

# Utvärdering av vegetationsförändringar: hur ska man analysera fasta provytor?

Genom åren har ett stort antal fasta provytor lagts ut med syftet att följa och utvärdera skötseln av naturvårdsobjekt. Men hur ska data insamlade i sådana ytor utvärderas? Här berättar författarna om olika sätt att statistiskt utvärdera data från fasta provytor och exemplifierar med ett naturminne i Västergötland.

PER MILBERG, MATS RYDGÅRD & ANNA STENSTRÖM

I Sverige finns ett stort antal fasta provytor där vegetationen dokumenterats. De har lagts ut med olika syften, men den genomgående tanken har varit att ytan någon gång i framtiden ska återinventeras, och att eventuella skillnader i vegetationen mellan de två tillfällena sedan ska ligga till grund för slutsatser om eventuella modifieringar i skötseln. Skillnaderna kan orsakas av förändringar på allt från landskapsnivå, till småskaliga förändringar i ett enskilt naturreservat orsakade av ingrepp av olika slag (Odell & Ståhl 1998, Diekmann m.fl. 1999, Bergstedt & Milberg 2001).

På senare tid har kraven ökat på uppföljning och utvärdering av skötseln av enskilda naturvårdsobjekt, bland annat i artrika slätter- och betesmarker. Stora resurser har därför satsats på utläggning och inventering av fasta provytor. Så långt är allt väl, men när man sedan sitter med långa, parvisa artlistor från fasta provytor inträder ett problem: hur ska man objektivt utvärdera om det skett någon förändring?

I denna artikel tänkte vi koncentrera oss på detta sista steg av en vegetationsanalys. Vi vill främst visa hur så kallade ordinationsmetoder kan användas för en objektiv utvärdering, men även diskutera vad de olika analysmetoderna ställer för krav på inventeringsmetodiken.

## De statistiska problemen

### Orsaker till variation i data

Inventerar man en provyta två gånger är det ytterst osannolikt att de två artlistorna med skattningar av frekvens eller täckningsgrad är identiska. Vi förväntar oss alltid variation i våra data. Det är denna variation som är intressant, och hur den kan fördelas på olika faktorer. Det vi framför allt är intresserade av är variation orsakad av (1) en eventuell förändring i miljön, men vi vet också att (2) inventerarens skicklighet kan ge utslag (Tonteri 1990, Nilsson 1992). (3) Vidare kan man inte förvänta sig att en inventerare ska ge exakt samma skattningar även om inventeringen upprepas direkt. (4) Tidpunkten på året då en studie utförs har också betydelse (Losvik 1991). Detta kan vi till stor del kompensera genom att återinventera vid ungefär samma fenologiska tidpunkt. Däremot kan vi inte göra någonting åt (5) årsvariationer, alltså mera "slumpvisa" förändringar som inte uppenbart är resultatet av mer långsiktiga miljöförändringar (Brunet & Tyler 2000). I vissa vegetationstyper är detta betydelsefullt, särskilt på den mindre rumsliga skalan (Milberg & Hansson 1994, van der Maarel & Sykes 1997, Klimeš 1999).

I den ideala analysen vill vi minimera variation som kan förklaras av fenologi och inventerare och istället framhäva variation relaterad till riktade miljöförändringar. Vi får dock inte glömma att årsvariationer är svåra att separera från riktade miljöförändringar om vi inte har en längre tidsserie, alltså har inventerat en yta under många år. Vegetationsanalyser tar tid och därför är det i praktiken mycket ovanligt med årliga inventeringar av fasta provytor.

### Problem 1: Brist på normalfördelning

Antag att vi har tio fasta provtytor, inventerade med fem års mellanrum, där vi noterat abundansen (täckningsgrad eller frekvens) av totalt hundra arter. Ett sätt att analysera data från de två åren är att göra ett så kallat t-test för varje art. Detta är förvisso enkelt men inte oproblemiskt. Majoriteten av de hundra arterna är förmodligen ovanliga och vi får då många nollor i tabellerna. Data för dessa arter blir därför inte normalfördelade vilket medför att t-test (och andra så kallade parametriska test) är olämpliga. Ett alternativ kan vara att välja ett test som inte kräver normalfördelade data (så kallade icke-parametriska test). Dessa kräver dock fortfarande att våra data ska ha samma fördelning i de olika grupperna man testar (Underwood 1997). Vidare är icke-parametriska test svagare än parametriska, det vill säga de upptäcker inte lika lätt en skillnad som faktiskt finns. De är därför inte så lämpliga för våra ändamål eftersom förändringarna kommer att ha gått längre innan de upptäcks.

Men låt oss tillfälligt glömma problemet med fördelning av data, och utgå från att vi är intresserade av alla hundra arter vi stött på. Vi har

alltså gjort ett test per art och stöter nu på ytterligare två problem.

### Problem 2: Fel av typ I och II

Det andra problemet handlar om att vi gjort väldigt många tester. Skulle vi göra hundra tester på helt slumpvisa data skulle i genomsnitt fem av dessa felaktigt visa en statistiskt säkerställd eller signifikant förändring på femprocentnivån (något som statistiker brukar kalla för typ I-fel). Vi skulle alltså felaktigt dra slutsatsen att det hade skett förändringar för fem av de hundra arterna. Man kan och bör kompensera för multipla tester (till exempel med Bonferroni-korrektion eller Holms korrektion) men tappar då styrka i testet (oerhört mycket om vi gör hundra test) och riskerar därmed att inte uppmärksamma förändringar som faktiskt har skett (vi gör oss då skyldiga till ett så kallat typ II-fel).

### Problem 3: Bristande överskådlighet

Det tredje problemet är praktiskt och handlar om att vi från dessa hundra statistiska tester (alltså svar på om en förändring skett eller ej) får väldigt svårt att komma fram till *ett* övergripande svar. Hur många arter, och vilka, ska ha



Blodnäva *Geranium sanguineum* är en av karaktärsarterna i den stäppartade torräng i Västergötland som analyseras i slutet av artikeln. Foto: Mats Rydgård.

Tabell 1. Klassificering av de i artikeln diskuterade ordinationsmetoderna DCA (Detrended Correspondance Analysis), PCA (Principal Component Analysis), CCA (Canonical Correspondance Analysis) och RDA (Redundancy Analysis).

	Indirekt gradientanalys	Direkt gradientanalys
Unimodala	DCA	CCA
Linjära	PCA	RDA

signifikant förändrats, och hur stor ska förändringen ha varit för att vi ska kunna dra en rimlig slutsats om att en förändring verkligen har skett i miljön?

#### Problem 4: Arterna är inte oberoende

En annan aspekt på de många analyserna är att arterna inte förändras oberoende av varandra. I viss mån påverkar de varandra, men framför allt reagerar de flesta arter på samma miljöförändring. Om exempelvis mängden träd och buskar ökat i en slätteräng, kan vi förvänta oss att många arter i fåltskiktet minskar och några ökar medan ett antal inte förändras (Einarsson & Milberg 1999). Vi skulle alltså kunna tänka oss en situation där sjuttio arter minskar och tio ökar som svar på en och samma miljöförändring, men där var och en av arterna förändrats så lite att inga artvisa test faller ut som signifikanta.

#### Lösningar

Jämförelsen av långa artlistor är alltså en riktig utmaning för den som vill göra en stringent analys. De finns två lösningar på problemet: (1) ordinationsmetoder, det vill säga en sorts multivariat statistik (se vidare nedan) eller (2) att summera data och analysera dessa med konventionell statistik (univariata metoder, som t-test, variansanalys eller något icke-parametriskt test). Vi kan till exempel summera täckningen av alla slättergynnande arter respektive alla arter som indikerar försämrad hävd och använda kvoten mellan dem i ett parat t-test. Men har man stora mängder data så förlorar vi information om vi summerar. Vidare innebär summeringen att vi

anser att det inte spelar någon roll vilka arter det handlar om. Summerar vi kommer vi dessutom att lägga större vikt vid dominantarter än vid sådana som förekommer glest och sparsamt. Det är inte heller självklart hur man ska summera data insamlade med olika metoder.

#### Ordinationsmetoder

Så kallade ordinationsmetoder kan vid en första anblick verka oerhört komplicerade och svårbegripliga, och det blir inte lättare av att det finns flera olika metoder, med mer eller mindre obegripliga namn och intetsägande förkortningar (se Palmer 2000 samt Manley 1994 för en lättsmält introduktion). Vad vi anser vara den mest lämpliga metoden brukar på engelska kallas "partial redundancy analysis" (pRDA), och vi återkommer nedan till denna och förklarar varför.

De ordinationsmetoder som brukar användas i vegetationsstudier är Detrended Correspondance Analysis (DCA), Canonical Correspondance Analysis (CCA), Principal Component Analysis (PCA) och Redundancy Analysis (RDA; tabell 1). Dessa metoder skiljer sig åt dels genom det sätt de räknar med att en art reagerar på en miljögradient och dels genom huruvida de direkt använder uppmätta miljövariabler i beräkningarna eller inte.

#### Unimodalt eller linjärt?

DCA och CCA utgår från att arterna längs en miljögradient (exempelvis fuktighet) har ett optimum där de "trivs bäst" (unimodal: med en topp). PCA och RDA däremot utgår från att

en art antingen ökar eller minskar med exempelvis ökande fuktighet (ett linjärt förhållande). Vilket som är mest realistiskt beror på hur data är insamlat. Om man samlat in sina data från mycket olika växtsamhällen så är chansen stor att man mätt många arters utbredning på båda sidor om ett optimum och den unimodala modellen fungerar då bäst. Om man däremot samlat in sina data i en viss vegetationstyp i ett begränsat geografiskt område är chansen stor att man bara fått med en liten del av artens reaktion på en gradient. Då beskriver den linjära modellen data bäst. Fasta provtytor i ett mindre område utgörs oftast av snarlik vegetation. Om man dessutom, som vi föreslår nedan, använder en partiell analys (där vi eliminerar variationen mellan provtytor) måste vi hålla oss till linjära metoder (PCA, RDA) eftersom variationen i data blir liten (Wahlman & Milberg 2002).

### Indirekt och direkt gradientanalys

Vidare kan man dela upp metoderna i indirekt och direkt gradientanalys. Indirekt gradientanalys (DCA och PCA; tabell 1) sorterar materialet endast utifrån artsammansättningen, så att de mest lika provrutorna hamnar närmast varandra i ett ordinationsdiagram. Därefter är det upp till utvärderaren att i efterhand tolka diagrammet utifrån kännedom om provtytorna och eventuella uppmätta miljövariabler. I direkt gradientanalys (CCA, RDA) däremot används uppmätta miljödata i analysen; provtytorna sorteras nämligen för att förklara så mycket som möjligt av variationen i miljödata. Detta innebär att prov med liknande artsammansättning inte nödvändigtvis hamnar nära varandra i ordinationsdiagrammet. Istället framhävs de skillnader i artsammansättning som matematiskt kan förklaras av den eller de miljövariabler som man är intresserad av.

En fördel med denna metod är att man i ett statistiskt test kan utvärdera hur väl en eller flera miljövariabler förklarar variationen i artsammansättning. I detta fall måste man använda ett permutationstest, exempelvis ett Monte Carlo-test. Detta går till så att man helt enkelt tar uppmätta data och slumpar om dem och gör

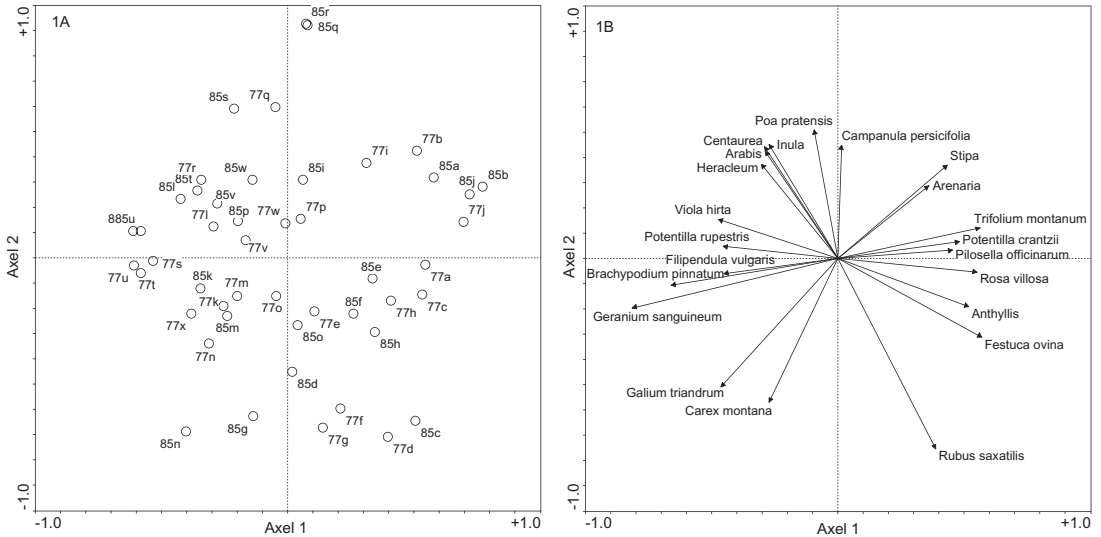
en ny ordinationsanalys. Upprepar man detta till exempel 999 gånger, och alla "omslumpningar" förklarar en mindre del av variationen än den riktiga analysen, så är sannolikheten bara en på tusen eller mindre att den eller de uppmätta miljövariablerna inte skulle ha något med artsammansättningen att göra.

Är vi specifikt intresserade av huruvida data från de två inventeringstillfällena skiljer sig åt har vi all anledning att använda direkt gradientanalys, och alltså kunna statistiskt testa om det finns skillnader mellan inventeringarna. Vi betraktar helt enkelt de två inventeringstillfällena som våra "miljödata".

### Partiell gradientanalys

Vissa multivariata dataprogram möjliggör användandet av så kallade kovariabler (till exempel CANOCO; ter Braak & Smilauer 1998). En kovariabel är i detta sammanhang något som vi vet är viktigt men som vi (för tillfället) inte är intresserade av. Gör vi en partiell gradientanalys (en gradientanalys med kovariabler) eliminerar vi först den variation i data som kovariabeln matematiskt kan förklara och koncentrerar oss därefter på den resterande variationen. I vårt fall – alltså när vi använder fasta provtytor – är vi egentligen inte intresserade av att provtyta 1 skiljer sig från provtyta 2, som skiljer sig från provtyta 3 och så vidare. I själva analysen vill vi helst bli av med denna variation och istället koncentrera oss på det som för tillfället intresserar oss: förändringen över tiden.

Vi rekommenderar därför att man eliminerar den variation som finns mellan provtytor genom att använda en partiell analys. I praktiken innebär det att man konstruerar en variabel per provtyta, där respektive prov antingen är 1 om provet kommer från just den provtytan och annars är 0. Använder man partiell analys har man utnyttjat vitsen med fasta provtytor. Om inte missar man den precision som finns i datamaterialet just genom att provtytorna är fasta och man betraktar dem istället som slumpmässiga provtytor. (Det senare antagandet är dessutom inte korrekt, eftersom proven från de två tidpunkterna inte är rumsligt oberoende av varandra.)



Figur 1A. PCA-diagram som visar de 24 provytornas fördelning i ordinationsrymden vid de två tidpunkterna. Siffran visar vilket år (1977, 1985), samt bokstaven vilken provyta (a–x). B. PCA-diagram som visar arternas fördelning i ordinationsrymden. Bara de 20 arter, av totalt 74, som bäst beskrivs av de båda axlarna är illustrerade.

PCA of vegetation data from 24 permanent plots surveyed in 1977 and 1985.

Ett alternativt sätt att analysera förändringen, särskilt lämpligt om man har många provytor, är att för varje art subtrahera abundansen vid det ena tillfället från den andra och använda differenserna i en ordination (Bergstedt & Milberg 2001).

### Exemplet Vartofta-Åsaka

Allt detta låter kanske teoretiskt och svårgreppbart. Därför tänkte vi nu använda data från naturminnet Prästgårdsåsen i Vartofta-Åsaka socken för att visa dels vad olika typer av gradientanalyser innebär, dels den metod vi föreslår för utvärdering av fasta provytor (pRDA). Exemplet är inte perfekt utan representerar istället "normalfallet" på en länsstyrelse, möjligen med undantag för det stora antalet provytor som inventerats.

I naturminnet Prästgårdsåsen finns en stäppartad torräng där 24 fasta provytor lades ut 1977. Dessa återanalyserades 1985 av samma person och med samma metod (täckningsgrad enligt Hult–Sernander–Du Rietz). Förutom

information om 74 arter hade vi två typer av variabler: "tidpunkt" det vill säga vilket år ett prov hörde till, samt "provyteidentitet", alltså vilken av de 24 provytorna ett prov kom ifrån. För att dämpa inflytandet av ett litet antal arter med hög täckningsgrad, använde vi kvadratroten av täckningsgraderna istället för de ursprungliga värdena.

### Unimodal eller linjär?

En DCA ger ett mått på variationen i artdata och ger därmed möjlighet att utvärdera om det kommer från en längre gradient – över ett optimum – eller endast från en begränsad del av en gradient. En tumregel säger att om variationen i data är mindre än tre standardavvikelser fungerar linjära metoder bäst, men om variationen är mer än fyra standardavvikelser så fungerar unimodala metoder bäst (ter Braak & Prentice 1988). Artdata från Vartofta-Åsaka visade att de fyra första axlarna hade en längd på 1,3–2,4 standardavvikelser, och därför är linjära metoder lämpligast i vårt fall.





Stäppartad torräng i naturminnet Prästgårdsåsen i Vartofta-Åsaka socken i Västergötland. I förgrunden till höger ser vi krissla *Inula salicina*, en vanlig art på Falbygden och Kinnekulle. Foto: Mats Rydgård.

### Indirekt gradientanalys

En indirekt gradientanalys (PCA) ger en överblick över datamaterialet och visar hur lika eller olika provytorna är (figur 1), samt hur specifika olika arter är i sitt uppträdande. Vad gäller vår frågeställning om förändringar över tiden är dock dessa figurer inte så informativa.

### Direkt gradientanalys

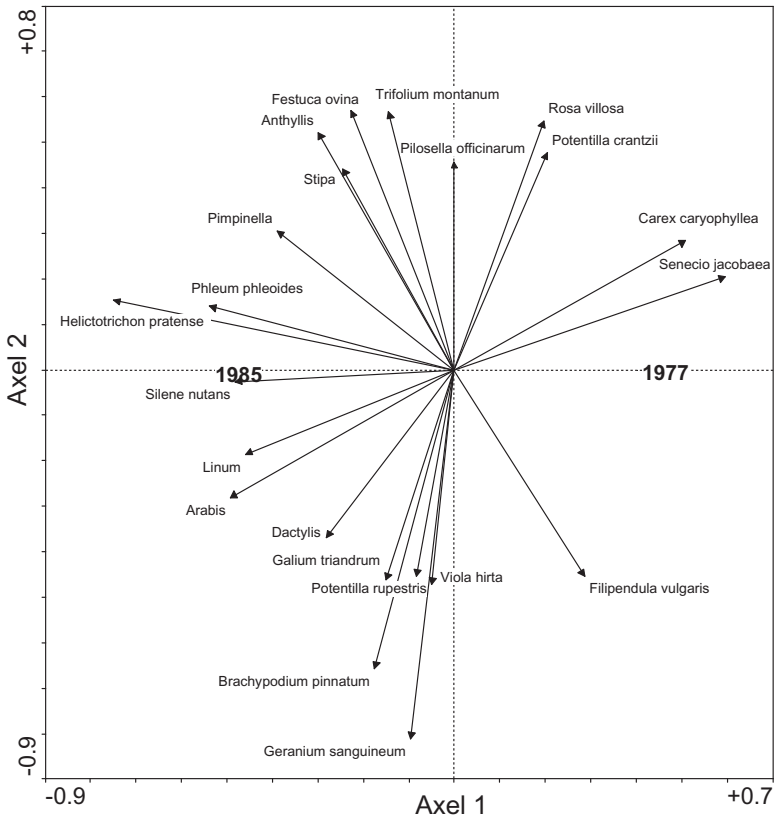
En direkt gradientanalys (RDA), där vi använder de två åren som var sin miljövariabel, är lättare att tolka. För det första kan vi statistiskt testa om proven från de två åren skiljer sig åt, vilket visade sig vara fallet: åren förklarade 6,4 % av variationen i data. Vidare kan vi mycket lättare se vilka arter som ökat respektive minskat över tiden, eftersom de två åren kontrasteras längs den första axeln i ordinationsdiagrammet (figur 2). Alla arter representeras av var sin pil

som visar hur starkt de är relaterade till de två åren: ju längre pilen sträcker sig i första axelns (x-axelns) riktning, desto mer variation förklaras av åren, och riktningen på pilen visar vilket år dess täckning var störst. För att inte göra bilden oläslig har vi valt att bara ta med de arter som har pilar över en viss längd (figur 2). Detta innebär i praktiken att arter som inte förändrats, eller sällsynta arter, inte illustreras. Notera dock att alla arter ingått i analysen.

I vårt fall, där vi bara har två år som jämförs, representeras all variation som miljövariabeln kan förklara på den första ordinationsaxeln medan den andra axeln egentligen inte säger oss mycket eftersom den visar det mesta av den "överblivna" variationen (främst orsakad av att provytorna sinsemellan är olika). Därför kan det vara enklare att presentera resultaten i en tabell, där vi rangordnar arterna efter sin placering

Figur 2. RDA-diagram som visar arternas fördelning mellan de två inventeringstillfällena längs axel 1 samt delar av den resterande variationen längs axel 2.

RDA of vegetation data from 24 permanent plots surveyed in 1977 and 1985. Axis 1, the only constrained one, differentiates between the two years. Residual variation is displayed on axis 2.



längs den första axeln, något vi illustrerar efter nästa analys (tabell 2). I en tabell är det också enkelt att samtidigt presentera information om arters abundans eller frekvens samt annan artspecifik information.

### Partiell RDA

Analysen ovan tar ingen hänsyn till att det rör sig om fasta provytor. För att fullt ut utnyttja detta faktum måste vi använda provyteidentitet som kovariabel, alltså göra en partiell direkt gradientanalys (pRDA). Placeringen av arter längs ordinationsaxel 1 och deras förklarade varians (tabell 2) blir identiska med den i RDA:n ovan, så den viktiga förändringen är att vi gör ett mer tillförlitligt permutationstest. Testet visade på signifikant skillnad mellan de två åren ( $P < 0,001$ ).

### Tolkning

Vi har alltså först analyserat våra data för att förklara så mycket som möjligt av skillnaden mellan de två åren. Därefter har vi testat om denna ordination förklarar mer än slumpen (permutationstest). När vi nu konstaterat att data från de två åren med stor sannolikhet skiljer sig åt, blir det sista steget att inspektera ordinationsutfallet (figur 2, tabell 2) för att se vilka arter som förändrats, i vilken riktning, och hur mycket. Detta sista steg bör vi lämna därhän om permutationstestet inte blivit signifikant.

I vårt exempel är det generellt fler arter som har ökat än som har minskat (det vill säga fler som har ett negativt än ett positivt värde i tabell 2). Bland vinnarna hittar vi skyddsvärda arter som flentimotej *Phleum phleoides*, lundtrav *Arabis hirsuta* och vildlin *Linum catharticum*, och

Tabell 2. Resultat av en pRDA där arterna rangordnats från de vanligaste 1985 (–) till de vanligaste 1977 (+). Arter i fetstil är de som förändrats mest. Förklarad varians anger i procent hur mycket av variationen hos en art som beror på skillnader mellan de två åren. Frekvens anger i hur många av de 48 proven (24 ytor × 2 år) som arten förekom.

Ranking of species according to a pRDA contrasting two years. A negative value means that the species was most abundant in 1985, while a positive value indicates abundance in 1977. "Förklarad varians" means how much of the variation in a species' abundance that is explained by the two years. "Frekvens" is the frequency of occurrence in the 48 samples.

	Värde	Förklarad	Fre-		Värde	Förklarad	Fre-
	axel I	varians	kvens		axel I	varians	kvens
<b><i>Helictotrichon pratense</i></b>	<b>-0,749</b>	<b>56,0</b>	<b>24</b>	<i>Sedum acre</i>	-0,054	0,3	2
<b><i>Phleum phleoides</i></b>	<b>-0,540</b>	<b>29,2</b>	<b>30</b>	<i>Viola hirta</i>	-0,051	0,3	26
<b><i>Arabis hirsuta</i></b>	<b>-0,492</b>	<b>24,2</b>	<b>17</b>	<i>Achillea millefolium</i>	-0,049	0,2	42
<b><i>Silene nutans</i></b>	<b>-0,483</b>	<b>23,3</b>	<b>25</b>	<i>Galium verum</i>	-0,014	0,0	47
<b><i>Linum catharticum</i></b>	<b>-0,459</b>	<b>21,1</b>	<b>12</b>	<i>Centaurea scabiosa</i>	0,005	0,0	32
<b><i>Pimpinella saxifraga</i></b>	<b>-0,391</b>	<b>15,3</b>	<b>40</b>	<i>Artemisia campestris</i>	0,000	0,0	2
<b><i>Knautia arvensis</i></b>	<b>-0,388</b>	<b>15,0</b>	<b>16</b>	<i>Pilosella officinarum</i>	0,000	0,0	18
<b><i>Campanula persicifolia</i></b>	<b>-0,341</b>	<b>11,6</b>	<b>5</b>	<i>Primula veris</i>	0,000	0,0	30
<i>Anthyllis vulneraria</i>	-0,298	8,9	20	<i>Veronica chamaedrys</i>	0,000	0,0	4
<i>Dactylis glomerata</i>	-0,282	8,0	39	<i>Cirsium acaule</i>	0,051	0,3	5
<i>Polygonatum odoratum</i>	-0,254	6,5	41	<i>Polygonum rivale</i>	0,054	0,3	2
<i>Trifolium medium</i>	-0,251	6,3	3	<i>Thymus serpyllum</i>	0,054	0,3	2
<i>Stipa pennata</i>	-0,247	6,1	15	<i>Alchemilla glaucescens</i>	0,056	0,3	33
<i>Inula salicina</i>	-0,236	5,6	9	<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	0,060	0,4	12
<i>Festuca ovina</i>	-0,227	5,1	30	<i>Anthriscus sylvestris</i>	0,086	0,7	3
<i>Satureja acinos</i>	-0,214	4,6	5	<i>Pulmonaria angustifolia</i>	0,086	0,7	3
<i>Leucanthemum vulgare</i>	-0,209	4,4	2	<i>Rumex acetosa</i>	0,086	0,7	3
<i>Fragaria viridis</i>	-0,207	4,3	48	<i>Briza media</i>	0,112	1,3	8
<i>Galium boreale</i>	-0,199	4,0	47	<i>Calamagrostis epigeios</i>	0,115	1,3	3
<i>Brachypodium pinnatum</i>	-0,177	3,1	39	<i>Campanula rotundifolia</i>	0,116	1,4	36
<i>Centaurea jacea</i>	-0,154	2,4	21	<i>Sorbus intermedia</i>	0,116	1,4	6
<i>Galium triandrum</i>	-0,150	2,3	45	<i>Solidago virgaurea</i>	0,119	1,4	22
<i>Heracleum sibiricum</i>	-0,149	2,2	6	<i>Lonicera xylosteum</i>	0,146	2,1	1
<i>Lotus corniculatus</i>	-0,146	2,1	1	<i>Prunus padus</i>	0,146	2,1	1
<i>Medicago lupulina</i>	-0,146	2,1	1	<i>Carum carvi</i>	0,151	2,3	4
<i>Myosotis arvensis</i>	-0,146	2,1	1	<i>Dracocephalum ruyschiana</i>	0,170	2,9	8
<i>Stellaria graminea</i>	-0,146	2,1	1	<i>Vicia cracca</i>	0,194	3,8	26
<i>Valeriana sambucifolia</i>	-0,146	2,1	1	<i>Rosa villosa</i>	0,197	3,9	9
<i>Veronica officinalis</i>	-0,146	2,1	1	<i>Potentilla crantzii</i>	0,205	4,2	11
<i>Trifolium montanum</i>	-0,144	2,1	19	<i>Carex montana</i>	0,206	4,2	37
<i>Poa pratensis</i> ssp. <i>angustifolia</i>	-0,137	1,9	10	<i>Veronica spicata</i>	0,209	4,4	2
<i>Plantago lanceolata</i>	-0,128	1,6	12	<i>Viola rupestris</i>	0,213	4,6	34
<i>Geranium sanguineum</i>	-0,097	1,0	45	<i>Filipendula vulgaris</i>	0,288	8,3	43
<i>Rubus saxatilis</i>	-0,087	0,8	26	<i>Succisa pratensis</i>	0,302	9,1	4
<i>Potentilla rupestris</i>	-0,084	0,7	26	<b><i>Scabiosa columbaria</i></b>	<b>0,393</b>	<b>15,4</b>	<b>10</b>
<i>Plantago media</i>	-0,082	0,7	13	<b><i>Carex caryophylla</i></b>	<b>0,508</b>	<b>25,8</b>	<b>21</b>
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	-0,059	0,4	7	<b><i>Senecio jacobaea</i></b>	<b>0,596</b>	<b>35,5</b>	<b>13</b>

bland förlorarna vårstarr *Carex caryophylla* och stånds *Senecio jacobaea*. Ingen av dessa fem arter är sådana som ökar om hävden försämras, men tre av dem är sådana som förväntas minska om

hävden upphör (Ekstam & Forshed 1997). Av dessa tre är det två som ökat och en som minskat mellan 1977 och 1985. Betänker vi vidare att dessa tre arter är kortlivade, så blir vår över-



gripande slutsats att inga tydliga, riktade förändringar som kan relateras till hävden skett, utan att skillnaderna vi ser snarare kan relateras till årsvisa variationer (Klimeš 1999).

### Att planera en vegetationsstudie


Det viktigaste när man planerar en vegetationsundersökning är att från början bestämma sig för sina frågeställningar. Det är frågeställningen som styr uppläggningsen av studien och därmed också vilken analysmetod som är lämplig. Är man specifikt intresserad av hur en enskild art reagerar så inventerar man så klart bara den och använder en univariat statistisk metod. Univariata metoder är även lämpliga om ens främsta intresse är hur en viss grupp av växter reagerar. Är man däremot intresserad av både utbredning och artsammansättning av många arter så är multivariata statistikmetoder lämpliga.

När frågeställningarna är färdiga så är nästa steg att bestämma inventeringsmetod. De metoder som är vanliga (frekvens i småtytor eller täckningsgrad, vanligen nålsticksmetoden eller Hult–Sernander–Du Rietz) går alla att analysera både med univariata och multivariata statistiska metoder. I praktiken styrs valet av inventeringsmetod ofta av ekonomin.

Därefter är det dags att bestämma hur många provtytor man ska lägga ut. Hur många man behöver beror på hur stora förändringar man vill kunna upptäcka, hur stor variationen i vegetationen är, vilken analysmetod man ska använda och hur stor budget man har. Som en tumregel kan man säga att det ofta behövs minst tio provtytor om man ska analysera med univariata metoder med den variation som finns i många av våra vegetationstyper. Om man gör en förstudie och får ett mått på variationen i just den vegetationstyp som ska undersökas, så kan man räkna på hur många provtytor som behövs för att upptäcka en viss förändring – en så kallad styrkeanalys. Detta går tyvärr inte att göra för multivariata metoder. För multivariata analyser behövs i praktiken minst sex, sju tytor (Carlsson & Milberg, opubl.). Dessutom bör vi betänka att det ofta händer att tytor inte kan återfinnas eller att en yta "förstörets" genom exempelvis

skräpstramp eller traktorspår, så det är bra att lägga till någon extra.

När man lägger ut provtytorna bör man noga tänka över vad man vill undersöka. Om det handlar om betestryck är ju en betesfälla den lämpliga enheten över vilken man skötselmässig har kontroll och som utsatts för likartad hävd. Om det är en röjningseffekt man vill dokumentera bör tytorna förstås läggas så att de verkligen påverkas av röjningen. Vidare är det bra att ha ett lika stort antal närliggande tytor som inte påverkas, så att man kan jämföra förändringen över tiden i de två typerna av tytor.

Att först lägga ut ett par storrutor och därefter placera ett antal provtytor i varje storruta komplicerar de efterföljande analyserna i onödan, eftersom man då lägger till en rumslig komponent som gör närliggande tytor mer lika, men som inte egentligen tillför någon information. 

### Citerad litteratur

- Bergstedt, J. & Milberg, P. 2001. The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forests. – *For. Ecol. Manage.* 154: 105–115.
- ter Braak, C. J. F. & Prentice, I. C. 1988. A theory of gradient analysis. – *Adv. Ecol. Res.* 18: 271–317.
- ter Braak, C. J. F. & Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (Version 4). – Microcomputer Power, Ithaca, NY. På internet: <<http://www.microcomputerpower.com/webpages/mcp/>>.
- Brunet, J. & Tyler, G. 2000. Interannual variability in abundance of field layer species in a south Swedish deciduous wood. – *Flora* 195: 97–103.
- Diekmann, M., Brunet, J., Rühling, Å. & Falkengren-Grerup, U. 1999. Effects of nitrogen deposition: results of a temporal-spatial analysis of deciduous forests in South Sweden. – *Plant Biol.* 1: 471–481.
- Einarsson, A. & Milberg, P. 1999. Species richness and distribution in relation to light in wooded meadows and pastures in southern Sweden. – *Ann. Bot. Fenn.* 36: 99–107.
- Ekstam, U. & Forshed, N. 1997. Om hävden upphör: kärlväxter som indikatorer i ängs- och hagmarker. – Naturvårdsverket.
- Klimeš, L. 1999. Small-scale plant mobility in a species-rich grassland. – *J. Veg. Sci.* 10: 209–218.

- Losvik, M. H. 1991. A hay meadow in western Norway: changes in the course of a growing-season. – *Nordic J. Bot.* 11: 577–586.
- van der Maarel, E. & Sykes, M. T. 1997. Rates of small-scale species mobility in alvar limestone grassland. – *J. Veg. Sci.* 8: 199–208.
- Manly, B. F. J. 1994. *Multivariate statistical methods.* – Chapman & Hall.
- Milberg, P. & Hansson, M. L. 1994. Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland. – *J. Veg. Sci.* 5: 35–42.
- Nilsson, C. 1992. Increasing the reliability of vegetation analysis by using a team of two investigators. – *J. Veg. Sci.* 3: 565–565.
- Odell, G. & Ståhl, G. 1998. Vegetationsförändringar i skogsmark från 1980-talet till 1990-talet – resultat från den landsomfattande ståndortskarteringen. – *Svensk Bot. Tidskr.* 92: 227–232.
- Palmer, M. W. 2000. Ordination methods for ecologists. – På internet: <<http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate/>>.
- Tonteri, T. 1990. Inter-observer variation in forest vegetation cover assessments. – *Silva Fenn.* 24: 189–196.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology.* – Cambridge Univ. Press.
- Wahlman, H. & Milberg, P. 2002. Management of semi-natural grassland vegetation: evaluation of a long-term experiment in southern Sweden. – *Ann. Bot. Fenn.* 39: 159–166.

## ABSTRACT

Milberg, P., Rydgård, M. & Stenström, A. 2003. Utvärdering av vegetationsförändringar: hur ska man analysera fasta provtytor? [Evaluation of vegetation changes in permanent plots using ordination methods.] – *Svensk Bot. Tidskr.* 97: 107–116. Uppsala. ISSN 0039-646X.

Repeated surveys of vegetation in permanent plots are widely used when evaluating management in nature reserves. However, the evaluation of multi-species data is difficult. Here, we demonstrate how direct ordination methods can be used to analyse data from permanent plots. We focus specifically on partial redundancy analysis (pRDA), where plot identities are used as covariables to remove differences between a set of plots to highlight the temporal change. The latter is evaluated with a permutation test.



Per Milberg är växt-ekolog, docent och lärare vid Biologiavdelningen-IFM, Linköpings universitet. Hans forskning rör främst ogräsekologi, gröningsbiologi och vegetationsökologi.

Adress: Avdelningen för biologi-IFM, Linköpings universitet, 581 83 Linköping  
E-post: [permi@ifm.liu.se](mailto:permi@ifm.liu.se)



Mats Rydgård är växt-ekolog, fil. lic. och arbetar med handläggning, uppföljning, vård och förvaltning av naturvårdsobjekt vid Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Adress: Länsstyrelsen Västra Götaland, Naturvårds- och fiskeenheten, 542 85 Mariestad  
E-post: [mats.rydgard@o.lst.se](mailto:mats.rydgard@o.lst.se)



Anna Stenström är växtekolog, fil. dr. och ansvarig för uppföljning av miljömål inom naturvård vid Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Adress: Länsstyrelsen Västra Götaland, Naturvårds- och fiskeenheten, 403 40 Göteborg  
E-post: [anna.stenstrom@o.lst.se](mailto:anna.stenstrom@o.lst.se)