupper som ej varit slumpmässigt valda. Man erhåller ett visst resultat om man enbart studerar delar av populationen, ett annat om man studerar hela populationen (via ett adekvat stickprov).

Ett andra viktigt rekvisit för objektivitet är att strikta mätningar snarare än bedömningar måste göras på de provytor som hamnar i stickprovet. Bedömningar kan visserligen vara mycket effektiva för att identifiera värdefull och skyddsvärd natur. Som bas för studier av förändringar har de dock mycket begränsat värde. Erhållna skillnader över tiden kan bero på glidningar i bedömningsgrunder lika gärna som verkliga förändringar.

En sammanfattning av resonemangen ovan är att strikta mätningar bör genomföras på platser som väljs ut med stöd av slumpförfaranden. Detta har varit en viktig bas för det aktuella arbetet.

Vidare måste en skiljelinje dras mellan inventeringar av övervakningskaraktär och kontrollerade försök. Målet med övervakningsverksamhet är många gånger inte enbart att studera hur miljöförhållanden förändras, utan även att förklara bakomliggande orsaker. För att på en sund statistisk bas klara den senare frågan måste normalt kontrollerade försök göras, där olika former av störningar sätts in och effekterna av dessa mäts. Försök tenderar dock att bli mycket stora och dyrbara då flera faktorer ska granskas simultant.

Inventeringar av övervakningskaraktär kan sällan ge säkra svar om orsakssamband. De kan dock ligga till grund för hypotesbildning som senare kan testas i försök. Många gånger är påverkansfaktorerna också så tydliga att identifierade förändringar i miljötillstånd direkt kan förklaras med en förändring i en påverkansfaktor (t.ex. utsläpp av radioaktivitet och effekter i form av radioaktivitet i olika biota).

Avvägningen mellan övervakning och försöksverksamhet/forskning är en viktig fråga inom miljöanalysen. I det aktuella uppdraget ingår dock enbart att skissera en modell för storskalig inventering av övervakningskaraktär.

Under arbetets gång har också den ursprungliga uppgiften i någon mån snävats in. Det aktuella förslaget avser därmed i huvudsak endast övervakning av vegetation, vegetationspåverkan, samt markfrågor såsom kol- och kväveförråd. Övriga eventuellt intressanta faktorer (smågnagare, ripor, renar, rovdjur, zoologisk biodiversitet, etc.) har på uppdragsgivarens inrådan utelämnats.

I något skede skulle det emellertid vara intressant om alla utförare av inventeringsverksamhet i fjällregionen hade möjlighet att samlas i ett gemensamt forum, för att sträva mot att använda likartade definitioner och mätprocedurer. Detta skulle innebära att den samlade basen av relevanta fjälldata utökades och att djupare analyser skulle kunna genomföras. Att fjällen är relativt svårtillgängliga är också ett motiv för att utförandefasen av olika inventeringar borde kunna ha en del att vinna på att samordnas.

Innehåll i en fjällinventering

En sammanställning över vilken typ av information som – inom de givna ramarna – skulle kunna vara intressant ges nedan. Faktorerna är hämtade från den tidigare refererade litteraturen och från diskussioner med forskare och andra intressenter. En generell synpunkt är att det är förändringar snarare än tillstånd som är av intresse att studera i många fall.

Listan bör betraktas som preliminär och i den mån projektet får en fortsättning måste vidare diskussioner om innehåll föras.

- Uppgifter för att sammanställa deskriptiv statistik över fjällområdet. Av allmänt intresse kan vara arealuppgifter av olika ”ägoslag”, såsom sjö, rinnande vatten, våtmark (myr), berg- eller stenbunden mark, fjällhed av olika typer, jordbruksmark, bebyggelse, väg och fjällskog (fördelad på beståndstyper).
- Uppgifter om totala renbetesförråd av olika växtslag. Här är såväl arealer som total betningsbar biomassa av intresse. En viktig aspekt, som kan vara svår att fånga, är renbetets kvalitet. Denna varierar dessutom mellan olika säsonger på ett och samma ställe. Insamling av växtdelar för mineralnäringsanalys kan här vara ett möjligt tillvägagångsätt.
Vad gäller renbetesfrågor är det förmodligen viktigt att samordna inventeringen i skogslandet med den i fjällen, även om det är delvis olika foderslag som nyttjas under olika årstider. En häng- och marklavininventering med syftet att mäta mängden av dessa typer av renfoder är t.ex. något som bör ingå i inventeringar såväl i skogen som i fjällområdet.
- Uppgifter om var det finns lämpliga sammanhängande områden där renarna har ett gott och ostört bete under olika årstider. Uppgifter om motsatsen är givetvis också intressanta, d.v.s. var man ur renkötselsynpunkt har konfliktområden.

- Betningens omfattning bör registreras, dels för att studera huruvida betningen är uthållig (av intresse för såväl renägare som samhället i stort), dels ur perspektivet biologisk mångfald. Betningen bör registreras tillsammans med uppgifter om markslitage till följd av ”överbetning”. Det senare kan eventuellt mätas i termer av andel blottad jord – i renstigar och i legor. (Blottad jord är dock många gånger positiv ur ett biodiversitetsperspektiv).
- Uppgifter om markslitage till följd av mänsklig påverkan, t.ex. spår efter terrängkörning och slitage utefter leder.
- Vegetationens sammansättning frikopplat från renbetesfrågan. Det bör t.ex. vara av allmänt intresse att redovisa arealer av olika vegetationstyper. Klimatets inverkan på vegetationen och förmodade framtida klimatförändringar motiverar att en allmän övervakning av vegetation är intressant. Påverkan av luftföroreningar är ett annat motiv. Inventeringen bör omfatta såväl bottenskikt som fält- och buskskikt (trädsiktet behandlas nedan). Betning av andra djur än renar bör registreras (främst älg och smågnagare), liksom påverkan av skred, insektsangrepp, översvämning, turisttramp, etc. ”Populära” arter såsom hjortron skulle kunna ägnas särskilt intresse mot bakgrund av ev. turistisk aspekt på inventeringen.
- Uppgifter om fjällbjörkskogen (och fjällbarrskogen). En av orsakerna till att fjällbjörkskogen är intressant är att internationellt jämförbar statistik för skogsmark behöver upprättas för Sverige. Viktigare än detta är emellertid att basdata som relaterar till biologisk mångfald och klimatförändringar bör omfatta även fjällbjörkskogen (och fjällbarrskogen). Trädens roll för övriga organismer är betydande och det är därför viktigt att ägna dem särskild uppmärksamhet. Det är också av intresse att studera i vilken omfattning avverkning utförs i fjällbjörkskogen, samt i vilken omfattning insektsangrepp och laviner påverkar dynamiken. Träd- och skogsgränsens eventuella förskjutning uppåt eller nedåt är givetvis också intressant att studera från ett klimatperspektiv.
- Registrering av död ved och arter på detta substrat.
- Indirekt uppskattning av intressanta djurpopulationer – såsom lämmel, ren och älg – skulle kunna göras med hjälp av spillningsinventering. (Uppskattning av mygg- och knottförekomst skulle kunna motiveras utifrån en turistisk synvinkel, men även ur perspektivet biologisk mångfald, eftersom insekterna utgör föda för bl.a. många fågelarter.)
- Markrelaterade variabler, såsom uppgifter om markkemiskt tillstånd, jordmån och textur är intressanta. Här är t.ex. frågan om kol mycket aktuell och nationella budgetar och konsekvensberäkningar bör omfatta även fjällkedjan.
- Provtagning av vegetation för analyser av innehåll av mineralnäringshalter, tungmetaller, cesium, etc.
- Arealer snö- och istäckt mark (vid visst referensdatum).
- Ytterligare upplevelsemässiga aspekter, såsom antal besökare, nedskräpning, motorbuller och andra ”störande” faktorer såsom vägar, järnvägar, kraftledningar, renstängsel och regleringsdammar.

Variabelinnehåll

Nedan ges mera specifika beskrivningar och definitionsförslag för variabler i anslutning till ovan angivna problemområden. Listan med variabler ska ses som ett förslag som givetvis kan komma att revideras. Listan är inte heller komplett mot bakgrund av den allmänt givna beskrivningen ovan. Alla förslag till definitioner ska betraktas som preliminära.

I det fall en fjällinventering införs finns ett behov av att samordna övervakningen i skogen och fjällen, så att definitioner av variabler och begrepp harmoniseras. Riksskogstaxeringen (RT) och Ståndorts-

karteringen (SK) har genomfört inventeringar i skogen sedan lång tid. I möjligaste mån bör därför en fjällinventering anamma de definitioner som RT/SK redan använder. I de fall definitionerna är dåliga eller otillräckliga bör strävan vara att anpassa RT/SK efter fjällinventeringens definitioner.

I den nedan tecknade variabellistan föreslås en mängd variabler. Vissa av dessa kan fastställas i kartor o.d. och behöver således inte anges i fält. I de fall en variabels definition inte avviker från vad som idag används av RT/SK ges inte variabeln någon utförlig beskrivning här. Istället hänvisas till de båda inventeringarnas fältinstruktioner (Anon. 1998b, Anon. 1998c).

Geografisk och administrativ information

Nord- och ostkoordinat, altitud, län, kommun, sameby och liknande information.

Annan geografisk lägesinformation

Provytans belägenhet i ett större perspektiv, t.ex. plan, svagt eller starkt sluttande mark, stup, krön och ravin. I förekommande fall anges även sluttningsriktning.

Avstånd till....

Ibland är det av intresse att redovisa arealer som är belägna inom vissa givna zoner kring olika företeelser. Därför bör avstånd till t.ex. väg, järnväg, sjö, älv, fjällhed (trädlös mark), fjällskog, produktiv skogsmark, bebyggelse, leder och renstängsel noteras om detta är kortare än något i förväg bestämt avstånd, t.ex. 100 meter.

Ägoslag med tillägg

Nedan ges förslag på vilka ägoslag som skall urskiljas i fjällinventeringen. Motivet för att dela upp fjällen i ägoslag är en önskan att kunna särredovisa tillstånd för olika kategorier av mark. De internationella begreppen ”skogsmark” och ”träd- och buskmark” införs dock ej bland ägoslagen i vårt förslag, utan registreras separat vid sidan av dessa. Detta leder till större flexibilitet i redovisningarna. På motsvarande sätt redovisas även vissa former av markanvändning fristående från ägoslagen.

Som ägoslag föreslås:

- Produktiv skogsmark. Samma definition och krav på storlek för att urskiljas – arealkrav – som i RT/SK.
- Myr. Inom produktiv skogsmark används samma definition och arealkrav som i RT/SK. Ovan gränsen för produktiv skogsmark definieras ägoslaget såsom oftast fuktig mark med hydrofila arter i botten- och fältskiktet. Torvmarker räknas dock alltid som myr.
- Berg. Inom produktiv skogsmark används samma definition och arealkrav som i RT/SK. Ovanför gränsen för produktiv skogsmark definieras ägoslaget som stenfält eller hållmark som har ett jordlager med tjocklek understigande 2 cm. Fläckar av jord kan förekomma, dock aldrig med en täckning större än 1% av provytans areal. I ett tillägg till detta ägoslag kan man tänka sig att ange typ av berg, t.ex. stenfält, kal berghäll, etc.
Ett alternativ till att låta berg utgöra eget ägoslag skulle kunna vara att separat registrera den andel av provytan som täcks av block- och/eller hållmark. Nackdelen är dock att redovisningen av ägoslagsfördelningen från hav till fjäll blir inkonsekvent, eftersom man i skogen med all säkerhet kommer att ha kvar ägoslaget berg.
- Fjällskog. Högt belägen trädbevuxen mark och som inte är myr, berg eller produktiv skogsmark. Arter som brukar räknas som träd (levande eller döda) förekommer med en slutenhet på minst 100 stammar per hektar. För att räknas ska trädindividerna vara minst 3 dm höga. Minsta areal inom övriga ägoslag är 0.25 ha. (Här skulle man kunna använda sig av de två begrepp som

allmänt brukar användas, nämligen fjällbarrskog och fjällbjörkskog. Om dessa skulle få status som ägoslag behöver de definieras. Det låter sig inte göras invändningsfritt och därför är det förmodligen bättre att ha ett ägoslag fjällskog, som sedan kan delas upp på beståndstyper med hjälp av bl.a. registrerad trädslagsblandning.)

Ett alternativt förslag till ”fjällskog” är att följa de internationella definitionerna av skogsmark respektive träd- och buskmark. En nackdel är att dessa inte fångar in vår definition av produktiv skogsmark, trädbevuxen myr, berg, etc. Om dessa begrepp skall ges egen status som ägoslag bör motsvarande ändring göras även i RT/SK.

- Fjällhed/Trädlös mark. Mark ovanför gränsen för produktiv skogsmark, som ej är myr eller berg, och som av naturliga skäl saknar arter som räknas till trädsiktet (levande eller döda), eller har en slutenhet understigande 100 stammar per hektar som är minst 3 dm höga. Arealkravet föreslås vara 0.25 ha.
- Permanent snö- eller istäckt mark. En tänkbar tilläggsangivelse är områdets storlek i några olika klasser.
- Sötvatten. Samma definition och arealkrav som inom RT/SK föreslås gälla. Här skulle man kunna ange någon form av tilläggsinformation, t.ex. oreglerad eller reglerad sjö, älv, eller å. Dessutom skulle man kunna ange något om storlek på sjön/vattendraget.
- Åker. Samma definition som inom RT/SK föreslås gälla.
- Naturbete. Samma definition som inom RT/SK.
- Väg/järnväg. Samma definition som inom RT/SK.
- Bebyggd mark. Samma definition som inom RT/SK.
- Otillgänglig mark. Hit förs sådana landområden som ej besöks i fält. Orsaken till att inventering ej utförs noteras också, t.ex. branthet, högt läge, eller militärt skyddsområde.
- Annan mark. Hit förs mark som ej kan hänföras till något av de tidigare ägoslagen. Då detta ägoslag anges registreras även en tilläggsuppgift, t.ex. slalombacke, kraftledningsgata, olika typer av exploaterad mark, gruvor, täkter, etc.

I några fall kan en viss typ av mark tänkas omfattas av fler än ett av de ovan angivna ägoslagen. En hierarki för ägoslagen måste därför upprättas.

Internationell skogsmark

Här anges om träd- och buskskikten på provytan uppfyller kraven för de internationella begreppen skogsmark respektive träd- och buskmark.

Tillfälligt snötäckt mark

Mark som vid inventeringstillfället tillfälligt täcks av snö noteras här. Tilläggsinformation i form av snöområdets areal samt snödjupet är tänkbar.

Klimatzon

För samtliga ägoslag utom produktiv skogsmark och fjällskog anges om trädsiktets möjliga produktivitet av klimatiska skäl ligger inom produktiv skog, fjällskog eller kalvfjäll. Exempel 1: Ägoslaget på provytan är myr, som ligger i skogslandet, d.v.s. *klimatzon* får då koden skog. Exempel 2: Ägoslaget på provytan är annan mark, undergrupp slalombacke, men ligger inom fjällbjörksregionen, d.v.s. *klimatzon* får då koden fjällskog.

Aktuell markanvändning

Ibland krävs att man kan registrera aktuell markanvändning som ej framgår av ägoslaget. Denna notering kan t.ex. vara en förklarande variabel då tillståndet på provytor studeras. Många gånger är det också intressant att särredovisa resultat för områden med olika markanvändning. Vårt förslag innebär att särskilda noteringar görs av naturskydd av olika slag, renhage, förbud för terrängfordon, olika typer av exploaterad mark, etc.

Historisk markanvändning

Ibland bör också anges vad som kan utläsas av den historiska markanvändningen. Denna variabel kan t.ex. hjälpa till att förklara markens eller vegetationens tillstånd. I vissa fall kan det också vara av intresse att uppskatta vilka arealer som påverkas av en viss historisk markanvändning. Vårt förslag omfattar registreringar av f.d. agrar markanvändning, övergivna gruv- eller täktområden, områden berörda av schaktningsarbete, kulturlämningar, etc.

Utförda skogliga åtgärder och tidpunkt för dessa

Detta moment berör framförallt avverkning i olika former och här avser vi att kopiera RTs koncept. Möjligen kan man även registrera avverkningar som är utförda för mer än 25 år sedan (vilket är gränsen i RT). Detta moment berör även andra ägoslag än produktiv skog och fjällskog.

Annan påverkan

Ytterligare faktorer som påverkar mark och vegetation är klimatiska faktorer, renarna och deras skötsel, turismen och annan exploaterande verksamhet. Följande företeelser med förslag på definition ska registreras och ingå i detta moment av inventeringen (som föreslås baseras på linjekorsningsinventering):

- Renstängsel; kompletterat med notering om funktionsduglighet (OK, delvis raserat och raserat).
- Renstigar; minimikravet är att på en sträcka av 1 meter åt vardera hållet skall minst 5 dm² av jorden vara blottlagd. Kompletteras med en registrering av faktisk areal som är blottlagd.
- Körskador; minimikravet är att på en sträcka av 1 meter åt vardera hållet skall 5 dm² av jorden vara blottlagd eller spår av ett visst djup ha bildats. Kompletteras med en registrering på en tregradig skala av hur tydlig körskadan är, samt körskadans ”ålder”.
- Leder; minimikravet är att på en sträcka av 1 meter åt vardera hållet skall minst 5 dm² av jorden vara blottlagd. Kompletterat med en registrering av faktisk areal som är blottlagd.
- Ledningar; uppdelas i enkel telefontråd, enkel ledning för starkström och stor ledning för starkström.
- Större jordblottor (minst 1 m²); samt – om möjligt – orsak till blottan.
- Annan stark turistisk påverkan, t.ex. nedskräpning, lägerplats, mm.
- Motorbuller.

Ståndortens markvattenförhållanden

Detta moment fokuserar på vattnet i marken. Här avser vi att kopiera RT/SKs koncept. I detta block ingår markfuktighet, markvattnets rörlighet (översilning), samt marklutning och lutningsriktning. Detta bör eventuellt kompletteras med egentlig översilning (oavsett lutningsgrad och krav på sluttningslängd).

Ståndortens översiktliga jord- och markegenskaper

På samtliga provytor görs en översiktlig beskrivning av jord- och markegenskaper. Även detta block är i princip en kopia av vad som registreras av SK/RT. Förslag på ingående variabler är jordart, textur, jorddjup, ytblockighet (antal, spridning och medeldiameter), humusform och humustjocklek. Ett tänkbart komplement skulle kunna vara "andel blottad mineral- eller torvjord".

Noggrann jord- och markprovtagning

På ett urval av provytorna utförs en grävning för markprovtagning. Dessutom gör man en gropbeskrivning. Här föreslås en kopiering av SKs variabeluppsättning. Eftersom kunskapsnivån vad gäller jordmänsbildning i fjällmiljö är dålig kommer metodutveckling att behövas. En pilotstudie (Svarén 1996) har visat att den dominerande jordmänsbildande processen är podsolering. Därför är vårt preliminära förslag att registrera humusform, humifieringsgrad, humustjocklek, jordmån, blekjordens tjocklek, B-horisont, stenighet, jorddjup, samt jordart (textur).

En viktig komponent här är jordprovtagning för laboratorieanalys. Exakt vilka jorddjup som skall provtas och vilka analyser som ska genomföras bör diskuteras vidare. Dock bör provtagningen fördelas på djupet så att det finns möjlighet till kvantitativa bestämningar av t.ex. kolförrådet.

Indirekta uppgifter om däggdjur

Här görs noteringar av förekomst och eventuellt mängd av ren- och älgspillning. Eventuellt görs samma registreringar för även lämmel och kanske ripor. De senare är förmodligen mycket svårupptäckta, vilket även lämningar av älg och ren kan vara i högre vegetation.

Vegetationsbeskrivning

Vegetationens tillstånd beskrivs med hjälp av en översiktlig vegetationsbeskrivning av de olika vegetationsskikten för en normalstor provyta. För att bättre kunna följa upp förändringar kompletteras denna med noggranna mätningar av vegetationens olika skikt.

Vare sig det rör sig om tillstånd eller förändringar måste artlistan utformas så att risken för förväxling minimeras. Detta gäller oavsett förväxlingsorsak, såsom dvärgliknande växtsätt, fenologiskt utvecklingsstadium eller likartade artkaraktärer. Någon artlista ges inte här. En sådan bör utarbetas inom ramen för pilotstudier.

Översiktlig vegetationsbeskrivning

Trädskikten eller trädsiktet beskrivs på liknande sätt som i RT. De variabler som är aktuella är täthet (grundyta och/eller stamantal/ha beroende på medelhöjden), luckighet, medelhöjd (grundytvägd eller aritmetisk beroende på medelhöjden), trädslagsblandning, ålder, beståndsstruktur (eventuell skiktning) och skador. Ett komplement för trädsiktet skulle kunna vara kronslutenhet och någon form av grov vitalitetsklassning.

För botten-, fält- och buskskiktet föreslås en beskrivning i linje med vad man använder i SKs "fullständiga vegetationsbeskrivning", d.v.s. för varje art eller artgrupp bedöms täckning och förekomst. Möjligen förs dock inventering av täckning helt till de mindre ytorna inom den nedan beskrivna noggranna vegetationsbeskrivningen. Liksom i SK föreslås att fenologiskt stadium anges. Vi anser att man bör titta på vissa typarters knoppar och/eller blads utveckling. Artförslag; björk, dvärgbjörk, kråkris och någon videart.

Här bör man även notera fodertillgång och betestryck för vissa intressanta arter, såsom tall, björk, asp, rönn, vide, blåbär och renlav.

Utöver den artvisa beskrivningen bör vegetationstyp anges, både enligt Nordiska ministerrådets system och det system som användes då man upprättade vegetationskartorna för fjällområdet.

Noggrann vegetationsbeskrivning

Stamklavnning av döda och levande stammar bör utföras för att skatta biomassa (eller volymer), t.ex. mot bakgrund av att kolbalansberäkningar är aktuella. En staminventering utförs då levande eller döda individer av arter som normalt har stamform finns på provytan. En definition av vad som är en stam bör tas fram. Beroende på i vilken *klimatzon* man befinner sig används olika minimikrav för att trädet ska mätas in. I fjällskogen och på fjällheden föreslås t.ex. att alla träd över 3 dm bör ingå. Dessutom bör man fundera över ett alternativt tillvägagångssätt då stamantalet är stort.

Variablerna i detta moment bör vara desamma som i RT, d.v.s. avstånd, riktning, trädslag, samt diameter i brösthöjd och/eller i marknivå (utredning krävs). Inventeringen av död ved utförs också på samma sätt som i RT, dock bör minimikraven för att de döda träden skall ingå i inventeringen vara olika beroende på i vilken *klimatzon* provytan befinner sig. I fjällskogen används en mindre minimidiameter, kanske 5 cm.

Provträd måste tas ut för att möjliggöra biomassauppskattningar. Diameter mäts i brösthöjd och i stubbhöjd. På dessa slumpvis utvalda provträd görs även mätningar av stamlängd (oftast detsamma som höjd), ålder, grad av krokighet, något flerstammighetsmått, kronvidd och skador.

En noggrann botten-, fält- och buskskiktbeskrivning av vegetationen utförs genom att förekomst av arter ur botten-, fält-, och buskskiktet noteras vid "nålstick" på ett antal småtytor eller linjer (ca 3 – 6 st) vilka fördelas enligt ett visst mönster utifrån ytcentrum. Notera att även skorplavar kan ingå i detta moment om så önskas.

För denna objektiva kartering av varje skikt föreslås ett antal alternativa metoder. I samtliga alternativ används metoder där art- eller artgruppsvis registreringar görs för "nålstick". Detta kan räknas om till täckningsgrad per småyta eller linje. Träffandelen bör kompletteras med en registrering av respektive skikts medelhöjd. Betningstrycket på vissa arter kan också mätas i detta moment. Exakt vilka moment som förs till den noggranna respektive till den översiktliga vegetationsbeskrivningen bör dock utredas vidare.

Alternativen för den noggranna inventeringen är:

I *alternativ 1* föreslås en nålsticksmetod där man använder en ca 0.25 m² stor aluminiumram med fyra teleskopfötter. På ramen fäster man 1 decimeter långa och smala rör i ett förband om 1 dm, inalles 25 st. En aluminiumstav, anpassad till rördiametern, utgör "nål". De arter som berör stavens undersida räknas i varje nålstick.

I *alternativ 2* använder man samma ram, men "nålsticken" görs visuellt. Nackdelen med denna metod är att man inför ett till viss del subjektivt moment. Metoden kan dock vara värd att prova, eftersom man sannolikt arbetar snabbare utan "nål".

I *alternativ 3* använder man också samma ram, men för varje ruta om 1 dm² inventeras och registreras förekomst av art eller artgrupp. Nackdelen med denna metod bedömer vi vara att man inför ett större moment av subjektivitet. Metoden, som ju är en totalinventering av hela "småytans" innehåll, är emellertid tilltalande såtillvida att man slipper många av de gränsfall som alternativen 1 och 2 ger upphov till. Troligen är dock denna metod mycket långsam, men bör ändå ingå i en metodstudie.

Alternativ 4 går ut på att använda ett teleskopiskt aluminiumrör med vars hjälp man inventerar en linje. Med ett visst avstånd, vi föreslår 2 dm, har man borrarat hål i röret. En aluminiumstav, anpassad till håldiametern, utgör "nål". De arter som berör stavens undersida räknas i varje nålstick. Det teleskopiska röret kan läggas ut och inventeras i några väderstreck runt ytcentrum.

I *alternativ 5* använder man samma teleskopiska aluminiumrör. För varje 2 dm av röret räknas de arter som berör röret. Det teleskopiska röret kan läggas ut och inventeras i några väderstreck runt ytcentrum.

Oberoende av metod bör det ofta inträffa att vegetation saknas vid observationen. Då registreras eventuellt istället observationens substrat, t.ex. sten, håll, mineraljord, organiskt humusmaterial, död ved, snö/is, vatten och övrigt.

För varje småyta, linje eller enskild observation kan man dessutom tänka sig att registrera de specifika ståndortsförhållandena, t.ex. substrat, vegetationstyp, fuktighet, markslag, etc.

Ibland kan inte standardförfarandet användas, t.ex. då stammar innesluts av ramen, i videsnår, i särskilt brant terräng, etc. I dessa fall är vår avsikt att testa andra förfaranden.

Alternativt förfarande 1. Utifrån småytans centrum "väljs" plats för nålsticket med hjälp av förbestämda polära koordinater.

Alternativt förfarande 2. Utifrån småytans centrum "väljs" platser för nålsticket med hjälp av en sorts passare. Utifrån centrum "vandrar" man runt i småytan med hjälp av passaren, varje nedslag får fungera som "nålstick".

Utformandet av objektiva metoder för vegetationsinventeringen kräver en hel del tankemöda, tester, tidsstudier och materialutvecklande! Vi upplever det emellertid som en ytterst central del av inventeringen. Eftersom ett av huvudsyftena är att studera och upptäcka förändringar i vegetationen måste vegetationsbeskrivningen baseras på objektiv metodik. I annat fall kan fjällinventeringen bli nära nog meningslös.

Design

Allmänt

Vid utformning av den aktuella typen av storskalig inventering är det viktigt att inte enbart titta på den teoretiska effektiviteten av en viss design, utan att även i hög grad ta hänsyn till den praktiska hanterbarheten. Vad som är gångbart praktiskt sätter ramar för vilka designer som är aktuella. Detta gäller såväl aspekter på utförande som aspekter på hantering av insamlade data.

En annan viktig aspekt är att designen måste kunna stödja objektiva kvantitativa beräkningar för fjällområdet totalt sett. Detta är ett skäl till att de i tidigare utredningar föreslagna transekterna från dalgångar till fjälltoppar ej beaktats, samt att subjektivt valda insatsområden inte är aktuella.

En tredje viktig aspekt på en inventeringsdesign för fjällområdet är att den bör vara någorlunda kompatibel med de inventeringar som görs i skogslandet nedan fjällen. Renbetesfrågan gäller t.ex. även skogslandet och eventuella framtida effekter av klimatförändringar blir förmodligen intressanta att studera i gradienter från hav till högfjäll. Definitioner och metoder bör därför i möjligaste mån överensstämma och inventeringen i skogslandet på ett kontrollerat sätt övergå till den som genomförs i fjällområdet. Samtidigt är fjällen så särpräglade att den metodik som används inom t.ex. Riksskogstaxeringen inte är direkt överförbar.

Ett förslag, som dock bör bli föremål för fortsatta diskussioner, är att en gränsdragning mellan en fjällinventering och Riksskogstaxeringen fixeras på en karta. För att få samma mätprocedurer och variabeldefinitioner inom hela det område som i första hand är intressant från ett miljö- och klimatperspektiv snarare än ett produktionsperspektiv bör gränsen dras så att fjällbarrskogen (enligt Riksskogstaxeringens definition) helt förs till fjällområdet. Spridda förekomster av fjäll som p.g.a. bristande kartmaterial eller obetydlig areell omfattning hamnar nedan den aktuella gränsen hanteras via fältbesök av Riksskogstaxeringen. På motsvarande sätt kan en fjällinventering bidra med uppgifter

om den produktiva skog som återfinns ovan gränsen. Det är alltså viktigt att de två inventeringarna har samma bas, även om delar av denna bas är relevant endast inom fjällen resp. inom skogslandet.

Emellertid är osäkerheten stor vad gäller genomförande och kontinuitet av en fjällinventering. Det är därför rimligt att Riksskogstaxeringen fortsätter att inventera fjällskogar i nuvarande omfattning tills dess det är klarlagt huruvida en fjällinventering kan säkerställas ekonomiskt på lång sikt. Kortsiktiga förändringar där data från en temporär fjällinventering nyttjas inom Riksskogstaxeringen är inte att rekommendera ur ett kontinuitetsperspektiv.

Arealer och åtkomlighet

Inom ramen för den aktuella utredningen har en studie utförts för att, inom vad som av Riksskogstaxeringen klassas som fjäll och fjällbarrskog (samt fjäll inom s.k. fridlyst område), göra en grov skattning av arealerna av olika vegetationstyper (Löfgren 1998). En översikt där vegetationstyperna förts samman i grova klasser ges i tabell 1.

Tabell 1. Arealer av olika vegetationstyper i fjällområdet (enligt grov indelning).

Vegetationstyp	Areal, milj. ha
Fjällbarrskog	0.5
Fjällbjörkskog	1.0
Gles fjällbjörkskog, videområden, etc.	1.2
Fjällhed, inklusive snötäckt mark	3.1

Totalt skulle en fjällinventering således omfatta närmare 6 miljoner hektar (exkl. sjöar och vattendrag), varav nästan hälften utgörs av träd- eller buskbevuxna områden. Enligt den refererade undersökningen är endast en mindre del av området (8%) svårtillgängligt p.g.a. branthet, istäcke, eller hög belägenhet. En fjärdedel av området återfinns inom 6 km från bilväg och hälften inom 15 km från bilväg. Avstånden kan ur fågelperspektiv te sig korta. I verkligheten är det säkert längre och besvärligare med vandring uppför fjällsidor eller runt större sjöar och vattendrag. Trots detta är det rimligt att anta att en avsevärd del av arealen (ca 25%) kan nå utan särskilda arrangemang, såsom att använda helikopter för att flyga ut inventeringslag. Endast en smärre del av arealen synes vara så svårtillgänglig att den helt bör undantas.

Permanent provytor

En utgångspunkt för designförslagen är att det primärt är *förändringar* snarare än *tillstånd* som är i fokus. Därmed är olika former av permanenta provytor att föredra framför tillfälliga provytor. Eftersom strävan givetvis är att de förändringar som uppmäts ska spegla de sanna förändringarna är det viktigt att provytornas lägen hålls hemliga (de ska *ej* tydligt markeras). Om iögonfallande markeringar görs finns risk att särskilda hänsyn tas lokalt kring provytorna.

GPS-teknikens utveckling lovar en hel del för de framtida möjligheterna att återkomma till provytor med stor precision. I dagsläget är det dock förmodligen inte möjligt att använda realtidsdifferentiell GPS i alla delar av fjällen. Metoder att mäta in t.ex. lokala startlägen för inventeringar i två steg bör dock kunna utvecklas. I ett första steg görs då en mätning utan realtidskorrigering på en punkt i anslutning till förmodad startpunkt. Mätningen korrigeras i efterhand – korrigeringsdata bör kunna överföras via satellittelefon i framtiden – och den aktuella punktens läge i förhållande till önskad

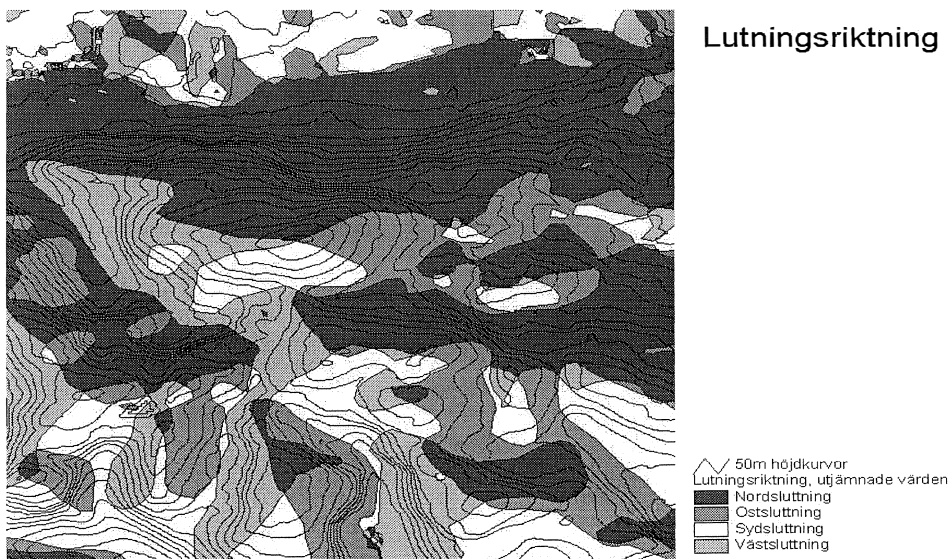
startpunkt beräknas. Därefter förflyttar man sig till exakt startpunkt med stöd av kompass och måttband eller med stöd av laserteknik för avståndsmätning. Den senare varianten torde vara mycket effektiv i öppen fjällterräng.

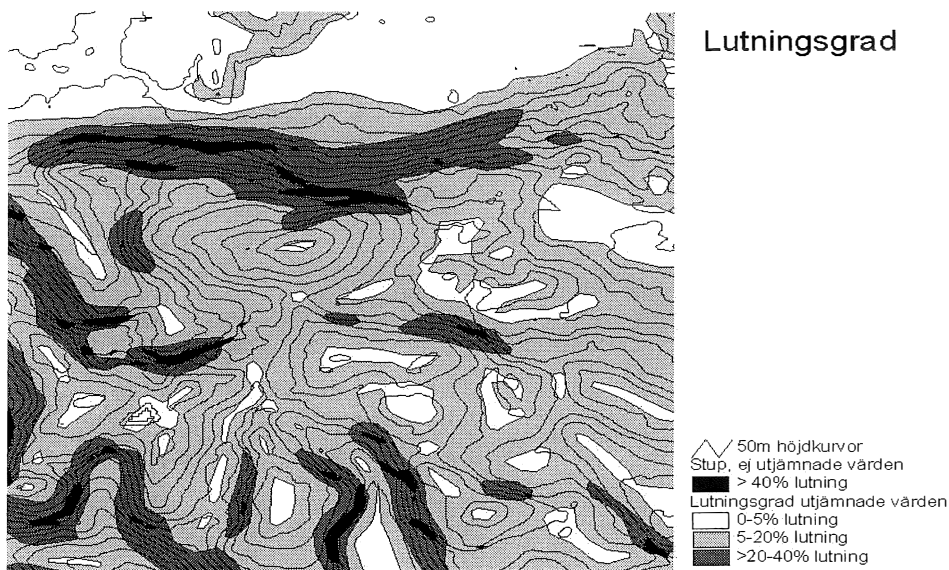
GPS-tekniken till trots kommer någon form av fast markering av provytor ändå att behövas för att provytecentra exakt ska kunna lokaliseras. Ett sätt att klara detta är att slå ner metallrör under markytan, vilka skulle kunna återfinnas med en metalldetektor. Ett annat sätt är försiktig färgmärkning i anslutning till provytorna tillsammans med en mindre metallprofil i ytcentrum. Det senare förfaringssättet har med framgång använts inom Riksskogstaxeringen. Möjligen är dock färgmärken och metallprofiler alltför iögonfallande i fjällen? Olika metoder att permanentmarkera ytor måste studeras vidare inom ramen för pilotstudier.

Polygonuppdelning och stratifiering

I inledningen motiverades att slumpförfaranden bör användas vid utläggningen av provytor. Stora effektivitetsvinster kan dock göras genom att utnyttja förhandsinformation för att styra slumpen på lämpligt sätt. I fjällområdet finns mycket intressant förhandsinformation tillgänglig för att inom ramen för vedertagna statistiska metoder förbättra precisionen i skattningarna. Möjligheten att utnyttja förhandsinformation granskas närmare i ett särskilt arbete inom den aktuella utredningen (Löfgren 1999) och sammanfattas endast kortfattat här.

Befintliga datakällor kan användas för att stratifiera utläggningen av provytor. Höjddata är särskilt intressanta i sammanhanget. Vegetation och förändringar i vegetation ter sig olika på olika altituder, och härtill annorlunda i nordsluttningar jämfört med i sydsluttningar. Dessutom kan graden av lutning ha betydelse, t.ex. för erosionsrisken. Av säkerhetsskäl bör branta och höglänta områden undantas från inventeringen, vilka kan identifieras med stöd av höjddata. Ett exempel på vad som kan göras med en digital höjddatabas (från Löfgren 1999) presenteras i figur 1 nedan. Här har olika lutningsriktningar resp. lutningsgrader avgränsats automatiskt med stöd av ett geografiskt informationssystem.





Figur 1. Exempel på vad som kan åstadkommas med den digitala höjddatabasen. Automatisk bildning av polygoner efter lutningsriktning och lutningsgrad. Exempel från fjällområde, Låktatjåkko, vid Abisko.

Digitala höjddata kan alltså användas för följande ändamål:

- Stratifiering efter lutningsriktning, t.ex. nord, syd, öst och väst. Alternativt används enbart två klasser - nord/öst respektive syd/väst för att begränsa antalet strata.
- Stratifiering efter lutningsgrad, t.ex. 0-5%, 5-20%, 20-40% och >40%. Den sista klassen motsvarar områden som helt undantas av säkerhetsskäl. Exakt var gränsen för detta bör dras måste dock utvärderas via pilotstudier. Eventuellt begränsas antalet lutningsklasser mot bakgrund av att antalet strata bör begränsas. Klasserna skulle då istället kunna vara 0-10%, 10-40% och >40%.
- Stratifiering efter altitud. Vilka gränser som bör användas är en fråga som måste utredas vidare. Förmodligen bör olika höjdgränser användas i olika delar av fjällen. De högst belägna områdena undantas förmodligen också helt från inventeringen. Som ett utspel inför en vidare utredning föreslås en höjdgräns kunna läggas ungefär vid trädgränsen. Här är det emellertid möjligt att satellitdata och vegetationskartor snarare än höjddata bör användas. En ytterligare gräns kan läggas vid 1200-1500 meter över havet för att urskilja vilka områden som helt bör undantas. Möjligen används en ytterligare en gräns för att skilja mellan lågalpin och mellanalpin region. Totalt skulle därmed altituddata ge upphov till tre kategorier som ska inventeras och en kategori som undantas.

Från var och en av applikationerna ovan erhålls en specifik uppdelning av fjällkedjan i polygoner (se figur 1). Då dessa läggs över varandra erhålls mindre polygoner som skärningarna mellan de polygoner som erhålls från var och en av faktorerna. Alltför små polygoner (<10 hektar?) bör av praktiska skäl läggas samman med den grannpolygon som är mest lik.

Utöver höjddata bör även uppgifter från blå kartan, vegetationskartor (alternativt 'Corine Land-cover'), berggrundskartor, administrativa gränser och eventuellt även satellitdata utnyttjas.

Berggrundskartor och vegetationskartor finns dock ej tillgängliga i digital form i nuläget. För vegetationskartan över fjällområdet pågår digitaliseringsarbete. Ur den blå kartan (1:100 000) kan sjöar och större vattendrag hämtas, samt vägar, bebyggelse o.d. Sjöarna och de större vattendragen utgör hinder vid inventeringsarbetet. De bör därför ingå som fasta gränser vid uppdelningen i polygoner, på samma sätt som gränser förs in mot branter, glaciärer och alltför höglänta områden.

Användningen av satellitdata är inte självklar. Dels finns problemet att erhålla molnfria bilder med rimliga tidsintervall. Dels finns problemet att hantera effekter av kraftiga sluttningar, där likartade förhållanden på nordsidor och sydsidor av fjäll kan te sig mycket olika (Dahlberg 1998, pers. medd.). Ett ytterligare problem är att fenologin skiljer sig mycket mellan olika höjder, vilket gör klassningar med stöd av satellitdata besvärliga.

Grundidén för designen är alltså att nyttja förhandsdata för att genomföra en uppdelning av fjällområdet i polygoner, som inom sig är relativt homogena (jfr. figur 1). Varje polygon hänförs till ett specifikt stratum och objekt väljs via stratifierat urval. Stora möjligheter finns därmed att styra inventeringsinsatserna mot särskilt intressanta områden, samt på ett sätt som medger effektiva skattningar för fjällområdet totalt sett. Exempelvis kommer det förmodligen att vara intressant att ha bra information från såväl riktigt ”rika” områden som från riktigt ”fattiga” områden, samt från övergångszonen mellan fjällbjörkskog och lågalpin fjällhed (ur ett klimatpåverkansperspektiv). Samtidigt ska man givetvis tillse att alla strata representeras i stickprovet så att skattningar av förändringar totalt sett kan genomföras.

Om ovan angivna faktorer nyttjas kommer antalet strata att bli stort. Lågt räknat erhålls följande antal klasser – som ska inventeras – från respektive beaktad faktor:

- Lutningsriktning: 2 klasser (nord/öst och syd/väst).
- Lutningsgrad: 2 klasser (0-10% och 10-40%).
- Altitud/Vegetationskartor/(Satellitdata): 3 klasser (fjällskog, lågalpin fjällhed och mellanalpin fjällhed).
- Berggrundskartor/Vegetationskartor: 3 klasser (Rikt, intermediärt och fattigt).

Totalt innebär detta 36 strata. Lutningsriktning är dock endast relevant vid kraftig lutning varför lutningsriktning och lutningsgrad tillsammans bör bilda endast 3 klasser. Därmed minskar antalet strata till 27. Här är det dock viktigt att inse att insamlade data i flertalet fall ej kommer att räcka till för relevanta redovisningar inom varje stratum. Huvudsyftet är istället att bilda en grund för effektiv skattning totalt sett för fjällområdet, samt för större ’redovisningsstrata’, som kan bildas genom aggregeringar av ’basstrata’. Kanske väljer man att studera enbart skillnader mellan olika altituder eller mellan områden med olika berggrund. Modellen med ett större antal ’basstrata’ tillåter denna typ av analyser, samtidigt som den är flexibel för olika typer av aggregering till ’redovisningsstrata’. Inför en eventuell inventering och dimensioneringen av densamma är det dock viktigt att föra fortsatta diskussioner om vilken uppdelning i ’basstrata’ som är mest relevant, ur perspektivet av vilka ’redovisningsstrata’ som är intressanta. Det är viktigt att tillse att ett tillräckligt omfattande stickprov erhålls från varje ’redovisningsstratum’. En faktor som utelämnats som underlag för stratifieringen men som eventuellt bör införas är geografisk belägenhet (eller län). Behovet av att ha med denna information bör utvärderas via simulering.

En fråga som anknyter till uppdelningen av polygoner rör vilka höjdivervall som ska tolereras inom en polygon. Med små intervall åstadkoms homogena förhållanden inom polygonen. Vid framtida studier av klimatbetingade förändringar kan det dock vara intressant att ha tillgång till data från lokala höjdedstransekter. Sådana kan åstadkommas om höjdivervall inom en polygon tillåts vara relativt stort, eftersom polygonerna är tänkta att fungera som stickprovsheter, se nedan.

En annan viktig fråga rör den landskapsövervakning som föreslås bli en del av den svenska nationella miljöövervakningen (Inghe 1998). Här diskuteras en metodik som går ut på att man för ett glest stickprov tolkar IR-flygbilder i alla landskapstyper, alltså även i fjällen. En möjlighet vore att utnyttja denna tolkning för en lokal uppdelning av fjällen i polygoner inom de aktuella flygbilderna. Eftersom arbetet med utvecklingen av landskapsövervakningen ännu befinner sig i sin linda är det dock svårt att bedöma konsekvenserna av vad detta skulle innebära för en fjällinventering.

Skattningsprinciper

Genom att med stöd av förhandsdata bilda homogena områden inom vilka stickprov sedan väljs kan inventeringar göras betydligt mera kostnadseffektiva än om stickprovet väljs helt slumpmässigt. Detta är principen för stratifierad sampling (t.ex. Thompson 1992). Förhandsinformation kan härutöver nyttjas för att höja precisionen genom bl.a. kvot- eller regressionskattning.

De senare teknikerna är av potentiellt intresse i sammanhanget, bl.a. mot bakgrund av den föreslagna landsomfattande landskapsövervakningen baserad på flygbildstolkning. Genom denna tillförs ytterligare stickprovsinformation som bör kunna utnyttjas inom ramen för statistiskt sunda flerfasdesigner. Dessa komplicerar emellertid användningen av data, vilket är en nackdel.

Designförslag

En design för fjällområdet bör ta stor hänsyn till kostnaderna för att förflytta personal mellan de områden som ska inventeras. Många gånger torde helikopter vara det bästa alternativet, även om inventeringen därmed får viss menlig inverkan på miljömålen för fjällområdet. Av såväl kostnads- som miljöskäl bör därför antalet helikopterlyft kraftigt begränsas. För att hantera detta bör markmätningarna förläggas till omgivningen kring basläger, där förrättningspersonalen bor under en kortare tid – kanske 3-10 dagar.

Nedan ges principerna för två olika designer, som båda baseras på att förhandsinformation används för en polygonuppdelning och stratifiering. Polygonerna utgör motsvarigheten till Riksskogs-taxeringens trakter. Till polygonerna förläggs alltså mätmoment motsvarande en dags arbete (eller eventuellt en halv dags arbete). De bildas på ett sådant sätt att inga påtagliga hinder för förflyttning – videsnår, renstängsel och stenmoras undantagna – finns inom dem. Förslagen skiljer sig vad beträffar hur de polygoner som ska ingå i stickprovet väljs ut. Mätförfarandena inom polygonerna föreslås bli likartade i båda fallen och beskrivs separat senare.

Förslag I – Stratifierad design med systematiskt urval av polygoner

Polygoner bildade ur förhandsdata förs till olika strata. Varje stratum kommer därmed att bestå av ett stort antal polygoner, spridda över fjällområdet. Inom respektive stratum ordnas polygonerna efter geografisk belägenhet, varefter urvalet sker genom systematisk sampling utförd PPS mot polygonernas areal. PPS-urvalet innebär att stora enheter får större sannolikhet att komma med i stickprovet än små enheter.

Med den föreslagna designen försäkras man sig om god spridning vad gäller såväl marker av olika karaktär (strata) som geografisk belägenhet. Vad som däremot inte tydligt framgår är hur inventeringen på ett lämpligt sätt ska kunna organiseras kring basläger. Att detta i vissa fall bör gå bra utvecklas nedan.

I tabell 2 redovisas det genomsnittliga antalet utvalda polygoner – vid olika totalt antal samplade polygoner – inom ett 14x14 km stort 'verkningsområde', där ett basläger förläggs centralt. Som värst skulle då den dagliga transportsträckan vara ca 10 km enkel väg till en polygon. I flertalet fall skulle det dock röra sig om 3-4 km. Beräkningarna baseras på att fjällområdet omfattar ca 6.5 miljoner hektar (inklusive sjöar).

Tabell 2. Genomsnittligt antal valda polygoner inom förmodat verkningsområde för ett basläger (14x14 km) vid olika totalt antal polygoner i stickprovet.

Totalt antal polygoner i stickprovet	Genomsnittligt antal polygoner inom 14x14 km
500	1.5
1000	3.0
2000	6.0
4000	12.0

Det framgår att detta designalternativ inte är att rekommendera om färre än 1000-2000 polygoner ingår i stickprovet. Om inventeringen omfattar fler än 2000 polygoner (om vardera ett dagsverke) är det däremot ganska klart att det skulle vara genomförbart att – såsom föreslås – först slumpa ut vilka polygoner som ska ingå i stickprovet och därefter förlägga baslägren på bästa möjliga sätt i relation till utfallet. Enstaka polygoner kommer dock säkerligen att hamna långt ifrån övriga, särskilt i situationer då långsmala fjällmassiv löper ned i skogslandet. I dessa fall finns dock normalt bilvägar inom rimligt gångavstånd och behovet av basläger uteblir.

Den föreslagna designen är teoretiskt sett enkel och effektiv och därmed tilltalande. Den har dock uppenbara logistiska svagheter vid små stickprov och det är inte heller självklart hur den skulle kunna kopplas till den föreslagna flygbildsbaserade landskapsövervakning.

Förslag II – Stratifierad design begränsad till 'storrutor'

I detta alternativ slumpas först ett antal större rutor ut över fjällområdet, lämpligen genom systematisk sampling. Storleksordningen av en enskild rutas areal rör sig om ca 1-100 kvadratkilometer. Rutorna kan också ligga klustrade i anslutning till ett basläger (se figur 2). Skillnaden jämfört med föregående alternativ är att enbart polygoner som hamnar inom storrutorna har möjlighet att bli utvalda till stickprovet. Storrutorna måste därmed införas som givna begränsningslinjer då polygonerna bildas, för att stickprovet helt och hållet ska hamna inom aktuellt område.

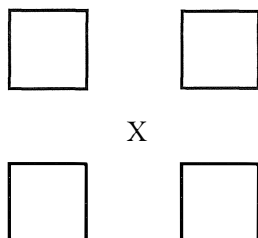
En fördel med detta alternativ är att det är enklare att hantera än det första vad beträffar logistiken kring inventeringen, särskilt vid små stickprov (jfr. tabell 2). En annan fördel är att det bör vara relativt enkelt att integrera med den planerade flygbildsbaserade landskapsövervakningen. Nackdelarna är att hänföra till att teoretiskt sett tveksamma skattningsprocedurer blir följden, åtminstone om ambitionen är att utnyttja förhandsdata för hela fjällområdet inom ramen för en stratifierad design. De teoretiska tveksamheterna kan emellertid undvikas om man delvis avstår från att nyttja förhandsdata eller nyttjar dessa på ett grövre sett. Faktum kvarstår dock att beräkningarna förmodligen blir mera komplicerade och risken för felaktigt utnyttjande av data ökar.

Flera olika varianter av förslaget kan urskiljas, t.ex.:

- Polygonuppdelning och stratifiering över hela fjällområdet. Enbart polygoner inom storruta tillåts dock ingå i stickprovet. Detta innebär att stratifieringen måste göras på ett sådant sätt att samtliga strata verkligen finns representerade inom storrutorna, vilket kan leda till systematiska fel i och med att man successivt provar sig fram till lämplig stratumuppdelning.
- Polygonuppdelning och stratifieringen begränsas till områden inom storrutorna, vilka i ett första steg av beräkningarna betraktas som hela 'populationen'. Då dessa skattningar är klara görs en enkel uppräknings till total areal. Även om denna variant ej utnyttjar all tillgänglig förhands-

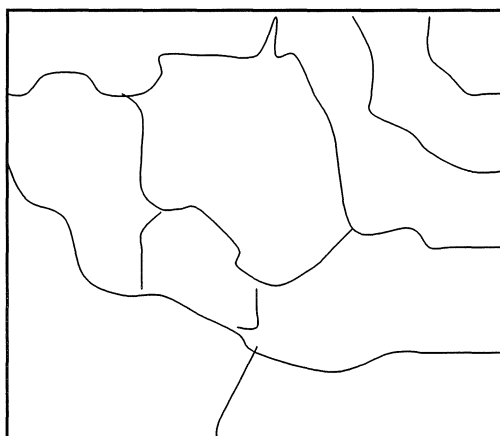
information, och därmed förlorar i effektivitet, vinner den en hel del på sin enkelhet jämfört med den första varianten.

Designförslag II skulle kunna te sig enligt figur 2 nedan.



Figur 2. Basläger (X) med omkringliggande 'storrutor' inom vilka polygoner för fältmätning återfinns. Storrutornas arealer kan vara ca 1-100 kvadratkilometer.

Varje storruta skulle kunna se ut som i figur 3 nedan, d.v.s. den är uppdelad i polygoner som utgör de enheter som väljs till stickprovet. Inventeringen inom polygoner beskrivs senare. En storruta kan givetvis utgöras av det område som flygbildstolkas inom ramen för landskapsövervakningen.



Figur 3. En storruta uppdelad i geografiskt sammanhållna polygoner.

Design inom polygoner

De polygoner som bildas styrs mot att bli i storleksordningen 10-200 ha. Mindre enheter slås samman med mest lika närliggande polygon. Inom varje polygon genomförs inventering enligt två grundprinciper:

- Mätningar inom permanenta provytor
- Mätningar längs (semi-)permanent linjer

Provytorna läggs ut i ett systematiskt nät inom den aktuella polygonen. Vilket ytantal som bör användas blir en fråga för vidare utredning. Från ett praktiskt perspektiv finns dock en hel del att vinna på att arbetet inom en polygon motsvarar ungefär ett (eller ett halvt) dagsverke för ett inventeringslag.

Preliminärt kommer man att jobba med tre olika storlekar av provytor:

- Den minsta ytan, en kvadrat om ca 0.25 m^2 , används för en noggrann vegetationsbeskrivning med stöd av en variant av ”nålsticksmetod”. Utöver vegetation registreras förmodligen även markslag, fuktighet, etc. på den lilla ytan. Enligt preliminära tankegångar kommer 3-6 småytor att läggas ut i anslutning till varje större yta.
- En mellanstor provyta (preliminärt cirkelyta med 5.64 m radie, för att korrespondera med den ytstorlek som används av Ståndortskarteringen) nyttjas för översiktlig beskrivning av botten-, fält- och buskvegetation, mätning av levande och döda stammar, m.m. Här görs bl.a. motsvarande mätningar av vegetation som görs av Ståndortskarteringen, d.v.s. notering av artförekomst, samt eventuellt bedömning av täckningsgrad. Mer objektiva täckningsgrader erhålls från mätningarna på de mindre ytorna. Möjligen är ytan väl liten för de trädrelaterade mätningarna.
- På den stora provytan (cirkelyta med 20 meters radie) noteras den typ av variabler som definieras enbart för lite större arealer, bl.a. ägoslag, vegetationsklasser, internationella skogsmarkstyper, markanvändning och markvattenförhållanden. Registreringarna måste dock givetvis även kunna hänföras till den mellanstora ytan så att noterade förhållanden kan föras till t.ex. visst ägoslag eller viss markanvändning.

Delningar av provytor (för skilda ägoslag) måste göras för de båda större ytorna. För de små ytorna nyttjas förmodligen istället en typ av förfarande som innebär att ytan helt flyttas in på viss delyta.

Linjeinventeringen används för att skatta arealer och längder av sådana faktorer som är såpass sällsynta att mätningar på provytorna inte kan förmodas ge godtagbar precision. Linjer bör läggas ut i två olika riktningar inom varje polygon (slumpvis valda, men vinkelräta mot varandra). Linjer kommer aldrig att kunna återinventeras med exakthet. Detta är dock inte nödvändigt. Emellertid är det en fördel om ungefär samma sträckning kan lokaliseras vid återinventeringen.

För alla typer av objekt som ter sig som linjer i terrängen är *linjekorsningsinventering* en utmärkt metod att skatta den totala längden av ifrågakvarande objekt. I den aktuella inventeringen rör det sig om bl.a. renstängsel, renstigar, körskador, leder och ledningar.

Linjeinventering kan även användas för att skatta arealer av särskilda typer av objekt. Inom den aktuella inventeringen är tanken att arealen jordblottor (större än 1 m^2) ska skattas med hjälp av metoden. I svårframkomlig terräng kan dock metoden ha svagheter, vilket måste utvärderas via pilotstudier.

Såväl provyteinventering som linjeinventering förutsätter någon metod för att lokalisera mätplatser. Kompassgång och sträckmätning från en känd utgångspunkt är ett traditionellt förfarande. I fjällen kan man förutse stora problem med längdmätning p.g.a. brant terräng. En övergång till att förlita sig på GPS skulle därför kunna innebära förenklingar. Noggrannheten i icke-korrigerad GPS är dock inte tillfredsställande och realtidsdifferentiell GPS kan, som tidigare nämnts, förmodligen inte nyttjas i hela fjällområdet. Möjligheten finns dock att använda icke-korrigerad GPS som i efterhand korrigeras. Detta innebär dock en hel del praktiska problem i anslutning till polygonavgränsningar som måste utredas. I öppen fjällterräng kan lasermätningsteknik bli ett viktigt komplement.

Väl på ytorna måste särskild varsamhet iakttas så att inte inventerarna påverkar vegetationen. Kanske tilldelas de särskilda läderöverdrag till sina skodon för arbetet på provytorna?

Kontinuerlig inventering eller inventering av insatskaraktär

Ett val mellan att göra större inventeringsinsatser under korta perioder eller att genomföra mindre insatser mer eller mindre kontinuerligt (varje år) måste göras. Till det senare alternativets fördel talar att möjligheten finns att behålla ungefär samma kår av inventerare, samt att effekter av årsvariation jämnas ut. Till det tidigare alternativets fördel talar (med den föreslagna designen) att risken att erhålla en sammanblandning av årsmån och stratum försvinner. Detta torde dock inte vara något stort problem, eftersom inventeringen bör kunna balanseras så att ungefär lika stora andelar av resp. stratum inventeras varje år.

Ett omdrevsintervall på ungefär 5-10 år torde vara aktuellt. Till ett längre alternativets fördel talar att storskaliga förändringar förmodligen går relativt sakta och att inventeringen bör bli billigare. Till det kortare alternativets fördel talar att man åtminstone under överskådlig tid får tillgång till data, samt att mera temporära variationer också kan fångas upp. Dessutom blir flexibiliteten större, eftersom tidpunkter för mera omfattande modifieringar av inventeringen infaller oftare (mellan varje omdrev).

Dimensionering

Skattningar och varianser

De skattningar av olika variabler som görs – vad gäller tillstånd och förändringar – kommer att variera en hel del beroende på vilken variabel det är fråga om. Täckningsgrader för vegetation (och markblottor etc.) samt förändringar i täckningsgrader är emellertid nyckelfaktorer i sammanhanget. Den fortsatta framställningen koncentrerar sig därför på dessa.

Designalternativ I baseras på stratifiering och tvåstegssampling inom stratum. I steg 1 väljs polygoner PPS mot areal och i steg 2 provytor inom polygoner. Designalternativ II är en variant på detta tema, där stickprovspolygoner endast kan utfalla inom utslumpade storrutor. De fortsatta beräkningarna görs för det teoretiskt sett minst komplicerade fallet, d.v.s. alternativ I. Några påtagliga skillnader i resultat – vad gäller dimensionering – bör dock ej föreligga mellan alternativen, förutsatt att ett relativt stort antal storrutor används.

Huvudmålet för inventeringen antas vara att skatta förändringar av arters, artgruppers, eller jordblottors täckningsgrader inom givet 'redovisningsstratum' (som kan vara hela fjällområdet). Man vill alltså göra en skattning:

$$\hat{D} = \hat{P}_2 - \hat{P}_1$$

Här är D skillnaden i täckningsgrad mellan period 2 och period 1. Skattningen av täckningsgrad, P, inom 'basstratum' för endera perioden – då urvalet av polygoner görs enligt PPS mot areal – blir:

$$\hat{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{r}_i$$

Här är n antalet polygoner i stickprovet och r_i täckningsgraden i polygon i. Denna täckningsgrad skattas genom subsampling av provytor, på vilka någon variant av nålsticksmätning genomförs. För att beräkna täckningsgraden i ett 'redovisningsstratum' – som består av flera 'basstratum' – viktas de erhållna täckningsgraderna från respektive 'basstratum' med stratumarealen.

För att utvärdera hur stort stickprov som krävs för att upptäcka förändringar genomfördes beräkningar av styrkan hos den föreslagna samplingstrategin, d.v.s. beräkningar av sannolikheten att verkliga förändringar av olika storlek ska upptäckas. Som en viktig bas för dessa beräkningar ingår variansen för skattningen av D, d.v.s. $P_2 - P_1$. Denna varians kan skrivas som:

$$V(\hat{P}_2 - \hat{P}_1) = V(\hat{P}_2) + V(\hat{P}_1) - 2C(\hat{P}_2, \hat{P}_1)$$

Här betecknar V varians och C kovarians. För att utveckla variansuttrycket måste hänsyn tas till att det rör sig om en tvåstegsdesign. Högerledet kan utvecklas med stöd av följande generella formler (Raj 1968) för betingad varians resp. kovarians – i aktuella fallet betingade på första stegets, S_1 , urval av polygoner (E betecknar väntevärde):

$$V(\hat{P}) = E[V(\hat{P} | S_1)] + V[E(\hat{P} | S_1)] \quad ; \quad C(\hat{P}_2, \hat{P}_1) = E[C(\hat{P}_2, \hat{P}_1 | S_1)] + C[E(\hat{P}_2 | S_1), E(\hat{P}_1 | S_1)]$$

Om de aktuella generella formlerna tillämpas för den föreslagna designen kan vardera variansen för skattningen av P_1 och P_2 härledas till (detaljer i härledningarna utelämnas):

$$V(\hat{P}) = \frac{1}{n} (V_{sek} + V_{prim})$$

Här är n antalet stickprovsenheter, V_{sek} den genomsnittliga variansen för skattningar av täckningsgrader inom polygoner och V_{prim} variansen i täckningsgrader mellan polygoner inom aktuellt stratum (något förenklat skrivet).

För kovariansen mellan skattningarna av täckningsgrader i de två perioderna ger motsvarande härledningar upphov till:

$$C(\hat{P}_2, \hat{P}_1) = \frac{1}{n} (C_{sek} + C_{prim})$$

Här är C_{sek} den genomsnittliga kovariansen mellan på varandra följande mätningar på ytnivå inom viss polygon och C_{prim} kovariansen mellan täckningsgrader på polygonnivå. Genom att nyttja sambandet mellan korrelation, kovarians och varians kan följande användbara slutformel erhållas, förutsatt att varianserna är lika vid båda mätstillfällena (vilket är ett rimligt antagande):

$$V(\hat{P}_2 - \hat{P}_1) = \frac{2}{n} [V_{sek}(1 - \rho_{sek}) + V_{prim}(1 - \rho_{prim})]$$

Här tillkommer ρ_{sek} och ρ_{prim} , korrelationen mellan på varandra följande mätvärden för täckningsgrad på ytnivå, respektive korrelationen mellan på varandra följande sanna täckningsgrader på polygonnivå.

Basdata för styrkeberäkningar

Den sist redovisade formeln ovan är en viktig bas för styrkeberäkningarna. Emellertid måste man via gissningar eller pilotstudier bilda sig en uppfattning om storleken för de i uttrycket ingående termerna. För korrelationerna har vi inga mätserier tillgängliga för att skatta deras storleksordning. Rimliga antaganden och känslighetsanalyser kan dock göras. Man kan förmoda att korrelationen mellan på varandra följande mätningar på ytnivå inte är särskilt hög till följd av den nålsticksmetodik som föreslås. Däremot bör korrelationen mellan på varandra följande (sanna) tillstånd på polygonnivå vara hög.

Skattningar av varianser för täckningsgrader inom och mellan polygoner har gjorts med stöd av data som ställts till projektets förfogande från CIRC i Abisko (Dahlberg et al. 1998). Vid den refererade inventeringen användes ett system med provytor i kluster där – i normalfallet – 9 provytor med vardera 10 meters radie lades ut inom kvadrater med 120 meters sida. På varje provyta bedömdes bl.a. täckningsgrad för olika arter och artgrupper. Det ska poängteras att datasetet samlades in för andra ändamål än de nedan redovisade enkla beräkningarna.

I beräkningarna fick klustren representera polygonnivån. Beräkningar av varians för täckningsgrad inom och mellan polygoner gjordes för några olika arter och artgrupper. Resultaten redovisas i tabell 3 nedan.

Tabell 3. Standardavvikelse för ytvisa täckningsgrader (genomsnitt av 'polygonvisa' resultat) och för medeltal av täckningsgrader på 'polygonnivå'. Beräkningarna baseras på data från Dahlberg et al. (1998) och omfattar 88 'polygoner' om vardera 9 provytor.

Art eller artgrupp	Stdavv inom 'polygoner' (absolut - % av medeltal)	Stdavv mellan 'polygoner' (absolut - % av medeltal)
Lavar (utom skorplavar)	0.052 – 123%	0.077 – 183%
Fjällbjörk	0.020 – 98%	0.032 – 155%
Dvärgbjörk	0.100 – 81%	0.120 – 96%
Viden	0.074 – 109%	0.075 – 111%
Vegetation totalt	0.174 – 21%	0.215 – 26%

De erhållna resultaten uppvisar en relativt liten variation, d.v.s olika ytor inom ett kluster hade likartade täckningsgrader för arten eller artgruppen och skillnaden mellan olika klustermedeltal var begränsad. En rad faktorer skiljer sig dock mellan det aktuella datasetet och de data som kan förväntas från den inventeringsdesign som föreslås i föreliggande utredning, bl.a.:

- Metodiken innebar subjektiv bedömning i tiondelar på provytor med 10 meters radie. I föreliggande utredning föreslås en objektiv nålsticksmetod på små ytor, som bör ge upphov till väsentligt högre spridning mellan mätvärdena. Dessutom har subjektiva metoder generellt sett en tendens att leda till resultat med 'dragnings mot mitten', med minskad variation som följd.
- 'Polygonerna' är relativt små och ej valda så att de inom sig ska vara likartade. Litenheten bör leda till ökad mellanvariation.
- Samtliga 'polygoner' kommer från ett relativt begränsat geografiskt område, vilket bör innebära en minskad mellanvariation. Detta kompenseras dock förmodligen av att de är utspridda i transekter från fjällbjörkskogen upp till den alpina regionen, samt av att beräkningarna baseras på skattade värden snarare än sanna värden.

Slutsatsen av resonemangen är att betydligt högre inomvariens än den i tabell 3 redovisade bör användas vid styrkeberäkningarna. Skälet är främst att nålsticksmetoder på små ytor föreslås användas, snarare än subjektiv bedömning på större ytor. Mellanvariansen (för polygoner inom stratum) bör kunna vara av ungefär rätt storleksordning. Försiktighetsprincipen och det faktum att data härrör från subjektiv bedömning talar dock för att något högre mellanvariens också bör användas. För mera sällsynta arter och artgrupper kan man dessutom förutsätta att variationen (procentuellt sett) blir betydligt större.

Styrkeberäkning

Efter en framtida första återinventering blir det aktuellt att beräkna huruvida täckningen av olika arter eller artgrupper, resp. av blottad jord, har ökat eller minskat. Den statistiska signifikansen för skillnaderna beräknas därefter, varefter slutsatser kan dras om i vilken riktning tillståndet förändras.

Det är dock viktigt att utforma inventeringar på ett sådant sätt att inträffade förändringar verkligen kommer att upptäckas.

Bashypotesen vid beräkningar av förändringar är normalt att ingen skillnad i täckning föreligger mellan perioderna. Om denna hypotes kan förkastas (på viss felnivå) sägs förändringen vara signifikant. Sannolikheten att förkasta bashypotesen brukar benämnas 'styrkan'. Det är viktigt att styrkan är hög (d.v.s. nära 1) för sådana storleksordningar av förändringar som man avser att identifiera med sin inventering.

För att belysa vilken dimensionering som krävs för att man, inom ramen för en fjällinventering med ovan föreslagen design, ska upptäcka förändringar i vegetationens täckning redovisas resultat från beräkningar av styrka nedan. Om $V(\hat{P}_2 - \hat{P}_1)$ benämns σ^2 och θ är den verkliga förändringen i täckningsgrad kan styrkefunktionen (vid normalapproximation och 5% felnivå) uttryckas som:

$$h(\theta) = 1 - \Phi\left(\frac{1.96\sigma - \theta}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{-1.96\sigma - \theta}{\sigma}\right)$$

Här står $\Phi(\cdot)$ för normalfördelningens kumulativa sannolikhetsmassa. Utifrån antaganden om inomvarians, mellanvarians, korrelation mellan på varandra följande mätningar på en provyta, korrelation mellan på varandra följande sanna tillstånd inom polygoner, täckningsgraden i utgångsläget, täckningsgradens förändring, antal polygoner i stickprovet, samt antal provytor inom polygon kan styrkan beräknas. Nedan görs detta för några olika alternativ.

För att begränsa antalet redovisade alternativ gjordes emellertid följande inskränkningar:

- I samtliga fall nyttjades 8 provytor inom en polygon (motsvarande ett dagsverke). Erfarenheten av att variera variabeln visar att den under normala förhållanden inte tillhör den grupp som har störst inverkan på styrkan. Provyteantalet bör väljas på ett sätt som medför en hel eller en halv dags arbetsinsats i resp. polygon. Behov av att kunna göra olika former av lokala analyser talar för att antalet provytor per polygon inte bör vara alltför litet. Om enbart effektiva totalskattningar efterfrågas bör dock insatsen i en enskild polygon vara begränsad (motsvarande ett halvt dagsverke).
- Korrelationen mellan på varandra följande mätningar på viss provyta sattes i samtliga fall till 0.60. Detta är inte särskilt högt, vilket motiveras av att en nålsticksmetod avses nyttjas. Analyserna visade dock att denna korrelation i normala fall hade en ganska liten inverkan på styrkan. Detta är ett intressant resultat, eftersom det innebär att det – ur en strikt teoretisk synvinkel – inte är självklart att provytor inom polygoner måste vara permanenta.
- Om standardavvikelserna för inomvariation och mellanvariation anges i relativa tal i förhållande till genomsnittlig täckningsgrad i utgångsläget kommer den senare variabeln (täckningsgraden) inte att påverka resultaten. Vid tolkningarna gäller dock att ju mera sparsamt en art eller artgrupp förekommer, desto större är förmodligen den relativa standardavvikelsen för såväl variation inom som mellan polygoner.

De styrkeberäkningar som redovisas gjordes genom att ett basalternativ utformades kring vilket känslighetsanalyser för olika variabler utfördes.

Basalternativ

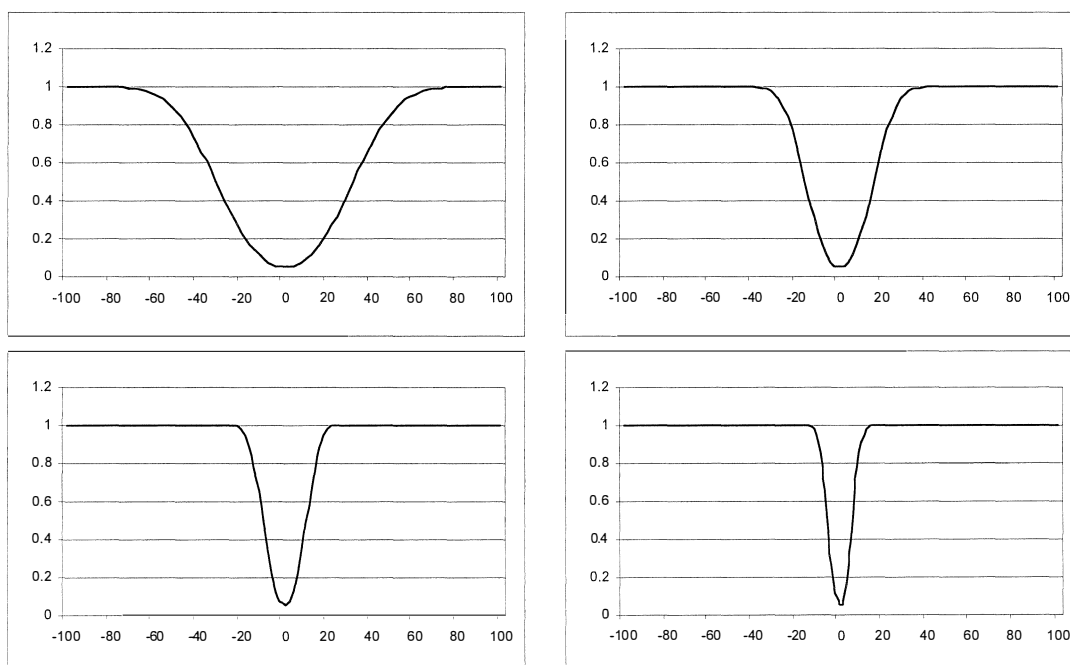
Standardavvikelsen för täckningsgrad på provytor inom polygon sattes till 250% (av genomsnittlig täckningsgrad), vilket är väsentligt högre än resultaten i tabell 3. Detta motiveras av att annan metodik avses användas och att en hel del mera sparsamt förekommande arter och artgrupper bör vara

aktuella att studera. Standardavvikelsen mellan sanna polygonmedeltal sattes till 150%. Korrelationen mellan på varandra följande mätningar för sann täckningsgrad på polygonnivå sattes till 0.85 och antalet polygoner i stickprovet till 500. Det senare antalet ska ses som det antal polygoner som återfinns inom ett intressant 'redovisningsstratum', d.v.s. ett antal aggregerade 'basstratum'. I extremfallet motsvarar 'redovisningsstratumet' hela fjällområdet.

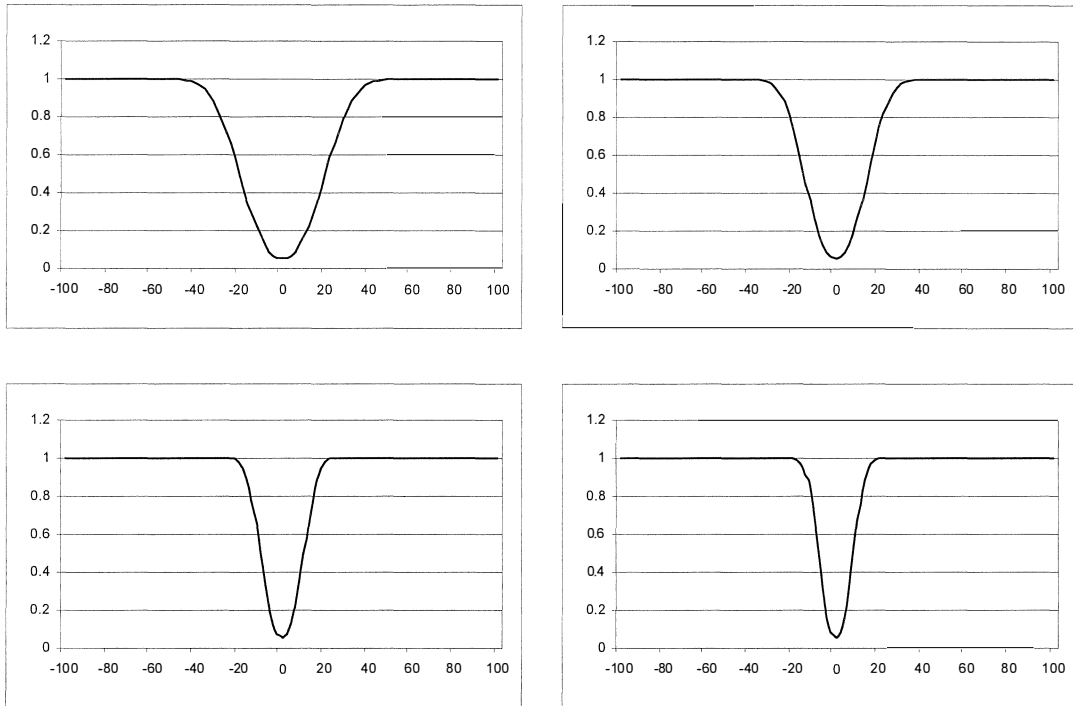
Redovisningsalternativ

De alternativ för vilka redovisningar ges nedan är samtliga av typen känslighetsanalyser med basalternativet som grund. Alternativen baseras på:

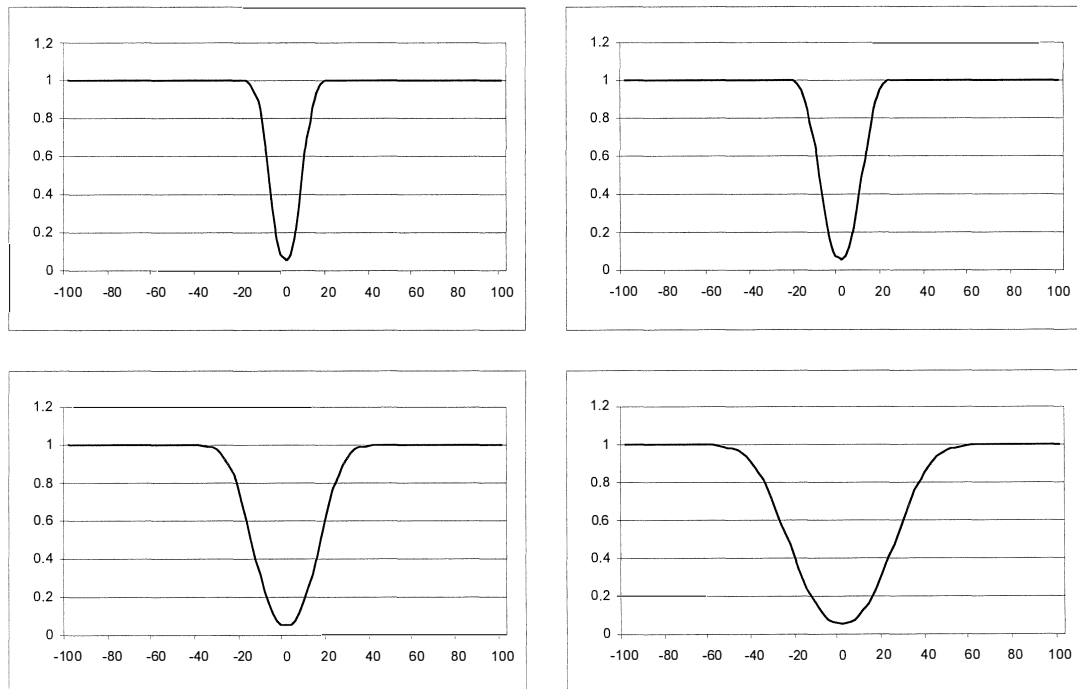
- A) Variation av antal polygoner i stickprovet. De olika nivåerna är 50, 200, 500 och 1500 polygoner.
- B) Variation av korrelation mellan på varandra följande sanna täckningsgrader av art eller artgrupp inom polygon. Nivåerna är 0.0, 0.50, 0.85 och 0.95.
- C) Variation av standardavvikelsen för polygonernas sanna täckningsgrader (antas vara samma vid båda mättillfällena). Detta speglar variabilitet på samma gång som sällsynthet, eftersom värdena för en sällsynt art bör uppvisa stor relativ standardavvikelse. Denna parameter är också avhängig av hur väl stratifieringen lyckas. Nivåerna är 75, 150, 300, samt 500 (% av medeltalet för täckningsgraden).
- D) Variation av standardavvikelsen för ytvisa mätvärden inom polygoner. De resonemang som förs under (C) är giltiga även här. Nivåerna är 100, 250, 400, samt 600 (% av medeltalet för täckningsgraden).



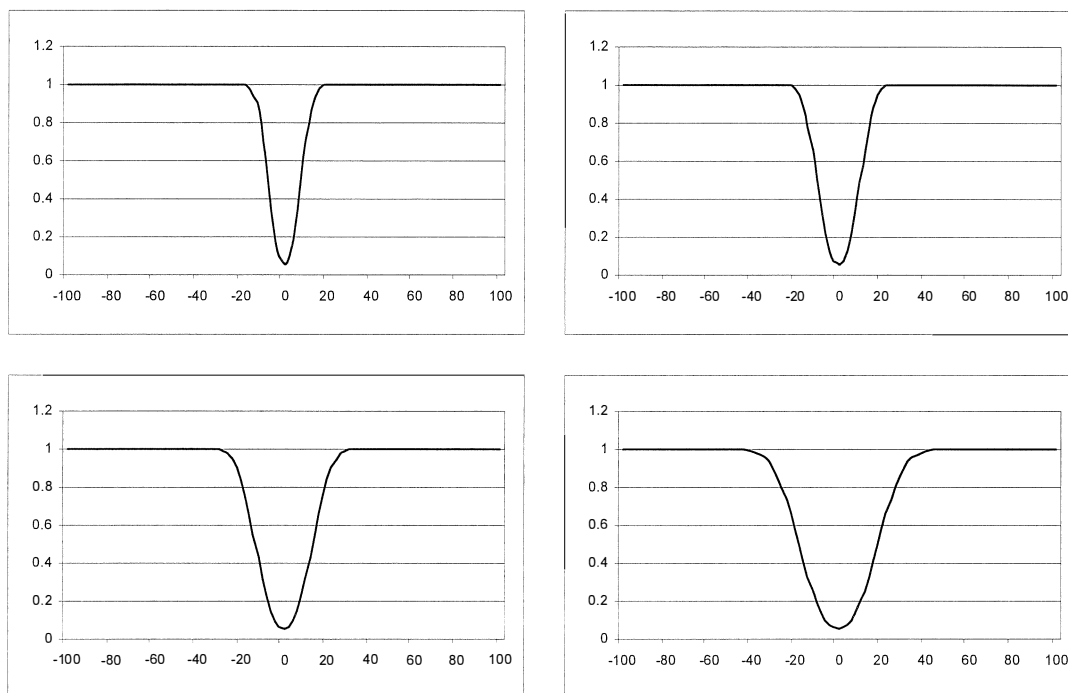
Figur 4. Styrkeberäkningar enligt redovisningsalternativ A. Övre vänstra figuren motsvarar 50 polygoner, övre högra 200, nedre vänstra 500 och nedre högra 1500 polygoner. På x-axeln anges den verkliga procentuella förändringen från utgångsläget täckningsgrad och på y-axeln styrkan.



Figur 5. Styrkeberäkningar enligt redovisningsalternativ B. Övre vänstra figuren motsvarar korrelation 0.0 mellan på varandra följande sanna värden på polygonnivå, övre högra figuren 0.5, nedre vänstra 0.85 och nedre högra figuren korrelationen 0.95. På x-axeln anges den verkliga procentuella förändringen från utgångslägetes täckningsgrad och på y-axeln styrkan.



Figur 6. Styrkeberäkningar enligt redovisningsalternativ C. Övre vänstra figuren motsvarar den relativa standardavvikelsen 75% för sanna täckningsgrader på polygonnivå, övre högra figuren 150%, nedre vänstra 300% och nedre högra figuren 500%. På x-axeln anges den verkliga procentuella förändringen från utgångslägetes täckningsgrad och på y-axeln styrkan.



Figur 7. Styrkeberäkningar enligt redovisningsalternativ D. Övre vänstra figuren motsvarar den relativa standardavvikelsen 100% för uppmätta täckningsgrader på ytor inom polygoner, övre högra figuren 250%, nedre vänstra 400% och nedre högra figuren 600%. På x-axeln anges den verkliga procentuella förändringen från utgångslägets täckningsgrad och på y-axeln styrkan.

Ur figur 4 framgår att man med minst 500 polygoner i stickprovet med stor sannolikhet upptäcker förändringar på nivån 20%, t.ex. att en arts täckningsgrad minskar från 5% till 4%. Med endast 50 polygoner måste förändringarna vara ca 50% för att någorlunda säkert bli upptäckta. Då stickprovet omfattar 1500 polygoner identifieras förändringar förmodligen även på 10%-nivån.

I figur 5 kan man utläsa att korrelationen mellan på varandra följande sanna tillstånd på polygonnivå har relativt stor betydelse för styrkan. Exempelen med de lägre korrelationerna bör dock inte vara aktuella vid tillämpning.

Av figur 6 framgår att variabiliteten mellan polygoner har stor betydelse för om verkliga förändringar ska upptäckas eller ej. Här har stratifieringen en viktig roll att fylla genom att minska denna variabilitet (inom stratum). Figuren kan också ses som ett åskådningsexempel på att det kommer att vara svårt att upptäcka förändringar av sparsamt förekommande arter, eftersom den relativa standardavvikelsen mellan polygoner för sådana kommer att vara stor.

Ur figur 7 kan ungefär samma slutsatser dras som ur figur 6. Emellertid synes variation inom polygoner påverka styrkan mindre än variation mellan polygoner.

En grov slutsats är att en fjällinventering för att följa upp vegetationsförändringar av någorlunda vanliga arter och artgrupper inte är särskilt relevant om färre än ca 200 polygoner ingår i stickprovet. Med denna dimensionering av inventeringen bör emellertid förändringar i täckningsgrad på 20-30%-nivån kunna detekteras för fjällen totalt sett. Om man vill bryta ner materialet på skilda 'redovisningsstrata' krävs en inventering av större omfattning. Med 4 'redovisningsstrata' är det t.ex. rimligt att minst 800 polygoner bör ingå i stickprovet. Med en sådan omfattning skulle man kunna studera förändringar av vanliga arters täckningsgrad inom flera strata, medan förändringar vad gäller sparsamt förekommande arter skulle kunna granskas enbart för fjällområdet totalt sett.

Kostnader

De beräkningar av kostnader som görs nedan är mycket grova. I nuläget uppfattar vi det emellertid inte som relevant att göra några mera detaljerade beräkningar. Den ungefärliga storleksordningen av vad en inventering – inklusive planering och resultatredovisning – skulle kosta är dock givetvis intressant.

Kostnaderna kan delas upp på en fast och en rörlig del. Till de fasta kostnaderna hänförs löner etc. till personal för planering och resultatredovisning, samt kostnader för utrustning. Till de rörliga delarna hänförs kostnaden för fältpersonal samt diverse andra fältanknutna kostnader, såsom helikoptertransporter och viss utrustning.

I ett optimistiskt scenario skulle löpande planering och resultatredovisning kunna klaras av två heltidsanställda personer. Detta förutsätter dock en omgivning inom vilken viktiga stödfunktioner – t.ex. kompetens inom datalogi och statistik – finns tillgänglig. Tillsammans med årliga kostnader för utrustning är det rimligt att anta att kostnaden för dessa personer blir ungefär 1000 kSEK.

Den rörliga kostnaden kommer givetvis att bero på hur stort stickprov som väljs för inventeringen. Vi bedömer att ett fältlag bör bestå av tre personer – varav två kan vara fjällspecialister och minst en ha god erfarenhet från traditionell skogsinventering. Vi bedömer vidare att ett fältlag hinner med att på en dag inventera en polygon omfattande 8 provytor samt därtill hörande linjetransekter. Inom Riksskogstaxeringen uppgår de totala löpande kostnaderna för en manmånads insats (ca 22 dagar) till ungefär 50 kSEK. I summan ingår löner, lönekostnadspåslag, traktamenten, resor i samband med arbetet, viss materiel, samt hemresor. Med hänsyn tagen till att fjällområdet är svårtillgängligt – vilket bl.a. ofta bör resultera i helikoptertransporter – bedömer vi att månadskostnaden ökar till 55 kSEK.

Med utgångspunkt från ovan sammanfattade antaganden beräknades den årliga rörliga kostnaden vid olika total omfattning av inventeringen. Inventeringen antas utföras kontinuerligt, med återinventeringar vart 5:e år. Om intervallet istället sätts till 10 år halveras den årliga rörliga kostnaden. Resultaten redovisas i tabell 4 nedan.

Tabell 4. Ungefärlig årlig rörlig kostnad vid olika totalt antal polygoner i stickprovet.

Totalt antal polygoner i stickprovet	Årlig rörlig kostnad (kSEK)
400	600
800	1200
1200	1800
2000	3000

Vid en inventering omfattande 800 polygoner bedöms den totala årliga kostnaden således uppgå till 2200 kSEK (fast + rörlig kostnad). Förmodligen är detta lågt räknat eftersom en hel del dyrbar utrustning kan bli aktuell att införskaffa, bl.a. mot bakgrund av att arbetsskyddslagar givetvis måste följas. Ytterligare administrativa påslag kan dessutom bli aktuella, t.ex. om inventeringen förestås av ett universitet. Till detta kommer förmodligen också påtagliga initiala kostnader för utbildning.

Tidsmässigt är det rimligt att inventeringen koncentreras till en kort period då förhållandena i fjällen kan antas vara mest lämpliga. Denna period omfattar förmodligen senare delen av juli och större delen av augusti, en period som inrymmer ca 30 arbetsdagar. Med alternativet 800 polygoner ska 160 inventeras årligen. Detta skulle innebära att ca 15 personer, d.v.s. 5 inventeringslag, sysselsätts.

Referenser

- Anon. 1997. Övervakning av faunan i fjällen, - programförslag. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 6.
- Anon. 1998a. Övervakning av flora och fauna i fjällen, - ett programförslag. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 3.
- Anon. 1998b. Instruktion för fältarbetet vid Riksskogstaxeringen. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik.
- Anon. 1998c. Fältinstruktion för Ståndortskartering. SLU, Institutionen för skoglig marklära.
- Benson, P. 1997. Floraväkteri i fjällen, - en pilotstudie. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 13.
- Dahlberg, U., Bergstedt, J. och Pettersson, A. 1998. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 32.
- Hemberg, L., et al. 1997. Försöksverksamhet med satellitbildsbaserad renbetesinventering i Västerbottens län 1995/96. Stencil.
- Hemström, P. och Nordberg, M-L. 1998. Studier av linjära strukturer i fjällen med hjälp av satellitbilder, - en pilotstudie inom RESE-projektet "vegetation change". Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 2.
- Hörnell, M. och Willebrand, T. 1997. Censusing spring population of Willow Grouse and Rock Ptarmigan. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 9.
- Inghe, O. 1998. Programområde Landskap. Naturvårdsverket, miljöanalysavdelningen. PM (utkast).
- Lindroth, S. 1996. Linjeinventering av fjällvegetation, - resultat av fältstudier 1995. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 11.
- Löfgren O. 1996. Studier av däggdjur och fåglar i den skandinaviska fjällvärlden, -en litteratursammanställning. Länsstyrelsen i Västerbottens län.
- Löfgren, P. 1998. Skogsmark, samt träd- och buskmark i fjällområdet. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 34.
- Löfgren, P. 1999. Polygoner för stratifierad sampling vid en eventuell fjälltaxering. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. PM.
- Moen J. 1995. Vegetationsstudier i den skandinaviska fjällvärlden. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 14.
- Raj, D. 1968. Sampling Theory. McGraw-Hill.
- Svarén A. 1996. Jordmånsbildning och markkemisk övervakning i fjällområdet, - en pilotstudie. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport 14.
- Thompson, S.K. 1992. Sampling. John Wiley & Sons.

Personliga meddelanden

- Dahlberg, U. 1998. CIRC och Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Abisko.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt Internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 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.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J., Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.

- 1997 18 Christoffersson, P & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRG-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM".
ISRN SLU-SRG-AR--25--SE
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.

Fjärranalys:

- 1997 28. Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
29. Hagner, O. Textur i flygbilder för skattning av beståndsegenskaper.
ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32. Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--43--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate.
ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla förnygringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.

- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur L.*) Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 1998 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provtytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. -En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.

Internationellt

- 1998 39 Sandewall, M., Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use. - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.

- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory(NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.