

## Kalking av bakkemyr og fuktig røss-lyngfuruskog

Dose-responsforsøk i Espedalen,  
Flekk-Guddal 2002–2006

Per Arild Aarrestad  
Bodil Wilmann  
Tor Erik Brandrud  
Vegar Bakkestuen



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Det er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

**Norsk institutt for naturforskning**

# Kalking av bakkemyr og fuktig røsslyngfuruskog

Dose-responsforsøk i Espedalen,  
Flekk-Guddal 2002–2006

Per Arild Aarrestad  
Bodil Wilmann  
Tor Erik Brandrud  
Vegar Bakkestuen

Aarrestad, P.A., Wilmann, B., Brandrud, T.E. & Bakkestuen V.  
2007. Kalking av bakkemyr og fuktig røsslyngfuruskog. Dose-  
responsforsøk i Espedalen, Flekke-Guddal 2002–2006. - NINA  
Rapport 232. 23 s. + vedlegg.

Trondheim, februar 2007

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1792-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Kari Sivertsen

KVALITETSSIKRET AV

Inga E. Bruteig

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Inga E. Bruteig (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Roy M. Langåker

FORSIDEBILDE

Manuell kalking av analyseruter. © Per Arild Aarrestad

NØKKEWORD

Terrengekalking, vegetasjon, forsurening, overvåking, tålegrenser,  
røsslyng, torvmoser, levermoser

KEY WORDS

Terrestrial liming, vegetation, acidification, monitoring, critical  
loads, heather, peat mosses, liverworts

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 22 60 04 24

**NINA Tromsø**

Polarmiljøsentret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00  
Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkeltgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 61 22 22 15

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Aarrestad, P.A., Wilmann, B., Brandrud, T.E. & Bakkestuen, V. 2007. Kalking av bakkemyr og fuktig røsslyngfuruskog. Dose-responsforsøk i Espedalen, Flekke-Guddal 2002–2006. - NINA Rapport 232. 23 s. + vedlegg.

Effekter av ulike doser med grovdolomitt er testet på bakkemyrvegetasjon og fuktig røsslyngfuruskog i Espedalen i Sogn og Fjordane under ulike værforhold etter kalking. Formålet med undersøkelsen er å dokumentere eventuelle skadevirkninger på vegetasjon som kan benyttes i en vurdering av generelle akseptkriterier for terrengkalking i forsurede vassdrag.

Ekspérimentet ble lagt opp som et overvåkingsprosjekt med en grunnlagsundersøkelse utført i august 2002 før kalking, med påfølgende reanalyser ett år og fire år etter kalking. Doseringsmengder på 0 (referanse), 1, 3 og 6 tonn kalk/ha ble valgt på bakgrunn av kalkmengder benyttet i tidligere terrengkalkingsforsøk i Norge. I tillegg ble to nedbørsregimer testet, ett med kraftig nedbør og ett med to ukers tørke etter kalking. Vegetasjonen overvåkes i permanent merkede 0,5m x 0,5m analyseruter, 5 gjentak for hvert behandlingsledd, totalt 40 ruter i hver vegetasjonstype.

I hver analyserute ble alle plantearter registrert og deres prosentvise dekning estimert. I tillegg ble det bl.a. utført registreringer av sjiktdekninger og dekning av skadde og døde planter. Dessverre ble lokaliteten for fuktig røsslyngfuruskog utsatt for hogst i analyseperioden og bare et fåtall ruter kunne reanalyseres etter fire år. Datagrunnlaget for langtidsvirkninger i fuktig røsslyngfuruskog er således svakt. Multivariate numeriske analyser, korrelasjonsanalyser mellom variabler og statistiske tester av arters framgang og tilbakegang ble benyttet for å beskrive endringer i vegetasjonen knyttet til effekter av kalking, doser og nedbørsregimer.

Kalkingen av bakkemyr gir ingen tydelige effekter på forekomst og mengde av urter og gress, men det er en tendens til at rome går svakt tilbake etter kalking. Kalkingen fører imidlertid til større skader på mosedekket med avdøing av torvmoser og levermoser. Skadebildet øker med økende kalkmengde, der vortetorvmose og dvergtorvmose er de mest utsatte artene. Doser på 1 tonn/ha gir over en fireårsperiode små, men reversible skader på mosedekket, mens doser på 3 og 6 tonn/ha fører til en relativt stor avdøing av moser med liten eller ingen regenereringsevne. Det antas at tålegrensen, der vegetasjonen ikke klarer å reetablere seg i løpet av få år, ligger et sted mellom 1 og 3 tonn/ha. Ved en eventuell framtidig terrengkalking i områder med høyt innslag av bakkemyrer bør man derfor unngå doser over 2 tonn/ha.

Skadeomfanget i fuktig røsslyngfuruskog er betydelig mindre enn på bakkemyr. Her er skadene på torvmosene relativt små, og det er ingen tydelige sammenheng mellom kalkdose og avdøing av moser. Det er imidlertid observert avdøing av levermosen storstilt, tilbakegang av røsslyng, samt økt soppmycel og algebelegg i strø og moselag ved alle kalkdosene. Manglende data på langtidseffekter gjør det vanskelig å fastsette en tålegrense, men trolig ligger den noe høyere enn for bakkemyr, kanskje rundt 3 tonn/ha. Inntil et bedre datagrunnlag finnes bør man imidlertid unngå doser over 2 tonn/ha for å minimalisere skadeeffekter.

Ulike værforhold etter kalking ser ut til å være mindre viktig for skadebilde enn før antatt. Oppholdsvær og tørke etter kalking kan gi noe mer langsiktige skader på mosedekket, mens kraftig regnvær bidrar til en raskere restitusjon av moseskadene. En kombinasjon av sol og tørke vil trolig øke skadeomfanget. Det anbefales derfor at terrengkalking utføres i perioder der sannsynligheten for nedbør er stor, dvs. sent på høsten.

Per Arild Aarrestad ([per.a.aarrestad@nina.no](mailto:per.a.aarrestad@nina.no)), Bodil Wilmann, NINA, 7485 Trondheim.  
Tor Erik Brandrud, Vegar Bakkestuen, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo.

## Abstract

Aarrestad, P.A., Wilmann, B., Brandrud, T.E. & Bakkestuen, V. 2007. Liming of fen and wet heather dominated pine forest. Load–response experiment in Espedalen, Flekke-Guddal 2002–2006. - NINA Report 232. 23 pp. + Attachments.

The effect of different loads of lime (coarse dolomite) on sloping fen vegetation and wet heather dominated pine forest is tested under different weather conditions following liming. The aim of the investigation is to document possible harmful effects which can be used as criteria for evaluating critical loads of lime on terrestrial ecosystems in acidified watercourses.

The experiment was established as a monitoring project with a baseline study in 2002 in front of liming, with subsequent analyses in 2003 and 2006, one and four year after liming. Loads of 0 (reference), 1, 3 and 6 tons lime/ha were used, based on experiences from previous terrestrial liming projects. Two different rainfall regimes were tested, one with heavy rain after liming and one with drought the two first weeks after liming. The vegetation was analysed for species composition and abundance, cover of different vegetation layers and cover of injured and dead plants using 0.5m x 0.5m permanent plots exposed to different treatments. Unfortunately the pine forest site was exposed to uncontrolled logging, and the data on long-term effects are therefore rather weak. Multivariate numerical analyses, combined with statistical testing of changes in species occurrence, have been used to describe changes in the vegetation related to different loads of lime and weather conditions after liming.

The liming of sloping fen has almost no effect on herbs and grasses. However, the bryophytes are severely affected by liming. Both peat mosses and liverworts show visible injuries and die, leading to a decrease in bryophyte cover and number of species. The damage of the bryophyte layer increased with increasing loads of lime, and the most negatively effected peat mosses were *Sphagnum papillosum* and *S. tenellum*. One ton of lime/ha causes minor damages to the mosses, and the vegetation shows sign of recovery already after four years. Loads of 3 and 6 tons/ha, however, leads to a larger decrease of mosses and the vegetation shows only minor signs of recovery within four years. The critical load where the fen vegetation shows a capacity to recover to an initial state lies probably somewhere between 1-3 tons/ha. It is therefore recommended not to lime fens with loads above 2 tons/ha.

Wet heather dominated pine forests seem to be less affected by liming than sloping fens. The amounts of damaged and dead peat mosses are small and there is no distinct correlation between the degree of damage and the different loads of lime. However, the liverwort *Bazzania trilobata* and the heather *Calluna vulgaris* are sensitive to liming and decrease in cover. There is also an increase in mycelium in the litter layer and an increase in green algae on dead plants within the limed plots, probably caused by an increase in available nitrogen from mineralization of organic material. Lack of data on long-time effects makes it difficult to suggest a critical load for wet pine forest. Probably the critical load lies around 3 tons/ha. However, until sufficient data are available one should avoid loads above 2 tons/ha, also in this vegetation type.

Different weather conditions after liming are less important than earlier expected. However, dry spell and sunshine will probably increase the damage on the bryophytes, while heavy rainfall will minimize the injuries and increase the possibility for the vegetation to recover from damages. It is therefore recommended to carry out the terrestrial liming in periods where there is a high risk for rainfall, i.e. in late autumn.

Per Arild Aarrestad ([per.a.aarrestad@nina.no](mailto:per.a.aarrestad@nina.no)), Bodil Wilmann, NINA, NO-7485 Trondheim.  
Tor Erik Brandrud, Vegar Bakkestuen, NINA, Gaustadalléen 21, NO-0349 Oslo.

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Metoder og materiale</b> .....	<b>8</b>
2.1 Feltdesign og feltmetodikk .....	8
2.2 Dataanalyser.....	12
<b>3 Resultater og diskusjon</b> .....	<b>12</b>
3.1 Effekter på bakkemyrvegetasjon .....	12
3.1.1 Naturlige endringer i referanseruter .....	12
3.1.2 Generelle endringer i kalkede ruter .....	13
3.1.3 Effekter av ulike kalkdoser.....	14
3.1.4 Effekter av nedbør og tørke etter kalking.....	15
3.1.5 Effekter av tråkk i rutene.....	16
3.2 Effekter på fuktig røsslyngfuruskog .....	18
3.2.1 Naturlige endringer i referanserutene .....	18
3.2.2 Generelle endringer i kalkede ruter .....	18
3.2.3 Effekter av ulike kalkdoser.....	20
3.2.4 Effekter av nedbør og tørke etter kalking.....	20
<b>4 Konklusjoner</b> .....	<b>22</b>
<b>5 Referanser</b> .....	<b>23</b>

## Forord

NINA har på oppdrag av Direktoratet for naturforvaltning utført et eksperimentelt forsøk for å teste effekter av ulike kalkdoser på sårbar vegetasjon i vestnorske skogsystemer. Resultatene fra dette prosjektet skal sammen med erfaringer fra tidligere terrengkalkingsforsøk danne grunnlag for å lage en forvaltningsstrategi for kalking av forsurede vassdrag. Forsøket ble utført i Espedalen i Fjaler kommune i Sogn og Fjordane med feltarbeid i 2002, 2003 og 2006. Vi takker grunneiere for velvillig bruk av utmark. En særlig takk til gardbruker Håkon S. Hovland for hjelp til feltarbeidet. Kontakt ved oppdragsgiver har vært Roy M. Langåker, som takkes for et godt samarbeid.

Trondheim, februar 2007

Per Arild Aarrestad  
Prosjektleder



# 1 Innledning

Direktoratet for naturforvaltning opprettet et terrengkalkingsprosjekt i 1997 for å lage en forvaltningsstrategi for kalking av forsurede vassdrag (Hindar et al. 2004). I dette arbeidet er det utført flere forsøk med terrengkalking fra helikopter, bl.a. i Flekke-Guddal i Sogn og Fjordane og Suldal i Rogaland. Disse forsøkene viste at fuktige, tresatte bakkemyrer og fuktige røsslyngdominerte skoger var sensitive til kalking (Aarrestad & Bakkestuen 2001, Brandrud et al. 2001, Aarrestad et al. 2004). Det ble her påvist skader på torvmoser og levermoser og mindre endringer i artssammensetning i vegetasjonstypene. Andre undersøkelser av kalkede myrer i Norge og Sverige har også vist betydelige skader på bunnsjiksvegetasjon, særlig på torvmoser (Høiland & Pedersen 1994; Korsmo et al. 1996; Staff et al. 1996; Aarrestad et al. 2005). Terrengkalkingsforsøkene har også vist at ulike kalkdoser og værforhold etter kalking trolig er en viktig faktor når det gjelder grad av skadeomfang. Man antar at kraftig regn etter kalking gir mindre skader enn oppholdsvær med sol.

I terrengkalkingsprosjektet anbefales det bl.a. at større myrsystemer og viktige områder for biologisk mangfold unntas fra kalking (Hindar et al. 2004). I vestnorske skogsystemer opptrer imidlertid bakkemyrer og fuktig røsslyngfuruskog spredt i terrenget, ofte med så små areal at de vanskelig kan unngås ved helikopterkalking. For bedre å kunne dokumentere effekten av ulike kalkdoser under ulike værforhold ble det i 2002 satt i gang et kalkingseksperiment i de to vegetasjonstypene i Espedalen i Flekke-Guddal, Sogn og Fjordane.

Eksperimentet ble lagt opp som et overvåkingsprosjekt med registreringer av eventuelle skader og vegetasjonsendringer over tid. Doseringsmengdene ble valgt med tanke på kalkmengder som er benyttet i tidligere terrengkalkingsforsøk. I tillegg ble det benyttet en høy dose der man forventer at større vegetasjonsendringer vil skje. To nedbørsregimer ble testet, ett med nedbør og ett uten nedbør etter kalking. Sammen med resultatene fra de tidligere kalkingsforsøkene skal prosjektet danne grunnlaget for å utvikle akseptkriterier for effekter av terrengkalking på vegetasjon.

Denne rapporten beskriver effektene av ulike kalkdoser og nedbørsregimer på vegetasjon i en fireårsperiode etter kalking, basert på grunnlagsanalysen fra 2002 og reanalyser i 2003 og 2006.

## 2 Metoder og materiale

### 2.1 Feltdesign og feltmetodikk

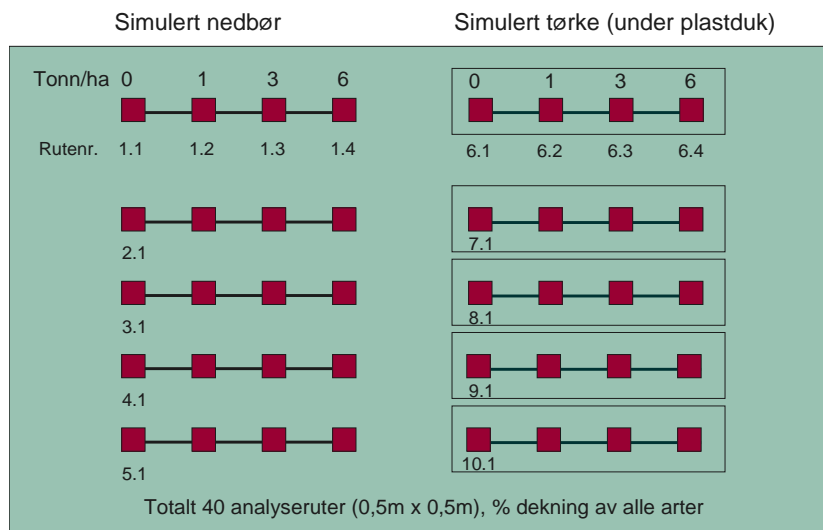
#### Analysefelter og analyseruter, grunnlagsanalyse 2002

To analysefelter ble lagt ut i indre deler av Espedalen i Flekke-Guddal i Sogn og Fjordane, ett på bakkemyr i hellende furuskogsterreng (Felt A) og ett i røsslyngdominert furuskog i flatere terreng (Felt B), se **Figur 1-4**. Feltene ble lagt ut 25.-28. august 2002. For nærmere beskrivelse av område og naturtyper, se Aarrestad et al. (1999).



**Figur 1.** Lokalisering av Flekke-Guddal i Sogn og Fjordane fylke.

I hvert felt simuleres to nedbørsregimer etter kalking, ett med påfølgende kraftig nedbør og ett med to ukers tørke (**Figur 2**). Innen hvert nedbørsregime ble det i ensartet vegetasjon lagt ut fem transekter med fire 0,5m x 0,5m permanent merkede analyseruter med 1 meters mellomrom langs hvert transekt. Totalt inneholder hvert felt 40 analyseruter, tjue i hvert nedbørsregime. I felt A (bakkemyr) representerer transekt 1 - 5 nedbørssimuleringen, mens transekt 6 - 10 representerer tørkeregimet. I felt B (røsslyngfuruskog) representerer transekt 16-20 nedbørssimuleringen, mens transekt 11-15 representerer tørkeregimet.



**Figur 2.** Skjematisk feltdesign for overvåkruter med ulike kalkdoser og nedbørsregimer i bakkemyr (Felt A). Tilsvarende design for fuktig røsslyngfuruskog (Felt B), men med transektnummer 11-20, der 11-15 simulerer tørke og 16-20 simulerer nedbør.

I hver analyserute ble alle plantearter registrert og deres prosentvise dekning estimert. I tillegg ble det utført registreringer av felt- og bunnsjikt (% dekning av ruta), døde torvmoser (% dekning av ruta), andel skadde torvmoser (i % av torvmosenes totale dekning innen analyseruta) og tråkk i ruta. Se **Vedlegg 1-9**.

### **Kalking med ulike doser**

I begge feltene ble analyserutene kalket med grovdolomitt uten finfraksjon med ulike doser (behandlingsledd) på 0, 1, 3 og 6 tonn kalk/ha. Hvert transekt inneholdt alle behandlingsledd lagt ut med økende doser langs transektet. Kalkingen ble utført i oppholdsvær. Rutene ble fotografert både før og etter kalking i 2002 og ved hver reanalyse (se **Figur 5 og 6**).

### **Simulert nedbør og tørke**

Analyseruter som skulle representere kraftig nedbør etter kalking, ble gitt en mengde vann tilsvarende 20 mm nedbør, mens analyseruter med lang tids tørke ble beskyttet mot regn med en gjennomsiktig plastduk (ca. 0,5 m over bakken) i to uker. Duken ble gitt en helling slik at naturlig nedbør kunne renne av (**Figur 3**). I løpet av de to første ukene etter kalking var det flere regnværsdager slik at nedbørsrutene fikk både kunstig og naturlig nedbør. Dessverre var det ingen soldager i perioden, og effekten av solinnstråling og sterk tørke kunne således ikke testes.

### **Gjenanalyser 2003 og 2006**

Alle ruter ble reanalysert første gang 20.-21. august 2003, ett år etter kalking, med de samme metoder som ble benyttet under grunnlagsundersøkelsen. I tillegg ble kalkkornenes beliggenhet i forhold til overflaten (cm) registrert, samt synlig soppmycel i strø- og moselag og algevekst på dødt plantemateriale. Selv om feltene ble analysert en uke tidligere i 2003 enn i 2002, var vegetasjonen i 2003 preget av tidligere høst med nedvisning av graminider. Ny gjenanalyse ble utført 22.-24. august 2006, fire år etter kalking. Dessverre var røsslyngfuruskogfeltet da utsatt for hogst og de fleste fast merkede analyserutene var ødelagt av tråkk. I tillegg manglet tresjiktet i de fleste rutene. Kun 15 av de 40 rutene kunne reanalyseres, 8 fra simulert tørke og 7 fra simulert nedbør (transekt B11 rute 2, 3 og 4, transekt B13 rute 1 og transekt B14 rute 1-4 fra simulert tørke og transekt B19 rute 2, 3 og 4 og transekt B20 rute 1-4 fra simulert nedbør, se **Vedlegg 6-7**).



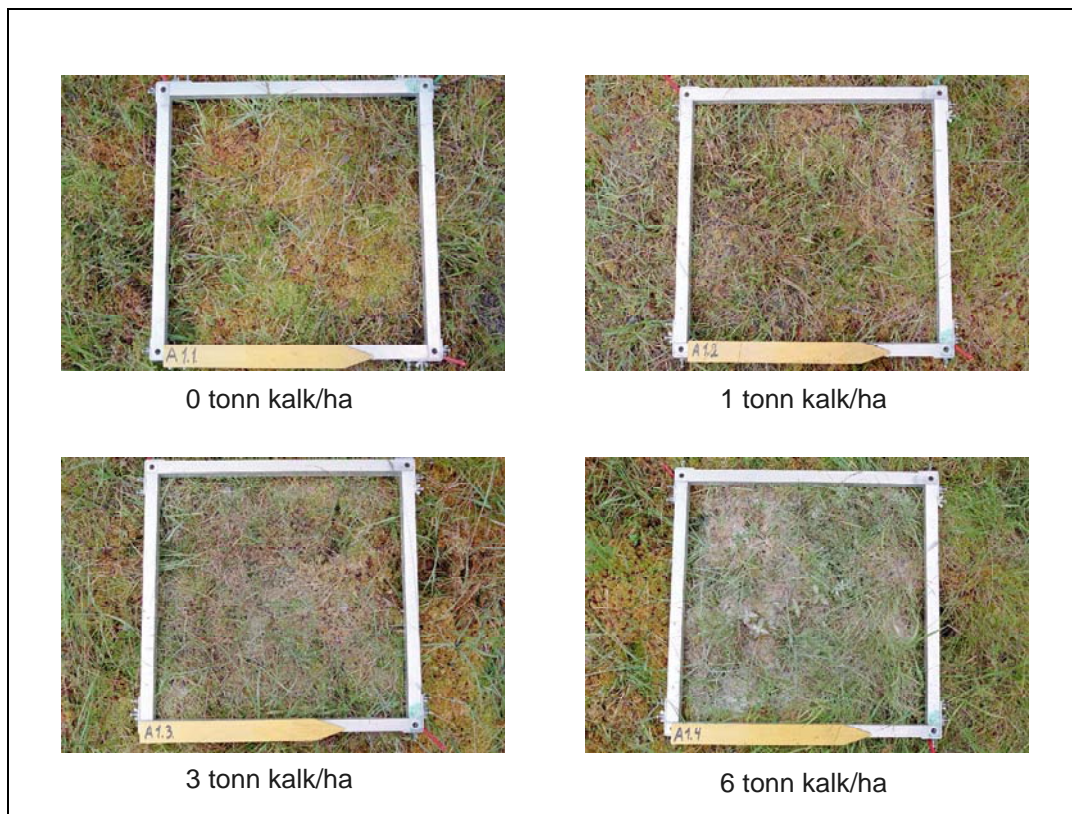


**Figur 3.** Felt A på bakkemyr i åpen furuskog. Nedbørsimulerte ruter til venstre i bildet. Tørkesimulerte ruter under plastduk til høyre.

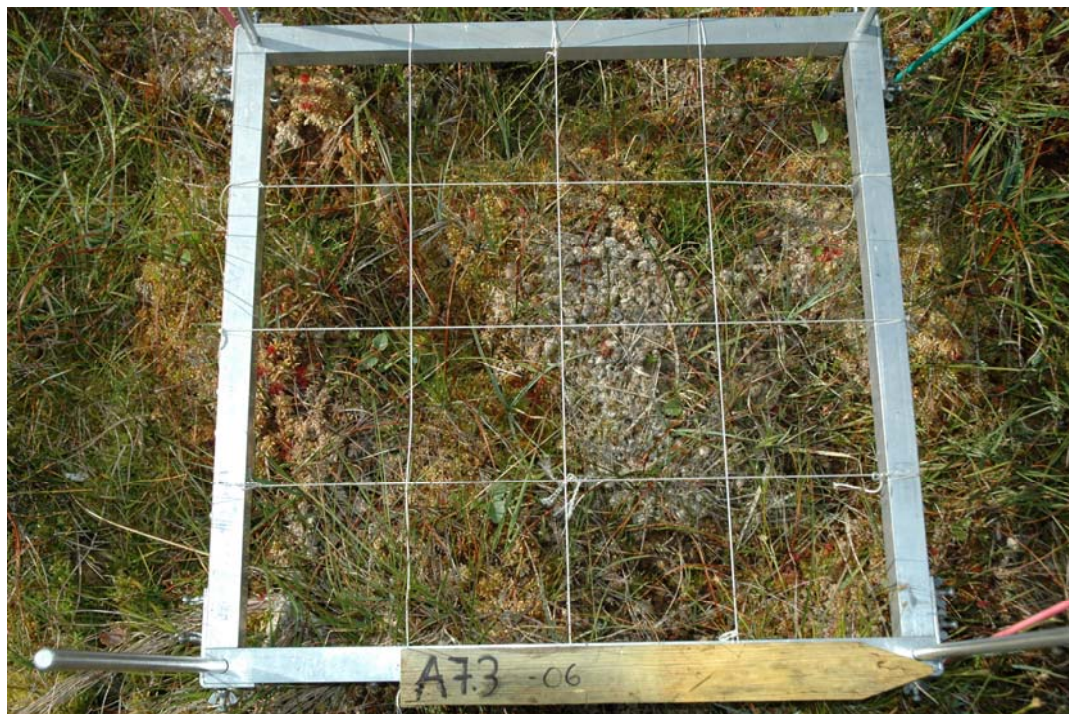


**Figur 4.** Felt B i fuktig røsslyngfuruskog.





**Figur 5.** Analyseruter fra felt A bakkemyr med ulike kalkdoser, før kunstig vanning i 2002.



**Figur 6.** Død torvmose i analyserute A7.3 fra bakkemyr i 2006 fire år etter kalking ved simulert tørke og kalkdose på 3 tonn/ha.

## 2.2 Dataanalyser

### Analyse av endringer i artsmengder

Hvorvidt endringer i artenes prosent dekning i analyseruta mellom to analyseår var statistisk signifikante, ble testet ved tosidig Wilcoxon ettutvalgstest for "paired samples". Nullhypotesen i denne testen er at artens mediane dekningsverdi ikke er endret. Wilcoxon-testene ble utført i SPSS. For bakkemyrvegetasjon (Felt A) ble endringer i totalt antall referanseruter, kalkede nedbørsruter og kalkede tørkeutsatte ruter testet hver for seg i perioden 2002 til 2003 og i perioden 2002 til 2006. Testen kunne ikke utføres for hvert behandlingsledd da 5 replikater er i minste laget når rutene i utgangspunktet har noe variert vegetasjon. For fuktig røsslyngfuruskog (Felt B) ble testen kun utført for perioden 2002 til 2003.

En indirekte ordinasjon (Detrended Correspondence Analysis – DCA, Hill (1979), Hill & Gauch (1980)) av ruteanalysenes atssammensetning for alle analyseår ble utført for å se på eventuelle vegetasjonsendringer over tid.

### Test av variabler

Canonical correspondence analysis (CCA) (ter Braak 1986) ble benyttet for å teste variabelers korrelasjoner mot endring i artsvariasjon. Ordinasjonene ble utført ved hjelp av programpakken CANOCO 4 (ter Braak & Smilauer 1998). Kendalls ikkeparametriske korrelasjonstest ble benyttet for å finne korrelasjoner og signifikansnivå mellom ulike variabler knyttet til effekter av kalking. Disse ble utført i SPSS.

### Endringer i dekning av sjikt og torvmoser

Gjennomsnittlige endringer i dekning av feltsjikt (lyng, urter og gras), bunnsjikt (moser og lav), død og andel skadd torvmose ble analysert for de ulike behandlingsleddene over tid i begge vegetasjonstyper.

### Nomenklatur

Navn på arter følger Lid & Lid (2005) for karplanter, Frisvoll et al. (1995) for bladmoser og levermoser. Vitenskapelige navn på lav følger Santesson et al. (2004). Norske navn på lav følger Krog et al. (1994). Se **Vedlegg 1** og **6**.

## 3 Resultater og diskusjon

### 3.1 Effekter på bakkemyrvegetasjon

#### 3.1.1 Naturlige endringer i referanseruter

Dekning av feltsjiktet går tilbake både i referanseruter og kalkingsruter (**Figur 7**) ett år etter kalking, noe som trolig skyldes at reanalysen i 2003 ble utført noe senere i vekstsesongen enn i 2002. Særlig var graminidene preget av en tidlig høst med nedvisning og tiltakende høstfarger. Dekning av røsslyng og graset blåtopp går signifikant tilbake i referanserutene fra 2002 til 2003 (**Tabell 1**), mens juvenil bjørk går signifikant fram. Tilbakegangen av blåtopp i 2003 skyldes tidlig nedvisning, mens tilbakegang av røsslyng kan skyldes avdøying av lyng pga. høy alder. Analysene i 2006, fire år etter kalking, viser at feltsjiktsdekningen da var på samme nivå som i 2002 før kalking (**Figur 7**), og det er kun kvitlyng som viser en signifikant tilbakegang (**Tabell 1**) i hele perioden. Analysen i 2006 ble utført omtrent i samme vekstperiode som i 2002, og den naturlige feltsjiktsvegetasjonen i referanserutene må derfor anses å være relativt stabil i analyseperioden. En DCA-ordinasjon av materialet fra 2002 og 2006 viser heller ingen rettede endringer i rutenes artssammensetning.

**Tabell 1.** Arter som viser signifikante endringer i prosent dekning fra 2002 til 2003 og fra 2002 til 2006 i referanseruter på bakkemyr. Totalt 10 ruter, 5 ruter fra simulert nedbør og 5 ruter fra simulert tørke.

Arter	Ikke kalkede referanseruter					
	Tilb.	Fram	Total	Z	Sign.	Retn.
<b>2002-2003</b>						
Bjørk - juvenil	0	4	4	-2,000	*	+
Røsslyng	5	1	7	-1,897	*	-
Blåtopp	8	1	10	-2,352	**	-
<b>2002-2006</b>						
Kvitlyng	7	2	10	-1,992	*	-
Vortetormose	6	2	10	-1,973	*	-

**Tilb.** = antall analyseruter (0,5m x 0,5m) der arten går tilbake. **Fram** = antall analyseruter der arten går fram. **Total** = antall analyseruter der arten forekommer. **Z** = Wilcoxon Rank - Z-verdi (Rank-verdien) i en ettvalgstest som er benyttet til å teste hypotesen om at medianendringen ikke er forskjellig fra 0 mot den tosidige alternative hypotesen. **Sign.** = testens signifikansnivå (\* p≤0,05, \*\* p≤0,01, \*\*\* p≤0,001). **Retn.** = + framgang, - tilbakegang.

Det er registrert en svak nedgang i mosedekket i referanserutene fra 2002 til 2003 (**Figur 8**). Dette skyldes trolig kraftig nedbør i dagene før og under analysene i 2003, noe som medførte mye vann i rutene og dermed mindre synlig mosedekke. Elles virker artsammensetningen i bunnsjiktet stabil, og det er ingen særlige endringer i "naturlige" skader på torvmosene i referanserutene det første år etter kalking (**Figur 9**). Bunnsjiktets dekning viser en svak nedgang fram mot 2006 med svak avdøying av torvmoser (**Figur 8**) i begge de simulerte feltene, der arten vortemose viser en svak tilbakegang (**Tabell 1**). Tilbakegangen skyldes trolig naturlige skader fra tråkk av mennesker og dyr.

Hovedkonklusjonen er at vegetasjonen i referanserutene er relativt stabil, og en lavere dekning av feltsjiktsarter i 2003 skyldes at analysen da ble utført senere i vekstsesongen enn i 2002 og 2006. Referanserutene skal således være velegnet som sammenligningsgrunnlag for behandlingsrutene. Det er imidlertid noe skader på mosedekket som skyldes tråkk fra dyr og mennesker.

### 3.1.2 Generelle endringer i kalkede ruter

Dekningen av feltsjiktet i de kalkede rutene viser den samme utvikling fra 2002 til 2006 som i referanserutene (**Figur 7**), noe som indikerer at feltsjiktsartene reagerer lite på kalking. Det er kun røme som viser signifikant tilbakegang i de kalkede rutene for hele perioden, og da under simulert tørkeregime (**Tabell 2**). Arten viser imidlertid en tilbakegang i begge regimene ett år etter kalking. Tilbakegangen kan skyldes artens lave toleranse mot kalk (på vestlandet) og generelt høye pH-verdier i jordvann. Det er ikke målt noen tydelig framgang av gras og halvgress som kan indikere økt næringstilgang. Stjernestarr er et unntak og arten viser en svak framgang fra 2002 til 2006 under simulert nedbørsregime.

Derimot går dekning av mosedekket (bunnsjiktet) tydelig tilbake i de kalkede rutene det første år etter kalking (**Figur 8**). Tilbakegangen fortsetter for de høyeste dosene også fram til 2006. Kalking medfører økt skade og avdøying av bunnsjiktet det første året (**Figur 6, 9 og 10**). Dette skyldes sviskader på mosene ved kontakt mot kalkkorn. Det er først og fremst furutorvmose, vortetormose og dvergtormose, samt levermosene myrsnutemose og sveltfingermose som viser størst tilbakegang (**Tabell 2**). Med unntak av vortetormose viser ingen av disse artene signifikante endringer i referanserutene (**Tabell 1**), og tilbakegangen må derfor skyldes effekter av kalking. En DCA-ordinasjon av ruteanalysene fra 2002 og 2006 viste en tendens til at artsammensetningen i de kalkede rutene endret seg i samme retning, og at det her således skjer en svak vegetasjonsendring.

Andel skadd torvmose avtar betraktelig etter 2002 (**Figur 9**), mens mengde død torvmose fortsatt er høy ved de høyeste dosene (**Figur 10**). De fleste av moseartene som går tilbake ett år etter kalking, viser også tilbakegang i perioden 2002 til 2006 (**Tabell 2**), men det er en tendens til regenerering av noen av mosene, særlig furutorvmose. Vortetorvmose og dvergtorvmose som hadde høyest dekning før kalking, viser størst tilbakegang. Levermosene myrsnutemose og sveltfingermose går sterkt tilbake fra 2002 til 2006, mens glefsemose viser framgang ved analysen i 2006.

**Tabell 2.** Arter som viser signifikante endringer i prosent dekning fra 2002 til 2003 og fra 2002 til 2006 i kalkede ruter på bakkemyr ved simulert nedbør og simulert tørke, 15 ruter fra hvert nedbørsregime.

Arter	Simulert nedbør						Simulert tørke					
	Tilb.	Fram	Total	Z	Sign.	Retn.	Tilb.	Fram	Total	Z	Sign.	Retn.
<b>2002-2003</b>												
Rundsoldogg	8	0	15	-2,714	**	-	5	0	15	-2,121	*	-
Rome	12	1	15	-2,806	**	-	13	1	15	-3,141	**	-
Blåtopp	12	1	15	-2,990	**	-	11	1	15	-2,500	**	-
Furutorvmose	7	2	14	-2,099	*	-	6	0	13	-2,226	*	-
Vortetorvmose	13	1	15	-3,192	***	-	15	0	15	-3,447	***	-
Dvergtorvmose	12	0	15	-3,076	**	-	14	0	15	-3,309	***	-
Myrsnutemose	6	1	12	-1,930	*	-	5	0	13	-2,121	*	-
Sveltfingermose	9	0	10	-2,754	**	-	6	0	6	-2,333	*	-
Kvitlyng	9	1	12	-2,573	**	-						
Røsslyng							5	0	12	-2,023	*	-
<b>2002-2006</b>												
Vortetorvmose	11	4	15	-2,448	**	-	15	0	15		***	-
Myrsnutemose	10	2	12	-2,351	*	-	10	0	13		**	-
Sveltfingermose	10	0	10	-2,913	**	-	6	0	6		*	-
Dvergtorvmose	11	2	15	-1,965	*	-	11	2	15		(*)	-
Stjernestarr	0	4	4	-2,000	*	+						
Glefsemose	0	5	5	-2,236	*	+						
Rome							12	3	15		*	-

**Tilb.** = antall analyseruter (0,5m x 0,5m) der arten går tilbake. **Fram** = antall analyseruter der arten går fram. **Total** = antall analyseruter der arten forekommer. **Z** = Wilcoxon Rank - Z-verdi (Rank-verdien) i en ettutvalgstest som er benyttet til å teste hypotesen om at medianendringen ikke er forskjellig fra 0 mot den tosidige alternative hypotesen. **Sign.** = testens signifikansnivå (\*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ ). **Retn.** = + framgang, - tilbakegang.

### 3.1.3 Effekter av ulike kalkdoser

En direkte gradientanalyse (CCA) mellom miljøvariabler og vegetasjonens artssammensetning, der endringer som skyldes variasjon fra år til år er tatt hensyn til (år som "co-variabel"), viser at restvariasjonen i artssammensetningen kan forklares av grad av kalkdose ( $p = 0,001$  ved Monte Carlo permutasjonstest). Samtidig viser ikkeparametriske korrelasjonsanalyser at kalkdoser er sterkt positivt korrelert med både død torvmose og skadd torvmose (**Tabell 3**). Dette tyder på at mengde kalk er viktig for artssammensetningen og skadeomfanget.

Resultatene er imidlertid ikke helt entydige da gjennomsnittlig dekning av død torvmose på bakkemyr ett år etter kalking er lavere ved 3 tonn/ha enn 1 tonn/ha, mens 6 tonn/ha gir størst skader og høyest avdøying (**Figur 10**). Dette kan tyde på at doser på 1-3 tonn kalk/ha kan gi store variasjoner i skadeeffekter, mens 6 tonn/ha gir mer tydelige endringer. Det er også store variasjoner mellom rutene i de enkelte behandlingsledd (generelt høye standardavvik i gjennomsnittsberegningene av skadeeffektene).



Doser på 1-3 tonn kalk/ha medfører synlige skader på 6-8 % av mosene ett år etter kalking, og død mose dekker da 5-15 % av rutene (**Figur 9** og **10**). Seks tonn kalk/ha gir betraktelig større effekter på torvmosene, der andel skadd mose ligger på 10-12 % og død mose dekker omtrent 20 %. For enkelte torvmosearter kan tilbakegangen ved høyeste dose det første året etter kalking overskride 50 % av forekomsten, mens levermoser blir helt borte.

Andel skadd torvmose går imidlertid tilbake fra 2002 til 2006 ved alle kalkdosene. Dekning av død torvmose går også tilbake ved laveste kalkingsdose (1 tonn), mens den er stabil eller øker for de to høyeste dosene (**Figur 10**). Dette tyder på at regenereringen av skadde moser er god ved den laveste dosen, mens skadde moser fortsetter å dø ved høyeste dose.

Hovedkonklusjonen er at mosedekket blir skadd ved alle dosene og skadefrekvensen øker med tiltakende doser. Variasjonen er imidlertid stor mellom rutene med samme kalkingsdose. Bunnsjiktet viser god regenereringsevne fire år etter kalking for den laveste dosen 1 tonn/ha, mens dosene 3 og 6 tonn/ha viser en mer langsiktig skadevirkning.

**Tabell 3.** Kendalls ikkeparametriske rangkorrelasjoner mellom variabler fra 2003 og 2006 i felt A bakkemyr.  $n = 80$ .

		Død torvmose	Skadd torvmose	Kalkdose	Simulert nedbør/tørke	Tråkk	Tid
Død torvmose	Korr.	1,000					
	Sig.	.					
Skadd torvmose	Korr.	<b>0,433 (**)</b>	1,000				
	Sig.	0,000	.				
Kalkdose	Korr.	<b>0,477 (**)</b>	<b>0,362 (**)</b>	1,000			
	Sig.	0,000	0,000	.			
Simulert nedbør/tørke	Korr.	-0,117	-0,105	0,000	1,000		
	Sig.	0,220	0,277	1,000	.		
Tråkk		<b>0,190 (*)</b>	0,092	0,034	0,043		
		0,022	0,269	0,704	0,661		
Tid	Korr.	0,025	<b>-0,244 (*)</b>	0,000	0,000	0,052	1,000
	Sig.	0,794	0,011	1,000	1,000	0,595	.

Korr. = Kendalls korrelasjonskoeffisient, Sig. = Signifikansnivå. \* = Korrelasjon er signifikant på 0,05 nivå, \*\* = Korrelasjon er signifikant på 0,01 nivå.

### 3.1.4 Effekter av nedbør og tørke etter kalking

Kendalls ikke-parametrisk korrelasjonsanalyse viser ingen signifikante korrelasjoner mellom nedbørsregimene simulert nedbør/tørke og dekning av skadd og død torvmose (**Tabell 3**). Til det er variasjonen i skadeparametrene mellom analyserutene for stor. **Figur 9** viser imidlertid at nedbør rett etter kalking gir svakt mindre skader på torvmosene ved de to laveste kalkingsdosene ett år etter kalking, mens skadefrekvensen er like høy for begge regimene ved den høyeste dosen. Gjennomsnittlig dekning av død torvmose er omtrent lik ett år etter kalking for begge regimene, men etter fire år viser tørkeregimet høyere verdier for død torvmose enn for nedbørsregimet. Restitusjonen av mosedekket her er heller dårlig, selv ved en kalkdose på ett tonn/ha. Det er således rimelig å anta at nedbør etter kalking gir et mindre skadebilde enn lengre tid med tørke. En DCA-ordinasjon av analyserutene fra 2002 og 2006 viste også at rutene med høyest kalkdose endret seg mer i artssammensetning ved simulert tørke enn ved simulert nedbør.

Kombinasjonen sterk sol og tørke ble ikke testet, da det bare var overskyet vær og regnbyger i de to ukene som rutene var dekket av plast. Tørke i kombinasjon med sol ville trolig medført større skader på mosedekket. Det kan heller ikke utelukkes at sterk vind i kombinasjon med

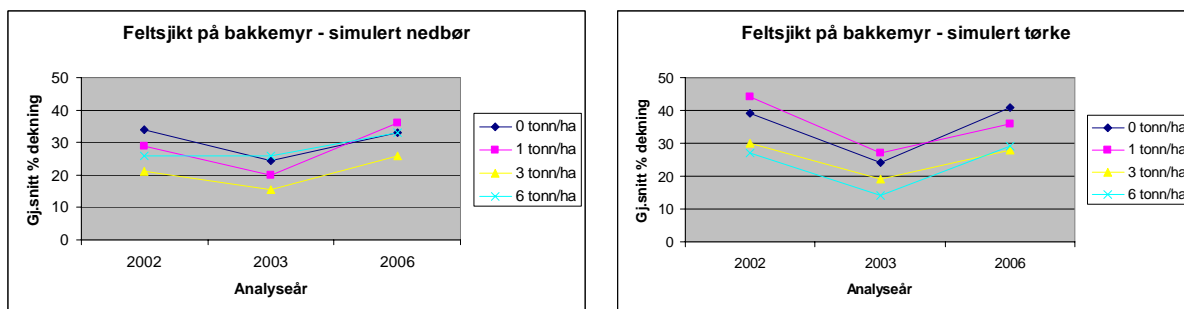
mye nedbør kan ha vasket bort en del av kalkkornene på bakken under plastduken og således bidratt til et mindre skadebilde.

Hovedkonklusjonen er at effektene av ulike værforhold etter kalking er relativt små, ett år etter kalking. Oppholdsvær i perioden etter kalking kan over tid gi noe mer skader på mosedekket enn regnvær, mens kraftig nedbør rett etter kalking vil bidra til en raskere restitusjon av mose-skadene.

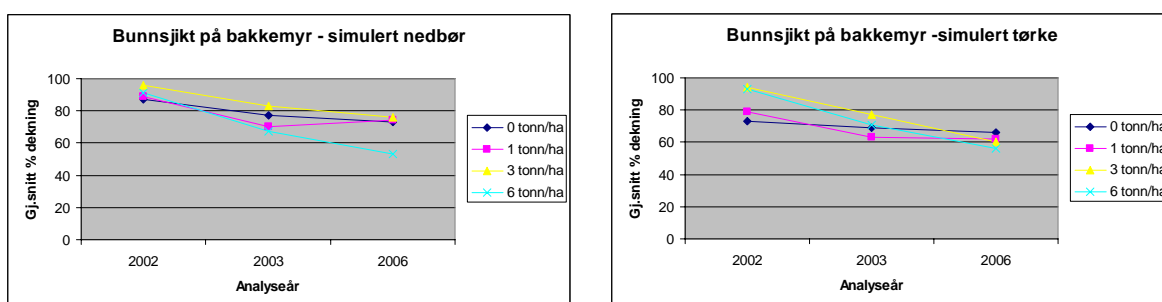
### 3.1.5 Effekter av tråkk i rutene

Forsøksfeltet på bakkemyr ligger i et kulturlandskap med beitende storfe. Det ble observert en del kuttråkk i rutene som kan påvirke skadebildet av moser og artssammensetningen i rutene. Tråkk er imidlertid ikke signifikant korrelert med kalkdose (**Tabell 3**) og det antas derfor at tråkkskadene var jevnt fordelt mellom behandlingsleddene.

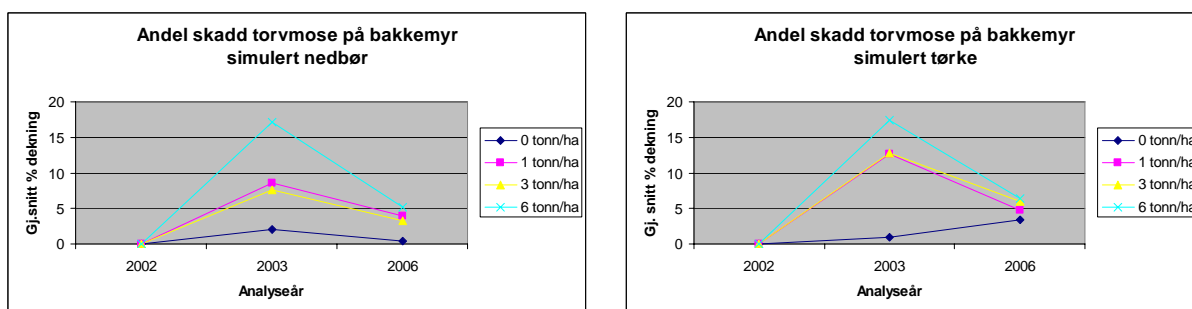
Tråkk viser seg å være signifikant positivt korrelert med død torvmose (**Tabell 3**), men selv om tråkkskadene kan forklare noe av skadebildet på mosene er likevel effektene av kalkdosene langt større. Det er heller ingen signifikant korrelasjon mellom tråkkpåvirkning og variasjon i vegetasjonen, testet ved en direkte gradientanalyse (CCA) mellom tråkk som miljøvariabel og vegetasjonens artssammensetning ved Monte Carlo permutasjonstester.



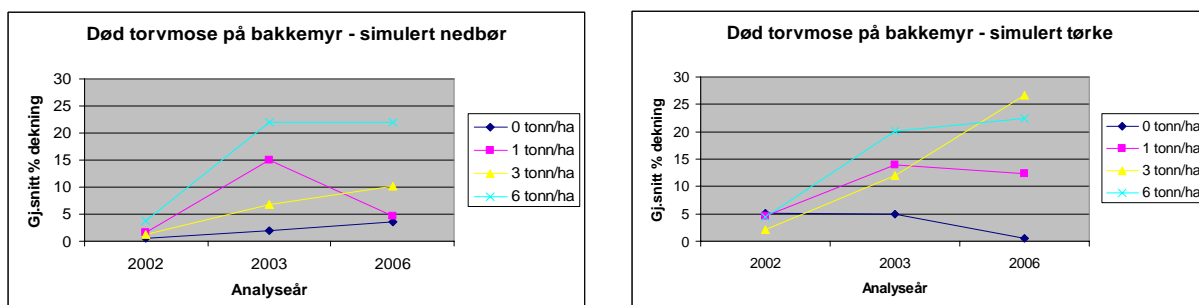
**Figur 7.** Gjennomsnitt dekning av feltsjikt i felt A bakkemyr i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.



**Figur 8.** Gjennomsnitt dekning av bunnsjikt i felt A bakkemyr i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.



**Figur 9.** Gjennomsnitt dekning av skadd torvmose i % av total torvmosedekning i felt A bakkemyr i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.



**Figur 10.** Gjennomsnitts dekning av død torvmose i felt A bakkemyr i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.

## 3.2 Effekter på fuktig røsslyngfuruskog

### 3.2.1 Naturlige endringer i referanserutene

Dekning av feltsjiktet går signifikant tilbake i både referanseruter og kalkingsruter ett år etter kalking (**Figur 11**,  $p = 0,001$  i en Kendall korrelasjonstest mellom dekning av feltsjikt og år). Tilbakegangen av feltsjiktet kan delvis forklares ut fra at reanalysen i 2003 ble utført senere i vekstsesongen enn i 2002. Det er imidlertid en signifikant tilbakegang av røsslyng og blåbær, der aldri og naturlig avdøing av røsslyng også medfører en lavere dekning i feltsjiktet (**Tabell 4**, **Figur 11** og **12**). Mosedekket viser ingen signifikant tilbakegang ( $p = 0,696$  i en Kendall korrelasjonstest mellom år og bunnsjikt), men det er en sterk tendens til at skogsmoser som ribbesigd, heiflette og furumose øker i dekning (**Tabell 4**). Dette stemmer overens med den generelle framgang av moser på overvåkingsflater i hele Sør-Norge (jfr. bl.a. Økland et al. 2001).

De få referanse rutene som kunne reanalyseres i 2006 viser små endringer i dekning av røsslyng fra 2003 til 2006, noen gikk svakt fram og andre svakt tilbake (se **Vedlegg 6-7**). Dekning av blåbær er også relativt stabil.

**Tabell 4.** Arter som viser signifikante og tilnærmet signifikante endringer i prosent dekning fra 2002 til 2003 i ukalkede referanseruter i røsslyngfuruskog. Totalt 10 ruter, 5 ruter fra simulert nedbør og 5 ruter fra simulert tørke.

Arter	Ikke kalkede referanseruter					
	Tilb.	Fram	Total	Z	Sign.	Retn.
Røsslyng	7	0	10	-2,414	**	-
Blåbær	7	1	10	-2,319	*	-
Ribbesigd	1	5	10	-1,897	0,071	+
Heiflette	1	7	9	-1,827	0,068	+
Furumose	3	6	10	-1,840	0,066	+

**Tilb.** = antall analyseruter (0,5x0,5m) der arten går tilbake. **Fram** = antall analyseruter der arten går fram. **Total** = antall analyseruter der arten forekommer. **Z** = Wilcoxon Rank - Z-verdi (Rank-verdien) i en ettutvalgstest som er benyttet til å teste hypotesen om at medianendringen ikke er forskjellig fra 0 mot den tosidige alternative hypotesen. **Sign.** = testens signifikansnivå (\*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ ). **Retn.** = + framgang, - tilbakegang.

### 3.2.2 Generelle endringer i kalkede ruter

Det skjer relativt små endringer i artssammensetningen i de kalkede rutene ett år etter kalking, sammenlignet med referanserutene (**Tabell 5**). Skogsmosene går imidlertid noe fram, mens røsslyng viser en større tilbakegang enn i referanserutene. Lyngtorvmose og levermosen storstylte går noe tilbake. En sterkere tilbakegang og avdøing av røsslyng i de kalkede rutene sammenlignet med referanserutene (**Tabell 4** og **5** og **Figur 12**) antas å ha sammenheng med kalkingen, da arten er tilpasset et miljø med sur humus og lite kalkrikt jordsmonn (Rayner et al. 1921, Grime et al. 1988). Det ble i 2003 observert tiltakende gulning av røsslyngblader på nedre deler av stammene. Tilbakegangen av lyngtorvmose og levermosen storstylte ett år etter kalking skyldes avsviing ved kontakt med kalkkorn, noe som også ble påvist i terrengkalkingsprosjektet i sidevassdraget Hovlandsdalen i Flekke-Guddal (Aarrestad et al. 2004).

Tilbakegangen av røsslyng fortsetter i de fleste kalkede rutene som ble analysert i 2006 (**Vedlegg 6-7**). Dette kan imidlertid skyldes både kalking og økt tråkk i rutene pga. hogst. Det er også en tendens til nedgang i dekning av torvmoser fram til 2006. For levermosen storstylte er materialet for lite til å si noe om langtidseffekter.

Ett år etter kalking ble det registrert skader og avdøing av torvmoser i de kalkede rutene (**Figur 13** og **14**), men skadeomfanget var imidlertid svært lite. Andel skadd torvmose ligger her mel-

lom 1-5 %, mens opp til 20 % av torvmosen på bakkemyr viste skader ved høyeste dose (**Figur 9**). Det lavere skadeomfanget på moser i røsslyngfuruslogen kan skyldes at mosedekket i skogen er mer åpent og at kalkkorn da lettere sklir ned mellom mosene. Svieffekten" på overflaten av mosene blir da redusert.

**Tabell 5.** Arter som viser signifikante eller tilnærmet signifikante endringer i prosent dekning fra 2002 til 2003 i kalkede ruter i røsslyngfuruslog ved simulert nedbør og simulert tørke, 15 ruter fra hvert nedbørsregime.

Arter	Simulert nedbør				Z	Sign.	Retn.	Simulert tørke				Z	Sign.	Retn.
	Tilb.	Fram	Total					Tilb.	Fram	Total				
Røsslyng	9	3	15	-2,595	**	-	15	0	15	-3,420	***	-		
Storstylte	7	2	9	-1,897	0,058	-	7	2	9	-1,897	0,058	-		
Lyingtorvmose	11	4	15	-2,707	**	-	11	1	15	-2,983	***	-		
Blåbær														
Etasjemose	2	8	15	-2,296	*	+	1	10	15	-2,736	**	+		
Heiflette	1	10	13	-2,646	**	+	0	6	9	-2,214	*			
Furumose	0	10	13	-2,844	**	+								

**Tilb.** = antall analyseruter (0,5m x 0,5m) der arten går tilbake. **Fram** = antall analyseruter der arten går fram. **Total** = antall analyseruter der arten forekommer. **Z** = Wilcoxon Rank - Z-verdi (Rank-verdien) i en ettvalgstest som er benyttet til å teste hypotesen om at medianendringen ikke er forskjellig fra 0 mot den tosidige alternative hypotesen. **Sign.** = testens signifikansnivå (\* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001). **Retn.** = + framgang, - tilbakegang.

I 2003 og i 2006 ble det registrert soppmycel under moseoverflaten i de kalkede rutene, ofte i forbindelse med død mose og ansamlinger av kalkkorn. Dette fenomenet ble ikke registrert i rutene før kalking. Forekomst av soppmycel viser seg også å være signifikant positivt korrelert med kalkdose og død røsslyng (**Tabell 6**). Det er sannsynlig at den økte mycelveksten skyldes økt vekst av saprophytt-sopper i strøsjiktet. Disse kan antas å ha blitt stimulert av en kortvarig øking i nitrogen eller fosforinnhold som følge av økt mineralisering pga. kalkingen. En markert økning i fruktlegeme-produksjonen av enkelte saprophytt-sopper ble observert kort tid etter kalking i terrengkalkingsprosjektet i Gjerstad (Brandrud et al. 2003). Den positive korrelasjonen mellom soppmycel og død røsslyng tyder på at soppmycelet kan ha en negativ påvirkning på røsslyngens vitalitet.

**Tabell 6.** Kendalls ikkeparametriske rangkorrelasjoner mellom variabler i 2003, ett år etter kalking i felt B røsslyngfuruslog. n = 40.

		Død røsslyng	Død torvmose	Skadd torvmose	Sopp mycel	Kalk-dose	Simulert nedbør/tørke
Død røsslyng	Korr.	1,000					
	Sig.	.					
Død torvmose	Korr.	-0,015	1,000				
	Sig.	0,912	.				
Skadd torvmose	Korr.	-0,097	<b>0,554**</b>	1,000			
	Sig.	0,449	0,000	.			
Soppmycel	Korr.	<b>0,396**</b>	0,133	0,185	1,000		
	Sig.	0,005	0,376	0,203	.		
Kalkdose	Korr.	0,157	0,074	<b>0,309*</b>	<b>0,443**</b>	1,000	
	Sig.	0,222	0,587	0,020	0,002	.	
Simulert nedbør/tørke	Korr.	0,103	0,047	-0,002	0,258	0,000	1,000
	Sig.	0,464	0,755	0,988	0,107	1,000	.

**Korr.** = Kendalls korrelasjonskoeffisient, **Sign.** = Signifikansnivå. \* = Korrelasjon er signifikant på 0,05 nivå, \*\* = Korrelasjon er signifikant på 0,01 nivå.

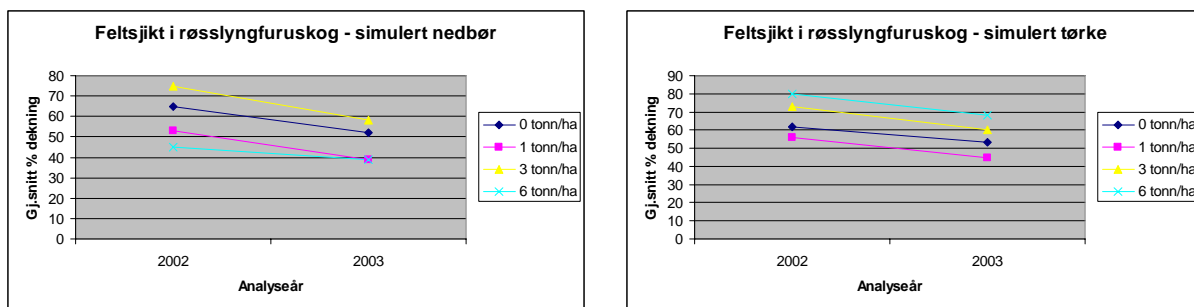
I de kalkede rutene ble det også observert algevekst på døde torvmoser og levermoser. Trolig frigjøres det her større mengder nitrogen under nedbrytning av det organiske materialet. Nitrogen er et viktig næringsstoff for frittlevende alger som dermed får gode vekstbetingelser og økt vekst. Når algene kommer i kontakt med høy luftfuktighet eller nedbør sveller de opp til en geleaktig konsistens. Liknende algevekst er registret på dødt plantemateriale i terrengkalkingsprosjektet i Hovlandsdalen i Flekke-Guddal (Arrestad et al. 2004) og i et storskala gjødslingsforsøk med nitrogen (NITREX-prosjektet ved Gårdsjøen i Sverige, T.E. Brandrud pers. obs.). Økt algevekst på trær er også rapportert som et generelt problem på Vestlandet pga. økt nedfall av langtransportert nitrogen (Bruteig et al. 2001).

### 3.2.3 Effekter av ulike kalkdoser

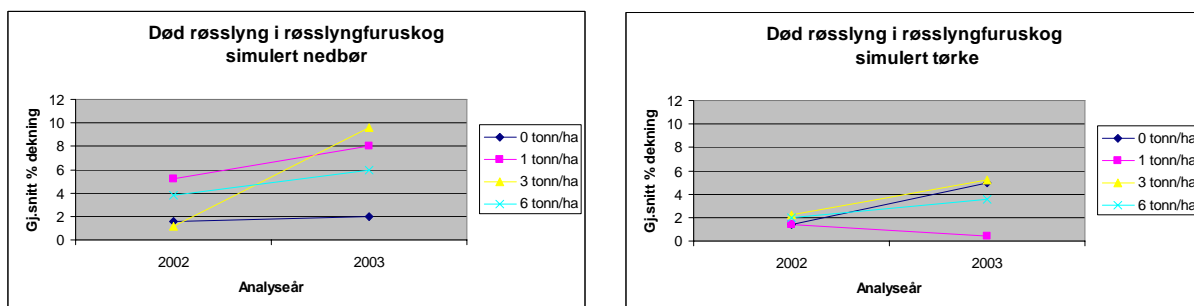
En direkte gradientanalyse (CCA) mellom miljøvariabler og vegetasjonens artssammensetning, der endringer som skyldes variasjon fra år til år er tatt hensyn til (år som "co-variabel"), viser at restvariasjonen til en viss grad kan forklares av mengde kalk og andel død torvmose. Dette tyder på at kalkdosen er med på å styre artsvariasjonen og skadebildet. Imidlertid ble det ikke funnet signifikante korrelasjoner mellom kalkmengde og mengde død røsslyng og torvmoser, men kalkdose var positivt korrelert med skadd torvmose og mengde mycel i mosedekket (**Tabell 5**). Effektene på mosedekket virker generelt mindre i røsslyngfuruskog enn på bakkemyr, og det er relativt uklart om det er noen sammenheng mellom kalkdoser og skadeomfang på torvmoser og røsslyng (**Figur 12-14**). Gjenanalysen i 2006 viser imidlertid at lyngtorvmose går markant tilbake ved de høyeste kalkingsdosene (3 og 6 tonn/ha) i de få rutene som kunne reanalyseres.

### 3.2.4 Effekter av nedbør og tørke etter kalking

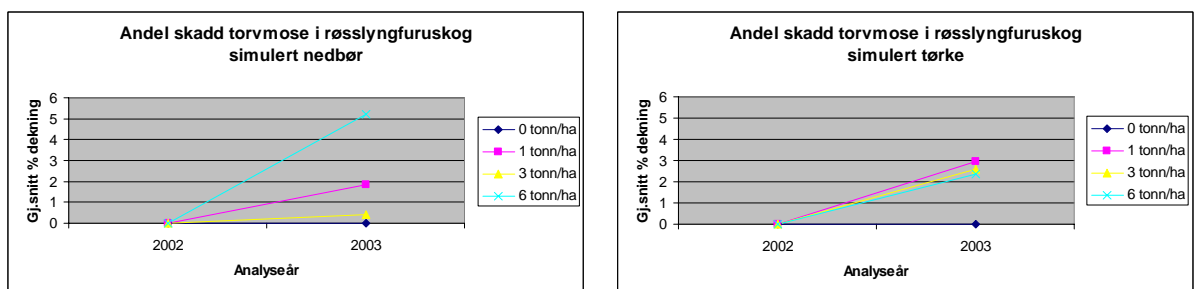
Det ble ikke funnet signifikante korrelasjoner mellom de ulike nedbørsregimene og skadeparametere ett år etter kalking, og artsvariasjonen innen behandlingsleddene var omtrent den samme (**Tabell 5** og **6**). Det er imidlertid en tendens til at lyngtorvmose går mer tilbake ved simulert tørke enn simulert nedbør i 2006 fire år etter kalking, men datagrunnlaget her er svakt (**Vedlegg 6-7**). De små forskjellene ved simulering av nedbør/tørke tyder på at værforholdene etter kalking betyr lite for skadeomfanget i røsslyngfuruskog. Imidlertid er kombinasjonen sterk sol og tørke ikke testet ved dette forsøket. Vi kan heller ikke utelukke at sterk vind i kombinasjon med mye nedbør kan ha gitt utvanningseffekter av kalkkornene på bakken under plastduken.



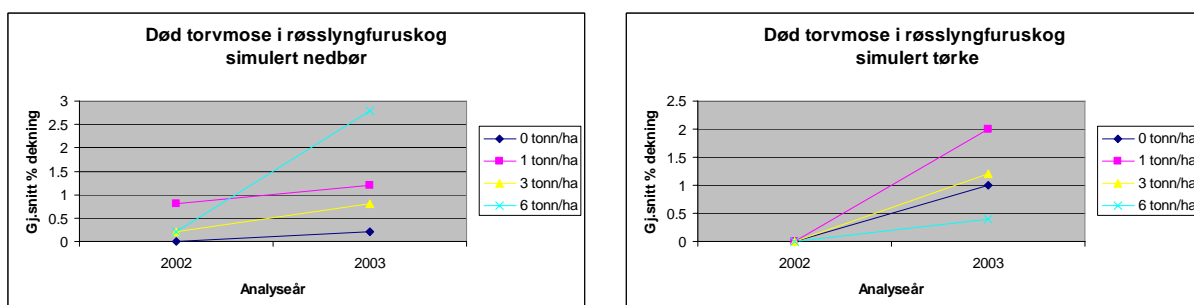
**Figur 11.** Gjennomsnitt dekning av feltsjiktet i felt B fuktig røsslyngfuruskog i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.



**Figur 12.** Gjennomsnitt dekning av død røsslyng i felt B fuktig røsslyngfuruskog i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.



**Figur 13.** Gjennomsnitt dekning av skadd torvmose i % av total torvmosedekning i felt B fuktig røsslyngfuruskog i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.



**Figur 14.** Gjennomsnitt dekning av død torvmose i felt B fuktig røsslyngfuruskog i 2002 og 2003, basert på fem ruter i hvert behandlingsledd.

## 4 Konklusjoner

### **Tålegrense for kalking av bakkemyrvegetasjon**

Dose-responsforsøket med kalking av bakkemyr viser at torvmoser og levermoser blir negativt påvirket av kalking ved økt skadefrekvens, økt avdøing og nedgang i artenes dekning. Skadebildet øker med økende kalkmengde. Urter og gress blir lite påvirket, men røse viser en tendens til redusert vekst etter kalking. Doser på 1 tonn/ha gir små og reversible skader på mosedekket etter fire år, mens doser på 3 og 6 tonn/ha gir relativt stor avdøing av moser uten særlig tegn til regenerering. Vortetorvmose, som er en stor torvmose lett eksponert for kalkkorn, viser størst tilbakegang. Forsøket gir en indikasjon på at tålegrensen, her definert som et dosenivå der det antas at vegetasjonen ikke viser regenereringsevne, ligger et sted mellom 1 og 3 tonn/ha. Ved en eventuell framtidig terrengkalking av bakkemyr bør man derfor unngå doser over 2 tonn/ha, hvis langsiktige skader skal unngås.

To ukers simulert tørke etter kalking påvirker skadeomfanget i mindre grad. Værforholdene rett etter kalking synes således mindre viktig enn før antatt, så lenge bakken ikke utsettes for sterkt sollys over lengre tid. Det er imidlertid en tendens til at skadebildet er høyere ved lave kalkdoser når vegetasjonen utsettes for tørke etter kalking. Regenereringen av mosedekket går også raskere i vegetasjon som er utsatt for nedbør. Det anbefales derfor at terrengkalking utføres i perioder der sannsynligheten for nedbør er stor, dvs. sent på høsten.

### **Tålegrense for kalking av fuktig røsslyngfuruskog**

Strakseffektene på vegetasjon i furuskog etter kalking er klart lavere enn på bakkemyr. Skadene på mosedekket er relativt små ved alle kalkdoser, og det er heller ingen klare sammenhenger mellom kalkdose og avdøing. Urter og gress responderer lite på de benyttede kalkdosene. Det er imidlertid observert en tendens til økt avdøing og tilbakegang av røsslyng og levermosen storstylte, samt økt soppmycel og algebelegg i strø og moselag. Lyngtorvmose viste også en sterk tilbakegang i ruter med høyest kalkdose fire år etter kalking (i de rutene som kunne reanalyseres). De usikre dataene på langtidseffekter (jfr. hogsten på analyseflata) gjør det vanskelig å fastsette en tålegrense for fuktig røsslyngfuruskog, men trolig ligger den noe høyere enn for bakkemyr, kanskje rundt 3 tonn/ha. Inntil et bedre datagrunnlag finnes bør man imidlertid unngå doser over 2 tonn/ha for å minimalisere skadeeffekter. Nedbørsforholdene rett etter kalking ser ut til å ha liten betydning for skadeomfanget i fuktig røsslyngfuruskog, men en kombinasjon av sol og tørke etter kalking vil trolig øke skadebildet i lysåpninger.



## 5 Referanser

- Brandrud, T.E., Bakkestuen, V. & Aarrestad, P.A. 2001. Terrengkalking i Suldal, Rogaland - Effekter på vegetasjon og sopp. I: Direktoratet for naturforvaltning. Terrengkalkingsprosjektet. Årsrapport 2000. Terrengkalking for å avgifte surt overflatevann. DN Notat 2001-4, s. 57-76.
- Brandrud, T.E., Bakkestuen, V., Bendiksen, E., Eilertsen, O. & Aarrestad, P.A. 2003. Terrengkalking i Gjerstad, Aust-Agder. Effekter på skogsvegetasjon og sopp. - NINA Fagrapport 75. 79 s.
- Bruteig, I.E., Thomsen, M.G. & Altin, D. 2001. Vekstrespons hos tre aerofytiske algar på tilførsel av nitrogen. - NINA Oppdragsmelding 680. 19 s.
- Frisvoll, A., Elvebakk, A., Flatberg, K.I. & Økland, R.H. 1995. Sjekklister over norske mosar. Vitskapleg og norsk namneverk. - NINA Temahefte 4. 104 s.
- Grime, J. P., Hodgson, J. G. & Hunt, R. 1988. Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. - Hyman, London.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. - Cornell Univ., Ithaca, New York.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. - *Vegetatio* 42: 47-58.
- Hindar, A. (red.), Aas, W., Heier, L.S., Salbu, B., Standring, W., Teien, H.-C., Bakkestuen, V., Brandrud, T.E., Aarrestad, P.A., Kroglund, F., Larssen, T., Nilsen, P. & Krokan, P.S. 2004. Terrengkalking for å redusere surhet og tilførsel av aluminium til vassdrag. Terrengkalkingsprosjektets oppsummeringsrapport. - Upubl. NIVA rapport til Direktoratet for naturforvaltning. s. 46-73.
- Høiland, K. & Pedersen, O. 1994. Virkning på vegetasjon ved områdekalking av myr. Undersøkelse foretatt ved Røyndalsvatn, Birkenes, Aust-Agder. - I: DN-Notat-2: Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. FoU-årsrapport 1992: 44-71.
- Korsmo, H., Eilertsen, O. & Pedersen, O. 1996. Botaniske undersøkelser av kalkede myrområder i Fjordas nedbørsfelt. Gran og Jevnaker kommuner i Oppland. - NINA Oppdragsmelding 428. 28 s.
- Krog, H., Østhagen, H. & Tønsberg, T. 1994. Lavflora. Norske busk- og bladlav. - Universitetsforlaget, Oslo. 368 s.
- Lid, J. & Lid, D. T. 2005. Norsk flora. - Det Norske Samlaget, Oslo. 1230 s.
- Staff, H., Persson, T. & Bertills, U. (red.) 1996. Skogsmarkskalking. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverket försöksverksamhet. - Naturvårdsverket. Rapport 4559.
- Rayner, M.C. 1921. The Ecology of *Calluna Vulgaris*. II The Calcifuge Habit. - *Journal of Ecology* 9: 60-74.
- ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. - *Ecology* 67: 1167-1179.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 1998. CANOCO Reference Manual and User Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA).
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. og Eilertsen, O. 2001. Vegetasjonsendringer i Nasjonalt nettverk av flater for intensivovervåking i skog. NIJOS rapport 08/2001. 46 s.
- Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2001. Terrengkalking i Flekke-Guddalsvassdraget – effekter på vegetasjon og jord i 1999, ett år etter kalking. I: Direktoratet for naturforvaltning, 2001. Terrengkalkingsprosjektet – årsrapporter 1998 og 1999. Terrengkalking for å avgifte surt overflatevatn. Notat 2001-1, s. 105-118.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Brandrud, T.E. 2004. Effekter på vegetasjon og jord etter terrengkalking i Hovlandsdalen, Flekke-Guddal. - I: Hindar A. (red.) Terrengkalking for å redusere surhet og tilførsel av aluminium til vassdrag. Terrengkalkingsprosjektets oppsummeringsrapport. Upubl NIVA rapport. s. 46-73.
- Aarrestad, P.A., Brandrud, T.E. & Bakkestuen, V. 2005. Terrengkalking av Store Hovvatns nedbørsfelt i Aust Agder. Effekter på myrvegetasjon fra 1999 til 2004. - NINA Rapport 81. 25 s.





# NINA Rapport 232

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-1792-7



## Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

[www.nina.no](http://www.nina.no)