

# Terrestrisk naturovervåking

## Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller

-analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regionale miljøvariable

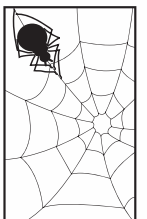
V. Bakkestuen  
L. Erikstad

**NINA Oppdragsmelding 759**

Program for terrestrisk naturovervåking

Rapport nr. 117

Oppdragsgiver: Direktoratet for naturforvaltning  
Deltagende institusjoner: NINA



# Terrestrisk naturovervåking

## Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller

-analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regionale miljøvariable

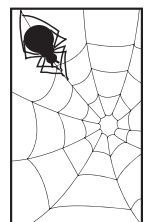
Vegar Bakkestuen  
Lars Erikstad

Program for terrestrisk naturovervåking

Rapport nr. 117

Oppdragsgiver: Direktoratet for naturforvaltning

Deltagende institusjoner: NINA



## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport

#### NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding

#### NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA-NIKU Project-Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problem eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgruppe.

### Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvernavdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

### Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller – analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regionale miljøvariable - NINA Oppdragsmelding 759: 1-35.

Oslo, Oktober 2002

ISSN 0805-469X

ISBN 82-426-1342-7

Forvaltningsområde:

Naturovervåking, Monitoring

Rettighetshaver ©:

Copyright NINA•NIKU Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Oppdragsmeldingen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Erik Framstad

Design og layout:

Ingrid Brandslet

Tegnekontoret NINA•NIKU

Tegnekontoret NINA•NIKU

Sats: NINA•NIKU

Trykk: Norservice

Opplag: 100 (også tilgjengelig digitalt som pdf-format)

Trykt på miljøpapir

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tel: 73 80 14 00

Fax 73 80 14 01

Internett: [www.ninaniku.no](http://www.ninaniku.no)

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 15453

Signature of responsible person:



Oppdragsgiver: Direktoratet for naturforvaltning, DN

## Referat

Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2002. Terrestrisk natur- overvåking. Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller – analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regionale miljøvariable. NINA Oppdragsmelding 759: 1-35.

Intensiv og ekstensiv overvåking har som regel to ulike fokus. Intensiv overvåking legger hovedvekt på å avdekke underliggende mekanismer, mens den ekstensive overvåkingen konsentrerer seg om arealdekkende prosesser. Begge angrepsmåter gir oss viktige svar, men for å oppnå en helhetlig overvåking må de settes i sammenheng. Det er en lang vei å gå før vi fullt ut kan forstå de faktiske sammenhengene mellom ulike skalanivåer i naturen. Denne rapporten har hatt som mål å ta noen skritt i riktig retning mot å forstå noen av disse sammenhengene.

Vi har fokusert på å øke kunnskap om ulike økologiske gradienter og hvordan disse virker over ulike geografiske skalaer (fra de regionalt viktige til de med kun lokal utbredelse). Vi har i denne forbindelse tatt utgangspunkt i de verktøy og metoder som ofte brukes på de ulike skalanivåene og prøvd å integrere disse. I denne rapporten har vi spesielt fokusert på å integrere GIS-analyser (mye brukt i ekstensive analyser) med intensive vegetasjonsanalyser (danner grunnstammen i TOV vegetasjon; Terrestrisk naturovervåking). Videre har vi tatt i bruk og analysert nye og eldre flyfoto samt satellittdata. Med dette har vi prøvd å dekke både mønstre (gradienter) i rom og tid.

Noen viktige resultater kan oppsummeres slik:

- Analyse av flyfoto fra 1949 og 1987 viser at aktiviteten rundt setrene og det intensive overvåkingsområde i Møsvatn er betydelig redusert. Stier gror igjen. Skogen ser kraftigere ut. Det er færre glenner i skogen.
- Ved forrige reanalysering (andregangs analyse av flatene) av de intensive vegetasjonsflatene så vi en tilbakegang hos planter i feltsjiktet. Det ble foreløpig konkludert at dette sannsynlig var resultat av et tettere tresjikt. Vår analyse av flyfoto bekrefter at det i en lengre periode, før oppstarten av TOV-Møsvatn i 1992, har vært en generell fortetning i tresjiktet. Det er derimot ting som tyder på at denne trenden i senere tid har opphørt og nå er i ferd med å snu.
- Ved multivariat behandling (PCA) av miljøvariable hentet ut fra GIS i ulike skalaer (fra 20 x 20 km til 100 x 100 m) har vi kunnet etablere økologiske relevante gradienter (arealdekkende) i et større område rundt Møsvatn. En komparativ landskapsanalyse (naturtypekartlegging) ga mange sammenfallende mønstre
- Betydningen av regionale gradienter (høyde/-temperatur) til meso-skala lokale gradienter (næring,

lokal hydrologi, topografi) slår ut ulikt i forhold til den skala de måles på. Det ser ut som de regionale gradientene dominerer ned til ca 5 km oppløsning, og de lokale gradientene dominerer opp til en oppløsning på ca 500 m – 1 km.

Disse resultatene er nyttige også i forhold til de TOV overvåkingselementene som benytter større arealer som for f.eks. fugl. De vil videre være relevante for å se hvor godt detaljovervåkingsflatene knyttet til for eksempel vegetasjon, representerer landskapet omkring. De vil også være sentrale for å regionalisere resultater fra intensiv overvåking og dermed gi disse en arealdekkende betydning.

**Emneord:** metodeutvikling - vegetasjon - boreal bjørkeskog - arealdekkende overvåking - landskapsanalyse - GIS- multivariat statistikk

Vegar Bakkestuen & Lars Erikstad;

Norsk institutt for naturforskning, Dronningensgate 13, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo.

E-mail:

vegar.bakkestuen@nina.no, lars.erikstad@nina.no

## Abstract

Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2002. Monitoring of terrestrial ecosystems (TOV): Development of methods with focus on land cover models, fine scale vegetation data and regional environmental variables. - NINA Oppdragsmelding 759: 1-35.

Intensive and extensive monitoring traditionally have different purposes. Intensive monitoring aims to explore underlying ecological mechanisms, while extensive monitoring concentrates on spatially representative patterns. Both approaches generate important results, however for comprehensive monitoring they need to be interconnected. Much work has to be done before the scale relations in nature can be fully understood. This report aims to contribute to this understanding.

This report focuses on different ecological gradients and how these are expressed at different spatial scales (from regional gradients to those with local importance). Our approach expands and utilises methods normally used at fixed scales and applies these for a wider range of scales. We have specially focused on integrating spatial analysis in GIS (commonly used in extensive monitoring) with intensive vegetation analysis (a foundation in TOV vegetation monitoring). Additionally, we have exploited and analysed present and 50 year old aerial photos, and also explored the potential of satellite image analysis. With these approaches we have tried to cover both spatial and temporal patterns and processes.

Some results for the selected study area are:

- Comparative analysis of aerial photos from 1949 and 1987 reveals considerably lower summer farm activity in Møsvatn both in the monitoring area (birch forest) and in the mountain pasture area close by. Paths are in the process of being overgrown. The forest seems to have grown more dense and there are fewer openings.
- Some vascular plants had decreased in amount at last survey of the vegetation monitoring plots. We did preliminary conclude that this was a direct effect of a more dense forest canopy. Our new results derived from the aerial photo analysis confirm that the canopy have become denser, at least in the 40 years before initialisation of the TOV monitoring program in this area. However, there is indications now that this trend may have come to an end and now is about to turn, but this is not linked to grazing activity.
- By using multivariate treatment (PCA) of environmental variables (derived from GIS spatial analysis) we have identified many relevant ecological gradients at different spatial resolution (from 20 x 20 km to 100 x 100 m) in a larger area around the vegetation monitoring site. Unlike gradients established from selected sample

plots, which only can be correctly inferred for other areas by assuming that similar processes apply, this approach integrates continuous data covering the larger area and identifies valid regional gradients. We have also performed a comparative landscape analysis by means of identifying and delineating nature types. Both methods revealed many similar patterns.

- The significance of regional gradients (elevation/temperature) and local scale gradients (nutrient state, local hydrology, topography) is connected to the spatial resolution of the measurements. Typically, regional gradients dominate at a spatial resolution down to approximate 5 km, and local gradients up to resolutions of 0.5 – 1km.

We believe that this approach, methods and results also can be used in monitoring of other organisms and species groups, e.g. in the TOV bird monitoring program that in fact uses an area similar to what has been used here. Additionally, they may be highly relevant for testing how well sample plots for intensive monitoring represent the total variation in the landscape. They will also be of importance in understanding how underlying ecological processes influence spatial patterns in larger areas.

**Key words:** Development of methods - vegetation -boreal birch forest - area cover - monitoring - landscape analysis – GIS - multivariate statistics

Vegar Bakkestuen & Lars Erikstad;

Norsk institutt for naturforskning, Dronningensgate 13, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo.

E-mail:

vegar.bakkestuen@nina.no, lars.erikstad@nina.no

# Forord

En forutsetning for en effektiv og god miljøovervåking er å forstå hvordan økosystemene er bygget opp og fungerer. Valg av skala (oversikt eller detalj, intensiv eller ekstensiv) er vanskelig fordi metoder og kostnader er svært forskjellige og fordi sammenhengen mellom data hentet fra for eksempel satellitt og data målt på bakken kan være uklar. Økt kunnskap om hvordan økologiske gradienter virker i ulike geografiske skalaer vil være av stor betydning når endringer målt i vegetasjonen på detaljert nivå skal gis en arealdekkende tolkning for endringer på landskapsnivå. En utvidet forståelse av prosesser og endringer i vegetasjonssammensetningen i TOVs prøveflater, og hva dette betyr for forståelsen av endringsprosessene i større områder, vil være sentralt når man etter hvert legger økt vekt på arealorienterte angrepsmåter i naturforskning og -forvaltning.

Vi har med denne rapporten satt oss som mål å øke vår kunnskap og prøve å gi svar på noen av disse sentrale spørsmålene. Særlig har vi lagt vekt på å utnytte potensiale i regional og lokal analyse av relevante økologiske variable ved hjelp av GIS. Vi har videre fokusert på å ta i bruk robuste, objektive metoder med hensikt å bygge opp statistisk holdbare analyser.

Vi ønsker å takke DN med Signe Nybø for å ha kommet med verdifulle innspill i løpet av prosjektperioden.

Arbeidet er et resultat av en likeverdig innsats av forfatterne.

Vegar Bakkestuen & Lars Erikstad  
Oslo, oktober 2002.

# Innhold

<b>Referat</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
<b>Forord</b> .....	5
<b>1 Innledning</b> .....	6
1.1 Motivasjon .....	6
1.2 Bakgrunn .....	7
<b>2 Undersøkellesområdet</b> .....	8
<b>3 Materiale og metoder</b> .....	10
3.1 Arealdekkende undersøkelser av regionale og lokale økologiske gradienter .....	10
3.2 Utledning av miljøvariable .....	11
3.3 PCA-ordinasjon av økologiske variable .....	12
3.4 Behandling flyfoto og satellittbilde .....	13
3.5 Vegetasjonsøkologisk feltdesign for intensivundersøkelsene .....	13
<b>4 Resultater</b> .....	15
4.1 Hovedstrukturene på de ulike skalanivåene - PCA av miljøvariable .....	17
4.2 Intensivundersøkelsene .....	24
4.3 Korrelasjoner mellom DCA-akser og variable utledet i GIS-modellen .....	25
<b>5 Diskusjon</b> .....	26
5.1 Sammenheng mellom regionale og lokale gradienter på ulike skalaer .....	26
5.2 Sammenheng mellom vegetasjonsgradienter og økologiske kompleksgradienter på grovere skalanivåer .....	27
5.3 Klassifisering arealdekke i økosystem relevante naturtyper .....	27
5.4 Flyfoto og satellitt .....	27
5.5 Videre arbeid .....	28
<b>6 Konklusjon</b> .....	29
<b>7 Referanser</b> .....	30

# Innledning

## 1.1 Motivasjon

Miljøovervåking benyttes av forvaltningen til å dokumentere utviklingen ved ulike sider av miljøet vårt, og danner også utgangspunktet for forvaltningstiltak for å forbedre miljøet. Miljøovervåking har således som mål å vise hvordan ulike menneskelig aktiviteter påvirker naturen. Dette krever både oversikt over utviklingen innen større områder og forståelse av hvordan denne henger sammen med mekanismer som kan observeres i detalj i naturen. På denne måten kan påviste endringer knyttes til underliggende mekanismer. Overvåking av endringer i en romlig skala vil sjelden tilfredsstillende både behovet for landskapsmessig oversikt og behovet for detaljert forståelse av de prosesser som styrer endringene i et område. Samtidig er det vanskelig å knytte informasjon fra to ulike skalaer sammen.

Om det lykkes å knytte disse to skalaene sammen vil overvåkingsdata fra detaljerte undersøkelser kunne ses i sammenheng med informasjon om omgivelsene i større områder rundt overvåkingsområdene, slik at forståelse utviklet på detaljert nivå kan generaliseres til å gjelde større arealer. Samtidig vil informasjon som samles inn på landskapsnivå, for eksempel ved analyse av satellittbilder kunne settes i sammenheng med en detaljert forståelse av prosessene i naturen og på denne måten kan man sikre at fjernmålingsundersøkelser gjenspeiler det som virkelig foregår på bakken. Til sammen vil dette bety en styrking av den totale overvåkingsinnsats, sikrere forståelse av hva som faktisk skjer og hvorfor det skjer.

Formålet med Terrestrisk overvåkingsprogram (TOV) er å avdekke endringer i biologisk mangfold og om mulig si noe om årsaken til disse endringene. Endringer i vegetasjonen måles i småruter på en kvadratmeter i særlig utvalgte intensivområder. Endringene er resultater av mange ulike prosesser som foregår i ulike skalaer både i tid og rom. Analyser som utvider perspektivet i retning av å forstå disse prosessene og deres geografiske betydning, vil øke den forståelsen av dynamikken som vi måler i rutene og dermed bedre tolkningsgrunnlaget i TOV. Dette betyr at konklusjoner som trekkes i TOV på grunnlag av endringer i rutene blir sikrere og konsekvensen av de endringer som oppdages blir lettere å forstå i en videre geografisk sammenheng.

En landskapsanalyse har som mål å gi en oversikt over naturtyper, deres fordeling og på sikt gi et grunnlag til å dokumentere eventuelle endringer i naturtypene og deres fordeling. En mer objektiv klassifisering av landskapet i naturtyper kan oppnås gjennom for eksempel en statistisk behandling av relevante landskapsegenskaper. Når klassifiseringen av naturtyper og endringene i disse blir mer objektiv, betyr dette at man med større sikkerhet kan kvantifisere evt. endringer på landskapsnivå. Arbeidet vil

på denne måten kunne bidra til å knytte TOV-områdene sammen med den øvrige naturforvaltning hvor naturtypebegrepet står sterkt (jfr DN's håndbok 13 1999) gjennom i større grad kvantifisere hvor stor endringene i naturtypene er.

Dette prosjektet har hatt til formål å gjennomføre en landskapsanalyse for området rundt TOV-feltet Møsvatn-Austfjell med utgangspunkt i eksisterende data og utført i ulike skalaer fra detaljert landskapsnivå og oppover. Videre har det vært et mål å relatere prosesser og endringer målt i intensivundersøkelsene med prosesser og endringer målt i landskapet og vice versa. Analysen omfatter bruk av eksisterende geografiske digitale data som topografiske kart, temakart så vel som terrengdata, flyfoto og satellittdata. Gjennom studier av flyfoto fra ulike tidspunkter er det også inkludert data som strekker seg lenger tilbake enn det selve TOV-målingene gjør, noe som bidrar til lettere å forstå de endringene som observeres i området. Det har også vært en målsetting å etablere statistisk holdbare sammenhenger mellom de ulike skalanivåene. Dette vil bidra til å forutsi fremtidig utvikling i intensivflatene og sette endringer som kan observeres på høyere skala nivå inn i en økologisk meningsfull sammenheng.

Ved denne landskapsanalysen håper vi å bidra til

- at det blir lettere å skille ulike typer effekter (forurensing, klima, arealbruk osv) og å få mulighet til å koble intensiv og ekstensiv overvåking på en kosteffektiv måte.
- å øke kunnskapen om de ulike miljøgradienters skalarforhold som vil være av stor betydning når endringer målt i vegetasjonen på detaljert nivå skal gis en areal-dekkende tolkning for endringer på landskapsnivå, blant annet å beregne hvor stort areal som kan ventes å ha tilsvarende vegetasjonsendringer i nærliggende områder.
- å bedre forståelse av den interne strukturen av ulike arealparametre (geologi, terreng, fuktighetsforhold, arealbruk), se på hvordan slike data representeres i ulike skalaer, og finne viktige parametre som bygger opp og strukturerer arealdekket. Dette er avgjørende for å forstå hva som er årsak til endringene som observeres i smårutene.
- å utvide forståelsen av landskapsutviklingen i området, inklusiv forandringer i arealdekket i løpet av en lengre tidsperiode enn det som TOV i seg selv dekker. Metoden egner seg blant annet til å spore endringer i arealbruk som beiteintensitet, hogst, utbygging med mer og å kvantifisere hvor stor virkning slike endringer har.

## 1.2 Bakgrunn

Den pågående vegetasjonsovervåkingen i TOV har hittil fokusert på å beskrive og kvantifisere tre hovedtyper av variasjon; (i) variasjon i økologiske faktorer, (ii) variasjon i artsmengder og (iii) variasjon i avledede vegetasjonsegenskaper. Eksempler på økologiske variable som måles er jorddybde, helning, eksposisjon og mer sur nedbør relaterte variable er pH, glødetap, ombyttbare kationer osv. Variasjonen i artsmengder kvantifiseres i to ulike måleskalaer (smårutefrekvens og prosent dekning) innen 50 1m<sup>2</sup> analyseflater i hvert TOV område. Variasjon i artsrikdom ( $\alpha$ -diversitet) og endringer i artssammensetting ( $\beta$ -diversitet) langs gitte (kompleks)gradienter er de to viktigste avledede vegetasjonsegenskaper som kvantifiseres i dagen TOV-opplegg.

Dagens TOV design fanger opp variasjon og endringer i tre typer mønstre; (i) romlig mønster – fordeling av en variabel i et geografisk koordinatsystem, (ii) tidsmønstre – fordeling langs en tidsskala og (iii) mønstre i rom og tid (*spatiotemporal patterns*) som samtidig tar hensyn til geografisk fordeling og fordeling langs en tidsakse.

Kvantifisering av variasjon og studier av deres mønstre gjøres på relativ fin skala i dagens TOV design (de fleste direkte knyttet til analyseflatene). Men alle typer variable (både økologiske og biologiske) har en struktur i rom eller tid på en eller flere skalaer. Mønstre på en skala kan være (og er ofte) resultater av prosesser på andre skalanivåer. For eksempel kan geologiske strukturer på et grovt skalanivå gi opphav til for eksempel en topografisk/uttøringsgradient i skog (fra frisk granskog i forsenkningene til tørketålede lavfurusskog på kollene) på finere skalanivå. Likeledes kan nabointeraksjoner mellom individer av ulike arter på et finere skalanivå i et relativt økologisk homogent område gi opphav til strukturer på et grovere skalanivå (e.g. Shevtsova et al. 1995).

Mønstre i arters forekomst og mengde kan bestemmes av 4 ulike hovedkategorier av prosesser (strukturerende faktorer) i ulike skalaer (Økland 1990; Økland 1997):

- (i) Evolusjon – viktig prosess på svært lange skalaer i tid og på grove romlige skalaer,
- (ii) begrenset fysiologisk toleranse ovenfor ytre faktorer som begrenser arters forekomst langs økologiske (kompleks)gradienter,
- (iii) interspesifikke interaksjoner – påvirker individer som vokser sammen og forårsaker bl.a. utvidelse, innsnevring, økning eller reduksjon av artenes forekomst og mengde langs en kompleksgradient og
- (iv) tilsynelatende tilfeldigheter – ikke forutsigbare prosesser som fører til ujevn fordeling av ulike plantearter i et ellers økologisk homogent område.

Dagens TOV konsept for overvåking fanger hovedsakelig opp variasjoner i vegetasjonen forårsaket av prosesser fra

punktene ii til iv, (sett bort fra det faktum at evolusjon over lang tid har gjort artene tilpasset til disse voksestedene). I overvåkingen vil det være viktig å skille mellom hvordan disse ulike prosessene forårsaker variasjoner i vegetasjonen, selv om dette i prinsippet kan vise seg å være veldig vanskelig. Dette for å kunne skille mellom hva som er den reelle årsaken til de endringene i vegetasjonen som observeres ved overvåking. Derfor har det hittil vært fokusert på å måle ytre faktorer (prosess ii) og kvantifisere hvor mye disse bidrar til å forklare de målte variasjonene i vegetasjonen. Den variasjonen som ikke kan forklares av ytre målte faktorer blir tilskrevet prosesser på nivå iii og iv. I overvåking av bunnvegetasjon i granskog pågår imidlertid et prosjekt som prøver å kvantifisere viktigheten av prosesser på nivåene iii og iv (Økland 1994; Økland 2000; Økland & Bakkestuen in prep).

Fokuset på nivå ii har gjort at vi har søkt etter vegetasjonsøkologiske modeller/teorier som søker å forklare arters mengde og forekomst langs økologiske kompleksgradienter. Det har vist seg at ulike gradientmodeller (Økland 1990; Jongmann et. al 1995) har vært velegnet for slike studier Gradientmodeller kan deles i:

- (a) artsresponsmodeller – modeller for variasjon i arters mengde langs gradienter
- (b) kompleksgradientmodeller – modeller for økologiske faktorerers samvariasjon (inndeling av kompleksgradienter i gradienttyper)
- (c) gradientmodeller for vegetasjon – variasjon i vegetasjonssammensetting langs kompleksgradienter og muligheter til å finne de prosessene som forårsaker disse

I TOV har vi konsertert oss om punkt (b), for å finne hovedstrukturen i de økologiske variablene som er samlet inn, og punkt (c), for å finne hovedstrukturene i vegetasjonen og de underliggende kompleksgradientene som styrer disse. Ut fra dette har vi funnet ut hvilke vegetasjonsgradienter som er de viktigste i hvert område, hvilke økologiske kompleksgradienter som forårsaker disse og noen av de prosesser som igjen forårsaker disse mønstrene. Ved gjentatte analyser langs en tidsakse har vi kvantifisert endringer i artsmengder, artsmangfold og artsammensetting langs de viktigste vegetasjonsgradientene. Endringene i vegetasjonen har således kunnet korreleres med endringer målt i de økologiske parametrene.

I utgangspunktet var TOV designet til å fange opp en regional gradient i langtransportert forurensing. Derfor ble TOV-områdene spredd ut langs en gradient fra et område i sørvest med antatt stor forurensing til områder i nord mindre utsatt for langtransportert forurensing. TOV områdene er således også spredd langs noen av de andre viktigste regionale gradientene i Norge slik som (1) en temperaturbetinget gradient med hovedretning fra sør og lavt over havet til nord og høyt over havet og (2), en gradient relatert til klimaets oseanitet med hovedretning fra vest til øst og fra kyst til innland. Det har derfor vært et poeng å



skille mellom endringer i vegetasjonen som skyldes langtransportert forurensning fra naturlige variasjoner i de regionale temperatur- og oseanitetsgradientene. Dette har hittil vært gjort gjennom å samle jordprøver i alle områder for å se på endringer som kan skyldes forurensning i disse, samt å samle data fra ulike meteorologiske stasjoner i nærheten av overvåkingsområdene og tolke endringer i lys av artenes autøkologi.

Regionale temperatur- og oseanitetsgradienter kommer til uttrykk når vegetasjonsmønstre studeres på et grovt skalanivå hvor analyseflatenes størrelse (kornstørrelsen = "grain") er 50x50 km eller større (Pedersen 1990). Når kornstørrelsen avtar (for eksempel 5 x 5 km og mindre) øker sannsynligheten for at andre gradienter, som for eksempel en gradient relatert til berggrunnens næringsinnhold, blir like viktig eller viktigere enn de to dominerende regionale gradientene (Økland 1997). Det er derimot ingen skarpt skille mellom regionale og lokale gradienter. Økland (1989) og Heikkinen & Birks (1996) har vist at de regionale gradientene fortsatt kan være viktig innen bestemte områder ned mot 1 km skala, slik at regionale og lokale gradienter kan overlape hverandre i skalaintervallet 1-10 km.

I barskog er det vist at i alle fall fire av seks viktige lokale gradienter er relatert til topografisk variasjon på en eller annen skala (Økland & Eilertsen 1993; Økland 1996). Det dreier seg da om (i) næringstilgang, (ii) jorddybde/glødetap kompleksgradient fra blåbærgranskog til lavrik furuskog, (iii) median jordfuktighet og (iv) mikrotopografisk variasjon på svært fin skala. Det er dokumentert to gradienter til som ikke direkte synes å være topografisk styrt; (v) treinnflytelse og (vi) suksesjon etter forstyrrelser (brann, beite osv).

Det er liten tvil om at både regionale og lokale gradienter kommer til uttrykk innen og mellom de ulike TOV områdene. Det vil derfor være et mål å få en oversikt over hvilke hovedstrukturer av gradienter som finns innen hvert område og også på sikt hovedstrukturer av gradienter mellom områdene. Ettersom gradientene opptrer over ulike skalnivåer må også relevante økologiske variabler måles i ulike skalaer (kornopløsninger) for å kunne fange opp disse. En rekke slike variable er nå tilgjengelig i geografiske informasjonssystemer (GIS) og ved analysing og klassifikasjon av fjernanalysert data (flyfoto, satellitt mv.). I dette studiet har vi samlet og satt sammen en mengde slike geografiske data for en mer helhetlig analyse. Vi har konsentrert oss om 7 ulike kornstørrelser, 20 x 20 km, 10 x 10 km, 5 x 5 km, 1 x 1 km, 500 x 500 m, 100 x 100 m, 10 x 10 m og i tillegg har vi TOV prøveflatene på 1 x 1 meter. På flere av disse skalnivåene har vi denne gang ikke hatt tilgang på biologiske/botaniske data, slik at vi har konsentrert oss om å se på variasjon og hovedmønstre innen de økologiske variablene. På sikt vil det være meget interessant å få bygget opp et biologisk datasett som kan relateres til disse.

Sentralt i TOV-feltet har vi også fått bygd opp en modell med tanke på tidsmønstre og utviklingen i området. Til dette har vi anskaffet fjernanalysert data (flyfoto) for så sent tilbake som 1949. Disse er analysert, klassifisert og sammenlignet med nyere datakilder. Hensikten var å identifisere eventuelle endringer på dette nivået og relatere disse til pågående prosesser som er dokumentert i området under den tiden TOV-overvåkingen har pågått.

## 2 Undersøkellesområdet

### Studieområdet – Møsvatn og omegn

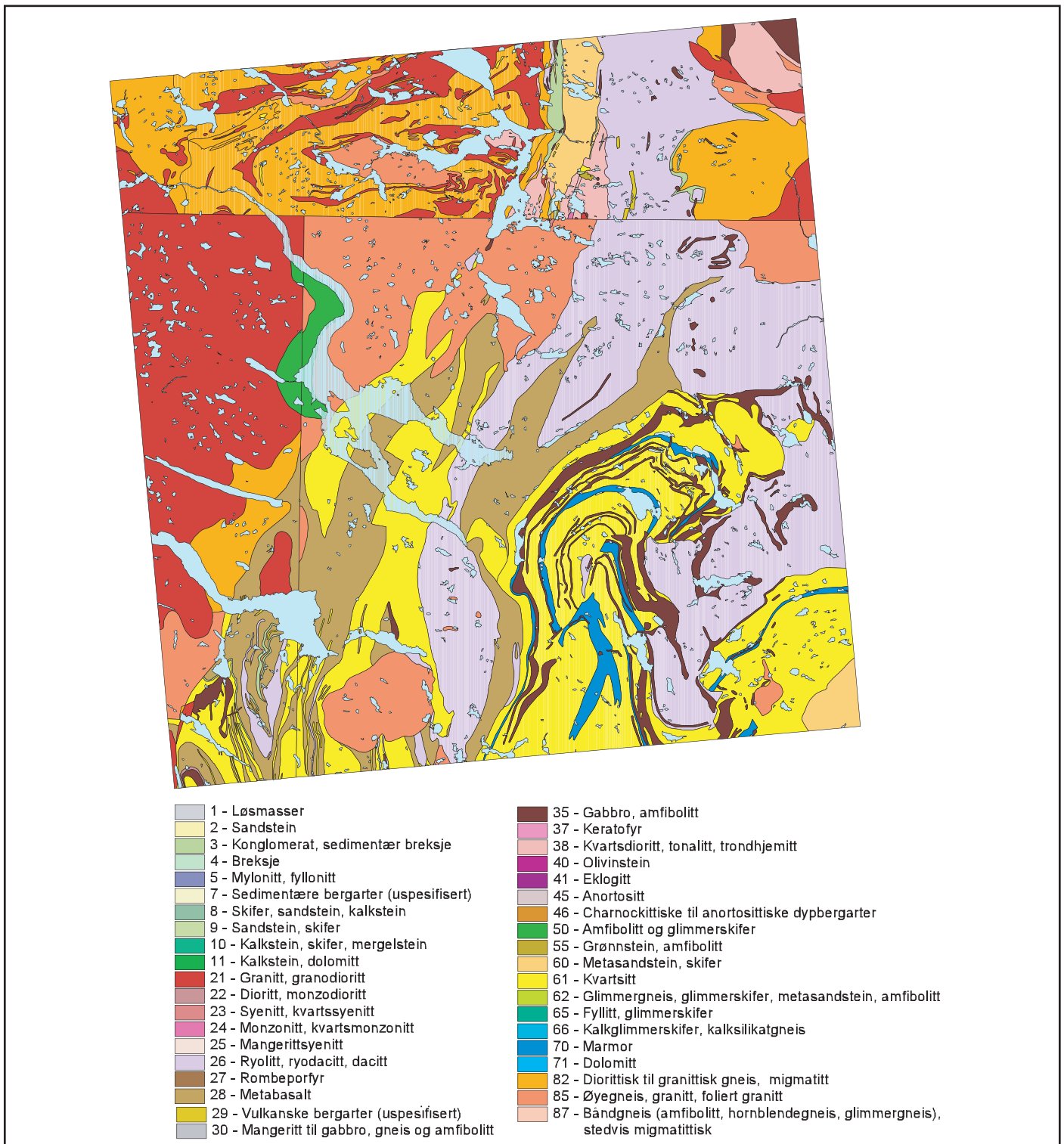
Det sentrale overvåkingsområdet som betegnes Møsvatn - Austfjell ligger ved Merakkhaugen i Tinn kommune i Telemark fylke. Området dekkes av N50-kart 1514 I Frøystaul og finnes innen kilometerruten med UTM-koordinater MM 6035. Området finnes på økonomisk kart BN 044-5-3 Hortestaul. For en mer overordnet landskapsanalyse har vi sett på et område på ca 50 x 50 km rundt det sentrale overvåkingsområdet. Dette er et område som omfatter såvel Rjukandalen og Gaustatoppen som mer sentrale deler av Hardangervidda rundt Møsvatn.

### Berggrunn og kvartærgeologi

Undersøkellesområdet ligger i det sør-norske grunnfjellsområdet. Lia ved Merakkhaugen, hvor analyserutene ligger, består av metarhyoloitt og en metamorf tuff som tilhører Rjukangruppen (Dons & Jorde 1978, Dons et al. 1990). Nordvest for området strekker det seg bånd med metabasalt og syd for området finnes et område med stor bergartsvariasjon (fra sure grunnfjellsbergarter til marmor) i en regionalt dominerende foldestruktur som også har stor betydning for landskapsformene i området (**figur 1**). Området er et typisk forfjellsområde mellom den sentrale del av Hardangervidda og de dype dalene i sør. På denne måten er landskapet delt i tre høydenivåer med godt utviklede u-daler ned mot fjordsjøer som Møsvatn mellom de to øverste nivåene og Tinnsjøen mellom de to nederst. Selve TOV-området har et tynt og usammenhengende dekke med morenemateriale, og mange blotninger av bart fjell. Jordtykkelsen i overvåkingsområdet er vanligvis mindre enn 0.5 m. Området ligger på en fjellkulle som stikker opp av et nokså jevnt skrånende flatt landskap med morenedekke og myr som strekker seg inn mot høyere fjellområder i nord. Ellers er Møsvasstangen kjent for sine noe tykkere moreneavsetninger med fine drumliner som viser siste isbevegelse under isavsmeltingen fra nord til sør (Jansen 1987). Merakkhaugen er en esker som går hovedsakelig i nord - sør retning.

### Vegetasjon og flora

Selve det sentrale undersøkellesområdet har nordborealt preg der åsene domineres av bjørkeskog og en del bakke-myrrer. I flate partier er det åpent med noe myrer og småtjern, men stort sett er det tørt med dominans av dverg-bjørk, vier og einer. Alle feltene fra 1992 var plassert i



**Figur 1**

Geologisk kart over studieområdet. Kartet er sammensatt av to forskjellige kart med noe ulike klassifikasjon – Geological map for the study area. It is a composite of two different maps with somewhat different classifications.

fattig blåbærbjørkeskog, mens de nye feltene fra 1996 er lagt delvis i rikere blokkmark-utforminger med urter og gras og et på en grunnlendt og eksponert knaus. Den alpine skoggrensa ligger i dette området på ca. 1100 m o.h. Bjørkeskogliene på sørsiden av Hjerdalen når opp i 1050-1085 m o.h. sør for Merakkhaugen og bare de aller øverste knausene er treløse. Det aktuelle området er vegetasjons-

kartlagt ved analyseringen av feltene i 1992, og vegetasjonstypene er gjengitt i Brattbakk (1993). De dominerende vegetasjonstypene er blåbærskog av blåbær-fjellkrekling-type, men spredt finnes også finnskjegg-type. Vanlig og dominant er også småbregneskog av småbregne-fjellskog-typen Den frodigste skogvegetasjonen i området er høgstaudebjørkeskog som finnes spredt i områder med høy fuktighet og sigevannspåvirkning.

I det store undersøkelsesområdet (50 x 50 km) dominerer nordboreal sone (bjørkeskog og glissen lavvokst barskog) og lavalpin sone. I de lavere liggende dalene i sør og øst finner vi innslag av mellomboreal sone hvor barskog dominerer.

### Kulturpåvirkning

Det har vært seterdrift i det aktuelle området, og i Hjordalen er det fremdeles seter i drift. Dette har medført at det har vært en del utmarksbeite i og rundt analysefeltene, samt at det har vært noe vedhogging i området. Den nærliggende rolige seterflya har flere setervoller og en må regne med at skoggrensen her fremdeles i hovedsak er kulturpåvirket. Merakkhaugen besøkes av en del fotturister. Lokaliteten hvor analysefeltene ligger, har vært antatt å være lite utsatt beiting, vedhogst og tråkk av fotturister i senere tid, men dette vil bli omtalt nærmere senere i rapporten.

### Vernestatus

Det sentrale området ligger på privat grunn, men er vernet i 1981 som en del av Møsvatn-Austfjell landskapsverneområde. Dette ble opprettet i sammenheng med Hardangervidda nasjonalpark og det utvidete undersøkelsesområdet (50 x 50 km) strekker seg så vidt innenfor nasjonalparkgrensen i det nord-vestre hjørnet.

### Tabell 1

Oversikt over miljøvariable som er innhentet for de ulike rutestørrelsene (kornstørrelsene) i den romlige GIS analysen. Forklaring på variablenes forkortelser er gitt i tabell 2 - Survey of the environmental variables that are gathered at different grain sizes for the spatial GIS analysis. Explanation of abbreviations are given in table 2.

Forkortelse	20 km	10 km	5 km	1 km	500 m	100 m
Middel høyde	X	X	X	X	X	X
Rel rel	X	X	X	X	X	X
STD høyde	X	X	X	X	X	X
Middel skråning	X	X	X	X	X	X
Max skråning	X	X	X	X	X	X
STD skråning	X	X	X	X	X	X
Sydskråningsareal	X	X	X	X	X	
Forsenkning	X	X	X	X	X	X
Vannareal	X	X	X	X	X	X
Elv/bekkareal	X	X	X	X	X	
Myrareal	X	X	X	X	X	X
Skogareal	X	X	X	X	X	X
Geo rik	X	X	X	X		

## 3 Materiale & metode

### 3.1 Arealdekkende undersøkelser av regionale og lokale økologiske gradienter

Det er lagt stor vekt på å bruke eksisterende kartmateriale i analysen. Det eksisterer kartmateriale i ulike målestokker og det har vært nødvendig å gjøre noen valg og prioriteringer med hensyn på hvilke kartkilder som er tatt i bruk denne gang. Alle romlige analyser av kartmateriale er gjort i ArcView 3.2. Billedbehandling av flyfoto og satellitt er gjort i Erdas IMAGINE (1999b). Alle henvisninger i teksten og tabell til utregning av data henviser til standard prosedyre i ArcView 3.2 med Spatial Analyst 1.2 (ESRI 1996a og 1996b).

Vi har valgt å gjøre hele analysen innenfor rammen av raster-GIS. Det betyr at vektoriserte kartdata er omgjort til raster før analysen starter. Kartdatagrunnlaget kommer i hovedsak fra tre kilder i hver sin målestokk:

- N250 data, målestokk 1:250 000
- Statens Kartverks DEM (oppløsning 100m), generert fra data i målestokk 1:50 000.
- Økonomisk kartverk, målestokk 1:5 000 (inkluderer digitale markslagskart (NIJOS)).

For overordnet landskapsanalyse har vi valgt rasteropløsning 100 meter (som høydebasen). Vi har oppsummert og utledet variable fra rasterverdiene for rutestørrelsene (kornstørrelsen) 20 x 20 km, 10 x 10 km, 5 x 5 km og 1 x 1 km i et opptil 60 km stort området. I den detaljerte analysen har vi rutestørrelse på 500 m x 500 m og 100 x 100 m med rasteropløsning på 10 x 10 meter. Arealomfanget for detaljanslysene er et ØK-kart (3.2 x 2.4 km). I og med at vi kvantifiserer mengde av ulike variable (terreng, myr, vann, skog osv.) i rutenett av ulik størrelse har vi mulighet til å se hvordan de ulike egenskapene i landskapet gir seg uttrykk i målte egenskaper i ulike skalaer. Oversikt over de data vi har innhentet for de ulike rutenett er gitt i **tabell 1**.

For å dekke hele området i en omkrets på 50 km (60 km for 20 x 20 km kornstørrelse) fra kjerneområdet i Møsvatn har vi valgt å bruke digitale kart fra kartserien N250. Dette er ett trinn mer generalisert enn data fra serien N50, men vi har ansett dataserien som tilstrekkelig for å teste ut mulighetene ved en landskapsanalyse brukt som en kobling mot intensiv naturovervåking (TOV). Et viktig poeng med prosjektet har vært å se på skalavariasjoner og kobling over skalagrenser, og det har derfor vært interessant å benytte N250 for på den måten å dekke grove skalaer som på landsbasis er rimeligere i anskaffelse og lettere håndterlig enn N50. Vi har også benyttet geologiske kart fra NGUs kartserie i målestokk 250 000 (Dons & Jorde 1978). Denne kartserien er nå tilgjengelig digitalt som et ledd i et arbeid med å gjøre geologiske data tilgjengelig for forvaltningsformål (Ryghaug 1996).

For detaljoversikter har vi brukt økonomisk kartverk med digitalt markslagkart fra NIJOS. Dette har dekning på TOV-flatene ved Møsvatn, men har generelt dårlig dekning i fjellområder. Det kan derfor ikke forventes at dette kartmateriale er tilgjengelig for alle områder som måtte være av interesse. For eksisterende TOV områder finns i alle fall disse datasettene i Lund (Stabbetorp et al. 1999) og i Åmotsdalen (Bakkestuen 1999b). Denne kartserien har et kotegrunnlag med ekvidistanse 5 meter og kan gi grunnlag for digital terrengmodeller med oppløsning på 10 meter eller grovere. Oversikt over de data vi har innhentet for de ulike rutenett på detaljnivå er gitt i **tabell 1**.

Posisjonen til analyserutene i TOV intensivovervåkingen er tatt med GPS og lagt inn som et tema i GIS modellen. For å kunne knytte landskapsegenskapene direkte til TOV-rutene har vi målt terrengegenskapene for de 10x10 m rastercellene som TOV-rutene tilhører. Det er innhentet vitale terrengdata som høyde over havet, skråning, helling, forsenkingsgrad, eksponering samt arealtilstand.

## 3.2 Utledning av miljøvariable

En av de viktigste informasjonene med hensyn på økologiske gradienter er høydeforhold (Økland 1990, 1997). I normale kart er disse angitt ved koter med ekvidistanse som varierer med målestokken på kartserien. En alternativ måte å vise fremstille terrengdata på er gjennom en digital høydemodell (DEM). Denne kan lages på ulik måte, men den som er mest brukt for analyse er en enkel rastermodell der høydepunkter er oppgitt med en viss avstand jevnt over hele terrenget (oppløsning = avstand mellom høydepunktene).

Høydemodellen kan avledes fra eksisterende koteverk (se senere), men kan også innhentes direkte fra flyfoto, satellittdata og ved bruk av ulike laser eller radarinstrumenter fra både satellitt og fly. I denne analysen har vi brukt en nasjonal høydemodell som er utledet fra koteverket fra N50. Denne høydemodellen har en oppløsning på 100 x 100 meter.

Den detaljerte høydemodellen med oppløsning 10 x 10m har vi konstruert selv ut fra det økonomiske kartverkets høydegrunnlag. Modellen har en oppløsning på 10 meter. Modellen er interpolert i programmet Surfer (Keckler 1996) med en algoritme basert på Kriging etter spesifikasjoner som beskrevet i Burrough (1996) og Burrough & McDonnell (1998).

De fleste av variablene som er referert i **tabell 1** er enkle areal eller gjennomsnittsmål. Noen av målene er noe mer kompliserte og krever en nærmere forklaring (se **tabell 2**). Sørskråningsindeksen er konstruert slik at hellingensretningen på terrenget (aspect) er delt i to (sør og nord), men forskjøvet noe mot sørvest for å fange opp optimal solinnstråling (Eilertsen & Stabbetorp 1997). Selve målet er bare en mengdemåling av pixler som vender mot sør. Forsenkingsindeksen er mer komplisert. Her har vi først gjort en analyse basert på hvert enkelt pixel og dets nærmeste naboskap (10x10 pixler). Hvis høyden til pixelen kalles  $z$  og middelhøyden til naboskapets pixler kalles  $z_{mid}$ , regner vi ut forholdet mellom disse  $z - z_{mid}$ . Hvis dette forholdet er negativt er punktets høyde lavere enn omgivelsene og vi kaller dette en forsenkning. Omvent har vi en terrengforhøyning. Vi har brukt grenseverdiene +/- 0,5 for høydemodellen med 10 meters oppløsning og +/- 5 for modellen med 100 meters oppløsning. Terreng med verdier mellom disse grenseverdiene kalles nøytralt. På denne måten er terrenget delt i tre: forsenkning (-1), Nøytralt (0) og forhøyning (+1). Indeksen summerer opp alle resultatene innen en rute. Er det overvekt av forsengkninger blir indeksen negativ, omvendt positiv.

**Tabell 2**

Forkortelser, forklaringer og kommentarer til de innhentede miljøvariable – Abbreviations, explanations and comments on the collected environmental variables.

Forkortelse	Forklaring	Kommentar
Middel høyde	Middelhøyde for ruten	Høyde over havet utregnet som middelhøyden for ruten.
Rel rel	Høyde max – Høyde min	Relativt relieff (Range), gir forskjellen mellom høyeste og laveste punkt i ruten. Ofte brukt for å diskutere relieffenergi i geomorfologi. Avhengig av skala indikerer Rel rel overordnet (utjevnet) skråning for store skråningsområder eller terrengvariasjon for områder med flatere terreng.
STD høyde	Standard avvik av høydetallene	Gir et mål på terrengvariasjoner men skiller ikke mellom lange bratte skråningspartier og småkuppert terreng med mye uro.
Middel skråning	Middel skråning (Slope)	Gir et gjennomsnittelig skråningstall for ruten. Kan brukes som mål for "mengde" skråning.
Max skråning	Maksimum skråning innen ruten	Gir en antydning om det forekommer bratt terreng, for eksempel stup innen ruten.
STD skråning	Standard avvik av skråningstallene	Gir et mål på skråningsvariasjonene og gir en antydning på terrengvariasjoner innen områder.
Sydskråningsareal	Mengde av sørskråning	Beregnet etter innstråling
Forsenkning	Mål på mengden forhøyninger og forsenkninger i terrenget	Forsenkninger og forhøyninger bestemmes ved å se på forholdet mellom høyden i et gitt punkt i forhold til middelhøyden i omgivelsene (H-Hmiddel). Terrenget defineres som forsenkning=-1, for høyning=1 og nøytralt=0. Indeksen måler summen av disse verdiene innen et gitt område.
Vannareal	Areal (antall pixler) vann innen ruten	Kartdata er omgjort til raster (pixler) med samme oppløsning (størrelse) som den høydedatabase som er brukt. Arealet måles ved å telle opp antall pixler innen ruten.
Elv/bekkareal	Lengde (antall pixler) bekk innen ruten	Angir hvor preget ruten er av bekk
Myrareal	Areal (antall pixler) myr innen ruten	Angir hvor preget ruten er av myr
Skogareal	Areal (antall pixler) skog innen ruten	Angir hvor preget ruten er av skog
Geo rik	Areal (antall pixler) rik berggrunn innen ruten	Gjort en inndeling av det geologiske kartet i fattig og rik berggrunn. Angir hvor preget ruten er av rik berggrunn.

### 3.3 PCA-ordinasjon av økologiske variable

Det ble først kjørt en korrelasjonsanalyse mellom de utledede variablene for hver rutestørrelse (kornstørrelse). Som mål for korrelasjon ble Kendall's **t** benyttet (Conover 1980). Dette er et ikke-parametrisk mål, og Fenstad et al. (1977) fremhever bruken av Kendall's **t** når den underliggende fordelingen er ukjent. I den to-sidige testen basert på **t** er nullhypotesen at to variable er gjensidig uavhengige, mens alternativet er at de samvarierer (positivt eller negativt). Beregningen av **t** og statistisk testing av denne er utført i SPSS 9.0 (SPSS 1999).

Strukturen i de 6 økologiske variabel-matrisene utledet ved GIS-analyse (se tabell 1) i ulike skalnivåer, dvs i ulike rutestørrelser, ble undersøkt med PCA (Principal Component Analysis; Pearson 1901). Før ordinasjon ble

alle variable undersøkt for normalfordeling og skjevt fordelte variable ble transformert for å oppnå best mulig symmetriske fordelinger. PCA ble kjørt i console versjonen av CANOCO 4.0 (ter Braak & Smilauer 1998). Variablene ble sentrert og standardisert og opsjonen for "correlation biplot scaling" av aksene i CANOCO ble benyttet. ArcView ble benyttet for å plote variablene i et ordinasjonsdiagram. Akseverdiene for rutescorene ble koblet opp mot originalrutenes posisjoner i GIS modellen for å visualisere den geografiske fordelingen av PCA-aksene.

### 3.4 Behandling flyfoto og satellitt bilde

For å supplere eksisterende kartdata har vi også sett på eksisterende flyfoto samt satellittdata. Det finnes flere flyfoto over området. Vi har valgt ut en fotoserie som er eldst mulig og en som er så ny som mulig. Fjellanger Widerøes serie 356 er fra 1949 og serie 8695 er fra 1987. Dette gir et godt tidspenn med tanke på å identifisere vesentlige endringer i arealbruk og arealdekke på landskapsnivå. En skulle gjerne ønsket seg også en enda nyere fotografering, men det har ikke vært tilgjengelig.

Vi har imidlertid tatt i bruk en scene fra den nyeste Landsat satellitten (Landsat 7 ETM) som er fra høsten 1999. Dette opptaket gir grunnlag for å etablere en nåtilstand men fordi dataene har relativt mye dårligere oppløsning enn flyfoto (15 meter i det pankromatiske og 25 meter i det multispektrale) må analysen holdes på et overordnet landskapsnivå. Styrken med datasettet i tillegg til at det er nytt er imidlertid at det har en multispektral dimensjon som er egnet til å analysere for eksempel tilstand til vegetasjon og arealdekke.

Når det gjelder flyfotoene er det utført en enkel analyse for områder i den nærmeste omgivelse til TOV-feltet. Dataene fra flyfotoene er derfor sammenholdt med data fra økonomisk kartverk. Flyfotoene er behandlet i programvarepakken ERDAS Imagine (ERDAS 1999a) for å produsere ortofoto som gjør en kartmessig analyse mulig. Det er fulgt standard prosedyre ved bruk av ERDAS Imagine OrthoBase (ERDAS 1999b) med grunnkontrollpunkter fra økonomisk kartverk og bruk av høydemodellen med 10 meters oppløsning som er avledet av samme kartgrunnlag.

Satellittbildet kanaler er satt sammen til et multispektralt bilde og analysert med enkle klassifikasjonsrutiner (unsupervised classification) med hovedformål å få frem skogdekket areal og å sammenligne dette med data fra digitalt markslagskart samt flyfoto fra 1949 og 1987. Videre har vi også ut fra satellittbildet regnet ut en vegetasjonsindeks, NDVI (Lillesand & Kiefer 1994), for hele området.

### 3.5 Vegetasjonsøkologisk feltdesign for intensivundersøkelsene

Metodikken for de intensive undersøkelsene følger NINAs konsept for vegetasjonsøkologiske undersøkelser (jf. Eilertsen & Fremstad 1994, 1995, Eilertsen & Often 1994, Eilertsen og Brattbakk 1994, Eilertsen & Stabbetorp 1997 og Stabbetorp et al. 1999).

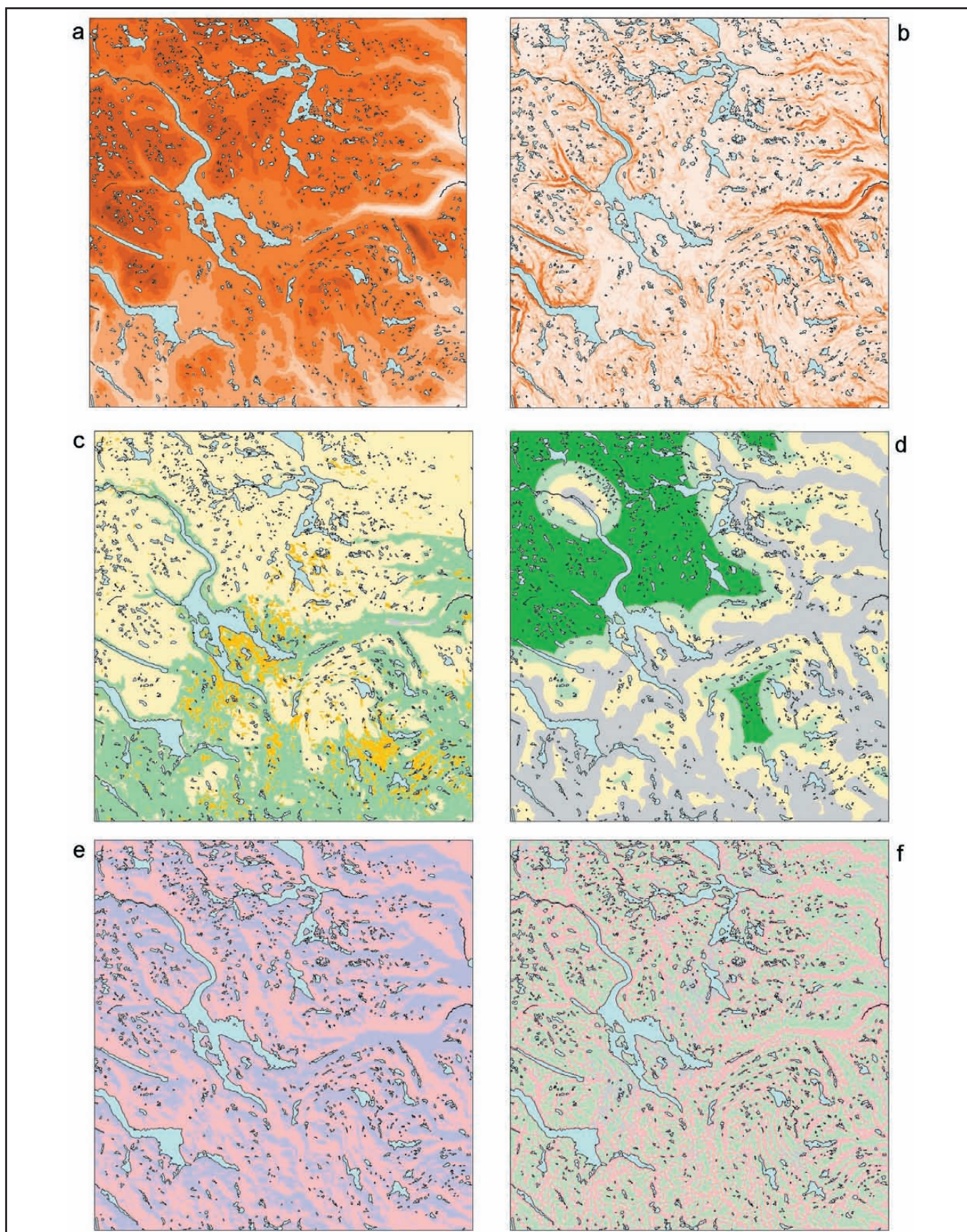
I 1992 ble 6 av analysefeltene innen overvåkingsområdet for de intensive undersøkelsene utlagt. Det er 5 analyseruter i hvert felt med noe forskjellig utforming, men hvert felt tilsvarer et areal på om lag 50 m<sup>2</sup>. Disse feltene ble

supplert med 4 nye analysefelt i 1996 á 5 x 10 m, i henhold til standard TOV-metodikk (Bakkestuen et al. 1999).

Vegetasjonsrutene er undersøkt ved hjelp av en analyse-ramme på 1 m<sup>2</sup> som er delt i 4 x 4 småruter. I hver av de 1/16 m<sup>2</sup> store smårutene er forekomst/fravær av alle arter av karplanter, moser og lav registrert. Disse registreringene danner grunnlag for utregning av artenes smårute-frekvens, som nyttes som mengdeangivelse for hver art i analyseruta. Økologiske målinger og jordprøver er foretatt på mesorutenivå, dvs i eller i tilknytning til analyseruta på 1 m<sup>2</sup>. For komplett oversikt av ulike målte miljøparametre se vedlegg 3 i Bakkestuen et al (1999).

Utleddning av de viktigste vegetasjongradientene fra de intensive vegetasjonsanalysene i Møsvatn baserer seg på DCA-ordinasjon ved hjelp av programpakken CANOCO (ter Braak 1987, 1990, ter Braak & Smilauer 1998). Det ble benyttet detrending med segmenter og ikke-lineær reskalering av ordinasjonsaksene, for å hindre negativ bueeffekt og kant-effekt (jf. R.H. Økland 1990). Aksene blir da skalert i såkalte standardavvik-enheter (SD-enheter). Videre beskrivelse av denne prosedyren er gitt i Bakkestuen et al. (1999a).

Korrelasjonsanalyser ble også utført mellom økologiske variabler og ordinasjonsakser. Videre ble det også gjort en korrelasjon mellom økologiske variable utledet fra GIS modellen (10 x 10 m) og analyserutenes posisjon langs DCA 1.



**Figur 2**

Romlig fordeling av 6 ulike variable utledet i GIS-analysen. A - Digital høydemodell (DEM). B - Skråning. C - Utbredelse av skog (grønt) og myr (gult). D - Avstand til vei. E - Sørskråninger (rødt). F - Konkave partier (rødt) og konvekse partier (grønt). Målestokk ca. 1: 850 000 – Spatial pattern of 6 variables derived from the GIS analysis. A – Digital Elevation Model (DEM). B – Slope. C – Areas with forest (green) and bogs (yellow). D – Distance to roads. E – South facing slopes (red). F - Concave areas (red) and convex areas (green). Scale ca. 1: 850 000

## 4 Resultater

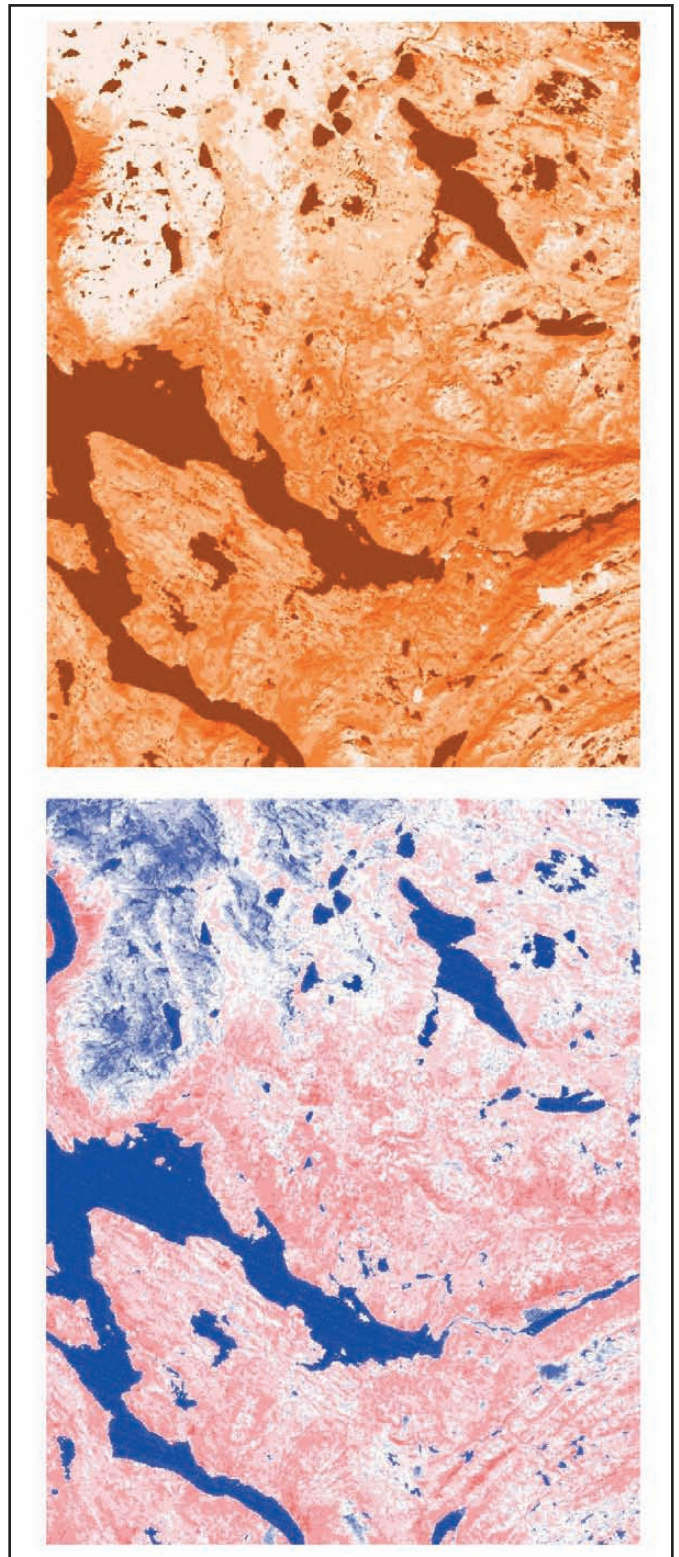
Undersøkellesområdet ligger i et overgangsområde mellom dype daler i sør og øst og høyfjell i nord og vest med Møsvatn sentralt i området (**figur 2**). Høydegradienten har en klar regional trend fra sørøst mot nordvest. De bratteste skråningene har vi tilknyttet Rjukandalen og Gaustatoppen i de østlige delene av området. Alle øvrige områder med klare glasiale daler har også markerte og bratte skråninger. Vi finner slike daler også i overgangen fra høyfjellet i nordøst til forfjellsplatået rundt de sørøstlige delene av Møsvatn. Her er det også utviklet klare fjordsjøer. Dette forfjellsplatået strekker seg fra det sørvestlige hjørnet av området over de sørlige delene av Møsvatn og gjennom det detaljerte TOV-undersøkelsesfeltet. Her er landskapet relativt flatt. Løsmassedekket er stedvis tykt og det er godt med skog og myr.

Geologien er preget av grunnfjellsbergarter med bl.a. sure og mer basiske metavulkanitter sentralt i området (**figur 1**). Sør for Rjukan finnes et område med stor geologisk diversitet med en stor fold av rike og fattige bergarter som også har stor betydning for landformene.

Bortsett fra de glasiale dalene er fordelingen av forhøyninger og forsenkninger i terrenget ganske jevnt fordelt, med områder med mest nøytral kurvatur på den løsmasserike midtre forfjellsflaten. Hovedtrenden i landskapet er en sydlig til sydøstlig skråning slik at sydskråninger regionalt dominerer over nordskråningene. Selve TOV-feltet ligger på overgangssonen mellom områder som har lang avstand til vei og tekniske inngrep (knyttet til landskapsvernområdet) (**figur 2d**) og områder med nærhet til vei og inngrep.

**Figur 3** viser to bearbeidinger av en Landsat scene fra 1999. Bilde øverst viser resultatet av en ikke styrt (unsupervised) klassifikasjon i 30 klasser, fremstilt i glidende fargeskala med 6 fargeklasser valgt ut etter naturlige endringer (natural breaks) i tallmaterialet (ESRI 1996a), og den andre en NDVI-indeks (et mye brukt mål innen fjernanalyse for vegetasjonens vitalitet) fremstilt som standard avvik med klasseinndeling på 1/4 SD-enheter.

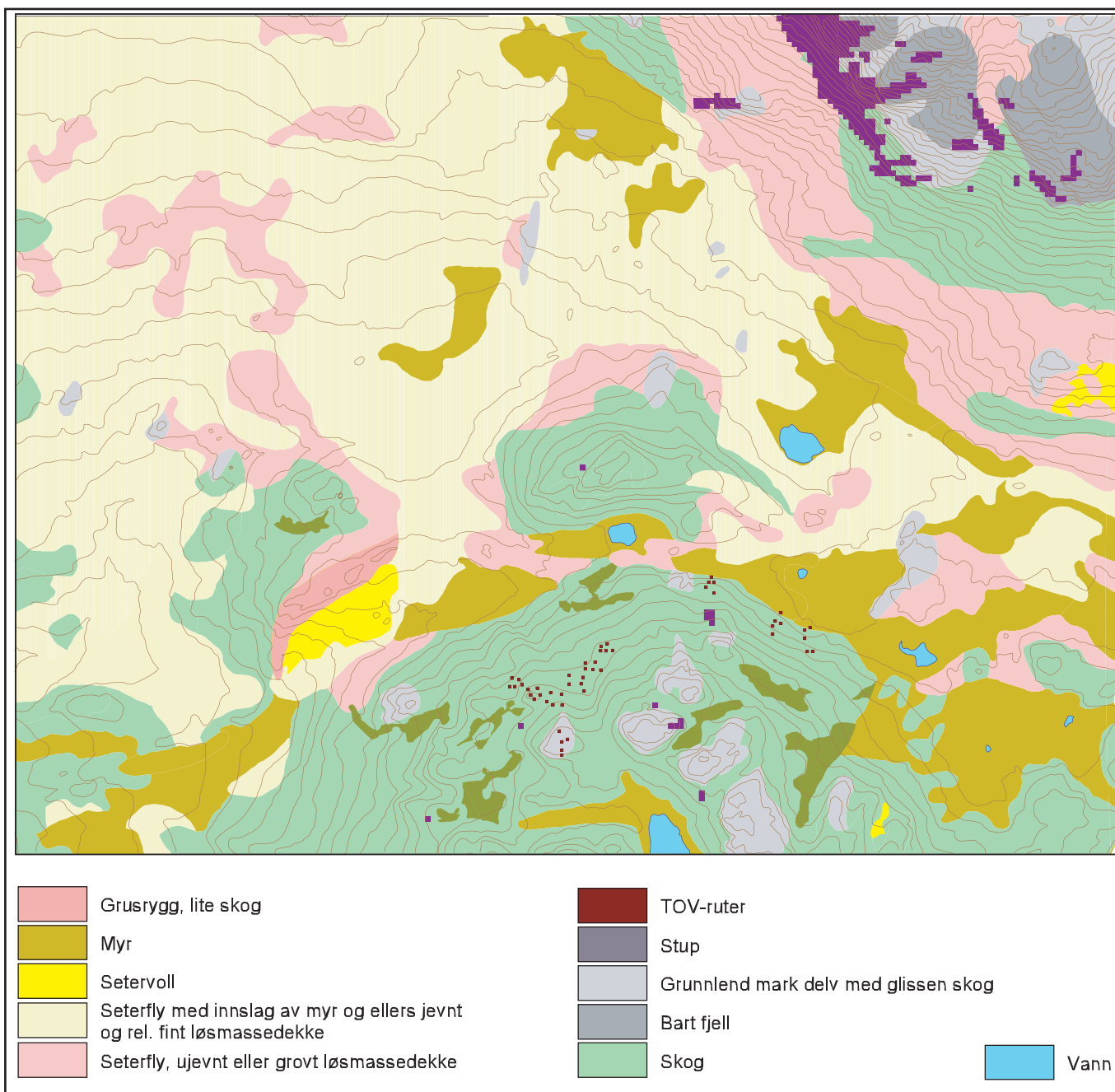
Basert på digitale markslagskart (NIJOS) og høydemodellen for området har vi laget et naturtypekart i det sentrale overvåkingsområdet (**figur 4**). Området er sterkt preget av tidligere setring og beiting og må sies å ha et ganske stort kulturpreg. Dette ses tydelig ved å sammenligne flyfoto fra 1949 med flyfoto fra 1987. På oversiktsfiguren (**figur 5**) ligger TOV-feltene sentralt i området og nærmeste setervoll ligger til venstre i figuren (se også naturtypekartet). Det eldste flyfotoet (underst) viser en rekke stier som stråler ut fra setra som vi ikke finner igjen i det nye bildet. Ved en detaljert studie av bildene ser vi en klar generell jengroingstendens også i skogen. **Figur 6** som er en detalj over området rundt TOV-feltene viser dette klart både ved at en ser at skogen er blitt kraftigere, kanten har rykket noe ut og glenner i skogen er i ferd med å gro igjen.



**Figur 3**

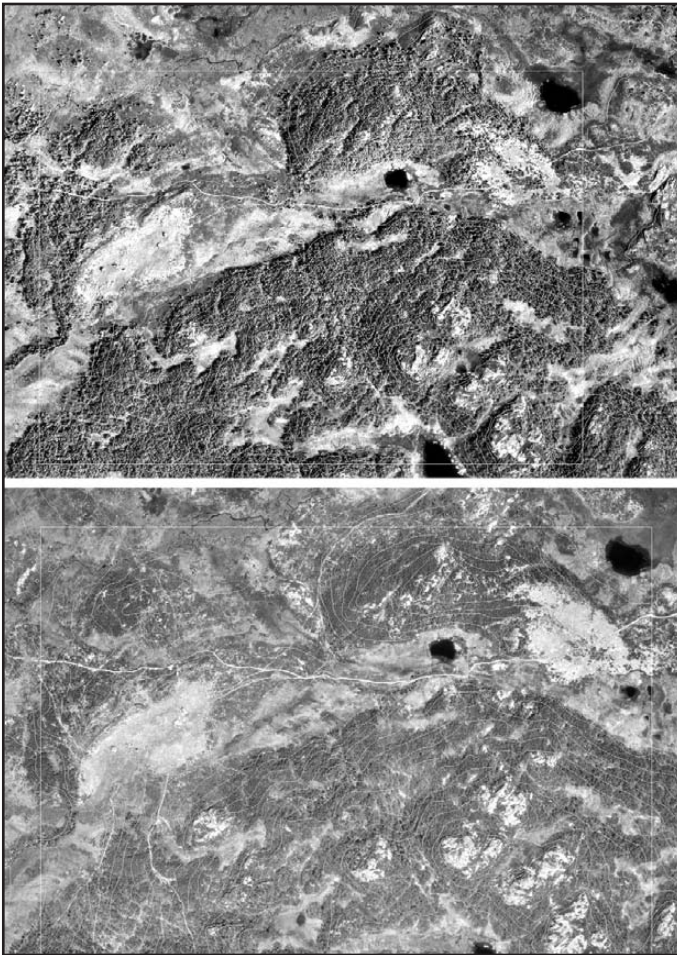
Satellittbilde - Landsat 7 ETM fra 1999. Øverst: En ikke-styrt klassifikasjon av bildets kanaler i 30 klasser. Nederst: NDVI utledet fra samme bilde. Målestokk 1 : 270 000 – A satellite image from Landsat 7 ETM. Above: An unsupervised classification of the scene into 30 different classes. Below: A NDVI derived from the same scene. Scale ca 1 : 270 000





**Figur 4**

Naturtypekart for det sentrale overvåkingsområde, framstilt gjennom en landskapsanalyse. Grunnlagskart: ØK 1:5000 (Statens kartverk) og DMK (NIJOS). Målestokk ca 1:18 000 – Nature type map for the central study area, based on a landscape analysis. Scale ca 1:18 000



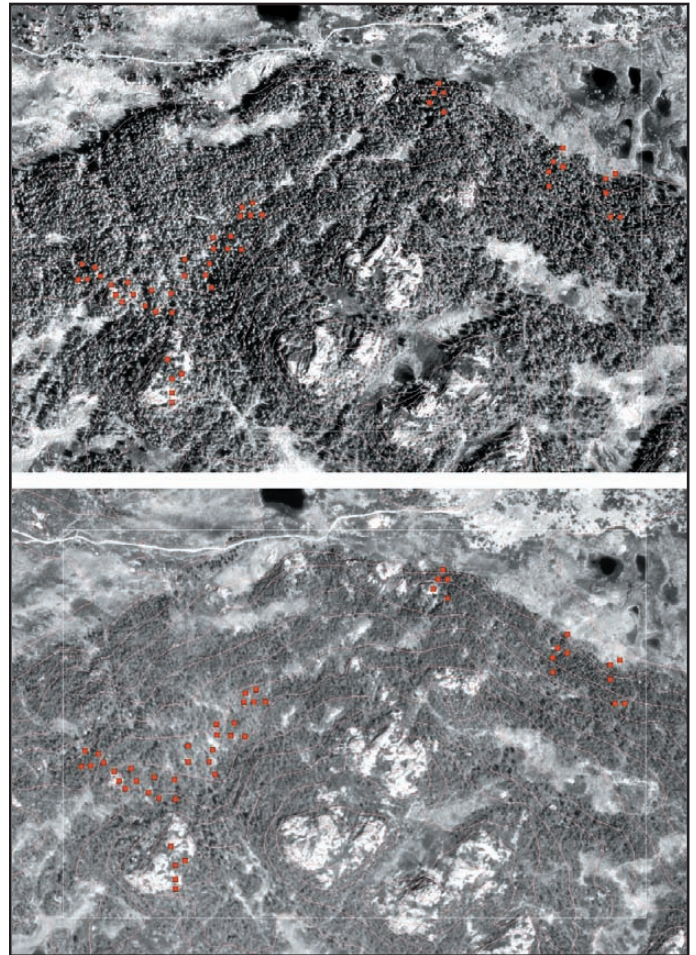
**Figur 5**  
Orthofoto med høydekoter fra ØK, over det intensive overvåkingsområdet i Møsvatn. Øverst: 1987. Under 1949. – Orthophotos, overlaid by elevation contours from ØK for the central Møsvatn monitoring area. Above 1987. Below 1949.

## 4.1 Hovedstrukturene på de ulike skalanivåene - PCA av miljøvariable

For hver rutestørrelse (kornstørrelse) ble det laget en tabell som viser alle innbyrdes korrelasjoner mellom alle utledede variable. Her presenteres slike tabeller for 10 x 10 km, 1 x 1 km og 100 x 100 m rutestørrelse. PCA-ordinasjonsdiagram er gitt for alle nivåene, mens en kartfremstilling av PC1 og PC2 også kun er gitt for 3 ovennevnte skalanivåene.

### 20 x 20 km rutestørrelse

Eigenverdiene var henholdsvis 0.496 og 0.247 for de to første PCA-aksene og totalt 74.3 % av variasjonen i den økologiske matrisa ble forklart langs disse aksene. Middell høyde og mengde vann hadde høye positive verdier langs PC1 mens relativt relieff, gjennomsnitt helning og standard avvik høyde hadde de høyeste negative verdiene langs denne aksene. Mengde myrereal og mengde områder med

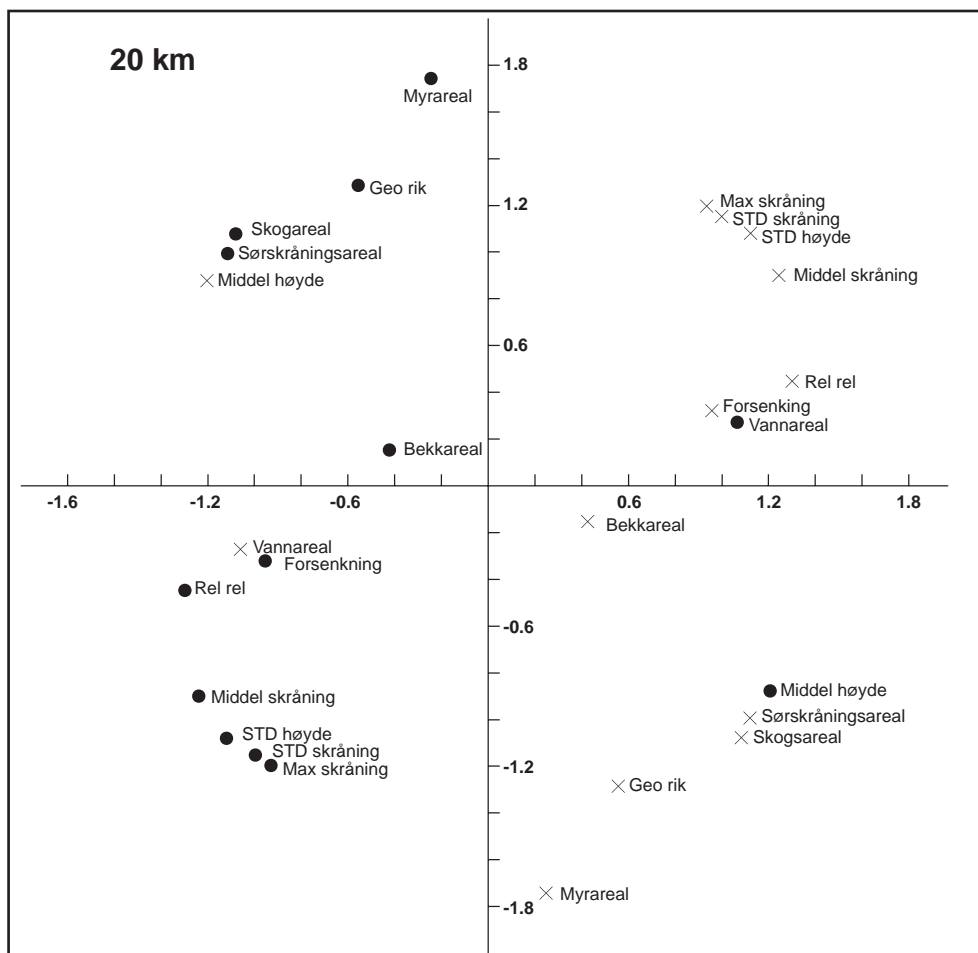


**Figur 6**  
Orthofoto, mer detaljert enn i figur 5. Øverst: 1987. Under 1949. - Orthophotos, more details shown than in figure 5. Above 1987. Below 1949.

rik berggrunnsgeologi hadde de høyeste positive PC2 verdiene, mens maksimum helning og standard avvik helning var lokalisert med de høyeste negative verdiene. PCA-ordinasjonsgrammet for de økologiske variablene er presentert i **figur 7**.

### 10 x 10 km rutestørrelse

I denne PCA-ordinasjonen var egenverdiene for PC 1 og 2 på 0.400 og 0.233. Totalt 63.4 % av variasjonen ble forklart langs disse to aksene. Mengde vann og middel høyde var best positivt korrelert med PC1 mens middel helning, standard avvik høyde og standard avvik helning hadde de høyest negative verdiene langs denne aksene. Mengde myr, mengde med rik geologi og mengde skog hadde de høyeste positive verdiene langs PC2, mens middel høyde, max hel-



**Figur 7**

PCA ordinasjon av alle miljøvariable (og forbundet variabel, indikert med kryss) utledet fra GIS analysene i 20 x 20 km rutestørrelse (kornstørrelse). - PCA ordination of all environmental variables (and conjugate variables, preceded by a cross) derived from the GIS analysis for a spatial grain size of 20 x 20 km.

ning og standard avvik helning hadde de største negative verdiene. Rute-score verdiene langs PC1 og PC2 er vist i den geografiske modellen i **figur 8c & d**. Det korresponderende PCA-ordinasjonsdiagrammet for variablene er vist i **figur 9**. Alle interne korrelasjoner mellom variablene er gitt i **tabell 3**. De fleste terrengvariablene er internt godt korrelert. Områder med rik berggrunn er høyest korrelert med mengde myr- og skogarealer.

#### 5 x 5 km rutestørrelse

PCA-ordinasjonen på dette skalanivået ga en enda lavere egenverdi for PC 1 og 2 enn de foregående ordinasjonene. Egenverdi for PC1 var på 0.361 og for PC2 på 0.203, mens 56.4 % var forklart langs disse aksene. Mengde vann, middel høyde og andel myr var best positivt korrelert med PC1, men disse variablene hadde langt dårligere korrelasjon med denne akse enn på de foregående skalanivåene. Standard avvik høyde, middel helning og relativt relieff var godt negativt korrelert med akse. Langs PC2 var nå mengde skog best positivt korrelert fulgt av mengde rike geologiske områder og mengde myr. Mest negativt korrelert med akse var middel høyde. PCA-ordinasjonsdiagrammet for variablene er vist i **figur 10**.

#### 1 x 1 km rutestørrelse

Egenverdiene for denne rutestørrelsen var ganske lik de som ble oppnådd på 5 x 5 km skalanivå, noe som indikerer at vi begynner å nærme oss den maksimale oppløsning på de geografiske datasettene som er brukt i analysen. PC1 hadde en egenverdi på 0.365 mens PC2 hadde en egenverdi på 0.195. Totalt ble 55.9 % av variasjonen forklart langs de to første aksene. PCA-ordinasjonsdiagrammet vist i **figur 8a & b**, er nokså likt med ordinasjonsdiagrammet for 5 x 5 km rutenettet. Mengde områder med rik berggrunnsgeologi og myr var dog litt dårligere positivt korrelert med PC2. Rute-score verdiene langs PC1 og PC2 er vist i den geografiske modellen for denne rutestørrelsen i **figur 11**. Korrelasjoner mellom variablene er gitt i **tabell 4**. På dette skalanivået var det flere signifikante korrelasjoner på  $P < 0.001$  enn ved 10 x 10 km nivå. Dette må ses i sammenheng med n (antall ruter) i analysen er økt fra 25 til 2500.

**Tabell 3**

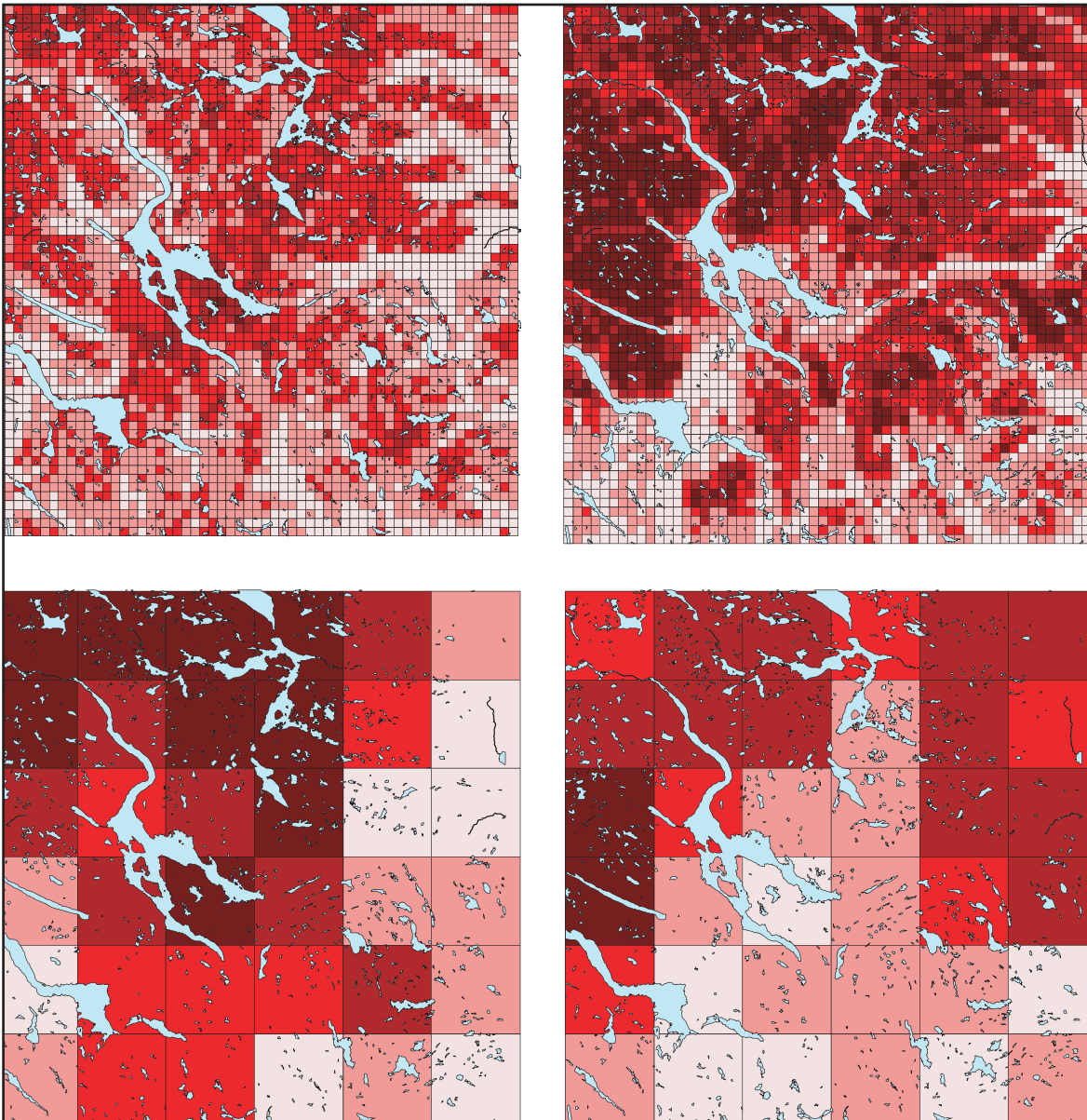
Kendall rangkorrelasjoner koeffisienter \* mellom alle innhentede miljøvariable for rutestørrelsen (kornstørrelsen) 10 x 10 km. Signifikanssannsynligheter er gitt i øvre triangel. Sterke korrelasjoner ( $P < 0.01$ ) er markert med (\*\*) mens ( $0.05 > P > 0.01$ ) er vist med (\*). – Kendall's rank correlation coefficients \* between all environmental variables collected at a spatial grain of 10 x 10 km. Significance probabilities are given in the upper triangle. Strong correlations ( $P < 0.01$ ) are marked with (\*\*) while ( $0.05 > P > 0.01$ ) are marked with (\*).

Variable	Rel rel	Middel høyde	STD høyde	Max skråning	Middel skråning	STD skråning	Sydskråningandel	Forsenkning	Elv/bekkeareal	Myrareal	Vannareal	Skogareal	Geo rik
Rel rel	1	0,008	0,000	0,001	0,000	0,000	0,108	0,004	0,881	0,785	0,007	0,006	0,241
Middel høyde	-.308(**)	1	0,029	0,247	0,024	0,029	0,120	0,036	0,817	0,005	0,042	0,000	0,002
STD høyde	.641(**)	-.254(*)	1	0,000	0,000	0,000	0,276	0,000	0,754	0,241	0,023	0,040	0,531
Max skråning	.405(**)	-0,135	.500(**)	1	0,000	0,000	0,540	0,000	0,567	0,051	0,064	0,134	0,576
Middel skråning	.613(**)	-.263(*)	.616(**)	.507(**)	1	0,000	0,241	0,002	0,673	0,127	0,000	0,037	0,683
STD skråning	.584(**)	-.254(*)	.644(**)	.685(**)	.711(**)	1	0,414	0,000	0,924	0,097	0,009	0,017	0,870
Sydskråningandel	0,187	-0,181	0,127	0,071	0,137	0,095	1	0,097	0,066	0,191	0,186	0,089	0,173
Forsenkning	.340(**)	-.244(*)	.419(**)	.440(**)	.352(**)	.413(**)	0,194	1	0,796	0,624	0,013	0,320	0,663
Elv/bekkeareal	0,017	-0,027	-0,037	-0,067	0,049	-0,011	0,214	0,030	1	0,817	0,001	0,957	0,817
Myrareal	-0,032	-.330(**)	-0,137	-0,227	-0,178	-0,194	0,152	-0,057	-0,027	1	0,733	0,004	0,000
Vannareal	-.316(**)	.237(*)	-.265(*)	-0,216	-.488(**)	-.303(**)	-0,154	-.291(*)	-.375(**)	0,040	1	0,300	0,225
Skogareal	.319(**)	-.637(**)	.240(*)	0,175	.243(*)	.278(*)	0,199	0,116	-0,006	.338(**)	-0,121	1	0,000
Geo rik	0,137	-.367(**)	0,073	0,065	-0,048	0,019	0,159	0,051	-0,027	.415(**)	0,142	.477(**)	1

**Tabell 4**

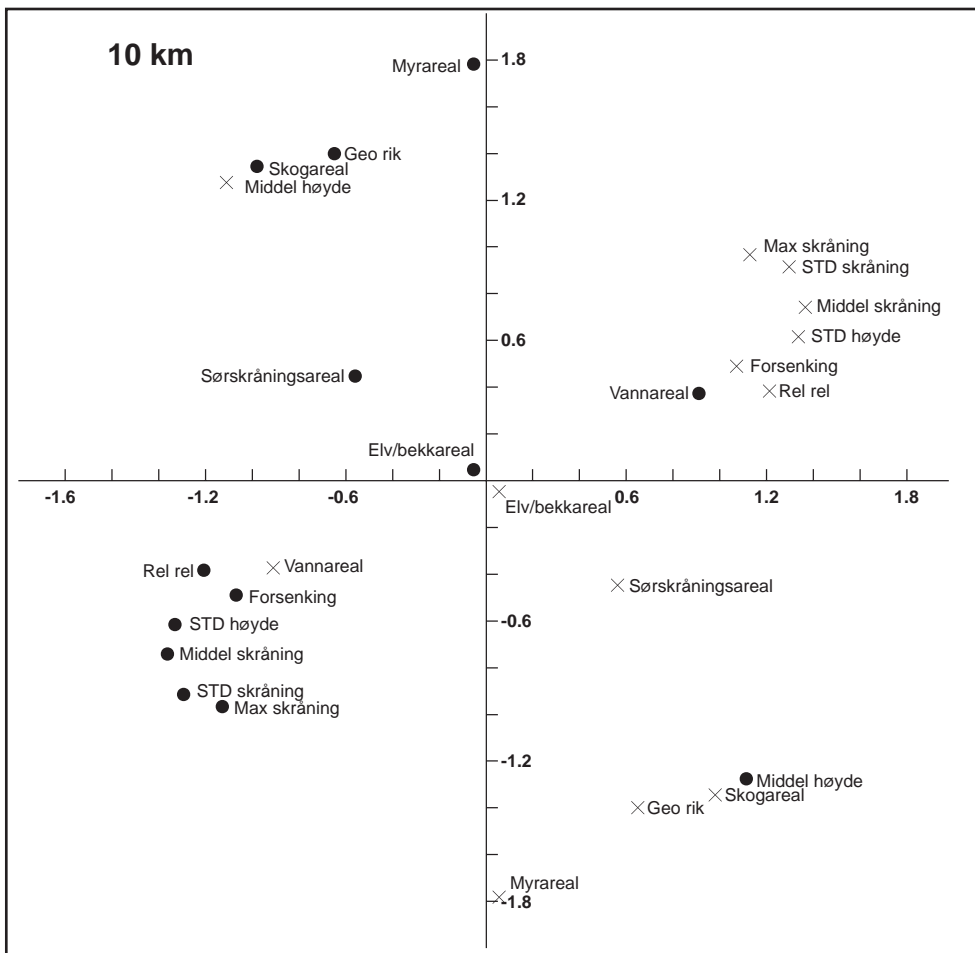
Kendall rangkorrelasjoner koeffisienter \* mellom alle innhentede miljøvariable for rutestørrelsen (kornstørrelsen) 1 x 1 km. Signifikanssannsynligheter er gitt i øvre triangel. Sterke korrelasjoner ( $P < 0.01$ ) er markert med (\*\*) mens ( $0.05 > P > 0.01$ ) er vist med (\*). – Kendall's rank correlation coefficients \* between all environmental variables collected at a spatial grain of 1 x 1 km. Significance probabilities are given in the upper triangle. Strong correlations ( $P < 0.01$ ) are marked with (\*\*) while ( $0.05 > P > 0.01$ ) are marked with (\*).

Variable	Rel rel	Middel høyde	STD høyde	Max skråning	Middel skråning	STD skråning	Sydskråningsareal	Forsenkning	Elv/bekkeareal	Myrareal	Vannareal	Skogareal	Geo rik
Rel rel	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,387
Middel høyde	-.091(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,519	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
STD høyde	.858(**)	-.093(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000	0,500
Max skråning	.688(**)	-.089(**)	.660(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000	0,079
Middel skråning	.819(**)	-.074(**)	.815(**)	.716(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,459
STD skråning	.614(**)	-.100(**)	.608(**)	.811(**)	.636(**)	1	0,005	0,140	0,080	0,000	0,000	0,000	0,197
Sydskråningsareal	.085(**)	-0,007	.079(**)	.046(**)	.084(**)	.032(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Forsenkning	.115(**)	.149(**)	.091(**)	.067(**)	.139(**)	0,017	.123(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,005	0,139
Elv/bekkeareal	.028(*)	-.056(**)	0,022	0,019	.036(**)	0,021	.061(**)	-.159(**)	1	0,000	0,000	0,004	0,082
Myrareal	-.222(**)	-.182(**)	-.223(**)	-.224(**)	-.228(**)	-.215(**)	.049(**)	-.068(**)	.055(**)	1	0,000	0,000	0,000
Vannareal	-.330(**)	.039(**)	-.303(**)	-.189(**)	-.336(**)	-.093(**)	-.190(**)	-.246(**)	-.160(**)	-.063(**)	1	0,000	0,000
Skogareal	.198(**)	-.608(**)	.197(**)	.180(**)	.196(**)	.179(**)	.062(**)	-.035(**)	.037(**)	.144(**)	-.139(**)	1	0,000
Geo rik	-0,011	-.253(**)	-0,009	-0,022	-0,009	-0,016	.044(**)	-0,019	0,023	.199(**)	-.083(**)	.329(**)	1



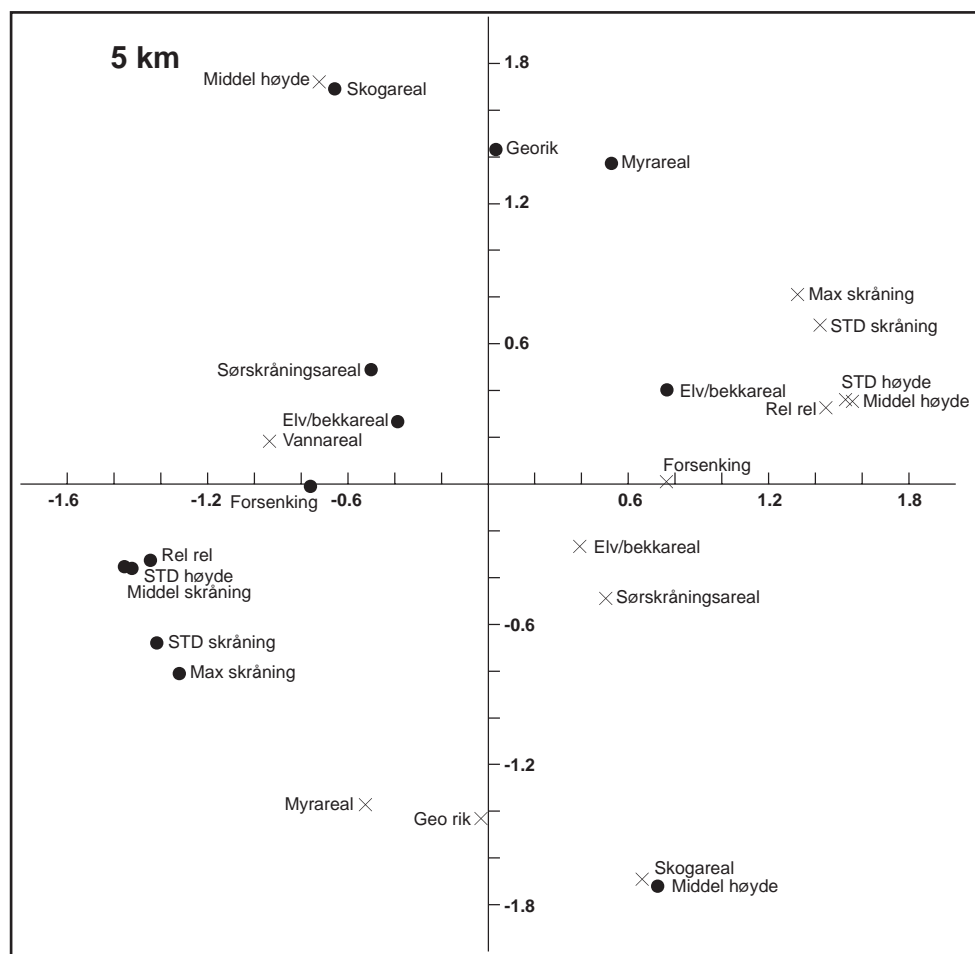
**Figur 8**

Visualisering av resultater fra PCA-ordinasjon i den opprinnelige geografiske modellen. Øverst til venstre PC1 for 1 x 1 km rutestørrelse. Øverst til høyre PC2 for 1 x 1 km rutestørrelse. Nederst til venstre PC1 for 10 x 10 km rutestørrelse og nederst til høyre PC2. Lys rød farge viser ruter med lave PC-verdier, mens mørk rød viser høye PC-verdier. – Visualisation of the PCA ordination results in the original geographical model. Upper left PC1 for a grain size 1 x 1 km. Upper right PC2 for a grain size 1 x 1 km. Lower left PC1 for a grain size 10 x 10 km and lower right PC2. Light red colours show low PC-values and dark red colours show high PC-values.



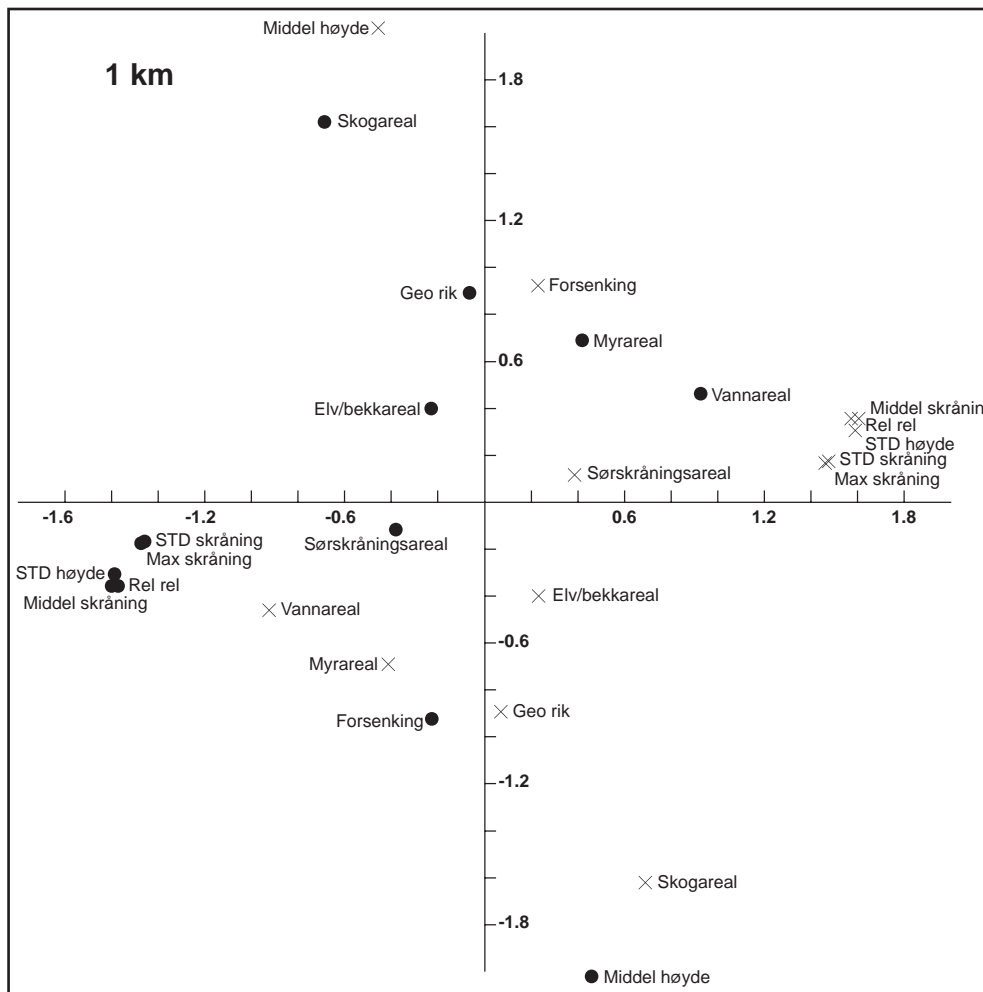
**Figur 9**

PCA ordinasjon av alle miljøvariable (og forbundet variabel, indikert med kryss) utledet fra GIS analysene i 10 x 10 km rutestørrelse (kornstørrelse). - PCA ordination of all environmental variables (and conjugate variables, preceded by a cross) derived from the GIS analysis for a spatial grain size of 10 x 10 km.



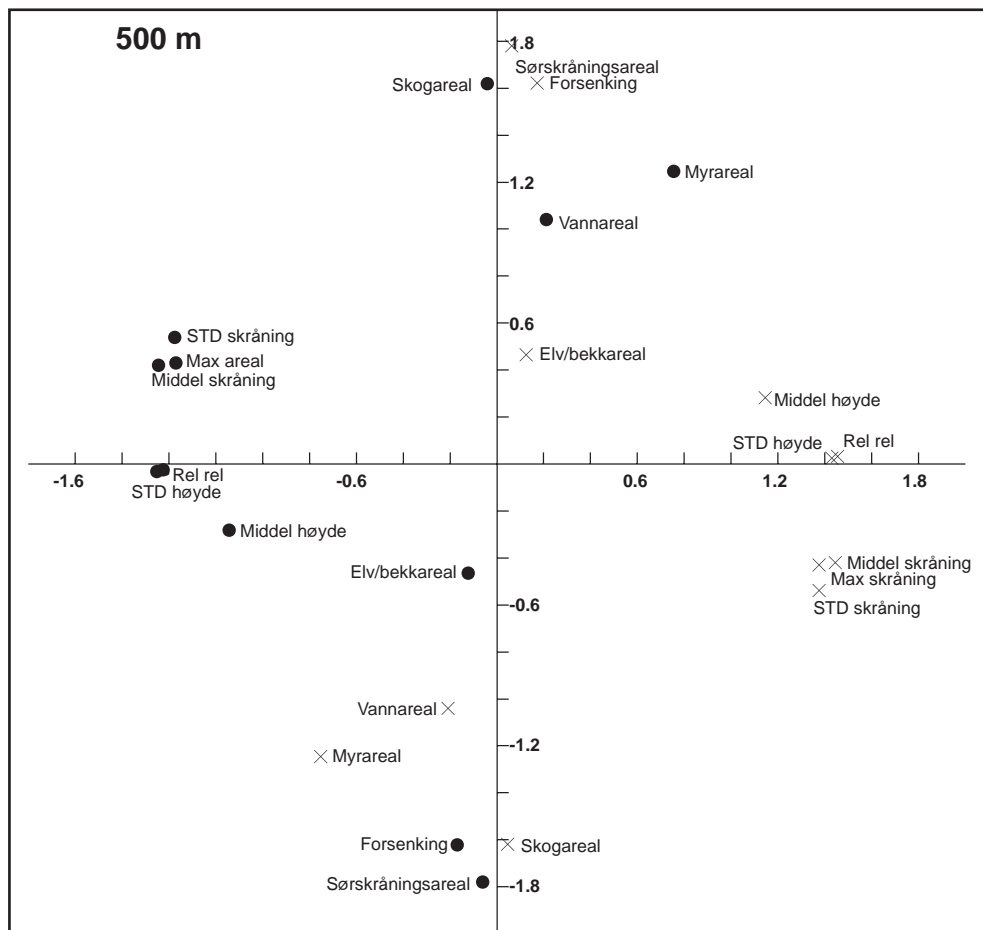
**Figur 10**

PCA ordinasjon av alle miljøvariable (og forbundet variabel, indikert med kryss) utledet fra GIS analysene i 5 x 5 km rutestørrelse (kornstørrelse). - PCA ordination of all environmental variables (and conjugate variables, preceded by a cross) derived from the GIS analysis for a spatial grain size of 5 x 5 km.



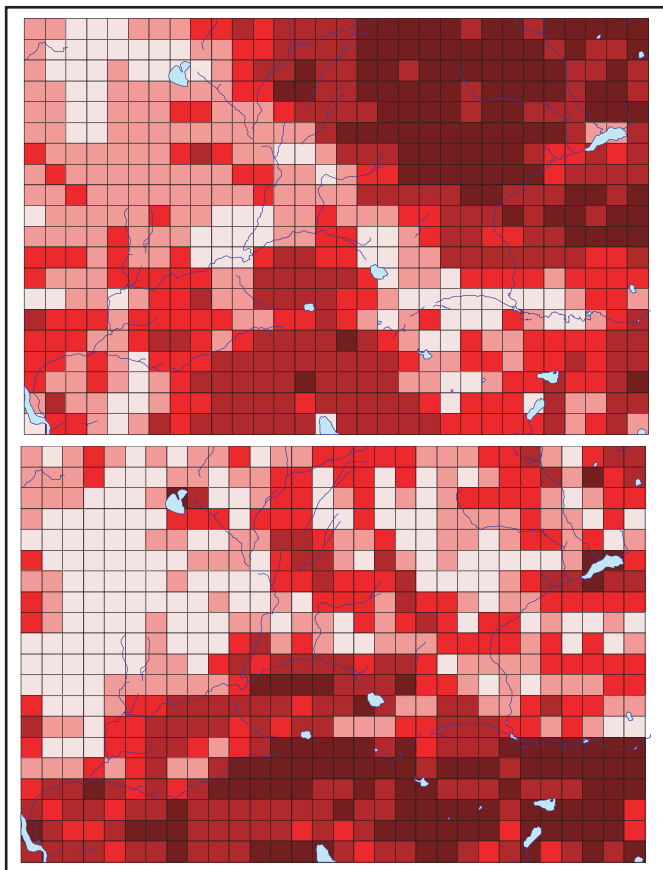
**Figur 11**

PCA ordinasjon av alle miljøvariable (og forbundet variabel, indikert med kryss utledet fra GIS analysene i 1 x 1 km rutestørrelse (kornstørrelse). - PCA ordination of all environmental variables (and conjugate variables, preceded by a cross) derived from the GIS analysis for a spatial grain size of 1 x 1 km.



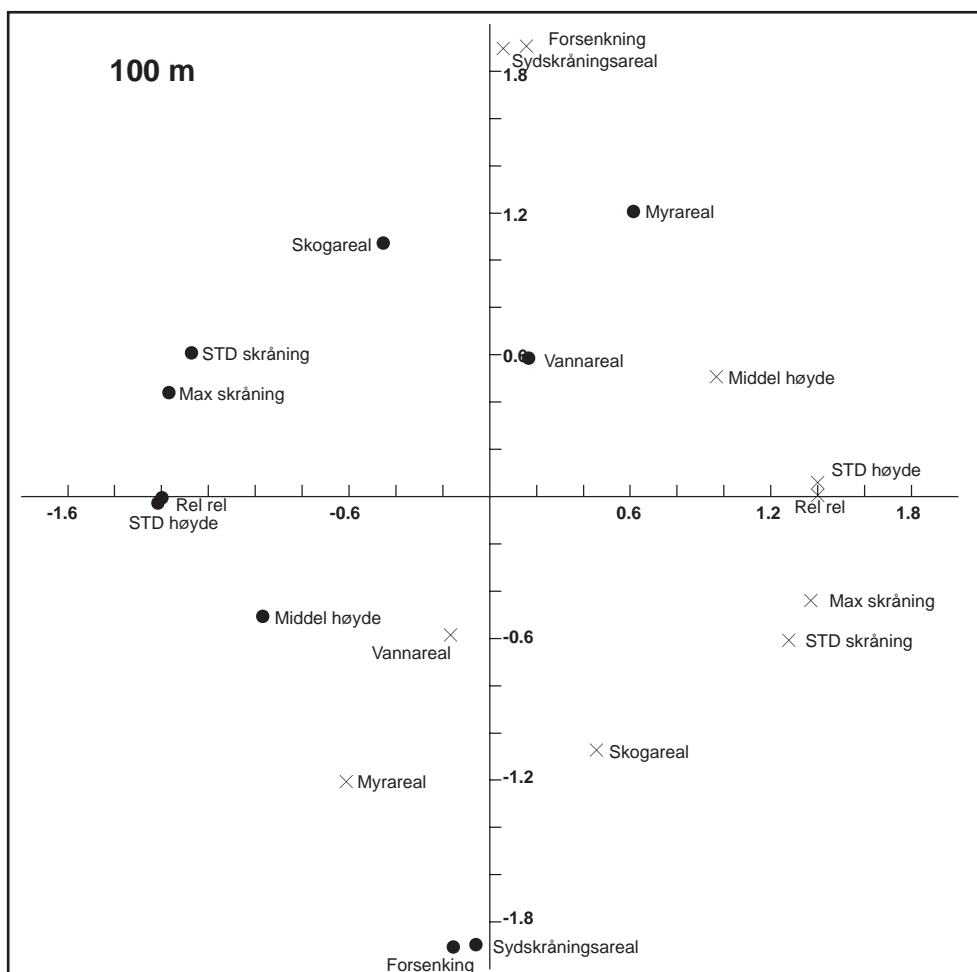
**Figur 12**

PCA ordinasjon av alle miljøvariable (og forbundet variabel, indikert med kryss utledet fra GIS analysene med 500 x 500 m rutestørrelse (kornstørrelse). - PCA ordination of all environmental variables (and conjugate variables, preceded by a cross) derived from the GIS analysis for a spatial grain size of 500 x 500 m.



**Figur 13**

Visualisering av resultater fra PCA-ordinasjon i den opprinnelige geografiske modellen. Øverst PC1 for 100 x 100 m rutestørrelse og nederst PC2 for samme rutestørrelse. – Visualisation of the PCA ordination results in the original geographical model. Above PC1 for a grain size 100 x 100 m and below PC2.



**Figur 14**

PCA ordinasjon av alle miljøvariable (og forbundet variabel, indikert med kryss) utledet fra GIS analysene med 100 x 100 m rutestørrelse (kornstørrelse). Lys rød farge viser ruter med lave PC-verdier, mens mørk rød viser høye PC-verdier. – PCA ordination of all environmental variables (and conjugate variables, preceded by a cross) derived from the GIS analysis for a spatial grain size of 100 x 100 m. Light red colours show low PC-values and dark red colours show high PC-values.



**Tabell 5**

Kendall rangkorrelasjoner koeffisienter \* mellom alle innhentede miljøvariable for rutestørrelsen (kornstørrelsen) 100 x 100 m. Signifikanssannsynligheter er gitt i øvre trekant. Sterke korrelasjoner ( $P < 0.01$ ) er markert med (\*\*), mens ( $0.05 > P > 0.01$ ) er vist med (\*). – Kendall's rank correlation coefficients \* between all environmental variables collected at a spatial grain of 100 x 100 m. Significance probabilities are given in the upper triangle. Strong correlations ( $P < 0.01$ ) are marked with (\*\*), while ( $0.05 > P > 0.01$ ) are marked with (\*).

Variable	Rel. rel	Middel høyde	STD Høyde	Max skråning	Middel skråning	STD skråning	Sydskråningsandel	Forsenkning	Vannareal	Myrareal	Skogareal
Rel. rel	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,119	0,130	0,001	0,000	0,000
Middel høyde	.426(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,448	0,000	0,761	0,000	0,020
STD Høyde	.898(**)	.417(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,067	0,026	0,001	0,000	0,000
Max skråning	.740(**)	.417(**)	.720(**)	1	0,000	0,000	0,013	0,730	0,391	0,000	0,000
Middel skråning	.902(**)	.437(**)	.918(**)	.758(**)	1	0,000	0,205	0,020	0,001	0,000	0,000
STD skråning	.604(**)	.371(**)	.596(**)	.802(**)	.623(**)	1	0,000	0,438	0,418	0,000	0,000
Sydskråningsandel	0,044	0,022	-.070(*)	-.070(*)	-.159(**)	-.159(**)	1	0,000	0,000	0,000	0,003
Forsenkning	0,041	.137(**)	.061(*)	0,009	.064(*)	-.021	.233(**)	1	0,000	0,000	0,000
Vannareal	-.105(**)	0,010	-.111(**)	-.028	-.112(**)	0,027	-.180(**)	-.116(**)	1	0,000	0,364
Myrareal	-.299(**)	-.206(**)	-.303(**)	-.222(**)	-.309(**)	-.149(**)	-.239(**)	-.255(**)	.230(**)	1	0,615
Skogareal	.254(**)	-.070(*)	.257(**)	.232(**)	.253(**)	.203(**)	-.094(**)	-.134(**)	-.033	0,017	1

### 0.5 x 0.5 km rutestørrelse

De to siste rutestørrelsene baserer seg på geografiske variable utledet fra ØK-kart for et mindre område (3.2 x 2.4 km). Egenverdiene for henholdsvis PC1 og PC2 var på 0.452 og 0.230. Totalt 68.2 % av variasjonen i den økologiske matrisa ble forklart langs disse aksene. Max helning, relativt relieff og standard avvik høyde var best negativt korrelert med PC1. Det var kun mengde myr og til dels mengde vann som var positivt korrelert med denneaksen. Mengde skog, myr og vann hadde de høyeste verdiene langs PC2 mens andel sørskråning og forsengkingsindeksen var høyt negativt korrelert med denne. PCA-ordinasjonsdiagrammet for variablene på dette skalanivået er vist i **figur 12**.

### 0.1 x 0.1 km rutestørrelse

Egenverdiene for PC1 og PC2 var henholdsvis på 0.480 og 0.155, mens forklart variasjon langs disse aksene var på 63.5 %. PC1 viste samme struktur som førsteaksen på 0.5 x 0.5 km rutestørrelse skalanivå. Langs PC2 var nå derimot mengde myr bedre korrelert med PC2 enn mengde skog. Rute-score verdiene langs PC1 og PC2 er vist i den geografiske modellen for denne rutestørrelsen i **figur 13**. PCA-ordinasjonsdiagrammet for variablene langs PC 1 og 2 er gjengitt i **figur 14**. **Tabell 5** viser korrelasjonen innbyrdes variablene på dette skalanivået.

## 4.2 Intensivundersøkelsene

I de 50 analyserutene ble registrert; 61 karplanter (hvorav 6 treslag, 7 lyngarter, 35 urter og 13 graminider) og 63 kryptogamer (hvorav 25 bladmoser, 19 levermoser og 19 lav). Ordinasjonen av vegetasjonsmatrisa ga en førsteakse med egenverdi på 0.554 og en gradientlengde på 4.53 SD-enheter. Denneaksen forklarte 18.6 % av variasjonen i datamateriale. DCA 2 hadde en egenverdi på 0.140 og forklarte kun 4.7 % av den resterende variasjonen. Dette indikerer at vi har en sterk hovedgradient i vegetasjonen som dominerer i området. Videre indikerer dette at andre vegetasjonsgradienter er av mindre betydning eller at de samvarierer med hovedgradienten.

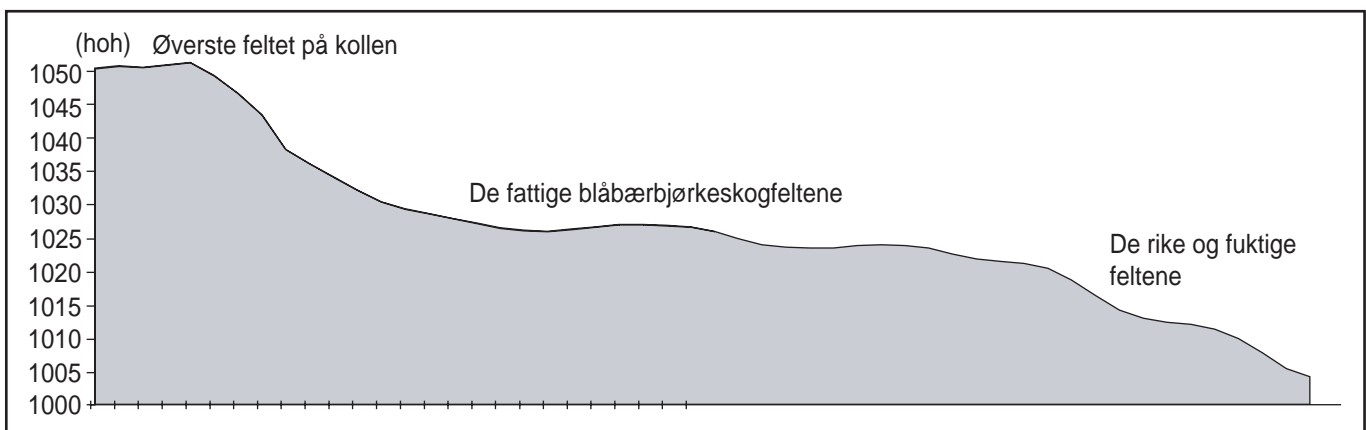
Rutene i feltet som er utplassert på kollen har de laveste verdiene langs førsteakse, mens rutene som ligger nederst i de konkave partiene ut mot de mer åpne flate partiene, har de høyeste verdiene langs førsteakse. I **figur 15** har vi utledet et profil som går fra det øverste feltet på kollen, vi den blåbærdominerte bjørkeskogslia og ned i de konkave partiene hvor de siste feltene er utlagt. Rutene fra den mellomliggende posisjon langs førsteakse 1. Artene med lave verdier langs den førsteaksen er typiske for fattige og tørre bjørkeskogutforminger, og mange av artene er også vanlige i lavalpin rabbevegetasjon. Karakteristisk er at svært mange lavararter (*Cladonia*- og *Cetraria*-arter) inngår her, mens antall moser er relativt lavt. Av karplanter er det i hovedsak lyngarter som har lave verdier langs førsteakse. Arter

med høye verdier langs første akse domineres av arter med større krav til mineraler i jordsmonnet og til god tilgang på fuktighet. I samfunnet inngår typiske arter for småbregnebjørkeskog, først og fremst fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*) og hengeving (*Phegopteris connectilis*) og arter knyttet til høgstaudevegetasjon (for eksempel skogstorkenebb (*Geranium sylvaticum*), eng-humleblom (*Geum rivale*) og engsoleie (*Ranunculus acris*).

Det ble gjort en korrelasjoner mellom DCA-akser og variable målt på analyseflatenivå for å se på om det var sammenhenger mellom vegetasjonsgradientene utledet ved ordinasjon og økologiske variable på dette laveste skalanivået i analysen. DCA-akse 1 er korrelert med 37 av de målte kjemiske parameterne. Glødetapet av jordprøvene er negativt korrelert med første ordinasjonsakse, noe som sannsynligvis reflekterer at nedbrytningen av dødt, organisk materiale skjer hurtigst i rutene med høy score langs aksene. pH, som erfaringsmessig er en god indikator på næringsstatus, er den av de kjemiske parametrene som viser størst korrelasjon med den første aksene. En viktig årsak til økningen i pH er økt konsentrasjon av kationer som kalsium og magnesium som også er positivt korrelert med den første aksene. Totalt antall arter øker med verdien av første akse, først og fremst på grunn av økningen av antallet karplanter. Men mosene viser også samme til dels samme variasjon som karplantene. Antall lavararter er negativt korrelert med den første aksene fordi de fleste lav er knyttet til tørre og lysåpne voksesteder. De tre neste aksene har liten forklaringsverdi i forhold til ordinasjonens førsteakse. DCA 2, for eksempel, så ut til å skille de mer fuktige bregnedominerte analyseflatene fra de mer lågurt-dominerte i de konkave områdene. Vi har ikke klart å gi DCA 3 eller 4 en økologisk tolkning.

### 4.3 Korrelasjoner mellom DCA-akser og variable utledet i GIS-modellen

Det ble gjort en korrelasjon mellom økologiske variable utledet fra 10 x 10 meter GIS modellen og analyserutene posisjon langs DCA 1. Rutenes relative posisjon langs en høydegradient, her representert med variabelen høyde over havet, var best korrelert ( $\tau = 0.573$ ,  $p < 0.0001$ ). Også skråningen i terrenget beskrevet i grader helning var godt korrelert med DCA 1. Dog var denne variabelen negativt korrelert med aksene ( $\tau = 0.380$ ,  $p < 0.0001$ ) noe som kommer av at de nederste feltene (høyest DCA 1 score) i transkettet er de som ligger i brattest terreng (**figur 15**).



**Figur 15**

En terrengprofil som viser posisjonen til de 10 intensive feltene i vegetasjonsovervåkingen i Møsvatn. – A terrain profile showing localisation of the 10 macro sample plots for vegetation monitoring at Møsvatn.

## 5 Diskusjon

PCA-ordinasjon viser kun hovedstrukturen i de økologiske datamatrixene, og derfor gjenspeiler PCA-aksene ikke nødvendigvis de viktigste kompleksgradientene i vegetasjonen i et område. Derimot er det vist i mange vegetasjonsøkologiske basisundersøkelser i TOV, Norge og Norden at det har vært en god sammenheng mellom de viktigste kompleksgradientene utledet fra økologisk målte variable og kompleksgradienter i vegetasjonssammensetting (=økoklin) i ulike skalanivåer (Bakkestuen et. al 1999a, 1999b; Stabbetorp et al. 1999; Økland 1996; Økland 1989, 1990, 1997; Økland & Eilertsen 1993).

Opp til i dag har den eneste landsdekkende digitale høydemodellen av denne typen vært en relativt gammel høydemodell med ca 100 m oppløsning som er avledet fra koteverket til den topografiske kartserien N50.

Interpoleringsteknikkene som er brukt er i forhold til dagens standard ikke optimale og det er derfor innebygget relativt store feil i modellen. Selve målefeilen for hvert enkelt punkt er relativt liten (standard avvik ca 7 meter, Danevad 1992), men det eksisterer innebygde systematiske feil som skyldes manglende interpolering (Erikstad 1997). Bl.a. har opptil 80% av høydepunktene verdier som sammenfaller med kotehøyder, noe som gir en trappeeffekt i modellen som gjør den uegnet til detaljerte skråningsstudier. Til bruk for regional analyse er imidlertid modellen god nok og det er denne modellen vi har brukt i dette arbeidet. Helt nylig har Statens Kartverk produsert en ny høydemodell som leveres med oppløsning 100, 50 og 25 meter. Denne må forventes å ha betydelig bedre spesifisering enn den gamle modellen og representerer en betydelig ressurs for analyser av den type vi her presenterer.

### 5.1 Sammenheng mellom regionale og lokale gradienter på ulike skalaer

For å oppnå en god sammenheng mellom en gitt vegetasjonsgradient og en økologisk kompleksgradient krever dette at de hovedvariasjonen i de viktigste økologiske variablene blir samlet og analysert på en adekvat måte. Vi har i denne rapporten fokusert på å samle økologiske variable som gjennom mange andre vegetasjonsøkologiske basisundersøkelser har vist seg viktig i økokliner i ulike vegetasjonstyper i Norge og Norden.

Selv om den økologiske matrisen på det groveste skalanivået (20 x 20 meter rutestørrelse) kun er representert med 9 ruter, gir ordinasjon av denne likevel tolkbare gradienter som er høyst relevante for vegetasjonssammensetting og også distribusjon av andre organismer i området. Den vik-

tigste hovedstrukturen (eller "økologiske" gradienten) på dette skalanivået, representert med PC1, utgjøres av ekstremene middel høyde og skråning. Av de målte variablene er det kun mengde (areal) vann som øker med middel høyde (indikerer at de største vannarealene ligger relativt høyt), noe som også kan ses i **figur 8a**. Variable som beskriver skråning, bratthet og relieff øker med avtagende høyde og representerer de store høydeforskjellene mellom fjell, dalsider og de lavtliggende dalene. Ekstremet eller ytterpunktet for denne delen av gradienten representerer en terrengegenskap av historisk betydning gjennom tidlig utnyttelse av vannkraft (Vemork kraftstasjon og norsk industrireiseing – Norsk Hydro på Rjukan). Gradienten som PC1 beskrives kan dermed tolkes som en kombinert høyde og relieff gradient. Den nest viktigste gradienten i materialet (PC2) er tett tilknyttet mengde myrrealer og mengde rike geologiske områder. Myr og arealer med rik geologi avtar med økende skråning og økende middel høyde. Denne gradienten er i så måte også topografiavhengig og beskriver variasjon fra lavtliggende myrområder på geologisk rikere berggrunn til bratte dal- og fjellsider bestående av mindre rike bergarter.

På neste skalanivå (10 x 10 km) er det de to samme hovedstrukturene som trer fram i ordinasjonen. Visualiseringen av PCA-ordinasjonen i den geografiske modellen i **figur 8** gir et godt bilde av hvordan PCA verdiene endrer seg i landskapet. Høye PC1 verdier i nordvest uttrykker og visualiserer den delen av hovedstrukturen som styres av økende middel høyde. Dalene med stort relativt relieff slår ut i den andre delen av fargeskalaen (lave PC1 verdier). Den nest viktigste gradienten visualiseres ved at ruter med rikere geologi dominert av myr dekker den ene delen av fargeskalaen mens ruter med økende skråning og økende middel høyde dominerer i den andre delen av fargeskalaen.

De topografisk avhengige gradientene, som har kommet fram av ordinasjonen av rutestørrelse på 20 x 20 km og 10 x 10 km, kan knyttes til en regional temperaturgradient i Norge. Det studerte området inneholder riktig nok ikke hele spennet i en slik regional temperaturgradient, men likevel er det ganske åpenbart at deler av denne regionale gradienten er fanget opp. Gradienten reflekterer den viktigste regionale vegetasjonsgradienten i Norge noe som blant annet har gitt opphav til inndeling av gradienten i vegetasjonssoner (Moen 1998).

På skalanivåene 5 x 5 km og 1 x 1 km avtar korrelasjonen mellom middel høyde og hovedstrukturen i PCA-ordinasjonen (PC1), samtidig som mengde vann og mengde myr får høyere korrelasjon med førsteaksen. Dette har nødvendigvis sammenheng med at kornstørrelsen i analysen er blitt mindre og at vi har fått en økende del av detaljering. Sannsynligheten for mer homogene ruter øker (det blir for eksempel flere ruter som kun inneholder en eller få arealklasser). Denne skalaegenskapen ved analysen kan være en av grunnen til at vi får en dreining av PC1 og PC2 ved økende detaljering i dataene. På den annen side kan også

mer detaljerte data føre til mer støy i variable som er viktige for de regionale gradientene og dermed at lokale gradienter blir mer framtrepende.

Når vi ser på hovedstrukturen i ordinasjonen av 1 x 1 km datasettet, har vi nå fått en økologisk lett intuitiv tolkbar gradient fra vann til myr, bekk, skog, dalsider og bratte fjellsider. Den nest viktigste gradienten kjenner vi delvis igjen som hovedgradienten i de groveste datasettene (20 x 20 og 10 x 10 km), en høydegradient hvor skog avtar med økende middel høyde. Det kan dermed argumenteres for at PC1 på 1 x 1 km skalnivået representerer en fuktighetsgradient (også topografisk avhengig, dog på et mer lokalt nivå), mens den regionale høyde-/temperaturgradienten ennå kan spores langs PC2.

På de to fineste skalnivåene (500 x 500 og 100 x 100 meter) er de økologiske variablene utledet fra et ØK-kart hvor det intensive undersøkelsesområdet ligger sentral. Dette betyr med andre ord at vi nå gjør et skalahopp i både arealutstrekning og kornstørrelse, samt også et skift i datasett. Ordinasjonen viser nå at middel høyde samvarierer med de andre terrengvariablene. Dette betyr at innenfor denne arealavgrensningen øker terrengvariasjonene (som skråning og relativt relieff) med økende høyde. I visualiseringen av 100 x 100 m ordinasjonen i **figur 13** ser vi at førsteaksen skiller mellom lavtliggende områder dominert av myr og vann og høyereliggende koller med bratte lier. Vi kan med andre ord tolke dette som en topografisk avhengig fuktighets-/uttøringsgradient.

Andreaksen representerer en meget lokal gradient fra en nordvendt skogkledd li til en sørvendt gressdominert seterfly med et stort innslag av (terreng)myr.

På de mest detaljerte skalnivåene har det altså også vært mulig å skille ut minst to lokale topografisk avhengig gradienter. Hovedstrukturen, fuktighets-/uttøringsgradienten, (PC1) hører til av de viktigste vegetasjonsgradienten i skog og i fjell (Økland 1997). Alle TOV-områdene i bjørkeskog har blant annet vegetasjonsflatene utlagt langs en lokal gradient som denne.

## 5.2 Sammenheng mellom vegetasjonsgradienter og økologiske kompleksgradienter på grovere skalnivåer

Et problem knyttet til intensiv naturovervåking er at de overvåkte flatene er meget små. Dette er søkt kompensert ved et statistisk fundert utlegg av flater slik at flatene skal være representative for gitte vegetasjonstyper. Ved dagens teknikker innen digital kartanalyse er det mulig i større grad enn før å etterprøve i hvilken grad representativiteten er godt nok ivaretatt. I den forbindelse er det avgjørende å forstå skalaforholdene fra TOV rutenes kvadratmetre og

opp til et overordnet landskapsnivå der mye av det som finne av relevante eksisterende data eksisterer (ØK – detaljert landskapsnivå, N50 og N250 overordnet landskapsnivå, Flyfoto – detaljert landskapsnivå og satellittdata på overordnet landskapsnivå).

I Møsvatn ble det målt en høy korrelasjon mellom pH og første DCA akse (Bakkestuen et al 1999a). Det tyder på at næringsforholdene er viktige for vegetasjonssammensetningen i området. Det er også en gjennomgående trend i Møsvatn, og i flere av de andre TOV-områdene i bjørkeskog, at en del mer sjeldne grunnstoffer har høye korrelasjoner med første akse i ordinasjonen. Det er sannsynlig at disse grunnstoffene finnes i en del rikere bergarter tilknyttet de feltene som er utlagt i de rikere vegetasjonsutformingene, særlig de som også er sivevannspåvirket.

Korrelasjonen mellom økologiske variable utledet fra GIS modellen på 10 x 10 m nivå og analyserutenes posisjon langs DCA 1 viste at høyde og helning var de to best korrelerte variablene. Dette er visualisert i **figur 15** hvor et høydeprofil i sammen med feltene er gjengitt. Disse resultatene er helt i overensstemmelse med andre TOV og NIJOS områder (Økland et al 2001) og andre undersøkelser i skog og delvis i fjell hvor man har sett at gradienter som kan knyttes til næringstilgang, jorddybde/glødetap og median jordfuktighet er tett knyttet til topografi (Økland 1997). Det er også vist at topografiske strukturer også kan virke helt ned på mikro-skalnivå (Goth & Røeggen 1995).

## 5.3 Klassifisering av arealdekke i økosystem relevante naturtyper

Kartlegging av arealdekke har som oftest til hensikt å gi oversikt over økosystem relevante naturtyper, deres fordeling og utbredelse. Men i de fleste tilfeller resulterer en slik landskapsanalyse i mer eller mindre subjektivt trukne grenser, ofte basert på uklare valg og vektning av input data (Host et. al 1996; Baker & Weisberg 1995). Vi har derfor ønsket å sammenligne en slik landskapsanalyse med resultatene fra våre GIS og multivariate analyser (se 5.1) for å se om det er en sammenheng mellom disse. Et av spørsmålene var om vi så en sammenheng mellom områder der PCA-verdiene forandret seg mye mellom naboruter (et stort skift i gradienten) og grensene til naturtypene til naturtypene lå i nærheten av disse. Videre, hvis to metoder skulle gi noenlunde samme resultater, burde homogene PCA-verdier (liten gradientvariasjon) i et område indikere at man i dette området snakker om en eller et fåtall naturtyper.

Vi har i denne omgang kun gjennomført en naturtypekartlegging innen samme område som for 100 x 100 og 500 x 500 m GIS analysene (tilsvarer ØK størrelse på 3.2 x 2.4 km). Vi har brukt etablerte prosedyrer for dette som tar i bruk en detaljert høydemodell og NIJOS sine digitale mark-

slagskart (Erikstad og Stabbetorp 2000). Forsøket her har imidlertid ikke vært udelt vellykket. Grunnene til det er dels knyttet opp til kvaliteten av de aktuelle markslagsdataene for området og dels til de naturforholdene som eksisterer her.

Vi ser i markslagsdataene at de stedvis har begrenset detaljeringsgrad. Særlig fremtredende er at flere lokale, men betydelige myrsystemer ikke er inkludert i datasettet. Videre ser det ut som om at markslagsklassifikasjonene er ufullstendig i seterområder. Store deler av seterflya er klassifisert med betegnelsen "anna jorddekt fastmark", men ekstra viktig informasjon ligger tilknyttet til klassifikasjonselementene "skog" (mye skrapskog) og "jord" (ulik vurdering av dyrkbarhet). Ved å supplere markslagskartene med data fra flyfoto og en terrengeanalyse var det mulig å produsere et naturtypekart med rimelig god nøyaktighet (**figur 3**) som ikke er dramatisk annerledes i strukturen enn det digitale markslagskartet.

Den multivariate (PCA) behandlingen av variable i gradienter ga mange sammenfallende mønstre med landskapsanalysen i naturtyper. Vi har i denne omgang kun basert denne uttalelsen på visuell sammenligning og feltvalidering. En statistisk sammenligning vil på sikt kunne gi viktige resultater om likheter og forskjeller mellom de to ulike metodene. Men skal det være noen mening i dette må man først jobbe fram et sett med bedre objektive kriterier for landskapsanalyse. Det har vært gjort noen få forsøk på dette i internasjonal litteratur (eg. Host et. al 1996; Baker & Weisberg 1995), men kun i få avgrensede områder.

## 5.4 Flyfoto og satellitt

Ved analysen av flyfoto fra flyfoto tatt i 1949 og 1987 (**figur 4 & 5**) ser vi at seteraktiviteten i området er redusert betraktelig. En stor mengde stier som stråler ut fra setervollene er forsvunnet og stedvis ser vi en klar gjengroing. Vi befinner oss med andre ord i et dynamisk landskap hvor en stor del av landskapsdynamikken er koblet til menneskelig aktivitet i form av setring og evt annen utnyttelse av beiteressursene i området.

En vesentlig del av metodikken knyttet til naturtypekartlegging baserer seg på analyse av terrengeforholdene. I dette området ser vi lokalt en klar forskjell mellom to terrengetyper, den slake seterflya med et tykkere morenelag, myrer osv i motsetning til koller der berggrunnen stikker opp og gir et mer variert småkuppert terrenge. Det er i den første landskapstypen/naturtypen at mesteparten av seterlandskapet finnes, mens TOV-flatene ligger i den andre landskapstypen. Det er også i den siste landskapstypen at det finnes mest skog i dag såvel som i 1949. Slik sett er det riktig som forutsatt at flatene er lagt ut i områder som i mindre grad er preget av beiting. Vi ser imidlertid ved en detaljert studie av gamle og nye flyfoto at også skogen er beitepåvirket og at det foregår en gjengroing og fortetting

som lokalt kan være ganske omfattende. En ny flyfotografering i området vil kunne gi svar på om denne utviklingen kan følges videre opp til i dag. Årets reanalysering av TOV-rutene indikerer imidlertid mer lysåpen skog, noe som ikke er forventet under ytterligere gjengroingsforhold.

En mer detaljert analyse av satellitt dataene vil kreve mer tid, bl.a. til feltkontroll, særlig hvis en skal gjøre seg håp om å skille fjellskog fra myrer i fjellet og åpnere beitearealer i lavereliggende deler av fjellet. Det generelle inntrykket også her er imidlertid en gjengroingstendens av fjellbjørkeskog.

## 5.5 Videre arbeid

Det vil være høyst aktuelt å trekke flere data inn i analysen. I denne forundersøkelsen har vi bare benyttet noen få enkle datasett. Det finns flere tilgjengelig data som kunne ha vært inkludert. Blant annet gjelder dette klimaparametre (Host et. al 1996), N50 og den nye høydedatabasen. Men det er også viktig at man velger data med omhu og kun forholder seg til økologisk relevant variable.

Biologiske data i de ulike skalanivåene ville utvilsomt styrke konklusjonene om tilstedeværelsen av de ulike økologiske gradientene. Å samle tilstrekkelig datamengder på de ulike skalanivåene kan være en nokså stor oppgave. Men på sikt ville et slikt datasett være enestående i norsk og europeisk sammenheng og ville kunne være veldig viktig i en videre metodeutvikling. Deler av et slikt datasett kunne også bli brukt i verifisering av modellene og på den måten kunne vi begynne å arealkvantifisere gitte deler av gradientene eller vegetasjonstypene.

Vi har så vidt presentert bruk av og potensiale i satellittbilder. Neste steg vil være å bruke rådata og indekser som NDVI fra disse direkte i analysene (ordinasjonene) som informasjon om grønnstruktur, vitalitet og evt. biologisk mangfold (e.g. Gould 2000).

Vi jobber også med å skaffe mer detaljerte data over det intensive undersøkelsesområdet. Det hadde vært meget interessant å ha en detaljert høydemodell for området for å studere små-skala topografi forhold helt ned på rute og smårutenivå. Videre håper vi på å skaffe et digitalt IR-bilde over området fra fly gjennom et prøveprosjekt initiert av Fjellanger Widerøe.

## 6 Konklusjon

Hovedfokus i arbeidet har vært å studere ulike variable som bygger opp arealdekket, se på strukturen av ulike arealvariable og å se på hvordan slike data blir representert i ulike skalaer. Vi har gjort en analyse av regionale miljøvariable hentet fra eksisterende kartverk og satellittdata og sett på gradienter i ulike romlige skalaer. Videre har vi supplert dette med å utvikle et naturtypekart for områdene umiddelbart rundt det intensive overvåkingsfeltet.

Konklusjonene vi kan trekke ut fra arbeidet så langt er

- TOV feltet ligger nær seterområder og selv om avstand til vei og tekniske inngrep er relativt stor er avstand til kulturbetingede arealtyper liten.
- Flyfoto fra 1949 og 1987 viser at aktiviteten rundt setrene er mye mindre i dag. Stier gror igjen. Skogen ser kraftigere ut. Det er færre glenner i skogen.
- Ved forrige reanalysering av de intensive vegetasjonsflatene så vi en tilbakegang hos planter i feltsjiktet. Det ble foreløpig konkludert at dette sannsynlig var resultat av et tettere tresjikt. Vår analyse av flyfoto bekrefter at det i en lengre periode, før oppstarten av TOV-Møsvatn i 1992, har vært en generell fortetning i tresjiktet. Det er derimot ting som tyder på at denne trenden i senere tid har opphørt og nå er i ferd med å snu. Det vil snart bli utført ny flyfotografering i området som vil kunne gi svar på om denne utviklingen kan følges videre opp til i dag. Årets reanalysering av TOV-rutene indikerer imidlertid mer lysåpen skog, noe som ikke er forventet under ytterligere gjengroingsforhold.
- For TOV som har til formål å overvåke effekten av forurensing, reiser dette følgende spørsmål: Er det mulig å skille ut gjengroingseffekten fra en forurensingseffekt? Dette har vi ikke svar på enda, men årets reanalysering vil være et nødvendig materiale for å forfølge en slik problemstilling. Oppslag av smyle fremfor bærlyng antyder en åpnere skog, men tilsvarende observasjon i granskog i Solhomsfjell (Økland, pers. med.) kan tyde på at dette er en mer regional og generell effekt som følge av enten endret klima eller forurensingsforhold.
- Studiet og klassifisering av det overordnede landskapsstrukturen rundt TOV feltet i ulike skalaer (opp til 50 x 50 km rundt sentralfeltet i Møsvatn) er gjort ved hjelp av digitale kartografiske metoder (GIS) og er koblet med multivariate metoder for å trekke ut viktige økologiske gradienter. Betydningen av regionale gradienter (høyde/temperatur) til meso-skala lokale gradienter (næring, lokal hydrologi, topografi) slår ut ulikt i forhold til den skala de måles på. Det ser ut som de regionale gradientene dominerer ned til ca 5 km oppløsning, og de lokale gradientene dominerer opp til en oppløsning på ca 500 m – 1 km. I mellom finner vi

gradienter som reflekterer et mellomskala topografiske forhold som også kan ses i datasettene ved høy frekvens av myr og store vannflater (et rolig forfjellstereng). Disse resultatene er meget nyttige i forhold til de TOV overvåkingselementene som benytter større arealer som for f.eks. fugl, og de vil være relevante for å se hvor godt detaljovervåkingsflatene knyttet til for eksempel vegetasjon, representerer landskapet omkring. De vil også være sentrale for å regionalisere resultater fra intensiv overvåking og dermed gi disse en arealdekkende betydning.

I forholdet til motivasjonen med denne undersøkelsen og den målsettingen vi hadde, betyr disse konklusjonene at vi har fått en bedre oversikt miljøgradienters skalaforhold og bedre forståelse av den interne strukturen av ulike arealparametre (geologi, terreng, fuktighetsforhold, arealbruk) i ulike skalaer. Dette har nå gitt oss et bedre grunnlag for analysere de endringer som måles i prøveflatene i dette TOV-feltet, noe som medfører at det blir lettere å skille ulike typer effekter (forurensing, klima, arealbruk osv) og få mulighet til å koble intensiv og ekstensiv overvåking. Det gjenstår imidlertid fremdeles et betydelig arbeid med å justere metodikken, blant annet å inkludere fjernmålingsdata i analysen og å teste antatte sammenhenger i flere områder. Det arbeidet som er utført bekrefter så langt nytten av slike analyser og hvis arbeidet kan videreføres for andre TOV-områder og videreutvikles metodisk vil det bidra til at målsetningene som er skissert innledningsvis i rapporten kan nås.

## Referanser

- Baker, W.L. & Weisberg, P.L. 1995. Landscape analysis of the forest-tundra ecotone in Rocky-mountain National-park, Colorado. – *Professional Geographer* 47 (4): 361-375.
- Bakkestuen, V., Stabbetorp, O. E. & Eilertsen, O. 1999a. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Møsvatn-Austfjell, Telemark. (Terrestrial monitoring programme. Studies in vegetation ecology of boreal forest in Møsvatn-Austfjell, Telemark, Norway.) - NINA Oppdragsmelding 611: 1-47.
- Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Eilertsen, O. 1999b. Terrestrisk naturovervåking. -Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Åmotsdalen, Sør-Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 610: 1-46.
- Burrough, P. A. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assesment. Oxford University Press inc., New York: 1-194.
- Burrough, P.A. & McDonnell R. A. 1998. Principles of geographical information systems. - Oxford University Press. Oxford: 1 – 333.
- Braak, C.J.F. ter 1987. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). - TNO Inst. Appl. Comp. Sci., Stat. Dept. Wageningen, Wageningen.
- Braak, C.J.F. ter 1990. Update notes: CANOCO version 3.10. - Agricult. Math. Group, Wageningen.
- Braak, C.J.F. ter & Smilauer, P. 1998. - CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4). - Centre for Biometry Wageningen, 1998.
- Brattbakk, I. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking i Møsvatn - Austfjell 1992. - NINA Oppdragsmelding 209: 1-33.
- Conover, W.J. 1980. Practical nonparametric statistics. 2nd. ed. - Wiley, New York.
- Danevad, H. 1992. Nøyaktighetsundersøkelse av Statens Kartverks landsdekkende digitale terrengmodell. - Hovedoppgave ved Inst. for Landmåling, NLH.
- Dons, J.A. & Jorde, K. 1978. Geologisk kart over Norge, berggrunnskart SKIEN 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.
- Dons, J.A., Helm, M. Og Sigmond, E.M.O. 1990. Frøystaul berggrunnskart 1514 I, 1 : 50000, foreløpig utgave. - Norges geologiske undersøkelse.
- Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden, jord- og vegetasjonsundersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 278: 1-30.
- Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1995. Miljøovervåking på Tjeldbergodden og Terningvatn, jord- og vegetasjonsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 391: 1-38.
- Eilertsen, O. & Brattbakk 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Øvre Dividal nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 286: 1-82.
- Eilertsen, O. & Often, A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 285: 1-69.
- Eilertsen, O. & Stabbetorp, O. E. 1997. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Børgefjell nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 408: 1-84.
- ERDAS, Inc. 1999a. ERDAS IMAGINE® V.8.4. Atlanta, GA.
- ERDAS, Inc. 1999b. Imagine OrthoBASE. Users Guide. ERDAS, Inc. Atlanta, Georgia. USA: 1-110.
- Erikstad, L. 1997. Geofaglig landskapsanalyse. I Erikstad, L. & Jonsen, B. 1997. NINAs strategiske instituttprogrammer 1991-95. Landskapsøkologi Sluttrapport. NINA Temahefte 7: 43-49.
- Erikstad, L. & Stabbetorp, O.E. 2000. Arealdekkende naturtypekartlegging basert på eksisterende kartmateriale – et godt grunnlag for fagutredninger, tema naturmiljø. Årbok for konsekvensutredninger 1999, NIBR: 89-96.
- ESRI Inc. 1996a. ArcView GIS.- Environmental Systems Research Institute, Inc, Redlands, California.
- ESRI Inc. 1996b. ArcView Spatial Analyst.- Environmental Systems Research Institute, Inc, Redlands, California.
- Fenstad, G.U., Walløe, L. & Wille, S.Ø. 1977. Three tests for regression compared by stochastic simulation under normal and heavy tailed distribution of errors. - *Scand. J. Statist.* 4: 31-34.
- Goth, B.M.T. & Røeggen, O. 1994. Micro-scale vegetation-environment relationships in a boreal spruce forest site in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. –

- Cand. scient. – oppg., Univ. Oslo, Oslo, unpubl. 16: 1-254.
- Gould, W. 2000. Remote sensing of vegetation, plant species richness, and regional biodiversity hotspots. - *Ecol. Appl.* 10 (6): 1861-1870.
- Heikkinen, R.K. & Birks, H.J.B. 1996. Spatial and environmental components of variation in the distribution patterns of subarctic plant species at Kevo, N Finland – a case study at the meso-scale level. – *Ecography* 19: 341-351.
- Host, G.E., Polzer P.L., Mladenoff D.J., White, M.A. & Crow T.R. 1996. A quantitative approach to developing regional ecosystem classifications. - *Ecol. Appl.* 6 (2): 608-618.
- Jansen, I. J. 1987. Kvartærgeologisk verneverdige områder i Telemark. Institutt for naturanalyse.
- Jongman, R.G.H., ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, O.F.R (eds.). 1987. Data analysis in community and landscape ecology. - Pudoc, Wageningen. 1 - 299.
- Keckler, O. 1996. SURFER for Windows, v. 6. – Golden Software inc., Golden.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. 1994. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1-750.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. - Statens kartverk, Hønefoss.
- Pearson, K. 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. – *Phil. Mag.* 6. Ser. 2: 559-572.
- Pedersen, B. 1990. Distributional patterns of vascular plants in Fennoscandia: a numerical approach. – *Nord. J. Bot.* 10: 163-189.
- Rygshaug, P. 1996. Bruk av digital geologisk informasjon innen lokal areal- og ressursforvaltning. Et eksempel fra Inderøy kommune, Nord-Trøndelag fylke. Gråsteinen 1: 1-28.
- Økland, R.H. 1989. Hydromorphology and phytogeography of mires in inner Østfold and adjacent part of Akershus, SE Norway, in relation to SE Fennoscandian mires. – *Opera bot.* 97: 1-122.
- Økland, R.H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. - *Sommerfeltia Suppl.* 1: 1-233.
- Økland, R.H. & Eilertsen, O. 1993. Vegetation - environment relationships of boreal coniferous forests in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. - *Sommerfeltia* 16: 1-254.
- Økland, R.H. 1994. Patterns of bryophyte associations at different scales in a Norwegian boreal spruce forest. *Journal of Vegetation Science*, 5, 127-138.
- Økland, R.H. 1997. Vegetasjonsøkologi. Plantenes respons på økologiske gradienter – teorier, metoder og mønstre. Kompendium til BB204. Botanisk hage og museum. Universitet i Oslo.
- Økland, R.H. 2000. Population biology of the clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. 5. Consequences of the vertical position of individual shoot segments. *Oikos*, 88, 449-469.
- Økland, R.H. & Bakkestuen, V. In prep. Population biology of the clonal moss *Hylocomium splendens* in Norwegian boreal spruce forests. XI. Fine-scale spatial patterns of size and termination risk and their relevance to structuring processes. Submitted *Oikos*.
- Økland, T. 1996. Vegetation-environment relationships of boreal spruce forest in ten monitoring reference areas in Norway. - *Sommerfeltia* 22: 1-349.
- Shevtsova, A., Ojala, A., Neuvonen, S., Vieno, M. & Haukioja, E. 1995. Growth and reproduction of dwarf shrubs in a subarctic plant community: annual variation and above-ground interactions with neighbours. – *J. Ecol.* 83: 263-275.
- SPSS 1999. SPSS®Base 9.0 User's Guide. – SPSS Inc., Chicago.
- Stabbetorp, O. E., Bakkestuen, V., Bendiksen, E. & Eilertsen, O. 1999. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Lund, Rogaland. - NINA Oppdragsmelding 609: 1:58.



## Rapporter utgitt innen Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)

- \* Løbersli, E.M. 1989. Terrestrisk naturovervåking i Norge. DN-rapport 8-1989: 1-98.
1. Fremstad, E. (red.). 1989. Terrestrisk naturovervåking. Rapport fra nordisk fagmøte 13.- 14.11. 1989. NINA Notat 2: 1-98.
  2. Holten, J.I., Kålås, J.A. & Skogland, T. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Forslag til overvåking av vegetasjon og fauna. NINA Oppdrags-melding 24:1-49.
  3. Heggberget, T.M. & Langvatn, R. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Bruk av fallvilt i miljøprøvebank. NINA Oppdragsmelding nr. 28: 1-21.
  4. Alterskjær, K., Flatberg, K.I., Fremstad, E., Kvam, T. & Solem, J.O. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Etablering og drift av en miljøprøvebank. NINA Oppdragsmel-ding 25: 1- 31.
  5. Sandvik, J. & Axelsen, T. 1992. Bestandsovervåking av trekkfugl ved fangst og trekktegninger. Belyst ved materiale innsamlet ved Jomfruland Fuglestasjon og Mølen Ornitologiske Stasjon. Naturundersøkelser A.S., (stensil): 1-168.
  6. Nygård, T. 1990. Rovfugl som indikatorer på forurensning i Norge. Et forslag til landsomfat-tende overvåking. NINA Utredning 21: 1-34.
  7. Kålås, J.A., Fiske, P. & Pedersen, H.C. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende kart-legging av miljøgiftbelastninger i dyr. NINA Oppdragsmelding 37: 1-15.
  8. Hilmo, O. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Børgefjell 1990. DN-no-tat 1991- 4: 1-38.
  9. Nybø, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Tungmetaller og aluminium i pattedyr og fugl. DN-notat 1991- 9: 1-62.
  10. Hilmo, O. & Wang, R. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Solhomfjell - 1990. DN-notat 1991- 6: 1-50.
  11. Johnsen, P. 1991. Maur i skogovervåking: Økologi og metoder. Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen. (stensil): 1-14.
  12. Bruteig, I.E. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende lavkartlegging på furu 1990. DN-notat 1991-8: 1-35.
  13. Frogner, T. 1991. Terrestrisk naturovervåking (TOV). Jordforsuringsstatus 1990. Norsk Institutt for Skogforskning (stensil):1-28.
  14. Jensen, A. 1991. Terrestrisk naturovervåking (TOV). Jordovervåking i Solhomfjell og Børgefjell 1990. Norsk institutt for skogfors-kning (stensil): 1-20.
  15. Brattbakk, I., Høyland, K., Halvorsen Økland, R., Wilmann, B. & Engen, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking 1990 i Børgefjell og Solhomfjell. NINA Oppdragsmelding 91: 1-90.
  16. Frisvoll, A.A. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Nitrogen i mose fra Agder og Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 80: 1-19.
  17. Strand, O. & Skogland, T. 1991. Terrestrisk natur-overvåking. Metodeutvikling for overvåking av fjell-rev. (stensil).
  18. Spidsø, T.K. & Pedersen, H.C. 1991. Bestands- og reproduksjonsovervåking av hare. NINA Oppdragsmelding 62: 1-15.
  19. Bruteig, I.E. 1990. Landsomfattande kartlegging av epifyttisk lav på furu, Manual. Universitetet i Trondheim, AVH, Botanisk institutt, (stensil): 1-17.
  20. Kålås, J.A., Framstad, E., Fiske, P., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i Børgefjell og Solhomfjell, 1990. NINA Oppdragsmelding 85: 1-41.
  21. Løken, A. 1990. Terrestrisk naturovervåking . Moser-en kjemisk analyse. Universitetet i Trondheim, inst. for org. kjemi, NTH og botanisk avd. Vitenskapsmuseet, (stensil).
  22. Joranger, E. & Røyset, O. 1991. Program for terres-trisk naturovervåking. Overvåking av nedbør og ned-børkjemi i referanseområder Børgefjell og Solhomfjell 1990. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 31/91: 1-21.
  23. Kvamme, H. 1991. Rapport for forprosjekt "Undersøkelse av stammelav på fjellbjørk". Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, (stensil).
  24. Kålås, J.A., Framstad, E., Fiske, P., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Metodemanual, smågnagere og fugl. NINA Oppdragsmelding 75: 1-36.
  25. Fremstad, E. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking 1990. NINA Oppdragsmelding 42: 1-35.
  26. Fremstad, E. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking 1991. NINA Oppdragsmelding 83: 1-26.
  27. Økland, R.H. & Eilertsen, O. 1993. Vegetation - envi-ronment relationships of boreal coniferous forest in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. Sommerfeltia, 16: 1 - 254. Oslo.
  28. Skaare, J.U. & Føreid, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Organiske miljøgifter i hare og orrfugl. Fellesavdelingen for farmakologi og toksikologi, Veterinærinstituttet/Norges veterinærhøgskole, (sten-sil):1-10.
  - 29\* Nybø, S. 1992. Terrestrisk naturovervåkingsprogram. Sammendrag av resultater fra 1990. DN-rapport 1992-3: 1-30.
  29. Jensen, A. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1991. Rapp. Skogforsk 9/92: 1-25.
  30. Joranger, E. & Røyset, O. 1992. Program for terres-trisk naturovervåking. Overvåking av ned-børkjemi i Børgefjell, Solhomfjell, Lund og Åmotsdalen 1990-91. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR: 58/92: 1-54.
  31. Hilmo, O. & Wang, R. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Åmotsdalen og Lund 1991.

- DN-notat 1992-3: 1-73.
32. Kålås, J.A., Framstad, E., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i Børgefjell, Åmotsdalen, Solhomfjell og Lund, 1991. NINA Oppdragsmelding 132: 1-38.
  33. Brattbakk, I., Gaare, E., Fremstad Hansen, K. & Wilmann, B. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking i Åmotsdalen og Lund 1991. NINA Oppdragsmelding 131: 1-66.
  34. Bruteig, I.E. & Øien, D-I. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende kartlegging av epifyttisk lav på fjellbjørk. Manual. ALLFORSK, Universitetet i Trondheim, (stensil): 1-27.
  35. Wegener, C., Hansen, M. & Bryhn Jacobsen, L. 1992. Vegetasjonsovervåking på Svalbard 1991. Effekter av reinbeite ved Kongsfjorden, Svalbard. Norsk Polarinstitut. Meddelelser nr. 121: 1-54.
  36. Kålås, J.A. & Lierhagen, S. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Metallbelastninger i lever fra hare, orrfugl og liryte i Norge. NINA Oppdragsmelding 137: 1-72.
  37. Fremstad, E. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking 1992. NINA Oppdragsmelding 148: 1-23.
  38. Hilmo, O., Bruteig, I.E. & Wang, R. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Møsvatn-Austfjell 1992. ALLFORSK, AVH: 1-50.
  39. Brattbakk, I. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking i Møsvatn-Austfjell. NINA Oppdragsmelding 209: 1-33.
  40. Kålås, J.A. & Framstad, E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere, fugl og næringskjedestudier i Børgefjell, Åmotsdalen, Møsvatn-Austfjell, Lund og Solhomfjell, 1992. NINA Oppdragsmelding 221: 1-38.
  41. Nygård, T., Jordhøy, P. & Skaare, J.U. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende kartlegging av miljøgifter i dvergfalk. NINA Oppdragsmelding 232: 1-24.
  42. Tørseth, K. & Røyset, O. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av nedbørkjemi i Ualand, Solhomfjell, Møsvatn, Åmotsdalen og Børgefjell, 1992. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 13/93: 1-64.
  43. Jensen, A. & Frogner, T. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1992. Rapp. Skogforsk 12/93: 1-21.
  44. Gaare, E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Radiocesium-målinger i planter, vegetasjon og rein fra Børgefjell, Dovre-Rondane og Møsvatn-Austfjell 1992. NINA Oppdragsmelding 230:
  45. Hannisdal, A. & Myklebust, I. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Sammendrag av resultater fra 1990 - 1992. DN-rapport 1994 - 6: 1-76.
  46. Bruteig, I.E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Epifyttisk lav på bjørk - landsomfattende kartlegging 1992. ALLFORSK, Universitetet i Trondheim: 1-42.
  47. Kålås, J.A. & Myklebust, I. 1994. Akkumulering av metaller i hjortedyr. NINA Utredning 58: 1-45.
  48. Økland, R.H. 1994. Reanalyse av permanente prøveflater i granskog i referanseområdet Solhomfjell, 1993. DN-utredning 1994 - 5: 1-42.
  49. Tørseth, K. & Røstad, A. 1994. Overvåking av nedbørkjemi i tilknytning til feltforskningsområdene, 1993. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 25/94: 1-78.
  50. Nygård, T., Jordhøy, P. & Skaare, J.U. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Miljøgifter i dvergfalk i Norge. NINA Forskningsrapport 56: 1-33.
  51. Eilertsen, O. & Often, A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia nasjonalpark. NINA Oppdragsmelding 285: 1-69.
  52. Eilertsen, O. & Brattbakk, I. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Øvre Dividal nasjonalpark. NINA Oppdragsmelding 286: 1-82.
  53. Kålås, J.A., Framstad, E., Pedersen, H.C. & Strand, O. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere, fugl og næringskjedestudier i TOV-områdene, 1993. NINA Oppdragsmelding 296: 1-47.
  54. Wang, R. & Bruteig, I.E. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Gutulia og Dividal. ALLFORSK Rapport 1: 1-51.
  55. Gaare, E. 1994. Overvåking av 137 Cs i TOV-områdene Dividal, Børgefjell, Dovre/Rondane, Gutulia og Solhomfjell sommeren 1993. NINA Oppdragsmelding 300: 1-29.
  56. Berg, I.A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1993. Rapp. Skogforsk 17/94: 1-17.
  57. Jacobsen, L.B. 1994. Reanalyse av permanente prøveflater i overvåkingsområdet ved Kongsfjorden, Svalbard 1994. Norsk Polarinstitut. Rapport nr 87: 1-29.
  58. Tørseth, K. & Johnsrud, M. 1994. Program for terrestrisk naturovervåking. Tilførsler til Gutulia og Dividalen og representativitet av nærliggende NILU stasjoner. Norsk institutt for luftforskning, NILU TR 17/94: 1-38.
  59. Strand, O., Espelien, I.E. & Skogland, T. 1995. Metaller og radioaktivitet i villrein fra Rondane. NINA fagrapport 05: 1-40.
  60. Berg, I.A. 1995. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann 1994. Rapp. Skogforsk 8/95: 1-12.
  61. Tørseth, K. & Hermansen, O. 1995. Overvåking av nedbørkjemi i tilknytning til feltforskningsområdene, 1994. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 33/95: 1-53.
  62. Kålås, J.A., Framstad, E., Pedersen, H.C. & Strand, O. 1995. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere, fugl og næringskjedestudier i TOV-områdene, 1994. NINA Oppdragsmelding 367: 1-52.
  63. Nygård, T. 1995. Tungmetaller i fjær fra dvergfalk i Norge. NINA Oppdragsmelding 373: 1-18.
  64. Espelien, I. 1996. Undersøkelse av metaller i reinsdyr

- fra Troms og Nordland. NINA Oppdragsmelding 442: 1-13.
65. Bruteig, I.E. 1996. Terrestrisk naturovervåking. Gjenkartlegging av epifyttisk lav i Solhomfjell og Børgefjell 1995. ALLFORSK Rapport 7: 1-42.
  66. Eilertsen, O. & Stabbetorp, O. 1997. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Børgefjell nasjonalpark. NINA Oppdragsmelding 408: 1-84.
  67. Tørseth, K. 1996. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1995. SFT rapport nr. 663/96: 1-189.
  68. Berg, I.A. 1996. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann 1995. Rapp. Skogforsk 12/96: 1-23.
  69. Kålås, J.A. (red).1996. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere, fugl og næringskjedestudier i TOV- områdene, 1995. NINA Oppdragsmelding 429: 1-36.
  70. Sjøbakk, T.E. & Steinnes, E. 1997. Forekomst av tungmetaller i jordprofiler fra overvåkingsflater i ulike deler av Norge. DN-utredning 1997-3: 1-29.
  71. Strand, O., Severinsen, T. & Espelien, I. 1998. Metaller og radioaktivitet i fjellrev. NINA Oppdragsmelding 560: 1-20.
  72. Direktoratet for naturforvaltning. 1997. Natur i endring. Program for terrestrisk naturovervåking 1990-95. Direktoratet for Naturforvaltning, Trondheim: 1-160.
  73. Kålås, J.A. (red).1997. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere og fugl i TOV-områdene, 1996. NINA Oppdragsmelding 484: 1-37.
  74. Berg, I.A. & Aamlid, D. 1997. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann – Årsrapport 1996. Rapp. Skogforsk. 4/97: 1-21.
  75. Tørseth, K. & Manø, S.1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1996. SFT rapport 703/97: 1- 205.
  76. Bruteig, I.E. & Øien, D.I. 1997. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattande gjenkartlegging av epifyttisk lav på bjørk 1997. Manual. ALLFORSK Rapport 8: 1-22.
  77. Kålås, J.A. & Øyan, H.S. 1997. Terrestrisk naturovervåking. Metaller, selen, kalsium og fosfor i elg, hjort og rådyr, 1995-96. NINA oppdragsmelding 491: 1-22.
  78. Økland, R.H. 1997. Reanalyse av permanente prøveflater i barskog i overvåkingsområdet Solhomfjell 1995. Bot. Hage Mus. Univ. Oslo Rapp. 2: 1-35.
  79. Severinsen, T. 1997. Terrestrisk naturovervåking - Metaller i rype fra Svalbard. Norsk Polarinstitut. Rapportserie. Nr. xx.
  80. Gaare, E. & Wilmann, B. 1997. Skyldes død lav i Nordfjella villreinområde klima eller forurensning ? NINA Oppdragsmelding 504: 1-13.
  81. Bruteig, I.E. 1998. Terrestrisk naturovervåking. Gjenkartlegging av epifyttisk lav i Åmotsdalen og Lund 1996. ALLFORSK Rapport 9: 1-40.
  82. Gaare, E. & Strand, O. 1998. Overvåking av 137Cs i Dovre/Rondane i perioden 1994-96. NINA Oppdragsmelding 535: 1-20.
  83. Kålås, J.A. (red).1998. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere og fugl i TOV-områdene, 1997. NINA Oppdragsmelding 547: 1-42.
  84. Bruteig, I.E. & Holien, H. 1998. Terrestrisk naturovervåking. Gjenkartlegging av epifyttisk lav i Møsvatn 1997. ALLFORSK Rapport 10: 1-34.
  85. Berg, I.A. & Aamlid, D. 1998. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann – Årsrapport 1997. Rapp. Skogforsk. 5/98: 1-26.
  86. Lükewille, A., Tørseth, K. & Manø, S.1998. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1997. SFT rapport 736/98: 1- 181.
  87. Amundsen, C.E., Inghe, O., Knutzen, J. & Laursen, K. 1998. Evaluering av Program for terrestrisk naturovervåking (TOV). Utredning for DN 1998-2: 1-36.
  88. Pedersen, H.C. & Fossøy, F. 2000. Accumulation of heavy metals in circumpolar willow ptarmigan populations. NINA Oppdragsmelding 646: 1-31.
  89. Bruteig, I.E. 1998. Terrestrisk naturovervåking. Vekstrate hos vanleg kvistlav 1993-1997. - ALLFORSK Rapport 13: 1-46.
  90. Røsberg, I. & Aamlid, D. 1999. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann – Årsrapport 1998. Rapp. Skogforsk. 9/99: 1-21.
  91. Kålås, J.A. (red).1999. Terrestrisk naturovervåking. Hare, smågnagere og fugl i TOV-områdene, 1998. NINA Oppdragsmelding 596: 1-35.
  92. Tørseth, K. Berg, T., Hanssen, J.E. & Manø, S. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfæriske tilførsel, 1998. Oslo. Statlig program for forurensningsovervåking. NILU OR 27/99.
  92. Stabbetorp, O. E., Bakkestuen, V., Eilertsen, O. & Bendiksen, E. 1999. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Lund, Rogaland. NINA Oppdragsmelding 609: 1-58.
  93. Bakkestuen, V., Stabbetorp, O. E. & Eilertsen, O. 1999. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Åmotsdalen, Sør-Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 610:1-46.
  94. Bakkestuen, V., Stabbetorp, O. E. & Eilertsen O. 1999. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Møsvann - Austfjell, Telemark. NINA Oppdragsmelding 611: 1-47.
  95. Bakkestuen, V., Stabbetorp, O. E., Eilertsen O., Often, A. & Brattbakk, I. 1999. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Øvre Dividal og Gutulia nasjonalpark, -reanalyser 1998. NINA Oppdragsmelding 612: 1-38.
  97. Bruteig, I.E. & Tronstad, I.K.K. 2000. Landsomfattande gjenkartlegging av epifyttvegetasjonen på bjørk 1997. - ALLFORSK Rapport 16: 1-38
  98. Økland, R. Skrindo, A. & Hansen, K. T: 1999.

- Endringer i træs vekst og vitalitet, vegetasjon og humuslagets kjemiske og fysiske egenesker i permanente prøveflater i barskog i overvåkingsområdet i Solhomfjell, 1988-1998. Bot. Hage Mus. Univ. Oslo Rapp. 5: 1-72.
99. Ugedal, O., Forseth, T., Jonsson, B. & Mooij, W. 2000. Langtidsutvikling for radioaktivitet i ferskvann. NINA Oppdragsmelding 650: 1-15.
100. Kålås, J.A. (red.). 2000. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i TOV-områdene, 1999. NINA Oppdragsmelding 653:1-33.
101. Aas, W., Tørseth, K., Berg, T., Solberg, S. & Manø, S. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 1999. NILU OR 23/2000.
102. Røsberg, I. & Aamlid, D. 2000. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann – Årsrapport 1999. Rapp. Skogforsk. 12/00: 1-25.
103. Gaare, E., Skogen, A. & Strand, O. 2000. Overvåking av 137 Cs i Dovrefjell og Rondane i perioden 1997-1999. NINA Oppdragsmelding 616: 1-43.
104. Lawesson (red.). 2000. A concept for vegetation studies and monitoring in the Nordic countries. TemaNord 2000:517: 1-125. (rapporten er delfinansiert fra TOV).
105. Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Framstad, E. 2001. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Børgefjell nasjonalpark- reanalyser 2000. NINA Oppdragsmelding 700: 1-41.
106. Aas, W., Tørseth, K., Solberg, S., Berg, T., Manø, S. & Yttri, K.E. 2001. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfæriske tilførsel, 2000. Oslo. Statlig program for forurensningsovervåking. NILU rapport OR 34/ 2001.
107. Kålås, J.A. & Framstad, E. 2001. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2000. NINA Oppdragsmelding 697: 1-33.
108. Nygård, T., Skaare, J.U., Kallenborn, R. & Hezke, D. 2001. Terrestrisk naturovervåking. Persistente organiske miljøgifter i rovfuglegg i Norge. NINA Oppdragsmelding 701:1-33.
109. Bruteig, I. 2001. Terrestrisk naturovervåking. Gjenkartlegging av epifyttvegetasjonen i Solhomfjell og Børgefjell 2000. NINA Oppdragsmelding 703:1-39.
110. Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2001. Nasjonalt nettverk av vegetasjonsflater for intensiv overvåking i skog. NIJOS rapport 08/01: 1-40.
111. Framstad, E. & Kålås, J.A. 2001. TOV 2000. Nytt program for overvåking av biologisk mangfold på land – basert på videreutvikling av dagens TOV. NINA Oppdragsmelding 702:1-49.
112. Bruteig, I.E. 2001. Terrestrisk naturovervåking. Gjenkartlegging av epifyttvegetasjonen i Gutulia og Dividal 1998. ALLFORSK rapport 17: 1-37.
113. Røsberg, I., Sjøbakk, T.E., Steinnes, E. & Aamlid, D. 2001. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann. Sluttrapport 2000. Rapport fra skogforskningen 5/01:1-23.
114. Kålås, J.A. & Husby, M. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Ekstensiv overvåking av terrestre fugl i Norge. NINA Oppdragsmelding 740: 1-25.
115. Kålås, J.A. & Framstad, E. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2001. – NINA Oppdragsmelding: 749: 1-32.
116. Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E., Erikstad, L., Wilmann, B.H., Brattbakk I. & Sørli, R. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Lund og Åmotsdalen – reanalyser 2001. – NINA Oppdragsmelding: 758: 1-xx
117. Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller - analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regionale miljøvariable. – NINA Oppdragsmelding:759: 1-35

## Brosjyrer/foldere

- \* Terrestrisk naturovervåking i Norge. Rapportsammendrag, Direktoratet for naturforvaltning, (DN), 1989.
- \* Vi holder øye med naturen (Bokmål/Engelsk), DN, 1991.
- \* Vi holder øye med Børgefjell. Resultater 1990, DN, 1992.
- \* Vi holder øye med Solhomfjell. Resultater 1990 og 1991, DN, 1992.
- \* \*Naturovervåking. Helsesjekk i naturen, DN, 1993, (omhandler flere overvåkingsprogrammer).
- \* Effektene av langtransportert forurensning overvåkes. Innblikk 1-97.

Henvendelser vedrørende rapportene rettes til utførende institusjoner.

# NINA Oppdragsmelding 759

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1342-7

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

